

Verkehrsmodell für die Metropolregion Rhein-Neckar – Stufe 1

Modellhandbuch

Januar 2023



Auftraggeber:
**Verband Region Rhein-Neckar
(VRRN)**
M1, 4-5
68161 Mannheim

www.m-r-n.com/verband

Bearbeiter:
**VCDB VerkehrsConsult
Dresden-Berlin GmbH**

Könnertitzstraße 31
01067 Dresden
Tel.: +49 .351 .4 82 31-00
Fax: +49 .351 .4 82 31-09
E-Mail: dresden@vcdb.de

Sie finden uns auch in Berlin
und Magdeburg.

Internet: www.vcdb.de

**IVAS Ingenieurbüro für Ver-
kehrsanlagen und -systeme**

Alaunstraße 9
01099 Dresden

Internet:
www.ivas-ingenieure.de

**SSP Consult, Beratende
Ingenieure GmbH**

Giselastraße 4a
79183 Waldkirch

Internet: www.ssp-consult.de

Ansprechpartner:
Lutz Richter
E-Mail: l.richter@vcdb.de

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangssituation und Zielsetzung	15
2	Modellspezifikation des Verkehrsmodells Rhein-Neckar	16
3	Methodische Grundlagen.....	17
3.1	Verkehrsangebot und Verkehrsnachfrage	17
3.2	Umsetzung für den privaten Personenverkehr	17
3.3	Umsetzung für den Personenwirtschaftsverkehr und den Güterwirtschaftsverkehr	19
4	Definition des Untersuchungsgebietes und der Verkehrszellen	26
4.1	Abgrenzung des Planungs- und Untersuchungsgebietes	26
4.2	Verkehrsbezirke	28
4.3	Gliederung der Verkehrsbezirke	30
4.4	Externe Verkehre	31
4.4.1	Kfz-Verkehr	32
4.4.2	Öffentlicher Verkehr	32
4.5	Oberbezirke und Gebiete	33
5	Strukturdaten	34
5.1	Grundlagen	34
5.2	Einwohnerdaten	34
5.3	Verkehrsanziehende Strukturdaten	36
5.3.1	Grundlagen	36
5.3.2	Strukturdaten als benutzerdefinierte Attribute	37
6	Verkehrsverhaltensdaten	53
6.1	Grundlagen	53

Inhaltsverzeichnis

6.2	Aufbereitung und Auswertung	54
6.3	Übersicht über die Kennwerte im Verkehrsmodell	55
7	Angebotsmodell	59
7.1	Netzmodell	59
7.1.1	Strecken	59
7.1.2	Knotenpunkte	61
7.1.3	Abbieger	62
7.1.4	Anbindungen	62
7.2	ÖV-Angebot	64
7.2.1	Haltestellenhierarchie	64
7.2.2	ÖV-Betrieb	65
7.2.3	Park+Ride	67
8	Verknüpfung zwischen Angebot und Nachfrage	69
9	Nachfragemodell	72
9.1	Verkehrserzeugung	72
9.1.1	Quelle-Ziel-Gruppen	72
9.1.2	Randsummenbedingungen und Randsummenausgleich	73
9.1.3	Untersuchungsraumanteile	75
9.1.4	Eckwerte der Verkehrserzeugung	76
9.2	Simultane Verkehrsverteilung und Verkehrsaufteilung	77
9.2.1	Aufwandskenngrößen	77
9.2.2	Bewertungsfunktionen	79
9.2.3	Moduswahl	80
9.2.4	Aggregation der Verkehrsstrommatrizen, Besetzungsgrad	80
9.2.5	Eckwerte der Verkehrsverteilung und –aufteilung	81
9.3	Verkehrsumlegung	82
9.3.1	Umlegung MIV	82
9.3.2	Umlegung ÖV	82
9.4	Rückkopplung von Angebot und Nachfrage	85
9.5	Nachfragemodell für den Wirtschaftsverkehr	86

Inhaltsverzeichnis

9.6	Matrizen	96
10	Kalibrierung	97
10.1	Kalibrierungsziele	97
10.2	Vergleichsdaten	98
10.3	Kalibrierungsergebnisse	99
10.3.1	Anzahl Wege pro Person	99
10.3.2	Modal Split	99
10.3.3	Mittlere Reisezeiten	103
10.3.4	Mittlere Reiseweiten	105
10.3.5	Verteilungen	108
10.3.6	Umlegungsergebnisse Kfz-Verkehr	110
10.3.7	Umlegungsergebnisse ÖPNV	113
10.4	Sensitivitätstests	117
10.4.1	Erhöhung der MIV-Reisezeit um 10%	117
10.4.2	Erhöhung der Rad-Reisezeit um 10%	118
10.4.3	Reduktion der ÖV-Kosten um 10%	120
11	Verkehrsprognose 2035	122
11.1	Grundlagen	122
11.2	Strukturdaten	122
11.3	Prognosemaßnahmen	131
11.3.1	Individualverkehr	131
11.3.2	Öffentlicher Personenverkehr	133
11.4	Wirtschaftsverkehr	136
11.5	Ergebnisse	140
11.5.1	Verkehrsaufkommen	140
11.5.2	Modal Split	143
11.5.3	Umlegungsergebnisse	144
12	Modellberechnung: Verfahrensablauf	148
12.1	Überblick	148
12.2	Vorbereitung der Nachfrageberechnung	149

Inhaltsverzeichnis

12.3	Wirtschaftsverkehrsmodell	154
12.4	Nachfragemodell Personenverkehr	155
12.5	Übernahme von Strukturdaten	161
12.6	Berechnung der Spitzenstundenmatrizen	161
13	Abbildung der Spitzenstunden	164
13.1	Grundlagen	164
13.2	Vorgehensweise	165
13.3	Umlegung der Spitzenstundenmatrizen	166
	Anhangsverzeichnis	167

Abbildungsverzeichnis, Tabellenverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3.1:	Standorte der 150 recherchierten Unternehmen	24
Abbildung 4.1:	Abgrenzung des Untersuchungsgebietes	26
Abbildung 4.2:	Raumkategorien des Planungsgebietes.....	28
Abbildung 5.1:	Beispiel für verortete verkehrsintensive Betriebe	52
Abbildung 6.1:	Mobilitätsraten je Personengruppe.....	56
Abbildung 6.2:	Globaler Modal Split in VISUM	57
Abbildung 6.3:	Besetzungsgrad des MIV je Nachfrageschicht.....	58
Abbildung 7.1:	CR-Funktionen für Strecken	60
Abbildung 7.2:	Beispiele für Umsteigebeziehungen.....	65
Abbildung 7.3:	Park-and-Ride-Plätze im Verkehrsmodell	67
Abbildung 7.4:	Entfernungsverteilung der Pkw-Teilwege bei P+R	68
Abbildung 8.1:	Verknüpfung zwischen Angebot und Nachfrage	69
Abbildung 9.1:	EVA2-Bewertung der Reisezeit für W-A	79
Abbildung 9.2:	Widerstandsberechnung Umlegung ÖV in VISUM	83
Abbildung 9.3:	Erweiterter Widerstand im ÖV.....	84
Abbildung 9.4:	ÖV-Tagesganglinien.....	85
Abbildung 9.5:	Definition der Branchen in VISUM	87
Abbildung 9.6:	Definition der Logistikkonzepte	88
Abbildung 9.7:	Nachfragemodelle im Verkehrsmodell	89
Abbildung 9.8:	Parameter des Modells im Modell VRRN-Binnen	90
Abbildung 9.9:	Codierung der Parameter im Modell VRRN-Binnen.....	93
Abbildung 10.1:	Abweichungen Modal Split für Mannheim und Ludwigshafen.....	100
Abbildung 10.2:	Abweichungen Modal Split für Stadtregionen im Planungsgebiet	100
Abbildung 10.3:	Abweichungen Modal Split für die Regionen im Umland	101
Abbildung 10.4:	Abweichungen Modal Split nach Nachfragegruppen	102
Abbildung 10.5:	Abweichungen der mittleren Reisezeiten im Planungsgebiet	103
Abbildung 10.6:	mittlere Reisezeiten nach Nachfragegruppen	104
Abbildung 10.7:	Abweichungen (5%) der mittleren Reisezeiten im Planungsgebiet	105

Abbildungsverzeichnis, Tabellenverzeichnis

Abbildung 10.8: Abweichungen (GEH) der Reiseweiten im Planungsgebiet	106
Abbildung 10.9: mittlere Reiseweiten nach Nachfragegruppen	107
Abbildung 10.10: Reisezeitenverteilung	108
Abbildung 10.11: Reiseweitenverteilung	109
Abbildung 10.12: entfernungsabhängiger Modal Split	110
Abbildung 10.13: MIV: Abweichungsanalyse Rheinquerungen	111
Abbildung 10.14: MIV: Abweichungsanalyse Dauerzählstellen Mannheim	112
Abbildung 10.15: MIV: Abweichungsanalyse Zufahrtsstrecken	113
Abbildung 10.16: Abweichungen der Ein- und Aussteiger an Haltestellen	114
Abbildung 10.17: Sensitivitätstest 1 (MIV): Modal-Split-Änderungen	117
Abbildung 10.18: Sensitivitätstest 2 (Rad): Modal-Split-Änderungen	119
Abbildung 10.19: Sensitivitätstest 3 (ÖV): Modal-Split-Änderungen	120
Abbildung 11.1: Änderung der Einwohnerzahlen nach Verkehrsbezirken in Mannheim	124
Abbildung 11.2: Änderung der Einwohnerzahlen nach Verkehrsbezirken in Ludwigshafen	126
Abbildung 11.3: Änderung der Arbeitsplatzzahlen	130
Abbildung 11.4: Stadtbahnlinie 12 und 16	134
Abbildung 11.5: Stadtbahn-Expresslinie 15	135
Abbildung 11.6: Neue Linienführung Stadtbahnlinie 8	135
Abbildung 11.7: Neue Führung Linie 53	136
Abbildung 11.8: Änderung des Verkehrsaufkommens nach Verkehrsbezirken	141
Abbildung 11.9: Änderung des Modal Split in Mannheim und Ludwigshafen	144
Abbildung 11.10: Umlegungsdivergenz im KFZ-Verkehr	145
Abbildung 11.11: Umlegungsdivergenz im ÖPNV	147
Abbildung 12.1: Übersicht Verfahrensablauf	148
Abbildung 12.2: Verfahrensablauf – Gruppe A	149
Abbildung 12.3: Verfahrensablauf – Gruppe B.1	150
Abbildung 12.4: Verfahrensablauf – Gruppe B.2	151
Abbildung 12.5: Verfahrensablauf – Gruppe B.3	152
Abbildung 12.6: Export der Verbindungsdatei	153
Abbildung 12.7: Import der Verbindungsdatei	153
Abbildung 12.8: Verfahrensablauf Gruppe C1	154
Abbildung 12.9: Verfahrensablauf Gruppe C2	154
Abbildung 12.10: Verfahrensablauf – Gruppe D.1	155
Abbildung 12.11: Verfahrensablauf – Gruppe D.2	156

Abbildungsverzeichnis, Tabellenverzeichnis

Abbildung 12.12: EVA-Verteilung/Moduswahl: Projektart Prognose	156
Abbildung 12.13: Verfahrensablauf – Gruppe D.3	157
Abbildung 12.14: Verfahrensschritt zur Erstellung der PKW-Matrix (Ausschnitt)	158
Abbildung 12.15: Verfahrensablauf – Gruppe E.1	159
Abbildung 12.16: Verfahrensablauf – Gruppe E.2	159
Abbildung 12.17: Verfahrensablauf – Gruppe F	160
Abbildung 12.18: Verfahrensablauf – Gruppe X1 (Auszug)	161
Abbildung 12.19: Verfahrensablauf – Gruppe X2.1	162
Abbildung 12.20: Verfahrensschritt zur Erstellung einer Spitzenstunden-Matrix (Ausschnitt)	162
Abbildung 12.21: Verfahrensablauf – Gruppe X2.2	163
Abbildung 12.22: Verfahrensablauf – Gruppe X2.3	163
Abbildung 13.1: Tagesganglinien je Nachfrageschicht und Modus, Beispiele.....	164
Abbildung 13.2: Vergleich der Tagesganglinien je Modus mit SrV- Gesamtdatensatz	165

Abbildungsverzeichnis, Tabellenverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1:	Ergebnisse der Unternehmensbefragung.....	25
Tabelle 4.1:	Statistische Eckdaten der Bezirkseinteilung im Planungsgebiet	29
Tabelle 4.2:	Übersicht der Bezirksanzahl	30
Tabelle 5.1:	Merkmale für verhaltenshomogene Personengruppen.....	35
Tabelle 5.2:	Einwohner 2019 nach Personengruppen.....	36
Tabelle 5.3:	Strukturgrößen	37
Tabelle 5.4:	Strukturgröße Kita.....	39
Tabelle 5.5:	Strukturgröße Grundschule	40
Tabelle 5.6:	Strukturgröße weiterführende Schule	41
Tabelle 5.7:	Strukturgröße Berufsschule	42
Tabelle 5.8:	Strukturgröße Hochschule	44
Tabelle 5.9:	Strukturgröße Einkaufen	45
Tabelle 5.10:	Strukturgröße Behörden/ Ämter	46
Tabelle 5.11:	Strukturgröße medizinische Versorgung.....	47
Tabelle 5.12:	Strukturgröße sonstige private Erledigungen.....	47
Tabelle 5.13:	Strukturgröße gastronomische, kulturelle und sonstige Freizeiteinrichtungen	49
Tabelle 5.14:	Strukturgröße Sportanlagen.....	49
Tabelle 5.15:	Strukturgröße Naturraumfläche	49
Tabelle 5.16:	Strukturgröße Arbeitsplätze	50
Tabelle 7.1:	Datengrundlagen ÖV-Angebot Analysemodell	66
Tabelle 8.1:	Verkehrssysteme und Modi	70
Tabelle 8.2:	Zuordnung Modi und Nachfragesegmente	71
Tabelle 9.1:	Eckwerte der Verkehrserzeugung (gerundet)	76
Tabelle 9.2:	Eckwerte der Verkehrsver- und -aufteilung (gerundet).....	81
Tabelle 9.3:	Nummerierung der Matrizen.....	96
Tabelle 10.1:	Kenngößen und Zielwerte der Kalibrierung.....	97
Tabelle 10.2:	Abweichungsanalyse Ein- und Aussteiger.....	114
Tabelle 10.3:	Vergleich Linienbeförderungsfälle.....	115
Tabelle 10.4:	Vergleich Verkehrsleistung	116
Tabelle 10.5:	Vergleich Umsteigeverhalten	117
Tabelle 10.6:	Sensitivitätstest 1 (MIV): Änderung der Nachfrage (Personen/Tag).....	118
Tabelle 10.7:	Sensitivitätstest 1 (MIV): Änderung der Verkehrsleistung	118

Abbildungsverzeichnis, Tabellenverzeichnis

Tabelle 10.8:	Sensitivitätstest 2 (Rad): Änderung der Nachfrage (Personen/Tag)	119
Tabelle 10.9:	Sensitivitätstest 2 (Rad): Änderung der Verkehrsleistung	119
Tabelle 10.10:	Sensitivitätstest 3 (ÖV): Änderung der Nachfrage (Personen/Tag)	120
Tabelle 10.11:	Sensitivitätstest 3 (ÖV): Änderung der Verkehrsleistung	121
Tabelle 11.1:	Einwohner Mannheim 2035 nach Personengruppen	123
Tabelle 11.2:	Einwohner Ludwigshafen 2035 nach Personengruppen	125
Tabelle 11.3:	Einwohner Umland 2035 nach Personengruppen	127
Tabelle 11.4:	Einwohner Modellraum 2035 nach Personengruppen	128
Tabelle 11.5:	Erwerbstätige und Arbeitsplätze	129
Tabelle 11.6:	Ergebnisse der Makroprognose	137
Tabelle 11.7:	Endergebnisse der Modellanwendung im Vergleich	139
Tabelle 11.8:	Eckwerte der Verkehrserzeugung (Heimatverkehrsaufkommen, gerundet)	140
Tabelle 11.9:	Eckwerte gesamtes Quellverkehrsaufkommen (gerundet)	140
Tabelle 11.10:	Verkehrsaufkommen nach Modus in Mannheim (gerundet)	141
Tabelle 11.11:	Verkehrsaufkommen nach Modus in Ludwigshafen (gerundet)	142
Tabelle 11.12:	Änderung der Pendleraufkommen im Personenverkehr (gerundet)	143
Tabelle 11.13:	Änderung des Modal Split in Mannheim	143
Tabelle 11.14:	Änderung des Modal Split in Ludwigshafen	144
Tabelle 11.15:	Entwicklung der KFZ-Verkehrsleistung (gerundet)	145
Tabelle 11.16:	Entwicklung der ÖV-Verkehrsleistung (gerundet)	146
Tabelle 0.1:	Randsummenbedingungen	176
Tabelle 0.2:	Nachfragerrelevante EVA-Bewertungen	186
Tabelle 0.3:	Besetzungsgrad	187

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

AG	... Auftraggeber
AP	... Arbeitsplätze
BfA	... Bundesagentur für Arbeit
BMVI	... Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
bzw.	... beziehungsweise
CR	... Capacity restraint
EUL	... Erweitertes Umland
EVA	... Erzeugung, Verteilung, Aufteilung (VISUM-Modul)
EW	... Einwohner
GTFS	... Google transit feed system
i. d. R.	... in der Regel
IV	... Individualverkehr
IVAS	... Ingenieurbüro für Verkehrsanlagen und -systeme
Kat.	... Kategorie
Kfz	... Kraftfahrzeug(e)
KiD	... Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland (Verkehrsbefragung)
Kita	... Kindertagesstätte(n)
Lkw	... Lastkraftwagen
MiD	... Mobilität in Deutschland (Verkehrsbefragung)
MIV	... Motorisierter Individualverkehr
MRN	... Metropolregion Rhein-Neckar
o. g.	... oben genannt
ÖPNV	... Öffentlicher Personennahverkehr
osm	... OpenStreetMap
ÖV	... Öffentlicher Verkehr
PG	... Planungsgebiet
Pkw	... Personenkraftwagen
POI	... Point of Interest
QZG	... Quelle-Ziel-Gruppe
RIN	... Richtlinien für integrierte Netzgestaltung
SG	... Strukturgröße
SPFV	... Schienenpersonenfernverkehr
SPNV	... Schienenpersonennahverkehr

Abkürzungsverzeichnis

SrV	... System repräsentativer Verkehrsbefragungen, Mobilität in Städten
SSP	... SSP Consult, Beratende Ingenieure GmbH
TBFreight	... Wirtschaftsverkehrsmodul von VISUM
UG	... Untersuchungsgebiet
UL	... Umland
VBZ	... Verkehrsbezirk
VCDB	... VerkehrsConsult Dresden-Berlin GmbH
VM	... Verkehrsbezirk
VRN	... Verkehrsverbund Rhein-Neckar
VRRN	... Verband Region Rhein-Neckar
VSys	... Verkehrssystem
WV	... Wirtschaftsverkehr
Zul. GG	... Zulässiges Gesamtgewicht

1 Ausgangssituation und Zielsetzung

Für die Metropolregion Rhein-Neckar, die Kreise und Städte der Bundesländer Hessen, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz umfasst, wird ein integriertes Verkehrsmodell aufgebaut, welches den Verkehrsplanenden der Region als fundierte Planungsgrundlage dient. In der hier beschriebenen ersten Stufe wurde ein Modell für den Kernraum um Ludwigshafen/Mannheim erstellt, welches die Verflechtungen für alle Verkehrsmittel umfasst und zur Abschätzung der Wirkungen von Maßnahmen verwendet werden kann. In einer zweiten Stufe soll zu einem späteren Zeitpunkt das Modell auf die Region ausgeweitet werden.

Die Zielstellung für die erste Stufe ist es, für die beiden zentralen Städte Mannheim und Ludwigshafen eine gemeinsame Planungsgrundlage zu schaffen, da die Städte enge verkehrliche Verflechtungen aufweisen. Zudem besteht der Bedarf an einer verbesserten Planungsgrundlage für den regionalen ÖPNV in der Region.

Für folgende Planungsaufgaben soll das Verkehrsmodell in der ersten Stufe genutzt werden:

- ▶ Analyse und Bewertung baulicher und regulatorischer Maßnahmen für den motorisierten Individualverkehr (MIV)
- ▶ Bewertung von Planungen bei großen infrastrukturellen Bauplanungen (Infrastrukturerneuerungen)
- ▶ Analyse und Bewertung von Maßnahmen hinsichtlich der Reduktion von Lärm und Luftschadstoffen sowie Maßnahmen im Bereich des Verkehrsmanagements und der Verkehrstechnik
- ▶ Analyse und Bewertung von Maßnahmen der Flächennutzung und der Siedlungsstruktur
- ▶ Analyse zu Veränderungen der Bevölkerungsstruktur und der verkehrlichen Präferenzen
- ▶ Analysen und Planungen im Radverkehr
- ▶ Analyse und Bewertung von Planungen im Güterverkehr und der Stadtlogistik

Modellspezifikation des Verkehrsmodells Rhein-Neckar

2 Modellspezifikation des Verkehrsmodells Rhein-Neckar

Die Modellierung und Berechnung des Verkehrsmodells erfolgt mit dem Programmsystem VISUM, dem Wirtschaftsverkehrsmodul TBFreight und dem Nachfragemodul EVA. Das Modul EVA basiert auf einer Entwicklung der TU Dresden (Nachfragemodell EVA nach Prof. Lohse).

Die nachfolgend dargestellten Modellspezifikationen bilden die Grundlage für die Definition eines Anforderungsprofils, um mit dem Verkehrsmodell (VM) arbeiten zu können.

Programmsystem PTV-VISUM, Version 2021

Lizenz:		im Analysemodell	im Prognose-
Netzgröße	3	enthalten	modell enthalten
Bezirke	3.000	1.426	1.426
Strecken	nicht limitiert	304.562	304.572
Knoten	nicht limitiert	118.956	118.949
FZ-Profile	50.000	9.748	8.618
weiter im Modell enthalten:			
Abbieger		872.750	872.846
Anbindungen		17.658	17.714
Oberbezirke		354	354
Gebiete		108	108
POI		27.276	27.277
Haltepunkte		8.131	8.138
Haltestellenbereiche		7.575	7.583
Haltestellen		7.266	7.272
Linien		791	740
Linienrouten		7.166	6.956
Fahrplanfahrten		27.816	29.231
Fahrplanabschnitte		28.760	29.231

Erforderliche Zusatzmodule: EVA-Personenverkehr, TBFreight

3 Methodische Grundlagen

3.1 Verkehrsangebot und Verkehrsnachfrage

Das VM VRRN besteht aus einem Analysemodell, welches das Basisjahr 2019 abbildet, und einem Prognosemodell, das den Prognosehorizont 2035 abbildet. Jedes Modell enthält ein Infrastruktur- bzw. Angebotsmodell. Dieses bildet die verkehrliche Infrastruktur mit den vorhandenen Wegebeziehungen und verkehrlichen Widerständen zum jeweiligen Betrachtungszeitraum ab. Es beinhaltet auch das ÖPNV-Fahrplanangebot. Im Nachfragemodell wird die Verkehrsnachfrage auf Basis der vorhandenen Infrastruktur und der Raumstruktur des Betrachtungszeitraumes berechnet.

3.2 Umsetzung für den privaten Personenverkehr

Das Verkehrsmodell bildet das Verkehrsaufkommen (Verkehrsnachfrage) eines Werktages (Montag bis Freitag) im Jahresmittel und im störungsfreien Zustand ab. Es beinhaltet die Verkehrsarten MIV, ÖPNV, Fuß- und Radverkehr.

Die Berechnung der Verkehrsnachfrage erfolgt im verwendeten Modellansatz nach Lohse in den drei wesentlichen Schritten

- ▶ Verkehrserzeugung,
- ▶ Ziel- und Moduswahl und
- ▶ Routenwahl.

Bei der **Verkehrserzeugung** werden die Verkehrsaufkommen innerhalb von Raumeinheiten (Teilverkehrszellen bzw. Verkehrsbezirke, vgl. Abschnitt 4.2) berechnet. Diese werden differenziert nach Verkehrsquellen, d. h. „wer verursacht Verkehr“, und Verkehrszielen, d. h. „welche Einrichtungen o. ä. ziehen Verkehr an“. Die Quellverkehrsaufkommen werden durch die Einwohner einer Raumeinheit bestimmt. Sie werden aufgrund unterschiedlichen Verkehrsverhaltens gruppiert und nach folgenden Eigenschaften betrachtet:

- ▶ Altersklassen
- ▶ Geschlecht
- ▶ Erwerbstätigkeit
- ▶ Pkw- bzw. ÖV-Zeitkarten-Verfügbarkeit

Methodische Grundlagen

Für die Bestimmung der Zielverkehrsaufkommen werden die verfügbaren Kenngrößen der Raumstruktur einer Raumeinheit verwendet. Dabei werden für jeden Fahrzweck verschiedene Raumstrukturgrößen verwendet. Folgende Fahrzwecke werden im Modell unterschieden:

- ▶ Arbeitswege zur eigenen Arbeitsstelle
- ▶ dienstliche Wege
- ▶ Wege zum Kindergarten
- ▶ Wege zur Ausbildungsstätte (differenziert nach Grund- und Sekundarschule sowie Berufsschule und Hochschule)
- ▶ Einkaufswege (differenziert nach täglichem und sonstigem Einkauf)
- ▶ Freizeitwege (differenziert nach Besuchswegen, Wege zur Erholung in der Natur, Wege zu sportlichen Aktivitäten und sonstige Freizeitwege (Kultur, Gastronomie, ...))
- ▶ sonstige Wege (z. B. Behördengänge, Wege zum Friseur, zum Arzt, zur Bank etc.)

Die für die Berechnung der Verkehrserzeugung verwendeten Einwohner- und Strukturgrößen werden in Kapitel 5 beschrieben.

Im nächsten Schritt wird zum einen die **Zielwahl** berechnet. Dabei wird die Entscheidung abgebildet, welches der vorhandenen Ziele tatsächlich genutzt wird, beispielsweise zu welchem Einkaufszentrum man zum Einkaufen fährt. Die Entscheidung hängt von der Attraktivität und Größe sowie der Erreichbarkeit der Ziele und damit vom zu überwindenden Verkehrswiderstand ab. Zum anderen wird in der **Moduswahl** die Entscheidung für eine Verkehrsart (MIV, ÖPNV, zu Fuß oder mit dem Rad) getroffen. Beide Entscheidungen sind abhängig voneinander und werden daher simultan berechnet. Sie werden auf Basis derselben Kennwerte des Verkehrswiderstandes bewertet. Folgende Kenngrößen beeinflussen die Wahl:

- ▶ Reisezeit
- ▶ Kosten (Reisekosten, Parkkosten des MIV)
- ▶ Zu- und Abgangszeiten zum Verkehrsmittel (z. B. Lage von Haltestellen, Parksituation)
- ▶ Verkehrsmittelverfügbarkeit
- ▶ Umsteigehäufigkeit (ÖV)
- ▶ Takt (ÖV)

Bei der **Routenwahl** wird schließlich die Nachfrage zwischen den Quellen und Zielen auf sinnvolle Routen nach dem jeweiligen Routenwiderstand (z. B. Reisezeit) verteilt. Da insbesondere im MIV der Routenwiderstand von

den tatsächlich realisierten Fahrten auf der Route abhängt, ist der o. g. Verkehrswiderstand vom Umlegungsergebnis abhängig. Daher ist ein iterativer Einschwingprozess des Systems erforderlich, der zu einem Systemgleichgewicht führt.

Das **Analysemodell** bildet das Basisjahr 2019 ab. Dieses Modell dient vorwiegend dazu, das Verkehrsgeschehen im IST-Zustand so genau wie möglich abzubilden, soweit es durch Verkehrserhebungen, Zähl- und Befragungsdaten bekannt ist. Diese Daten werden genutzt, um das Analysemodell zu kalibrieren und zu validieren. Dabei sind die jeweiligen statistischen Rahmenbedingungen der Verkehrserhebungen zu beachten. Im Kalibrierungsprozess erfolgt die Justierung der Modellparameter. Das Analysemodell dient als Grundlage für das Prognosemodell. Es gilt als prognosefähig, wenn es den IST-Zustand hinreichend genau abbildet.

Das **Prognosemodell** baut auf dem Analysemodell auf. Es bildet die nach heutigen Erkenntnissen wahrscheinliche Verkehrssituation im Jahr 2035 ab. Dabei werden insbesondere die Wirkungen von

- ▶ soziodemografischen und strukturellen Änderungen,
- ▶ Änderungen der Verkehrsinfrastruktur und des Verkehrsangebotes sowie
- ▶ Änderung der Kostenstrukturen

betrachtet. Eine Grundannahme ist, dass die im Analysemodell modellierten Wahlentscheidungen bzw. deren Entscheidungswahrscheinlichkeiten auch im Prognosezustand gelten.

Das Prognosemodell bildet die Grundlage für die Planungen, die mit Hilfe des Verkehrsmodells bewertet werden sollen.

3.3 Umsetzung für den Personenwirtschaftsverkehr und den Güterwirtschaftsverkehr

Das Erzeugungsmodell für den Personenwirtschaftsverkehr und den Verkehr mit Lkw ist im VISUM Modul TB-Freight formuliert. Das grundlegende Modellbild ist das eines Fahrzeugs, welches ausgehend von einer Verkehrszelle eine Tour, d. h. eine Abfolge von Fahrten, durchführt und dann zum Ausgangspunkt zurückkehrt.

Der Vorteil dieser Methodik liegt vor allem darin begründet, dass das einfache Modellbild der Hin- und Herfahrt die Einzeletappen von Touren, aber

Methodische Grundlagen

nicht die Quelle der Fahrten ursächlich abbildet. Die eigentlichen Zielpunkte der Fahrten – beschrieben durch entsprechende verkehrsanziehende Strukturdaten – sind durch die Abfolge von Ketten, auch Quelle von Verkehren, bestimmt, was in einem einfacheren Modell dazu führt, dass verkehrserzeugende und -anziehende Strukturen gemischt in die Berechnung von Startaufkommen einfließen. Konkret muss z. B. die Einwohnerzahl als verkehrserzeugendes Strukturdatum für Verkehre der Branchen „Verkehr/Lagerei“ mit einfließen, während im Transportkettenmodell TB-Freight die Einwohnerzahl implizit durch ihre Berücksichtigung in der Zielgewichtung auch das Startaufkommen bedingt.

Eine explizite Generierung von einzelnen Transportketten wird durch TB-Freight allerdings nicht durchgeführt, die Erstellung basiert auf makroskopischen Größen, der Anzahl der Touren, der mittleren Anzahl von Einzelfahrten je Tour und den Entfernungsverteilungen der Fahrten. Im Vergleich zu einem EVA-Ansatz, der prinzipiell auch möglich gewesen wäre, wird die Berechnung für jede Verkehrszelle, von der Touren starten, einzeln durchgeführt.

Datengrundlage für die Festlegung der jeweiligen Parameter ist die KiD („Kraftverkehr in Deutschland“) aus dem Jahr 2010, eine Erhebung von Fahrten deutscher Lkw und Pkw. Die Fahrten der Fahrzeuge an einem Tag wurden u. a. mit Attributen zu Fahrtweiten, Fahrtzeiten und verschiedenen Zielkategorien erhoben.

Die KiD 2010 wurde von SSP für die Belange der Erstellung eines Wirtschaftsverkehrsmodells ausgewertet und dazu ein Modellierungswerkzeug implementiert. Dieses Modell hat den SSP-internen Namen RegioTrans und wurde im Rahmen der Erstellung des Landesverkehrsmodells Bayern kalibriert und installiert. Es wird eine parallele Implementierung von RegioTrans in lokalen Modellen verwendet, um TB-Freight Realisierungen vor allem in Bezug auf die notwendigen Parameter die die Verteilungsrechnungen betrifft zu kalibrieren.

Berechnungsschritte von TB-Freight sind folgende:

- I. Aufkommensrechnung: Das Start-Aufkommen von Bedienungen wird über einen Strukturdatenansatz formuliert.
- II. Zielgewichtung: Das Potential für die Ziele der Bedienungen wird über einen Strukturdatenansatz formuliert.

- III. Verteilung der Bedienfahrten: Unter Verwendung einer Widerstandsfunktion wird eine Matrix der Bedienungen mit Standard-Verteilalgorithmen erstellt.
- IV. Transportkettenberechnung Teil 1: Die Startfahrten werden berechnet. Wesentliche Parameter sind die durchschnittliche Anzahl Bedienungen je Tour und wiederum der Parameter einer Verteilungsfunktion.
- V. Transportkettenberechnung Teil 2: Für jede Startzelle wird eine Matrix der Zwischenfahrten gebildet, so dass die Zahl der Bedienungen der Verkehrszellen getroffen werden. Rückfahrten ergeben sich aus fehlenden Ausfahrten der Verkehrszellen. Zu erwähnen ist, dass der bewertete Widerstand der Zwischenfahrt zwischen zwei Zellen vom sogenannten Saving¹ abhängt. Dies ist der Vorteil, den eine Fahrtenkette gegenüber zweier Direktfahrten – einschließlich Rückfahrten – z. B. ausgedrückt in weniger zurückgelegter Fahrtweite ergibt.

Die Funktionalitäten I bis V sind in zwei Teilmodulen von TB-Freight implementiert, was in der Beschreibung des Verfahrensablaufs erläutert wird.

Die dem Modell zugrundeliegende Vorgehensweise wird für 25 unterschiedliche Segmente angewandt, die sich durch unterschiedliche Abhängigkeiten von Strukturdaten auf Quell- und Zielseite, gegebenenfalls auch unterschiedliche Fahrtenstrukturen unterscheiden. Die Erhebungsinformation aus dem KiD macht die Segmentierung nach Wirtschaftsklassen und Fahrzeugklassen möglich, was im Modell entsprechend realisiert wird. Unterschieden werden die Wirtschaftsklassen - im Weiteren auch als Branchen bezeichnet.

- ▶ PR: Produktion,
- ▶ BA: Bau,
- ▶ HA: Handel,
- ▶ VL: Verkehr und Lagerei,
- ▶ SO: Sonstiges

und die Fahrzeugklassen

- ▶ P: Pkw,
- ▶ LK: Lkw $\leq 3,5$ t zulässiges Gesamtgewicht (zul. GG),
- ▶ LN: Lkw $> 3,5$ t zul. GG und $< 7,5$ t zul. GG,

¹ Der Saving ist der Vorteil den eine Fahrtenkette gegenüber zweier Direktfahrten - einschließlich Rückfahrten - z. B. ausgedrückt in weniger zurückgelegter Fahrtweite ergibt.

Methodische Grundlagen

- ▶ LNP: Lkw $\geq 7,5$ t zul. GG und < 12 t zul. GG,
- ▶ LT: Lkw ≥ 12 t zul. GG.

Für die einzelnen 25 Kombinationen dieser Segmente wird das Modell angewandt.

Eine Trennung der LKW bei 2,8 t erfolgt nicht, da dies für die Lärmberechnung nicht mehr relevant ist.

Unternehmensbefragung zum Wirtschaftsverkehr

Die Zusammenhänge zwischen Strukturdaten und Verkehrsaufkommen weisen im Wirtschaftsverkehr im Vergleich zum Personenverkehr eine deutlich höhere Volatilität auf. Dies liegt schon allein an der Tatsache, dass die Anzahl der Unternehmen einer Verkehrszelle im Allgemeinen deutlich unter der Anzahl der Personen einer Verkehrszelle liegt. Weiterhin ist eine „verhaltenshomogene“ Segmentierung bei der Vielzahl von Ausprägungen von Unternehmen nicht in einer den Segmenten des Personenverkehrs entsprechenden Weise zu definieren.

Insofern hat das methodische Vorgehen im Wirtschaftsverkehr auf der Ebene von Verkehrszellen den Charakter einer mehr oder weniger groben Schätzung.

Um dies bei räumlich fein aufgelösten Bereichen besser unter Kontrolle zu bekommen, ist es in einer Vielzahl von Realisierungen üblich, dass im Modellraum für einzelne, und dann vor allem für verkehrlich bedeutende Unternehmen Recherchen zum Verkehrsaufkommen oder sogar eigene Erhebungen durchgeführt werden.

Daher wurde bei der Erarbeitung des Wirtschaftsverkehrsmodells eine Erhebung von Kenngrößen zum Verkehrsgeschehen mittels Fragebogen durchgeführt. Ziel waren Erhebungsdaten von 40 Unternehmen. Diese wurde in einer ersten Stufe als Online-Erhebung und dann – aufgrund einer sehr geringen Rücklaufquote – in einer zweiten Stufe mit einem reduzierten Fragebogen mit großer Unterstützung der IHK Rhein-Neckar und der IHK Rhein-Pfalz durchgeführt.

Die Erhebung gliedert sich in folgende Schritte:

Schritt 1: Design des Fragebogens

Der Fragebogen liegt als Dokument diesem Zwischenbericht bei (Anhang 1). Er ist auch Ergebnis einer Abstimmung zwischen AG und AN. Hier eine Übersicht der Inhalte:

- ▶ Adresse des Standorts des Unternehmens
- ▶ Branche und Anzahl von Mitarbeitern am Standort
- ▶ Aufkommen an Lieferwagen, kleinen Lkw und großen Lkw
- ▶ Anteil des Aufkommens nach Nah- und Fernverkehr
- ▶ Anteil des Aufkommens nach Destinationen bzw. Destinationsrichtungen
- ▶ Fragen zu Nutzung des Kombinierten Verkehrs

Weiterhin wurde ein Anschreiben verfasst und abgestimmt.

Schritt 2: Festlegung der zu kontaktierenden Unternehmen

Für die Auswahl der Unternehmen wurden folgende Quellen verwendet.

- ▶ Eine Firmenliste, z.T. auch mit Ansprechpartner, wurde vom Steinbeis-Innovationszentrum Logistik und Nachhaltigkeit in Sinsheim zur Verfügung gestellt.
- ▶ Unter Verwendung der Kartendarstellung von OpenStreetMap (zum großen Teil mit Unternehmensnamen versorgt) und den Luftbildern aus Google Earth (hier sind Lkw und Außenlager zu identifizieren) wurde manuell das Untersuchungsgebiet durchgescannt.
- ▶ Beiträge der IHK Rhein-Neckar und der IHK Rhein-Pfalz wurden verarbeitet.

Letztendlich führte dies zu einer Liste mit 150 Unternehmen, die Verortung in einem GIS führt zu Abbildung 3.1.

Methodische Grundlagen

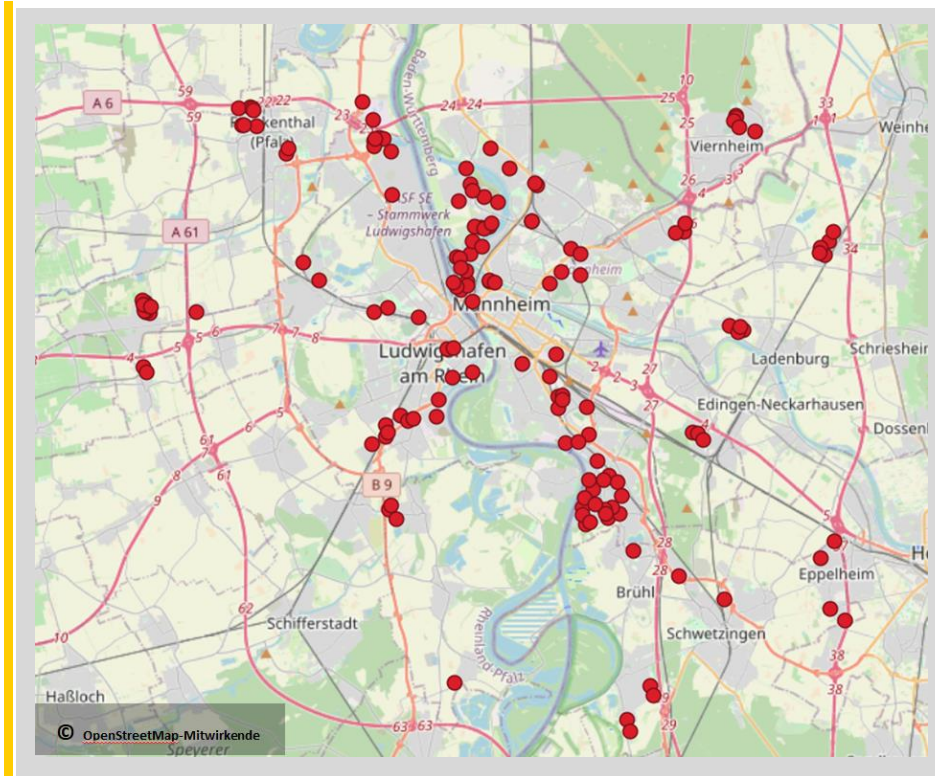


Abbildung 3.1: Standorte der 150 recherchierten Unternehmen

Schritt 3: Kontaktaufnahme (Stufe 1)

Der Erstkontakt mit den Unternehmen erfolgte auf telefonischem Weg.

Das Anliegen wurde dargelegt und ein Ansprechpartner abgefragt und angerufen. Dann wurde eine Bestätigung eingeholt, dass der Fragebogen zugesandt werden darf. In einigen Fällen sagte der Erstkontakt zu, dass er den Fragebogen an eine entsprechende Person weiterleiten wird.

Bei positiver Antwort wurde ein personalisierter Link auf den Fragebogen zugesandt. Über das für die Befragung verwendete Portal „Survey Monkey“ kann die Versendung, das Öffnen, die teilweise und die vollständige Beantwortung des Fragebogens verfolgt werden.

Schritt 4: Vereinfachte Fragebogen und Kontaktaufnahme über die IHKs

Nachdem sich im März 2021 eine sehr geringe Rücklaufquote abzeichnete, boten die IHK Rhein-Neckar und die IHK Rhein-Pfalz ihre Unterstützung an,

Methodische Grundlagen

Unternehmen aus der Liste direkt zu kontaktieren und den Fragebogen per E-Mail zuzusenden. Dazu wurde auch ein deutlich im Umfang reduzierter Fragebogen entworfen.

Der aktuelle und finale Stand ist Folgender:

10 Unternehmen haben den Online Fragebogen verwertbar ausgefüllt. Weitere 18 Unternehmen haben den reduzierten Fragebogen über die IHK unterstützte Befragung ausgefüllt.

Eine Kurzübersicht der Befragungsergebnisse zeigt Tabelle 3.1. Diese werden in das Verkehrsmodell eingespeist. Dabei werden in einigen Fällen (z. B. bei einem Entsorgungsbetrieb) auch Informationen zum Bedienbereich aus der ersten Fragebogenversion mitberücksichtigt.

Es ist nicht zu erwarten, dass noch weitere Antworten eintreffen. Da die BASF noch speziell befragt wird, werden für weitere 11 Unternehmen die Aufkommensmengen abgeschätzt bzw. recherchiert.

Wirtschaftszweig	Anzahl Mitarbeiter	Fahrtenaufkommen pro Tag	Lieferwagen	Leichte LKW	schwere Lkw
			in %		
Abfall- und Kreislaufwirtschaft	85	110	0	10	90
Abfall- und Kreislaufwirtschaft	300	110	15	15	70
Anderes produzierendes Gewerbe	8300	152	20	40	40
Energieversorgung	530	25	0	0	100
Herstellung von chemischen Erzeugnissen	198	15	35	35	30
Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	28	14	90	10	0
Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Ver	230	65	15	15	70
Herstellung von Metallerzeugnissen	40	5	50	25	25
Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln	40	14	10	20	70
Maschinenbau	120	15	25	25	50
Maschinenbau	15	1	0	50	50
Metallerzeugung und -bearbeitung		7	25	50	25
Pharma	13	3	90	5	5
Pharma	2000	50	40	40	20
sonstiger Fahrzeugbau	1000	80	20	20	60
sonstiger Fahrzeugbau	3358	210	5	5	90
Verkehr und Lagerei	42	25	10	0	90
Verkehr und Lagerei	160	700	10	10	80
Verkehr und Lagerei	170	30	10	20	70
Verkehr und Lagerei	50	40	0	0	100
Verkehr und Lagerei	12	135	90	10	0
Verkehr und Lagerei	120	150	20	40	40
Verkehr und Lagerei	134	37	10	20	70
Verkehr und Lagerei	10	4	20	20	60
Verkehr und Lagerei	1100	350	5	5	90
Verkehr und Lagerei		4	90	0	10
Verkehr und Lagerei	65	80	0	0	100
Verkehr und Lagerei	50	100	0	0	100

leere Zelle bedeutet keine Antwort

Tabelle 3.1: Ergebnisse der Unternehmensbefragung

Definition des Untersuchungsgebietes und der Verkehrszellen

4 Definition des Untersuchungsgebietes und der Verkehrszellen

4.1 Abgrenzung des Planungs- und Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet (UG) des Verkehrsmodells Rhein-Neckar ist so gewählt, dass alle wesentlichen Verkehrsbeziehungen der Region Rhein-Neckar und insbesondere der Städte Mannheim und Ludwigshafen abgebildet werden können. Es beschreibt den Bereich, in dem modellinterne Nachfrageberechnungen durchgeführt werden.

Die Abgrenzung, welche in folgender Abbildung dargestellt ist, ist primär unter Berücksichtigung von Pendlerdaten² erfolgt.

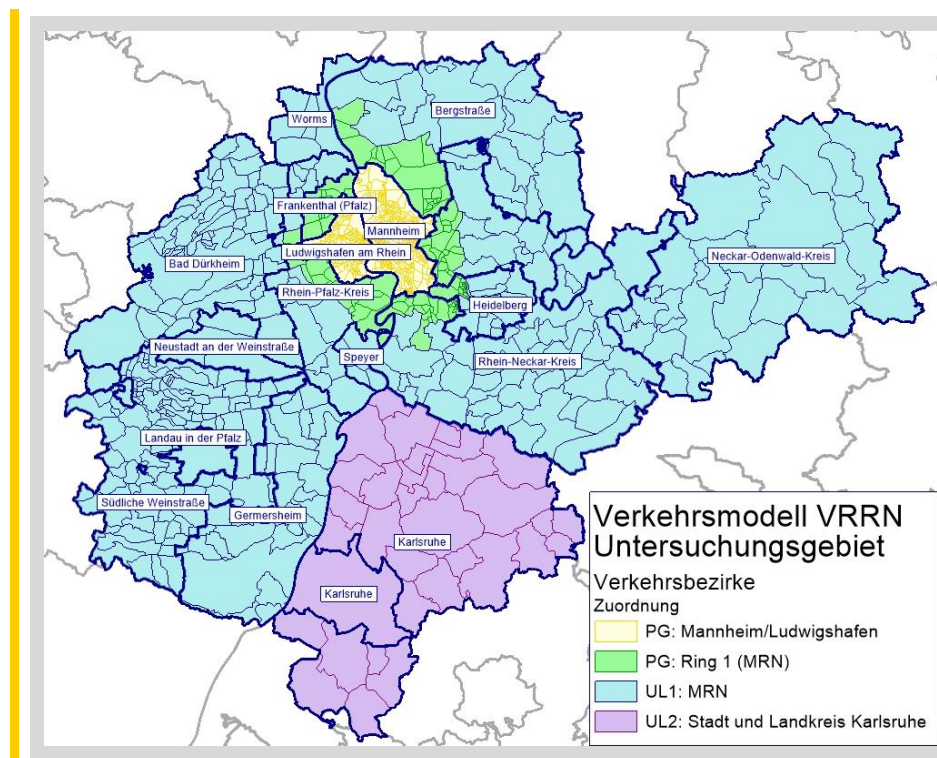


Abbildung 4.1: Abgrenzung des Untersuchungsgebietes

² Quelle | Pendlermatrix der Agentur für Arbeit, Stand 30.06.2019

Definition des Untersuchungsgebietes und der Verkehrszellen

Das ausgewählte Untersuchungsgebiet wird weiterhin in zwei Teile untergliedert. Das Planungsgebiet (PG) beschreibt das unmittelbare Bezugsgebiet der Analyse und der zukünftigen Prognose. Es entspricht dem Stadtgebiet der Städte Mannheim und Ludwigshafen sowie der direkt an die Städte angrenzenden Gemeinden (Ring 1). Folgende Gemeinden sind im Planungsgebiet enthalten:

- ▶ Stadt Mannheim (Stadtkreis)
- ▶ Stadt Ludwigshafen (Stadtkreis)
- ▶ Viernheim, Lampertheim (Kreis Bergstraße, Hessen)
- ▶ Heddesheim, Ladenburg, Ilvesheim, Edingen-Neckarhausen, Plankstadt, Schwetzingen, Brühl, Ketsch (Rhein-Neckar-Kreis)
- ▶ Stadtteil Wieblingen der Stadt Heidelberg
- ▶ Altrip, Waldsee, Otterstadt, Neuhofen, Limburgerhof, Mutterstadt, Fußgönheim, Maxdorf (Rhein-Pfalz-Kreis)
- ▶ Stadt Frankenthal (Stadtkreis)

Der restliche Anteil des Untersuchungsgebietes, welches als Umland (UL) bezeichnet wird, dient zur Abbildung der Wechselbeziehungen mit dem Planungsgebiet. Es wird in zwei Teile unterteilt:

- ▶ Umland 1 (UL1): restliche Gemeinden der Metropolregion
- ▶ Umland 2 (UL2): Gemeinden außerhalb der Metropolregion mit verstärkter Verflechtung zum Planungsgebiet

Beim Schneiden von Verkehrswegen des Individualverkehrs sowie des öffentlichen Personenverkehrs an den äußeren Grenzen des Untersuchungsgebietes sind virtuelle Verkehrszellen ohne Strukturdaten und räumlicher Ausdehnung hinterlegt. Diese sogenannten Kordonverkehrszellen dienen zur Abbildung der Verkehrsbeziehungen des Untersuchungsgebietes mit dem erweiterten Umland (EUL). Über diese Kordonpunkte werden die externen Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehre in das Modell eingespeist.

