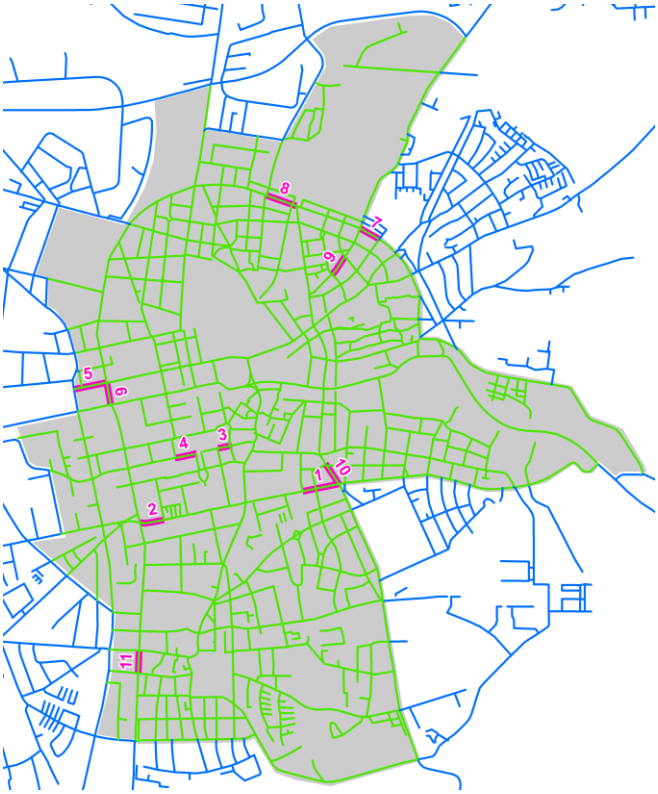
Endbericht

Wirkungsanalyse verkehrsbezogener Maßnahmen in Darmstadt durch Modellierung



für das

Hessische Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz (HMUELV)
Mainzer Str. 80
65189 Wiesbaden

von

IVU Umwelt GmbH
Emmy-Noether-Str. 2
79110 Freiburg

und

Habermehl & Follmann Ingenieurgesellschaft mbH
Frankfurter Straße 79
63110 Rodgau

Endbericht

Wirkungsanalyse verkehrsbezogener Maßnahmen in Darmstadt durch Modellierung

für das

Hessische Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz (HMUELV)
Mainzer Str. 80
65189 Wiesbaden

Bearbeitet von:

Florian Pfäfflin
Yvonne Breitenbach
Anna Mahlau
Dr. Lina Neunhäuserer

IVU Umwelt GmbH
Emmy-Noether-Str. 2
D-79110 Freiburg
Tel: +49 (0) 761 / 88 85 12 - 0
Fax: +49 (0) 761 / 88 85 12 - 12
info@ivu-umwelt.de
www.ivu-umwelt.de

und

Sebastian Wilhelm
Philipp Tsangos

Habermehl & Follmann Ingenieurgesellschaft mbH
Frankfurter Straße 79
63110 Rodgau

als Unterauftragnehmer

Vorgelegt am 18.03.2014

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

1	**Einführung**	**9**
2	**Untersuchungsgebiet**	**11**
3	**Daten**	**15**
3.1	Verkehr	15
3.1.1	Hauptstraßennetz	15
3.1.2	Verkehrsmodell	15
3.2	Bebauung	17
3.3	Gelände	17
3.4	Meteorologie	17
4	**Methodik**	**19**
4.1	Verkehrliche Wirkungsabschätzungen	19
4.2	Emissionsmodellierung	19
4.3	Abschätzung der Wirkung auf die Luftschadstoffbelastung	20
4.3.1	Stadtweite Modellierung	20
4.3.2	Mikroskalige Detailmodellierung	21
4.3.3	Vorbelastung	22
4.3.4	Gesamtbelastung	22
5	**Istfall 2012**	**25**
5.1	Aktualisierung Verkehrsmodell	25
5.2	Aufbereitung Hauptstraßennetz	25
5.2.1	Verknüpfung mit Verkehrsmodell	25
5.2.2	Ergänzung Bus-Verkehre	25
5.2.3	Untergeordnete Strecken	26
5.2.4	Weitere Attributierung für die Emissionsmodellierung	28
5.2.5	Flottenzusammensetzung	29
5.3	Emissionsberechnung im Istfall 2012	31
5.4	Immissionsmodellierung im Istfall 2012	32
5.4.1	Stadtweite Immissionsmodellierung	32
5.4.2	Detailmodellierung	34
5.4.3	Gesamtbelastung	36
5.4.4	Vergleich mit Messwerten	59
6	**Prognosenullfall 2015**	**63**
6.1	Verkehrsdaten	63
6.2	Flottenzusammensetzung	65
6.3	Emissionsmodellierung	65
6.4	Immissionsmodellierung	67

7	**Maßnahmen**	**71**
7.1	Ausweitung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots auf Lkw-Fahrten von und in die Landkreise Darmstadt-Dieburg und Odenwald	71
7.1.1	Verkehrliche Wirkung	71
7.1.2	Emissionsmodellierung	73
7.1.3	Wirkung der Maßnahme auf die Immissionsbelastung	74
7.2	Einrichtung einer Umweltzone im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone in Darmstadt ab dem 1. Januar 2015 mit Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots	77
7.2.1	Umweltzone	77
7.2.2	Verkehrlichen Wirkung	80
7.2.3	Anpassung der Flotte für die Umweltzone	80
7.2.4	Emissionsmodellierung	80
7.2.5	Wirkung der Maßnahme auf die Immissionsbelastung	82
7.3	Einrichtung einer Umweltzone im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone in Darmstadt ab dem 1. Januar 2015 ohne Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots	85
7.3.1	Verkehrliche Wirkung	85
7.3.2	Emissionsmodellierung	85
7.3.3	Wirkung der Maßnahme auf die Immissionsbelastung	87
7.4	Einrichtung einer Umweltzone im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone in Darmstadt ab dem 1. Januar 2015 mit Berücksichtigung eines ausgeweiteten Lkw-Durchfahrtsverbots	90
7.4.1	Verkehrliche Wirkung	90
7.4.2	Emissionsmodellierung	90
7.4.3	Wirkung der Maßnahme auf die Immissionsbelastung	91
7.5	Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung an ca. 10 Lichtsignalanlagen im Bereich der Kasino- und Hindenburgstraße	94
7.5.1	Verkehrliche Wirkung	94
7.5.2	Emissionsmodellierung	97
7.5.3	Wirkung der Maßnahme auf die Immissionsbelastung	98
7.6	Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung in der gesamten Innenstadt	99
7.6.1	Verkehrliche Wirkung	99
7.6.2	Emissionsmodellierung	99
7.6.3	Wirkung der Maßnahme auf die Immissionsbelastung	101
7.7	Einführung einer City-Maut im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone	103
7.7.1	Verkehrliche Wirkung	103
7.7.2	Emissionsmodellierung	103
7.7.3	Wirkung der Maßnahme auf die Immissionsbelastung	104
7.8	Aufstellung bzw. Schaltung von Pförtnerampeln	107
7.8.1	Verkehrliche Wirkung	107
7.8.2	Emissionsmodellierung	109
7.8.3	Wirkung der Maßnahme auf die Immissionsbelastung	110
7.9	Einhaltung des Stickstoffdioxidgrenzwerts an der Messstation Darmstadt-Hügelstraße	112