Für eine weitere Differenzierung der Auswertung ist das Planungsgebiet zusätzlich in Raumkategorien unterteilt, welche in Abbildung 4.2 veranschaulicht werden:

- ▶ Mannheim Innenstadt
- ▶ Mannheim Innenstadtrand
- ▶ Mannheim Stadtrand
- ▶ Ludwigshafen Innenstadt

Definition des Untersuchungsgebietes und der Verkehrszellen

- ▶ Ludwigshafen übrige Stadtgebiete
- ▶ Ring 1

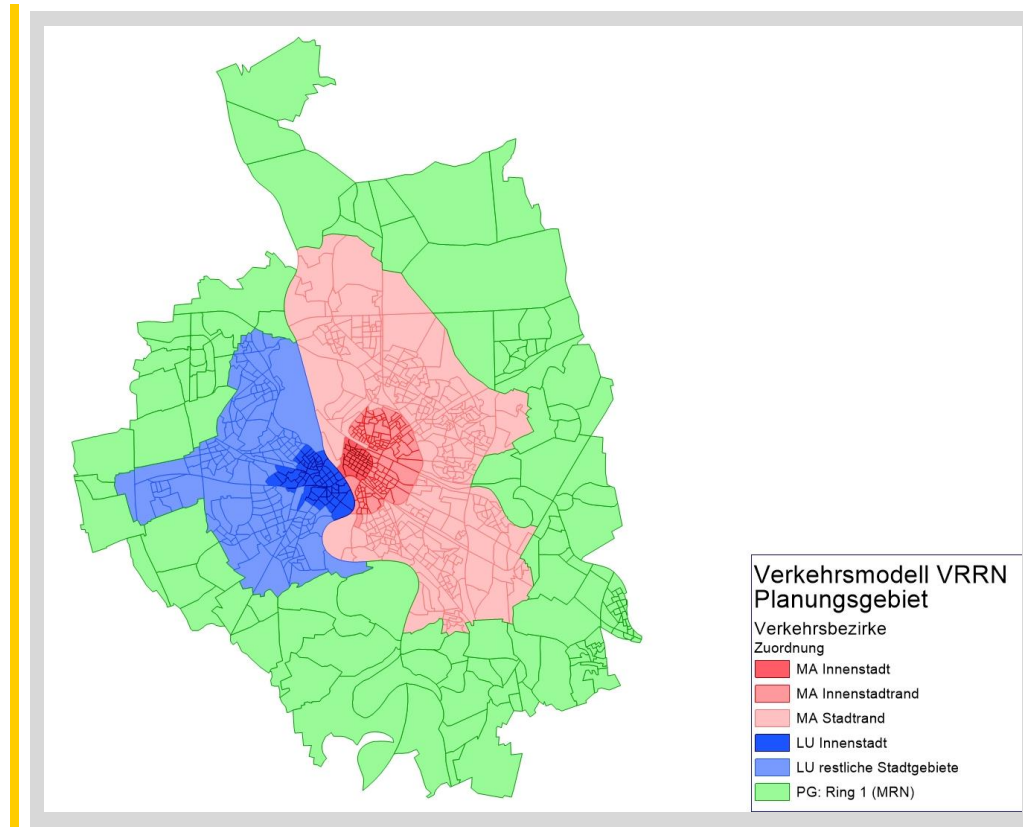


Abbildung 4.2: Raumkategorien des Planungsgebietes

4.2 Verkehrsbezirke

Die Verkehrsbezirke bzw. Verkehrszellen dienen zur räumlichen Gliederung von Raum-, Siedlungsstruktur- und Verkehrsdaten. Sie bilden die Quellen und Ziele der einzelnen Verkehrsteilnehmer ab.

Innerhalb eines Verkehrsbezirks ist eine weitreichend homogene Strukturdaten- und Verkehrsverhaltensdatenverteilung von Vorteil. Deshalb ist die Struktur der Verkehrsbezirke von besonderer Bedeutung.

Als Grundlage der Bezirkseinteilung dient die strukturelle Gliederung der jeweiligen Stadt bzw. Gemeinde. Unter Berücksichtigung folgender Punkte ist eine zusätzliche Überarbeitung erfolgt:

- ▶ bestmögliche Vermeidung von Binnenverkehren in der Matrix

Definition des Untersuchungsgebietes und der Verkehrszellen

- ▶ max. eine Haltestelle pro Verkehrszelle im Planungsgebiet für den Schienenverkehr
- ▶ keine überdurchschnittlich große Abweichung vom Mittelwert der maßgebenden Strukturgrößen pro Zelle, getrennt nach Zellenraumtyp
- ▶ Abgrenzung homogener Flächennutzungen (Gewerbegebiete, Wohngebiete etc.)
- ▶ Aggregation auf die statistischen Bezirke sowie Stadtteile und Stadtbezirke wird gewährleistet
- ▶ Abnehmender Detaillierungsgrad mit zunehmender Entfernung vom Planungsgebiet

Für die Städte Mannheim und Ludwigshafen erfolgte die Bildung von Verkehrsbezirken auf Basis der vorliegenden Baublöcke. Dadurch wird eine gute Homogenität der Verkehrsbezirke hinsichtlich der Strukturdaten erreicht.

Die Gesamtanzahl der Verkehrsbezirke für das Planungsgebiet beträgt 910. Diese teilen sich wie folgt auf die Teilgebiete auf:

Teilgebiet	Anzahl Verkehrsbezirke (VBZ)	Mittlere Einwohnerzahl / VBZ	Max. Einwohnerzahl / VBZ
Mannheim	524	618	2.366
Ludwigshafen	244	719	2.054
Ring 1	142	2.155	7.602

Tabelle 4.1: Statistische Eckdaten der Bezirkseinteilung im Planungsgebiet

Die Bezirkseinteilung im Umland erfolgte mindestens gemeindefein. Folgende Städte wurden weiter unterteilt:

- ▶ Neustadt/Weinstraße
- ▶ Speyer
- ▶ Worms
- ▶ Heidelberg
- ▶ Sinsheim
- ▶ Wiesloch

Die Einwohnerzahlen je Verkehrsbezirk im Umland variieren stark. Dies ist mit unterschiedlichen Siedlungsstrukturen zu begründen. Das Umland vereint Groß- und Mittelstädte sowie ländliche Regionen. Grundsätzlich sind

Definition des Untersuchungsgebietes und der Verkehrszellen

näher am Planungsgebiet liegende Städte feiner differenziert als weiter entfernt liegende (z. B. Karlsruhe).

Den Abschluss an den Modellgrenzen bilden Kordonbezirke, welche das Hinterland über einen Punktbezirk abbilden und die Einspeisepunkte für die externen Verkehre darstellen.

Eine vollständige Übersicht über die Bezirksanzahl zeigt folgende Tabelle:

Gebiet	Grundlage	Anzahl
Planungsgebiet	Baublöcke, Gemeindeangaben	910
Umland	Stadt- und Gemeindegrenzen	330
Erweitertes Umland	Kordonbezirke	186
Summe		1.426

Tabelle 4.2: Übersicht der Bezirksanzahl

4.3 Gliederung der Verkehrsbezirke

Bezirkstypen

Zur Zuordnung der Verkehrsbezirke wurden folgende Bezirkstypnummern vergeben:

- 1: Mannheim
- 2: Ludwigshafen
- 3: Ring 1
- 4: restliches MRN-Gebiet
- 5: Umland außerhalb MRN (Stadt und Landkreis Karlsruhe)
- 8: Kordonverkehrsbezirke ÖV
- 9: Kordonverkehrsbezirke Kfz-Verkehr

Mannheim und Ludwigshafen

Die Verkehrsbezirksstruktur für das Planungsgebiet orientiert sich an administrativen Gebietsgrenzen der Städte, wodurch eine Zuordnung statistischer Daten möglich ist.

Definition des Untersuchungsgebietes und der Verkehrszellen

Anhand siedlungsstruktureller Kriterien, räumlicher Zäsuren und der Lage sowie dem Einzugsbereich von Haltestellen des öffentlichen Personenverkehrs sind Baublöcke zu Verkehrsbezirken aggregiert. Die Zuordnungsliste befindet sich in Anhang 2. Mit dieser können neue Bevölkerungsdaten auf Baublockebene in das Verkehrsmodell überspielt werden.

Die Bezirksnummer setzt sich in Städten zusammen aus der vierstelligen Gemeindeschlüsselnummer (8222 für Mannheim, 7314 für Ludwigshafen), der dreistelligen Stadtteilnummer gefolgt von einer fortlaufenden Nummerierung mittels zwei Ziffern. Sie ist somit neunstellig.

- ▶ Bsp. Mannheim Zentrum: 8222 011 23
- ▶ Bsp. Ludwigshafen Zentrum: 7314 110 09

Ring 1 und Umland

Die Verkehrsbezirke in Ring 1 und im Umland entsprechen den Gemeinden mit zusätzlicher Verfeinerung entsprechend den zuvor erläuterten Kriterien.

Die Bezirksnummerierung folgt folgender Systematik:

- ▶ Erste 7 Stellen: Gemeindeschlüsselnummer
- ▶ Letzte 2 Stellen: fortlaufende Nummer innerhalb einer Gemeinde

Kordonverkehrsbezirke

Die Bezirke Nr. 900000001 – 900000021 sind Kordonverkehrsbezirke für den schienengebundenen Verkehr, die Bezirke Nr. 910000001 – 910000165 für den straßengebundenen Verkehr.

4.4 Externe Verkehre

Der externe Verkehr, d. h. der Verkehr der Quelle und/oder Ziel im Außenraum hat, wird in das Modell aus außerhalb des VISUM-Modellrahmens erarbeiteten Matrizen zugespielt.

Wesentliche Datengrundlage sind die Matrizen der Verkehrsprognose 2030, die im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung erstellt werden. Diese Matrizen liefern für das Analysejahr 2010 und das Prognosejahr 2030 Informationen zu Personen- und Güterverkehr.

Definition des Untersuchungsgebietes und der Verkehrszellen

4.4.1 Kfz-Verkehr

Für die Erarbeitung von Matrizen des Kfz-Verkehrs für das Verkehrsmodell Rhein-Neckar wurden folgende Arbeitsschritte durchgeführt:

- ▶ Fortschreibung der Matrizen von Personen- und Güterverkehr auf das Jahr 2019. Die angewandten Methoden entstammen aus Arbeiten zur „Gleitenden Mittelfristprognose für den Personen- und Güterverkehr“ des BMVI. Auf der regionalen Basis von Kreisen werden Veränderungen von Bevölkerung und Bruttoinlandsprodukt, sowie für ganz Deutschland die Kraftstoffpreisentwicklung vorgegeben. Im Güterverkehr ist noch die Entwicklung des Außenhandels in die Berechnung einbezogen.
- ▶ Umrechnung der jährlichen in werktägliche Verkehre.
- ▶ Anwendung von Fahrzeugmodellen, die im Personenverkehr die Pkw-Verflechtungen und im Güterverkehr die Lkw-Verflechtungen erzeugen.
- ▶ Anwendung von Verteilungsmodellen zur Umrechnung auf die Zonierung des Deutschlandmodells von SSP.
- ▶ Teilnetzrechnung im Deutschlandmodell von SSP.
- ▶ Manuelle Zuordnung der Kordonpunkte des Teilnetzmodells auf Kordons im Verkehrsmodell Rhein-Neckar.
- ▶ Umschlüsselung der Teilnetzverkehre auf das Verkehrsmodell Rhein-Neckar im Kordon und im Modellraum, Löschen der Verkehre innerhalb des Modellraums aus der Matrix.

Die Matrizen unterscheiden:

- ▶ die vier Lkw-Klassen, die auch im Erzeugungsmodell des Wirtschaftsverkehrs unterschieden werden,
- ▶ die Pkw-Fahrten des Wirtschaftsverkehrs aus der VP 2030 Matrix des Fahrzweck „Geschäft“ und
- ▶ die sonstigen Pkw-Fahrten.

Die Matrizen des Prognosejahrs 2035 werden entsprechend berechnet, hierzu werden die verfügbaren Prognosen der Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung genutzt.

4.4.2 Öffentlicher Verkehr

Für die Erarbeitung von Matrizen des ÖPNV für das Verkehrsmodell Rhein-Neckar wurden folgende Arbeitsschritte durchgeführt:

Definition des Untersuchungsgebietes und der Verkehrszellen

- ▶ Fortschreibung der Matrizen des ÖPNV (Bahn und Bus) auf das Jahr 2019: Auf der regionalen Basis von Kreisen werden Veränderung von Bevölkerung zwischen 2010 und 2030 (Basis der Verkehrsprognose des Bundes) zur realen Bevölkerungsentwicklung 2010 bis 2019 ins Verhältnis gesetzt. Dadurch werden von der Bundesprognose abweichende Entwicklungen berücksichtigt.
- ▶ Umrechnung der jährlichen in werktägliche Verkehre
- ▶ Zuordnung der Kordonpunkte des Teilnetzmodells auf Kordons im VM Rhein-Neckar
- ▶ Umschlüsselung der Teilnetzverkehre auf das Verkehrsmodell Rhein-Neckar im Kordon und im Modellraum
- ▶ Löschen der Binnenverkehre des Modellraums
- ▶ Verteilung der Quell-Ziel-Verkehre innerhalb der Kreise auf Basis der Einwohner- und Arbeitsplatzverteilung sowie der ÖV-Erreichbarkeit

Durchgangsverkehre werden im ÖV nicht berücksichtigt. Es wird je eine externe Matrix des Öffentlichen Verkehrs für das Analysejahr 2019 und das Prognosejahr 2035 erstellt. Die Prognosematrix wird analog zum Vorgehen der Analysematrix auf Basis der aktuell prognostizierten Einwohnerentwicklungen für 2035 fortgeschrieben.

4.5 Oberbezirke und Gebiete

Zur Aggregation der hinterlegten Daten und der Berechnungsergebnisse wurden Oberbezirke und Gebiete angelegt.

Im Modell sind 354 Oberbezirke enthalten. Für die Stadt Ludwigshafen sind dabei die 14 Stadtteile sowie BASF als eigener Oberbezirk enthalten. In Mannheim repräsentieren die Oberbezirke die 17 Stadtbezirke. Im Umland bilden die Oberbezirke die Gemeinden ab.

Darüber hinaus enthält das Modell 17 Gebiete für die kreisfreien Städte und Landkreise im Modellgebiet sowie ein Gebiet für das gesamte Modellgebiet. Weiterhin sind die Tempo-30-Zonen im Planungsgebiet als Gebiete hinterlegt (ab Nr. 100.010).

Strukturdaten

5 Strukturdaten

5.1 Grundlagen

Die Strukturdaten werden im Verkehrsmodell in zwei wesentliche Gruppen unterteilt, die verkehrserzeugenden Strukturdaten (Produktion) und die verkehrsanziehenden Strukturdaten (Attraktion). Die verkehrserzeugenden Strukturdaten umfassen alle Einwohner des Untersuchungsgebietes. Zu den verkehrsanziehenden Strukturen zählen u.a. Arbeitsplätze, Bildungseinrichtungen, Einkaufs- und Dienstleistungsstandorte sowie Orte oder Einrichtungen für Freizeitaktivitäten.

Die Aufbereitung der Daten inklusive der dafür verwendeten Datenquellen ist nachfolgend beschrieben.

5.2 Einwohnerdaten

Die Zahl der Einwohner geht direkt in die Erzeugungsrechnung ein. Die Einwohner werden dazu im Verkehrsmodell räumlich differenziert den Verkehrsbezirken zugeordnet. Weiterhin erfolgt eine Einteilung in verhaltenshomogene Personengruppen. Maßgebend für die Zuordnung zu einem Verkehrsbezirk ist jeweils der Wohnort.

Die amtliche Statistik kann in der Regel die Einwohnerzahlen differenziert nach Alter oder Altersklassen zur Verfügung stellen. Für Mannheim und Ludwigshafen wurden die Einwohnerdaten auf Baublockebene bereitgestellt. Für das Umland lagen die Einwohnerdaten auf Gemeindeebene aus der Regionalstatistik vor.

Eine weitere Differenzierung nach Verhaltensstrukturen (verhaltenshomogenen Personengruppen) wurde nach folgenden Kriterien durchgeführt:

Kriterium	Ausprägung
(Erwerbs-)Tätigkeit	Kind, Schüler Grundschule, Schüler weiterführende Schule, Azubi, Student, erwerbstätig, nicht erwerbstätig
Alter [Jahre]	Erwerbstätig bis 44, erwerbstätig ab 45, nicht erwerbstätig bis 44, nicht erwerbstätig 45 bis 64, nicht erwerbstätig 65 bis 74 (Senioren 1), nicht erwerbstätig ab 75 (Senioren 2)

Strukturdaten

Kriterium	Ausprägung
Pkw-Verfügbarkeit	mit / ohne (für alle Tätigkeits- und Altersgruppen)
ÖV-Zeitkartenverfügbarkeit	mit / ohne (nicht für Kinder, Schüler, Azubis und Studenten)

Tabelle 5.1: Merkmale für verhaltenshomogene Personengruppen

Für die Überführung der nach Alter unterteilten Einwohner in verhaltenshomogene Personengruppen wurden zuerst Angaben aus SrV³ herangezogen. Mit den dort enthaltenen Personendaten ist eine Zuordnung von Alter und Personengruppe möglich. Die Ergebnisse wurden in einem zweiten Schritt mit Eckwerten zur Zahl der Schüler, Studenten und Erwerbstätigen aus der amtlichen Statistik bzw. der Erwerbstätigenrechnung abgeglichen.

Für die Bestimmung der Pkw-Verfügbarkeit und der ÖV-Dauerkartenverfügbarkeit wurden neben den Angaben aus SrV auch die Daten der amtlichen Statistik zum Kfz-Bestand und, für die Zeitkartenverfügbarkeit, Angaben der Verkehrsunternehmen hinzugezogen.

Die folgende Tabelle enthält eine Übersicht der Einwohner nach Personengruppen.

Personengruppe	Mannheim	Ludwigshafen	Umland	Gesamt
Kinder	19.600	12.400	158.700	190.700
Schüler Grundschule	9.100	6.900	97.600	113.600
Schüler weiterführende Schulen	21.500	14.200	203.400	239.100
Auszubildende	8.100	4.900	48.100	61.100
Studenten	23.200	10.100	167.400	200.700
Erwerbstätige	155.400	78.100	1.213.200	1.446.700
Nichterwerbstätige bis 64 Jahre	29.300	16.500	252.100	297.900

³ Haushaltsbefragung „System repräsentativer Verkehrsbefragungen“ bzw. „Mobilität in Städten“

Strukturdaten

Personengruppe	Mannheim	Ludwigshafen	Umland	Gesamt
Senioren	57.400	32.400	546.400	636.200
Einwohner gesamt	323.600	175.500	2.686.900	3.186.000

Tabelle 5.2: Einwohner 2019 nach Personengruppen

Die Daten können direkt im Modell aus den Bezirksattributen abgelesen werden (ANZAHL PERSONEN), zusätzlich wurden benutzerdefinierte Attribute angelegt, in denen die Personengruppen aggregiert dargestellt werden (z. B. BP01_KK: Kleinkinder insgesamt, ohne Unterteilung nach Pkw-Verfügbarkeit).

5.3 Verkehrsanziehende Strukturdaten

5.3.1 Grundlagen

Die verkehrsanziehenden Strukturdaten stehen in unmittelbarem Zusammenhang mit den Wegezwecken. Sie sind als Attribute der Verkehrserzeugung im Verkehrsmodell hinterlegt. Insgesamt werden 42 Strukturgrößen unterschieden.

code	Strukturgröße
SG00	Arbeitsplätze
SG01	Plätze in Kindertageseinrichtungen
SGP02/03/04/05	Schüler an Grundschulen/ Oberschulen (weiterführende Schulen)/ Berufsschulen/ Studienplätze
SG10/11/12	Einkaufseinrichtungen des vorwiegend täglichen Bedarfs klein/mittel/groß
SG13/14/15	Einkaufseinrichtungen des vorwiegend nichttäglichen Bedarfs klein/mittel/groß
SG16/17/18	Einkaufszentrum (oder Kaufhaus mit Angeboten sowohl des täglichen als auch des nichttäglichen Bedarfs (Warenmix)) klein/mittel/groß
SG20/21/22	Behörde/ Amt mit geringem/ mittlerem/ hohem Besucheraufkommen
SG23/24/25	Medizinische Versorgungseinrichtungen mit geringem/ mittlerem/ hohem Patientenaufkommen

Strukturdaten

code	Strukturgröße
SG26	Dienstleistungsbetrieb/-standort mit geringem Besucherpotential ((Automat/ Behälter)
SG27	Sonstiger Dienstleistungsbetrieb/-standort (mit Kundenbetreuung)
SG28	Friedhof
SG29	Außerschulische Bildungseinrichtung
SG30/31/32	kulturelle Einrichtung klein/ mittel/ groß
SG33/34/35	gastronomische Einrichtung klein/ mittel/ groß
SG36/37/38	Sportanlage klein/ mittel/ groß
SG39/40/41	Sonstige Freizeiteinrichtung klein/ mittel/ groß
SG42/43/44	Naturraum/ Fläche mit geringem/ mittlerem/ hohem Nutzungspotential (Besucher, Aktive)
SG45	Kleingartenanlage
SG50	Einwohner

Tabelle 5.3: Strukturgrößen

Wie aus der Übersicht hervorgeht, erfolgt bei einigen Strukturgrößen eine Unterscheidung nach Größe bzw. dem zu erwartenden Kunden- oder Besucherpotential. Der Grund dafür ist, dass konkrete Strukturgrößen wie z. B. Geschäfte als maßgebende Strukturgröße für den Wegezweck Einkaufen eine enorme Spannweite an Besuchern bzw. Kunden aufweisen können. Dieses erwartete Besucher- bzw. Kundenaufkommen je Strukturgröße wird im Modell über die Erzeugungsraten abgebildet. Um die Modellanwendung plausibler und nachvollziehbarer zu gestalten und auch spätere Prognoseanwendungen zu vereinfachen, erfolgt diese Unterteilung.

5.3.2 Strukturdaten als benutzerdefinierte Attribute

Wesentliche Strukturgrößen werden im Analysemodell auch als benutzerdefinierte Attribute hinterlegt. Auch dies dient dazu, die Verständlichkeit des Modells zu verbessern, da in einem Verkehrsbezirk trotz der relativ differenzierten Strukturgrößeneinteilung noch mehrere zu einer Strukturgröße gehörende Einrichtungen mit unterschiedlichen Erzeugungsraten sein können.

Strukturdaten

Das können z.B. zwei kleine Geschäfte für den täglichen Bedarf sein; ein Bäcker mit vielleicht 200 Kunden am Tag und ein Fleischer mit 50 Kunden pro Tag. In den Strukturdaten der Verkehrsbezirke sind die Erzeugungsraten entsprechend gemittelt

Im Prognosemodell sind die benutzerdefinierten Attribute nicht hinterlegt, da für zukünftig zusätzliche Nutzungen die Art der Einrichtung i. d. R. noch nicht bekannt ist.

Nachfolgend werden die einzelnen Strukturdaten erläutert.

5.3.2.1 Kinderbetreuung und Bildungseinrichtungen

Kinderbetreuung

Von Mannheim und Ludwigshafen wurden die von den Städten veröffentlichten Daten zu den Kindertageseinrichtungen (Kitas) und Tagespflegestandorten aufbereitet und ausgewertet. Darin sind in der Regel der Typ der Pflegeeinrichtung, die Adresse und die Zahl der betreuten Kinder enthalten. Die Adressen wurden verortet, als POI in das Verkehrsmodell implementiert. Über die georeferenzierten Punkte erfolgte die Zuordnung zu den Verkehrsbezirken.

Für das Umland liegen lediglich die Standorte der Kinderbetreuungseinrichtungen vor. Detaillierte Angaben zur Zahl der betreuten Kinder in den einzelnen Einrichtungen liegen nicht vor und wurden für die Modellerstellung auch nicht erhoben. Stattdessen wurde für das Umland davon ausgegangen, dass es einen ähnlichen Betreuungsschlüssel gibt wie in Mannheim oder Ludwigshafen. Konkret wurden dazu die Betreuungsschlüssel der Bundesländer Hessen, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz ausgewertet. Für jede Gemeinde wurde anhand der dort wohnenden Kinder und dem Betreuungsschlüssel die Zahl der Kita-Plätze berechnet und gleichmäßig auf die Kitas in der Gemeinde aufgeteilt. Gab es in einer Gemeinde keine Kita, wurden die Kinder benachbarten Gemeinden mit Kitas zugeordnet. Diese derart ermittelten mittleren Kita-Plätze jeder Einrichtung sind im Modell hinterlegt und können von den realen Platzzahlen abweichen.

Arbeitsplatzangaben zu den einzelnen Kinderbetreuungseinrichtungen liegen nicht vor. Deshalb wurde die Zahl der Arbeitsplätze anhand der Zahl der betreuten Kinder abgeschätzt. Dies dient dazu, die Zahl der Arbeitsplätze

Strukturdaten

eines Verkehrsbezirkes, die ebenfalls eine wichtige Strukturgröße für die Ermittlung der Verkehrsaufkommen ist, besser einschätzen und kalibrieren zu können.

Es wird ein Betreuungsschlüssel von 5 Kindern pro Erzieher angenommen (Deutschland 2017: 4,7 Kinder pro Erzieher, Empfehlung 3 bis 4 Kinder pro Betreuer), mindestens jedoch ein Arbeitsplatz. Hinzu kommt bei Kitas pauschal ein Arbeitsplatz für weitere Bedienstete wie z.B. Hausmeister, Reinigungskräfte oder Essensausgabe.

SG-Kinderbetreuung

Die Attribute sind, wenn nicht selbsterklärend, wie folgt besetzt:

SG01_X1:	Anzahl der Kitas
SG01_SG:	Zahl der betreuten Kinder
SG00_X7:	geschätzte Zahl der Arbeitsplätze (aus der Zahl der betreuten Kinder)

Kitas	Mannheim	Ludwigshafen	Umland	Gesamt
Anzahl	254	89	975	1.318
Kinder	11.521	6.841	93.800	112.162
Arbeitsplätze (geschätzt)	2.304	1.368	18.762	22.434

Tabelle 5.4: Strukturgröße Kita

Grundschule

Als Datengrundlagen wurden die Schulstatistiken von Mannheim und Ludwigshafen aufbereitet und ausgewertet. Darin sind in der Regel Angaben zu den Schulen nach Schultyp mit Adresse und zu den Schülerzahlen je Klassenstufe enthalten. Für das Umland wurden die Schullisten der Bundesländer Hessen, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz ergänzend ausgewertet.

Diese Daten wurden aufbereitet und abgeglichen. Im Verkehrsmodell sind sie ebenfalls als benutzerdefinierte Attribute hinterlegt.

Arbeitsplatzangaben zu den einzelnen Grundschulen liegen nicht vor. Deshalb wurde die Zahl der Arbeitsplätze anhand der Zahl der betreuten Schüler

Strukturdaten

abgeschätzt. Dies dient dazu, die Zahl der Arbeitsplätze eines Verkehrsbezirkes, die ebenfalls eine wichtige Strukturgröße für die Ermittlung der Verkehrsaufkommen ist, besser einschätzen und kalibrieren zu können.

Es wird ein Betreuungsschlüssel von 10 Grundschulern pro Lehrer angenommen (Bsp. Schulamt Mannheim: 77.000 Schüler, 300 Schulen, 8.000 Lehrer, ergibt ca. 10 Schüler pro Lehrer). Hinzu kommen pauschal zwei Arbeitsplätze für weitere Bedienstete wie z.B. Hausmeister, Reinigungskräfte oder Essensausgabe.

In der folgenden Tabelle werden bei den Grundschulen auch die Schulen mit aufgelistet, die das gesamte Spektrum von Primär- und Sekundarstufe abbilden.

SG-Grundschulen

Die Attribute sind, wenn nicht selbsterklärend, wie folgt besetzt:

SG02_X1: Zahl der Grundschulen
 SG0203_X1: Zahl der Grund- und Oberschulen
 SG02_SG: Zahl der Grundschüler
 SG00_X5: geschätzte Zahl Arbeitsplätze (aus der Zahl der Schüler)

Grundschulen	Mannheim	Ludwigshafen	Umland	Gesamt
Anzahl	43	25	664	732
Schüler	10.278	6.723	95.938	112.939
Arbeitsplätze (geschätzt)	1.095	717	10.754	12.566

Tabelle 5.5: Strukturgröße Grundschule

Oberschule

Oberschule steht im Verkehrsmodell als synonym für die weiterführenden Schulen ab Klasse 5 (Sekundarstufe I und II). Dazu zählen Realschule, Hauptschulen und Gymnasien, aber auch die Klassenstufen 5 und höher von Gesamtschulen oder Freien Schulen wie z.B. Waldorfschulen.

Als Datengrundlagen wurden die Schulstatistiken von Mannheim und Ludwigshafen aufbereitet und ausgewertet. Darin sind in der Regel Angaben zu

Strukturdaten

den Schulen nach Schultyp mit Adresse und zu den Schülerzahlen je Klassenstufe enthalten. Für das Umland wurden die Schullisten der Bundesländer Hessen, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz ergänzend ausgewertet.

Diese Daten wurden aufbereitet und abgeglichen. Im Verkehrsmodell sind sie ebenfalls als benutzerdefinierte Attribute hinterlegt.

Arbeitsplatzangaben zu den einzelnen Grundschulen liegen nicht vor. Deshalb wurde die Zahl der Arbeitsplätze anhand der Zahl der betreuten Schüler abgeschätzt. Dies dient dazu, die Zahl der Arbeitsplätze eines Verkehrsbezirkes, die ebenfalls eine wichtige Strukturgröße für die Ermittlung der Verkehrsaufkommen ist, besser einschätzen und kalibrieren zu können.

Es wird ein Betreuungsschlüssel von 10 Schülern pro Lehrer angenommen. Hinzu kommen pauschal zwei Arbeitsplätze für weitere Bedienstete wie z.B. Hausmeister, Reinigungskräfte oder Essensausgabe.

In der folgenden Tabelle werden bei den weiterführenden Schulen auch die Schulen mit aufgelistet, die das gesamte Spektrum von Primär- und Sekundarstufe abbilden.

SG-Oberschulen

Die Attribute sind, wenn nicht selbsterklärend, wie folgt besetzt:

SG03_X1:	Zahl der weiterführenden Schulen
SG0203_X1:	Zahl der Grund- und Oberschulen
SG03_SG:	Zahl der Schüler an weiterführenden Schulen
SG00_X8:	geschätzte Zahl Arbeitsplätze (aus der Zahl der Schüler)

Oberschulen	Mannheim	Ludwigshafen	Umland	Gesamt
Anzahl	40	18	408	466
Schüler	20.519	11.477	164.075	196.071
Arbeitsplätze (geschätzt)	2.113	1.179	17.056	20.347

Tabelle 5.6: Strukturgröße weiterführende Schule

Strukturdaten

Berufsschule

Als Datengrundlagen wurden die Schulstatistiken von Mannheim und Ludwigshafen aufbereitet und ausgewertet. Darin sind in der Regel Angaben zu den Schulen nach Schultyp mit Adresse und zu den Schülerzahlen je Klassenstufe enthalten. Für das Umland wurden die Schullisten der Bundesländer Hessen, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz ergänzend ausgewertet.

Diese Daten wurden aufbereitet und abgeglichen. Im Verkehrsmodell sind sie ebenfalls als benutzerdefinierte Attribute hinterlegt.

Arbeitsplatzangaben zu den einzelnen Berufsschulen liegen nicht vor. Deshalb wurde die Zahl der Arbeitsplätze anhand der Zahl der betreuten Schüler abgeschätzt. Dies dient dazu, die Zahl der Arbeitsplätze eines Verkehrsbezirkes, die ebenfalls eine wichtige Strukturgröße für die Ermittlung der Verkehrsaufkommen ist, besser einschätzen und kalibrieren zu können.

Es wird ein Betreuungsschlüssel von 7,5 Azubis pro Lehrer angenommen. Diese Annahme wurde auf Grundlage verfügbarer Daten (Internetrecherche, allgemeine Statistiken) zu Arbeitsplätzen an Berufsschulen hergeleitet. Hinzu kommen pauschal zwei Arbeitsplätze für weitere Bedienstete wie z.B. Hausmeister, Reinigungskräfte oder Essensausgabe.

SG-Berufsschulen

Die Attribute sind, wenn nicht selbsterklärend, wie folgt besetzt:

SG04_X1:	Zahl der Berufsschulen
SG04_SG:	Zahl der Azubis an Berufsschulen
SG00_X8:	geschätzte Zahl Arbeitsplätze (aus der Zahl der Azubis)

Berufsschulen	Mannheim	Ludwigshafen	Umland	Gesamt
POI	10	13	183	206
Azubis	12.526	12.705	78.380	103.611
Arbeitsplätze (geschätzt)	1.690	1.720	10.817	14.227

Tabelle 5.7: Strukturgröße Berufsschule

Hochschule

Als Datengrundlagen wurden die Hochschulstatistiken der Länder und Destatis-Daten mit Angaben zu Studierenden an Hochschulen verwendet. Diese Daten wurden ergänzt durch Daten der Hochschulen selbst, die auf Webseiten der Hochschulen bereitgestellt werden (Jahresstatistiken, Campuspläne etc.) sowie die Daten allgemeiner Studentenportale (z.B. study-in-germany.de, Seiten der Studentenwerke). Darin enthalten sind die Hochschulstandorte mit Adressen und Studentenzahlen.

Diese Daten wurden aufbereitet und abgeglichen. Im Verkehrsmodell sind sie als Strukturgrößen hinterlegt. Die Hochschulstandorte wurden dabei teilweise weiter unterteilt in Hörsaalstandorte, Fakultäten oder zentrale Einrichtungen wie Bibliotheken, da alle diese Standorte Bildungswege von Studenten anziehen und räumlich teilweise unterschiedlichen Verkehrsbezirken zugeordnet sein können.

Arbeitsplatzangaben zu den einzelnen Hochschulen wurden über das Internet recherchiert. Wurden keine Daten gefunden, wurde die Zahl der Arbeitsplätze an den Hochschulen über die Zahl der Studenten abgeschätzt. Dies dient dazu, die Zahl der Arbeitsplätze eines Verkehrsbezirkes, die ebenfalls eine wichtige Strukturgröße für die Ermittlung der Verkehrsaufkommen ist, besser einschätzen und kalibrieren zu können. Dabei ist zu beachten, dass die hier gelisteten Angaben eine Schätzung der zur Betreuung der Studenten notwendigen Lehrkräfte betrifft. Die konkreten Arbeitsplatzzahlen der Hochschule können in Abhängigkeit der wissenschaftlichen Ausrichtung deutlich höher sein (Drittmittelkräfte etc.). Dies wird bei der Arbeitsplatzermittlung für den jeweiligen Verkehrsbezirk berücksichtigt, indem die hier ermittelten Werte als Untergrenzen betrachtet werden.

SG-Hochschulen

Die Attribute sind, wenn nicht selbsterklärend, wie folgt besetzt:

SG05_X1:	Zahl der Hochschulstandorte
SG05_SG:	Zahl der Studenten, verteilt auf die Hochschulstandorte
SG00_X6:	geschätzte/ recherchierte Zahl Arbeitsplätze (Schätzung aus der Zahl der Studenten)

Strukturdaten

Hochschulen	Mannheim	Ludwigshafen	Umland	Gesamt
Anzahl	20	1	38	59
Studenten	29.301	4.672	98.867	132.840
Arbeitsplätze (geschätzt)	3.927	649	13.258	17.834

Tabelle 5.8: Strukturgröße Hochschule

5.3.2.2 Einkaufseinrichtungen

Einkaufswege werden im Modell unterteilt in Einkaufswege des täglichen Bedarfs (E) und Einkaufswege des längerfristigen Bedarfs (M)

Die Daten zu den Einkaufseinrichtungen werden überwiegend aus POI abgeleitet. Bei Bedarf erfolgt noch ein Abgleich mit Einzelhandelsdaten oder Verkaufsflächen. Die POI werden aus den Originaldatensätzen von OpenStreetMap (osm) heruntergeladen, aufbereitet und ausgewertet. Anhand der in osm verwendeten Typisierung und ergänzend der Namen der Einrichtungen bzw. Objekte werden die POI den Strukturgrößen des Verkehrsmodells zugeordnet. Gleichzeitig wird aus Erfahrungswerten die mittlere täglich zu erwartenden Kundenzahl der Einrichtung abgeschätzt. Dies geschieht in zwei Schritten: Zuerst wird eine mittlere Erzeugungsrate pro Einrichtung zugeordnet, dann wird für die einzelnen Einrichtung der Wert in Abhängigkeit konkreter Daten (z.B. Zählungen oder Einzelstatistiken) korrigiert.

Auf Basis dieser Informationen wurde auch die Zahl der Arbeitsplätze geschätzt. Diese dient allerdings nur für Plausibilisierungszwecke bei der Modellerstellung und ist nicht im Modell hinterlegt.

Ein Teil der geschätzten Kundenzahl wird für die Nachfragemodellierung auch anderen Zwecken (neben dem täglichen und nichttäglichen Einkauf) zugeordnet. Dies ist z. B. bei Einkaufszentren der Fall, in denen sich teilweise auch private Dienstleister (z. B. Frisör) oder Freizeiteinrichtungen (z. B. Fitnesscenter) befinden.

Um das Besucheraufkommen abschätzen zu können, wurden die einzelnen Einkaufseinrichtungen hinsichtlich der Größe unterteilt. Die Einteilung erfolgte in drei Kategorien:

- ▶ Klein (Laden, Geschäft)
- ▶ Mittel (typischer Supermarkt)

- ▶ Groß (großer Supermarkt, Einkaufszentrum)

Diese Unterteilung erfolgte zudem für Einkaufseinrichtungen des vorwiegend täglichen Bedarfs, des vorwiegend nichttäglichen Bedarfs und von Einrichtungen mit einem Branchenmix.

SG-Einkaufen

Die Attribute sind, wenn nicht selbsterklärend, wie folgt besetzt:

- ▶ SG10/11/12_SG: Anzahl Geschäfte täglicher Einkauf (klein/mittel/groß)
- ▶ SG13/14/15_SG: Anzahl Geschäfte nichttäglicher Einkauf (klein/mittel/groß)
- ▶ SG16/17/18_SG: Anzahl Geschäfte Branchenmix (klein/mittel/groß)
- ▶ SG10/11/12_KB: Kunden in Geschäften täglicher Einkauf (klein/mittel/groß)
- ▶ SG13/14/15_KB: Kunden in Geschäften nichttäglicher Einkauf (klein/mittel/groß)
- ▶ SG16/17/18_KB: Kunden in Geschäften Branchenmix (klein/mittel/groß)

Einkaufseinrichtungen	Mannheim	Ludwigshafen	Umland	Gesamt
Anzahl Geschäfte	2.515	695	13.694	16.904
Kunden (geschätzt)	160.830	84.685	1.228.549	1.474.063

Tabelle 5.9: Strukturgröße Einkaufen

Bei den Kunden-/ Besucherzahlen ist zu beachten, dass es sich um grobe Schätzwerte handelt. Bei der Ermittlung der zugehörigen Erzeugungsraten im Nachfragemodell wurden zusätzlich Einzelhandelszentralitäten berücksichtigt.

5.3.2.3 Private Erledigungen

Zu den privaten Erledigungen zählen Wege zu Behörden und Ämtern, Wege zur medizinischen Versorgung (Krankenhäuser, Ärzte) und zu sonstigen Dienstleistungseinrichtungen (Frisör, Werkstatt). Da diese unterschiedlich viele Wege anziehen, werden im Modell auch die zugehörigen Strukturgrößen unterschieden.

Strukturdaten

Behörden/ Ämter/ öffentliche Einrichtungen

Die Standorte von Behörden und Ämtern basieren auf POI-Daten, die aus verschiedenen Quellen zusammengetragen wurden. Teilweise konnten auch Adresslisten recherchiert werden, aus denen dann georeferenziert Punkte analog zu den POI generiert wurden. Abhängigkeit von der Art der Behörde wurden zunächst die täglichen Besucherzahlen abgeschätzt. Dabei wird unterschieden in Behörden/Ämter mit geringem (z. B. Gericht), mittlerem (z. B. Bürgerbüro) und hohem (z. B. Arbeitsamt) Besucheraufkommen.

Die Attribute sind, wenn nicht selbsterklärend, wie folgt besetzt:

- ▶ SG20/21/22_SG: Anzahl Ämter/ Behörden, Besucherpotential klein/mittel/groß
- ▶ SG20/21/22_KB: Kunden/ Besucherpotential der Behörden/ Ämter (klein/mittel/groß)

Behörden/ Ämter	Mannheim	Ludwigshafen	Umland	Gesamt
Anzahl	62	60	534	656
Besucher (geschätzt)	4.605	3085	22.725	30.415

Tabelle 5.10: Strukturgröße Behörden/ Ämter

Medizinische Versorgung und sonstige private Dienstleister

Auch die medizinischen unterscheiden sich hinsichtlich des Besucheraufkommens deutlich. Deshalb werden medizinische Versorgungseinrichtungen für die Ermittlung der Verkehrsaufkommen ebenfalls nochmals in drei Klassen unterteilt. Unterschieden werden Arztpraxen, Ärztezentren bzw. medizinische Versorgungszentren und Krankenhäuser. Bei den Krankenhäusern wurde mittels Internetrecherche die Zahl der Patienten in stationärer und ambulanter Behandlung ermittelt, um die Wegezahlen genauer zu bestimmen. Pro Tag macht ein ambulanter Besucher deutlich mehr Wege vom und zum Krankenhaus als ein stationär behandelter Patient, der nur am Tag seiner Einlieferung und seiner Entlassung einen Weg macht. Hinzu kommen Begleitwege und bei stationären Patienten Besucher.

Strukturdaten

Die Attribute sind, wenn nicht selbsterklärend, wie folgt besetzt:

- ▶ SG23/24/25_SG: Anzahl medizinischer Versorgungseinrichtungen (Praxen, Arzt Häuser, Krankenhäuser)
- ▶ SG23/24/25_KB: Patienten/ Besucherpotential der medizinischen Versorgungseinrichtungen (Praxen, Arzt Häuser, Krankenhäuser)

Medizinische Versorgungseinrichtungen	Mannheim	Ludwigshafen	Umland	Gesamt
Anzahl	594	143	1.740	2.477
davon Krankenhäuser	5	4	50	59
Patienten/ Besucher (geschätzt)	42.569	12.582	147.259	202.410

Tabelle 5.11: Strukturgröße medizinische Versorgung

Sonstige private Erledigungen

Zu den privaten Erledigungen zählen weiterhin solche Aktivitäten wie der Besuch beim Frisör oder einer Bank. Dazu zählen aber auch der temporäre Besuch auf dem Friedhof oder das Aufsuchen eines Wertstoffhofes. Diese Daten wurden wiederum größtenteils aus POI abgeleitet. Bei den Friedhöfen wird als Strukturgröße die Fläche genutzt.

Die Attribute sind, wenn nicht selbsterklärend, wie folgt besetzt:

- ▶ SG26/27/29_SG: Anzahl von Standorten für private Dienstleistungen (kleine Einzelstandorte (z.B. Wertstoffhof), klassische Dienstleistungsgeschäfte (z.B. Banken, Frisör), Standorte für die außerschulische Bildung (z.B. Volkshochschule)
- ▶ SG 28: Friedhofsfläche
- ▶ SG26/27/28/29_KB: Patienten/ Besucherpotential der Standorte für private Erledigungen

Sonstige Standorte für private Erledigungen	Mannheim	Ludwigshafen	Umland	Gesamt
Anzahl Objekte	754	252	4.873	2.477
Friedhofsfläche [km²]	0,8	0,6	9,8	11,2
Besucher (geschätzt)	36.778	17.465	324.563	378.806

Tabelle 5.12: Strukturgröße sonstige private Erledigungen

Strukturdaten

5.3.2.4 Freizeiteinrichtungen/ Freizeitstandorte

Die Freizeitwege werden in der Nachfrageberechnung differenziert betrachtet. Unterschieden werden der Besuch von Freunden und Bekannten, Wege zur Erholung an der frischen Luft (dazu zählen auch Spaziergänge oder das Ausführen des Hundes, diese Wege finden häufig im Wohnumfeld statt), Wege zu sportlichen Aktivitäten (in Sportanlagen) sowie alle sonstigen Freizeitwege.

Dementsprechend werden auch die Strukturdaten und die dazu abgeschätzten Aufkommenspotentiale, dargestellt durch Besucherzahlen, unterschieden. Bei den sonstigen Freizeitaktivitäten wird dabei noch differenziert nach gastronomischen Einrichtungen, kulturellen Einrichtungen sowie alle restlichen Standorte mit Freizeitpotential wie z.B. einem Zoo.

Daten zu gastronomischen, kulturellen und sonstigen Freizeiteinrichtungen sowie Sportanlagen stammen größtenteils aus POI. Zur besseren Abschätzung des Attraktionspotentials werden diese analog zu den Einkaufseinrichtung in drei Größenklassen eingeteilt.

Bei den Aktivitäten zur Erholung in der Natur gehen Flächendaten als Strukturgrößen und zur Abschätzung der Erzeugungsraten in die Berechnungen ein. Dabei werden Parks, Grünanlagen, Naturschutzgebiete, Wiesen, Auen oder Wälder als Naturraumpotentiale für Freizeitaktivitäten unterschieden.

Gastronomische, kulturelle und sonstige Freizeiteinrichtungen

Die Attribute sind, wenn nicht selbsterklärend, wie folgt besetzt:

- ▶ SG30/31/32_SG: Anzahl von kulturellen Einrichtungen (klein, mittel, groß)
- ▶ SG33/34/35_SG: Anzahl von gastronomischen Einrichtungen (klein, mittel, groß)
- ▶ SG39/40/41_SG: Anzahl von sonstigen Freizeiteinrichtungen/-standorten (klein, mittel, groß)
- ▶ SG30/31/32_KB: Kunden/ Besucherpotential der kulturellen Einrichtungen (klein, mittel, groß)
- ▶ SG33/34/35_KB: Kunden/ Besucherpotential der gastronomischen Einrichtungen (klein, mittel, groß)
- ▶ SG39/40/41_KB: Kunden/ Besucherpotential der sonstigen Freizeiteinrichtungen/-standorte (klein, mittel, groß)

Strukturdaten

Freizeiteinrichtung (GKS)	Mannheim	Ludwigshafen	Umland	Gesamt
Anzahl Objekte	1.620	649	11.951	14.220
Besucher (geschätzt)	82.715	32.425	583.455	698.595

Tabelle 5.13: Strukturgröße gastronomische, kulturelle und sonstige Freizeiteinrichtungen

Sportanlagen

Die Attribute sind, wenn nicht selbsterklärend, wie folgt besetzt:

- ▶ SG36/37/38_SG: Anzahl von Sportanlagen (kleines/ mittleres/ großes Nutzerpotential)
- ▶ SG36/37/38_KB: Nutzerpotential der Sportanlagen (klein/ mittel/ groß)

Sportanlage	Mannheim	Ludwigshafen	Umland	Gesamt
Anzahl Objekte	809	333	12.166	13.308
Besucher (geschätzt)	19.802	7.965	248.634	276.401

Tabelle 5.14: Strukturgröße Sportanlagen

Grün- und Naturraumfläche

Die Attribute sind, wenn nicht selbsterklärend, wie folgt besetzt:

- ▶ SG42/43/44_SG: Naturfläche mit geringem (Wald/ Wiese), mittlerem (Erholungsgebiet, Park) oder hohem (Stadtpark) Besucherpotential
- ▶ SG45_SG Fläche Kleingartenanlagen
- ▶ SG42/43/44/45_KB: Nutzerpotential bezogen auf die Naturraumfläche

Erholungsfläche	Mannheim	Ludwigshafen	Umland	Gesamt
Fläche in km ²	40	8	3.513	3.562
Besucher (geschätzt)	10.454	4.709	120.286	135.449

Tabelle 5.15: Strukturgröße Naturraumfläche

Strukturdaten

5.3.2.5 Arbeitsplätze

Arbeitsplätze sind eine maßgebliche Kenngröße zur Berechnung der Verkehrsaufkommen im Personenverkehr und im Wirtschaftsverkehr. Die erste Quelle für Arbeitsplatzdaten sind die Statistiken der Bundesagentur für Arbeit (BfA). Diese Daten werden allerdings nur bis auf die Ebene der Gemeinden und für die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten bereitgestellt.

Zweite Datengrundlage sind die Ergebnisse der Erwerbstätigenrechnung, welche auf Kreisebene vorliegen. Aus beiden Datenquellen wurden zunächst die Eckwerte für die Erwerbstätigen am Wohnort und die Erwerbstätigen am Arbeitsort auf Gemeindeebene ermittelt.

Für die Verteilung der Arbeitsplatzzahlen innerhalb der Gemeinden auf die Verkehrsbezirke wurden weitere Daten zugrunde gelegt. Berücksichtigt wurden dabei die Arbeitsplatzschwerpunkte der Stadt Mannheim. Diese lagen als Fläche vor und konnten so mit den Verkehrsbezirken verschnitten werden. Darüber hinaus gab Angaben zu den Beschäftigtenzahlen einzelner Firmen in Mannheim und Ludwigshafen. Deren Adressen wurden georeferenziert und mit den Verkehrsbezirken verschnitten. Für weitere Strukturgrößen wie z. B. große Einkaufszentren, Behördenstandorte, Hochschulen oder Krankenhäuser wurden, wenn möglich, Arbeitsplatzzahlen recherchiert oder abgeschätzt. Alle weiteren Arbeitsplätze wurden anhand der Flächennutzung auf die Verkehrsbezirke verteilt. Dabei wurden auch den Wohngebieten pro Einwohner ein Grundstock an Arbeitsplätzen zugeordnet, da überall dort wo Menschen leben auch Beschäftigte in gewissem Umfang einen Arbeitsplatz haben (Hausmeister, Versicherungsmitarbeiter mit häuslichem Büro, Selbstständige etc.)

SG-Arbeitsplätze

Die Attribute sind, wenn nicht selbsterklärend, wie folgt besetzt:

SG00_SG: Zahl der Arbeitsplätze im Verkehrsbezirk

	Mannheim	Ludwigshafen	Umland	Gesamt
Arbeitsplätze (geschätzt)	242.499	126.011	1.368.269	1.736.779

Tabelle 5.16: Strukturgröße Arbeitsplätze

5.3.2.6 Arbeitsplätze nach aggregierten Wirtschaftszweigen (Branchen)

Die Berechnung des Wirtschaftsverkehrs verwendet Daten zu den sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten am Arbeitsort nach den Branchen Produktion, Bau, Handel, Verkehr/Lagerei und Sonstiges.

Die Daten wurden auf Gemeindebasis bei der Bundesagentur für Arbeit (BfA) vom AG besorgt und uns zur Verfügung gestellt. Es stellte sich heraus, dass die Daten für Rheinland-Pfalz aufgrund der kleineren Gemeindeeinteilung in diesem Bundesland mit zu vielen Geheimhaltungsfällen belegt war, sodass wir auf bei SSP vorhandene Daten, ebenfalls von der BfA, zurückgriffen, die Verbandsgemeinden ausweisen.

In einem ersten Schritt wurden die Geheimhaltungsfälle gefüllt. Hierzu wurde ein Ausgleichsverfahren angewandt, welches die Lücken so füllt, dass die Gesamtsummen der Gemeinden bzw. Verbandsgemeinden passen, sowie die jeweilige Summe in der Branche für den jeweiligen Kreis. Kreisdaten wurden von der Homepage der BfA heruntergeladen.