8 Zusammenfassung 115

9 Quellenverzeichnis 119

A Anhang Hügelstraße 123

A.1 Räumliche Verteilung der Emissionen des City-Tunnels 123

A.2 Vergleich mit Messwerten 123

A B B I L D U N G S V E R Z E I C H N I S

Abbildung 2-1:	Lage der potentiellen Belastungsschwerpunkte	12
Abbildung 2-2:	Untersuchungsgebiet	14
Abbildung 3-1:	Maßnahmenwirksamer Bereich des Verkehrsmodells	16
Abbildung 3-2:	Ausbreitungsklassenzeitreihe der Station Riedstadt	18
Abbildung 4-1:	Statistischer Zusammenhang zwischen PM10-Jahresmittelwert und Anzahl Tage mit einem PM10-Tagesmittelwert > 50 µg/m³	24
Abbildung 5-1:	Quartierseinteilung für überschlägige Verkehrsabschätzung des untergeordneten Straßennetzes	27
Abbildung 5-2:	Innerortsflotte nach Euro-Normen im Istfall	30
Abbildung 5-3:	Modellgebiet der stadtweiten Modellierung	33
Abbildung 5-4:	Modell- und Untersuchungsgebiete der Detailmodellierungen	35
Abbildung 5-5:	NO_2-Jahresmittelwerte Belastungsschwerpunkte 1 und 10	41
Abbildung 5-6:	NO_2-Jahresmittelwerte Belastungsschwerpunkt 2	42
Abbildung 5-7:	NO_2-Jahresmittelwerte Belastungsschwerpunkte 3 und 4	42
Abbildung 5-8:	NO_2-Jahresmittelwerte Belastungsschwerpunkte 5 und 6	43
Abbildung 5-9:	NO_2-Jahresmittelwerte Belastungsschwerpunkt 7	44
Abbildung 5-10:	NO_2-Jahresmittelwerte Belastungsschwerpunkt 8	44
Abbildung 5-11:	NO_2-Jahresmittelwerte Belastungsschwerpunkt 9	45
Abbildung 5-12:	NO_2-Jahresmittelwerte Belastungsschwerpunkt 11	46
Abbildung 5-13:	PM10-Jahresmittelwerte Belastungsschwerpunkte 1 und 10	47
Abbildung 5-14:	PM10-Jahresmittelwerte Belastungsschwerpunkt 2	48
Abbildung 5-15:	PM10-Jahresmittelwerte Belastungsschwerpunkte 3 und 4	48
Abbildung 5-16:	PM10-Jahresmittelwerte Belastungsschwerpunkte 5 und 6	49
Abbildung 5-17:	PM10-Jahresmittelwerte Belastungsschwerpunkt 7	50
Abbildung 5-18:	PM10-Jahresmittelwerte Belastungsschwerpunkt 8	50
Abbildung 5-19:	PM10-Jahresmittelwerte Belastungsschwerpunkt 9	51
Abbildung 5-20:	PM10-Jahresmittelwerte Belastungsschwerpunkt 11	52
Abbildung 5-21:	PM2.5-Jahresmittelwerte Belastungsschwerpunkte 1 und 10	53
Abbildung 5-22:	PM2.5-Jahresmittelwerte Belastungsschwerpunkt 2	54
Abbildung 5-23:	PM2.5-Jahresmittelwerte Belastungsschwerpunkte 3 und 4	54
Abbildung 5-24:	PM2.5-Jahresmittelwerte Belastungsschwerpunkte 5 und 6	55
Abbildung 5-25:	PM2.5-Jahresmittelwerte Belastungsschwerpunkt 7	56
Abbildung 5-26:	PM2.5-Jahresmittelwerte Belastungsschwerpunkt 8	56
Abbildung 5-27:	PM2.5-Jahresmittelwerte Belastungsschwerpunkt 9	57
Abbildung 5-28:	PM2.5-Jahresmittelwerte Belastungsschwerpunkt 11	58
Abbildung 5-29:	NO_2-Jahresmittelwerte Belastungsschwerpunkte 3 und 4 in 2 - 4 m Höhe	59
Abbildung 5-30:	PM10-Jahresmittelwerte Belastungsschwerpunkten 3 und 4 in 2 - 4 m Höhe	60
Abbildung 6-1:	Berücksichtigte indisponible Maßnahmen bis 2015	64
Abbildung 6-2:	Verteilung der Innerortsflotte nach Euro-Normen im Prognose-nullfall 2015	65
Abbildung 7-1:	Gebiet des Lkw-Durchfahrtsverbots mit Hauptstraßennetz	72
Abbildung 7-2:	Plakettenverteilung der Innerortsflotte im Prognosenullfall 2015	78
Abbildung 7-3:	Geplante Umweltzone	79
Abbildung 7-4:	Übersicht der betrachteten LSA im Bereich Hindenburg- und Kasinostr.	96
Abbildung 7-5:	Übersichtsplan der Pförtnerampeln mit zugehörigem Einfluss-bereich	108

T A B E L L E N V E R Z E I C H N I S

Tabelle 4-1:	Vorbelastung	22
Tabelle 5-1:	Verkehrssituation und -qualität in den Belastungsschwerpunkten	29
Tabelle 5-2:	Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet 2012	31
Tabelle 5-3:	Emissionen der Belastungsabschnitte 2012	31
Tabelle 5-4:	Immissionen an den Referenzpunkten der Belastungsschwerpunkte 2012	38
Tabelle 5-5:	Vergleich von Modellwerten mit Messwerten an der Station Hügelstraße 2012	60
Tabelle 5-6:	Messwerte der Stationen Hügelstraße und Darmstadt 2008 bis 2013	61
Tabelle 6-1:	Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet 2015	66
Tabelle 6-2:	Emissionen der Belastungsabschnitte 2015	67
Tabelle 6-3:	Immissionen an den Referenzpunkten der Belastungsschwerpunkte 2015	68
Tabelle 7-1:	Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet mit Maßnahme „Ausweitung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“	73
Tabelle 7-2:	Emissionen der Belastungsabschnitte mit Maßnahme „Ausweitung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“	74
Tabelle 7-3:	Immissionen an den Referenzpunkten der Belastungsschwerpunkte mit Maßnahme „Ausweitung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“	75
Tabelle 7-4:	Schadstoffgruppen und Anforderungen für die einzelnen Plaketten gemäß Kennzeichnungsverordnung	77
Tabelle 7-5:	Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet mit Maßnahme „Umweltzone mit Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“	81
Tabelle 7-6:	Emissionen der Belastungsabschnitte mit Maßnahme „Umweltzone mit Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“	81
Tabelle 7-7:	Immissionen an den Referenzpunkten mit Maßnahme „Umweltzone mit Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“	83
Tabelle 7-8:	Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet mit Maßnahme „Umweltzone ohne Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“	86
Tabelle 7-9:	Emissionen der Belastungsabschnitte mit Maßnahme „Umweltzone ohne Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“	86
Tabelle 7-10:	Immissionen an den Referenzpunkten mit Maßnahme „Umweltzone ohne Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“	88
Tabelle 7-11:	Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet mit Maßnahme „Umweltzone mit Berücksichtigung eines ausgeweiteten Lkw-Durchfahrtsverbots“	90
Tabelle 7-12:	Emissionen der Belastungsabschnitte mit Maßnahme „Umweltzone mit Berücksichtigung eines ausgeweiteten Lkw-Durchfahrtsverbots“	91

Tabelle 7-13: Immissionen an den Referenzpunkten der Belastungsschwerpunkte mit Maßnahme „Umweltzone mit Berücksichtigung eines ausgeweiteten Lkw-Durchfahrtsverbots“ 92
Tabelle 7-14: Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet mit Maßnahme „Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung an ca. 10 Lichtsignalanlagen im Bereich der Kasino- und Hindenburgstraße“ 97
Tabelle 7-15: Emissionen der Belastungsabschnitte mit Maßnahme „Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung an ca. 10 Lichtsignalanlagen im Bereich der Kasino- und Hindenburgstraße“ 97
Tabelle 7-16: Immissionen an den Referenzpunkten der Belastungsschwerpunkte mit Maßnahme „Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung an ca. 10 Lichtsignalanlagen im Bereich der Kasino- und Hindenburgstraße“ 98
Tabelle 7-17: Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet mit Maßnahme „Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung in der gesamten Innenstadt“ 100
Tabelle 7-18: Emissionen der Belastungsabschnitte mit Maßnahme „Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung in der gesamten Innenstadt“ 101
Tabelle 7-19: Immissionen an den Referenzpunkten der Belastungsschwerpunkte mit Maßnahme „Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung in der gesamten Innenstadt“ 102
Tabelle 7-20: Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet mit Maßnahme „Einführung einer City-Maut im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone“ 103
Tabelle 7-21: Emissionen der Belastungsabschnitte mit Maßnahme „Einführung einer City-Maut im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone“ 104
Tabelle 7-22: Immissionen an den Referenzpunkten der Belastungsschwerpunkte mit Maßnahme „Einführung einer City-Maut im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone“ 105
Tabelle 7-23: Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet mit Maßnahme „Aufstellung bzw. Schaltung von Pförtnerampeln“ 109
Tabelle 7-24: Emissionen der Belastungsabschnitte mit Maßnahme „Aufstellung bzw. Schaltung von Pförtnerampeln“ 110
Tabelle 7-25: Immissionen an den Referenzpunkten der Belastungsschwerpunkte mit Maßnahme „Aufstellung bzw. Schaltung von Pförtnerampeln“ 111
Tabelle 8-1: Änderungen der Gesamtbelastungen mit den Maßnahmen gegenüber dem Prognosenullfall 117

1 Einführung

In Darmstadt werden an der Messstation Darmstadt-Hügelstraße regelmäßig die Immissionsgrenzwerte der 39. BImSchV (2010) bzw. der ihr zugrunde liegenden Luftqualitätsrichtlinie (EU, 2008) für Stickstoffdioxid (NO_2) und an manchen Jahren auch der Kurzzeitgrenzwert für Feinstaub (PM10) überschritten. Daneben gibt es mehrere Verdachtsfälle für potentielle Grenzwertüberschreitungen in weiteren Straßenzügen. Für die zweite Fortschreibung des Luftreinhalteplans für den Ballungsraum Rhein-Main, Teilplan Darmstadt, sollten die neun verkehrsbezogene Maßnahmen

- Ausweitung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots auf Lkw-Fahrten von und in die Landkreise Darmstadt-Dieburg und Odenwald,
- Einrichtung einer Umweltzone im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone in Darmstadt ab dem 1. Januar 2015 mit Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots,
- Einrichtung einer Umweltzone im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone in Darmstadt ab dem 1. Januar 2015 ohne Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots,
- Einrichtung einer Umweltzone im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone in Darmstadt ab dem 1. Januar 2015 mit Berücksichtigung eines ausgeweiteten Lkw-Durchfahrtsverbots,
- Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung an ca. 10 Lichtsignalanlagen im Bereich der Kasino- und Hindenburgstraße,
- Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung in der gesamten Innenstadt,
- Einführung einer City-Maut im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone und
- Aufstellung bzw. Schaltung von Pförtnerampeln

in ihrer Wirkung auf die Emissions- und Immissionssituation von NO_2, PM10 und PM2.5 untersucht werden.

Ursprünglich war seitens des Auftraggebers angedacht, die „Einführung eines alternierenden Fahrverbots für Pkw (gerade und ungerade Kennzeichen im Wechsel) im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone)“ zu untersuchen. Dazu sollte die Abschätzung der verkehrlichen Wirkung auf Basis der Erfahrungen in Bozen abgeschätzt werden und durch eine entsprechende pauschale Reduktion der Verkehrsbelastung im fraglichen Gebiet abgebildet werden.