Für die Aufteilung auf die Verkehrszellen wird ebenfalls ein Ausgleichsverfahren angewandt. Dabei werden die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in einer Verkehrszelle und die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten je Branche der Gemeinde/Verbandsgemeinde reproduziert.

Die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten der Verkehrszelle ergeben sich anteilig aus den Beschäftigtenzahlen, die im Personenverkehrsmodell erarbeitet wurden. Der Anteil an sozialversicherungspflichtig Beschäftigten wird kreisspezifisch festgelegt, da auf Kreisebene Gesamtbeschäftigtenzahl und Zahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten vorhanden ist.

Wesentlich ist die Gewichtung der Branchen innerhalb einer Verkehrszelle. Diese geschieht anhand von Flächennutzungsdaten, die auf einer Auswertung von ATKIS-Daten beruhen, sowie von einer GIS-Aufnahme von Flächen „verkehrsintensiver“ Betriebe.

Mit den ATKIS-Daten werden Gewerbe/Industrie, Wohngebiete, Mischflächen und Hafenflächen identifiziert.

Bei der GIS-Aufnahme werden anhand von Luftbildern Flächen von Unternehmen aufgenommen, die eine Vielzahl von Lkw aufweisen. Es wird dabei der Typ Produktion (Typ1) und Logistik (Typ2) unterschieden.

Strukturdaten

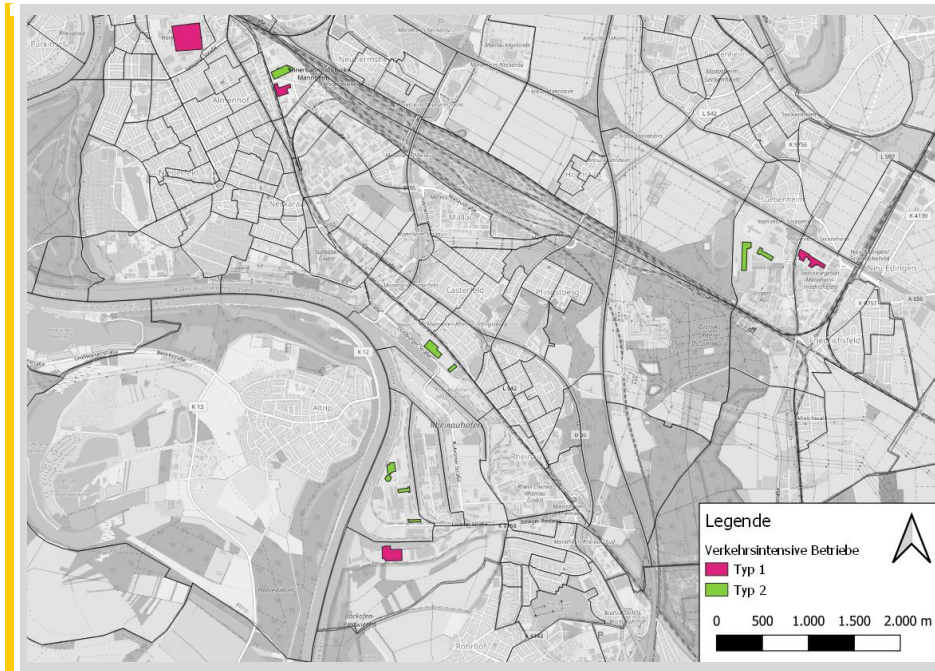


Abbildung 5.1: Beispiel für verortete verkehrsintensive Betriebe

Das Verfahren hat sicher einige Ungenauigkeiten, für die Modellanwendung im Wirtschaftsverkehr wird es allerdings als akzeptabel eingeschätzt, da der Zusammenhang zwischen Strukturdaten und Wirtschaftsverkehrsaufkommen sich deutlich volatiler als im Personenverkehr darstellt.

Die Ergebnisse werden in den benutzerdefinierten Bezirksattributen WV_BESCH_PR (Produktion), WV_BESCH_BA (Bau), WV_BESCH_HA (Handel), WV_BESCH_VL (Verkehr und Lagerei) und WV_BESCH_SO (Sonstige Beschäftigte) abgelegt.

6 Verkehrsverhaltensdaten

6.1 Grundlagen

Die für Verkehrsmodelle verwendeten Verhaltensdaten beschreiben das grundlegende Verkehrsverhalten von Menschen. Sie werden in der Regel mittels Haushaltsbefragungen erhoben und enthalten u. a. Angaben zur Wegehäufigkeit, zu Wegezwecken, zur zeitlichen und räumlichen Verteilung der Wege sowie zur Verkehrsmittelwahl. Diese Daten werden zu Kennwerten aufbereitet, welche in die Verkehrsmodelle eingehen und damit einen wesentlichen Einfluss auf die Ergebnisse der Verkehrsnachfrageberechnung haben. Für das Nachfragemodell nach EVA werden folgende Kennwerte als Eingangsgrößen benötigt:

- ▶ Mobilitätsraten
(mittlere Anzahl der Ortsveränderungen pro Tag und Person)
je Nachfrageschicht⁴ und je verhaltenshomogene Gruppe
- ▶ Modal-Split je Nachfrageschicht
- ▶ Pkw-Besetzungsgrad je Nachfrageschicht

Weitere Kennwerte werden für die Kalibrierung sowie Plausibilisierung des Verkehrsmodells vorausgesetzt. Dies sind die Mittelwerte und Verteilungen von Reisezeiten, Reiseweiten und Geschwindigkeiten der einzelnen Verkehrsmodi sowie entfernungsabhängige Verkehrsmittelanteile.

Die Kennwerte zum Verkehrsverhalten basieren auf den Daten des SrV 2018 für Mannheim und Ludwigshafen (SrV: System repräsentativer Verkehrsbefragungen, kontinuierliche Erhebung zum Verkehrsverhalten, durchgeführt von der TU Dresden). Diese Daten wurden zur Plausibilisierung ergänzt durch Ergebnisse aus den Gesamtdatensatz des SrV 2018 (anonymisiert für alle teilnehmenden Städte) sowie Daten aus MiD 2017 (Mobilität in Deutschland, ebenfalls eine Haushaltsbefragung zum Verkehrsverhalten, allerdings nicht mit dem Fokus auf einzelne Städte, sondern auf Gesamtdeutschland).

Es wurden ausschließlich Wege ≤ 50 km in die Auswertung einbezogen, um die Größe des Modellraumes zu berücksichtigen. Außerdem wurden nur

⁴ Nachfrageschicht: Nachfrageobjekt zur Verknüpfung einer Aktivitätenkette mit einer oder mehrerer Personengruppen.

Verkehrsverhaltensdaten

Wege im Binnen-, Quell- oder Zielverkehr, nicht jedoch im Außenverkehr berücksichtigt. Daher weisen die für die Modellierung und Validierung verwendeten Daten abweichende Werte zu den Tabellenbänden auf.

6.2 Aufbereitung und Auswertung

In der Regel entsprechen die gewählten Quelle-Ziel-Gruppen und Personengruppen innerhalb des Verkehrsmodells nicht der standardisierten Auswertung der SrV-Haushaltsbefragungen. Die Einteilung innerhalb des Verkehrsmodells ist wesentlich differenzierter und berücksichtigt die örtlichen Gegebenheiten und die Verfügbarkeit von Strukturdaten.

Die Komplettdatensätze des SrV enthalten u. a. folgende soziodemografische Daten zu den befragten Personen, mit denen alle Personen des Datensatzes einer der im Modell definierten verhaltenshomogenen Personengruppe zugeordnet werden kann:

- ▶ Alter
- ▶ Erwerbstätigkeit
- ▶ Zuordnung zu einer SrV-eigenen verhaltenshomogener Personengruppe
- ▶ Zahl der im Haushalt vorhandenen Fahrzeuge
- ▶ Aussage, ob am Stichtag ein Pkw zur Verfügung stand
- ▶ Angaben zur Verfügbarkeit von ÖV-Zeitkarten

Über die soziodemografischen Angaben wurde jede befragte Person in den Datensätzen einer der für die Modellierung definierten Personengruppen zugeordnet.

Weiterhin enthalten die Datensätze Angaben zu den Wegen, welche diese Personen an dem Stichtag durchgeführt hat. Mit folgenden Informationen können die Einzelwege den im Modell verwendeten Quelle-Ziel-Gruppen bzw. Nachfrageschichten zugeordnet werden:

- ▶ Wegezweck
- ▶ Ort des ersten Weges am Stichtag
- ▶ Bezugsperson
- ▶ Zusatzinformationen zu den Begleitwegen und sonstigen Wegen

Bei der Differenzierung der Verkehrsmittel wird nicht von den SrV-definierten Verkehrsmitteln abgewichen. Betrachtet werden die vier Hauptverkehrsmittel Fuß, Rad, MIV und ÖV. Der Modal Split wird im Modell für jede Quelle-

Ziel-Gruppe hinterlegt. Gleiches gilt auch für den Besetzungsgrad, der mittels der Zahl der im Pkw mitfahrenden Personen bestimmt wurde. Dieser wird benötigt, da der MIV-Verkehr in Fahrzeugen umgelegt wird (Routenwahlmodell), die Nachfrageberechnung mit dem EVA-Verkehrsmodell aber Wege von Personen ausgibt.

Zur Auswertung von Reiseweiten und Reisezeiten wurden Klassen definiert. Damit können die vorrangig für die Modellkalibrierung benötigten Mittelwerte und Verteilungen ausgewertet werden.

6.3 Übersicht über die Kennwerte im Verkehrsmodell

Die Mobilitätsraten je Nachfrageschicht und Personengruppe werden als Bezirksattribut unter dem Punkt MOBILITÄTSRATE eingetragen. Sind bestimmte Wegezwecke für eine Personengruppe nicht relevant, wird dieser Wert mit 0 befüllt.

Die Mobilitätsraten sind im Modell differenziert für jede Personengruppe und jeden Wegezweck hinterlegt. Insgesamt beträgt die Mobilitätsrate für die Einwohner von

- ▶ Mannheim 3,56 Wege pro Person und Tag und
- ▶ Ludwigshafen 3,45 Wege pro Person und Tag.

Im Ring 1 und im Umland können diese Werte abweichen. Zwischen den einzelnen Personengruppen unterscheiden sich die Wegehäufigkeiten teilweise deutlich, wie in der folgenden Abbildung dargestellt.

Verkehrsverhaltensdaten



Abbildung 6.1: Mobilitätsraten je Personengruppe

Der Modal Split im Analysemodell wird für das gesamte Untersuchungsgebiet als sogenannter Globaler Modal Split vorgegeben. Global bedeutet dabei, dass ein Wert pro Quelle-Ziel-Gruppe⁵ für das gesamte Untersuchungsgebiet gilt. Innerhalb der Teilräume ist der Modal Split ein Ergebnis der Nachfrageberechnung. Der Modal Split von einzelnen Bezirken oder Gebieten wird nicht vorgegeben.

Der Modal Split wurde aus den verschiedenen Quellen (SrV 2018 Mannheim, SrV 2018 Ludwigshafen, SrV 2018 Gesamtdatensatz und MiD 2017) als einwohnergewichteter globaler Modal Split für jede Quelle-Ziel-Gruppe berechnet. Die folgende Abbildung zeigt den Modal Split für die unterschiedlichen Quelle-Ziel-Gruppen.

⁵ Für das VM VRRN wurden 33 Quelle-Ziel-Gruppen definiert. Diese sind in Abschnitt 9.1.1 beschrieben

Verkehrsverhaltensdaten

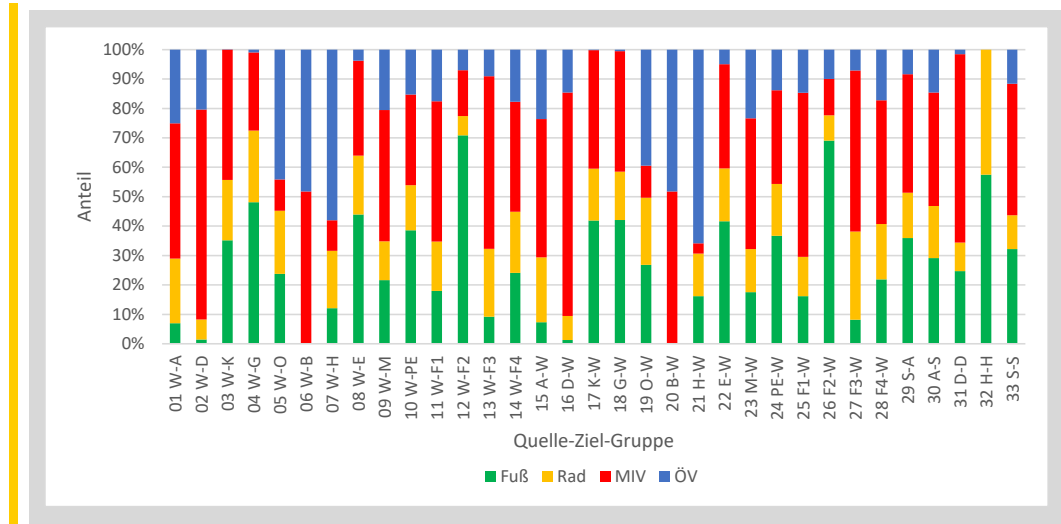


Abbildung 6.2: Globaler Modal Split in VISUM

Die Vorgabe in VISUM erfolgt unter VERFAHRENSABLAUF – EVA-VERTEILUNG/MODUSWAHL – MODAL SPLIT.

Der Besetzungsgrad wurde analog zum Modal Split als einwohnergewichteter Wert aus den unterschiedlichen Datengrundlagen für jede Quelle-Ziel-Gruppe berechnet. Im Modell ist er nicht direkt in einer Tabelle oder Liste zu finden. Vielmehr geht er direkt in den Verfahrensablauf ein. Die Addition der Moduswahlmatrizen (nach EVA-VERTEILUNG/MODUSWAHL) zu den vier Gesamt-Matrizen Fuß, Rad, MIV und ÖV gibt es einen weiteren Additionsschritt, bei dem jede Moduswahlmatrix des MIV vor der Addition durch den jeweiligen Besetzungsgrad der Quelle-Ziel-Gruppen dividiert wird, so dass im Ergebnis eine Gesamt-Pkw-Matrix entsteht.

Mit dem Besetzungsgrad werden auch Wege mit dem Zweck Holen/Bringen, gekoppelt an den eigentlichen Wegezweck, abgebildet. Beispielsweise wird das Bringen von Kindern in die Kita sowohl für das Kind als auch den/die Bringende über die Quelle-Ziel-Gruppe WK abgebildet und im MIV über den Besetzungsgrad von >2,0 Personen/Fahrzeug auf Fahrzeuge umgerechnet.

Verkehrsverhaltensdaten

Die folgende Abbildung zeigt den Besetzungsgrad für jede Quelle-Ziel-Gruppe:

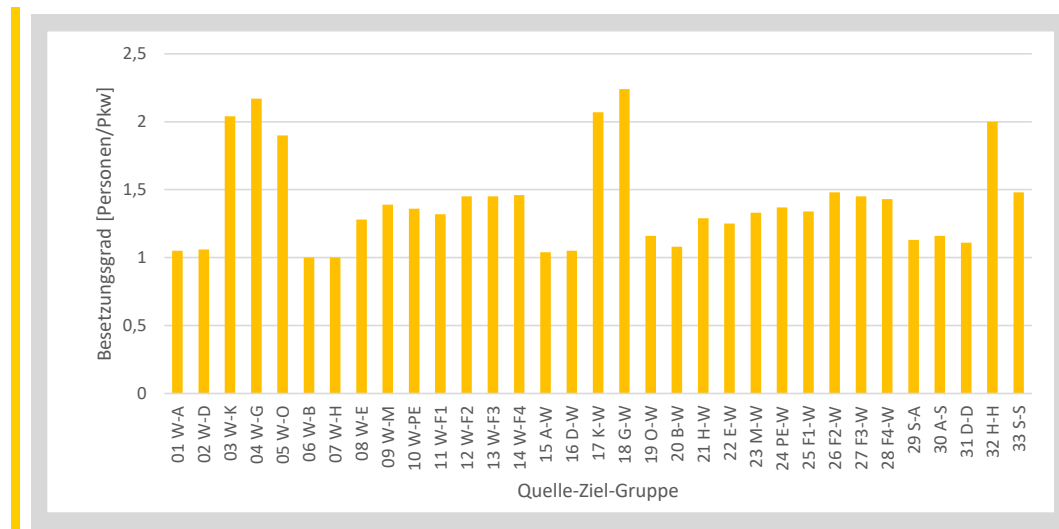


Abbildung 6.3: Besetzungsgrad des MIV je Nachfrageschicht

Der mittlere Besetzungsgrad über alle Quelle-Ziel-Gruppen beträgt 1,34.

7 Angebotsmodell

Das Angebotsmodell beinhaltet alle verkehrsrelevanten Elemente des Untersuchungsgebietes. Es dient als Eingangsgröße zur Berechnung der verschiedenen Kenngrößenmatrizen zwischen den Verkehrsbezirken und zur Abbildung der Verkehrsnachfrage im Raum.

7.1 Netzmodell

7.1.1 Strecken

Die Einteilung der Strecken erfolgt auf Grundlage des Importes eines Netzausschnittes aus OpenStreetMap (osm). Die durchgeführte Vereinfachung des überlieferten Netzmodells ermöglicht eine vereinfachte und übersichtlichere Bearbeitung innerhalb der Modellumgebung. Diese Vereinfachungen beinhalten im Wesentlichen:

- ▶ Zusammenfassen von aufgelösten Knotenpunkten zu einem Netzobjekt
- ▶ Zusammenfassen von Richtungsfahrbahnen zu einem Netzobjekt
- ▶ Entfernen von Strecken untergeordneter Kategorien im Umland
- ▶ Entfernen zweiarmer Knoten ohne Funktion

Die Streckentypen werden in Anlehnung an die RIN⁶ anhand ihrer Funktion unterschieden. Dies sind Bundesautobahnen, Hauptverkehrsstraßen der Kategorie II bis IV sowie Nebenverkehrsstraßen, welche unterteilt werden in Sammelstraßen und Anliegerstraßen. Außerdem werden eigene Streckentypen für den öffentlichen Personenverkehr sowie dem nichtmotorisierten Verkehr angelegt, vorausgesetzt diese sind die einzigen zulässigen Nutzer.

Neben der Unterscheidung nach den zulässigen Verkehrssystemen werden den Strecken verschiedene Kapazitäten und Geschwindigkeiten zugeordnet. Eine detaillierte Aufschlüsselung befindet sich in Anhang 3.

Ein entscheidendes Merkmal der Strecken des motorisierten Individualverkehrs (MIV) ist die auslastungsabhängige Fahrzeit. Diese wird entsprechend der Streckentypen unterschiedlich durch die Anwendung von Capacity-Restraint-Funktionen (CR-Funktionen) bestimmt (Abbildung 7.1).

⁶ RIN: Richtlinien für integrierte Netzgestaltung; Hrsg. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2008

Angebotsmodell

Als CR-Funktionstyp wird LOHSE verwendet, da dieser einen linearisierten Anstieg im Überlastungsbereich berücksichtigt. Eine Auswahl der verschiedenen Kurvenverläufe verdeutlicht die nächste Abbildung:

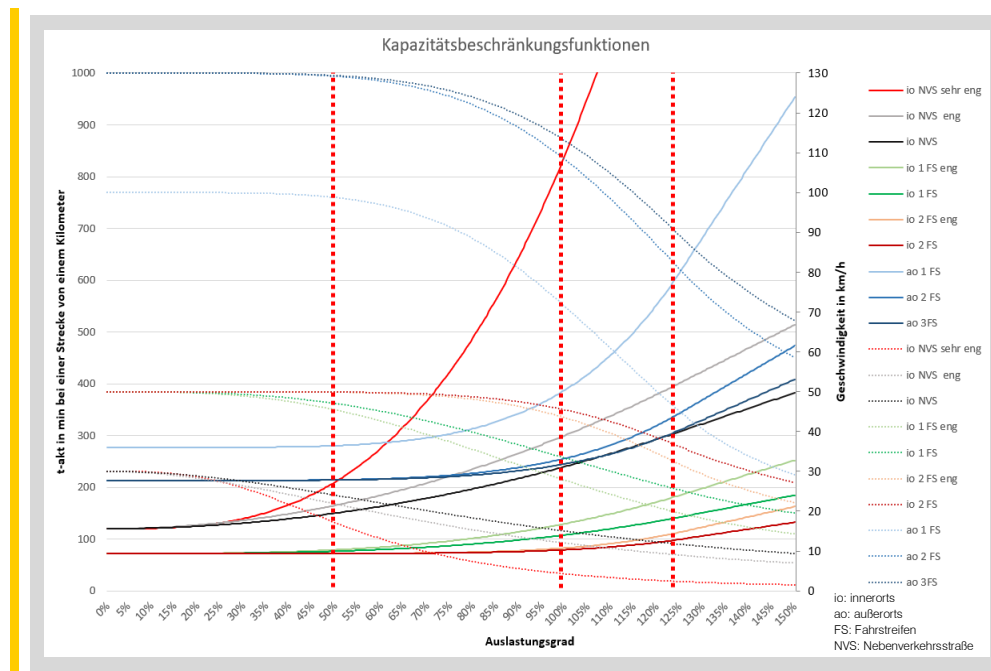


Abbildung 7.1: CR-Funktionen für Strecken

Die Einstellung der Parameter sowie die Zuordnung zu den Streckentypen ist möglich unter RECHNEN – ALLGEMEINE VERFAHRENEINSTELLUNGEN – IV-EINSTELLUNGEN – STRECKEN CR-FUNKTIONEN. Bei der Festlegung der CR-Funktionen entspricht der Parameter c dem Quotienten der Tages- und Spitzenstundenbelastung. Insgesamt werden elf verschiedene CR-Funktionen verwendet, welche sich nach folgender Charakteristik unterscheiden:

- ▶ Bundesautobahn, außerorts, dreistreifig
- ▶ Bundesautobahn, außerorts, zweistreifig
- ▶ Bundesautobahn/Rampen, außerorts, einstreifig
- ▶ Hauptverkehrsstraße, innerorts, zweistreifig
- ▶ Hauptverkehrsstraße, innerorts, zweistreifig mit Behinderungen
- ▶ Hauptverkehrsstraße, innerorts, einstreifig
- ▶ Hauptverkehrsstraße, innerorts, einstreifig mit Behinderungen
- ▶ Nebenverkehrsstraße innerorts
- ▶ Nebenverkehrsstraße innerorts in beengten Begebenheiten

- ▶ Nebenverkehrsstraßen in sehr engen Begebenheiten bzw. Wohnwege
- ▶ konstante Werte

Für den ÖPNV enthält das Netz Schienen- und ÖPNV-Strecken mit folgenden Typen:

- ▶ Typ 80 für den SPNV und den SPFV
- ▶ Typ 81 für separate Streckenführungen der Straßenbahn und der Stadtbahn
- ▶ Typ 82 für Stadtbahnstrecken in Tunnellage
- ▶ Typ 83 für separate Busstrecken
- ▶ Typ 84 für Fähren
- ▶ Typ 85 Bergbahnen
- ▶ Typ 86 für allgemeine ÖV-Strecken (z. B. für gemeinsame Nutzung von Bus und Bahn)

Im Straßennetz geführte ÖPNV-Linien (Bus, Straßenbahn, Stadtbahn) verlaufen über das für den Kfz-Verkehr modellierte Streckennetz.

7.1.2 Knotenpunkte

Mit Hilfe von Knotentypen werden die Arten der Verkehrs- und Vorfahrtsregelungen unterschieden:

- ▶ Vorfahrtknoten
- ▶ Knoten mit Lichtsignalanlage
- ▶ teilplanfreie Knoten
- ▶ planfreie Knoten
- ▶ weitere

Die Wahl des Knotentyps bestimmt den zu verwendeten Abbiegestandard und den damit verbundenen Widerstand am Knoten. Die Übersicht der Knotentypen ist in Anhang 3 aufgelistet.

Der Widerstand an den Knoten wird nicht gesondert berechnet, da in den ALLGEMEINEN VERFAHRENEINSTELLUNGEN die WIDERSTÄNDE AM KNOTEN auf der STANDARD-METHODE ABBIEGER CR-FUNKTION belassen ist. Eine Berechnung der Widerstände am Knoten und an den Abbiegern wirkt additiv.

Angebotsmodell

7.1.3 Abbieger

Die Abbiegetypen entsprechen dem VISUM-Standard:

- ▶ 1: Rechtsabbieger
- ▶ 2: Geradeausfahrer
- ▶ 3: Linksabbieger
- ▶ 4: U-Turn

Die Abbieger besitzen als Eingangsgrößen für die Widerstandsberechnung an den Knoten die zulässigen Verkehrssysteme, die Kapazität und die t0-Zeit im unbelasteten Netz. Diese Größen werden über Abbiegestandards belegt (Anhang 3) und mit CR-Funktionen pro Abbiegetyp zu einer auslastungsabhängigen Fahrzeit verrechnet. Diese sind zu finden unter RECHNEN - ALLGEMEINE VERFAHRENEINSTELLUNGEN – IV-EINSTELLUNGEN - WIDERSTÄNDE AM KNOTEN – ABBIEGER CR-FUNKTION.

7.1.4 Anbindungen

Anbindungen dienen zur Verknüpfung der Bezirke mit dem Verkehrsnetz. Dabei starten bzw. enden alle Anbindungen an dem entsprechenden Bezirksschwerpunkt. Jeder Anbindung werden eine Anbindungslänge und eine verkehrssystemspezifische Anbindungszeit zugeordnet, welche für die Modus- und Zielwahl von Bedeutung sind.

Zur Unterscheidung von verschiedenen Anbindungszwecken, wie z. B. verschiedene Verkehrssysteme, Größe des angebundenen Bezirks oder Anbindung spezieller Netzobjekte wie z.B. Parkplätze wird im Modell zwischen folgenden Anbindungstypen unterschieden:

- ▶ Typ-Nr. 1: Anbindungen des ÖV im UG und im Kordon
- ▶ Typ-Nr. 2: Anbindungen für Fuß, Rad, Pkw, Lkw innerhalb des UG
- ▶ Typ-Nr. 3: Anbindungen nur für Pkw innerhalb des UG
- ▶ Typ-Nr. 4: Anbindungen nur für Lkw innerhalb des UG
- ▶ Typ-Nr. 6: Anbindungen nur für Fuß und Rad innerhalb des UG
- ▶ Typ-Nr. 7: Anbindungen für Fuß, Rad und Pkw innerhalb des UG
- ▶ Typ-Nr. 8: Anbindungen für P+R-Verkehre innerhalb des UG
- ▶ Typ-Nr. 9: Anbindungen des MIV-Kordonverkehrs

Die Anbindungslänge wird zwischen den Verkehrssystemen unterschiedlich berechnet. Sie setzt sich zusammen aus einem Weg ins modellierte Netz

(zwischen 50 und 500 m) und dem Weg zum nächsten Stellplatz/Parkplatz. Letzterer ist folgendermaßen getrennt:

- ▶ Fußgängerverkehr: 0 m
- ▶ Radverkehr: 25 m
- ▶ MIV: 25 bis 100 m

Die gesetzten Längen der Anbindungen sind als benutzerdefiniertes Attribut zwischengespeichert und werden mit verkehrssystemtypischen Geschwindigkeiten zur Berechnung der Anbindungszeit verwendet.

Dafür werden folgende Geschwindigkeiten und Zeitzuschläge der Verkehrssysteme angenommen:

- ▶ Fußgängerverkehr: 4,5 km/h
- ▶ Radverkehr: 12 km/h
- ▶ MIV: 20 km/h

Beim Erstellen der Anbindungen des IV wurde darauf geachtet, nicht auf Hauptverkehrsstraßen anzubinden und möglichst wenige Anbindungen (bestenfalls eine) für den IV zu verwenden, um die Rechenzeit zu minimieren. Mit steigender Bezirksgröße werden mehrere Anbindungen verwendet. Im Zuge der Kalibrierung werden Anbindungsanteile verwendet. Die zu verwendete Methode dafür ist und soll JEDE EINZELNE BEZIRKSBEZIEHUNG sein. Diese Einstellung ist möglich unter RECHNEN - ALLGEMEINE VERFAHRENEINSTELLUNGEN – IV-EINSTELLUNGEN – ANBINDUNGEN und in den Anbindungseinstellungen der einzelnen Bezirke.

Die Anbindungen des ÖV verbinden den Bezirksschwerpunkt mit den zugeordneten Knoten der Haltestellenbereiche.

Im Untersuchungsgebiet ist jeder Haltestellenbereich innerhalb des jeweiligen Bezirks angebunden. In Ergänzung dazu sind ebenfalls Haltestellenbereiche benachbarter Bezirke angebunden, falls die Einzugsbereiche der Haltestellen über die Bezirksgrenze reichen. Die gewählten Einzugsbereiche sind:

- ▶ Bus: 300 m
- ▶ Tram/Stadtbahn: 400 m
- ▶ SPNV/SPFV: 600 m

Im Umland ist nur ein Haltestellenbereich pro Linienroute innerhalb des jeweiligen Bezirkes angebunden. Das Kriterium zur Auswahl ist dabei die

Angebotsmodell

größte Anzahl an Fahrplanfahrten. Eine Anbindung von Haltestellen außerhalb des Bezirkes ist im Umland nur für den SPNV/SPFV vorhanden. Der Einzugsbereich ist erneut 600 m.

Die Verteilung bei ÖV-Mehrfachanbindung ist stets nach absoluten Werten.

Die Anbindezeit (Zu- und Abgangszeit ÖV) wird aus der Luftlinienentfernung, einer mittleren Geschwindigkeit von 4,5 km/h und einem Umwegfaktor im Verfahrensablauf berechnet. Der Umwegfaktor beträgt bei Neuerstellung von Anbindungen 1,2. Im Zuge der Modellkalibrierung wurden die Umwegfaktoren angepasst, um Erreichbarkeiten von Haltestellen, Barrieren wie Gewässer, Bahndämme oder Autobahnen etc. zu berücksichtigen. Zulässige Zugangszeiten sind auf einen Bereich zwischen 2,5 Minuten und 20 Minuten begrenzt.

7.2 ÖV-Angebot

7.2.1 Haltestellenhierarchie

Die Modellierung der Haltestellen wird in VISUM über eine dreigeteilte Hierarchie realisiert. Die Haltemasten der ÖV-Linien werden mit HALTEPUNKTEN abgebildet. Diesen Haltepunkten sind Knoten zugeordnet. Ebenfalls einem Knoten zugeordnet sind die HALTESTELLENBEREICHE. Über diese werden die Bezirke an das Netz angebunden sowie Umsteigevorgänge realisiert. Ein Haltestellenbereich ist einem oder mehreren Haltepunkten zugeordnet. Als übergeordnetes Netzelement dient die HALTESTELLE, welche die beiden unteren Elemente zusammenfasst. Ein direkter Bezug zum Netzmodell besteht nicht.

Um die Kompatibilität und Austauschbarkeit von Fahrplandaten zu gewährleisten, wurde die beim VRN vorgehaltene Haltestellenstruktur in das Verkehrsmodell übertragen. Auf eine im Hinblick auf die strategische Ausrichtung des Modells denkbare Vereinfachung der Haltestellenstruktur wurde verzichtet.

Zum Abbilden von Umsteigevorgängen innerhalb des Planungsgebietes sind mehrere Haltebereiche pro Haltestelle modelliert, zwischen denen die Umstiege realisiert werden. Ein Umstieg ist modellseitig nur innerhalb einer Haltestelle möglich, da das Streckennetz für Umsteiger gesperrt ist. Ggf.

erforderliche Umstiege zwischen verschiedenen Haltestellen können spezifische Umsteigestrecken des Typs 87 (ÖV-Fuss) eingefügt werden, welche für Umsteigevorgänge genutzt werden können.

Die Umsteigezeiten innerhalb einer Haltestelle basieren auf den in den vom VRN übergebenen Fahrplandaten hinterlegten Umsteigezeiten. Diese werden ggf. im Zuge der Kalibrierung angepasst.

Eine beispielhafte Modellierung der Umsteigevorgänge am Hauptbahnhof Mannheim sowie Ludwigshafen gestaltet sich wie folgt:

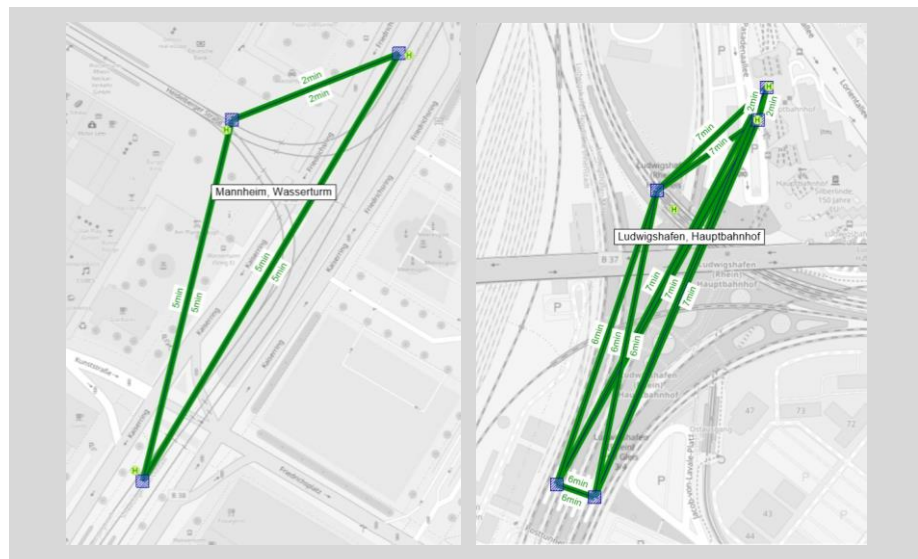


Abbildung 7.2: Beispiele für Umsteigebeziehungen

7.2.2 ÖV-Betrieb

Das ÖV-Angebot der Verkehrsbetriebe wird über die Netzobjekte Linien, Linienrouten, Fahrzeitprofile, Fahrplanfahrten und Fahrplanfahrabschnitte abgebildet. Die räumliche Differenzierung der Linien wird über Linienrouten festgelegt und die zeitliche Differenzierung über Fahrzeitprofile.

Angebotsmodell

Der Umfang des ÖV-Angebotes ist eine Zusammenführung folgender Datengrundlagen:

Angebot	Quelle	Zeitbezug	Anzahl Linien	Fahrplan-fahrten
VRN Straßenbahn	VRN Fahrplannetz ⁷	2019	27	3.200
VRN Bus	VRN Fahrplannetz ⁷	2019	519	19.200
VRN SPNV	VRN Hafasfahrplan ⁷	2020	39	2.300
KVV	KVV-Fahrplan (gtfs ⁸)	01.10.2019	128	8.100
SPFV	DB-Fahrplan (gtfs ⁸) FlixTrain (gtfs ⁸)	01.10.2019	202 1	202 25
Fernbus	FlixBus (gtfs ⁸)	01.10.2019	1	704

Tabelle 7.1: Datengrundlagen ÖV-Angebot Analysemodell

Zusätzlich zum ÖV-Angebot ist das Zonentarifsystem des VRN im Verkehrsmodell hinterlegt, indem jeder Haltestelle eine Tarifzone zugeordnet ist. Spezielle Tarife innerhalb des Planungsgebietes wie das Cityticket Ludwigs-hafen oder der Tarif für den City-Bus Eppelheim wurden im Modell umgesetzt. Spezielle Tarife im Umland können in Stufe 2 der Modellerarbeitung ergänzt werden.

Der Vorrang des Kurzstreckentarifs gegenüber dem Zonentarif wird über eine Rangfolge bestimmt. Je kleiner der Rang, desto größer der Vorrang zu anderen Tarifen.

Die Details des Tarifmodells sind unter NETZ – ÖV-FAHRPREISE und NETZ - ÖV-TARIFZONEN einsehbar.

Im Analysemodell sind Linien hinterlegt, deren Name mit „Z_“ beginnt. Diese Linien besitzen Linienrouten, aber keine Fahrplanfahrten. In den Linienrou-ten sind die Zählzeiten des rnv und des VRN hinterlegt (vgl. auch Abschnitt 10.2).

⁷ Zusammenstellung des SOLL-Fahrplans durch den VRN für einen möglichst baustellen-freien Netzzustand

⁸ Öffentlich zugängliche Fahrplandaten im gtfs-Format, Quelle: <https://transitfeeds.com>

7.2.3 Park+Ride

Im Verkehrsmodell sind 46 Park+Ride-Plätze hinterlegt (siehe Abbildung 7.3). Dafür ist an den entsprechenden Haltestellen das Attribut „PR-Platz“ aktiviert.

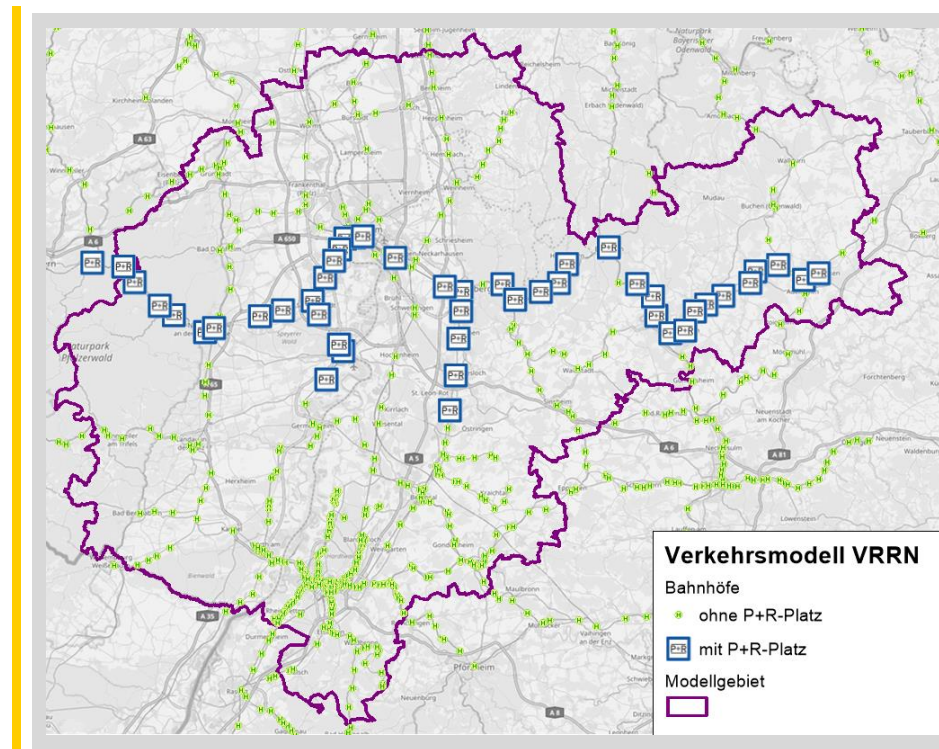


Abbildung 7.3: Park-and-Ride-Plätze im Verkehrsmodell

Die Einbindung von Park+Ride-Plätzen erfolgt über lange ÖV-Anbindungen. Dafür wurde ein spezieller Anbindungstyp Typ 8 mit höherer Zugangsgeschwindigkeit für das Verkehrssystem „490_OEV_PR“ eingerichtet. Die Zugangszeit errechnet sich aus der Luftlinienweite der Anbindung, einer mittleren Geschwindigkeit von 22 km/h einer Übergangszeit zwischen P+R-Platz und Bahnsteig von 3,5 Minuten und einer Startwartezeit von $1,5 \cdot Takt^{0,5}$.

Gemäß Auswertungen aus MiD 2017 sind ca. 75% der Pkw-Teilwege bei Park-and-Ride höchstens 7 km lang (siehe Abbildung 7.4). Daher wurden Verkehrsbezirke bis zu 7 km Entfernung vom P+R-Platz angebunden.

Angebotsmodell

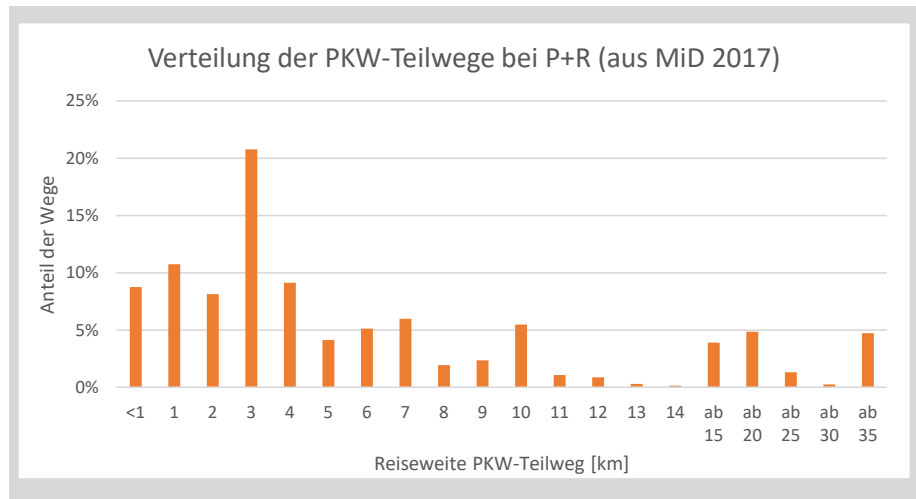


Abbildung 7.4: Entfernungsverteilung der Pkw-Teilwege bei P+R

Verknüpfung zwischen Angebot und Nachfrage

8 Verknüpfung zwischen Angebot und Nachfrage

Zur Differenzierung von Strecken, Abbiegern und Anbindungen werden Verkehrssysteme (V Sys) verwendet. Diese besitzen als Eigenschaft einen Verkehrssystemtyp und ein Verkehrsmittel bzw. einen Fahrzeugtyp. Verkehrssystemtypen sind Individualverkehr (IV), öffentlicher Verkehr (ÖV), ÖV Fuß zur Abbildung von Umsteigevorgängen sowie Zu- und Abgangswegen der Haltestellen.

Ein Verkehrsmodus umfasst stets ein IV-Verkehrssystem oder mehrere ÖV-Verkehrssysteme. Die Verkehrsmodi im Individualverkehr entsprechen somit dem Verkehrsmittel. Das Bündeln der ÖV-Verkehrssysteme ermöglicht beispielsweise eine Unterscheidung zwischen Nah- und Fernverkehr.

Die Verknüpfung zwischen Verkehrsangebot und Verkehrsnachfrage entsteht durch Nachfragesegmente, welche stets einem Modus zugeordnet sind. Allerdings können einem Modus mehrere Nachfragesegmente zugeordnet werden. Dies ermöglicht eine differenzierte Abbildung der Nachfrage für verschiedene Personengruppen, Fahrzwecke oder Fahrzeugtypen. Die Nachfragematrizen werden als letzten Schritt aus jeweils einem zugeordneten Nachfragesegment erstellt.

Eine beispielhafte Übersicht bietet folgende Abbildung:

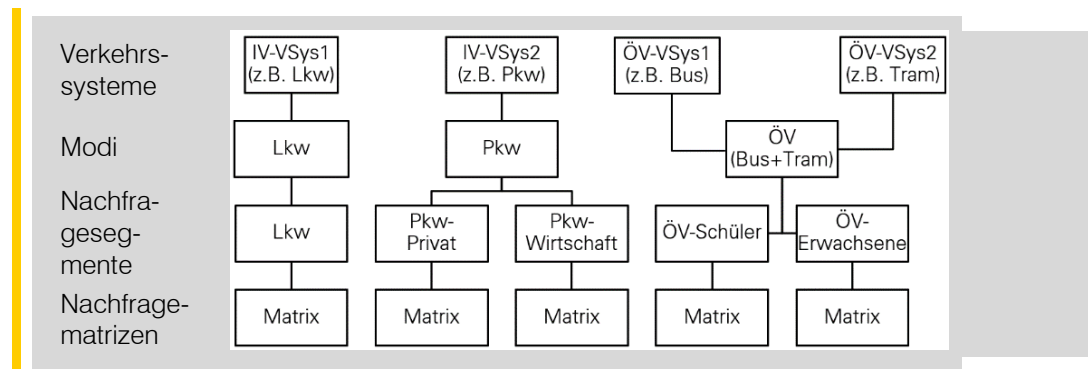


Abbildung 8.1: Verknüpfung zwischen Angebot und Nachfrage

Im Verkehrsmodell der Metropolregion sind 16 Verkehrssysteme hinterlegt. Davon sind 7 dem Typ IV und 9 dem Typ ÖV zugeordnet. Die Zuordnung zu den Verkehrsmodi ist in folgender Tabelle dargestellt:

Verknüpfung zwischen Angebot und Nachfrage

Nr	VSys-Code	Name	Typ	Modus-Code
1	100_Fuss	Fuss	IV	01_Fuss
2	200_Rad	Rad	IV	02_Rad
3	300_Pkw_Lf	Pkw und Lkw bis 3,5 t	IV	03_Pkw_Lnf
4	312_Lkw_2	Lkw bis 7,5 t	IV	12_Lkw_2
5	313_Lkw_3	Lkw bis 12 t	IV	13_Lkw_3
6	314_Lkw_4	Lkw über 12 t	IV	14_Lkw_4
7	400_OEV_Fuss	OEV-Fuss	ÖVFuß	04_OEV
8	410_Bus	Bus	ÖV	04_OEV
9	411_Fernbus	Fernbus	ÖV	04_OEV
10	420_Tram	Tram	ÖV	04_OEV
11	430_SPNV	SPNV	ÖV	04_OEV
12	431_Fernbahn	Fernbahn	ÖV	04_OEV
13	490_OEV_PR	OEV-PR	ÖVFuß	04_OEV

Tabelle 8.1: Verkehrssysteme und Modi

Verknüpfung zwischen Angebot und Nachfrage

Die Zuordnung der Modi auf die Nachfragesegmente gestaltet sich wie folgt:

Modus-Code	Nachfragesegment-Code	
	Binnenverkehrs des UG	Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr des UG
01_Fuss	01_Fuss	-
02_Rad	02_Rad	-
03_Pkw_Lnf	03_MIV, 05_Pkw_privat, 10_Pkw-W, 11_Lkw-1	25_Pkw_ext, 26_Pkw_Wext, 31_L1_ext
04_OEV	04_OEV	24_OEV-ext
12_Lkw_2	12_L2	32_L2_ext
13_Lkw_3	13_L3	33_L3_ext
14_Lkw_4	14_L4	34_L4_ext

Tabelle 8.2: Zuordnung Modi und Nachfragesegmente

Das Verkehrsmodell enthält für den Personenverkehr und Wirtschaftsverkehr zusammen 16 Nachfragesegmente. Dabei werden die Nachfragesegmente des Binnenverkehrs des UG innerhalb des Modells vollständig berechnet. Das Nachfragemodell wird dafür in zwei Teile geteilt. Ein Nachfragemodell für den Personenverkehr und ein weiteres für den Wirtschaftsverkehr. Die Nachfragesegmente des Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehrs werden über statische externe Matrizen, welche im Vorfeld erstellt wurden, in das Modell eingespeist (vgl. hierzu Abschnitt 4.4).

9 Nachfragemodell

Das Nachfragemodell ist nach dem Vier-Stufen-Algorithmus aus Verkehrserzeugung, Verkehrsverteilung, Verkehrsaufteilung und Verkehrsumlegung aufgebaut. Der Modellansatz EVA ist per Zusatzmodul in VISUM integriert, wodurch Verkehrsverteilung und -aufteilung auf Basis bewerteter verkehrlicher Kenngrößen berechnet werden.

9.1 Verkehrserzeugung

9.1.1 Quelle-Ziel-Gruppen

Die Quelle-Ziel-Gruppen (QZG) bilden wie die Personengruppen eine homogene Teilmenge ab. Sie basieren auf der Ausübung von Aktivitäten, welche jeweils Strukturgrößen und Bezugspersonen zugeordnet sind.

Folgende Aktivitäten werden im Verkehrsmodell Rhein-Neckar modelliert:

- ▶ Wohnen (A01)
- ▶ Arbeiten (A02)
- ▶ dienstliche Erledigungen (A03)
- ▶ Kita (A04)
- ▶ Lernen
 - ▶▶ Grundschule (A05)
 - ▶▶ Oberschule (A06)
 - ▶▶ Berufsschule (A07)
 - ▶▶ Studium (A08)
- ▶ Einkaufen
 - ▶▶ täglicher Einkauf (A09)
 - ▶▶ nicht täglicher Einkauf (A10)
- ▶ private Erledigungen (A11)
- ▶ Freizeit
 - ▶▶ privater Besuch (A12)
 - ▶▶ Erholung und Sport in der Natur (ESN), (A13)
 - ▶▶ Sportstätten (A14)
 - ▶▶ Kultur, Theater, Kino (KTK) / Gastronomie (GRK⁹) / Sonstiges (A15)
- ▶ Sonstiges (A16)

⁹ GRK: Gaststätte, Restaurant, Kneipe

Quelle-Ziel-Gruppen werden auf Basis der Aktivitäten an Quelle und Ziel gebildet. Beispielsweise bildet die QZG „Wohnen-Arbeit“ (WA) Ortsveränderungen von der Quelle Wohnung (Aktivität Wohnen) zum Ziel Arbeitsstätte (Aktivität Arbeit) ab. Der Großteil der Wege (ca. 80 % bis 90 %) besitzt als Quelle oder Ziel die eigene Wohnung. Deshalb sind 28 der 33 QZG wohnungsgebunden. Für die Berechnung des Kennwertmodells in VISUM ist eine Einteilung der QZG in Typen notwendig:

- ▶ QZG-Typ 1: Beginn der Ortsveränderung an der eigenen Wohnung
- ▶ QZG-Typ 2: Ende der Ortsveränderung an der eigenen Wohnung
- ▶ QZG-Typ 3: Beginn & Ende der Ortsveränderung unabhängig der eigenen Wohnung

Einen besonderen Stellenwert bei der QZG-Einteilung haben die Wege von und zu der Arbeitsstätte, da die Arbeitsstätte i. d. R. nicht freiwählbar ist. Auch die Wege der Studenten zwischen den verschiedenen Hochschulstandorten sowie Dienstwege werden gesondert betrachtet, da diese wesentliche Verkehrsmengen und eigene Verkehrsverhaltensparameter aufweisen.

Wege zum Zweck Holen/Bringen sind an den originären Zweck gekoppelt (z. B. werden Wege zur Kita sowohl für das Kind als auch für den/die Bringende in der Quelle-Ziel-Gruppe WK abgebildet). Damit wird gewährleistet, dass auch Hole-/Bringewege von bzw. zu den richtigen Zielen erfolgen.

Die Einstellungen in VISUM sind unter NACHFRAGE – NACHFRAGEMODELL zu tätigen.