Entsprechende Anfragen in Bozen ergaben, dass diese Maßnahme dort nur temporär für eine kurze Zeit eingeführt und schnell wieder abgesetzt wurde. Veröffentlichungen zu der Maßnahme liegen nicht vor und eine Untersuchung oder Abschätzung der Wirkung ist nicht erfolgt, so dass auch intern keine belastbaren Zahlen vorliegen. Nach der dortigen kurzen Erfahrung ist die Wirkung der Maßnahme tendenziell gering, da viele Haushalte ohnehin mehr als ein Kfz zur Verfügung haben (auch wenn von denen zunächst nicht alle mindestens ein gerades und ein ungerades Kennzeichen aufweisen) und sich die Menschen an diese Regelung z. T. auch anpassen und ihren Alltag gegebenenfalls so umorganisieren, dass wichtige Fahrten auf die jeweils erlaubten Tage verlegt werden. Zudem scheint diese Maßnahme auch von der Bevölkerung nicht gut akzeptiert zu werden, weil sie sich nicht am Schadstoffausstoß der Fahrzeuge orientiert. Vor diesem Hintergrund und aufgrund der Tatsache, dass in Deutschland keinerlei Rechtsgrundlage vorliegt, auf deren Basis eine solche Maßnahme eingeführt werden

könnte, wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber entschieden, diese Maßnahme nicht weiter zu untersuchen.

In Kapitel 2 sind die zu betrachtenden Belastungsschwerpunkte aufgeführt und das sich daraus ergebende Untersuchungsgebiet dargestellt. In Kapitel 3 findet sich eine Beschreibung der grundlegenden Daten, die für das Projekt zur Verfügung standen und verwendet wurden.

Die eingesetzte Methodik ist in Kapitel 4 dargestellt. Zur Bearbeitung war die Verwendung und Verzahnung verschiedener Betrachtungs- und Modellierungsansätze erforderlich. Zahlreiche Fragestellungen erforderten Aussagen aus dem Gebiet der Verkehrsplanung und -modellierung, die in Abschnitt 4.1 beschrieben sind. Die Modellierung der Kfz-bedingten Emissionen ist in Abschnitt 4.2 dargestellt. Die Abschätzung der Wirkung auf die Luftschadstoffbelastung ist in Abschnitt 4.3 zusammengefasst.

Grundlage der Arbeiten war ein Verkehrsnetz der Stadt Darmstadt, auf dessen Basis die Emissions- und Immissionsberechnungen für das Bezugsjahr 2012 (s. Kapitel 5) und die Fortschreibungen für den Prognosenullfall 2015 mit den entsprechenden Emissions- und Immissionsberechnungen, wie in Kapitel 6 dargestellt, durchgeführt wurden.

Für die Abschätzung der Wirkung der einzelnen Maßnahmen in Kapitel 7 wurde – wo erforderlich – zunächst eine Abschätzung der verkehrlichen Wirkungen auf Basis eines Verkehrsmodells für die Stadt Darmstadt (VU Westranderschließung) erstellt und daran anschließend die emissions- und immissionsseitigen Auswirkungen modelliert und diese zur Bewertung zum Prognosenullfall in Beziehung gesetzt.

Da sowohl das Hauptstraßennetz insgesamt als auch einzelne Belastungsschwerpunkte im Detail zu untersuchen waren und dabei die Wirkungen sowohl stadtweiter als auch kleinräumiger, nur lokal wirkender, Maßnahmen abzuschätzen waren, wurde die Immissionsmodellierung zweistufig als

- stadtweite Schadstoffmodellierung auf Basis des Verkehrsnetzes und als
- detaillierte mikroskalige Modellierungen in den Belastungsschwerpunkten

durchgeführt.

Alle Wirkungsuntersuchungen basieren dabei auf Untersuchung der Änderung des Jahresmittelwerts der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken und -zusammensetzungen, der Verkehrsqualität, der sich damit ergebenden Emissionen des Kfz-Verkehrs sowie der resultierenden Luftschadstoffbelastungen.

Anmerkung:

Im Text wird der Punkt als Dezimaltrennzeichen verwendet.

2 Untersuchungsgebiet

Seitens des Auftraggebers wurde vorgegeben, die elf folgenden potentiellen Belastungsschwerpunkte (Hotspots) detailliert zu untersuchen:

1. Heinrichstraße zwischen Nieder-Ramstädter-Straße und Grüner Weg,
2. Heinrichstraße zwischen Heidelberger Straße und Staufenbergstraße,
3. Hügelstraße zwischen Tunnelausfahrt (Wilhelm-Glässing-Straße) und Schützenstraße,
4. Hügelstraße zwischen Tunneleinfahrt und Zimmerstraße,
5. Bleichstraße zwischen Kasinostraße und Steubenplatz,
6. Kasinostraße zwischen Bleichstraße und Rheinstraße,
7. Spessartring zwischen Kranichsteiner Straße und Gutenbergstraße,
8. Rhönring zwischen Arheilger Straße und Pankratiusstraße,
9. Kranichsteiner Straße zwischen Taunusstraße und Lichtenbergstraße,
10. Nieder-Ramstädter-Straße zwischen Kiesstraße und Heinrichstraße sowie
11. Heidelberger Straße zwischen Bessunger Straße und Sandbergstraße.

Aus der Lage dieser 11 potentiellen Belastungsschwerpunkte, die in Abbildung 2-1 dargestellt sind, ergaben sich zunächst die Untersuchungsgebiete für die Modellierung mit dem Detailmodell (s. Abschnitt 5.4.2).

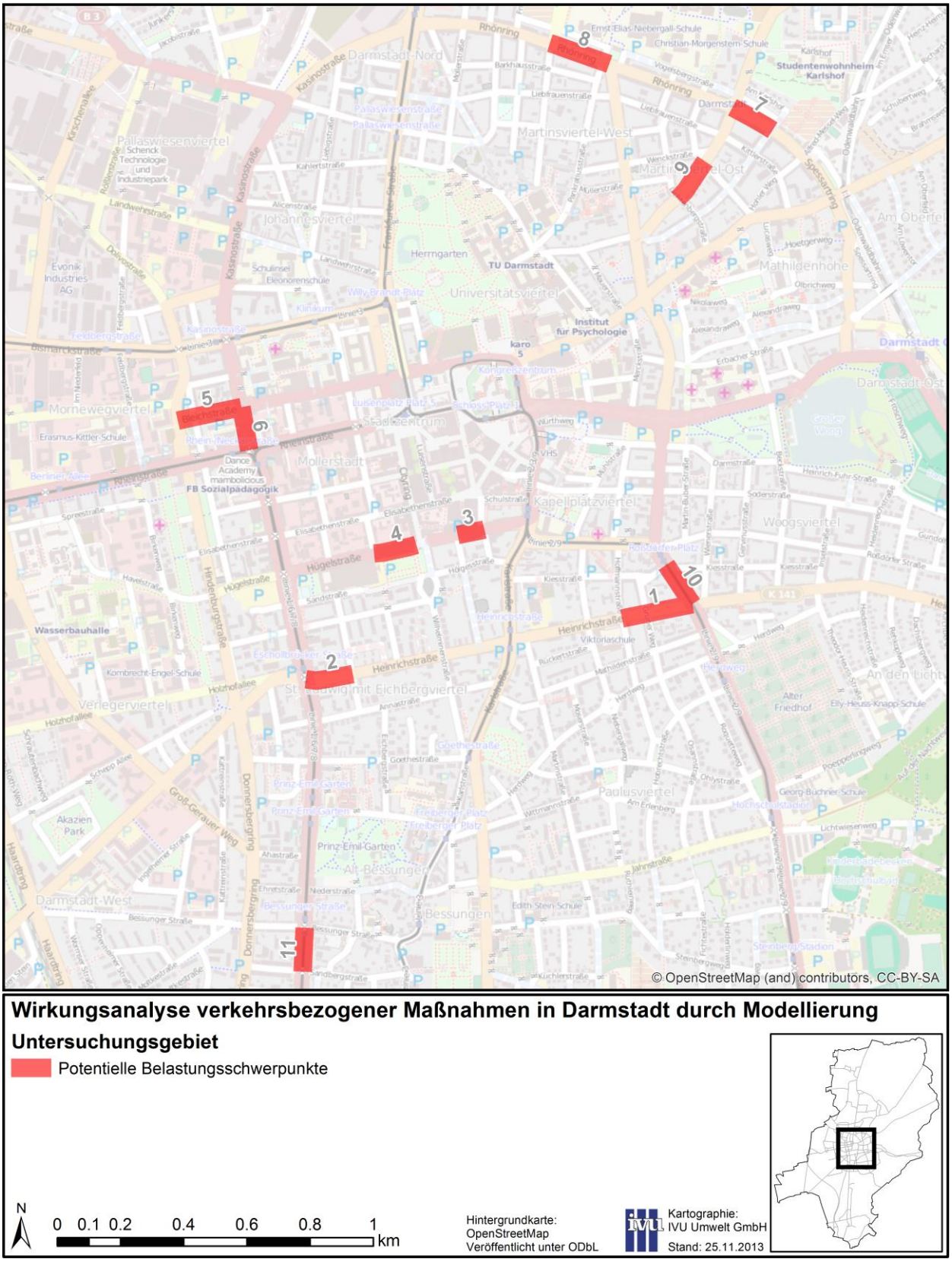


Abbildung 2-1: Lage der potentiellen Belastungsschwerpunkte

Das Untersuchungsgebiet für die stadtweite Modellierung zur räumlichen Differenzierung der Vorbelastung und zur Abschätzung des Einflusses großräumig wirkender Maßnahmen ergibt sich damit zum einen als Umhüllende um die Untersuchungsgebiete der Detailmodellierungen. Zum anderen wird es durch die Ausdehnung des maßnahmenwirksamen Bereichs des Verkehrsmodells begrenzt, innerhalb dessen sich die geplanten verkehrlichen Maßnahmen potentiell auswirken (s. Abschnitt 3.1.2). So wurde als Untersuchungsgebiet für die stadtweite Modellierung ein 10 · 10 km² großes Gebiet definiert, das in Abbildung 2-2 zusammen mit dem grundlegenden Verkehrsnetz (s. Abschnitt 3.1.1) dargestellt ist.

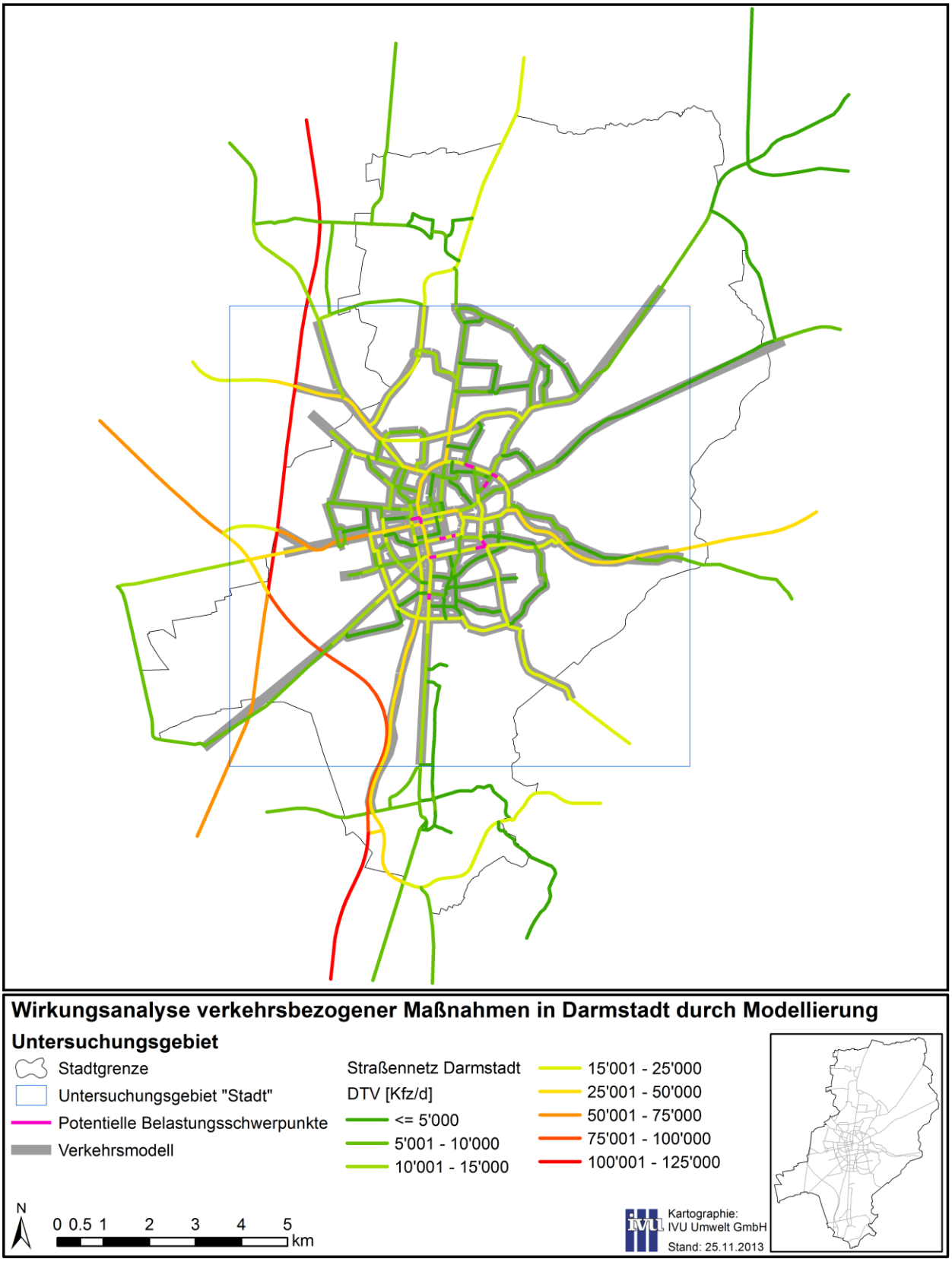


Abbildung 2-2: Untersuchungsgebiet

3 Daten

3.1 Verkehr

3.1.1 Hauptstraßennetz

Als Grundlage der Arbeiten wurde von der Stadt Darmstadt ein lagegenau georeferenziertes Verkehrsnetz mit aktuellen Belastungszahlen aus den letzten Zählungen (SVZ 2010 (BASt, 2011), Verkehrszählungen in Darmstadt aus dem Jahr 2011 und der Befragungs- und Verkehrszählungen „Verkehrserhebungen Darmstadt Herbst 2012“) mit 600 Streckenabschnitten bereitgestellt, das in Abbildung 2-2 dargestellt ist. Es entspricht dem Netz, das auch für die Berechnungen zur 2. Stufe der Lärmkartierung nach EU-Umgebungslärmrichtlinie für Hessen verwendet wurde (SIG, 2012) und enthält alle Strecken mit Kfz-Belastungen $\geq$ 3000 Kfz/d mit Anteilen schwerer Lkw und einigen weiteren Streckenattributen, wie z. B. Geschwindigkeitsbeschränkungen.

Dieses Straßennetz der Stadt Darmstadt enthält nur die oberirdischen Strecken und damit nicht den City-Tunnel. Dieser wurde im Rahmen der Emissions- und Immissionsmodellierung separat betrachtet (s. Abschnitte 5.3 und 5.4).

Die Verwendung eines solchen lagegenauen Netzes, im Gegensatz zu einer direkten Verwendung eines vereinfachten Netzes aus dem Verkehrsmodell, war unabdingbar, da nur so die Lage der Straßen zueinander und vor allem im Bezug zur Randbebauung adäquat abgebildet werden kann. Dieses Netz wurde aus dem Lärmmodell exportiert und als Grundlage für die Untersuchungen angesetzt und in den weiteren Arbeitsschritten den Erfordernissen des Projekts angepasst. Es wird im Folgenden als Hauptstraßennetz bezeichnet und enthält ebenfalls nur die oberirdischen Strecken und damit nicht den City-Tunnel, der im Rahmen der Emissions- und Immissionsmodellierung separat betrachtet (s. Abschnitte 5.3 und 5.4) wurde.

3.1.2 Verkehrsmodell

Grundlage der verkehrlichen Wirkungsabschätzungen bildete das Verkehrsmodell der Stadt Darmstadt zur Verkehrsuntersuchung Westranderschließung aus dem Jahre 2008 (Analyse-Nullfall 2008, Prognosenullfall 2015), dessen maßnahmenwirksamer Bereich in Abbildung 3-1 dargestellt ist.

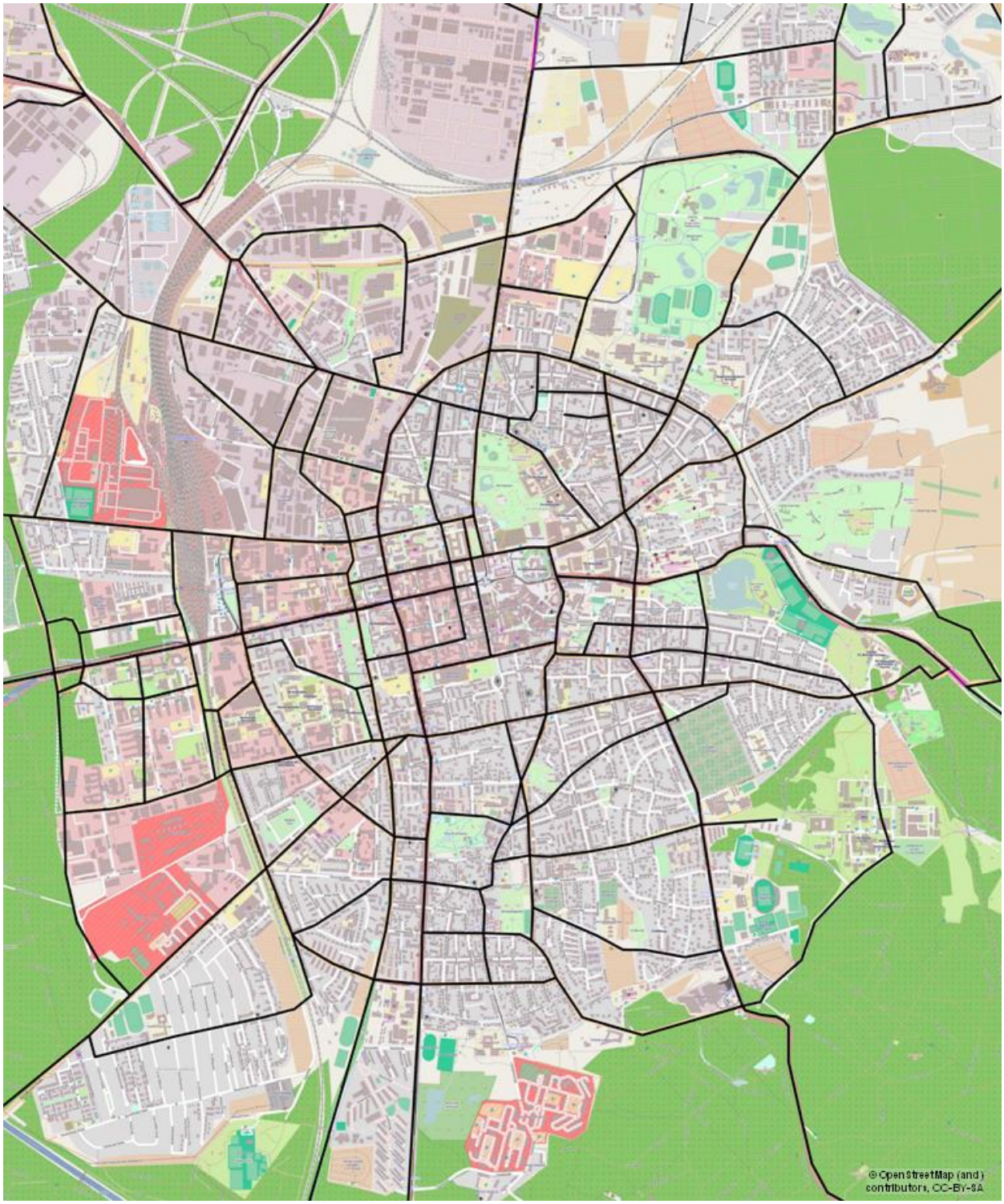


Abbildung 3-1: Maßnahmenwirksamer Bereich des Verkehrsmodells. Kartographie: Habermehl & Follmann.