9.1.2 Randsummenbedingungen und Randsummenausgleich

Die Berechnung der Quell- und Zielverkehrsaufkommen ist zusätzlich zu den Strukturgrößen, Mobilitäts- und Erzeugungsraten teilweise auch von der Lagegunst der einzelnen Bezirke abhängig. Dabei besteht ein ursächlicher Zusammenhang mit dem Wegezweck. Bei Arbeitswegen ist die Lagegunst für die Berechnung der Verkehrsaufkommen nicht relevant. Hier wird davon ausgegangen, dass jeder Arbeitsplatz gleich wahrscheinlich aufgesucht wird. Die Lagegunst eines Arbeitsplatzes ist hier schon in der Verteilung der Strukturgrößen enthalten.

Bei Einkaufswegen ist dies anders. Hier können identische Geschäfte, z.B. ein Discounter mit gleichem Angebot und gleichen Preisen in Abhängigkeit der Lagegunst unterschiedliche Verkehrsaufkommen anziehen.

Nachfragemodell

Zur Abbildung dieser Eigenschaften werden den QZG jeweils Randsummenbedingungen zugeordnet.

Aktivitäten der Quelle-Ziel-Gruppen mit Pflichtcharakter (Arbeiten, Bildung) sind unabhängig von der Lagegunst einer Verkehrszelle. Diese Aktivitäten werden unabhängig vom benötigten Aufwand wahrgenommen. Die Quell- und Zielverkehrsaufkommen der Verkehrszellen sind in der Verkehrserzeugung exakt bestimmbar und müssen in den folgenden Verfahrensschritten beibehalten werden. Die zugehörigen Randsummenbedingungen werden als unelastisch bzw. hart bezeichnet.

Elastische Randsummenbedingungen werden für Aktivitäten mit austauschbaren Quellen oder Zielen verwendet, bei denen die Lagegunst der Verkehrszelle von Bedeutung ist. Beispiele dafür sind Freizeitbeschäftigungen oder Einkaufswege. Die in der Erzeugung berechneten Quell- und Zielverkehrsaufkommen für diese Quelle-Ziel-Gruppen sind deshalb nicht final. Sie geben lediglich obere bzw. untere Schranken vor. Das endgültige Ergebnis steht erst nach der Ziel- und Moduswahl fest, bei denen die Lagegunst der Verkehrszellen berücksichtigt wird. Der zulässige Überlastungsfaktor (= maximaler Randsummenfaktor) liegt zwischen 1,2 (Einkaufen und Freizeitaktivitäten) und 1,3 (private Erledigungen). Gleichzeitig darf eine Verkehrszelle nicht mit weniger als 80% (Einkaufen und Freizeitaktivitäten) bzw. 70% (private Erledigungen) ausgelastet sein (minimaler Randsummenfaktor). Bei den angesetzten oberen und unteren Grenzen handelt es sich um Erfahrungswerte.

Die Einstellungen entsprechend NACHFRAGE – NACHFRAGEMODELL in VISUM sind in Anhang 4 aufgelistet. Der Randsummenausgleich findet nur mittels der Quelle-Ziel-Gruppe Sonstiges-Sonstiges (S-S) statt.

Neben den Randsummenbedingungen gibt es im Nachfragemodell EVA noch einen sogenannten Randsummenausgleich. Dahinter steht die Annahme, dass bei der Modellierung eines mittleren Werktages das Quell- und Zielaufkommen eines Verkehrsbezirkes (als Summe über alle Wegezwecke und alle Verkehrsmittel) annähernd gleich groß ist.

Dies ist bei den Mobilitätsraten, die auf Stichprobenerhebungen beruhen, nicht immer gegeben. Zudem kann es zu Abweichungen durch die Kombination von Wegezwecken mit unterschiedlichen Strukturdaten kommen. Das betrifft Quelle-Ziel-Gruppen, bei denen mehrere Zwecke zu Sonstiges zusammengefasst sind (typisch ist hier die QZG S-S Sonstiges-Sonstiges).

Der in VISUM derzeit umgesetzte Randsummenausgleich ist fehlerhaft bei mehreren QZG vom Typ 3 (nichtwohnungsgebundene Wege). Da im Verkehrsmodell Rhein-Neckar mit fünf QZG vom Typ 3 gearbeitet wird und um den Fehler im Randsummenausgleich von VISUM zu korrigieren, wurde im Verfahrensablauf ein manueller Randsummenausgleich nach der Verkehrserzeugung ergänzt.

9.1.3 Untersuchungsraumanteile

Die Verkehrserzeugung berechnet alle Ortsveränderungen der im Untersuchungsgebiet lebenden Personen. Allerdings werden nicht alle Ortsveränderungen innerhalb des Untersuchungsgebietes durchgeführt. Dies wird über einen Binnenverkehrsanteil des Untersuchungsgebietes abgebildet. Im Nachfragemodell ist dieser ein Bezirksattribut und wird als Untersuchungsraumanteil Heimat (Parameter u) bezeichnet. Er ist von der Lage sowie Größe des Bezirkes abhängig und kann je nach QZG angegeben werden.

Ein Untersuchungsraumanteil von beispielsweise 0,8 bedeutet, dass 80 % der berechneten Ortsveränderungen im Untersuchungsgebiet stattfinden und 20 % der Ortsveränderungen ihre Quelle, Ziel oder beides außerhalb des Untersuchungsgebietes besitzen. Diese 20 % werden bereits bei der Verkehrserzeugung abgespalten und für zukünftige Verfahrensschritte nicht mehr verwendet. Dieser Verkehr wird über externe Matrizen statisch in das Modell eingebunden (vgl. Abschnitt 4.4).

Zusätzlich zum Untersuchungsanteil Heimat werden Untersuchungsraumanteil Quelle und Ziel (Parameter v) festgelegt. Sie geben an, zu welchen Anteilen der Quell- bzw. Zielverkehr der nicht wohnungsgebundenen Verkehre (z.B. an einem Arbeitsplatz) aus dem Untersuchungsgebiet stammt. Dieser Anteil hat keinen Einfluss auf das Gesamtverkehrsaufkommen im Untersuchungsgebiet, sondern beschreibt den Anteil der Strukturgrößen, welche für die modellinterne Berechnung zur Verfügung steht. Im Nachfragemodell verschieben sich damit die Gewichte der Attraktionspotentiale der jeweiligen Strukturgrößen.

Die gewählten Werte von u und v sind dabei je Bezirk pro Teilraum identisch.

Nachfragemodell

9.1.4 Eckwerte der Verkehrserzeugung

Die folgende Tabelle enthält eine Übersicht über die im Verkehrsmodell VRRN erzeugten Wege:

Kennwert	Mannheim	Ludwigshafen	Umland	Gesamt
Einwohner	323.743	175.495	2.686.919	3.186.157
Heimat- aufkommen bei $u=v=1$	1.149.954	594.452	9.515.263	11.259.669
Durchschnitt- liche Mobili- tätsrate	3,55	3,39	3,54	3,53
u & v -Werte (Mittel)	0,977	0,983	0,851	0,871
Heimat- aufkommen ($u, v \leq 1$)	1.123.318	584.292	8.102.090	9.809.700

Tabelle 9.1: Eckwerte der Verkehrserzeugung (gerundet)

9.2 Simultane Verkehrsverteilung und Verkehrsaufteilung

Aus den Quell- und Zielverkehrsaufkommen der Erzeugung werden anschließend die Nachfragematrizen des Personenverkehrs berechnet. Dafür werden zusätzlich der vorgegebene Modal Split sowie Bewertungsmatrizen der Kenngrößen benötigt. Das Modell berechnet die Nachfrage je Nachfrageschicht und Modus, welches anschließend über alle Nachfrageschichten zu Personenwege pro Modus zusammengefasst wird. Unter Berücksichtigung des Besetzungsgrades wird aus der Personenmatrix des MIV eine Fahrtenmatrix erstellt.

9.2.1 Aufwandskenngrößen

Die Aufwände der einzelnen Verkehrsmodi werden in Quelle-Ziel-Matrizen innerhalb des Modells berechnet und gespeichert. Die Kenngrößen innerhalb eines Verkehrsbezirks (Zellenbinnenverkehr) können in VISUM nicht berechnet werden. Diese Werte sind im Vorfeld manuell aus der jeweiligen Bezirksgröße und den Eigenschaften der unterschiedlichen Verkehrsmodi bestimmt.

Die Berechnung der Kenngrößen umfasst für alle Modi folgende Aufwände, dessen Aufwandsmatrizen im Anschluss symmetrisiert (Mittelwert aus Hinweg und Rückweg) werden:

- ▶ Reisezeit
- ▶ Fahrtweite

Die Hauptdiagonalen der einzelnen Kenngrößenmatrizen werden nach der modellinternen Berechnung gesetzt. Innerhalb eines Modus werden zusätzliche Besonderheiten betrachtet:

Motorisierter Individualverkehr

Die Berechnung der Reisezeit im MIV, welche Zu- und Abgangszeiten beinhaltet, wird für das unbelastete sowie für das belastete Netz durchgeführt. Die Reisezeit im belasteten Netz dient beim Erreichen des benötigten Gleichgewichtszustandes zusätzlich als Eingangsgröße für den nächsten Iterationsschritt. Zur Beschleunigung dieses Einschwingprozesses wird die Reisezeitmatrix mit dem Ergebnis des vorangegangenen Iterationsschrittes geglättet.

Nachfragemodell

Die Berechnung der Fahrtkosten wird pauschal mit 30 Cent pro Kilometer durchgeführt. Die Stellplatzverfügbarkeit und eventuelle Parkkosten für den MIV werden mittels eines Kapazitätsvektors abgebildet und sind den einzelnen Bezirken zugeordnet.

Öffentlicher Verkehr

Die Beförderungszeit im ÖV beschreibt zunächst nur die Fahrzeit im Fahrzeug, die Umsteigezeit und Wartezeit.

Zusätzlich wird jeweils eine Kenngrößenmatrix für die Zu- und Abgangszeit erstellt, welche untereinander symmetrisiert werden. Die Hauptdiagonale der Zugangszeit wird durch das Minimum aller ausgehenden Relationen bestimmt, die Abgangszeit ergibt sich entsprechend aus dem Minimum aller ankommenden Relationen. Diese werden maßgebend durch die erstellten Anbindungen vorgegeben.

Die Umsteigehäufigkeit sowie der Takt einer Quelle-Ziel-Beziehung (Reisezeitäquivalent) werden anhand des Fahrplans berechnet.

Der Fahrpreis im ÖV basiert auf dem hinterlegten Tarifmodell unter NETZ – ÖV-FAHRPREISE und NETZ – ÖV-TARIFZONEN. Die verwendete Kenngröße Fahrpreis wird im Vorfeld zusätzlich in Abhängigkeit der Anzahl der Zeitkartenbesitzer¹⁰ gemindert. Die Anzahl der Zeitkarten pro tausend Einwohner sind als benutzerdefiniertes Attribut der Bezirke hinterlegt. Für Verkehrsbeziehungen der QZG vom Typ 1 (Quelle = eigene Wohnung) wird der Zeitkartenanteil des Quellbezirks, bei QZG vom Typ 2 (Ziel = eigene Wohnung) der Zeitkartenanteil des Zielbezirks und bei QZG des Typ 3 der Mittelwert zwischen Quell- und Zielbezirk verwendet.

Die für die Kenngrößenberechnung verwendeten ÖV-Wege werden als Verbindungsdatei abgespeichert, um diese in der ÖV-Umlegung erneut zu verwenden. Die Routenwahl basiert dabei auf einer empfundenen Reisezeit, welche unter VERFAHRENSABLAUF - ÖV KENNGRÖßENMATRIX BE-RECHNEN – WIDERSTAND eingestellt werden kann. Die verwendeten Zuschläge sind in Anlehnung an die Nachfragerechnung der Standardisierten Bewertung¹¹ bestimmt.

¹⁰ Quelle | Datengrundlage zur Verfügung gestellt von rnv und VRN zum Stand 2019.

¹¹ Die „Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen im schienengebundenen öffentlichen Personennahverkehr“ in der Version 2016 ist ein Verfahren zur gesamtwirtschaftlichen Kosten-Nutzen-Untersuchung von ÖPNV-Projekten in Deutschland.

9.2.2 Bewertungsfunktionen

Die Bewertung der verschiedenen Aufwände erfolgt mittels der EVA2-Bewertungsfunktion. Die dafür verwendeten Parameter sind in Anhang 5 aufgelistet. Eine Besonderheit besitzen die Bewertungen des MIV, welche ebenfalls eine prozentuale Angabe der Pkw-Verfügbarkeit sowie die Kapazitätsauslastung berücksichtigen. Diese Werte sind als benutzerdefinierte Attribute in den Bezirken gespeichert und wirken entsprechend quell- bzw. zielseitig. Eine beispielhafte Unterscheidung der Auswahlwahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Aufwände zwischen den Modi zeigt folgende Grafik:

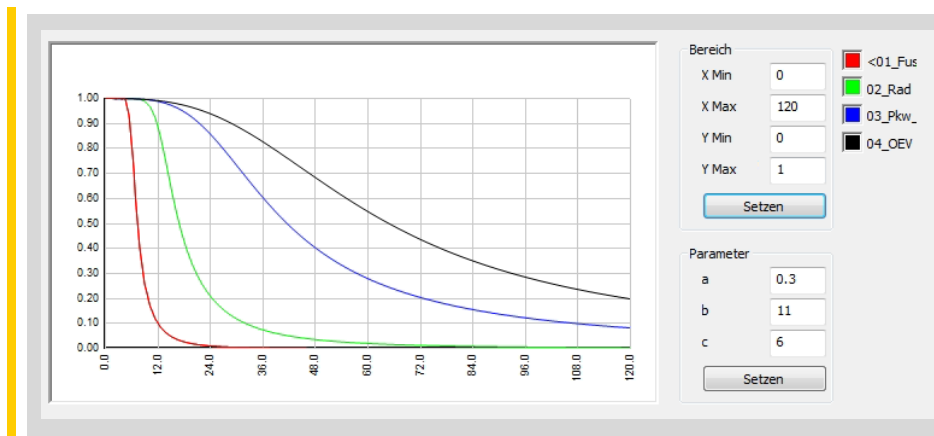


Abbildung 9.1: EVA2-Bewertung der Reisezeit für W-A

Die verschiedenen Bewertungen eines Verkehrsmodus werden über multiplikative Verknüpfung zu einer Bewertungswahrscheinlichkeit zusammengefasst, wobei unterstellt wird, dass die verschiedenen Kenngrößen unabhängig voneinander wirken.

Innerhalb der EVA-Bewertung werden ebenfalls Aufwände aufgelistet, die keinen Einfluss auf die Modellergebnisse haben, sondern lediglich für die Auswertung der Modellergebnisse dienen. Die EVA-Parameter sind an dieser Stelle stets Null. Ebenfalls aufgeführt sind die externen Bewertungsmatrizen je Verkehrsmodus, damit die statisch angelegten Werte der Kalibrierung ebenfalls in die Bewertung mit einfließen. Eine Transformation erfolgt für die externen Bewertungsmatrizen nicht, da die Bewertung bereits in der Matrix hinterlegt ist.

Nachfragemodell

9.2.3 Moduswahl

Zur Berechnung der Moduswahl im Analysemodell wird im Vorfeld für jeden Modus je QZG der Anteil am gesamten Verkehr in Bezug auf das gesamte Verkehrsmodell vorgegeben (vgl. Abschnitt 6.3). Die verschiedenen Modal Split von Teilräumen können nicht vorgegeben werden. Diese sind das Ergebnis der Nachfrageberechnung und Bestandteil der Kalibrierung (vgl. Abschnitt 10).

Die Vorgaben zum Modal Split wirken nur im Analysemodell. Zur Berechnung des Prognosemodells sowie zukünftiger Planfälle wird unter dem Verfahrensschritt EVA-VERTEILUNG/MODUSWAHL in der Gruppe D.2 die Projektart von Analyse auf Prognose umgestellt (vgl. Abschnitt 12.4 – Gruppe D.2). Dadurch werden die Vorgaben zum globalen Modal Split außer Kraft gesetzt. Stattdessen werden die in der Analyse berechneten (und damit kalibrierten) Modus-Bilanzfaktoren verwendet. Der neue Modal Split stellt sich anschließend je Bezirk auf Grundlage der Analysemodellrechnung neu ein.

9.2.4 Aggregation der Verkehrsstrommatrizen, Besetzungsgrad

Zur Vorbereitung der Umlegung werden die Verkehrsstrommatrizen im Personenverkehr für jeden Modus über alle Quelle-Ziel-Gruppen aggregiert. Es entstehen vier Modus-Matrizen für den Fußverkehr, den Radverkehr, den MIV und den ÖPNV (Nr. 1 – 4), die die Grundlage für aggregierte Auswertungen auf der Ebene der Personen bilden, wie beispielsweise im nächsten Abschnitt.

Für die nachfolgenden Umlegungen kann die ÖPNV-Matrix direkt verwendet werden. Für den MIV wird für die Umlegung eine weitere Matrix (Nr. 5) erzeugt, die die Pkw-Fahrten enthält. Dabei werden die Personenfahrten mittels Besetzungsgrad in Pkw-Fahrten umgerechnet. Für jede Quelle-Ziel-Gruppe wird ein spezifischer Besetzungsgrad, der aus SrV 2018 abgeleitet wurde, angewendet. Eine Übersicht über die Besetzungsgrade enthält der Anhang 6.

Nachfragemodell

9.2.5 Eckwerte der Verkehrsverteilung und –aufteilung

Von / Nach	Mannheim	Ludwigs- hafen	Umland	Gesamt
Nachfragematrix Fuß				
Mannheim	327.500	1.700	1.300	330.500
Ludwigshafen	1.600	153.400	600	155.600
Umland	1.200	600	1.770.700	1.772.500
Summe	330.300	155.700	1.772.600	2.258.600
Nachfragematrix Rad				
Mannheim	190.700	13.200	13.000	216.900
Ludwigshafen	13.300	72.100	7.700	93.100
Umland	13.300	7.800	1.261.200	1.282.300
Summe	217.300	93.100	1.281.900	1.592.300
Nachfragematrix MIV (Personen)				
Mannheim	328.300	26.200	175.800	530.300
Ludwigshafen	25.500	164.400	136.900	326.800
Umland	176.500	136.200	4.797.900	5.110.600
Summe	530.300	326.800	5.110.600	5.967.700
Nachfragematrix MIV (Fahrzeuge)				
Mannheim	245.500	21.600	145.400	412.500
Ludwigshafen	21.200	119.500	111.900	252.600
Umland	147.100	112.200	3.659.300	3.918.600
Summe	413.800	253.300	3.916.600	4.583.700
Nachfragematrix ÖV				
Mannheim	143.100	16.900	33.400	193.400
Ludwigshafen	16.800	41.400	16.800	75.000
Umland	33.300	16.600	575.500	625.400
Summe	190.700	71.000	632.200	893.900

Tabelle 9.2: Eckwerte der Verkehrsver- und -aufteilung (gerundet)

Nachfragemodell

9.3 Verkehrsumlegung

Die Verkehrsumlegung bildet die Routenwahl der Verkehrsteilnehmer ab. Dabei werden die Wege in den Verkehrsstrommatrizen auf vorhandene sinnvolle Routen zwischen Quelle und Ziel verteilt und somit die Verkehrsbelastungen der Strecken des Netzmodells als abschließendes Ergebnis des Verkehrsmodells ermittelt.

9.3.1 Umlegung MIV

Die Umlegung der MIV-Nachfrage erfolgt nach einem Kurzwegalgorithmus, welcher widerstandsminimale Routen ermittelt. Der Widerstand anhand der Fahrzeit im belasteten Netz wird für Strecken, Abbieger und Anbindungen anhand der CR-Funktionen ermittelt.

Die Summe der MIV-Nachfrage wird mit verschiedenen Algorithmen umgelegt. Zunächst werden alle Kordonverkehre und der Schwerverkehr größer 3,5 t in einer Sukzessivumlegung auf das Netz verteilt. Dafür werden innerhalb dieses Verfahrensschrittes die Nachfragematrizen in Teilmatrizen mit abnehmendem Anteil unterteilt und schrittweise umgelegt. Der verwendete Widerstand jeder einzelnen Teilmatrix basiert dabei auf den vorherigen Iterationsschritt. Dies bewirkt zunächst lediglich die Belastung des Hauptverkehrsstraßennetzes.

Der verbleibende MIV, Lkw kleiner 3,5 t sowie Pkw, werden mit dem Gleichgewichtsverfahren Bi-conjugate Frank-Wolfe umgelegt, welches die vorangegangene Sukzessivumlegung als Grundbelastung nutzt. Innerhalb der Umlegung wird ein Gleichgewichtszustand zwischen dem belastungsabhängigen Netzwidestand und der Routenwahl erreicht. Dabei wird die Routenwahl bei sich verändernden Widerständen mehrfach rückgekoppelt.

9.3.2 Umlegung ÖV

Die Umlegung des Verkehrssystems ÖV wird fahrplanfein durchgeführt. Demnach werden alle Fahrten des ÖV-Angebotes mit ihren genauen Abfahrts- und Ankunftszeiten abgebildet, wodurch die Koordinierung der Linien und Umsteigevorgänge berücksichtigt werden.

Die Verbindungen für jede Quelle-Ziel-Relation werden bei der Kenngrößenberechnung exportiert und für die Umlegung wiederverwendet (Conn-

Nachfragemodell

Dateien, vgl. Abschnitt 9.2.1). Die Berechnung des für die Routenwahl verwendeten Widerstands (empfundene Reisezeit) wird wie in Abbildung 9.2 dargestellt berechnet.

Widerstand

Empfundene Reisezeit (ERZ) =

zahl:	Koeffizient	Attribut		BoxCox	Lambda
	0,00	Fahrzeit im Fzg	*	1.0	☐ 1,00
+	1,00	ÖV-Zusatz-Fahrzeit	*	1.0	☐ 1,00
+	0,00	Zugangszeit			☐ 1,00
+	0,00	Abgangszeit			☐ 1,00
+	0,00	Gehzeit			☐ 1,00
+	0,00	Startwartezeit	Parameter		☐ 1,00
+	1,50	Umsteigewartezeit	Parameter		☐ 1,00
+	8min	Umsteigehäufigkeit	* Formel		☐ 1,00
+	0min	Anzahl Betreiberwechsel	Parameter		☐ 1,00
+	1,00	Erweiterter Widerstand	Parameter		☐ 1,00

☒ Verbindungen mit DeltaT > 0 berücksichtigen, wenn es Verb. mit DeltaT = 0 gibt (empfohlen)
DeltaT = Zeitabstand von gewünschter und tatsächlicher Abfahrts- bzw. Ankunftszeit

Widerstand =

zahl	Koeffizient	Attribut		BoxCox	Lambda
	1,00	ERZ [min]		☐	1,00
+	8,00	Fahrpreis		☐	1,00
+	1,00	DeltaT(früh) [min]		☐	1,00
+	1,00	DeltaT(spät) [min]		☐	1,00

Abbildung 9.2: Widerstandsberechnung Umlegung ÖV in VISUM

Die Fahrzeit wird dabei im Erweiterten Widerstand berücksichtigt. Der erweiterte Widerstand umfasst neben Fahrzeit im Fahrzeug und der Zugangs-, Abgangs- und Gehzeiten auch einen verkehrssystemabhängigen Fahrzeitzuschlag. Die Zuschläge wurden in Anlehnung an die Nachfragerechnung der Standardisierten Bewertung bestimmt und betrachten eine Systemqualität der benutzten Verkehrsmittel hinsichtlich Komforts und Image. Im Verkehrsmodell wurden folgende Reisezeitzuschläge für die Verkehrssysteme vergeben:

- Bus: absolut 1,8 Minuten und relativ 18%

Nachfragemodell

- Straßen-/Stadtbahn: absolut 0,6 Minuten und relativ 6%

Für die Berechnung ist im Netzelement VERKEHRSSYSTEM ein Attribut R_TW hinterlegt.

Zudem ist für die Berechnung ist im Netzelement HALTEPUNKT ein Attribut R_STAT hinterlegt, um einen Haltestellenwiderstand bei unzureichendem Ausbauzustand einer Haltestelle gemäß Standardisierter Bewertung integrieren zu können. Dieser Widerstand wird im Modell für die Hauptbahnhöfe Mannheim und Ludwigshafen genutzt.

Die Berechnung des Erweiterten Widerstands erfolgt gemäß dem nachfolgend dargestellten Eingabedialog.

Erweiterter Widerstand in der empfundenen Reisezeit

Zugangs-, Abgangs-, Gehzeiten

☒ = * Teilwegzeit² + * Teilwegzeit

Fahrzeit im Fahrzeug

☒ = * [min.] + (1 + *) * Teilwegzeit

Fahrplanfahrtlelement-Attribut nach Fahrzeit gewichtet

Umsteigezuschlag in Abhängigkeit der Teilwegfahrzeit

☒ = (gesamte Fahrzeit - max. Teilwegfahrzeit) / 2

Zuschlag für Ein-, Aus- und Umstiege

☒ Einstieg = * [s]

Ausstieg = * [s]

Umstieg = max { * [s] am Einstieg,
 * [s] am Ausstieg }

Zuschlag für jeden Zwischenhalt

☐ =

OK Abbrechen

Abbildung 9.3: Erweiterter Widerstand im ÖV

Die Umlegung berücksichtigt ebenfalls die Nachfrageverteilung innerhalb eines Tages mit Hilfe zuvor festgelegter Ganglinien. Die hinterlegten Ganglinien unterscheiden Typen von Verkehrsströmen:

- ▶ Binnenverkehr Mannheim (ÖV_MA, BV)
- ▶ Binnenverkehr Ludwigshafen (ÖV_LU, BV)
- ▶ Verkehr zwischen Mannheim und Ludwigshafen (ÖV_MA-LU/LU-MA)
- ▶ Quellverkehr aus dem Planungsgebiet (ÖV_PG-UG)
- ▶ Zielverkehr ins Planungsgebiet (ÖV_UG-PG)
- ▶ Außenverkehr im Umland (ÖV_UG, AV)

Die Ganglinien für den Binnenverkehr in Mannheim und Ludwigshafen basiert auf SrV 2018. Die Ganglinien für Quell-, Ziel- und Außenverkehr wurden aus dem MiD 2017-Datensatz abgeleitet. Für die Verwendung im Modell wurden die Ganglinien geglättet.

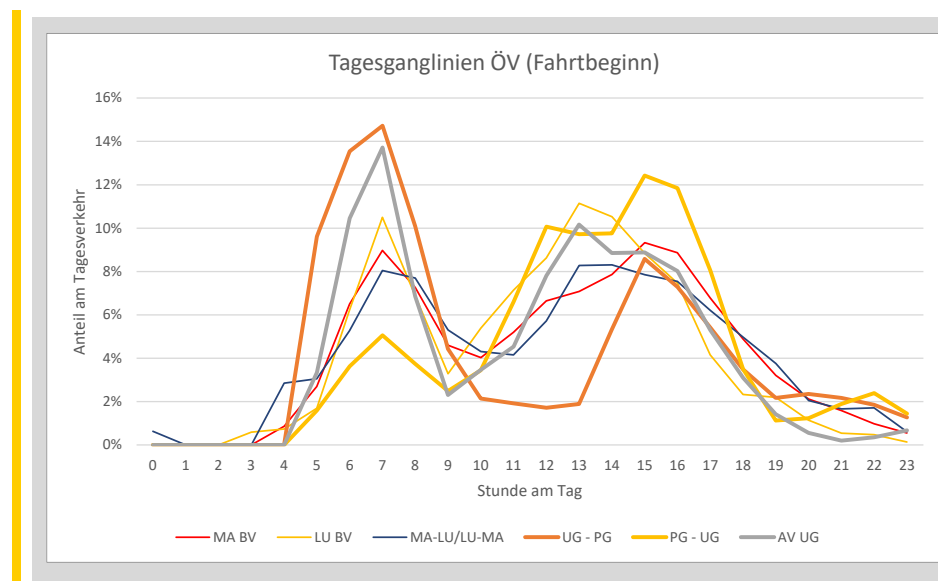


Abbildung 9.4: ÖV-Tagesganglinien

Die Ganglinien sind in VISUM unter NACHFRAGE – NACHFRAGEDATEN hinterlegt.

9.4 Rückkopplung von Angebot und Nachfrage

Die Fahrzeit des MIV im belasteten Netz ist Eingangsgröße sowie Ergebnis der Nachfrageberechnung. Daher ist für die Nachfrageberechnung ein ite-

Nachfragemodell

rativer Prozess erforderlich, mit dem im Abschluss der Verkehrsnachfragemodellierung ein Gleichgewicht auf zwei Ebenen erzeugt wird. Das äußere Gleichgewicht entsteht durch den wiederkehrenden Rückkopplungsprozess zwischen Verkehrsangebot und Verkehrsnachfrage. Das Bestreben der Verkehrsteilnehmer ihren Widerstand auf Ortsveränderungen zu minimieren bewirkt das Aufsuchen von Alternativen. Die Wahl einer Alternative mit geringerem Widerstand ist dabei nicht auf eine andere Route beschränkt. Dies kann sowohl ein anderes Verkehrsmittel oder auch ein anderes Ziel sein.

Zur Beschleunigung der Gleichgewichtseinstellung werden die Kenngrößenmatrizen der MIV-Reisezeit zwischen den Iterationen geglättet.

Das angestrebte Gleichgewicht während der Umlegung zwischen der Routenwahl der Verkehrsteilnehmer auf der Nachfrageseite sowie der Belastung des Netzmodells auf der Angebotsseite wird als inneres Gleichgewicht bezeichnet.

9.5 Nachfragemodell für den Wirtschaftsverkehr

Wirtschaftsverkehr mit Lkw und Pkw

Die in TB-Freight verwendeten Segmente – in VISUM als Nachfrageschichten bezeichnet – werden sequentiell und unabhängig voneinander abgearbeitet werden. Das grundlegende Modell basiert auf der Erhebung der KiD 2010, was Design und Parametrisierung betrifft.

Die Nachfrageschichten dieses Modells setzen sich aus einer Kombination von aggregierter Wirtschaftsklasse – in VISUM als Branchen bezeichnet – und Fahrzeugklassen – in VISUM als „Logistikkonzepte“ bezeichnet – zusammen.

Im Modell verwendete Branchen sind:

- ▶ PR: Produktion,
- ▶ BA: Bau,
- ▶ HA: Handel,
- ▶ VL: Verkehr und Lagerei,
- ▶ SO: Sonstiges.

In Visum ist dies entsprechend Abbildung 9.5 hinterlegt.

Nachfragemodell auswählen

WIVER.1 VRRN_Binnen

Basis Branchen Logistikkonzepte Nachfrageschichten

Anzahl: 5	Code	Name	Ist Quellbranche	Ist Empfängerbranche
1	BA	Bau	☒	☒
2	HA	Handel	☒	☒
3	PR	Produktion	☒	☒
4	SO	Sonstiges	☒	☒
5	VL	Verkehr/Lagerei	☒	☒

Abbildung 9.5: Definition der Branchen in VISUM

Definierte Fahrzeugklassen sind

- ▶ Pkw: Pkw,
- ▶ LKK: Lkw $\leq 2,8$ t zul. GG,
- ▶ LK: Lkw $> 2,8$ und Lkw $\leq 3,5$ t zul. GG,
- ▶ LN: Lkw $> 3,5$ t zul. GG und $< 7,5$ t zul. GG,
- ▶ LNP: Lkw $\geq 7,5$ t zul. GG und < 12 t zul. GG,
- ▶ LT: Lkw ≥ 12 t zul. GG.

Nachfragemodell

Die entsprechende Konfiguration in VISUM zeigt Abbildung 9.6.

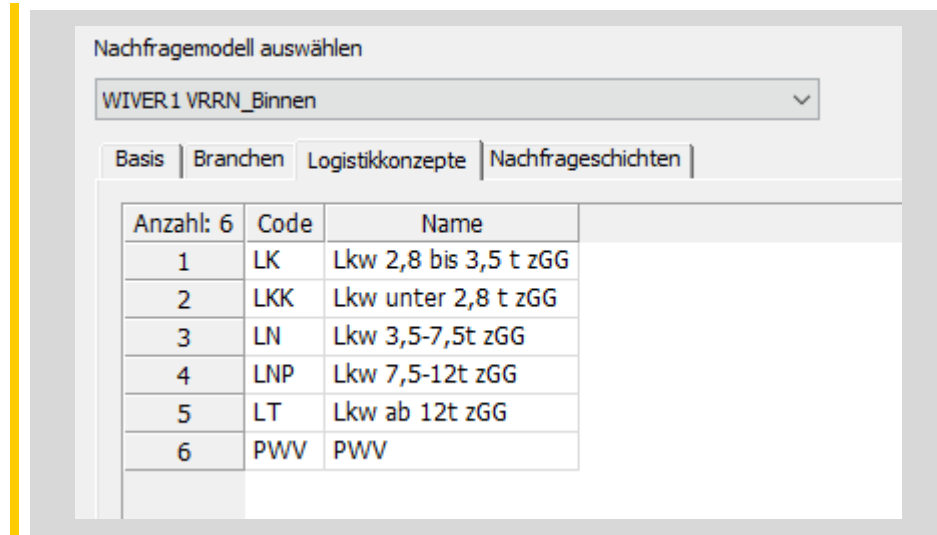


Abbildung 9.6: Definition der Logistikkonzepte

Die aufgeführten Abkürzungen von Branchen und Fahrzeugklassen entsprechen somit den Kürzeln, die in der VISUM-Version verwendet werden.

TB-Freight verwendet zwei Module. Dabei werden im ersten Modul TB-Freight „Wirtschaftsverkehr Erzeugung und Verteilung“ die bereits dargestellten Funktionalitäten berechnet:

- ▶ Aufkommensrechnung: Das Start-Aufkommen von Bedienungen wird über einen Strukturdatenansatz formuliert.
- ▶ Zielgewichtung: Das Potential für die Ziele der Bedienungen wird über einen Strukturdatenansatz formuliert.
- ▶ Verteilung der Bedienfahrten: Unter Verwendung einer Widerstandsfunktion wird eine Matrix der Bedienungen mit Standard-Verteilalgorithmen erstellt.

Im zweiten Modul TB-Freight „Fahrtengenerierung“ erfolgt die Transportkettenberechnung mit den folgenden Schritten:

- ▶ Transportkettenberechnung Teil 1: Die Startfahrten werden berechnet. Wesentliche Parameter sind die durchschnittliche Anzahl Bedienungen je Tour und wiederum der Parameter einer Verteilungsfunktion.

Nachfragemodell

- Transportkettenberechnung Teil 2: Für jede Startzelle s wird eine Matrix der Zwischenfahrten gebildet, so dass die Zahl der Bedienungen der Verkehrszellen getroffen werden. Rückfahrten ergeben sich aus fehlenden Ausfahrten der Verkehrszellen. Zu erwähnen ist, dass der bewertete Widerstand der Zwischenfahrt zwischen zwei Zellen i und j vom Saving abhängt. Der Saving ist der Vorteil den eine Fahrtenkette gegenüber zweier Direktfahrten – einschließlich Rückfahrten – z. B. ausgedrückt in weniger zurückgelegter Fahrtweite ergibt.

Das grundlegende Implementierungskonzept für das Verkehrsmodell VRRN ist, dass die Schleife über die Segmente nicht in TB-Freight selbst durchgeführt wird, sondern dass nur ein TB-Freight vorhanden ist, das über eine Schleife im Verfahrensablauf mit den passenden Daten und Parametern versorgt ist (Verfahrensablauf: siehe Abschnitt 12.3).

Aus diesem Grund sind im Nachfragemodell zwei Wirtschaftsverkehrsmodele aufgelistet.

Nachfragemodell auswählen

Basis	Personengruppen	Strukturgrößen	Aktivitäten	Aktivitätenpaare	Nachfragesch
Anzahl: 3	Code	Name	Typ		
1	VRRN_1	VMPV_1	EVA-Personen	▼	1_Fuss.02
2	WIVER	TEMPLATE	Wirtschaftsverkehr	▼	
3	WIVER1	VRRN_Binnen	Wirtschaftsverkehr	▼	

Abbildung 9.7: Nachfragemodelle im Verkehrsmodell

Das Modell TEMPLATE ist das eigentliche Rechenmodell, welches im Verfahrensablauf verwendet wird. Das Modell VRRN_Binnen enthält die Parameter der Segmente, die weiter unten beschrieben sind und stellt somit die Datenbank der Parameter dar.

Nachfragemodell

Nachfragemodelle

Nachfragemodell auswählen

WIVIER1 VRRN_Binnen

Basis | Branchen | Logistikkonzepte | Nachfrageschichten

☒ Benutzerdefinierte Attribute anzeigen

Anzahl: 30	Code	Name	Quellbranche	Logistikkonzept	VW_QUELLPARAMETER	VW_VERTEILPARAMETER	VW_ZIELPARAMETER
1	BA_LK		BA	LK	51	4.87#-0.2#-0.01#0.2#1	3.21#5.10#5.10#6.21#5.06#3.46
2	BA_LKK		BA	LKK	56	4.87#-0.2#-0.01#0.2#1	3.21#5.10#5.10#6.21#5.06#3.46
3	BA_LN		BA	LN	22.81	11.41#-0.2#-0.01#0.2#1	3.07 #7.72 #7.72 #9.14 #6.74 #3.26
4	BA_LNP		BA	LNP	0.86	3.44#-0.15#-0.09#0.2#1	2.12 #2.98 #2.98 #39.75 #8.92 #2.20
5	BA_LT		BA	LT	8.26	5.12#-0.1#-0.01#0.2#1	3.12 #9.94 #9.94 #3.41 #5.64 #3.51
6	BA_PWV		BA	PWV	730	4.87#-0.2#-0.05#0.38#1	3.21 #5.10 #5.10 #6.21 #5.06 #3.46
7	HA_LK		HA	LK	7.8	8.6#-0.2#-0.05#0.2#1	0.95 #2.08 #2.08 #33.87 #14.67 #1.67
8	HA_LKK		HA	LKK	9.5	8.6#-0.2#-0.05#0.2#1	0.95#2.08#2.08#33.87#14.67#1.67
9	HA_LN		HA	LN	4.73	10.77#-0.2#-0.09#0.2#1	0.74 #1.36 #1.36 #26.66 #21.71 #4.86
10	HA_LNP		HA	LNP	6.46	22.84#-0.15#-0.09#0.2#1	0.63 #13.26 #13.26 #41.47 #6.71 #3.06
11	HA_LT		HA	LT	5.64	9.24#-0.1#-0.09#0.02#1	0.46 #10.96 #10.96 #41.36 #24.93 #3.56
12	HA_PWV		HA	PWV	49	8.6#-0.2#-0.01#0.2#1	0.95#2.08#2.08#33.87#14.67#1.67
13	PR_LK		PR	LK	5.53	5.89#-0.2#-0.01#0.2#1	1.27 #2.73 #2.73 #18.27 #7.30 #2.45
14	PR_LKK		PR	LKK	9.17	5.89#-0.2#-0.01#0.2#1	1.27#2.73#2.73#18.27#7.30#2.45
15	PR_LN		PR	LN	4.04	10.52#-0.2#-0.09#0.2#1	0.86 #6.79 #6.79 #41.79 #17.44 #1.94
16	PR_LNP		PR	LNP	2.17	9.82#-0.15#-0.01#0.2#1	1.36 #3.37 #3.37 #36.32 #15.67 #4.61
17	PR_LT		PR	LT	4.59	7.72#-0.1#-0.09#0.02#1	0.67 #8.68 #8.68 #14.36 #46.55 #7.98
18	PR_PWV		PR	PWV	16.7	10.52#-0.2#-0.05#0.2#1	0.86 #6.79 #6.79 #41.79 #17.44 #1.94
19	SO_LK		SO	LK	3.6	8.34#-0.2#-0.05#0.2#1	1.56 #1.63 #1.63 #15.24 #10.32 #2.94
20	SO_LKK		SO	LKK	8.1	8.34#-0.2#-0.05#0.2#1	1.56#1.63#1.63#15.24#10.32#2.94
21	SO_LN		SO	LN	1.37	8.59#-0.2#-0.01#0.2#1	1.48 #3.70 #3.70 #16.20 #18.45 #5.82
22	SO_LNP		SO	LNP	0.23	5.27#-0.15#-0.01#0.2#1	2.11 #3.33 #3.33 #5.74 #10.46 #5.83
23	SO_LT		SO	LT	0.75	5.77#-0.1#-0.05#0.2#1	2.01 #4.49 #4.49 #27.36 #11.38 #3.43
24	SO_PWV		SO	PWV	51	8.59#-0.2#-0.09#0.2#1	1.48 #3.70 #3.70 #16.20 #18.45 #5.82
25	VL_LK		VL	LK	53.6	43.9#-0.2#-0.01#0.38#1	0.90 #0.33 #0.33 #5.81 #14.53 #0.70
26	VL_LKK		VL	LKK	94.8	43.9#-0.2#-0.01#0.38#1	0.90#0.33#0.33#5.81#14.53#0.70
27	VL_LN		VL	LN	45.92	32.36#-0.2#-0.09#0.2#1	0.51 #5.60 #5.60 #13.13 #63.98 #3.06

Abbildung 9.8: Parameter des Modells im Modell VRRN-Binnen

Diese Art der Berechnung wurde gewählt, da:

- ▶ das Handling der Parameter unseres Erachtens einfacher ist, da die funktionalen Zusammenhänge ähnlich sind und nicht für jedes Segment die eigentliche Funktion mit Angabe der Strukturdaten zu formulieren ist.
- ▶ das Programm zwischen Verteilung und Fahrtengenerierung segmentspezifisch Änderungen zulässt. In etwas großräumigeren Modellen hat sich ergeben, dass für größere Entfernungen der Modellansatz TB-Freight nicht passt. Die längeren Fahrten zeigen eher einen Fahrtentyp mit wenigen - fast keinen - Zwischenhalten auf. Solche gemischten Modelle sind was mit dieser Art der Implementierung relativ einfach einzufügen. Dies vor allem in Hinblick auf eine etwaige räumliche Erweiterung des Modells VRRN.

In der Schleife werden jedoch einige Python-Skripte notwendig, die die Steuerung des Verfahrens und auch einige Berechnungen übernehmen.

Die Berechnung des ersten Moduls setzt im für das Verkehrsmodell VRRN implementierten Modell auf folgenden – benutzerdefinierten – Bezirksattributen auf¹²:

- | | |
|---------------|---|
| ▶ WV_BEV | Einwohner |
| ▶ WV_BESCH_PR | sozialversicherungspflichtig Beschäftigte der Branche Produktion |
| ▶ WV_BESCH_BA | sozialversicherungspflichtig Beschäftigte der Branche Bau |
| ▶ WV_BESCH_HA | sozialversicherungspflichtig Beschäftigte der Branche Handel |
| ▶ WV_BESCH_VL | sozialversicherungspflichtig Beschäftigte der Branche Verkehr und Lagerei |
| ▶ WV_BESCH_SO | sozialversicherungspflichtig Beschäftigte der sonstigen Wirtschaftszweige |

Für die Aufkommensberechnung an Quell- und Zielseite sind auch wesentlich:

- ▶ WV_UVFAK_<Logistikkategorie> mit den Logistikkategorien LKK, LK, LN, LNP und LT. Sie geben an wieviel der eigentlichen Bedienungen in

¹² Statt WV ist in der übergebenen Version noch die einführende Bezeichnung SSP vorhanden. Dies wird in der finalen Version noch umgewandelt sein.

Nachfragemodell

den Außenraum (erweitertes Umland EUL) gehen und von den externen Verkehrsdaten abgebildet werden, und sind aus dem Deutschlandmodell von SSP abgeleitet. Neben dieser Funktionalität, die in der Visum-Sprache als u, v-Faktoren bezeichnet wird, werden diese Größen auch zur Manipulation der Verkehrsstärken einzelner Verkehrszellen verwendet.

- ▶ WV_UVFAK_HA, d.h. ein Faktor, der nur für die Branche Handel verwendet wird, was im folgenden Text noch beschrieben wird.

Die Zahl der Bedienstarts einer Zelle für eine Nachfrageschicht der Branche B und der Logistikkategorie L ist allein abhängig von den Beschäftigten der Branche B in der Zelle. Die funktionalen Zusammenhänge sind im Skript skriptB2.py implementiert.

Die Zielpotenziale ergeben sich aus einer Linearkombination mehrerer Parameter und den jeweiligen Strukturdaten Bevölkerung und Beschäftigte nach Branchen. Auch hier werden die Minderungsfaktoren angewandt.

Nachfragemodell

Parameter des Verteilungs- und Fahrtengenerierungsmodells

Folgende Tabellen und folgender Text beschreiben die Codierung der Parameter der beiden TB-Freight Module.

Der obere Tabellenteil beschreibt die Parameter, die das Aufkommensmodell einschließlich der Zielgewichtung betreffen, der untere die beiden Verteilungsmodelle.

Code	Name	Nachfragesegment	Quellbranche	Logistikkonzept	SSP_QUELLPARAMETER	SSP_VERTeilPARAMETER	SSP_ZIELPARAMETER
BA_LK			BA	LK	51	4.87#-0.2#-0.01#0.2#1	3.21#5.10#5.10#6.21#5.06#3.46
BA_LKK			BA	LKK	56	4.87#-0.2#-0.01#0.2#1	3.21#5.10#5.10#6.21#5.06#3.46
BA_LN			BA	LN	22.81	11.41#-0.2#-0.01#0.2#1	3.07 #7.72 #7.72 #9.14 #6.74 #3.26

Code	Name	Nachfragesegment	Quellbranche	Logistikkonzept	SSP_QUELLPARAMETER	SSP_VERTeilPARAMETER	SSP_ZIELPARAMETER
BA_LK			BA	LK	51	4.87#-0.2#-0.01#0.2#1	3.21#5.10#5.10#6.21#5.06#3.46
BA_LKK			BA	LKK	56	4.87#-0.2#-0.01#0.2#1	3.21#5.10#5.10#6.21#5.06#3.46
BA_LN			BA	LN	22.81	11.41#-0.2#-0.01#0.2#1	3.07 #7.72 #7.72 #9.14 #6.74 #3.26

Abbildung 9.9: Codierung der Parameter im Modell VRRN-Binnen

Die Parameter zur Zahl der Bedienfahrten je Beschäftigtem und Anzahl der Bedienfahrten je Tour – und damit implizit der Zahl der Touren/Beschäftigtem – entstammen aus Auswertungen der KiD 2010. Ebenfalls sind aus der KiD die Parameter für die Zielgewichtungen abgeleitet. Weiterhin wurde das SSP-eigene Modellierungswerkzeug für den Wirtschaftsverkehr, welches an den Entfernungsverteilungen der KiD 2010 kalibriert ist, verwendet, um die

Nachfragemodell

Entfernungsparameter von TB-Freight für das Verkehrsmodell VRRN zu eichen.

Weitere Änderungen am Modell sind im Rahmen der manuellen Kalibration erfolgt, wobei die Erkenntnisse aus der Umlegung der Verkehre und dem Vergleich mit Zählwerten eingeflossen sind. Dabei wurde auch das Verfahren VStrom angewandt, um Hinweise auf plausible Veränderungen zu bekommen.

Zur „Manipulation“ des Modells wurden die bereits vorgestellten Größen WV_UVFAK_<Fahrzeugklassifizierung> gegebenenfalls auch zur Korrektur von Modellungenauigkeiten verwendet. Im konkreten Fall ist es so, dass Beschäftigte des Handels in der Innenstadt eher Zielpotentiale darstellen. Der Großhandel ist die Quelle des Verkehrs. Entsprechende Daten, die eine Aufteilung von Groß- und Einzelhandel erlauben, sind nicht vorhanden. Es wurde nun das Attribut WV_UVFAK_HA verwendet, um Quellverkehr des Segments Handel aus der Innenstadt auszuschließen, indem diese Größe für Innenstadtzellen auf null gesetzt wurde.

Weiterhin zeigte es sich als sinnvoll an, einen zusätzlichen Widerstand für die Rheinquerung anzunehmen. Sinnvoll bedeutet in diesem Zusammenhang, dass sich rheinquerende Zählwerte verbesserten. Als ursächlich vermuten wir, dass hier ein Korrekturfaktor in das Modell hineinkommt, der die Verkehre mehr auf das eigene Stadtgebiet bezieht und dass auch ein Bundeslandeffekt eine Rolle spielt. Das „reine“ Modell würde jedenfalls die Verflechtungen zwischen Mannheim und Ludwigshafen zu stark werden lassen.

Im letzten Schritt wurde das in VISUM integrierte Matrixkorrekturverfahren VStrom angewendet und relationsbezogene Korrekturfaktoren ermittelt. Die ermittelten Korrekturmatrizen werden im Rahmen der Prognoserechnungen angewendet. Eine erneute Matrixkorrektur mit VStrom ist bei Prognoseberechnungen nicht erforderlich.

Im den dem AG übergebenen Versionen des Modells für die Analyse und die Prognose ist die Anwendung von VSTROM nicht im Verfahrensablauf implementiert. Die Ergebnisse vor und nach VSTROM sind allerdings in den Matrizen vorhanden und werden in einem Skript (Einrechnung Anpassung in der Kommentarspalte) in die Ergebnisse der Modellrechnung eingerechnet.

Die implementierte Vorgehensweise ist:

- ▶ Standardmäßig wird ein Faktor, der relative Unterschiede der Werte nach und vor der Anwendung von VStrom enthält, verwendet, d.h. der Faktor nach/vor Anpassung, auf den Matrixwert gegeben. Die Faktoren sind in Korrekturmatriizen enthalten und im Modell hinterlegt.

Ausnahmen sind:

- ▶ Der Faktor ist größer als 2.5. Dann wird der absolute Unterschied aus der Anpassung verwendet und auf den Modellwert addiert.
- ▶ Das gilt ebenso, wenn der relative Unterschied zwischen dem aktuellen Matrixwert und dem Wert vor Anpassung größer als 2.5 ist.

Speziell für den Prognosefall ist ein letztes Skript vorhanden (Makroprognose siehe dazu Kapitel 11.4), welches die Eckwerte der Ergebnisse entsprechend den Auswertungen in der Makroprognose korrigiert.

Die Wachstumsfaktoren dazu sind direkt im Skript vorhanden

```
wachstum = numpy.array( [[0.9703,0.9560,1.0490],  
                        [1.0757,1.0981,1.0633],  
                        [1.0438,1.1190,1.0836]])
```

wobei in den Spalten

- Binnenströme Mannheim/Ludwigshafen
- Ströme zwischen Mannheim/Ludwigshafen und dem sonstigen Erzeugungsraum
- Binnenströme sonstiger Erzeugungsraum

und in den Zeilen das Verkehrsmittel

- Personenwirtschaftsverkehr
- Lieferwagenverkehr (Lkw $\leq$ 3,5t zGG)
- Schwerverkehr (Lkw $>$ 3,5t zGG)

codiert ist. (Beispiel: Lieferwagenverkehr im Binnenverkehr des Erzeugungsraumes hat den Wachstumsfaktor 1.0633).

Nachfragemodell

9.6 Matrizen

Die Matrizen des Verkehrsmodells untergliedern sich in Nachfragematrizen und Kenngrößenmatrizen. Jeder Matrix ist dabei eine eindeutige Nummer zugeordnet, welche sich wie folgt aufschlüsseln:

Nummer	Matrix
1-10, 20-29	Umlegungsrelevante Nachfragematrizen
1, 2, 4, 5	Privater Personenverkehr
3	Pkw-Personenwege; wird nicht umgelegt (Zwischenschritt für Matrix Nr. 5)
6-10	Wirtschaftsverkehr
11	temporäre Pkw-Matrix für die Rückkopplung
20-29	Kordonverkehr
30	Startlösung für die Kenngrößenberechnung
31, 32	Nachfragesumme aus interner und externer Nachfrage für Pkw und ÖV
50-97	Kenngrößenmatrizen
100-235	EVA-Bewertungsmatrizen: Personenverkehrsmodell
300-360	externe Bewertungsmatrizen
500-635	EVA-Nachfragematrizen des Personenverkehrsmodells
900 - 2022	zusätzliche Auswertungsmatrizen
2295 - 2325	Matrizen des Wirtschaftsverkehrsmodell
2326- 2339	Automatisch generierte Nachfragematrizen bei Verwen- dung von Spinnenauswertungen im Netz
3001 - 3051	Matrizen zur Berechnung der Früh- und Nachmittags- spitzenstunde (FSP, NSP)
4000 - 4014	Matrizen zur Korrektur des Wirtschaftsverkehrs

Tabelle 9.3: Nummerierung der Matrizen

Eine detaillierte Auflistung der Matrizen ist in Anhang 7 zu finden.

10 Kalibrierung

10.1 Kalibrierungsziele

Zur Dokumentation der Kalibrierung wurde für die Modellberechnung eine Auswerteübersicht erstellt, die die Modellkenngößen den angestrebten Zielgrößen gegenüberstellt.

Zur Modellkalibrierung wurden Zielgrößen gemäß Tabelle 10.1 vereinbart.

Kenngroße	Kontrolldaten	Zulässige Abweichung
Anzahl Wege pro Person je Raumtyp, Verkehrsmittel und Nachfragegruppe	SrV 2018	< 2%
Modal Split nach Raumtyp und Nachfragegruppe	SrV 2018	< 2%-Punkte, < 1%-Punkte über alle Nachfragesegmente
Reiseweite nach Raumtyp, Verkehrsmittel und Nachfragegruppe	SrV 2018	< 5%, <i>alternativ: GEH < 1</i>
Reisezeit nach Raumtyp, Verkehrsmittel und Nachfragegruppe	SrV 2018	< 20%, <i>alternativ: GEH < 1</i>
Reiseweitenverteilung	SrV 2018	Visuelle Prüfung
Reisezeitenverteilung		
Entfernungsabhängiger Modal Split		
Verkehrsstärke Werktag Kfz (Pkw/LKW)	Querschnittszählungen	GEH < 15 bei 80% der Zählstellen
Verkehrsstärke Werktag ÖV	ÖV-Zählungen	GEH < 15 bei 80% der Zählstellen
Verkehrsleistung ÖV (räumlich, pro Betriebszweig)	ÖV-Zählungen	< 10%
Streckenbelastungen IV	Zählungen	visuell

Tabelle 10.1: Kenngößen und Zielwerte der Kalibrierung

Kalibrierung

10.2 Vergleichsdaten

Im Analysemodell sind folgende empirische Vergleichsdaten hinterlegt.

Streckenattribute für den Kfz-Verkehr:

Zähldaten aus der SVZ lagen nur als Querschnittswerte vor und wurden hälftig auf die Richtungen aufgeteilt. Für die Städte Mannheim und Ludwigshafen lagen in der Regel richtungsbezogene Zähldaten vor, die den Strecken direkt zugeordnet werden konnten.

- ▶ ZD_KALI_Kfz: Zählwert Kraftfahrzeuge (DTVw)
- ▶ ZD_KALI_LV: Zählwert Pkw und leichte Nutzfahrzeuge (DTVw)
- ▶ ZD_KALI_SV: Zählwert Schwerverkehr (DTVw)

Diese Attribute enthalten die für die Kalibrierung aufbereiteten und teilweise auf den DTVw hochgerechneten Zähldaten. Darüber hinaus sind weitere Attribute mit den Originalzähldaten und den entsprechenden Datenquellen hinterlegt.

Zähldaten im ÖPNV:

Für den ÖPNV wurden Zähldaten der Rhein-Neckar-Verkehr GmbH (rnv) und des Verkehrsverbund Rhein-Neckar (VRN) zur Verfügung gestellt.

Die Zähldaten des rnv beinhalten Daten aus Verbunderhebungen des VRN, die auf AFZS-Daten aus den Fahrzeugen des rnv fortgeschrieben wurden. Die Daten liegen für das Jahr 2017 vor und wurden als VISUM-Versionsdatei übergeben. Sie enthalten ausschließlich Daten der rnv-Linien.

Für die Abbildung der Besetzungszahlen aus dieser Datenbasis wurden spezielle Linien und Linienrouten (Name beginnend mit „Z_“) angelegt, die keine Fahrplanfahrten enthalten. Sie dienen zusätzliche Netzelemente im Analysemodell, um an den jeweiligen Abschnitten die Einsteiger-, Aussteiger- und Besetzungszähldaten des rnv wie folgt als Attribut der Linienrouten-Verläufe zu hinterlegen:

- ▶ Z_Einsteiger: Zählwert der Einsteiger an der Haltestelle am Beginn des jeweiligen Routenabschnitts
- ▶ Z_Aussteiger: Zählwert der Aussteiger an der Haltestelle am Beginn des jeweiligen Routenabschnitts
- ▶ Z_Besetzung: Zählwert der Besetzung auf dem jeweiligen Routenabschnitt

Das Attribut `Z_Einsteiger` dient als Vergleichswert für die Linienbeförderungsfälle im Rahmen der Modellkalibrierung. Mit dem Attribut `Z_Besetzung` wird der visuelle Vergleich der Streckenbelastung durchgeführt.

Darüber hinaus wurde die Zahl der Ein- und Aussteiger differenziert nach Betriebszweig sowie die Umsteiger an den Haltestellen im Modell hinterlegt.

Vom Verkehrsverbund Rhein-Neckar (VRN) wurden Erhebungsdaten in Form von Befragungsdatensätzen im Teilwegformat übergeben. Diese Daten enthalten neben den Daten für die rnv-Linien auch Daten des SPNV mit Start und Ziel in Mannheim oder Ludwigshafen. Basis der Daten sind kontinuierliche Erhebungen des VRN, die für das Jahr 2019 aufbereitet wurden.

Aus diesen Daten wurden als weiteres Vergleichsdatum die Linienbeförderungsfälle der rnv-Linien abgeleitet. Zudem wurden die Ein- und Aussteigerdaten an den SPNV-Halten im Gebiet der Städte Mannheim und Ludwigshafen im VISUM-Modell hinterlegt.

10.3 Kalibrierungsergebnisse

10.3.1 Anzahl Wege pro Person

Die Anzahl der Wege pro Person wird aus den Erhebungsdaten (SrV 2018) abgeleitet. Die Kennzahl stellt somit eine Eingangsgröße im Modell dar und bestimmt das Heimatverkehrsaufkommen der Einwohner differenziert nach Quelle-Ziel-Gruppen. Damit ist sichergestellt, dass die Verkehrsmenge gemäß Erhebung erzeugt wird. Die Ergebnisse der Erzeugungsrechnung und die Kennzahl „Wege pro Person“ sind in Abschnitt 9.1.4 dargestellt.

Die im Modell erzeugte Zahl der Wege für die Raumtypen weicht jedoch davon ab, da auch nichtwohnungsgebundene Wege sowohl der Umlandbevölkerung im Planungsgebiet als auch der Bevölkerung des Planungsgebietes im Umland stattfinden.

10.3.2 Modal Split

Nachfolgend sind die Kalibrierungsergebnisse für den Modal Split, die mittleren Reisezeiten und mittleren Reiseweiten jeweils für das Planungsgebiet Mannheim/Ludwigshafen dargestellt. Als Vergleichsdaten dienen die Erhebungsdaten aus SrV 2018, gefiltert nach Wegen bis 50 km (korrespondierend zur Modellausdehnung).

Kalibrierung

Für die Städte Mannheim und Ludwigshafen wurden die Toleranzgrenzen von ± 1 Prozentpunkt bei allen Modi eingehalten (vgl. Abbildung 10.2).

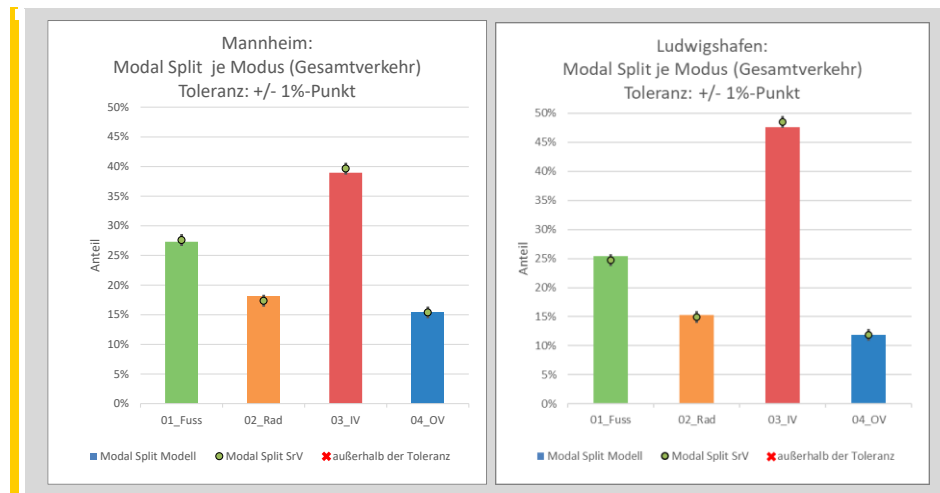


Abbildung 10.1: Abweichungen Modal Split für Mannheim und Ludwigshafen

Bei differenzierterer Betrachtung nach Teilgebieten innerhalb des Planungsraumes wurde die Klassifizierung gemäß SrV verwendet (vergleiche auch Abschnitt 4.1). Für diese Räume wurde die Toleranzgrenze von ± 2 Prozentpunkten eingehalten (siehe Abbildung 10.2).

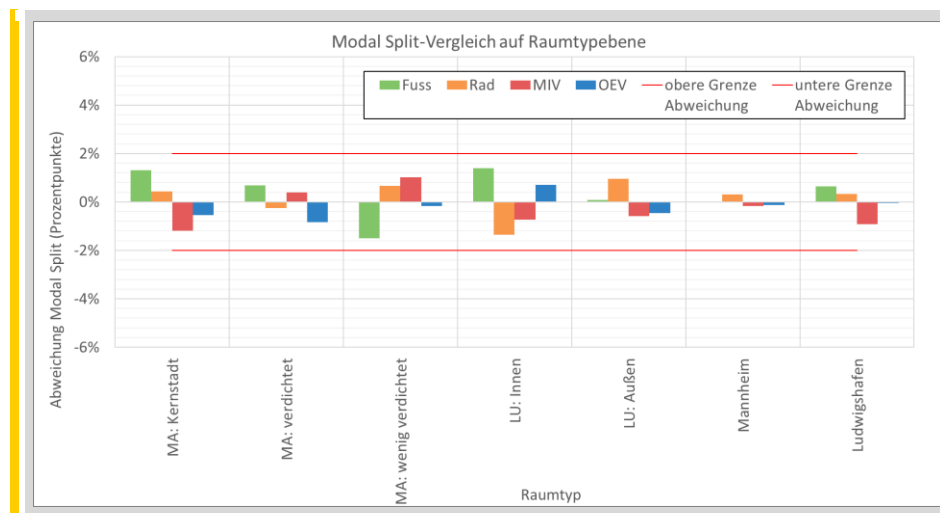


Abbildung 10.2: Abweichungen Modal Split für Stadtregionen im Planungsgebiet

Für das Umland wurden verfügbare SrV-Daten (Heidelberg, verschiedene Stadtgrößengruppen) zugrunde gelegt. Die Auswertung der Kalibrierungsergebnisse erfolgte gemäß der Einteilung des Untersuchungsgebietes in Abschnitt 4.1. Allerdings wurden die Städte Heidelberg und Karlsruhe aufgrund abweichenden Verkehrsverhaltens separat betrachtet. Im Ergebnis wurden auch hier die Toleranzgrenzen eingehalten (vgl. Abbildung 10.3).

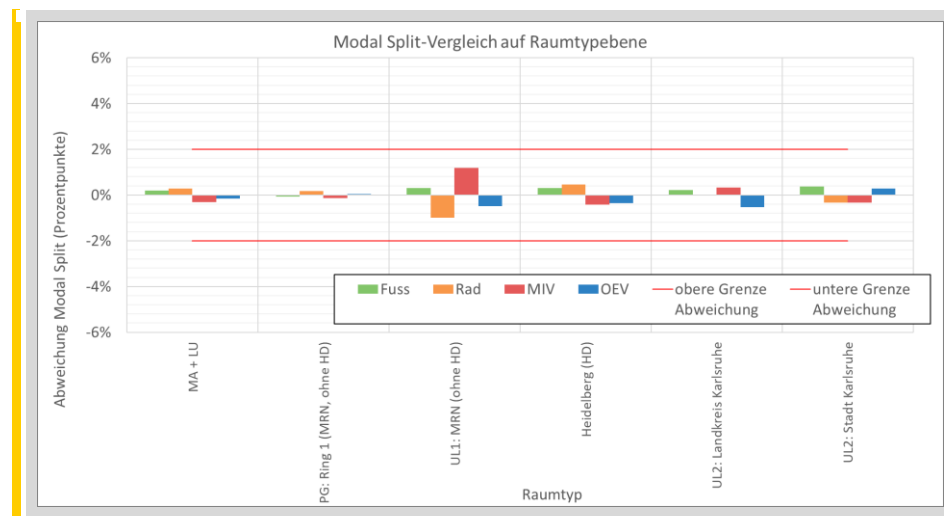


Abbildung 10.3: Abweichungen Modal Split für die Regionen im Umland

Für die Auswertung des Modal Split wurden Nachfragegruppen gebildet. Diese basieren auf der Quelle-Ziel-Gruppen-Einteilung und wurden wie folgt zusammengestellt:

- ▶ Arbeitsverkehr: wohnungsgebundene Arbeits- und Dienstwege (QZG W-A, W-D, A-W und D-W)
- ▶ Bildungsverkehr wohnungsgebundene Wege zu Bildungs- und Kinderbetreuungseinrichtungen (QZG W-K, W-G, W-O, W-B, W-H, K-W, G-W, O-W, B-W, H-W)
- ▶ Einkaufsverkehr: wohnungsgebundene Einkaufswege und private Erledigungen (QZG W-E, W-M, W-PE, E-W, M-W, PE-W)
- ▶ Freizeitverkehr: wohnungsgebundene Freizeitwege (QZG W-F1, W-F2, W-F3, W-F4, F1-W, F2-W, F3-W, F4-W)
- ▶ Typ 3: wohnungsunabhängige Wege (QZG S-A, A-S, D-D, H-H, S-S)

Bei der Kalibrierung der Nachfragegruppen wurden die Toleranzgrenzen überwiegend eingehalten (vgl. Abbildung 10.4).

Kalibrierung



Abbildung 10.4: Abweichungen Modal Split nach Nachfragegruppen

Beim Einkaufsverkehr wurde der MIV-Anteil leicht unterschritten, bei den wohnungsunabhängigen Wegen wurde der Fußanteil unterschritten, der ÖV-Anteil dagegen leicht überschritten.

Bei weiteren Detailauswertungen auf Basis von Quelle-Ziel-Gruppen ist es nicht für alle Quelle-Ziel-Gruppen möglich, die Modal Split-Werte aus SrV zu erreichen. Dies ist dem begrenzten Stichprobenumfang von SrV geschuldet, aufgrund dessen für einige kleine Quelle-Ziel-Gruppen (z. B. Wohnung - Berufsschule) nur sehr wenige Befragungsdaten zugrunde liegen. Die aus SrV ermittelten Werte für diese Gruppen stellen daher keine repräsentative Zielgröße dar.

10.3.3 Mittlere Reisezeiten

Für die mittleren Reisezeiten, in Abbildung 10.5 für Mannheim und Ludwigshafen dargestellt, wurden die Zielwerte aus der SrV-Erhebung innerhalb der Toleranzgrenzen überwiegend eingehalten. Für den MIV in Ludwigshafen wurde die Toleranzgrenze leicht überschritten.

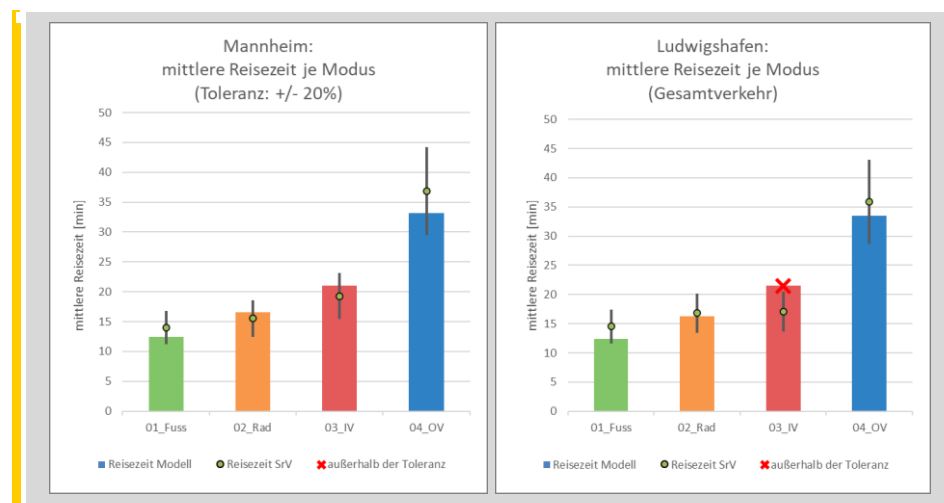


Abbildung 10.5: Abweichungen der mittleren Reisezeiten im Planungsgebiet

Bezüglich der Nachfragegruppen wurden die Toleranzgrenzen überwiegend eingehalten (vgl. Abbildung 10.6). Nur bei Bildungswegen wurde die Grenze unterschritten. Ursache hierfür ist eine große Differenz zwischen Reisezeiten und Reisezeiten bei Wegen von und zu Kindertageseinrichtungen. Für diese Wege wird in den SrV-Erhebungen eine sehr geringe Reisegeschwindigkeit erreicht, die mit dem Modell nicht abgebildet werden kann.

Kalibrierung

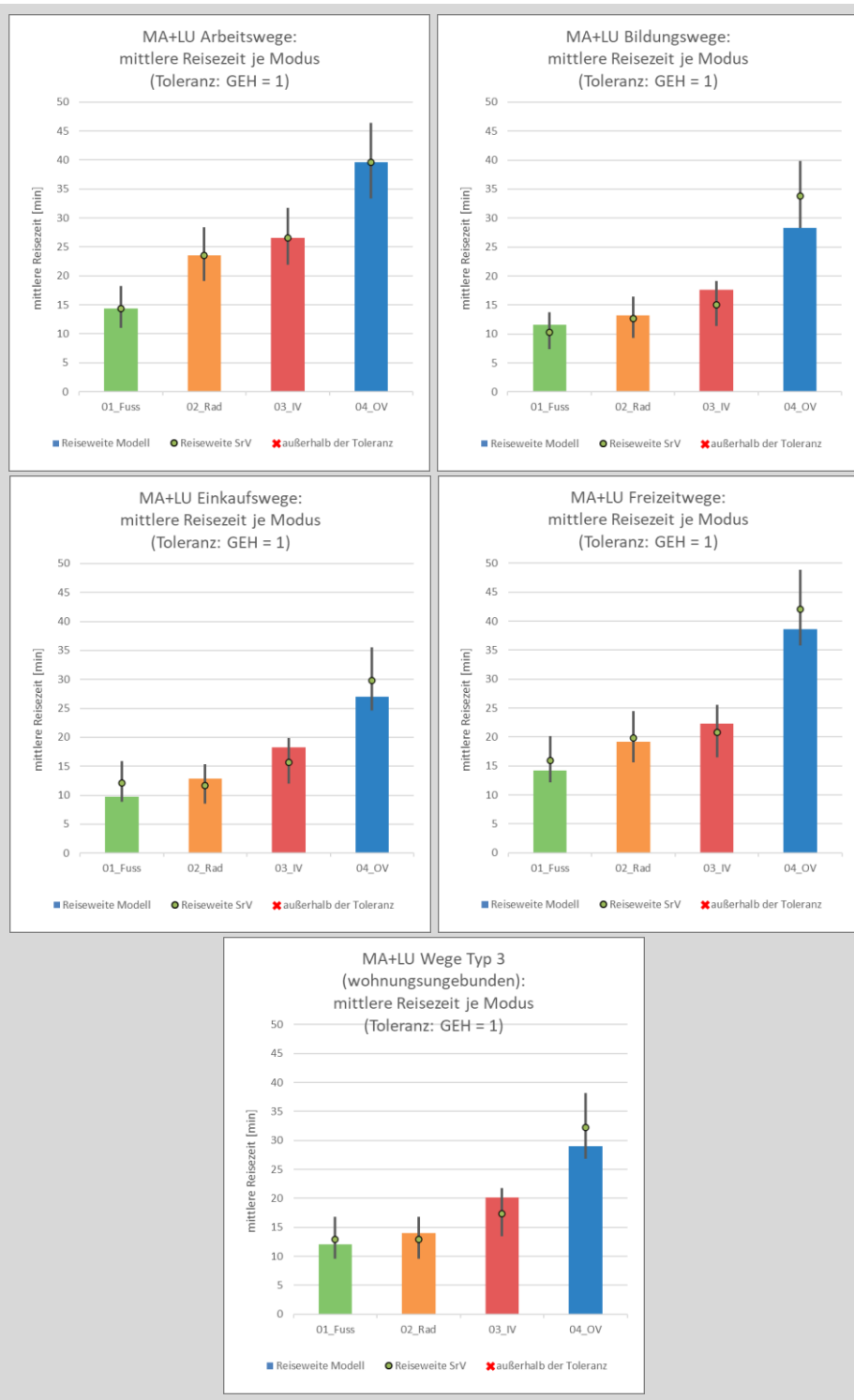


Abbildung 10.6: mittlere Reisezeiten nach Nachfragegruppen

Ursache hierfür ist sicherlich ein erhöhter Zeitbedarf für Zu- und Abgangszeiten zu den Haltestellen mit Kindergartenkindern, die in den SrV-Daten enthalten, aber nicht separat ableitbar sind.

10.3.4 Mittlere Reiseweiten

Für die Bewertung der mittleren Reiseweiten wurde mit einer Toleranz von $\pm 5\%$ eine recht enge Grenze gesetzt. Damit sind insbesondere für den Fuß- und Radverkehr Abweichungen von nur wenigen Metern zulässig. Dies ist im Rahmen der Aggregationsstufe eines strategischen Verkehrsmodell nur schwer erreichbar (vgl. Abbildung 10.7).

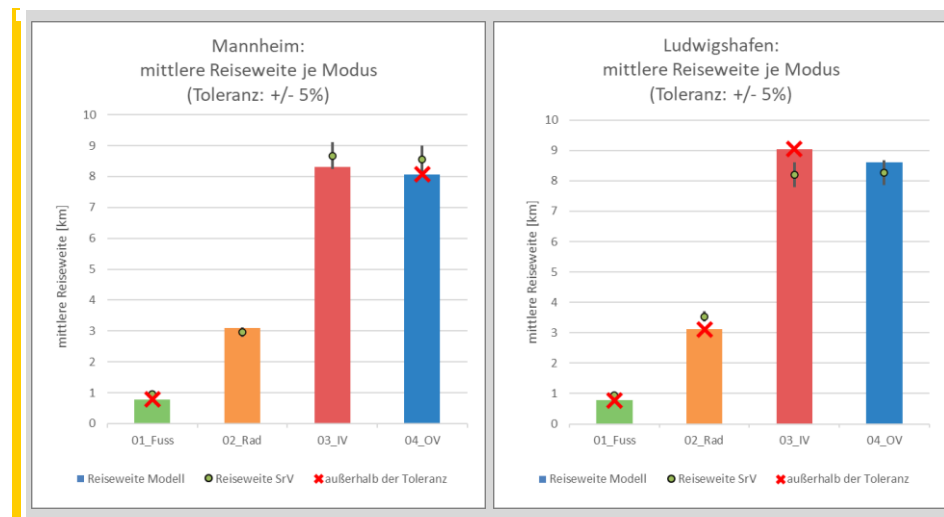


Abbildung 10.7: Abweichungen (5%) der mittleren Reiseweiten im Planungsgebiet

Alternativ findet in der Modellkalibrierung ein Ansatz Anwendung, bei dem für mittlere Reiseweiten und Reisezeiten eine Abweichung im Rahmen von $GEH = 1$ zulässig ist. Mit diesem Ansatz sind die Toleranzbereiche deutlich größer und werden eingehalten (vgl. Abbildung 10.8). Unabhängig von verwendeten Toleranzmaß bestand das Kalibrierungsziel, sich dem Mittelwert der Reiseweiten so gut wie möglich anzunähern.

Kalibrierung

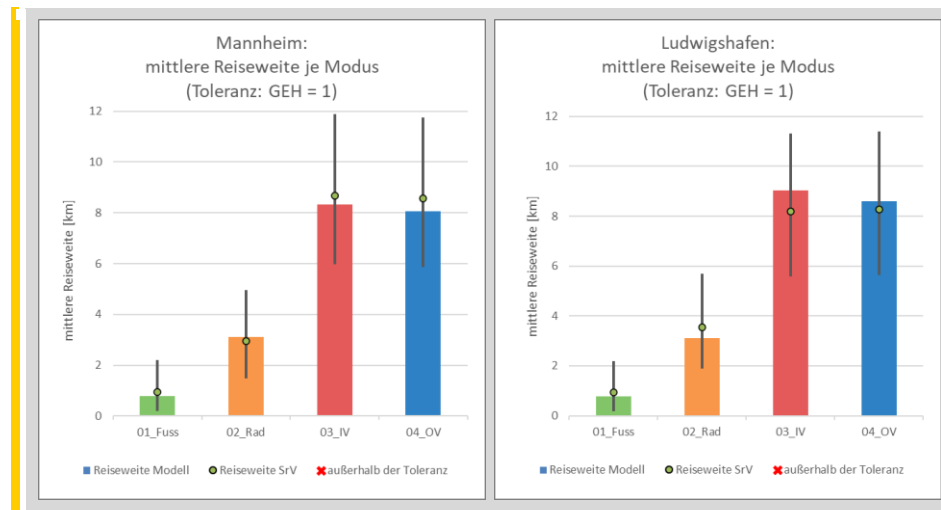


Abbildung 10.8: Abweichungen (GEH) der Reiseweiten im Planungsgebiet

Bezüglich der Nachfragegruppen wurden die Toleranzgrenzen auf Basis der GEH-Auswertung eingehalten (vgl. Abbildung 10.9).

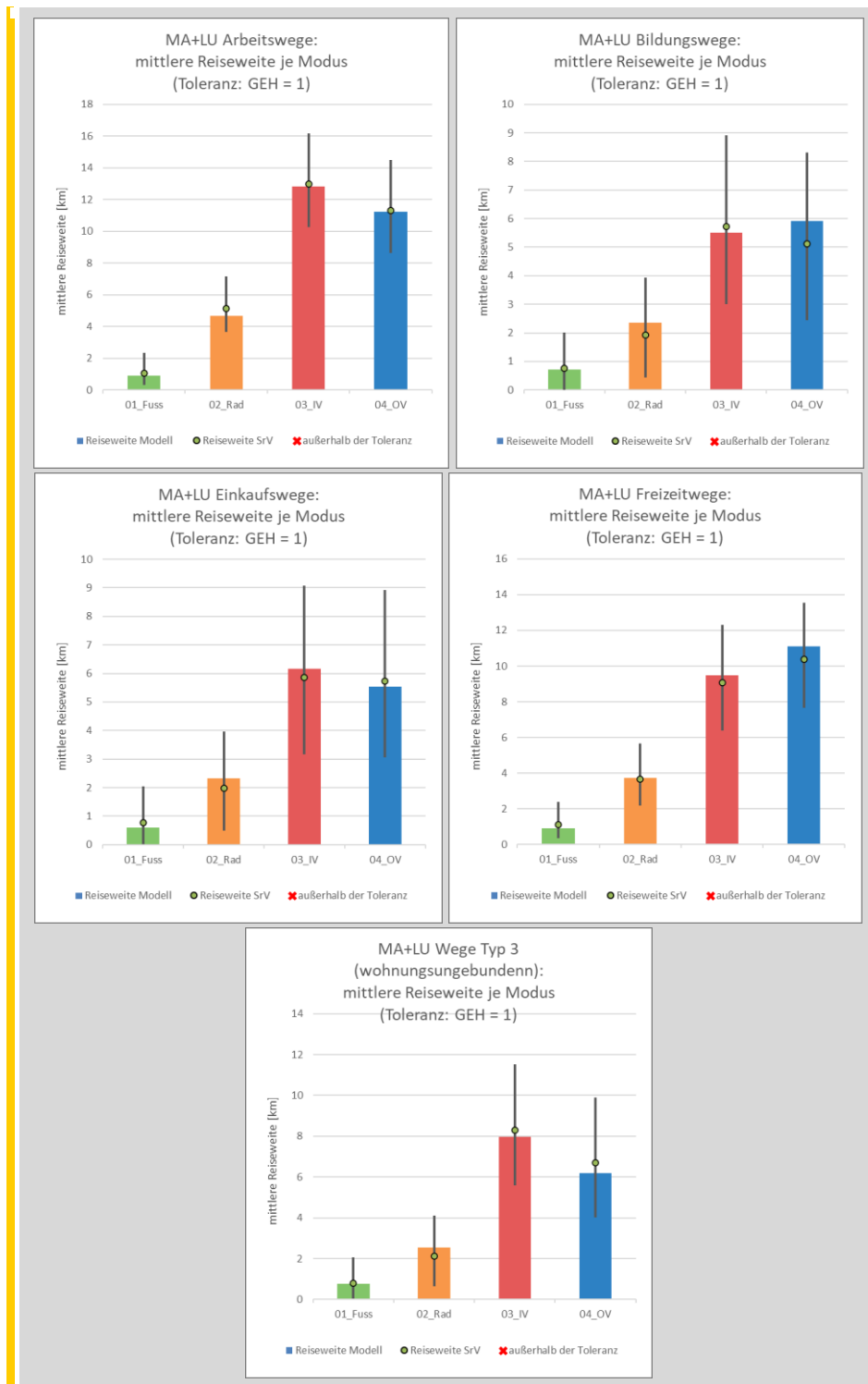


Abbildung 10.9: mittlere Reiseweiten nach Nachfragegruppen

Kalibrierung

10.3.5 Verteilungen

Die Verteilungen der Reisezeiten und Reiseweiten im Modell wurden auf Basis von SrV-Auswertungen geprüft. Dabei wurden die Wege aus den SrV Mannheim und Ludwigshafen mit den Wegen im Verkehrsmodell (jeweils Quell-, Ziel und Binnenverkehr bezogen auf das Planungsgebiet) gegenübergestellt.

Bei Vergleich der Verteilung der Reisezeiten (siehe Abbildung 10.10) ist zu beachten, dass das Modell im Nahbereich (bis 5 Minuten) aufgrund der Aggregation der Verkehrsbezirke keine hohe Genauigkeit erreichen kann. Hier spielen der Zellbinnenverkehr und die Modellierung der Anbindungen eine wesentliche Rolle. Mit zunehmender Reisezeit wird der Effekt der Anbindungen immer geringer.

Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass die Zeitangaben in der SrV-Erhebung von den Befragten geschätzt wurden und dabei markante Angaben (30, 45 oder 60 Minuten) dominieren. Das Verkehrsmodell liefert dagegen einen stetigen Verlauf.

Vor diesem Hintergrund können die Verteilungen im Modell und im SrV als ähnlich angesehen werden.

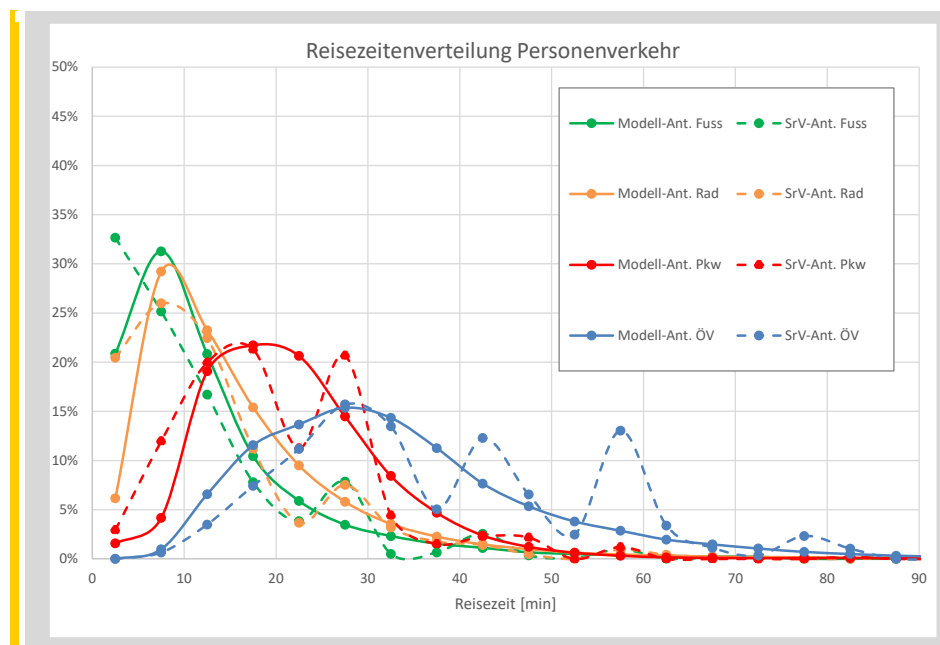


Abbildung 10.10: Reisezeitenverteilung

Bei der Verteilung der Reiseweiten gilt die etwas größere Ungenauigkeit im Nahbereich analog (siehe Abbildung 10.11). Im weiteren Verlauf sind die Unstetigkeiten bei den SrV-Daten erkennbar, jedoch etwas abgeschwächer als bei den Reisezeiten. Auch bei den Reisezeiten können die Verteilungen im Modell und im SrV als ähnlich angesehen werden.

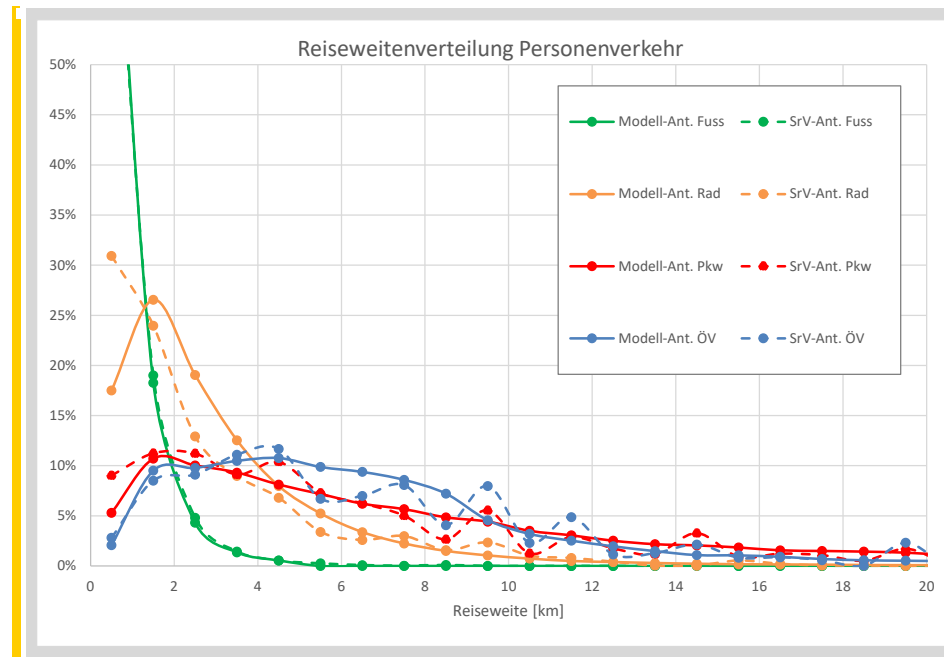


Abbildung 10.11: Reiseweitenverteilung

Aus den Verteilungsdaten lässt sich ein entfernungsabhängiger Modal Split ermitteln. In Abbildung 10.12 wurden die Modellergebnisse den SrV-Daten gegenübergestellt. In beiden Darstellungen ist erkennbar, dass im Nahbereich Fuß- und Radverkehr dominieren. Der radverkehr nimmt im Modell ab 7 km Reiseweite kontinuierlich ab. Im SrV gibt es bei größeren Reiseweiten noch Ausreiser (beim 16 km). Der ÖV hat seinen größten Anteil bei Reisezeiten zwischen 5 und 11 km. Der MIV-Anteil wächst mit zunehmender Reiseweite an. Damit kann auch der entfernungsabhängige Modal Split im Vergleich zwischen Modell und SrV als ähnlich angesehen werden.

Kalibrierung



Abbildung 10.12: entfernungsabhängiger Modal Split

10.3.6 Umlegungsergebnisse Kfz-Verkehr

Zur Auswertung der Umlegungsergebnisse im Kfz-Verkehr lagen sehr viele Zählzeiten aus unterschiedlichen Quellen und unterschiedlichen Erhebungsjahren vor (vgl. Abschnitt 10.2). Daher wurden vorrangig die wichtigsten Querschnitte in die Betrachtung einbezogen.

Zuerst wurden die Rheinquerungen betrachtet. Dabei wurden neun Querschnitte berücksichtigt (Rheinbrücken und die Fähre Altrip). Bei allen Querschnitten wurde ein GEH < 5 erreicht (siehe nachfolgendes Diagramm).

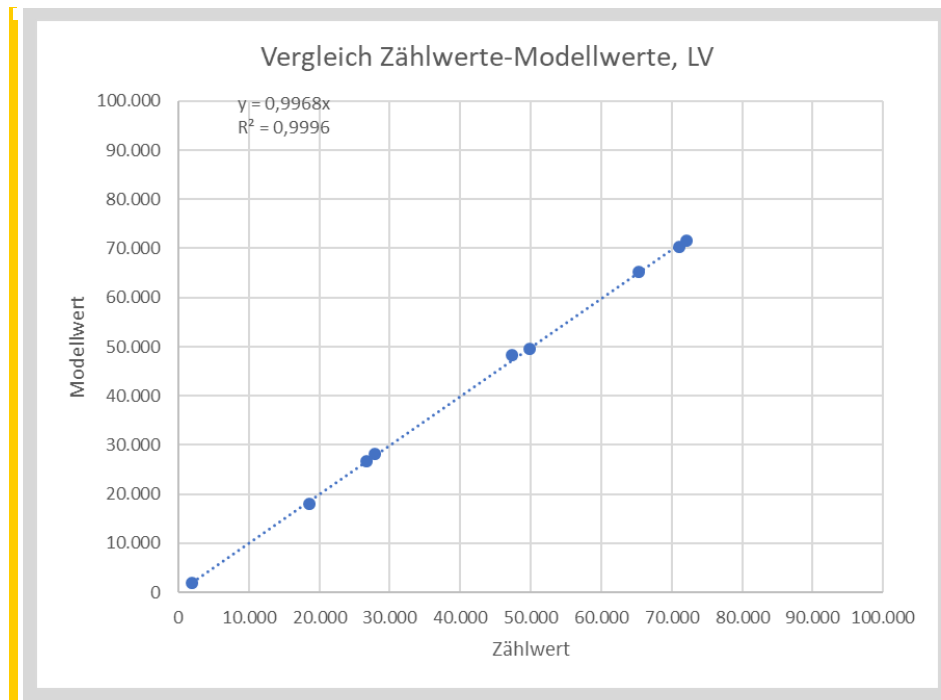


Abbildung 10.13: MIV: Abweichungsanalyse Rheinquerungen

Im nächsten Schritt wurden die Dauerzählstellen in Mannheim betrachtet. Dabei wurden die kompletten Zählzeiten des Jahres 2018 einbezogen. Der GEH ist für alle der neun berücksichtigten Querschnitte kleiner als 10 (siehe Abbildung 10.14).

Kalibrierung

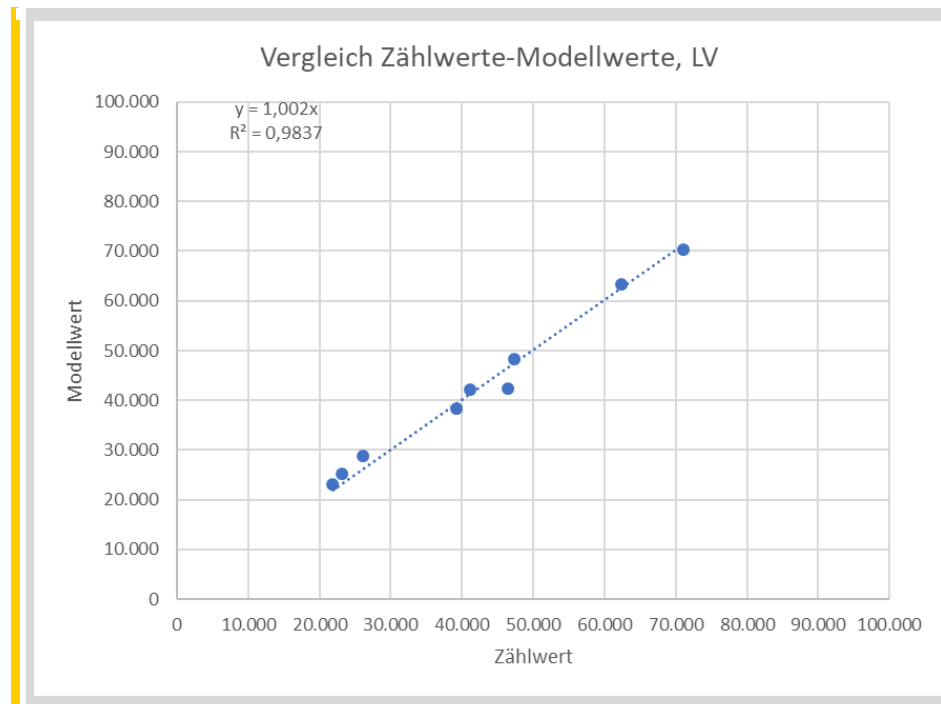


Abbildung 10.14: MIV: Abweichungsanalyse Dauerzählstellen Mannheim

Schließlich wurden die 36 wichtigsten Zufahrtstrecken nach Mannheim und Ludwigshafen betrachtet. Auch hier liegt der GEH für alle Zählstellen bei unter 10 (siehe Abbildung 10.15).

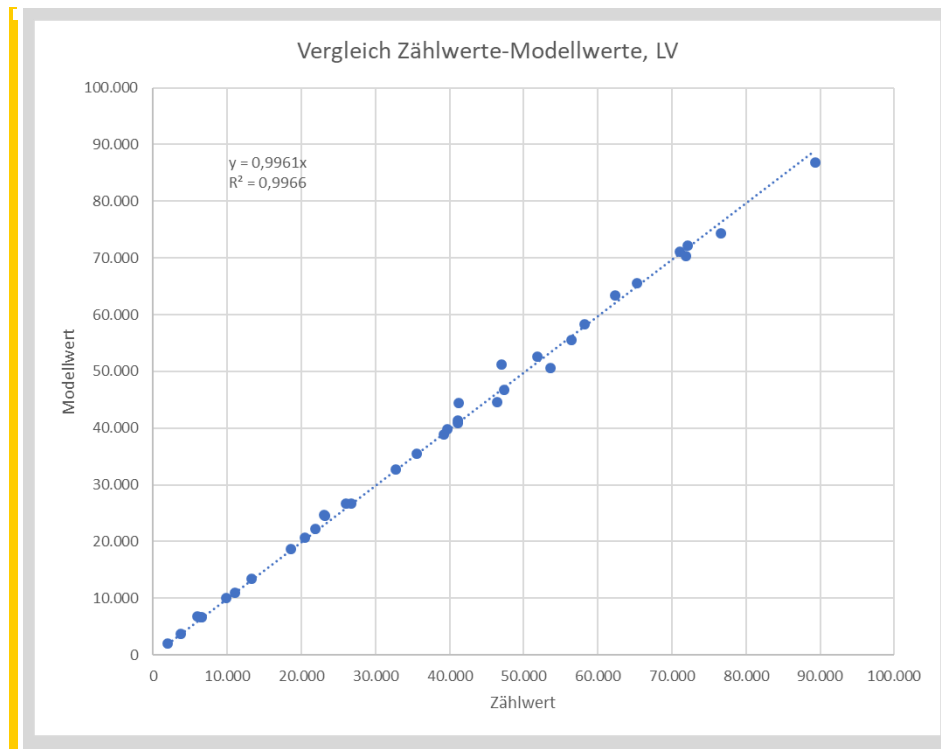


Abbildung 10.15: MIV: Abweichungsanalyse Zufahrtsstrecken

10.3.7 Umlegungsergebnisse ÖPNV

Für den ÖV liegen Zählzeiten der rnv Rhein-Neckar-Verkehr GmbH und des Verkehrsverbundes Rhein-Neckar (VRN) vor (vgl. Abschnitt 10.2). Hinsichtlich der Verkehrsstärke im ÖPNV wurde die Zahl der Ein- und Aussteiger an den Haltestellen, die Zahl der Linienbeförderungsfälle je Linie und die Verkehrsleistung geprüft. Darüber hinaus wurde die Umsteigehäufigkeit mit der Verkehrserhebung des VRN abgeglichen.

Für die Bewertung der Ein- und Aussteigerdaten wurden die 583 Haltestellen im Planungsgebiet berücksichtigt. Davon weisen knapp 85% einen GEH < 15 auf (siehe nachfolgende Tabelle und Abbildung 10.16).

Kalibrierung

Haltestellen	Planungs- gebiet		Mannheim		Ludwigshafen		Ring 1	
GEH < 15	495	84,9 %	306	84,5 %	154	83,7 %	35	94,6 %
GEH ≥ 15	88	15,1 %	56	15,5 %	30	16,3 %	2	5,4 %
Summe	583		362		184		37	

Tabelle 10.2: Abweichungsanalyse Ein- und Aussteiger

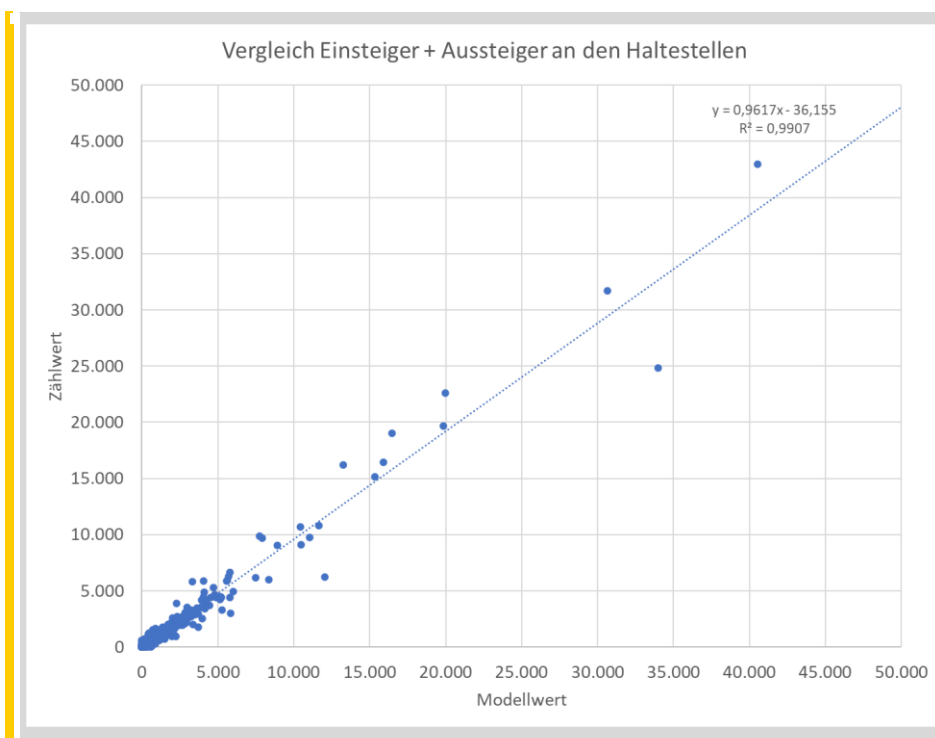


Abbildung 10.16: Abweichungen der Ein- und Aussteiger an Haltestellen

Bei den Auswertungen der Linienbeförderungsfälle und der Verkehrsleistung im ÖV ist zu berücksichtigen, dass es zwischen den vorliegenden Zählungen des rnv aus dem Jahr 2019 und dem im Analysemodell umgesetzten Fahrplanstand von 2019 Verbesserungen und Anpassungen im Busnetz gegeben hat. Dazu zählen:

- ▶ die Verlängerung der Linie 42 von Seckenheim nach Neuostheim
- ▶ die Verlängerung der Linie 45 von Neuostheim nach Waldhof

- ▶ die Verlängerung der Linie 46 in Seckenheim bis Sportanlagen
- ▶ Verstärkung der Linie 52 zu IKEA
- ▶ Verstärkung der Linie 75 zwischen Ludwigshafen HBF und Hochschule
- ▶ Verstärkung der Linie 84 und Reduktion der Linie 87

Sowie weitere kleinere Netzanpassungen. Zwei Linien (44 und 79) sind neu hinzugekommen. Die Änderungen haben Einfluss auf die Fahrgastnachfragen auch auf nicht betroffenen Linien. Sie bewirken eine höhere Nachfrage als bei den Zählungen 2017 beobachtet, wie in der nachfolgenden Tabelle erkennbar ist. Die Zahl der Linienbeförderungsfälle ist insbesondere beim Busverkehr Mannheim und in etwas geringerer Ausprägung beim Busverkehr Ludwigshafen erkennbar. Dies gilt sowohl im Vergleich zu den rnv- als auch zu den VRN-Daten. Im Straßenbahnverkehr liegt die Zahl der Linienbeförderungsfälle zwischen den Werten aus der rnv- und der VRN-Zählung.