3.2 Bebauung

Daten zur Bebauung wurden von der Stadt Darmstadt als LoD1-Modell („Klötzchenmodell“), das auch für die Berechnungen zur 2. Stufe der Lärmkartierung nach EU-Umgebungslärmrichtlinie verwendet wurde, bereitgestellt. Dieses Gebäudemodell wurde aus dem Lärmmodell exportiert und als Grundlage für die Untersuchungen angesetzt.

Die Lage der Gebäude sind als Grundrisse für den Bereich der Detailmodellierungen in Abbildung 5-4 dargestellt.

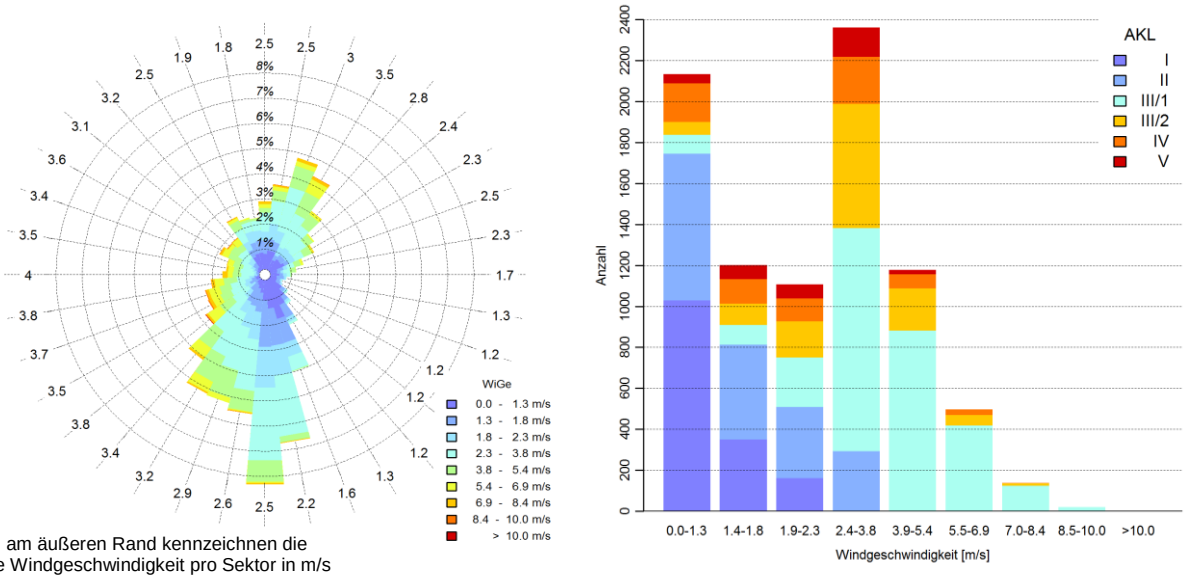
3.3 Gelände

Zur Abbildung des Geländes wurde zunächst von der Stadt Darmstadt ein digitales Geländemodell (DGM) mit 5 m Bodenauflösung bereitgestellt. Dies deckt allerdings nur das Stadtgebiet ab und ist damit zu klein für das erforderliche Untersuchungsgebiet (s. Abbildung 2-2). Um das gesamte Untersuchungsgebiet abdecken zu können, wurde vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) ein Ausschnitt aus dem landesweiten DGM mit 5 m Bodenauflösung bereitgestellt und für die weiteren Arbeiten verwendet. Für den Bereich des Modellgebiets ist es in Abbildung 5-3 dargestellt.

3.4 Meteorologie

Für die Immissionsmodellierung wurde ein repräsentativer Datensatz der meteorologischen Eingangsdaten benötigt. Für die Detailmodellierungen reicht dazu eine Ausbreitungsklassenstatistik aus. Für die stadtweiten Modellierungen ist eine Ausbreitungsklassenzeitreihe (z. B. AKTerm) vorzuziehen, da das dort verwendete Modell (s. Abschnitt 4.3.1) in stündlicher Auflösung rechnen und die konkreten meteorlogischen Verhältnisse berücksichtigen kann. Aus einer Ausbreitungsklassenzeitreihe lässt sich eine Ausbreitungsklassenstatistik erzeugen, so dass bei der Verwendung einer Ausbreitungsklassenzeitreihe als Eingangsdaten für beide Modellansätze die gleichen meteorologischen Grundlagen verwendet werden können. Da im Rahmen des Projekts ein konkreter Istfall für das Jahr 2012 zu berechnen und mit Messwerten in Beziehung zu setzen war, war als Bezugsjahr der Meteorologie das Jahr 2012 angeraten.

Vom HLUG wurde, nach einer Prüfung der zeitlichen und räumlichen Repräsentativität, für das Projekt die Ausbreitungsklassenzeitreihe der Station Riedstadt für das Jahr 2012 bereitgestellt, die in Abbildung 3-2 dargestellt ist.



Zahlen am äußeren Rand kennzeichnen die mittlere Windgeschwindigkeit pro Sektor in m/s

Abbildung 3-2: Ausbreitungsklassenzeitreihe der Station Riedstadt: Verteilung der Windgeschwindigkeiten nach Windrichtungen (links) und der Ausbreitungsklassen (AKL) nach Windgeschwindigkeit (rechts)

4 Methodik

In diesem Kapitel werden das methodische Vorgehen und die zugrundeliegenden Modellierungsansätze vorgestellt. In Kapitel 5 werden dann die konkreten Ansätze, Arbeiten und Ergebnisse für den Istfall 2012 dargestellt und dabei, wo erforderlich, gegebenenfalls auch weitere methodische Details beschrieben.

4.1 Verkehrliche Wirkungsabschätzungen

Zur Abschätzung der verkehrlichen Wirkungen war ein adäquates makroskopische Verkehrsmodelle für das Untersuchungsgebiet erforderlich, das als Prognoseinstrument, d. h. zur Abbildung und vergleichenden Bewertung von Szenarien und Planfällen, eingesetzt wurde. Aus den Ergebnissen der Verkehrsmodellrechnungen konnten u. a. Aussagen zu folgenden relevanten Aspekten des Verkehrs abgeleitet werden:

- Anteile der relativen Verkehrsarten Binnen-, Quell-, Ziel-, Durchgangsverkehr im Untersuchungsgebiet,
- Verteilung der Belastungen des motorisierten Individualverkehrs im Netz (Kfz/24h),
- Änderung der Verkehrsverteilung im Netz infolge von Maßnahmen (Mehrbelastungen, Entlastungen),
- Ableitung der prozentualen Belastungsänderungen für jeden Streckenabschnitt und
- Ableitung der prozentualen Änderung der Lkw-Anteile für jeden Streckenabschnitt.

Die Untersuchung der verkehrlichen Wirkungen für den Prognosehorizont 2015 im Netzzusammenhang erfolgte anhand von Planfallbetrachtungen auf Grundlage des fortgeschriebenen Verkehrsmodells für die zu untersuchenden Maßnahmen. Die dadurch ermittelten prozentualen Veränderungen der einzelnen Streckenabschnitte bildeten die Grundlage für die angepassten Emissions- und Immissionsberechnungen der einzelnen Planfälle.

Die im Laufe der Verkehrsuntersuchung zu untersuchenden Maßnahmen beschränken sich in ihren Auswirkungen auf das Stadtgebiet von Darmstadt. Daher kann die Ausdehnung des verwendeten Modells auf diesen Bereich begrenzt werden. Das maßnahmenrelevante Netzmodell erstreckt sich im Norden bis nördlich des Firmenareals von Merck. Die östliche Ausdehnungsgrenze verläuft östlich des Knotenpunktes B26/ K141. Südlich der Lincoln-Siedlung und der ehemaligen Cambrai-Fritsch-Kaserne verläuft die südliche und westlich des Knotenpunktes B26/Eifelring, zwischen BAB A5 und Hauptbahnhof, die westliche Grenze.

4.2 Emissionsmodellierung

Für das Straßennetz der Stadt Darmstadt wurden abschnittsweise Emissionen des Kfz-Verkehrs berechnet. Zum Einsatz kam das von IVU Umwelt kontinuierlich weiterentwickelte Modell IMMIS^{em} in der Version 5.6 (IVU Umwelt, 2013a). IMMIS^{em} ist als IMMIS^{arc} in das geographische Informationssystem ArcGIS integriert und erlaubt damit eine direkte Bearbeitung und Modellierung der Verkehrsemissionen im GIS. Dies ist durch die dadurch gewährleistete unmittelbare Kombination mit und Visualisierung im Bezug zu Basisdaten aller Art ein wichtiger Baustein zur Qualitätssicherung.

Das Modell berechnet basierend auf dem aktuellen Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA 3.1) (INFRAS, 2010) und der Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 (KRdL, 2003) die

Emissionen des Straßenverkehrs. Dazu nötige Eingangsdaten wie die Verkehrsbelastung der verschiedenen Kfz-Arten und die Festlegung der Verkehrssituation gemäß HBEFA als Kombinationen aus Gebiet, Straßentyp, Tempolimit und Level of Services (LOS) wurden, so weit vorhanden, aus dem bestehenden Verkehrsnetz (s. Abschnitt 3.1.1) übernommen bzw. auf Grundlage des Verkehrsmodells in Abstimmung mit dem Verkehrsplaner ergänzt. In IMMIS^{em} ist auch ein Modell zur Bestimmung der Verkehrsqualität enthalten, das sich in zahlreichen Untersuchungen zur Luftreinhalteplanung in Deutschland bewährt hat und es erlaubt, diesen wichtigen Parameter belastbar abzuschätzen.

IMMIS^{em} beinhaltet nicht nur die Standardflotten für Deutschland für die Bezugsjahre bis 2030 sondern erlaubt auch die direkte Verwendung von spezifisch auf lokale Gegebenheiten angepassten Flottendateien, wie es in diesem Projekt durchgeführt wurde.

Ergänzt wird die Emissionsberechnung in IMMIS^{em} um ein Modell zur Abbildung von Kaltstartzuschlägen entsprechend der Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 (KRdL, 2003).

Die Modellierung der nicht-motorbedingten Partikel-Emissionen durch Aufwirbelung von auf der Straßenoberfläche liegenden Partikeln und von Reifen- und Bremsabrieb ist in IMMIS^{em} für PM10 und PM2.5 entsprechend der aktuellen Erkenntnisse auf Basis der Verkehrssituationen nach Düring et al. (2011, 2012) integriert. Die PM10-Emissionen werden dabei mit einem dort entwickelten, auf Messwerten basierenden, Ansatz modelliert. Ein solcher Ansatz ist für die PM2.5-Emissionen wegen fehlender systematischer Messwerte nicht möglich und daher werden diese auf Basis eines Ansatzes aus EMEP/CORINAIR (EEA, 2007) berechnet.

Für alle betrachteten Strecken wurden in allen Fällen die Emissionen von NO_X, NO_2, Abgas-Partikeln, PM10 und PM2.5 berechnet. Da die Abgas-Partikelemissionen alle einen aerodynamischen Durchmesser kleiner 2.5 µm aufweisen, sind alle Abgas-Partikelemissionen gleichermaßen PM2.5 und PM10. Entsprechend den Vorgaben des Auftraggebers wurden die Abgas-Partikelemissionen getrennt für Diesel- und Benzin-Motoren ermittelt.

4.3 Abschätzung der Wirkung auf die Luftschadstoffbelastung

4.3.1 Stadtweite Modellierung

Da zahlreiche der zu untersuchenden Maßnahmen keine lokal beschränkten Ansätze darstellen, sondern sich auf große Teile des Stadtgebiets (z. B. Umweltzone) oder das gesamte Stadtgebiet und darüber hinaus beziehen (z. B. erweitertes Lkw-Durchfahrtsverbot), war eine Modellierung der immissionsbezogenen Wirkungen dieser Maßnahmen für das Stadtgebiet - das im Folgenden als „Untersuchungsgebiet Stadt“ bezeichnet wird - zur Bestimmung der Vorbelastung an den Belastungsabschnitten erforderlich. Mit dieser Modellierung konnte der durch den Kfz-Verkehr verursachte Teil der städtischen Vorbelastung modelliert werden. Diese Betrachtung des durch den Kfz-Verkehr verursachten Teils der städtischen Vorbelastung war für einzelne Maßnahmen notwendig, um deren Wirkung in den detailliert zu untersuchenden Belastungsabschnitten abschätzen zu können, da diese Maßnahmen nicht nur das lokale Verkehrsgeschehen (und damit die Emissions- und Immissionsbelastung) in den Belastungsabschnitten direkt beeinflussen, sondern auch das Gesamtniveau der Belastung im Stadtgebiet, mithin also die Vorbelastung in den Belastungsabschnitten.

Die Modellierung dieser städtischen Vorbelastung wurde mit dem Modell LASAT (Janicke, 2010) durchgeführt. Das Ausbreitungsmodell LASAT ist ein Partikelmodell nach Richtlinie VDI 3945 Blatt 3 (KRdL, 2004). Es berechnet für ein dreidimensionales Modellgebiet die Ausbreitung von Spurenstoffen in der Atmosphäre, indem es für ein repräsentatives Ensemble von Spurenstoff-Partikeln die Bewegung mit Hilfe eines stochastischen Prozesses simuliert (Lagrange-Verfahren). Um das der Ausbreitungsrechnung zugrunde liegende Wind- und Turbulenzfeld zu ermitteln, sind verschiedene Ansätze für ebenes und komplexes Gelände, mit und ohne Gebäude, implementiert. Das Modellgebiet wird durch ein räumliches Gitter in geeigneter Auflösung dargestellt. LASAT verwendet in horizontaler Richtung ein äquidistantes Gitter, in vertikaler Richtung sind variable Gitterweiten möglich. Die Verwendung mehrerer ineinander geschachtelter Netze zur feineren Auflösung einzelner Bereiche innerhalb eines Modellgebiets ist möglich und erlaubt so auch die Abdeckung ganzer Stadtgebiete oder Regionen in angemessener Auflösung. Mögliche Eingangsdaten für die Berechnungen sind die Bebauungsgeometrie im Modellgebiet, meteorologische Daten als Zeitreihe oder Ausbreitungsklassenstatistik sowie die Daten der zu berücksichtigenden Emissionen im Modellgebiet. LASAT ist Grundlage des Ausbreitungsmodells AUSTAL2000 der TA Luft (2002).

Für das Modell LASAT liegt mit LAS^{arc} eine von IVU Umwelt entwickelte Integration in das geographische Informationssystem ArcGIS vor, was auch hier eine hohe Qualität sicherstellt und eine direkte Verwendung aller relevanten Daten in der Ausbreitungsmodellierung und für die Auswertung und Darstellung erlaubt.

Bei der stadtweiten Modellierung sind zunächst alle Straßen als Emissionsquellen enthalten. In den jeweiligen Detailmodellierungen für die Belastungsabschnitte (s. folgender Abschnitt 4.3.2) werden alle Straßen in den jeweiligen Detail-Modellgebieten als Emissionsquelle berücksichtigt. Um Straßen in der Modellierung nicht doppelt abzubilden, wurde die stadtweiten Modellierung in allen Fällen für das ganze Netz und zusätzlich jeweils für alle Straßen aus den Teilmodellgebieten der Detailmodellierungen durchgeführt. Zur Ermittlung der Vorbelastung in einem Teilmodellgebiet der Detailmodellierung wurden die Werte der gesamtstädtischen Modellierung dann jeweils um die Beiträge der Straßen aus dem betrachteten Detailmodellgebiet vermindert.

4.3.2 Mikroskalige Detailmodellierung

Im Rahmen des Projektes wurden für die 11 Belastungsschwerpunkte detaillierte Immissionsmodellierungen mit einer im Kernbereich durch den Auftraggeber vorgegebenen horizontalen Auflösung von 1 · 1 m² durchgeführt. Diese detaillierte Modellierung erfolgte mit dem Modell MISKAM (Giese-Eichhorn, 2011) in der Ausprägung als WinMISKAM 2012.4.8 (Lohmeyer, 2011). MISKAM (Mikroskaliges Strömungs- und Ausbreitungsmodell) ist ein dreidimensionales nicht-hydrostatisches numerisches Strömungs- und Ausbreitungsmodell zur kleinräumigen Berechnung von Windverteilungen und Immissionskonzentrationen in bebauten Gebieten. Die Simulation der Strömungsverhältnisse im Modellgebiet basiert auf den vollständigen dreidimensionalen Bewegungsgleichungen (prognostischer Modellansatz) in Form der Reynolds-gemittelten Navier-Stokes-Gleichungen (Reynolds-Averaged Navier-Stokes, RANS). Für die auf den berechneten Strömungsverhältnissen aufbauende Ausbreitungsrechnung wird die Advektions-Diffusions-Gleichung verwendet. Das Modellgebiet wird durch ein räumliches Gitter in geeigneter Auflösung dargestellt. MISKAM erlaubt sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung variable Gitterweiten. Gebäude und andere Strömungshindernisse

wurden explizit als 3D-Objekte in der Auflösung des der Rechnung zu Grunde liegenden Modellgitters berücksichtigt. Eingangsdaten für die Berechnungen sind die Bebauungsgeometrie im Modellgebiet, meteorologische Daten in Form einer Ausbreitungsklassenstatistik (AKS) sowie die Daten der zu berücksichtigenden Emissionen im Modellgebiet.

Aufgrund der hohen räumlichen Auflösung und der technischen Grenzen des Modells und der Rechnerleistung lassen sich die 11 Belastungsschwerpunkte nicht mit einer Modellierung abdecken, sondern es waren für jeden Abschnitt bzw. für Kombinationen von zwei Abschnitten separate Modellgebiete und entsprechende Berechnungen erforderlich. Daraus folgt auch, dass im Rahmen dieser Detailmodellierungen für die Belastungsschwerpunkte jeweils nur die Wirkungen berücksichtigt werden, die durch verkehrliche Veränderungen auf den Belastungsabschnitten selbst und in ihrer Umgebung innerhalb der jeweiligen Modellgebiete auftreten.

4.3.3 Vorbelastung

Eine Ausbreitungsrechnung berücksichtigt immer nur Emissionsquellen in einem begrenzten Gebiet. Damit kann also nur ein Teil der Gesamtbelastung an einem ausgewählten Punkt in diesem Gebiet direkt berechnet werden, die sogenannte Zusatzbelastung. Der zur Gesamtbelastung fehlende Anteil, verursacht von Quellen, die in der Ausbreitungsberechnung nicht explizit berücksichtigt werden, ist die Vorbelastung.