Verkehrssystem	Linienbeförderungsfälle			Abweichung		
	rnv-Daten	Modell	VRN-Erhebung	absolut	relativ	relativ VRN
Bus MA	32.692	44.243	31.961	11.551	35,3 %	38,4 %
Bus LU	34.855	41.346	37.817	6.491	18,6 %	9,3 %
Tram MA/LU	233.737	245.102	247.495	11.365	4,9 %	-1,0 %
Tram OEV	77.758	85.427	94.751	7.669	9,9 %	-9,8 %
Summe	379.042	416.118	412.025	37.076	9,8 %	1,0 %

Tabelle 10.3: Vergleich Linienbeförderungsfälle

Beim Vergleich der Verkehrsleistungen kann nur auf die Daten des rnv zurückgegriffen werden, da bei den Daten der VRN-Erhebung keine Entfernungsangaben hinterlegt sind. Damit gibt es nur eine Vergleichsgröße, die aber ähnlichen Schwankungen unterliegt wie der Daten zu den Linienbeförderungsfällen.

Die Abweichung der Verkehrsleistung im Busbereich (vgl. Tabelle 10.4) liegt in der Größenordnung, die bereits bei den Linienbeförderungsfällen festgestellt wurde und ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die Änderungen im ÖPNV-Angebot zurück zu führen.

Kalibrierung

Verkehrssystem	Verkehrsleistung		Abweichung	
	rnv-Daten	Modell	absolut	relativ
Bus MA	91.688	133.454	41.766	46%
Bus LU	116.272	135.351	19.079	16%
Tram MA/LU	798.016	918.216	120.200	15%
Tram OEG	386.609	553.323	166.714	43%
Summe	1.392.585	1.740.344	347.759	25%

Tabelle 10.4: Vergleich Verkehrsleistung

Bei den beiden Betriebszweigen der Straßenbahn ergibt sich im Modell eine deutlich höhere Verkehrsleistung. Da sich diese Differenz von der Differenz der Linienbeförderungsfälle unterscheidet, lässt sich schließen, dass die mittleren Reiseweiten im Modell höher sind als sich aus den AFZS-Daten ableiten lässt. Dies steht jedoch im Widerspruch zu den Erkenntnissen hinsichtlich mittleren Reiseweiten gemäß SrV, bei denen die Modellwerte leicht unter den SrV-Werten liegen. Eine weitere Reduktion würde bedeuten, dass da die Toleranzbereiche nicht eingehalten werden können.

Da auch zwischen den rnv- und VRN-Erhebungsdaten hinsichtlich der Linienbeförderungsfälle ein Schwankungsbreite besteht, wird vermutet, dass die Abweichungen zu den VRN-Daten geringer ausfallen würde. Daher wird empfohlen, die berechneten Verkehrsleistungen als Basis für das Analysemodell zu verwenden.

Weiterhin wird die Umsteigehäufigkeit im Modell geprüft. Dazu stehen Vergleichsdaten aus der VRN-Erhebung zur Verfügung. Entsprechend der nachfolgenden Tabelle kann festgestellt werden, dass sich im Modell eine ähnliches Umsteigeverhalten ergibt wie in der VRN-Erhebung.

Umsteiger	Modell	VRN-Erhebung
Direktfahrer	58 %	59 %
1x-Umsteiger	34 %	30 %
2x-Umsteiger	7 %	8 %
≥3x-Umsteiger	1 %	2 %

Tabelle 10.5: Vergleich Umsteigeverhalten

10.4 Sensitivitätstests

Für die Modelltests wurden Modellberechnungen im Prognosemodus mit geänderten Eingangsgrößen durchgeführt. Folgende Testszenarien wurden berechnet:

- ▶ Erhöhung der MIV-Reisezeit um 10%
- ▶ Erhöhung der Rad-Reisezeit um 10%
- ▶ Preisreduktion im ÖV um 10 %

10.4.1 Erhöhung der MIV-Reisezeit um 10%

Die Erhöhung der MIV-Reisezeit wurde im kompletten Modell pauschal umgesetzt. Dazu wurde die Reisezeitmatrix des MIV um 10% erhöht.

Im Ergebnis reduziert sich die MIV-Nachfrage um ca. 5 Prozentpunkte, wobei der Rückgang in verdichteten Räumen geringer ausfällt als im weniger verdichteten Raum.

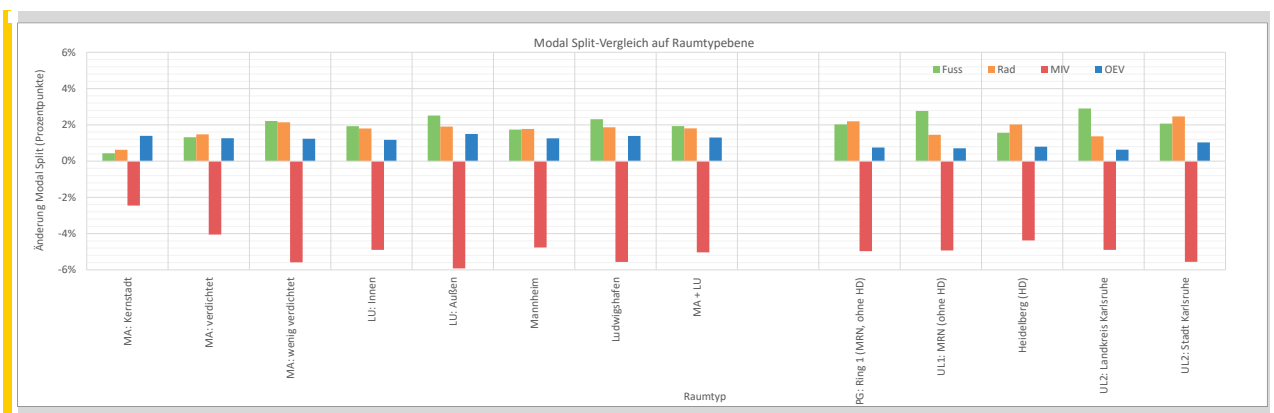


Abbildung 10.17: Sensitivitätstest 1 (MIV): Modal-Split-Änderungen

Kalibrierung

Verlagerungen erfolgen vorwiegend zum nichtmotorisierten Verkehr. Nachfolgend sind die Verlagerungen in absoluten Zahlen dargestellt.

Gebiet	Änderung der täglichen Wege			
	Fuß	Rad	MIV	ÖV
Mannheim	20.600	21.000	-56.600	14.900
Ludwigs-hafen	14.000	11.300	-33.700	8.400
Umland	226.900	183.400	-535.800	90.300

Tabelle 10.6: Sensitivitätstest 1 (MIV): Änderung der Nachfrage (Personen/Tag)

Bei der Verkehrsleistung sind gleichmäßige Verlagerungseffekte erkennbar. Die Verkehrsleistung beim MIV geht um ca. 10% zurück, die Verkehrsleistung der anderen Systeme steigt jeweils um ca. 10% an.

Verkehrssystem	Verkehrsleistung		Änderung	
	Basis	Sens-1	absolut	relativ
Fuss [Pkm]	1.986.648	2.214.960	228.312	10,3%
Rad [Pkm]	5.217.962	5.794.889	576.927	10,0%
PKW [Fzg-km]	51.197.333	46.791.292	-4.406.041	-9,4%
ÖV [Pkm]	7.771.667	8.584.644	812.977	9,5%

Tabelle 10.7: Sensitivitätstest 1 (MIV): Änderung der Verkehrsleistung

Die mit dem Modell berechneten Nachfrageänderungen erscheinen plausibel.

10.4.2 Erhöhung der Rad-Reisezeit um 10%

Die Erhöhung der Rad-Reisezeit wurde im kompletten Modell pauschal umgesetzt. Dazu wurde die Reisezeitmatrix des Radverkehrs um 10% erhöht.

Im Ergebnis reduziert sich die Rad-Nachfrage um ca. 3 Prozentpunkte, wobei der Rückgang in verdichteten Räumen deutlicher ausfällt als im weniger verdichteten Raum.

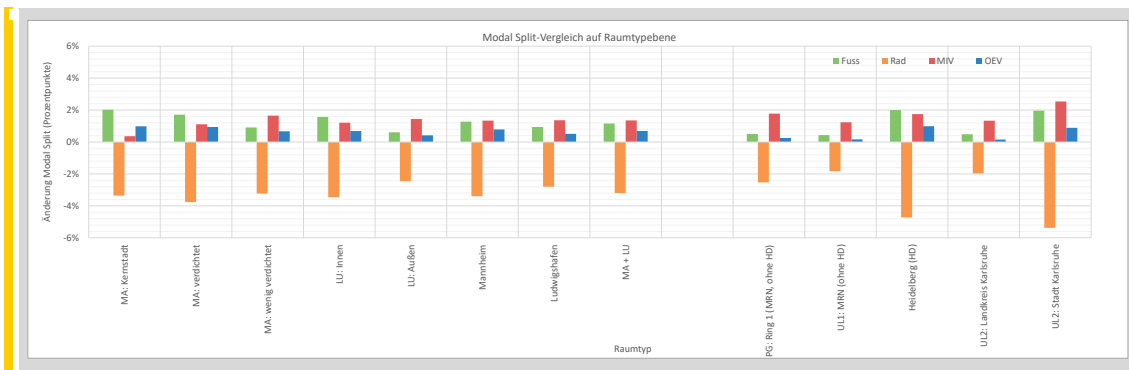


Abbildung 10.18: Sensitivitätstest 2 (Rad): Modal-Split-Änderungen

Verlagerungen erfolgen vorwiegend zum Fußverkehr (in den Innenstädten) und zum MIV (im Außenraum). Im gesamten Modellraum sind die Verlagerungen zum MIV dominant. Nachfolgend sind die Effekte in absoluten Zahlen dargestellt.

Gebiet	Änderung der täglichen Wege			
	Fuss	Rad	MIV	ÖV
Mannheim	15.000	-40.100	15.800	9.200
Ludwigshafen	5.600	-16.900	8.200	3.100
Umland	65.900	-285.200	158.700	40.100

Tabelle 10.8: Sensitivitätstest 2 (Rad): Änderung der Nachfrage (Personen/Tag)

Die Verkehrsleistung im Radverkehr geht deutlich zurück. Die Verlagerung erfolgt vorwiegend zum Pkw, wobei die relative Änderung hier gering ist. Ursache hierfür ist, dass überwiegend kurze Radwege verlagert werden, die sich in der Gesamtsumme der Pkw-Verkehrsleistung nur gering auswirken.

Verkehrssystem	Verkehrsleistung		Änderung	
	Basis	Sens-2	absolut	relativ
Fuss [Pkm]	1.986.648	2.064.447	77.799	3,8%
Rad [Pkm]	5.217.962	4.037.389	-1.180.573	-29,2%
PKW [Fzg-km]	51.197.333	52.142.782	945.449	1,8%
ÖV [Pkm]	7.771.667	8.033.617	261.950	3,3%

Tabelle 10.9: Sensitivitätstest 2 (Rad): Änderung der Verkehrsleistung

Die mit dem Modell berechneten Nachfrageänderungen erscheinen plausibel.

Kalibrierung

10.4.3 Reduktion der ÖV-Kosten um 10%

Die Reduktion der ÖV-Kosten wurde im kompletten Modell pauschal umgesetzt. Dazu wurde die Kostenmatrix des ÖV um 10% gesenkt.

Dies wirkt sich kaum auf die Nachfrage aus. Der ÖV-Anteil erhöht sich um 0,1-0,3 Prozentpunkte, in der Kernstadt Mannheim um 0,5 Prozentpunkte.

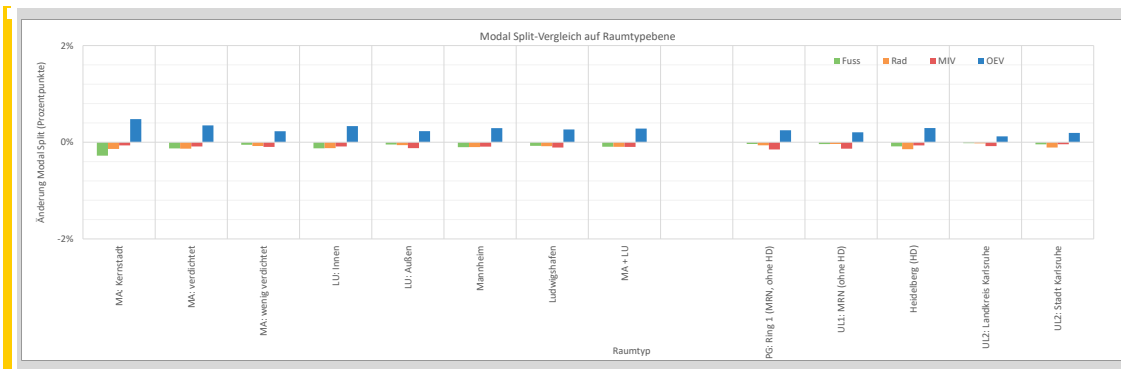


Abbildung 10.19: Sensitivitätstest 3 (ÖV): Modal-Split-Änderungen

Dies spiegelt wider, dass die Preiselastizität im ÖV nicht so hoch ist und erst bei größeren Preisänderungen reagiert. In der Bewertung werden andere Komponenten wie Reisezeit, Bedienungshäufigkeit oder Umsteigehäufigkeit als wichtiger angesehen. Nachfolgend sind die Effekte in absoluten Zahlen dargestellt.

Gebiet	Änderung der täglichen Wege			
	Fuss	Rad	MIV	ÖV
Mannheim	-1.200	-1.200	-1.100	3.500
Ludwigshafen	-400	-500	-700	1.600
Umland	-3.400	-6.400	-11.700	23.000

Tabelle 10.10: Sensitivitätstest 3 (ÖV): Änderung der Nachfrage (Personen/Tag)

Die Auswirkungen auf die Verkehrsleistung im ÖV sind höher als die Verlagerungseffekte. Daraus kann geschlossen werden, dass sich die Preisreduktion eher auf längere Reisen auswirkt und somit eine Erhöhung der Reiseweiten im ÖV bewirkt. Die Auswirkungen auf die anderen Verkehrsmittel sind eher gering.

Verkehrssystem	Verkehrsleistung		Änderung	
	Basis	Sens-3	absolut	relativ
Fuss [Pkm]	1.986.648	1.982.305	-4.343	-0,2%
Rad [Pkm]	5.217.962	5.196.688	-21.274	-0,4%
PKW [Fzg-km]	51.197.333	51.047.324	-150.010	-0,3%
ÖV [Pkm]	7.771.667	8.141.417	369.750	4,5%

Tabelle 10.11: Sensitivitätstest 3 (ÖV): Änderung der Verkehrsleistung

Die mit dem Modell berechneten Nachfrageänderungen erscheinen plausibel.

11 Verkehrsprognose 2035

11.1 Grundlagen

Die Verkehrsprognose 2035 stellt eine Basisprognose dar, die die wahrscheinlichsten Annahmen für das Prognosejahr enthält. Für die Prognose sind neben Maßnahmen im Straßennetz und im öffentlichen Personenverkehr auch die verkehrserzeugenden Strukturgrößen, insbesondere die Zahl der Einwohner, der Erwerbstätigen und der Arbeitsplätze, die wesentlichen Eingangsgrößen. Diese werden für die Städte Mannheim und Ludwigshafen sowie für das modellierte Umland als Grundlage der Modellrechnungen hinterlegt.

Zur Entwicklung der Einwohnerzahlen liegen Prognosen der Städte Mannheim und Ludwigshafen sowie der Länder Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Hessen vor. Diese wurden aufbereitet und den Verkehrszellen des Modells zugeordnet. Zur Zahl der Erwerbstätigen und zur Zahl der Arbeitsplätze sowie deren Verteilung im Gebiet der Städte fehlen entsprechende Prognosen. Deshalb wurden zu deren Entwicklung abgestimmte Annahmen auf Basis der Bevölkerungsentwicklung im erwerbsfähigen Alter getroffen.

Nachfolgend werden die Eingangsdaten, die getroffenen Annahmen und die Aufbereitung dieser Daten bis hin zur Implementierung in das Verkehrsmodell vorgestellt und erläutert.

11.2 Strukturdaten

Bevölkerungsentwicklung Mannheim

Für die beiden Städte liegen jeweils kleinräumige Bevölkerungsprognosen vor, die den Modellberechnungen zugrunde gelegt wurden.

Die räumliche Bezugsebene der kleinräumigen städtischen Prognose für Mannheim sind die Stadtteile. Diese Prognose enthält Angaben zur Zahl der Einwohner mit Hauptwohnsitz differenziert nach Altersklassen. Für die Modellberechnungen wurden die Einwohner mit Nebenwohnsitz hinzugerechnet. Dabei wird angenommen, dass die Zahl der Einwohner mit Nebenwohnsitz im Prognosezeitraum konstant bleibt.

Verkehrsprognose 2035

Insgesamt wird für das Jahr 2035 eine Bevölkerungszahl für Mannheim von 341.200 Personen erwartet. Im Vergleich zum Analysejahr (323.700 Einwohner) bedeutet das eine Zunahme der Einwohnerzahl um 5 %.

Personengruppe	Analyse 2019	Prognose 2035	Änderung
Kinder	18.800	21.500	14%
Schüler Grundschule	10.300	11.400	11%
Schüler weiterführende Schulen	20.500	22.400	9%
Auszubildende	5.800	5.900	2%
Studenten	23.200	23.600	2%
Erwerbstätige	155.700	171.700	10%
Nichterwerbstätige bis 64 Jahre	32.200	24.700	-23%
Rentner	57.400	60.000	5%
MA: Einwohner gesamt	323.900	341.200	5%

Tabelle 11.1: Einwohner Mannheim 2035 nach Personengruppen

Entsprechend der Altersklassenverteilung werden die Einwohnerdaten den verhaltenshomogenen Personengruppen zugeordnet (vgl. Tabelle 11.1). Die Erwerbstätigkeit wurde abhängig von der Einwohnerentwicklung, der demografischen Entwicklung und der Arbeitsplatzentwicklung unter Berücksichtigung von Pendlerbeziehungen fortgeschrieben. Die PKW- und ÖV-Zeitkartenverfügbarkeit wird gegenüber dem Analysejahr innerhalb der Personengruppen für den Prognosenullfall als konstant angenommen.

Für die räumliche Verteilung der Einwohner auf die Verkehrsbezirke innerhalb der Stadtteile wurden die geplanten Entwicklungsgebiete gemäß den Angaben der Stadt Mannheim berücksichtigt.

Die geplante Wohnbauentwicklung wurde in eine Einwohnerentwicklung der entsprechenden Verkehrsbezirke umgerechnet. Verbleibende Einwohnerentwicklungen im Stadtteil wurden auf die weiteren Verkehrsbezirke im

Verkehrsprognose 2035

Stadtteil verteilt, sodass die Summe des Stadtteiles der Bevölkerungsprognose entspricht. Da für einige Entwicklungsgebiete in Mannheim höhere Bevölkerungszuwächse angenommen werden als insgesamt für den zugehörigen Stadtteil in der kleinräumigen Prognose enthalten sind wurde der Ausgleich auf Ebene der Stadtbezirke durchgeführt. Für Stadtteile ohne spezifische Entwicklungsgebiete wurde eine gleichmäßige Entwicklung über alle Verkehrsbezirke angenommen. Insgesamt ergeben sich unterschiedliche Entwicklungen in den Verkehrsbezirken, wie in Abbildung 11.1 dargestellt.

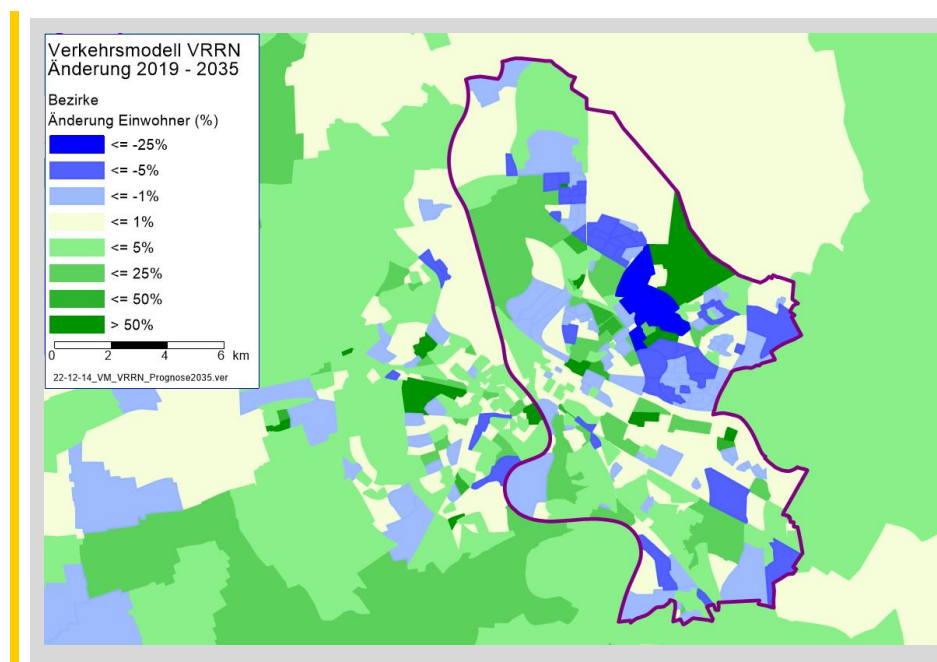


Abbildung 11.1: Änderung der Einwohnerzahlen nach Verkehrsbezirken in Mannheim

Bevölkerungsentwicklung Ludwigshafen

Für Ludwigshafen liegen die Daten der regionalen Bevölkerungsprognose Rheinland-Pfalz 2040 für das Jahr 2035 zugrunde. Diese Prognose enthält Angaben zur Zahl der Einwohner mit Hauptwohnsitz differenziert nach Altersklassen. Für die Modellberechnungen wurden die Einwohner mit Nebenwohnsitz hinzugerechnet. Dabei wird angenommen, dass die Zahl der Einwohner mit Nebenwohnsitz im Prognosezeitraum konstant bleibt.

Insgesamt wird für das Jahr 2035 eine Bevölkerungszahl für Ludwigshafen von 184.500 Personen erwartet. Im Vergleich zum Analysejahr (175.500 Einwohner) bedeutet das eine Zunahme der Einwohnerzahl um 5 %.

Verkehrsprognose 2035

Personengruppe	Analyse 2019	Prognose 2035	Änderung
Kinder	14.200	14.400	1%
Schüler Grundschule	6.700	7.600	13%
Schüler weiterführende Schulen	11.500	13.200	15%
Auszubildende	4.400	4.500	2%
Studenten	10.000	10.000	0%
Erwerbstätige	77.100	88.000	14%
Nichterwerbstätige bis 64 Jahre	19.200	13.000	-32%
Rentner	32.400	33.900	5%
LU: Einwohner gesamt	175.500	184.600	5%

Tabelle 11.2: Einwohner Ludwigshafen 2035 nach Personengruppen

Entsprechend der Altersklassenverteilung werden die Einwohnerdaten den verhaltenshomogenen Personengruppen zugeordnet (vgl. Tabelle 11.2). Die Erwerbstätigkeit wurde abhängig von der Einwohnerentwicklung, der demografischen Entwicklung und der Arbeitsplatzentwicklung unter Berücksichtigung von Pendlerbeziehungen fortgeschrieben. Die PKW- und ÖV-Zeitkartenverfügbarkeit wird gegenüber dem Analysejahr innerhalb der Personengruppen für den Prognosenullfall als konstant angenommen.

Für die räumliche Verteilung der Einwohner auf die Verkehrsbezirke innerhalb der Stadtteile wurden die geplanten Entwicklungsgebiete gemäß den Angaben der Stadt Ludwigshafen berücksichtigt.

Die geplante Wohnbauentwicklung wurde in eine Einwohnerentwicklung der entsprechenden Verkehrsbezirke umgerechnet. Verbleibende Einwohnerentwicklungen wurden auf die weiteren Verkehrsbezirke im Stadtgebiet verteilt, sodass die Summe der Stadt der Bevölkerungsprognose entspricht. Für Stadtteile ohne spezifische Entwicklungsgebiete wurde eine gleichmäßige Entwicklung über alle Verkehrsbezirke angenommen. Insgesamt ergeben sich unterschiedliche Entwicklungen in den Verkehrsbezirken, wie in Abbildung 11.2 dargestellt.

Verkehrsprognose 2035

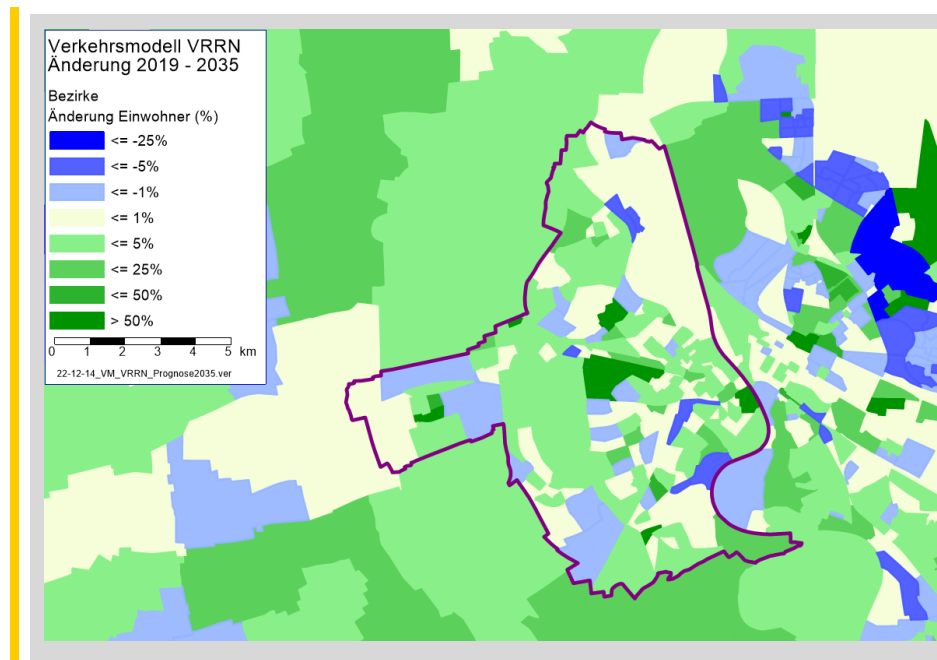


Abbildung 11.2: Änderung der Einwohnerzahlen nach Verkehrsbezirken in Ludwigshafen

Bevölkerungsentwicklung Umland und Untersuchungsgebiet gesamt

Grundlage für die Prognose-Einwohnerdaten für das Umland bilden die Bevölkerungsvorausberechnungen der Länder Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Hessen nach kreisfreien Städten und Kreisen, die in den aktuellen Varianten jeweils bis zum Jahr 2040 vorliegen. Daraus wurden die Werte für das Jahr 2035 übernommen und die Einwohnerdaten in den Verkehrsbezirken der Umlandgemeinden fortgeschrieben. Für das modellierte Umland ergibt sich ein Bevölkerungswachstum um knapp 2%.

Entsprechend der Altersklassenverteilung werden die Einwohnerdaten den verhaltenshomogenen Personengruppen zugeordnet (vgl. Tabelle 11.8). Die Erwerbstätigkeit wurde abhängig von der Einwohnerentwicklung, der demografischen Entwicklung und der Arbeitsplatzentwicklung unter Berücksichtigung von Pendlerbeziehungen fortgeschrieben. Die PKW- und ÖV-Zeitkartenverfügbarkeit wird gegenüber dem Analysejahr innerhalb der Personengruppen für den Prognosenußfall als konstant angenommen.

Verkehrsprognose 2035

Personengruppe	Analyse 2019	Prognose 2035	Änderung
Kinder	166.400	169.400	2%
Schüler Grundschule	96.700	102.700	6%
Schüler weiterführende Schulen	177.000	186.900	6%
Auszubildende	79.000	75.900	-4%
Studenten	109.100	104.300	-4%
Erwerbstätige	1.369.000	1.330.700	-3%
Nichterwerbstätige bis 64 Jahre	145.100	124.400	-14%
Rentner	544.600	641.200	18%
UL: Einwohner gesamt	2.686.900	2.735.500	2%

Tabelle 11.3: Einwohner Umland 2035 nach Personengruppen

Verkehrsprognose 2035

In der Summe ergibt sich die in Tabelle 11.4 dargestellte Bevölkerungsentwicklung für den gesamten Modellraum. Insgesamt steigt die Einwohnerzahl um reichlich 2%.

Personengruppe	Analyse 2019	Prognose 2035	Änderung
Kinder	199.400	205.300	3%
Schüler Grundschule	113.700	121.700	7%
Schüler weiterführende Schulen	209.000	222.500	6%
Auszubildende	89.200	86.300	-3%
Studenten	142.300	137.900	-3%
Erwerbstätige	1.601.800	1.590.400	-1%
Nichterwerbstätige bis 64 Jahre	196.500	162.100	-18%
Rentner	634.400	735.100	16%
Einwohner gesamt	3.186.300	3.261.300	2%

Tabelle 11.4: Einwohner Modellraum 2035 nach Personengruppen

Entwicklung der Arbeitsplätze

Konkrete Prognosen zur Entwicklung der Arbeitsplatzzahlen im Untersuchungsgebiet lagen nicht vor. In Abstimmung mit dem AG wurden die Arbeitsplatzzahlen deshalb anhand der Erwerbstätigenentwicklung und unter Berücksichtigung von Pendlerbeziehungen (Verhältnis von Erwerbstätigen und Arbeitsplätzen in den jeweiligen Städten bzw. Gemeinden) fortgeschrieben. Für Mannheim und Ludwigshafen wird davon ausgegangen, dass das Verhältnis von Erwerbstätigen und Arbeitsplätzen im Prognosezeitraum konstant bleibt. Dieser Ansatz wurde auch für die weiteren Kreise des Untersuchungsgebietes mit positivem Pendlersaldo (Heidelberg, Karlsruhe und Speyer) gewählt. Daraus ergibt sich für die restlichen Gemeinden ein Rückgang der Arbeitsplatzzahlen im Abgleich mit den Erwerbstätigenzahlen. Der demografische Wandel und der damit verbundene Rückgang der Erwerbstätigenpotentiale ließen sich auch durch längere Arbeitszeiten, höhere Erwerbsquoten und niedrige Arbeitslosigkeit nicht vollständig ausgleichen.

Verkehrsprognose 2035

Für die Städte Mannheim und Ludwigshafen wurden Angaben zu Entwicklungsgebieten u. a. mit Angaben zur Art der Nutzung einschließlich der geplanten Flächengröße. Daraus wurde die zukünftig zu erwartende Zahl an neuen Arbeitsplätzen abgeschätzt. Insgesamt ergibt sich für die Entwicklungsgebiete bis 2035 ein Potential von plus 1.600 Arbeitsplätzen für Mannheim und plus 4.600 Arbeitsplätzen für Ludwigshafen, auf den Gewerbeflächen. Über die Georeferenzierung der Gewerbeflächen konnten diese zusätzlichen Arbeitsplätze den Verkehrsbezirken zugeordnet werden (siehe auch Abbildung 11.3).

In der Summe ergibt sich die in Tabelle 11.5 dargestellte Entwicklung von Erwerbstätigenzahlen und Arbeitsplatzzahlen für das Untersuchungsgebiet.

Personengruppe	Mannheim	Ludwigshafen	Umland	gesamt
Analyse				
Erwerbstätige am Wohnort	161.400	81.500	1.448.000	1.690.900
Arbeitsplätze	242.500	126.000	1.368.300	1.736.800
Verhältnis APL zu EWT-WO	150%	155%	94%	103%
Prognose				
Erwerbstätige am Wohnort	177.600	92.500	1.406.600	1.676.700
Arbeitsplätze	266.800	143.000	1.313.100	1.722.900
Verhältnis APL zu EWT-WO	150%	155%	93%	103%

Tabelle 11.5: Erwerbstätige und Arbeitsplätze

Verkehrsprognose 2035

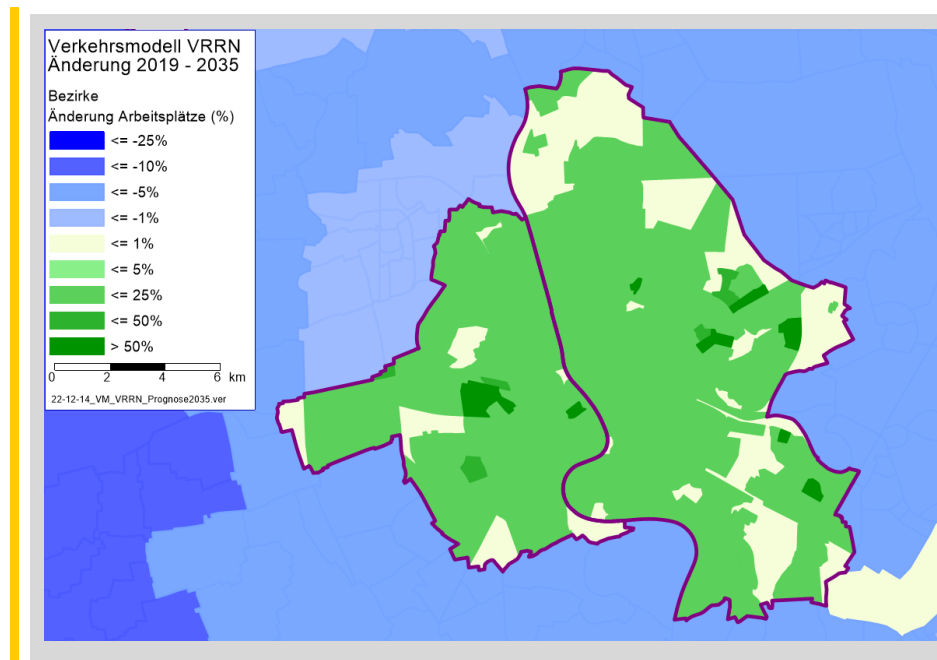


Abbildung 11.3: Änderung der Arbeitsplatzzahlen

Weitere Strukturdaten

Für die weiteren im Verkehrsmodell berücksichtigten Strukturgrößen wird davon ausgegangen, dass sie sich analog zur Bevölkerungsentwicklung verändern, sofern keine konkreten Planungen oder Konzepte vorliegen. Wenn sich in einer Stadt beispielsweise die Zahl der Kleinkinder erhöht, sie in den Nachbargemeinden aber zurückgeht, so wird davon ausgegangen, dass auch die Zahl der Kitaplätze angepasst wird (solange nicht genaueres bekannt ist). Sonst würden im Modell die Stadtkinder die Kita-Plätze in den Umlandgemeinden nutzen, was im Einzelfall vorkommen kann, in der Regel aber nicht der Fall ist.

Für Mannheim und Ludwigshafen gab es entsprechende Angaben u. a. zur Schulentwicklung oder zur Entwicklung von Einkaufsstandorten oder Freizeitangeboten. Für diese Fälle wurden die Strukturdaten ortskonkret fortgeschrieben. Darüber hinaus bleiben die weiteren Strukturdaten unverändert gegenüber der Analyse. Da sie als verkehrsanziehende Gewichte wirken, wird durch die Erhöhung der Einwohnerzahl als verkehrserzeugende Größe auch durch die vorhandenen Strukturgrößen mehr Verkehr angezogen.

11.3 Prognosemaßnahmen

Bestandteil der abgebildeten Prognosemaßnahmen sind alle Veränderungen und Planungen ausgehend von der Analyse 2019 bis heute sowie prognostizierte Maßnahmen bis 2035. Dabei liegt der Fokus auf denjenigen Maßnahmen welche bereits beschlossen sind. Visionen oder Maßnahmen ohne Beschluss, auch wenn diese realistisch zu erwarten sind, finden keine Berücksichtigung in der Prognose 2035. Das Prognosemodell stellt die Grundlage für zukünftige Planungen dar, auch wenn diese vor 2035 umgesetzt sein sollen, sofern diese noch beplant werden müssen.

11.3.1 Individualverkehr

Motorisierter Individualverkehr

Der motorisierte Individualverkehr im Bereich **Mannheim** beinhaltet folgende Änderungen:

- ▶ Umbau Knotenpunkt Wasserwerkstraße/Waldstraße/Bensheimer Straße gemäß Bebauungsplan Nr. 71.52 (Sackgassenregelung des MIV in Bensheimer Straße)
- ▶ Umbau Platz der Freundschaft von einem Kreisverkehr zu einem LSA-Knoten
- ▶ Erschließung der Konversionsfläche Columbus in Richtung B38
 - ▶▶ Keine Umsetzung des langfristig geplanten Vollanschlusses, sondern Rechtsrein-, Rechtsrausregelung an vorhandener Infrastruktur
- ▶ Lückenschluss L597
 - ▶▶ Neue Neckarbrücke bei Ladenburg
 - ▶▶ Inkl. Rückbau K4138 mit Verlegung vorhandener Buslinien 42 und 46
- ▶ Temporeduzierung der Feudenheimer Straße von 70 auf 50 auf Höhe Dudenstraße bis Neckarplatt

Der motorisierte Individualverkehr im Bereich **Ludwigshafen** beinhaltet folgende Änderungen:

- ▶ Sechsstreifiger Ausbau der A61 von Kreuz Frankenthal bis Rheinbrücke Speyer
- ▶ Öffnung der Bayreuther Straße für den MIV auf ungefährer Höhe der Rotkreuzstraße
- ▶ Ausbau Stadtteilverbindung Melm-Oggersheim

Verkehrsprognose 2035

- ▶▶ Tempoerhöhung von 30 auf 50
- ▶ Temporeduzierung der Hochstraße Süd von 70 auf 50 im Bereich von Pylonbrücke bis Konrad-Adenauer-Brücke
- ▶ Umsetzung Neubauvorhaben Helmut-Kohl-Allee als Ersatzneubau der Hochstraße Nord
- ▶▶ Niveaugleiche Stecke mit Tempo 50

Radverkehr

Der Radverkehr ist entsprechend den Modellvoraussetzungen zwar Bestandteil der modusfeinen Nachfrageberechnung im Modell. Allerdings ist die modellierte Detailtiefe geringer als im MIV und ÖV. Eine Radverkehrsumlegung inkl. Zusätzlich notwendiger Parameter sind aktuell nicht Bestandteil des Verkehrsmodells. In Folge dessen sind Nachfragesteigerungen durch Verbesserung der Radinfrastruktur im Modell nur bedingt abbildbar, da die Reisezeit als alleinige maßgebendes Bewertungskriterium einer Ortsveränderung dient. Bewertung von weiteren für den Radverkehr relevanten Einflussgrößen wie beispielsweise Streckenbelag oder empfundene Sicherheit beim Fahren wird nicht berücksichtigt.

Die Streckengeschwindigkeit des Radverkehrs (zzgl. Knotenwiderstände) ist i.d.R. mit 15 km/h modelliert. Neue Radfahrstrecken ohne Einfluss des MIV können dem Streckentyp „Radweg“ (20 km/h) oder „Radschnellweg“ (25 km/h) zugeordnet werden, wodurch eine Nachfrageänderung erzielt wird.

Folgende Radverkehrsmaßnahmen finden Berücksichtigung im Prognosehorizont:

- ▶ Vorzugstrasse Pendlerradweg Schifferstadt gemäß Machbarkeitsstudie Mai 2019
- ▶ Vorzugstrasse Pendlerradweg Worms gemäß Machbarkeitsstudie April 2021
- ▶ Radweg unter Hochstraße Süd
- ▶ Radweg Wollstraße
- ▶ Radweg Speyerer Straße
- ▶ Radweg Langgartenstraße
- ▶ Radbrücke Ludwigshafen Hauptbahnhof zwischen Ernst-Boehe-Straße und Richard-Dehmel-Straße

11.3.2 Öffentlicher Personenverkehr

Das Angebot des öffentlichen Personenverkehrs in der Prognose 2035 baut auf einem aktuellen Fahrplanimport von Mitte 2022 auf. Zusätzlich dazu sind folgende prognostische Maßnahmen berücksichtigt:

SPNV

- ▶ Neue Haltepunkte Schwetzingen-Hirschacker sowie Schwetzingen-Nordstadt inkl. P+R-Möglichkeit
- ▶ Ausbau Bahnhof Mannheim, Käfertal zum S-Bahn-Halt
- ▶ Neuer Haltepunkt Mannheim, Neuostheim auf Höhe L637
- ▶ Vorlaufbetrieb S8 Östliche Riedbahn bis Biblis mit 6 Fahrtenpaare pro Werktag
- ▶ Täglich stündlicher RE zwischen Karlsruhe – Heidelberg – Mannheim

ÖPNV – Ludwigshafen & Mannheim

- ▶ Taktverdichtung Stadtbahnlinie 4 im Abendverkehr auf einen 20'-Takt (Ludwigshafen, Oggersheim – Mannheim, Gartenstadt)
- ▶ Führung Linie 8 über Neubaustrecke Glücksteinallee
 - ▶▶ Fahrt morgens im Uhrzeigersinn
 - ▶▶ Fahrt nachmittags gegen den Uhrzeigersinn
- ▶ Neue Stadtbahn-Expresslinie 15
 - ▶▶ 20'-Takt in der HVZ von Rheingönheim, Endstelle bis Wallstadt Ost (& vereinzelt nach Heddesheim)
 - ▶▶ Bediente Haltestellen in Ludwigshafen:
 - Rheingönheim, Giuliani, Am Schwanen, Südwest-Stadion, Berliner Platz
 - ▶▶ Bediente Haltestellen in Mannheim:
 - Alle Haltestellen außer Konrad-Adenauer-Brücke und Universität
 - ▶▶ Beinhaltet Infrastrukturmaßnahme „Faktorkurve“ zwischen Bleichstraße und Konrad-Adenauer-Brücke
- ▶ Neue Stadtbahnlinie 12
 - ▶▶ 20'-Takt in HVZ zwischen Friesenheim Mitte und Rheingönheim
- ▶ Entfall Linie 6E (Mannheim, Kunsthalle und Mundenheim, Giuliani)
 - ▶▶ Angebot wird durch Linie 12 und 15 ersetzt
- ▶ Neue Stadtbahnlinie 16 im 20'-Takt zwischen FRANKLIN über Mannheim, Hauptbahnhof Süd - Neubaustrecke Glücksteinallee nach Rheinau, Karlsplatz

Verkehrsprognose 2035

- ▶ Veränderte Linienverlauf Linie 53 über die Wachenheimer Straße zur Bedienung des Wohngebietes Spinelli

Die folgenden Abbildungen verdeutlichen die Linienwege neuer Stadtbahnlinien sowie veränderte Linienführungen der Linie 8 sowie Buslinie 53.

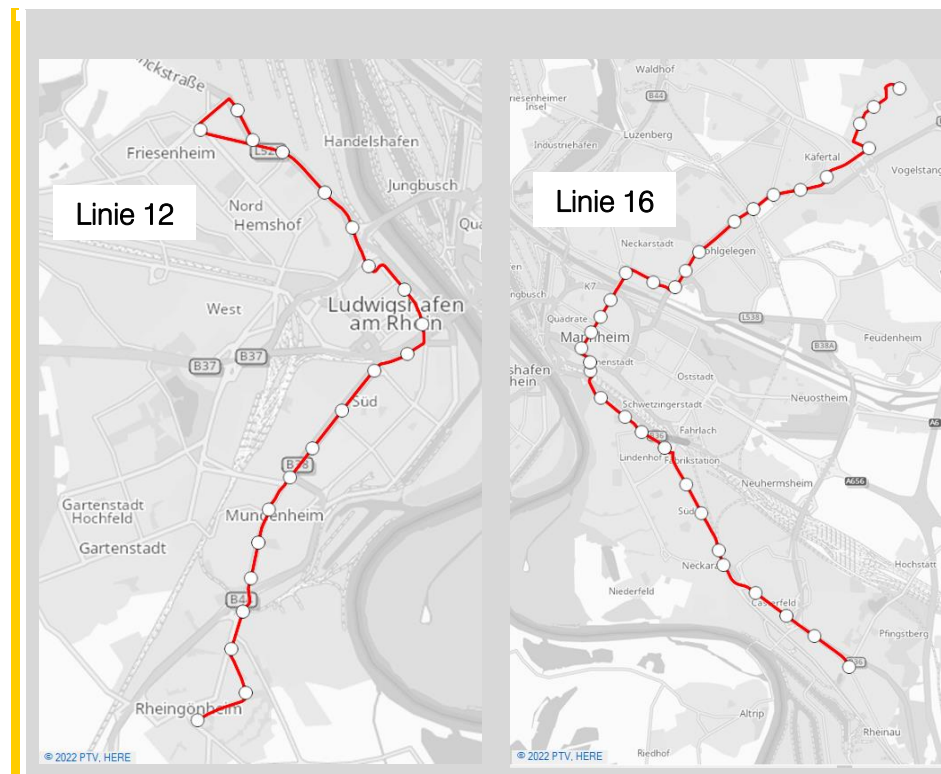


Abbildung 11.4: Stadtbahnlinie 12 und 16

Verkehrsprognose 2035

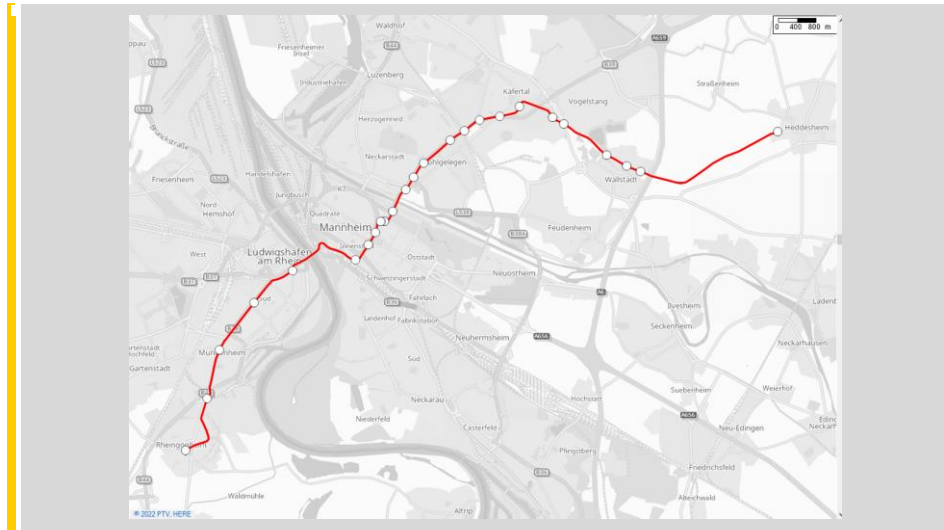


Abbildung 11.5: Stadtbahn-Expresslinie 15

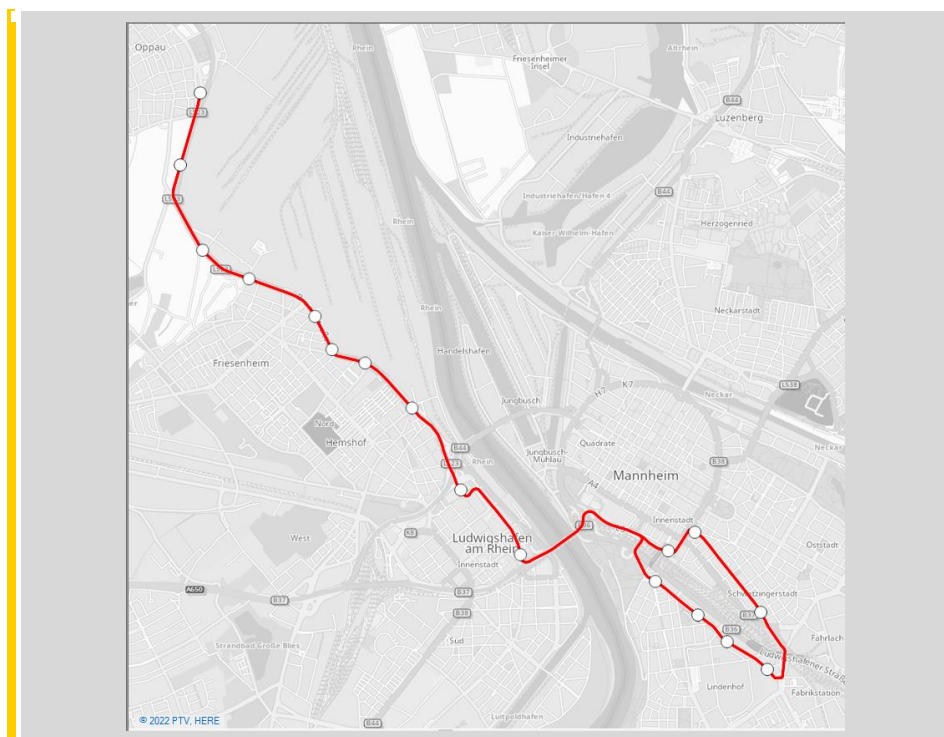


Abbildung 11.6: Neue Linienführung Stadtbahnlinie 8

Verkehrsprognose 2035

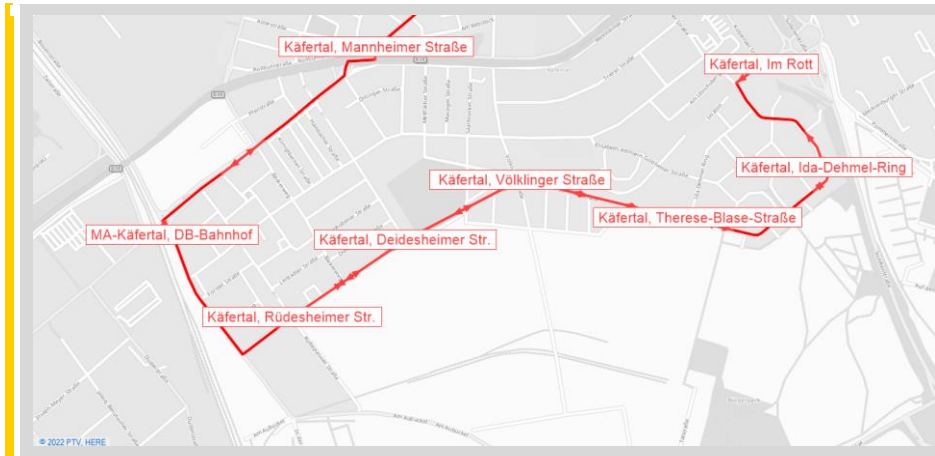


Abbildung 11.7: Neue Führung Linie 53

11.4 Wirtschaftsverkehr

Für die Prognoseberechnung im Wirtschaftsverkehr sind folgende Arbeitsschritte notwendig:

- ▶ Bereitstellung einer Makroprognose
- ▶ Bereitstellung der für das Wirtschaftsverkehrsmodell notwendigen Inputdaten
- ▶ Durchführung der Modellrechnung mit Einrechnung der Makroprognose
- ▶ Spezialfall Kläranlage

Makroprognose

Im Gegensatz zum Personenverkehrsmodell ist die Formulierung einer Makroprognose wesentlich, da es im Zeitverlauf die direkte Abhängigkeit allein von der Beschäftigtenzahl nicht gegeben ist und die Produktivität eine Rolle spielt. Diese Gegebenheiten werden in Deutschland in der Bundesprognose VP 2030 berücksichtigt. Die dort formulierten Entwicklungspfade wurden durch Auswertungen der Daten dieser Prognose für den Güterverkehr, wie den Personenwirtschaftsverkehr, in das Modell übernommen.