In dem hier durchgeführten Projekt wird über die zwei Modellierungsansätze der Kfz-Verkehr in Darmstadt berechnet und daher ist die Vorbelastung hier konkret die Belastung, die durch alle Quellen, die nicht Kfz-Verkehr sind, sowie allen Kfz-Verkehr außerhalb des Untersuchungsgebiets hervorgerufen wird.

Zu deren Ermittlung wurden vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) die Messdaten der städtischen Hintergrundstation Darmstadt für das Jahr 2012 bereitgestellt. Bei der stadtweiten Modellierung mit LASAT (s. Abschnitt 5.4.1) wurde die Belastung durch den Kfz-Verkehr an dem Ort dieser Messstation ermittelt. Die Differenz zwischen den Messwerten und den für den Ort der Messstation modellierten Beiträgen stellt dann die Vorbelastung im Rahmen dieses Projekts dar. Die einzelnen Werte sind in Tabelle 4-1 zusammengestellt. Da für die Prognose 2015 naturgemäß keine Messwerte der städtischen Hintergrundstation vorliegen, wurde in Abstimmung mit dem HLUG und dem Auftraggeber festgelegt, die so für 2012 ermittelte Vorbelastung auch für 2015 anzusetzen. Bezüglich der NO_2-Vorbelastung wird auf den folgenden Abschnitt 4.3.4 verwiesen.

Tabelle 4-1: Vorbelastung

Belastungswerte [µg/m³]	NO_X	PM10	PM2.5
Messwert Station Darmstadt 2012	40.4	18.2	12.74
LASAT-Berechnung für Stationsort	16.4	1.7	0.82
Vorbelastung 2012	24.0	16.5	11.92

4.3.4 Gesamtbelastung

Die Gesamtbelastung setzt sich aus der in den jeweiligen Detailmodellierungen ermittelten Zusatzbelastung und der Vorbelastung zusammen. Bei der Bildung der Gesamtbelastung für die 11 Belastungsabschnitte wurde sichergestellt, dass die jeweiligen Ab-

schnitte bei der Ermittlung der städtischen Vorbelastung über entsprechende ergänzende Modellierungen in LASAT ausgeblendet werden und damit nicht doppelt in die Ermittlung der Immissionsbelastung eingehen (s. Abschnitt 4.3.1).

Die Ermittlung der Gesamtbelastung des photochemisch aktiven Stoffes NO_2 ist modelltechnisch schwierig. NO_2 ist ein chemisch aktiver Stoff, der in der Atmosphäre einer Reihe von Reaktionen mit unterschiedlichen Stoffen unterliegt. Die NO_2-Konzentration in der Straßenschlucht setzt sich daher zusammen aus der NO_2-Vorbelastung, dem durch den Kfz-Verkehr direkt emittierten NO_2 und dem durch chemische Umwandlungen produzierten oder eliminierten NO_2. Die chemischen Reaktionen, an denen NO_2 beteiligt ist, unterscheiden sich dabei in ihrer Geschwindigkeit und ihrer Komplexität. Modelle, die photochemische Prozesse abbilden (z. B. EURAD, RCG), werden im Allgemeinen für Immissionsprognosen für große Gebiete, wie z. B. Bundesländer, eingesetzt und dienen nicht der kleinräumigen Beurteilung von Planungsvorhaben.

Um dennoch Aussagen zur NO_2-Belastung zu erhalten, werden häufig statistische Verfahren angewendet, die mittels einer Regressionanalyse einen funktionalen Zusammenhang zwischen modellierbaren Größen (NO_X) und zu beurteilenden Größen (NO_2) herstellen. Als übliche Praxis zur Bestimmung des NO_2-Jahresmittelwerts hat sich dabei ein Regressionsansatz nach Romberg et al. (1996) bewährt. In einer Untersuchung von IVU Umwelt (2002) wurde, mit einer anderen Datenbasis als Grundlage, ebenfalls ein funktionaler Zusammenhang zwischen NO_X- und NO_2-Jahresmittelwerten gefunden, der im relevanten Wertebereich zu ähnlichen Ergebnissen wie der Romberg-Ansatz führt.

Erkenntnisse der letzten Jahre lassen jedoch vermuten, dass Ansätze dieser Art an Orten, die kleinräumig stark durch den Kfz-Verkehr geprägt sind, ihre bisherige Aussageschärfe verlieren und tendenziell eher unterschätzen. Eine Ursache dafür ist nach heutigem Kenntnisstand, dass sich das Verhältnis von direkt aus dem Auspuff emittiertem NO_2 zu NO bei Fahrzeugen mit moderner Abgasnachbehandlung zu höheren NO_2-Anteilen verschiebt. Dieser Effekt wirkt vor allem im Nahbereich der Quelle. Mit größerer Entfernung wird immer mehr NO in NO_2 umgewandelt, so dass der anfängliche Anteil von NO_2 irrelevant wird. So ist die Übereinstimmung mit den genannten statistischen Ansätzen bei städtischen Hintergrundstationen weiterhin gut.

Im vorliegenden Projekt wurde daher zweigleisig verfahren. Die NO_2-Vorbelastung wurde über den statistischen Ansatz nach IVU Umwelt (2002) aus der für die Belastungsabschnitte berechneten NO_X-Vorbelastung (d. h. ohne die durch den jeweiligen Straßenabschnitt selbst verursachten Belastungen) berechnet. Zur Berechnung des Jahresmittelwerts der NO_2-Gesamtbelastung in den Straßenabschnitten wurde der vereinfachte photochemische Ansatz nach Düring & Bächlin (2009) verwendet, der sowohl den Anteil der direkten NO_2-Emissionen des Kfz-Verkehrs als auch die Vorbelastung von Ozon berücksichtigt. Er beruht auf dem Ansatz nach Hertel & Berkowicz (1989), arbeitet aber mit Jahresmittelwerten. Die Übertragbarkeit der Gleichungen aus Hertel & Berkowicz auf Jahresmittelwerte wurde dabei nicht theoretisch abgeleitet, sondern empirisch durch den Vergleich mit Messdaten überprüft. Die bei Hertel & Berkowicz zeitabhängigen Größen werden dabei als konstante Parameter festgelegt. Die für die Ermittlung der NO_2-Gesamtbelastung erforderliche NO_2- und Ozon-Vorbelastungswerte wurden vom HLUG als Messwerte der städtischen Hintergrundstation Darmstadt im Jahr 2012 in Höhe von 26.6 µg/m³ NO_2 und 41 µg/m³ Ozon bereitgestellt.

Die Ermittlung der Anzahl an Tagen mit Überschreitungen des ab 2005 gültigen Tagesgrenzwerts von PM10 in Höhe von 50 µg/m³ wurde unter Verwendung eines statisti-

schen Ansatzes (IVU Umwelt, 2006) auf der Basis des Jahresmittelwertes von PM10 durchgeführt, der seit vielen Jahren in zahlreichen Untersuchungen und Studien zur Luftschadstoffbelastung und zu Luftreinhalteplänen verwendet wird.

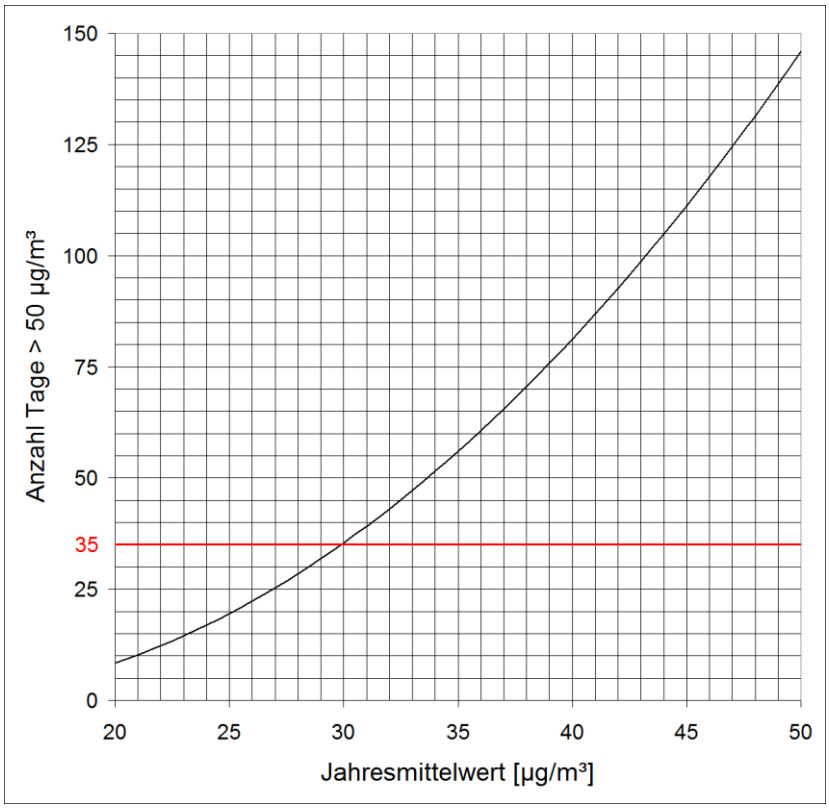


Abbildung 4-1: Statistischer Zusammenhang zwischen dem PM10-Jahresmittelwert und der Anzahl Tage mit einem PM10-Tagesmittelwert > 50 µg/m³

5 Istfall 2012

In diesem Kapitel wird die Anwendung der in Kapitel 4 dargestellten Methoden für den Istfall 2012 beschrieben und die konkreten Ansätze, Arbeiten und Ergebnisse dargestellt. Wo erforderlich, werden dabei gegebenenfalls weitere methodische Details erläutert.