Verkehrsprognose 2035

Die Auswertung der Daten der Bundesprognose führt zu den Werten in Tabelle 11.6, die in der regionalen Zusammenfassung

- ▶ Mannheim und Ludwigshafen (Ma/LU)
- ▶ Sonstiges Modellgebiet (sonstiger Erzeugungsraum)

dargestellt und auch so angewandt wurde.

[DTVw ₅]	MA/LU<->MA/LU		
	2019	2035	Δ
PKW WV	55,513	54,451	-2%
Lieferwagen	15,906	17,296	9%
Schwerverkehr	6,103	6,680	9%
	MA/LU-sonstErzraum		
	2019	2035	Δ
PKW WV	49,478	47,857	-3%
Lieferwagen	11,253	12,451	11%
Schwerverkehr	6,693	7,408	11%
	sonstErzraum-sonstErzraum		
	2019	2035	Δ
PKW WV	371,173	386,916	4%
Lieferwagen	60,891	63,237	4%
Schwerverkehr	29,000	30,293	4%

Tabelle 11.6: Ergebnisse der Makroprognose

Eine detailliertere Auswertung bis hin zu Kreisen ist prinzipiell möglich für eine Makroprognose allerdings nicht angebracht. Die regional feineren Entwicklungen werden durch die Anwendung des Erzeugungsmodells beschrieben.

Verkehrsprognose 2035

Strukturdatenaufbereitung

Benötigt werden die Strukturdaten zu Bevölkerung und branchenspezifischer Beschäftigung. D.h. die Attribute

- ▶ WV_BEV Bevölkerung

und die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten

- ▶ WV_PR
- ▶ WV_BA
- ▶ WV_HA
- ▶ WV_VL
- ▶ WV_SO

Die Bevölkerungssumme entspricht dem Attribut der Bevölkerung aus dem Personenverkehrsmodell. Die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten wurden mit den Wachstumsraten der Arbeitsplätze aus dem Personenverkehrsmodell fortgeschrieben. Zu einem geringen Teil waren genauere Kenntnisse zum Beschäftigtenwachstum (z.B. Polizeipräsidium) vorhanden, wo das Wachstum manuell der jeweiligen Branchenkatgorie zugeordnet wurde.

Modellanwendung

Die Anwendung des Modells mit Einrechnung der Wirkungen durch die Anwendung von VSTROM und der Makroprognose sind in Tabelle 11.7 dargestellt. Die zum Teil deutlichen Unterschiede in der Größenordnung im Vergleich zur Makroprognose sind dem unterschiedlichen Fahrtenbegriff bedingt. Das hier implementierte Verkehrsmodell VRRN muss aufgrund der regionalen Feinheit, die Touren in Einzelfahrten auflösen, während das Modell der VP 2030 sich eher an Tourenzahlen orientiert.

Verkehrsprognose 2035

[DTV _{W5}]	MA/LU<->MA/LU		
	2019	2035	Δ
PKW WV	250,499	245,707	-2%
Lieferwagen	103,168	112,182	9%
Schwerverkehr	29,045	31,791	9%
	MA/LU-sonstErzraum		
	2019	2035	Δ
PKW WV	71,277	68,942	-3%
Lieferwagen	26,512	29,335	11%
Schwerverkehr	20,785	23,005	11%
	sonstErzraum-sonstErzraum		
	2019	2035	Δ
PKW WV	939,596	979,450	4%
Lieferwagen	305,156	316,912	4%
Schwerverkehr	104,538	109,201	4%

Tabelle 11.7: Endergebnisse der Modellanwendung im Vergleich

Spezialfall Kläranlage

Die auf das BASF-Werksgelände einfahrenden Lkw werden in der Kläranlage behandelt und fahren dann auf das Werksgelände ein. Rund 1000 Fahrzeuge am Tag jeweils in Hin- und Rückrichtung sind hier vorgesehen. Dies ist speziell im letzten Skript des Wirtschaftsverkehrs codiert.

Verkehrsprognose 2035

11.5 Ergebnisse

11.5.1 Verkehrsaufkommen

Für die Verkehrsprognose 2035 ergibt sich eine Erhöhung des **Heimatverkehrsaufkommens** der Einwohner in Mannheim um 5,8 %, in Ludwigshafen um 6,0 % und im gesamten Modellgebiet um 2,3 %.

Heimat- verkehr/Tag	2019	2035	Änderung	
Mannheim	1.123.300	1.188.200	64.900	5,8%
Ludwigshafen	584.300	619.500	35.200	6,0%
Ring 1	1.042.700	1.064.500	21.800	2,1%
Umland	7.962.100	8.090.300	128.200	1,6%
Modellgebiet	10.712.400	10.962.500	250.100	2,3%

Tabelle 11.8: Eckwerte der Verkehrserzeugung (Heimatverkehrsaufkommen, gerundet)

Der zusätzliche Verkehr entsteht jedoch nicht ausschließlich am Heimatstandort, sondern verteilt sich entsprechend der Strukturentwicklung im Raum. Insbesondere durch die Erhöhung der Arbeitsplätze in Mannheim und Ludwigshafen erhöht sich auch das Pendleraufkommen. Somit steigt das Gesamtverkehrsaufkommen in den Städten stärker als das Heimatverkehrsaufkommen (vgl. Tabelle 11.9).

Gesamt- verkehr/Tag	2019	2035	Änderung	
Mannheim	1.271.000	1.346.400	75.400	5,9%
Ludwigshafen	650.500	696.700	46.200	7,1%
Ring 1	967.300	985.800	18.500	1,9%
Umland	7.823.600	7.933.600	110.000	1,4%
Modellgebiet	10.712.400	10.962.500	250.100	2,3%

Tabelle 11.9: Eckwerte gesamtes Quellverkehrsaufkommen (gerundet)

Verkehrsprognose 2035

In der nachfolgenden Abbildung sind die durch die unterschiedlichen räumlichen Entwicklungen verursachten z. T. deutlichen Anstiege des Verkehrsaufkommens, aber auch die lokalen Rückgänge dargestellt.

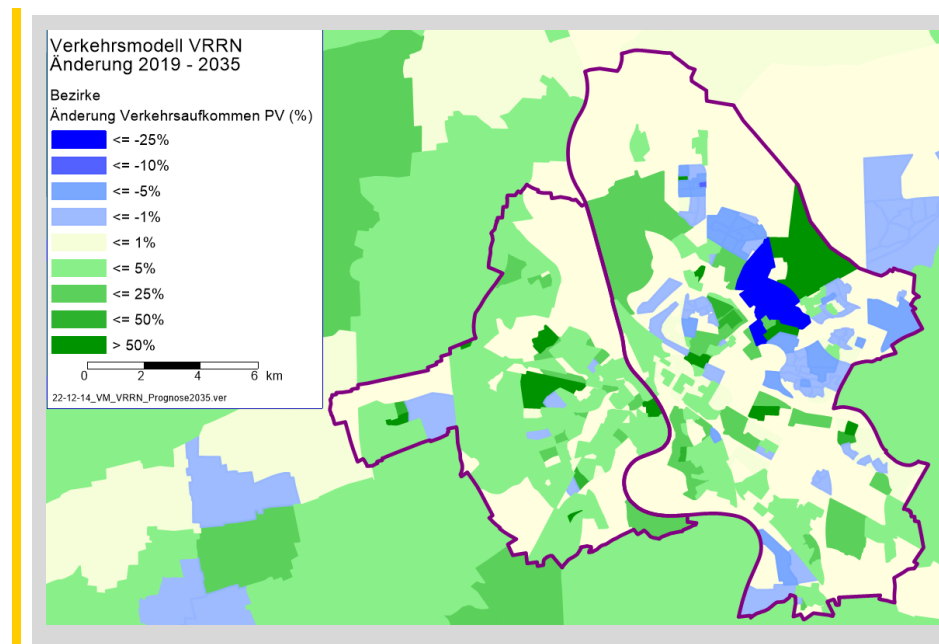


Abbildung 11.8: Änderung des Verkehrsaufkommens nach Verkehrsbezirken

Die Änderung der Verkehrsaufkommen findet bei den Modi unterschiedlich stark statt. In Mannheim steigen die Verkehrsaufkommen im ÖPNV und im Radverkehr überdurchschnittlich stark an, während der Anstieg im Pkw- und Fußverkehr unter dem Durchschnitt bleibt (vgl. Tabelle 11.10).

Verkehrsaufkommen/Tag	2019	2035	Änderung	
Fuß	330.400	342.100	11.700	3,5%
Rad	216.900	235.900	19.000	8,8%
MIV	530.300	549.800	19.500	3,7%
ÖV	193.400	218.600	25.200	13,0%
Mannheim	1.271.000	1.346.400	75.400	5,9%

Tabelle 11.10: Verkehrsaufkommen nach Modus in Mannheim (gerundet)

Verkehrsprognose 2035

Ein ähnliches Bild ergibt sich für Ludwigshafen, wobei hier der Anstieg im ÖPNV noch deutlicher ausfällt (siehe Tabelle 11.11).

Verkehrsaufkommen/Tag	2019	2035	Änderung	
Fuß	155.500	163.000	7.500	4,8%
Rad	93.100	101.100	8.000	8,6%
MIV	326.800	346.000	19.200	5,9%
ÖV	75.100	86.500	11.400	15,2%
Ludwigshafen	650.500	696.600	46.100	7,1%

Tabelle 11.11: Verkehrsaufkommen nach Modus in Ludwigshafen (gerundet)

Die Änderungen der **Pendleraufkommen** im Personenverkehr sind in den nachfolgenden Tabellen dargestellt. Hier sind zusätzlich die Pendlerverkehre aus dem erweiterten Umland einbezogen, die über die Kordonverkehrsbezirke in das Modell eingespeist werden (vgl. dazu Abschnitt 4.4).

Von / Nach	Mannheim	Ludwigshafen	Umland	Erweitertes Umland
Aufkommen Personenverkehr Analyse 2019 [Personen]				
Mannheim	989.600	58.000	223.400	32.200
Ludwigshafen	57.200	431.200	162.000	13.700
Umland	224.300	161.300	8.405.500	392.400
Erweitertes Umland	29.600	14.000	399.700	194.400
Aufkommen Personenverkehr Prognose 2035 [Personen]				
Mannheim	1.047.800	64.000	234.600	39.800
Ludwigshafen	63.200	462.500	171.000	17.000
Umland	235.400	170.200	8.513.900	455.300
Erweitertes Umland	36.800	16.700	459.700	253.000

Verkehrsprognose 2035

Von / Nach	Mannheim	Ludwigs- hafen	Umland	Erweitertes Umland
Änderungen absolut / prozentual				
Mannheim	58.200 (5,9%)	6.000 (10,3%)	11.200 (5%)	7.600 (23,6%)
Ludwigs- hafen	6.000 (10,5%)	31.300 (7,3%)	9.000 (5,6%)	3.300 (24,1%)
Umland	11.100 (4,9%)	8.900 (5,5%)	108.400 (1,3%)	62.900 (16%)
Erweitertes Umland	7.200 (24,3%)	2.700 (19,3%)	60.000 (15%)	58.600 (30,1%)

Tabelle 11.12: Änderung der Pendleraufkommen im Personenverkehr (gerundet)

Im Wirtschaftsverkehr ändern sich die Pendleraufkommen wie im vorherigen Abschnitt dargestellt (vgl. Tabelle 11.7). Hier sind die Pendlerverkehre im PKW-Wirtschaftsverkehr leicht rückläufig, während der LKW-Verkehr deutlich zunimmt.

11.5.2 Modal Split

Auf Basis der Veränderungen der Verkehrsaufkommen je Modus ergeben sich Änderungen im Modal Split. Während die ÖV- und Radverkehrsanteile bezogen auf das Wegeaufkommen in Mannheim leicht ansteigen, sind beim Fußverkehr und im MIV Rückgänge zu verzeichnen, wie in der nachfolgenden Tabelle dargestellt ist.

Modus	2019	2035	Änderung absolut / relativ	
Fuß	27,6%	27,0%	-0,6%	-2,0%
Rad	17,7%	18,2%	0,5%	2,8%
MIV	39,5%	38,6%	-0,9%	-2,3%
ÖV	15,3%	16,2%	1,0%	6,3%

Tabelle 11.13: Änderung des Modal Split in Mannheim

In Ludwigshafen sind ähnliche Änderungen zu verzeichnen, wobei die relative Änderung des ÖV-Anteils wegen des etwas geringeren Grundwertes deutlicher ausfällt.

Verkehrsprognose 2035

Modus	2019	2035	Änderung absolut / relativ	
Fuß	25,4%	25,0%	-0,4%	-1,6%
Rad	15,2%	15,5%	0,3%	1,7%
MIV	47,6%	46,7%	-0,9%	-1,8%
ÖV	11,8%	12,8%	1,0%	8,0%

Tabelle 11.14: Änderung des Modal Split in Ludwigshafen

Bei der Modal-Split-Entwicklung gibt es nur geringe räumliche Unterschiede, wie die nachfolgende Abbildung zeigt.

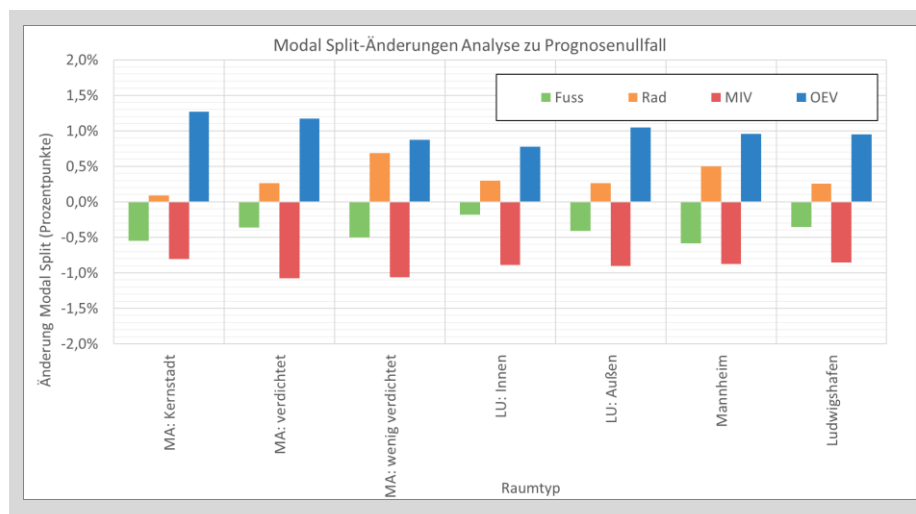


Abbildung 11.9: Änderung des Modal Split in Mannheim und Ludwigshafen

11.5.3 Umlegungsergebnisse

Im Ergebnis der MIV-Umlegung steigt die KFZ-Verkehrsleistung in Mannheim um 7,3%, in Ludwigshafen um 6,0% an. Im Umland steigt die Verkehrsleistung durch die Erhöhung der Pendlerzahl stärker an. Hierbei sind sowohl Personen- als auch Wirtschaftsverkehr berücksichtigt. Einen Überblick gibt die nachfolgende Tabelle.

Verkehrsprognose 2035

KFZ-Verkehrsleistung [Kfz-km]	2018	2030	Änderung	
Mannheim	6.884.200	7.387.400	503.200	7,3%
Ludwigshafen	3.650.200	3.869.700	219.500	6,0%
Ring 1	35.070.900	38.667.400	3.596.500	10,3%
Umland	38.259.700	42.572.000	4.312.300	11,3%
Modellgebiet	83.865.000	92.496.500	8.631.500	10,3%

Tabelle 11.15: Entwicklung der KFZ-Verkehrsleistung (gerundet)

Im Umlegungsbild werden die räumlichen Auswirkungen der Veränderungen sichtbar. Deutlich zu erkennen sind die Verlagerungseffekte einiger in Abschnitt 11.3 beschriebenen Infrastrukturmaßnahmen, insbesondere die Neckarbrücke bei Ladenburg und der Lückenschluss Bayreuther Straße in Ludwigshafen. Darüber hinaus sind Zunahmen auf den übergeordneten Strecken (A 61, A 6) zu erkennen.

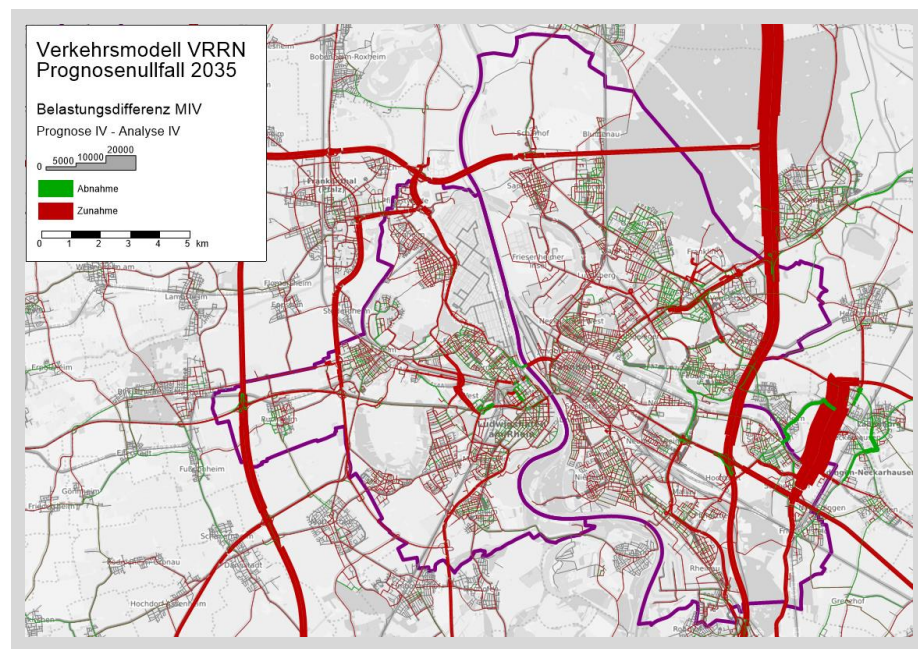


Abbildung 11.10: Umlegungsdifferenz im KFZ-Verkehr

Verkehrsprognose 2035

Im ÖV wird ein starker Anstieg der Verkehrsleistung prognostiziert, der durch den Ausbau des ÖPNV-Netzes, aber auch durch das verbesserte Angebot im SPNV verursacht wird. Einen Überblick gibt die nachfolgende Tabelle.

ÖV-Verkehrsleistung [Pkm]	2018	2030	Änderung	
Mannheim	2.314.500	2.671.500	357.000	15,4%
Ludwigshafen	817.400	918.500	101.100	12,4%
Ring 1	5.453.000	6.067.000	614.000	11,3%
Umland	6.051.000	6.772.400	721.400	11,9%
Modellgebiet	14.635.900	16.429.400	1.793.500	12,3%

Tabelle 11.16: Entwicklung der ÖV-Verkehrsleistung (gerundet)

Die Erhöhung im Pendlerverkehr ist auch im Umlegungsbild deutlich zu erkennen, insbesondere in Richtung Heidelberg und Frankfurt, aber auch nach Weinheim. Auch die Wirkungen der Straßenbahnlinie 16 nach Franklin ist deutlich erkennbar. Auch im Bereich der Innenstädte und auf der Konrad-Adenauer-Brücke erhöht sich die Nachfrage im ÖV.

Verkehrsprognose 2035

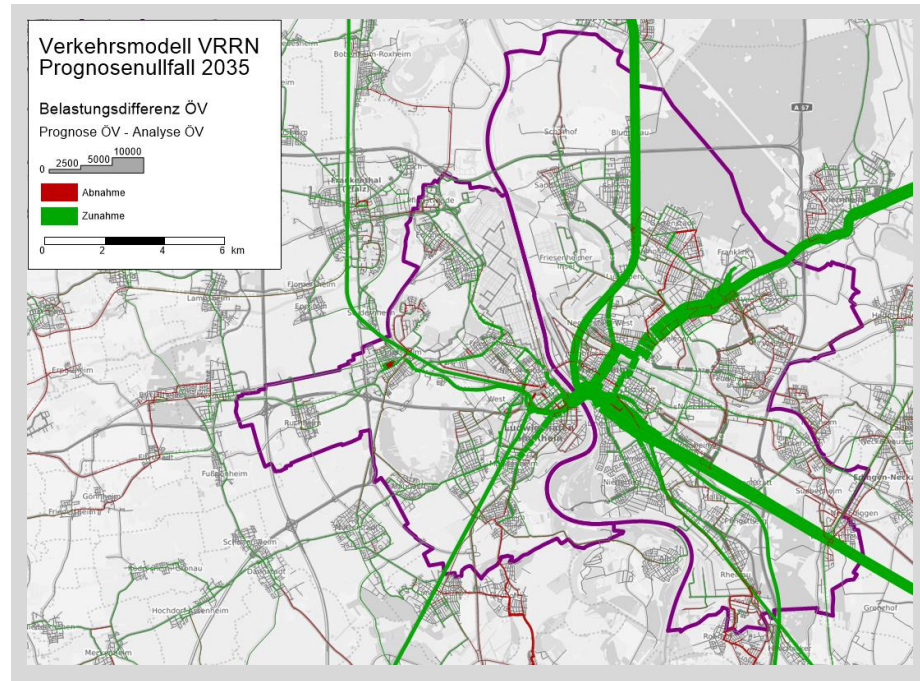


Abbildung 11.11: Umlegungsdivergenz im ÖPNV

Modellberechnung: Verfahrensablauf

12 Modellberechnung: Verfahrensablauf

12.1 Überblick

Die Berechnung der Nachfrage in VISUM wird über den Verfahrensablauf vorgegeben. Dieser ist in 16 Gruppen (Analysemodell) bzw. 15 Gruppen (Prognosemodell) unterteilt, die nachfolgend näher erläutert werden.

Die ersten vier Gruppen (A bis B.3) dienen der Vorbereitung der Nachfrageberechnung. Die Gruppen C.1 und C.2 enthalten das Wirtschaftsverkehrsmodell. Dies muss nicht in jedem Planfall neu berechnet werden, es kann optional dazu geschaltet werden, wenn erforderlich. Sie werden in Abschnitt 12.3 beschrieben. Die Gruppen D bis F dienen der vollständigen Berechnung des Personenverkehrsmodells.

Die Gruppen X1 und X2 sind nicht Bestandteil eines regulären Modelldurchlaufs. Sie sind nur bei Bedarf auszuführen. Die Gruppe X1 „SD_VBZ-Modell“ existiert nur im Analysemodell und dient der Aktualisierung von Strukturdaten im Nachfragemodell (Beschreibung in Abschnitt 12.5, vgl. auch Abschnitt 5.3.2). Die Gruppen X2.1 bis X2.3 dienen der Berechnung der Spitzenstundenmatrizen.

Anzahl: 213	sführt	Aktiv	Verfahren	Bezugsobjekt(e)
1		☒	Gruppe A: Vorbereitung ...	... 2 - 3
4		☒	Gruppe B.1: Initial Kenngrößen Fuss+Rad ...	... 5 - 23
24		☒	Gruppe B.2: Initial Kenngrößen MIV ...	... 25 - 38
39		☒	Gruppe B.3: Kenngrößen ÖV ...	... 40 - 64
65		☒	Gruppe C.1: WIRTSCHAFTSVERKEHRSMODELL ...	... 66 - 70
71		☒	Gruppe C.2: LOOP ÜBER NACHFRAGESCHICHTEN ...	... 72 - 80
81		☒	Gruppe D.1: Nachfrage Erzeugung ...	... 82 - 88
89		☒	Gruppe D.2: Nachfrage Ver- und Aufteilung ...	... 90 - 91
92		☒	Gruppe D.3: Nachfrage ModusMatrizen ...	... 93 - 103
104		☒	Gruppe E.1: Umlegung MIV ...	... 105 - 116
117		☒	Gruppe E.2: Rücksprung ...	... 118 - 119
120		☒	Gruppe F: Nachbereitung ...	... 121 - 123
124		☐	Gruppe X1: SD_VBZ_Modell ...	... 125 - 166
167		☐	Gruppe X2.1: Spitzenstunden Basis ...	... 168 - 177
178		☐	Gruppe X2.2: Spitzenstunden Korrektur MALU ...	... 179 - 188
189		☐	Gruppe X2.3: Spitzenstunden WV und ext ...	... 190 - 213

Abbildung 12.1: Übersicht Verfahrensablauf

Zur Verkürzung der Rechenzeit eines vollständigen Durchlaufs des Verkehrsmodells kann es von Vorteil sein, einzelne Verfahrensschritte nicht auszuführen. Hinweise dazu enthalten die folgenden Abschnitte.

Modellberechnung: Verfahrensablauf

12.2 Vorbereitung der Nachfrageberechnung

Zur Berechnung der Verkehrsnachfrage im Wirtschafts- und Personenverkehr werden in den Gruppen A bis B.3 die Kenngrößen der Modi berechnet. Es ist möglich einzelne Gruppen nicht neu zu berechnen, bspw. die Kenngrößen für Fuß- und Radverkehr. In der Regel sollten diese Gruppen jedoch vollständig berechnet werden und nicht nur einzelne Verfahrensschritte innerhalb einer Gruppe.

Gruppe A: Vorbereitung (Initialisierung von Berechnungen und Filtern)

Die folgende Grafik zeigt den Verfahrensablauf in Gruppe A.

Anzahl: 213	sführt	Aktiv	Verfahren	Bezugsobjekt(e)	Kommentar
1		☒	Gruppe A: Vorbereitung	2 - 3	A: Vorbereitung
2		☒	Init Umlegung	...	1_alle Umlegungen initialisieren
3		☒	Alle Filter initialisieren	...	2_alle Filter initialisieren

Abbildung 12.2: Verfahrensablauf – Gruppe A

Diese Arbeitsschritte dienen der Vorbereitung der Nachfrageberechnung des Personenverkehrsmodells. Die Umlegungen und alle Filter werden initialisiert. Somit wird sichergestellt, dass die Ausgangssituation, ein unbelastetes Streckennetz, für alle Umlegungen identisch ist und keine Filter Verfahrensabbrüche oder unvollständige Berechnungen hervorrufen.

Es wird empfohlen bei allen Neuberechnungen stets die Filter zu initialisieren und bei der Berechnung von Kenngrößen sowie bei Umlegungen diese zu initialisieren.

Modellberechnung: Verfahrensablauf

Gruppe B.1: Initiale Kenngrößen Fuß + Rad

Die folgende Grafik zeigt den Verfahrensablauf in Gruppe B.1.

		Gruppe B.1: Initial Kenngrößen Fuss+Rad	5 - 23	B.1: Initial Kenngrößen Fuss+Rad
4	☒	Gruppe B.1: Initial Kenngrößen Fuss+Rad	...	1_Fuss 1er Matrix damit Bel für KGM vorhanden ist
5	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	... Matrix(1) := Matrix([NR] = 30 ...	2_Basisumlegung
6	☒	IV-Umlegung	... 01_Fuss Fuss	3_Anbindungsänge für Fuss setzen
7	☒	Attribut ändern	... Anbindungen - Länge	4_Fuss-Kenngrößen mit Hauptdiagonale
8	☒	IV-Kenngrößenmatrix berechnen	... 01_Fuss Fuss	5_T0_HD mit Bezirksattribut besetzen
9	☒	Set Matrix Diagonal	...	6_RW_HD mit Bezirksattribut besetzen
10	☒	Set Matrix Diagonal	...	7_symmetrisieren tt0
11	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	... Matrix(50) := Symmetrize(Mal ...	8_symmetrisieren ds
12	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	... Matrix(51) := Symmetrize(Mal ...	9_Fuss Wege-Matrix zurück auf 0
13	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	... Matrix(1) := 0	10_Rad 1er Matrix damit Bel für KGM vorhanden ist
14	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	... Matrix(2) := Matrix([NR] = 30 ...	11_IV-Umlegung initialisieren
15	☒	Int Umlegung	...	12_Basisumlegung
16	☒	IV-Umlegung	... 02_Rad Rad	13_Anbindungsänge für Rad setzen
17	☒	Attribut ändern	... Anbindungen - Länge	14_Rad-Kenngrößen mit Hauptdiagonale
18	☒	IV-Kenngrößenmatrix berechnen	... 02_Rad Rad	15_T0_HD mit Bezirksattribut besetzen
19	☒	Set Matrix Diagonal	...	16_RW_HD mit Bezirksattribut besetzen
20	☒	Set Matrix Diagonal	...	17_symmetrisieren tt0
21	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	... Matrix(52) := Symmetrize(Mal ...	18_symmetrisieren ds
22	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	... Matrix(53) := Symmetrize(Mal ...	19_Rad Wege-Matrix zurück auf 0
23	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	... Matrix(2) := 0	

Abbildung 12.3: Verfahrensablauf – Gruppe B.1

Hier werden die Kenngrößen für den Fußverkehr und den Radverkehr berechnet. Die Matrizen werden symmetrisiert und mit dem jeweiligen Diagonalwert belegt. Für die der Kenngrößenberechnung zugrunde liegende Umlegung wird eine 1er-Matrix verwendet, um die Kenngrößen für den Bestweg zu ermitteln.

Diese Gruppe des Verfahrensablaufes ist immer dann notwendig, wenn sich das modellierte Angebot des Verkehrsmodells für den Fuß- oder Radverkehr ändert. Dies betrifft neue bzw. geänderte Strecken, Abbieger oder Anbindungen. Ebenfalls notwendig wird eine Neuberechnung, falls zusätzliche Bezirke im Verkehrsmodell eingefügt oder bestehende weiter aufgeteilt werden.

Modellberechnung: Verfahrensablauf

Gruppe B.2: Initiale Kenngrößen MIV

Die folgende Grafik zeigt den Verfahrensablauf in Gruppe B.2.

24	☒	Gruppe B.2: Initial Kenngrößen MIV	...	25 - 38	B.2: Initial Kenngrößen MIV
25	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	...	Matrix(5) := Matrix([NR] = 30 ...	1_MIV 1er Matrix damit Bel für KGM vorhanden ist
26	☒	IV-Umlegung	...	05_Plov-privat MIV (Kfz)	2_Umlegung des MIV
27	☒	Attribut ändern	...	Anbindungen - Länge	3_Anbindungsänge für MIV setzen
28	☒	IV-Kenngrößenmatrix berechnen	...	05_Plov-privat MIV (Kfz)	4_MIV-Kenngrößen mit Hauptdiagonale
29	☒	Set Matrix Diagonal	...		5_T0_HD mit Bezirksattribut besetzen
30	☒	Set Matrix Diagonal	...		6_TC_HD mit Bezirksattribut besetzen
31	☒	Set Matrix Diagonal	...		7_RW_HD mit Bezirksattribut besetzen
32	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	...	Matrix(60) := Symmetrize(Mal ...	8_symmetrisieren tt0
33	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	...	Matrix(61) := Symmetrize(Mal ...	9_symmetrisieren ttc
34	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	...	Matrix(62) := Symmetrize(Mal ...	10_symmetrisieren dis
35	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	...	Matrix(63) := Matrix(62)*0.30 ...	11_Kosten berechnen km*€prokm
36	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	...	Matrix(65) := Matrix(61)	12_Reisezeit für Rückkopplung speichern
37	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	...	Matrix(5) := 0	13_MIV Wege-Matrix zurück auf 0
38	☒	Init Umlegung	...		14_IV-Umlegung initialisieren

Abbildung 12.4: Verfahrensablauf – Gruppe B.2

Hier werden die Kenngrößen für den MIV berechnet. Die Matrizen werden symmetrisiert und mit dem jeweiligen Diagonalwert belegt. Für die der Kenngrößenberechnung zugrunde liegende Umlegung wird eine 1er-Matrix verwendet, um die Startkenngrößen zu ermitteln. Für den MIV stellt dies die Startlösung der Kenngrößen dar, bevor mit der iterativen Nachfrageberechnung begonnen wird.

Die Berechnung der initialen MIV-Kenngrößen ist immer dann notwendig, wenn sich das modellierte Angebot des Verkehrsmodells für den MIV ändert. Dies betrifft neue bzw. geänderte Strecken, Abbieger oder Anbindungen. Ebenfalls notwendig wird eine Neuberechnung, falls zusätzliche Bezirke im Verkehrsmodell eingefügt oder bestehende aufgeteilt weiter aufgeteilt werden.

Wird die Berechnung der initialen MIV-Kenngrößen nicht durchgeführt, baut die Nachfragerechnung auf den Ergebnissen der vorherigen Berechnung auf. Dies kann bewirken, dass geringfügig andere Ergebnisse herauskommen. Daher wird empfohlen, diese Gruppe bei einer Neuberechnung der Nachfrage immer auszuführen.

Modellberechnung: Verfahrensablauf

Gruppe B.3: Kenngrößen ÖV

Die folgende Grafik zeigt den Verfahrensablauf in Gruppe B.3.

39	☒	Gruppe B.3: Kenngrößen ÖV	40 - 64	B.3: Kenngrößen ÖV
40	☒	ÖV-betriebliche Kennzahlen	...	1_ÖV-betriebliche Kennzahlen berechnen
41	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(4) := 100	2_Identische Nachfrage, ausreichend für alle Route
42	☒	Attribut ändern	Anbindungen - t0-VSys(400_OEV_	3a_Anbindungszeit für ÖV-Fuß setzen
43	☒	Attribut ändern	Anbindungen - t0-VSys(490_OEV_	3b_Anbindungszeit für ÖV-P+R setzen
44	☒	Attribut ändern	Anbindungen - Länge	4_Anbindungszeit für ÖV setzen
45	☒	Attribut ändern	Strecken - AnzTarifP-VSys(430_SF	5_Tarifpunkte des SPNV mit aktueller Länge belegen
46	☒	Attribut ändern	Strecken - AnzTarifP-VSys(431_Fe	6_Tarifpunkte der Fernbahn mit aktueller Länge belegen
47	☒	Verschneiden	...	7_Anzahl ÖV-Abfahrten pro Bezirk bestimmen
48	☒	Verschneiden	...	8_Anzahl Haltestellen pro Bezirk bestimmen
49	☒	ÖV-Kenngrößenmatrix berechnen	04_OEV ÖV	9_Kenngrößen ÖV mit Hauptdiagonale
50	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(97) := Symmetrize(Mal ...	10_symmetrisieren bewertete Reisezeit
51	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(73) := Symmetrize(Mal ...	11_symmetrisieren Takt (EJT)
52	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(74) := Symmetrize(Mal ...	12_symmetrisieren Umsteigehäufigkeit (NTR)
53	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(75) := Symmetrize(Mal ...	13_symmetrisieren Beförderungswerte (RID)
54	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(76) := Symmetrize(Mal ...	14_symmetrisieren Fahrpreis (FAR)
55	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(71) := (Matrix(71)+TR ...	15_Zugangszeit eine Richtung = Abgangszeit ander
56	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(72) := TRANSPOSE(Ma ...	16_Abgangszeit eine Richtung = Zugangszeit ander
57	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(77) := (Matrix(76))*(1 ...	17_Gewichtung Kosten/ABO, Quellbezirk für QZG-T
58	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(78) := (Matrix(76))*(1 ...	18_Gewichtung Kosten/ABO, Zielbezirk für QZG-Typ
59	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(79) := (Matrix(76))*(1 ...	19_Gewichtung Kosten/ABO, QZG-Typ3 (Mittelwert
60	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(85) := if(Matrix([NR] = ...	20_Kosten Schüler, WG/GW
61	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(86) := if(Matrix([NR] = ...	21_Kosten Schüler, WO/OW
62	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(87) := if(Matrix([NR] = ...	22_Kosten Schüler, WB/BW
63	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(91) := Matrix([NR] = 7 ...	23_Gesamtreisezeit für Auswertung
64	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(92) := Matrix([NR] = 7 ...	24_Gesamtreisezeit für Auswertung

Abbildung 12.5: Verfahrensablauf – Gruppe B.3

Zunächst wird die ÖV-Nachfragematrix (Matrix-Nr. 4) mit 100 Fahrgästen je Relation belegt. Dadurch wird gewährleistet, dass für jede Relation alle möglichen Verbindungen, die gemäß den Einstellungen in der Umlegungs-VORAUSWAHL realisiert werden können, in der Kenngrößenberechnung berücksichtigt werden. Die Verwendung der Matrix-Nr. 30 (alle Relationen=1) ist dafür nicht ausreichend. Anschließend werden die betrieblichen Kennzahlen für Fahrplanfahrten und Fahrzeugkombinationen berechnet. Danach werden alle in der weiteren Nachfrageberechnung benötigten Kenngrößenmatrizen für den ÖV berechnet und nachbehandelt. Aus den mit dem hinterlegten Tarifsystem berechneten Kosten und dem Vektor der Abo-Kunden je 1.000 Einwohner werden gewichtete Kosten für die drei Quelle-Ziel-Gruppen-Typen berechnet. Für den Schülerverkehr werden die Kosten in Abhängigkeit der in der Schülerverkehrssatzung festgelegten Entfernungen bzgl. der Kostenerstattung festgelegt.

Während der Kenngrößenberechnung werden mögliche ÖV-Verbindungen gesucht und für die spätere Umlegungsrechnung in einer Verbindungsdatei zwischengespeichert (Dateiendung *.con, Einstellungen in den Projektverzeichnis beachten). Bei einer simultanen Berechnung von mehreren Versionen ist darauf zu achten, dass entweder der Speicherort oder der

Modellberechnung: Verfahrensablauf

Dateiname der Verbindungsdateien geändert wird. Bei der Änderung des Dateinamens ist dieser ebenfalls im Verfahrensschritt der ÖV-Umlegung anzupassen, indem die Verbindungen wieder importiert werden.

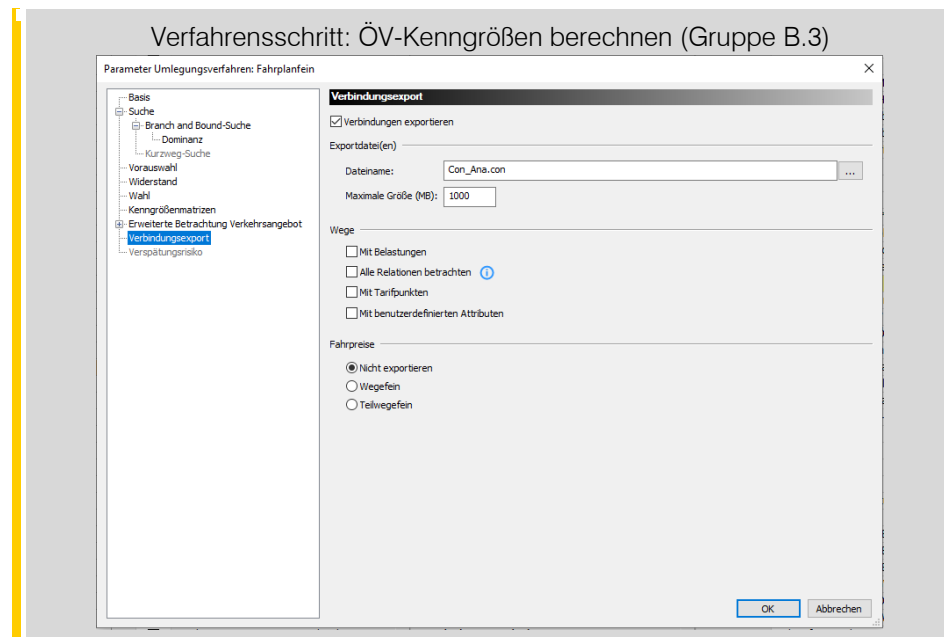


Abbildung 12.6: Export der Verbindungsdatei

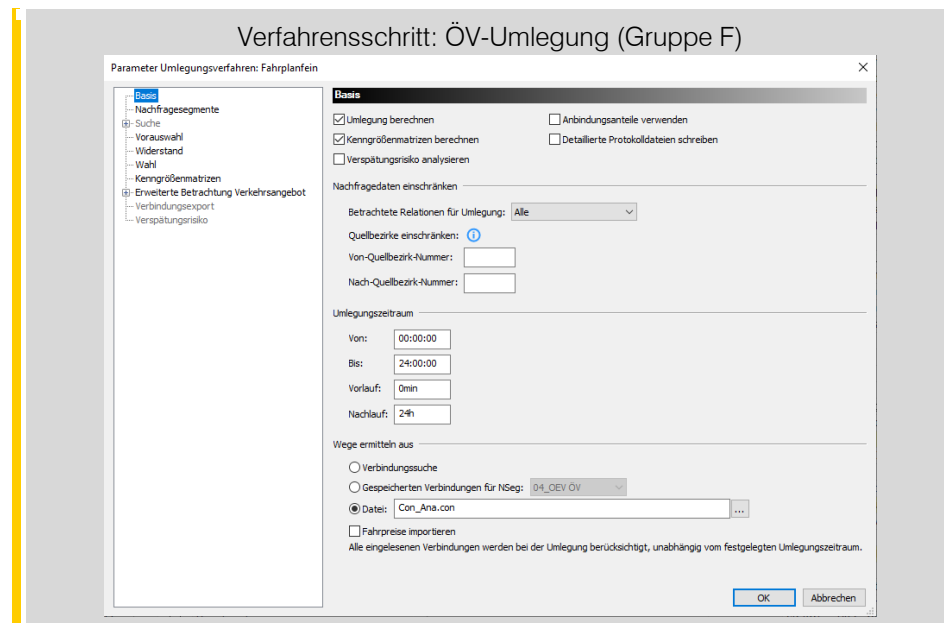


Abbildung 12.7: Import der Verbindungsdatei

Modellberechnung: Verfahrensablauf

Die Berechnung der ÖV-Kenngrößen ist immer dann notwendig, wenn sich das modellierte Angebot des Verkehrsmodells für den ÖV ändert. Dies betrifft neue bzw. geänderte Fahrpläne der Linien, Anbindungen, Haltestellen und deren Umsteigezeiten. Ebenfalls notwendig wird eine Neuberechnung, falls zusätzliche Bezirke im Verkehrsmodell eingefügt oder bestehende aufgeteilt weiter aufgeteilt werden.

12.3 Wirtschaftsverkehrsmodell

Das Wirtschaftsverkehrsmodell besteht aus den Gruppen C.1 (Vorbereitung) und C.2 (Berechnung der Nachfrage).

In der ersten Gruppe C.1 wird die Kenngrößenmatrix (Fahrtweiten) generiert und aufbereitet.

65	☒	Gruppe C.1: WIRTSCHAFTSVERKEHRSMODELL	...	66 - 70	C.1: WIRTSCHAFTSVERKEHRSMODELL
66	☒	Skript ausführen	...		Matrizen Initialisierung
67	☒	Skript ausführen	...		Loop Initialisierung
68	☒	Calculate Matrix	...		Anpassung Fahrtweitenmatrix 1
69	☒	Calculate Matrix	...		Anpassung Fahrtweitenmatrix 2
70	☒	Calculate Matrix	...		Anpassung Fahrtweitenmatrix 3

Abbildung 12.8: Verfahrensablauf Gruppe C1

In Gruppe C.2 wird die Nachfrage im Wirtschaftsverkehr iterativ berechnet und nachbereitet, wie in Abschnitt 9.5 beschrieben.

71	☒	Gruppe C.2: LOOP ÜBER NACHFRAGESCHICHTEN	...	72 - 80	C.2: LOOP ÜBER NACHFRAGESCHICHTEN
72	☒	Skript ausführen	...		Parameter setzen
73	☒	Skript ausführen	...		Erzeugungsrechnung
74	☒	Skript ausführen	...		
75	☒	Wirtschaftsverkehr Erzeugung und Verteilung	...	C1_F1 NF_TEMPLATE	Verteilungsrechnung
76	☒	Wirtschaftsverkehr Fahrtengenerierung	...	C1_F1 NF_TEMPLATE	Tourenrechnung
77	☒	Skript ausführen	...		Ergebnishandling
78	☒	Bedingter Rücksprung	...	Verfahren 71	zurück zu "LOOP ÜBER NACHF..."
79	☒	Skript ausführen	...		Auf eigentliche Nachfragematrizen addieren
80	☒	Skript ausführen	...		Einrechnung Matrixanpassung
Nur Prognosemodell:					
81	☒	Skript ausführen	...		Makroprognose
82	☒	Skript ausführen	...		Korrektur Kläranlage BASF

Abbildung 12.9: Verfahrensablauf Gruppe C2

Im Prognosemodell werden abschließend zwei Korrekturen durchgeführt (Verfahrensschritte 81 und 82). Zum einen wird die Makroprognose eingearbeitet, zum anderen erfolgt eine Korrektur der Verkehrsströme zur Kläranlage BASF (siehe auch Abschnitt 11.4).

12.4 Nachfragemodell Personenverkehr

Im Nachfragemodell erfolgt die Berechnung der Verkehrserzeugung, Verteilung, Aufteilung und Umlegung im Personenverkehr. Dabei wird innerhalb der Gruppen D.2 bis E.2 ein iterativer Prozess durchlaufen (Rücksprung-Funktion). Diese Gruppen sollten in der Regel komplett berechnet werden.

Gruppe D.1: Verkehrserzeugung

Die folgende Grafik zeigt den Verfahrensablauf in Gruppe D.1.

81	☒	Gruppe D.1: Nachfrage Erzeugung	...	82 - 88	D.1: Nachfrage Erzeugung
82	☒	EVA-Verkehrserzeugung	...	Alle VRRN_1-NSchichten	1_Verkehrserzeugung des Personenverkehrs
83	☒	Attribut ändern	...	Bezirke - QuellaufkommenSol(99_	2_manueller Randsummenausgleich_QA QZG 99
84	☒	Attribut ändern	...	Bezirke - QuellaufkommenSol(33_	3_manueller Randsummenausgleich_QA QZG 33
85	☒	Attribut ändern	...	Bezirke - ZielaufkommenSol(99_	4_manueller Randsummenausgleich_ZA QZG 99
86	☒	Attribut ändern	...	Bezirke - ZielaufkommenSol(33_	5_manueller Randsummenausgleich_ZA QZG 33
87	☒	Attribut ändern	...	Bezirke - Heimataufkommen(99_	6_manueller Randsummenausgleich_HA QZG 99
88	☒	Attribut ändern	...	Bezirke - Heimataufkommen(33_	7_manueller Randsummenausgleich_HA QZG 33

Abbildung 12.10: Verfahrensablauf – Gruppe D.1

Die Erzeugungsrechnung für alle Nachfrageschichten erfolgt innerhalb des Verkehrsmodells mit den in den Bezirken hinterlegten Kenngrößen (Mobilitätsraten, Erzeugungsraten, Personengruppen, Strukturdaten etc.). Die Aufkommen der Quelle-Ziel-Gruppe Sonstiges-Sonstiges werden aufgespalten, um einen manuelle Randsummenausgleich in den Verfahrensschritten 83 – 88 zu ermöglichen (vgl. Abschnitt 9.1.2).

Die Berechnung der Verkehrserzeugung ist immer dann notwendig, wenn sich die Strukturdaten oder die Verhaltensparameter¹³ der Bezirke verändern.

¹³ Die Verhaltensparameter (Spezifisches Verkehrsaufkommen, Erzeugungsraten) bleiben in der Regel konstant. Änderungen sollten sich nur bei speziellen Szenarienberechnungen bzgl. geändertem Verkehrsverhalten ergeben.

Modellberechnung: Verfahrensablauf

Gruppe D.2: Verkehrsverteilung und Verkehrsaufteilung

Die folgende Grafik zeigt den Verfahrensablauf in Gruppe D.2.

89	☒	Gruppe D.2: Nachfrage Ver- und Aufteilung	...	90 - 91	D.2: Nachfrage Ver- und Aufteilung
90	☒	EVA-Bewertung	...	Alle VRRN_1-NSchichten	1_EVA-Bewertung im Personenverkehr
91	☒	EVA-Verteilung/Moduswahl	...	Alle VRRN_1-NSchichten	2_EVA-Ziel- und Moduswahl im Personenverkehr

Abbildung 12.11: Verfahrensablauf – Gruppe D.2

Die EVA-Bewertung wird auf Grundlage der berechneten Kenngrößenmatrizen und den festgelegten EVA-Parametern (siehe Anhang 5) durchgeführt. Anschließend wird auf dieser Basis die EVA-Verteilung und -Aufteilung (Ziel- und Moduswahl) berechnet.

In den Verfahren der Verteilung/Moduswahl wird eingestellt, ob im Analyse- oder Prognosemodus gerechnet wird (Beispiel Prognosemodus in nachfolgender Abbildung).

Abbildung 12.12: EVA-Verteilung/Moduswahl: Projektart Prognose

Für Planfallberechnungen sollte immer im Prognosemodus gerechnet werden, um dem Modell zu ermöglichen, Modal-Split-Veränderungen zu berechnen (vgl. Abschnitt 9.2.3).

Da die Verkehrsver- und -aufteilung Bestandteil der Rückkopplung zwischen Angebot und Nachfrage ist, ist diese Gruppe des Verfahrensablaufs

Modellberechnung: Verfahrensablauf

stets durchzuführen, wenn eine geänderte Ziel- und Moduswahl zu erwarten ist.

Gruppe D.3: Matrixbehandlung

Die folgende Grafik zeigt den Verfahrensablauf in Gruppe D.3.

92	☒	Gruppe D.3: Nachfrage ModusMatrizen	...	93 - 103	D.3: Nachfrage ModusMatrizen
93	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	...	Matrix(1) := SUM(MatrixList([...	1_Erstellung Fuß-Matrix
94	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	...	Matrix(2) := SUM(MatrixList([...	2_Erstellung Rad-Matrix
95	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	...	Matrix(3) := SUM(MatrixList([...	3_Erstellung MIV-Matrix
96	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	...	Matrix(4) := SUM(MatrixList([...	4_Erstellung ÖV-Matrix
97	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	...	Matrix(11) := Matrix(5)	5_tmp Pkw für Rückkopplung
98	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	...	Matrix(5) := (Matrix(502))/1.0	6_Erstellung MIV-Pkw-Matrix (Einarbeitung Besetzung)
99	☒	Matrixaggregation	...	1001 OB-Fuss	7_Oberbezirksmatrix Fuß aggregieren
100	☒	Matrixaggregation	...	1002 OB-Rad	8_Oberbezirksmatrix Rad aggregieren
101	☒	Matrixaggregation	...	1003 OB-MIV_Pers	9_Oberbezirksmatrix MIV (Pers) aggregieren
102	☒	Matrixaggregation	...	1004 OB-OEV	10_Oberbezirksmatrix OEV aggregieren
103	☒	Matrixaggregation	...	1005 OB-MIV_Kfz	11_Oberbezirksmatrix MIV (Kfz) aggregieren

Abbildung 12.13: Verfahrensablauf – Gruppe D.3

Im Rahmen der Matrixbehandlung werden die Ergebnisse der Nachfrageberechnung, die Verkehrsstrommatrizen je Nachfrageschicht und Verkehrsart zu Gesamtverkehrsmatrizen je Verkehrsart zusammengefasst. Beim MIV werden in diesem Schritt die personenbezogenen Verkehrsstrommatrizen in eine fahrzeugbezogene Gesamtverkehrsmatrix unter Verwendung der nachfrageschichtbezogenen mittleren Pkw-Besetzungsgrade umgerechnet (siehe Abbildung 12.14 und Anhang).

Modellberechnung: Verfahrensablauf

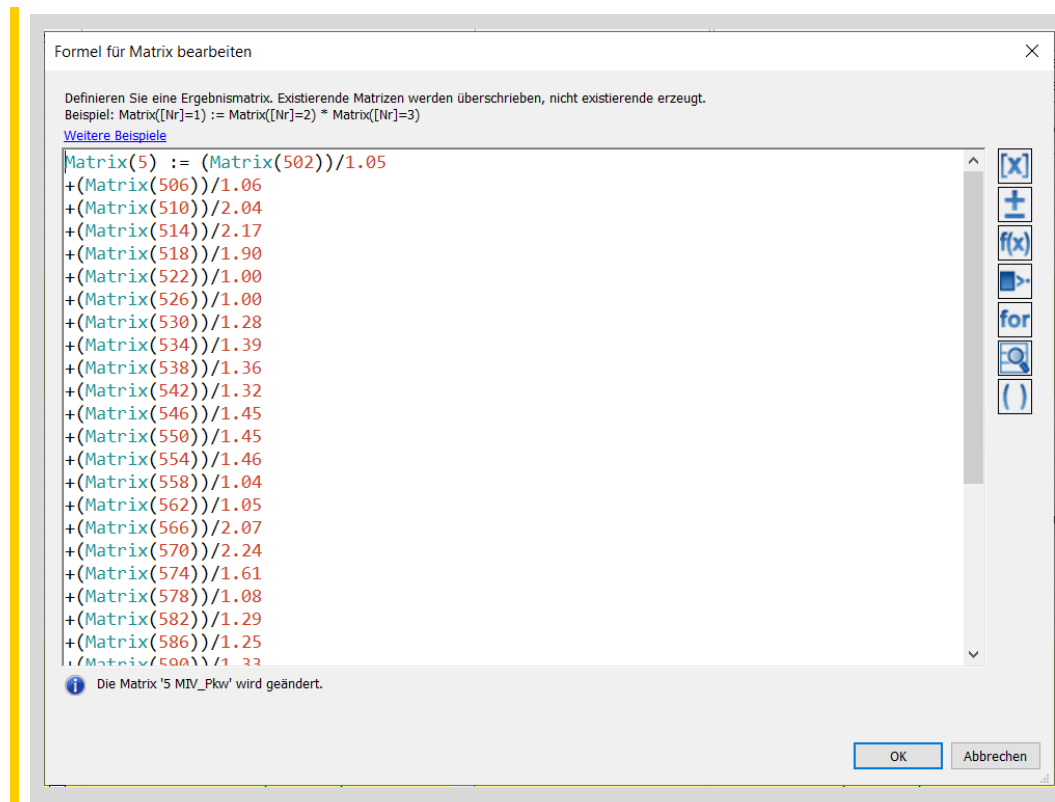


Abbildung 12.14: Verfahrensschritt zur Erstellung der PKW-Matrix (Ausschnitt)

Weiterhin erfolgt in dieser Gruppe eine Übertragung der Verkehrsstrommatrizen für die vier Modi des Personenverkehrs auf Oberbezirke. Die Oberbezirke ermöglichen eine Auswertung der Berechnungsergebnisse beispielsweise auf Stadtteil- oder Gemeindeebene. Oberbezirke wurden beispielhaft angelegt (siehe Abschnitt 4.5), können aber bei Bedarf angepasst werden¹⁴.

Diese Verfahrensschritte sind stets durchzuführen, wenn die Nachfrageberechnung in der Gruppe „B.2 Nachfrage Ver- und Aufteilung“ ausgeführt wurde. Die aggregierten Matrizen werden zur Ermittlung des Modal Split vorgehalten (Matrizen Nr. 1 – 4) und für die Umlegungsrechnungen in den Gruppen E.1 und F verwendet (Matrizen Nr. 4 und 5).

¹⁴ Oberbezirke können manuell angelegt oder als Shape-Datei importiert werden. Für die Zuordnung der Bezirke zu Oberbezirken ist in den Bezirksobjekten die Spalte Oberbezirks-Nummer (OBezNr) vorgesehen. Diese kann beispielsweise über Mehrfachbearbeiten mit den als benutzerdefiniertes Attribut hinterlegten Stadtteilnummern gefüllt werden.

Modellberechnung: Verfahrensablauf

Gruppe E.1: Umlegung MIV

Die folgende Grafik zeigt den Verfahrensablauf in Gruppe E.1.

104	☒	Gruppe E.1: Umlegung MIV	...	105 - 116	E.1: Umlegung MIV
105	☒	Init. Umlegung	...	...	1_IV-Umlegung initialisieren
106	☒	IV-Umlegung	...	12_Lkw-2 Lkw bis 7.5t, 13_Lkw ...	2_Lkw_M, LKW_L, LKW_XL
107	☒	IV-Umlegung	...	05_Pkw-privat MIV (Kfz), 10_F ...	3_Pkw, Pkw_WV, UNF(L1), LKW_S
108	☒	Attribut ändern	...	Anbindungen - Länge	4_AnbindungsLänge für MIV setzen
109	☒	IV-Kenngrößenmatrix berechnen	...	05_Pkw-privat MIV (Kfz)	5_MIV-Kenngrößen mit Hauptdiagonale
110	☒	Set Matrix Diagonal	...	...	6_T0_PG mit Bezirksattribut besetzen
111	☒	Set Matrix Diagonal	...	...	7_TC_PG mit Bezirksattribut besetzen
112	☒	Set Matrix Diagonal	...	...	8_RW_PG mit Bezirksattribut besetzen
113	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	...	Matrix(60) := Symmetrize(Mal ...	9_symmetrisieren tt0
114	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	...	Matrix(61) := Symmetrize(Mal ...	10_symmetrisieren ttc
115	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	...	Matrix(62) := Symmetrize(Mal ...	11_symmetrisieren dis
116	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	...	Matrix(63) := Matrix(62)*0.30 ...	12_Kosten berechnen

Abbildung 12.15: Verfahrensablauf – Gruppe E.1

Die Umlegung für den IV erfolgt in zwei Schritten mit dem Sukzessiv- und dem Frank-Wolfe-Verfahren (vgl. Abschnitt 9.3.1). Die IV-Kenngrößen werden unter Verwendung der Wege aus der Umlegung neu berechnet.

Diese Gruppe des Verfahrensablaufs ist stets durchzuführen, um die Rückkopplung zwischen Angebot und Nachfrage vollständig abzubilden sowie die Modellergebnisse auf das Streckennetz zu quantifizieren bzw. visualisieren.

Gruppe E.2: Rücksprung

Die folgende Grafik zeigt den Verfahrensablauf in Gruppe E.2.

117	☒	Gruppe E.2: Rücksprung	...	118 - 119	E.2: Rücksprung
118	☒	Kombination von Matrizen und Vektoren	...	Matrix(65) := MSA(Matrix(65), ...	1_Glätten Reisezeit MIV
119	☒	Bedingter Rücksprung	...	Verfahren 90	2_Ende äußere Iteration

Abbildung 12.16: Verfahrensablauf – Gruppe E.2

Vor dem Rücksprung werden die nachfrageabhängige Reisezeitmatrix im MIV (t_{akt}) mittels Mittelwertbildung gemäß Method of Successive Average (MSA) geglättet. Dies beschleunigt das Erreichen des Gleichgewichts, da anstelle der Matrix der aktuellen Iteration ebenfalls die Matrizen aller bisherigen Iterationen berücksichtigt werden.

Der hier eingerichtete bedingte Rücksprung zur Verkehrsverteilung und Verkehrsaufteilung (Gruppe D.2) ermöglicht das Einschwingen des Systems in einen stabilen Zustand. Der Rücksprung erfolgt so lange, bis der stabile Zustand oder die maximale Iterationszahl (20) erreicht wurde. Im kalibrierten

Modellberechnung: Verfahrensablauf

Analysemodell werden ca. 7 Iterationsschritte bis zum Erreichen des Gleichgewichtes benötigt, im Prognosemodell ca. 11 Iterationen.

Die Ausführung des bedingten Rücksprungs ist stets erforderlich, wenn die Verkehrsverteilung und Verkehrsaufteilung (Gruppe D.2) neu berechnet wurde, um ein Gleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage herzustellen.

Gruppe F: ÖV-Umlegung und Nachbereitung

Die folgende Grafik zeigt den Verfahrensablauf in Gruppe F.

120	☒	Gruppe F: ÖV-Umlegung nud Nachbereitung	...	121 - 123	F: ÖV-Umlegung nud Nachbereitung
121	☒	ÖV-Umlegung	...	Alle ÖV-NSeg	...
122	☒	ÖV-betriebliche Kennzahlen	...		1_Umlegung ÖV
123	☒	Version speichern	...		2_ÖV-betriebliche Kennzahlen berechnen
					3_Version speichern

Abbildung 12.17: Verfahrensablauf – Gruppe F

Die Umlegung der ÖV-Verkehrssysteme erfolgt fahrplanfein und verwendet dabei die bereits gefundenen ÖV-Verbindungsdaten aus der Kenngrößenberechnung (Beschleunigung des Verfahrens, siehe Gruppe B.3). Die ÖV-Verbindungsdaten werden als *.con-Dateien im Projektverzeichnis abgelegt. Wurde das ÖV-Angebot geändert, muss die Gruppe B.3 neu berechnet werden, damit die ÖV-Umlegung diese Daten verwenden kann.

Die betrieblichen Kenngrößen für den ÖV (Anzahl Service-Fahrten auf Strecken, betriebliche und Nachfragekennwerte für Gebiete) werden neu berechnet und die berechnete VISUM-Version wird gespeichert.

Achtung:

Dateinamen prüfen, damit nicht eine andere Version überschrieben wird!

Die Nachbereitung dient zum Abschluss der Berechnung in Form der Berechnung der ÖV-betrieblichen Kennzahlen, welche die Auslastung der Fahrzeuge pro Fahrplanfahrt quantifizieren sowie die Speicherung der Versionsdatei.

Modellberechnung: Verfahrensablauf

12.5 Übernahme von Strukturdaten

Gruppe X1: SD_VBZ_Modell

Diese Verfahrensgruppe ist nur im Analysemodell enthalten. Die folgende Grafik zeigt einen Auszug aus dem Verfahrensablauf der Gruppe X1.

124	☐	Gruppe X1: SD_VBZ_Modell	...	125 - 166	X1: SD_VBZ_Modell
125	☐	Attribut ändern	...	Bezirke - WertStrukturgröße(SG00	APL
126	☐	Attribut ändern	...	Bezirke - WertStrukturgröße(SG01	KITA
127	☐	Attribut ändern	...	Bezirke - WertStrukturgröße(SG02	GS
128	☐	Attribut ändern	...	Bezirke - WertStrukturgröße(SG03	OS
129	☐	Attribut ändern	...	Bezirke - WertStrukturgröße(SG04	BS
130	☐	Attribut ändern	...	Bezirke - WertStrukturgröße(SG05	HS
131	☐	Attribut ändern	...	Bezirke - WertStrukturgröße(SG10	E
132	☐	Attribut ändern	...	Bezirke - WertStrukturgröße(SG11	E
133	☐	Attribut ändern	...	Bezirke - WertStrukturgröße(SG12	E
134	☐	Attribut ändern	...	Bezirke - WertStrukturgröße(SG13	M
135	☐	Attribut ändern	...	Bezirke - WertStrukturgröße(SG14	M
136	☐	Attribut ändern	...	Bezirke - WertStrukturgröße(SG15	M
137	☐	Attribut ändern	...	Bezirke - WertStrukturgröße(SG16	EM
138	☐	Attribut ändern	...	Bezirke - WertStrukturgröße(SG17	EM
139	☐	Attribut ändern	...	Bezirke - WertStrukturgröße(SG18	EM

Abbildung 12.18: Verfahrensablauf – Gruppe X1 (Auszug)

In den Verfahren der Gruppe X1 werden die aufbereiteten Strukturdaten aus den benutzerdefinierten Bezirksattributen SG* in die vom Nachfragemodell genutzten Strukturdatenfelder (welche als Grundlage der Erzeugungsrechnung dienen) übertragen. Die Entstehung der Strukturgrößen in den Attributen SG* ist in Abschnitt 5.3.2 detailliert dargestellt. Wenn sich im Rahmen dieser Berechnung Änderungen an den Strukturgrößen ergeben, können diese mit der Verfahrensgruppe X1 in das Nachfragemodell übertragen werden.

12.6 Berechnung der Spitzenstundenmatrizen

Die Berechnung der Spitzenstundenmatrizen erfolgt in den nachfolgend beschriebenen drei Verfahrensgruppen. Die Grundlagen hierfür sind in Abschnitt 13 beschrieben.

Modellberechnung: Verfahrensablauf

Gruppe X2.1: Spitzenstunden Basis

Die folgende Grafik zeigt den Verfahrensablauf der Gruppe X2.1.

167	☐	Gruppe X2.1: Spitzenstunden Basis	168 - 177	X2.1: Spitzenstunden Basis
168	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3001) := (Matrix(500) ...	FSP Fuss
169	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3002) := (Matrix(501) ...	FSP RAD
170	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3003) := (Matrix(502) ...	FSP MIV
171	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3004) := (Matrix(503) ...	FSP OEV
172	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3005) := (Matrix(500) ...	NSP Fuss
173	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3006) := (Matrix(501) ...	NSP RAD
174	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3007) := (Matrix(502) ...	NSP MIV
175	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3008) := (Matrix(503) ...	NSP OEV
176	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3010) := (Matrix(502) ...	FSP Pkw
177	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3011) := (Matrix(502) ...	NSP Pkw

Abbildung 12.19: Verfahrensablauf – Gruppe X2.1

In dieser Gruppe werden die Spitzenstundenmatrizen aus den Quelle-Ziel-Gruppen-Matrizen und den jeweiligen Spitzenstundenanteilen berechnet. Nachfolgendes Beispiel zeigt die Berechnung der Frühspitzenmatrix (FSP) für den MIV (Verfahrensschritt 170).

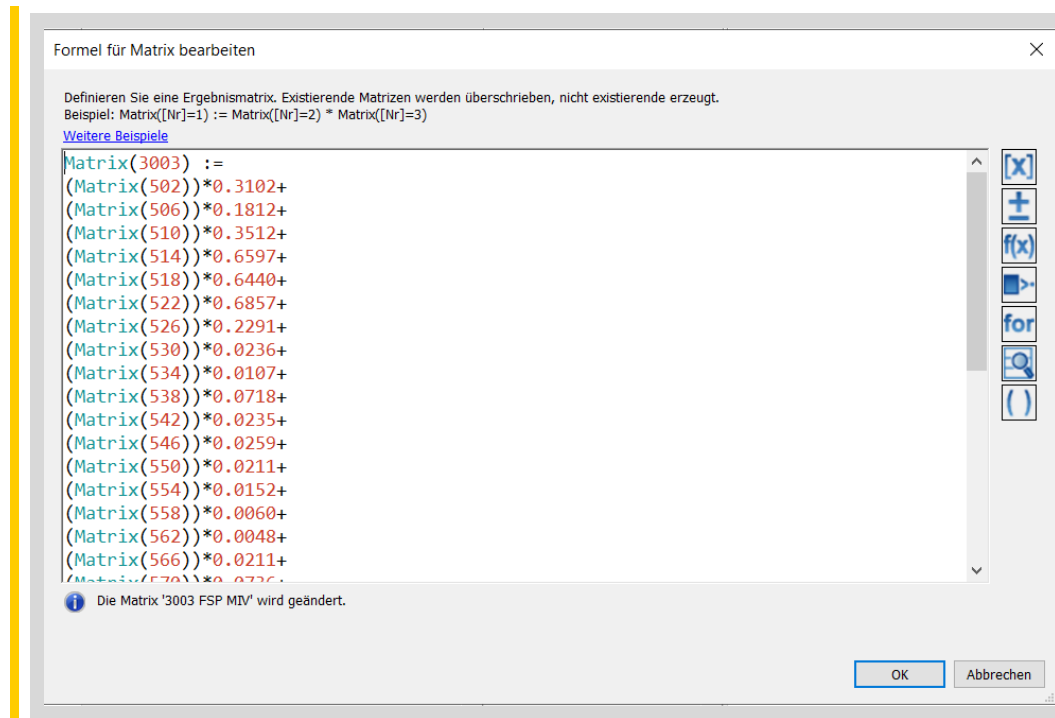


Abbildung 12.20: Verfahrensschritt zur Erstellung einer Spitzenstunden-Matrix (Ausschnitt)

Modellberechnung: Verfahrensablauf

Gruppe X2.2: Spitzenstunden Korrektur MALU

Die folgende Grafik zeigt den Verfahrensablauf der Gruppe X2.2.

178	☐	Gruppe X2.2: Spitzenstunden Korrektur MALU	179 - 188	X2.2: Spitzenstunden Korrektur MALU
179	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3001) := (Matrix(3001))*1.2984	Korrektur MALU FSP Fuss
180	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3002) := (Matrix(3002))*1.1092	Korrektur MALU FSP RAD
181	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3003) := (Matrix(3003))*0.9775	Korrektur MALU FSP MIV
182	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3004) := (Matrix(3004))*0.9387	Korrektur MALU FSP OEV
183	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3005) := (Matrix(3005))*0.9473	Korrektur MALU NSP Fuss
184	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3006) := (Matrix(3006))*0.9302	Korrektur MALU NSP RAD
185	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3007) := (Matrix(3007))*1.1108	Korrektur MALU NSP MIV
186	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3008) := (Matrix(3008))*0.9887	Korrektur MALU NSP OEV
187	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3010) := (Matrix(3010))*0.9775	Korrektur MALU FSP Pkw
188	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3011) := (Matrix(3011))*1.1125	Korrektur MALU NSP Pkw

Abbildung 12.21: Verfahrensablauf – Gruppe X2.2

In dieser Gruppe erfolgt die Korrektur der Matrizen auf Basis der SrV-Ergebnisse für die Städte Mannheim und Ludwigshafen (vgl. Abschnitt 13.2)

Gruppe X2.3: Spitzenstunden WV und ext

Die folgende Grafik zeigt den Verfahrensablauf der Gruppe X2.3.

189	☐	Gruppe X2.3: Spitzenstunden WV und ext	190 - 213	X2.3: Spitzenstunden WV und ext
190	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3020) := (Matrix(6))*0.0954	FSP PWV
191	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3021) := (Matrix(7))*0.1139	FSP L1
192	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3022) := (Matrix(8))*0.1050	FSP L2
193	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3023) := (Matrix(9))*0.1050	FSP L3
194	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3024) := (Matrix(10))*0.1050	FSP L4
195	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3025) := (Matrix(20))*0.0870	FSP Pkw_ext
196	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3026) := (Matrix(21))*0.0954	FSP PWV_ext
197	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3027) := (Matrix(22))*0.1139	FSP L1_ext
198	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3028) := (Matrix(23))*0.1050	FSP L2_ext
199	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3029) := (Matrix(24))*0.1050	FSP L3_ext
200	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3030) := (Matrix(25))*0.1050	FSP L4_ext
201	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3031) := (Matrix(26))*0.1374	FSP OEV_ext
202	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3040) := (Matrix(6))*0.0659	NSP PWV
203	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3041) := (Matrix(7))*0.0698	NSP L1
204	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3042) := (Matrix(8))*0.0923	NSP L2
205	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3043) := (Matrix(9))*0.0923	NSP L3
206	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3044) := (Matrix(10))*0.0923	NSP L4
207	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3045) := (Matrix(20))*0.1088	NSP Pkw_ext
208	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3046) := (Matrix(21))*0.0659	NSP PWV_ext
209	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3047) := (Matrix(22))*0.0698	NSP L1_ext
210	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3048) := (Matrix(23))*0.0923	NSP L2_ext
211	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3049) := (Matrix(24))*0.0923	NSP L3_ext
212	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3050) := (Matrix(25))*0.0923	NSP L4_ext
213	☐	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix(3051) := (Matrix(26))*0.0555	NSP OEV_ext

Abbildung 12.22: Verfahrensablauf – Gruppe X2.3

In dieser Gruppe werden die Spitzenstundenmatrizen für den Wirtschaftsverkehr und den Kordonverkehr erstellt (vgl. Abschnitt 13.2)

Abbildung der Spitzenstunden

13 Abbildung der Spitzenstunden

Im Verkehrsmodell wird der DTV für einen durchschnittlichen Werktag W5 (Montag bis Freitag) berechnet. Zusätzlich gibt es ein Modul zur Berechnung der vormittäglichen und nachmittäglichen Spitzenstunde. Die Berechnung der Spitzenstunden erfolgt für jede Nachfrageschicht und jeden Modus separat. Im Ergebnis liegen Nachfragematrizen für die einzelnen Nachfragesegmente vor.

13.1 Grundlagen

Grundlagen für die Ermittlung der Spitzenstunden sind repräsentative Tagesganglinien für jede Nachfrageschicht und jeden Modus. Dazu wurden die Ergebnisse der SrV-Befragung des Jahres 2018 ausgewertet. Für das Untersuchungsgebiet sind das die Befragungen für Mannheim und Ludwigshafen sowie der SrV-Gesamtdatensatz.

Die folgende Abbildung zeigt beispielhaft die Tagesganglinien für die Nachfrageschicht Wohnen – Arbeiten für die Modi Fußverkehr und MIV, links aus den beiden Datensätzen von Mannheim und Ludwigshafen, rechts aus dem SrV-Gesamtdatensatz.

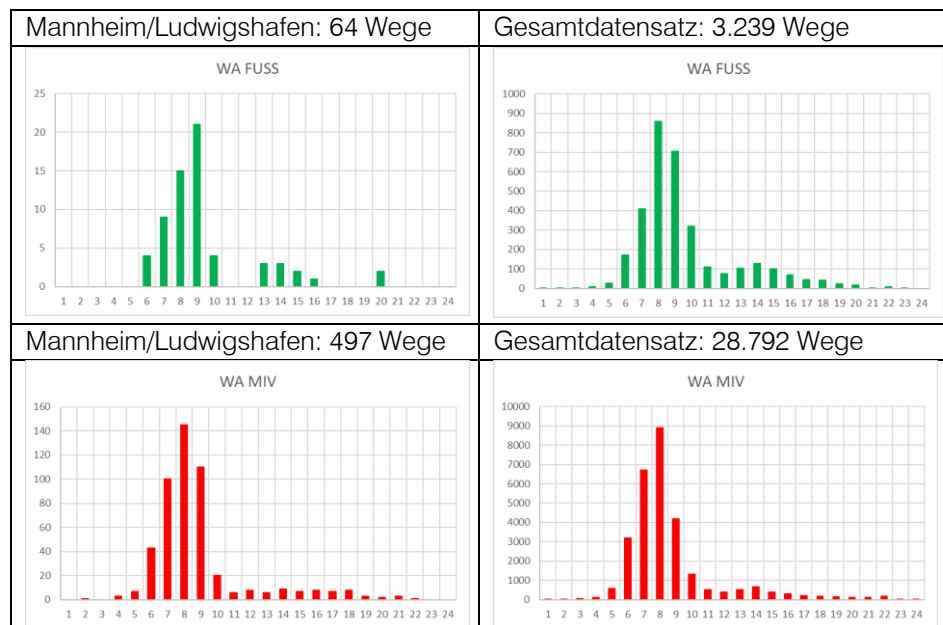


Abbildung 13.1: Tagesganglinien je Nachfrageschicht und Modus, Beispiele

Abbildung der Spitzenstunden

Es wird deutlich, dass in den ortskonkreten Datensätzen von Mannheim und Ludwigshafen einige Klassen nur schwach oder gar nicht besetzt sind. Damit reichen diese Daten nicht zur Erstellung repräsentativer Ganglinien aus.

Deshalb wurden die Tagesganglinien je Modus, aber ohne Zweckdifferenzierung aus Mannheim und Ludwigshafen denen aus dem SrV-Gesamtdatensatz gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass es keine systematischen Verschiebungen in den Ganglinienverläufen und der Lage der Spitzenstunden gibt. Lediglich die Höhe der Spitzenstundenanteile unterscheidet sich um maximal 2%.

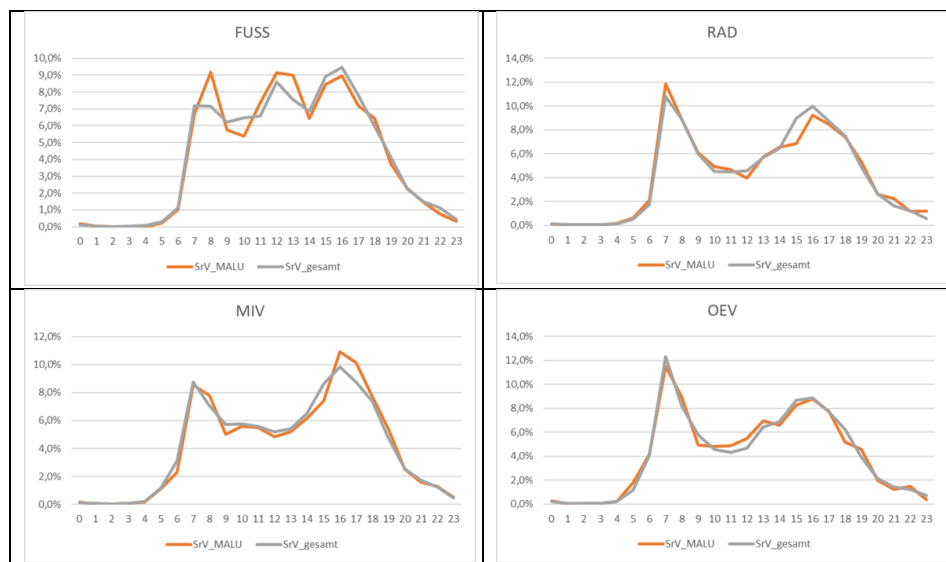


Abbildung 13.2: Vergleich der Tagesganglinien je Modus mit SrV-Gesamtdatensatz

13.2 Vorgehensweise

Somit konnten die Ganglinien und die Spitzenstunden für jeden Modus und jede Nachfrageschicht aus dem SrV-Gesamtdatensatz bestimmt werden. Die Frühspitze liegt in der Stunde zwischen 7 und 8 Uhr, die Nachmittagspitze in der Stunde zwischen 16 und 17 Uhr. Für diese beiden Stunden wurden die Anteile am Tagesverkehr für jeden Modus und jede Nachfrageschicht berechnet und in den VISUM-Verfahrensablauf integriert (Gruppe X2.1: Spitzenstunde Basis). In diesem Verfahrensschritt werden die Moduswahlmatrizen mit den Spitzenstundenanteilen multipliziert und zu insgesamt 8 Verkehrsstrommatrizen addiert (vier für die Frühspitze und vier für die Nachmittagspitze, Matrixnummer 3001 bis 3008). Die Matrizen 3010 und

Abbildung der Spitzenstunden

3011 enthalten die Verkehrsströme der Spitzenstunden für Pkw. Hier wurde der Besetzungsgrad mit eingerechnet.

In einem weiteren Verfahrensschritt werden die erzeugten Spitzenstundenmatrizen der 4 Modi derart korrigiert, dass die Spitzenstundenanteile denen von Mannheim und Ludwigshafen entsprechen. Dies ist notwendig, da für die Berechnung der Nachfrageschichtfeinen Tagesganglinien der SrV-Gesamtdatensatz verwendet wurde und die Spitzenstundeanteile sich um ca. 1 bis 2 % von denen in Mannheim und Ludwigshafen unterscheiden (siehe Abbildung 13.2).

In einem dritten Verfahrensschritt erfolgt analog die Berechnung der Spitzenstundenmatrizen für den Wirtschaftsverkehr und den externen Verkehr. Die hierfür zusätzlich erforderlichen Spitzenstundenanteile wurde aus KiD abgeleitet. Die zugehörigen Spitzenstundematrizen haben die Nummern 3020 bis 3051.

Die Namen der Matrizen zeigen jeweils an, um welche Spitzenstunden es sich handelt (FSP-Frühspitze, NSP-Nachmittagsspitze, plus Name des Modus bzw. des Fahrzeugsegmentes).

13.3 Umlegung der Spitzenstundenmatrizen

Die Umlegung der Spitzenstundenmatrizen wurde ebenfalls vorbereitet. Dazu müssen die c-Parameter der CR-Funktionen angepasst werden. Dies geschah, indem für alle genutzten CR-Funktionen ein Double mit angepasstem c-Parameter erzeugt wurde.

Die Nummerierung lautet wie folgt:

- ▶ Strecken: 10 CR-Funktionen (Nr. 1 - 10)
- ▶ ergänzt um 10 CR-Funktionen für die Spitzenstunden (Nr. 101 - 110)

- ▶ Abbieger: 3 CR-Funktionen (Nr. 1 - 3)
- ▶ ergänzt um 3 CR-Funktionen für die Spitzenstunden (Nr. 101 - 103)

Für die Umlegung der Spitzenstundenmatrizen muss den Streckentypen die jeweilige Spitzenstunden-CR-Funktion zugeordnet werden. Dafür wurde eine Liste mit den Streckentypen und den zugeordneten CR-Funktionen in Excel vorbereitet (siehe Anhang 3). Damit kann für die Umlegung der Spitzenstundenmatrizen die zugeordnete CR-Funktion in der Liste der Streckentypen einfach ausgetauscht werden.

Anhangsverzeichnis

Anhang 1:	Fragebogen Wirtschaftsverkehr
Anhang 2:	Zuordnung Verkehrsbezirke
Anhang 3:	Knoten, Strecken, Abbieger
Anhang 4:	Randsummenbedingungen
Anhang 5:	EVA-Parameter
Anhang 6:	Besetzungsgrad gemäß SrV 2018
Anhang 7:	Liste der Matrizen
Anhang 8:	Attributeliste
Anhang 9:	Umlegungsbilder Analyse 2019
Anhang 10:	Umlegungsbilder Prognosenußfall 2035

Anhang 1: Fragebogen Wirtschaftsverkehr

Anhang 1: Fragebogen Wirtschaftsverkehr

Datei „A01_Erhebung_Wirtschaftsverkehre.pdf“

Anhang 2: Bezirkszuordnungen

Anhang 2: Bezirkszuordnungen

Datei: „A02-Zuordnung-Baublock-Bezirk.xlsx“

Anhang 3: Knoten, Strecken, Abbieger

Anhang 3: Knoten, Strecken, Abbieger

Datei: „A03_Knoten_Strecken_Abbieger.xlsm“

Anhang 4: Randsummenbedingungen

Anhang 4: Randsummenbedingungen

NSchicht-Code	QZG-Typ	RSB Quelle	RSF QMin	RSF QMax	RSB Ziel	RSF ZMin	RSF ZMax
01_WA	1	HART ¹⁵	1,0	1,0	hart	1,0	1,000
02_WD	1	HART	1,0	1,0	hart	1,0	1,000
03_WK	1	HART	1,0	1,0	hart	1,0	1,000
04_WG	1	HART	1,0	1,0	hart	1,0	1,000
05_WO	1	HART	1,0	1,0	hart	1,0	1,000
06_WB	1	HART	1,0	1,0	hart	1,0	1,000
07_WH	1	HART	1,0	1,0	hart	1,0	1,000
08_WE	1	HART	1,0	1,0	elas-tisch	0,7	1,200
09_WM	1	HART	1,0	1,0	elas-tisch	0,7	1,200
10_WPE	1	HART	1,0	1,0	elas-tisch	0,7	1,300
11_WF1	1	HART	1,0	1,0	hart	1,0	1,000
12_WF2	1	HART	1,0	1,0	elas-tisch	0,7	1,200
13_WF3	1	HART	1,0	1,0	elas-tisch	0,7	1,200
14_WF4	1	HART	1,0	1,0	elas-tisch	0,7	1,200
15_AW	2	hart	1,0	1,0	HART	1,0	1,000
16_DW	2	hart	1,0	1,0	HART	1,0	1,000

¹⁵ Auf dem Wohnungsseitigen Teil eines Weges ist die Randsummenbedingung grundsätzlich „HART“ einzustellen. Dies ist mit der Verwendung von Großbuchstaben verdeutlicht. Auf der nicht Wohnungsseitigen Teil eines Weges kann zwischen verschiedenen Optionen gewählt werden, auch da kann die Randsummenbedingung auf „hart“ gestellt sein, was durch die Verwendung von Kleinbuchstaben verdeutlicht wird.

Anhang 4: Randsummenbedingungen

NSchicht-Code	QZG-Typ	RSB Quelle	RSF QMin	RSF QMax	RSB Ziel	RSF ZMin	RSF ZMax
17_KW	2	hart	1,0	1,0	HART	1,0	1,000
18_GW	2	hart	1,0	1,0	HART	1,0	1,000
19_OW	2	hart	1,0	1,0	HART	1,0	1,000
20_BW	2	hart	1,0	1,0	HART	1,0	1,000
21_HW	2	hart	1,0	1,0	HART	1,0	1,000
22_EW	2	elas-tisch	0,7	1,2	HART	1,0	1,0
23_MW	2	elas-tisch	0,7	1,2	HART	1,0	1,0
24_PEW	2	elas-tisch	0,7	1,3	HART	1,0	1,0
25_F1W	2	hart	1,0	1,0	HART	1,0	1,0
26_F2W	2	elas-tisch	0,7	1,2	HART	1,0	1,0
27_F3W	2	elas-tisch	0,7	1,2	HART	1,0	1,0
28_F4W	2	elas-tisch	0,7	1,2	HART	1,0	1,0
29_SA	3	elas-tisch	0,7	1,2	hart	1,0	1,0
30_AS	3	hart	1,0	1,0	elas-tisch	0,7	1,2
31_DD	3	hart	1,0	1,0	hart	1,0	1,0
32_HH	3	hart	1,0	1,0	hart	1,0	1,0
33_SS	3	elas-tisch	0,7	1,2	elas-tisch	0,7	1,2
99_RSA	3	elas-tisch	0,7	1,2	elas-tisch	0,7	1,2

Tabelle 0.1: Randsummenbedingungen

Anhang 5: EVA-Parameter

Anhang 5: EVA-Parameter

Mo- dus	Nachfra- geschichte	Aufwand	Matrix- Nr.	a	b	c
Fuss	01_WA	Reisezeit Fuss	50	0,4	8	11
	02_WD			0,4	8	9
	03_WK			0,8	5	9,5
	04_WG			0,8	5	5
	05_WO			0,85	4,5	13
	06_WB			0,3	10	12
	07_WH			0,8	5	12
	08_WE			0,8	5	6
	09_WM			0,8	5	9
	10_WPE			0,85	4	7
	11_WF1			0,85	4	6
	12_WF2			0,85	4	20
	13_WF3			0,95	4	8
	14_WF4			0,8	4	8
	15_AW			0,4	8	11
	16_DW			0,4	8	9
	17_KW			0,8	5	9,5
	18_GW			0,8	5	5
	19_OW			0,85	4,5	13
	20_BW			0,3	10	12
	21_HW			0,8	5	12
	22_EW			0,8	5	6
	23_MW			0,8	5	10
	24_PEW			0,85	4	7
	25_F1W			0,85	4	6
	26_F2W			0,85	4	20
	27_F3W			0,95	4	8
	28_F4W			0,8	4	8
	29_SA			0,8	5	9
	30_AS			0,8	5	8
	31_DD			0,8	5	20
	32_HH			0,8	5	27
	33_SS			0,6	5	17

Anhang 5: EVA-Parameter

Mo- dus	Nachfra- geschicht	Aufwand	Matrix- Nr.	a	b	c
Rad	01_WA	Reisezeit Rad	52	0,4	8	18
	02_WD			0,4	8	16
	03_WK			0,9	4,5	10
	04_WG			0,95	4,5	6
	05_WO			0,95	4,5	12,5
	06_WB			1	4	16
	07_WH			0,9	4,5	16
	08_WE			0,95	4,5	7
	09_WM			0,95	4,5	9
	10_WPE			0,95	4	10
	11_WF1			0,95	4	12
	12_WF2			0,8	4,5	20
	13_WF3			0,95	4,5	9
	14_WF4			0,75	5	13
	15_AW			0,4	8	18
	16_DW			0,4	8	16
	17_KW			0,9	4,5	10
	18_GW			0,95	4,5	6
	19_OW			0,95	4,5	12,5
	20_BW			1	4	16
	21_HW			0,9	4,5	16
	22_EW			0,95	4,5	7
	23_MW			0,95	4,5	9
	24_PEW			0,95	4	10
	25_F1W			0,95	4	12
	26_F2W			0,8	4,5	24
	27_F3W			0,95	4,5	9
	28_F4W			0,75	5	13
	29_SA			0,8	4,5	17
	30_AS			0,8	4,5	18
	31_DD			0,8	4,5	23
	32_HH			0,95	4,5	7,5
	33_SS			0,8	3	8

Anhang 5: EVA-Parameter

Mo- dus	Nachfra- geschicht	Aufwand	Matrix- Nr.	a	b	c
Pkw	01_WA	Reisezeit Pkw	65	0,45	5,5	14
	02_WD			0,45	5,5	19
	03_WK			0,85	4,5	5
	04_WG			0,9	4	5
	05_WO			0,7	4	7
	06_WB			0,5	5	15
	07_WH			0,75	5	20
	08_WE			0,85	8	12
	09_WM			0,7	6	7
	10_WPE			0,6	5	11
	11_WF1			0,6	4,6	10
	12_WF2			0,6	4,5	20
	13_WF3			0,85	4,5	8
	14_WF4			0,65	4,5	9
	15_AW			0,45	5,5	15
	16_DW			0,45	5,5	20
	17_KW			0,85	4,5	5
	18_GW			0,9	4	5
	19_OW			0,7	4	7
	20_BW			0,5	5	14
	21_HW			0,75	5	18
	22_EW			0,85	8	11
	23_MW			0,7	6	7
	24_PEW			0,6	5	11
	25_F1W			0,6	4,6	10
	26_F2W			0,6	4,5	20
	27_F3W			0,85	4,5	8
	28_F4W			0,65	4,5	8
	29_SA			0,5	8	19
	30_AS			0,5	8	18
	31_DD			0,7	4,5	20
	32_HH			0,65	4,5	12
	33_SS			0,5	6	10

Anhang 5: EVA-Parameter

Mo- dus	Nachfra- geschicht	Aufwand	Matrix- Nr.	a	b	c
Pkw	01_WA	Kosten Pkw	63	0,5	4	6
	02_WD			0,5	4	5,5
	03_WK			0,6	4	5
	04_WG			0,6	4	2
	05_WO			0,6	4	4
	06_WB			0,6	4	9
	07_WH			0,6	4	7
	08_WE			0,5	4	5
	09_WM			0,5	4	8
	10_WPE			1,2	1	2
	11_WF1			1,2	1	2
	12_WF2			1,3	1	1
	13_WF3			1,2	1	5
	14_WF4			0,6	4	6
	15_AW			0,5	4	6
	16_DW			0,5	4	5,5
	17_KW			0,6	4	5
	18_GW			0,6	4	2
	19_OW			0,6	4	4
	20_BW			0,6	4	9
	21_HW			0,6	4	7
	22_EW			0,5	4	5
	23_MW			0,5	4	8
	24_PEW			1,2	1	2
	25_F1W			1,2	1	2
	26_F2W			1,2	1	1
	27_F3W			1,2	1	5
	28_F4W			0,6	4	6
	29_SA			0,3	4	17
	30_AS			0,3	4	18
	31_DD			0,5	4	5,5
	32_HH			0,6	4	7
	33_SS			0,6	4	7

Anhang 5: EVA-Parameter

Mo- dus	Nachfra- geschicht	Aufwand	Matrix- Nr.	a	b	c
ÖV	01_WA	Abgangszeit ÖV	72	1	4	10,5
	02_WD			1	4	11,5
	03_WK			1	4	8
	04_WG			1	4	9
	05_WO			1	4	12
	06_WB			1	4	16
	07_WH			1	4	12
	08_WE			1	4	6
	09_WM			1	4	9
	10_WPE			1	4	8
	11_WF1			1	4	7,5
	12_WF2			0,6	4	10
	13_WF3			1	4	8
	14_WF4			1	4	9
	15_AW			1	4	10,5
	16_DW			1	4	11,5
	17_KW			1	4	8
	18_GW			1	4	9
	19_OW			1	4	12
	20_BW			1	4	16
	21_HW			1	4	12
	22_EW			1	4	6
	23_MW			1	4	9
	24_PEW			1	4	8
	25_F1W			1	4	7,5
	26_F2W			0,8	4	10
	27_F3W			1	4	8
	28_F4W			1	4	9
	29_SA			1	4	12
	30_AS			1	4	12
	31_DD			1	4	16
	32_HH			1	4	16
	33_SS			1	4	12

Anhang 5: EVA-Parameter

Mo- dus	Nachfra- geschicht	Aufwand	Matrix- Nr.	a	b	c
ÖV	01_WA	Bedienungshäufigkeit	73	0,2	5	14
	02_WD			0,2	5	14
	03_WK			0,2	8	14
	04_WG			0,1	4	18
	05_WO			0,1	6	16
	06_WB			0,1	8	18
	07_WH			0,2	7	20
	08_WE			0,2	6	14
	09_WM			0,2	7,5	15
	10_WPE			0,2	7	14
	11_WF1			0,2	5	15
	12_WF2			0,2	3	16
	13_WF3			0,2	7	14
	14_WF4			0,2	8	13
	15_AW			0,2	5	14
	16_DW			0,2	5	14
	17_KW			0,2	8	14
	18_GW			0,1	4	18
	19_OW			0,1	6	16
	20_BW			0,1	8	18
	21_HW			0,2	7	20
	22_EW			0,2	6	14
	23_MW			0,2	7,5	15
	24_PEW			0,2	7	14
	25_F1W			0,2	5	15
	26_F2W			0,2	3	16
	27_F3W			0,2	7	14
	28_F4W			0,2	8	13
	29_SA			0,2	5	14
	30_AS			0,2	6	10
	31_DD			0,2	6	16
	32_HH			0,2	6	20
	33_SS			0,2	5,5	13

Anhang 5: EVA-Parameter

Mo- dus	Nachfra- geschicht	Aufwand	Matrix- Nr.	a	b	c
ÖV	01_WA	Reisezeit ÖV	97	0,55	3	47
	02_WD			0,6	4	43,1
	03_WK			0,6	4	17
	04_WG			0,75	4	12
	05_WO			0,7	4	12
	06_WB			0,7	4	22
	07_WH			0,6	4,5	19
	08_WE			0,6	4	15
	09_WM			0,4	5	10
	10_WPE			0,55	4,5	25
	11_WF1			0,5	4,5	52
	12_WF2			0,5	4,5	55
	13_WF3			0,6	4	15
	14_WF4			0,3	3	24
	15_AW			0,55	3	50
	16_DW			0,6	4	43,1
	17_KW			0,6	4	25
	18_GW			0,75	4	14
	19_OW			0,6	4	14
	20_BW			0,7	4	25
	21_HW			0,6	4,5	19
	22_EW			0,6	4	18
	23_MW			0,4	5	10
	24_PEW			0,55	4,5	25
	25_F1W			0,5	4,5	48
	26_F2W			0,5	4,5	53
	27_F3W			0,6	4	15
	28_F4W			0,3	4	30
	29_SA			0,3	6	30
	30_AS			0,3	6	40
	31_DD			0,6	4	25
	32_HH			0,65	4,5	11
	33_SS			0,2	6	25

Anhang 5: EVA-Parameter

Mo- dus	Nachfra- geschicht	Aufwand	Matrix- Nr.	a	b	c
ÖV	01_WA	Kosten ÖV	77	0,8	3,5	6,5
	02_WD		77	0,9	3,5	5,5
	03_WK		77	0,8	4	4,5
	04_WG		85	0,8	3	1,7
	05_WO		86	0,8	3	1,7
	06_WB		87	0,8	3	1,7
	07_WH		77	0	1	1
	08_WE		77	0,8	4	4,5
	09_WM		77	0,8	4	4,5
	10_WPE		77	0,8	4	4,5
	11_WF1		77	0,7	3,5	7,5
	12_WF2		77	0,7	3,5	7,5
	13_WF3		77	0,7	3,5	7,5
	14_WF4		77	0,9	3,5	6
	15_AW		78	0,8	3,5	6,5
	16_DW		78	0,9	3,5	4,5
	17_KW		78	0,8	4	3,5
	18_GW		85	0,8	3	1,7
	19_OW		86	0,8	3	1,7
	20_BW		87	0,8	3	1,7
	21_HW		78	0	1	1
	22_EW		78	0,8	4	4,5
	23_MW		78	0,8	4	4,5
	24_PEW		78	0,8	4	4,5
	25_F1W		78	0,7	3,5	7,5
	26_F2W		78	0,7	3,5	7,5
	27_F3W		78	0,7	3,5	7,5
	28_F4W		78	0,9	3,5	6
	29_SA		79	0,9	3,5	6
	30_AS		79	0,9	5	3,5
	31_DD		79	0	1	1
	32_HH		79	0	1	1
	33_SS		79	0,85	3,5	6

Anhang 5: EVA-Parameter

Mo- dus	Nachfra- geschicht	Aufwand	Matrix- Nr.	a	b	c
ÖV	01_WA	Umsteigehäufigkeit	74	0,5	5	0,82
	02_WD			0,5	5	0,82
	03_WK			0,6	6	0,6
	04_WG			0,6	6	0,6
	05_WO			0,5	5	0,85
	06_WB			0,5	5	0,8
	07_WH			0,5	5	0,8
	08_WE			0,5	6	0,4
	09_WM			0,5	5	0,82
	10_WPE			0,5	5	0,7
	11_WF1			0,5	4,5	0,8
	12_WF2			0,5	4,5	1,2
	13_WF3			0,5	4,5	0,8
	14_WF4			0,5	5	0,45
	15_AW			0,55	4,5	0,95
	16_DW			0,5	5	0,82
	17_KW			0,6	6	0,6
	18_GW			0,6	6	0,6
	19_OW			0,5	5	0,85
	20_BW			0,5	5	0,8
	21_HW			0,5	5	0,8
	22_EW			0,5	6	0,4
	23_MW			0,5	5	0,82
	24_PEW			0,5	5	0,7
	25_F1W			0,5	4,5	0,8
	26_F2W			0,5	4,5	1,1
	27_F3W			0,5	4,5	0,8
	28_F4W			0,5	5	0,45
	29_SA			0,5	5	0,82
	30_AS			0,5	5	0,82
	31_DD			0,6	6	0,78
	32_HH			0,5	6	0,8
	33_SS			0,65	5	0,7

Anhang 5: EVA-Parameter

Mo- dus	Nachfra- geschicht	Aufwand	Matrix- Nr.	a	b	c
ÖV	01_WA	Zugangszeit ÖV	71	1	4	9,5
	02_WD			1	4	11,5
	03_WK			1	4	8
	04_WG			1	4	9
	05_WO			1	4	12
	06_WB			1	4	16
	07_WH			1	4	12
	08_WE			1	4	6
	09_WM			1	4	9
	10_WPE			1	4	8
	11_WF1			1	4	7,5
	12_WF2			0,8	4	10
	13_WF3			1	4	8
	14_WF4			1	4	9
	15_AW			1	4	10,5
	16_DW			1	4	11,5
	17_KW			1	4	8
	18_GW			1	4	9
	19_OW			1	4	12
	20_BW			1	4	16
	21_HW			1	4	12
	22_EW			1	4	6
	23_MW			1	4	9
	24_PEW			1	4	8
	25_F1W			1	4	7,5
	26_F2W			0,6	4	10
	27_F3W			1	4	8
	28_F4W			1	4	9
	29_SA			1	4	12
	30_AS			1	4	12
	31_DD			1	4	16
	32_HH			1	4	16
	33_SS			1	4	12

Tabelle 0.2: Nachfragerrelevante EVA-Bewertungen

Anhang 6: Besetzungsgrad

Anhang 6: Besetzungsgrad gemäß SrV 2018

NSchichtCode	Matrix-Nr.	Besetzungsgrad [P/Pkw]
01_WA	502	1,05
02_WD	506	1,06
03_WK	510	2,04
04_WG	514	2,17
05_WO	518	1,90
06_WB	522	1,00
07_WH	536	1,00
08_WE	530	1,28
09_WM	534	1,39
10_WPE	538	1,36
11_WF1	542	1,32
12_WF2	546	1,45
13_WF3	550	1,45
14_WF4	554	1,46
15_AW	558	1,04
16_DW	562	1,05
17_KW	566	2,07
18_GW	570	2,24
19_OW	574	1,61
20_BW	578	1,08
21_HW	582	1,29
22_EW	286	1,25
23_MW	590	1,33
24_PEW	594	1,37
25_F1W	598	1,34
26_F2W	602	1,48
27_F3W	606	1,45
28_F4W	610	1,43
29_SA	614	1,13
30_AS	618	1,16
31_DD	622	1,11
32_HH	626	2,00
33_SS	630, 634	1,48

Tabelle 0.3: Besetzungsgrad

Anhang 7: Liste der Matrizen

Anhang 7: Liste der Matrizen

Datei: „A07_Liste der Matrizen.xlsx“

Anhang 8: Attributeliste

Datei: „A08_Attributeliste.xlsx“

Benutzerdefinierte Attribute werden stets verwendet, wenn zusätzliche Informationen, Parameter oder Variablen über die VISUM-internen Attribute benötigt werden. Die Verwendung von benutzerdefinierten Attributen ist in jedem Schritt der Berechnung der Verkehrsnachfrage von Relevanz.

Anhang 9: Umlegungsbilder Analyse 2019

Anhang 9: Umlegungsbilder Analyse 2019

Dateien: „A09a_Umlegung-MIV_Analyse-2019.pdf“
„A09b_Umlegung-ÖV_Analyse-2019.pdf“

Anhang 10: Umlegungsbilder Prognose 2035

Anhang 10: Umlegungsbilder Prognose 2035

Dateien: „A10a_Umlegung-MIV_Prognose-2035.pdf“
„A10b_Umlegung-ÖV_Prognose-2035.pdf“