5.1 Aktualisierung Verkehrsmodell

Bevor das Verkehrsmodell auf den Prognosehorizont 2015 fortgeschrieben und für Planfallbetrachtungen hinzugezogen werden konnte, erfolgte eine Aktualisierung/Eichung des vorliegenden Modells aus dem Jahre 2008 auf das Jahr 2012 unter Zuhilfenahme der Erhebungsdaten der Stadt Darmstadt aus den Jahren 2010 und 2012 (Fortschreibung auf Istfall 2012).

5.2 Aufbereitung Hauptstraßennetz

5.2.1 Verknüpfung mit Verkehrsmodell

Da das zur Ermittlung der verkehrlichen Wirkungen der Maßnahmen eingesetzte Verkehrsmodell keine ausreichende Lagegenauigkeit aufweist und die damit ermittelten Änderungen aufgrund der einzelnen Maßnahmen auf das lagegenaue Hauptstraßennetz übertragen werden mussten, war zunächst eine Verknüpfung zwischen dem lagegenauen Hauptstraßennetz und dem Verkehrsmodell herzustellen. Dazu wurden in einem halbautomatischen GIS-basierten Verfahren beide Netze verknüpft, so dass in der weiteren Projektbearbeitung die Ergebnisse der verkehrlichen Abschätzungen direkt an das lagegenaue Modellnetz übertragen werden können.

5.2.2 Ergänzung Bus-Verkehre

Die im Verkehrsmodell hinterlegten Daten zu Buslinienrouten, Anzahl Buslinien und Anzahl Busfahrten pro Streckenabschnitt mussten auf den Stand des Jahres 2012 aktualisiert werden. Dabei wurde auf das neue Verkehrsmodell der Stadt Darmstadt (Grundlage VDRM 2010), das momentan durch das Büro Habermehl & Follmann aktualisiert wird, zurückgegriffen. Aus diesem Modell wurden die Anzahl Busfahrten für das relevante Straßennetz dieser Untersuchung exportiert und entsprechend im Modell (VU Westranderschließung) verknüpft und die Fahrtenanzahl übertragen. Ziel war die Zuordnung der Anzahl Busfahrten am Tag pro Streckenabschnitt.

Dieses Netz mit den Busverkehren wurde entsprechend Abschnitt 5.2.1 mit dem lagegenauen Hauptstraßennetz verknüpft und die Busbelastungen übertragen. Zusätzlich wurden alle Strecken mit mehr als 100 Bussen/Tag, die nicht im Hauptstraßennetz enthalten sind, z. B. am Bahnhofsvorplatz, hinzugefügt.

Für alle Strecken des Hauptstraßennetzes, für die keine Verknüpfung mit dem Verkehrsmodell besteht (s. Abbildung 2-2 und Abschnitt 5.2.1), wurden Busanteile in Abhängigkeit von der im bereitgestellten Straßennetz enthaltenen Straßengattung bzw. dem Baulastträger und der Inner- bzw. Außerortslage der einzelnen Strecken mit Standardwerten belegt.

5.2.3 Untergeordnete Strecken

Die Abschätzung der Verkehrsmengen auf dem untergeordneten Straßennetz in Darmstadt (< 3000 Kfz/d) erfolgte als pauschale Abschätzung des zu berücksichtigten Verkehrsaufkommens. Dazu wurden zunächst aus dem Datensatz der ATKIS-Straßen von Hessen, das vom HLUG zur Verfügung gestellt wurde, alle Gemeindestraßen und sonstige Straßen, die innerhalb der Stadtgrenze von Darmstadt und innerhalb des vom Verkehrsmodell abgedeckten Bereichs lagen, extrahiert. Aus diesem Teilnetz wurden dann alle Strecken gelöscht, die bereits im Hauptstraßennetz enthalten sind.

Für alle verbleibenden Strecken des untergeordneten Straßennetzes, die nicht im Verkehrsmodell enthalten sind, wurden die Verkehrswerte (Kfz-Belastungen/24h sowie Anteile leichter und schwerer Lkw) überschlägig und plausibel abgeschätzt. Dabei wurde das Untersuchungsgebiet in verschiedene Quartiere eingeteilt, die in Abbildung 5-1 dargestellt sind. Es wurde darauf geachtet, dass diese Quartiere möglichst gleichbleibende Siedlungsstrukturen aufweisen (z. B. Gewerbe, Industrie, Wohnen etc.). Aufgrund der Größe und Beschaffenheit der festgelegten Quartiere wurden Verkehrsbelastung [Kfz/24h] sowie die Anteile leichter und schwerer Lkw plausibel abgeschätzt und gleichmäßig im gesamten Quartier angesetzt.

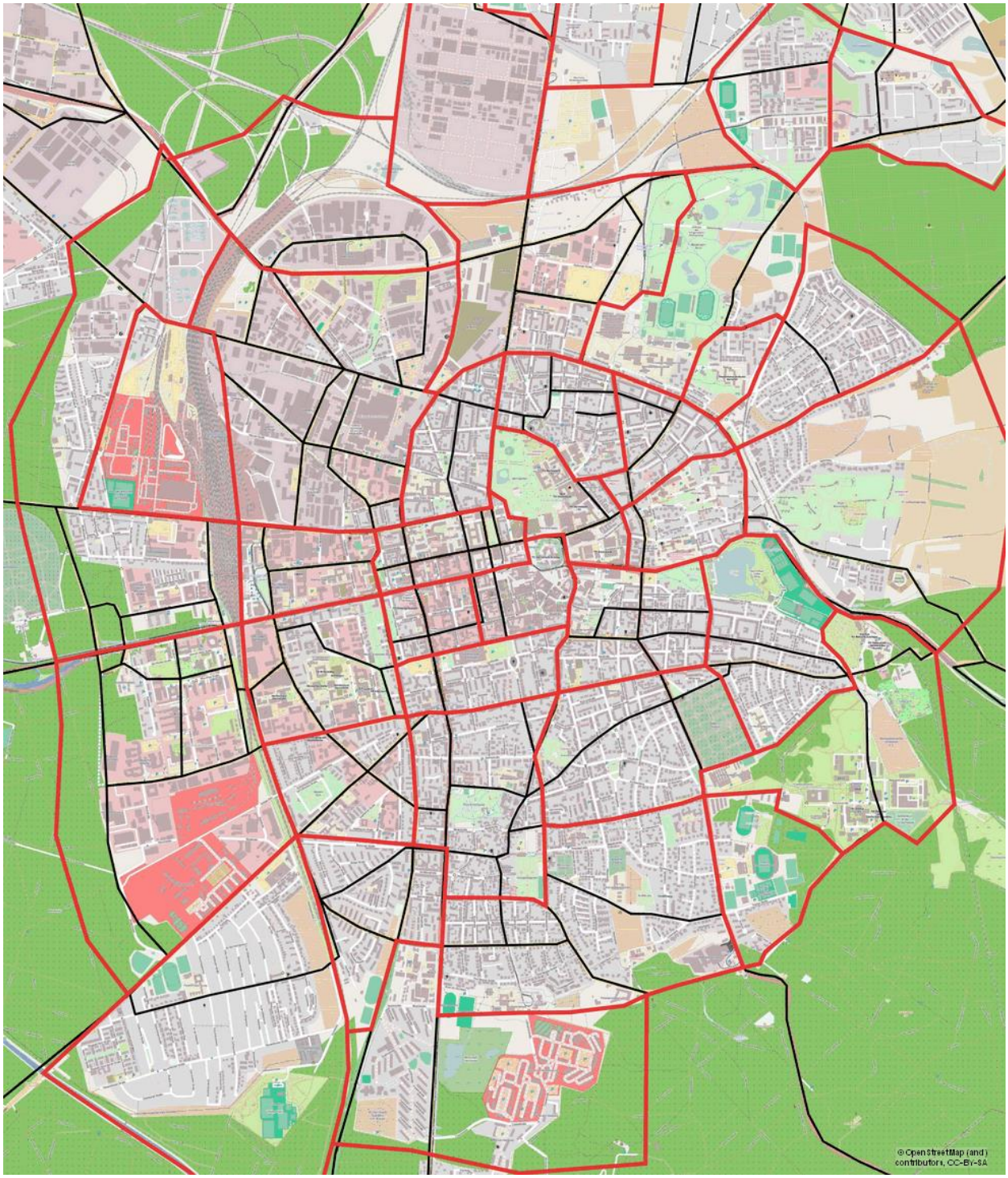


Abbildung 5-1: Quartierseinteilung für überschlägige Verkehrsabschätzung des untergeordneten Straßennetzes. Kartographie: Habermehl & Follmann.

Die Berücksichtigung dieser untergeordneten Strecken diente alleine der Integration in die Modellierung der stadtweiten Vorbelastung und hebt damit den Beitrag des Kfz-Verkehrs aus Darmstadt an der Gesamtbelastung leicht an. Vor diesem Hintergrund ist auch die pauschale Modellierung dieser Strecken, die allesamt sehr gering belastet sind, sachgerecht. In den Detailmodellierungen wurden diese Strecken nicht berück-

sichtigt, da sie aufgrund ihrer geringen Belastung keinen relevanten Einfluss haben, der sich aufgrund der pauschalen Abschätzung der Kfz- und damit auch Emissionsbelastungen auch nicht genau quantifizieren lässt. Lokal im Bereich der Detailmodellierungen sind diese Strecken darüber hinaus auch nicht maßnahmensensitiv, da für sie keine verkehrlichen Wirkungen abgeschätzt werden können. Die Maßnahmen mit einer Umweltzone wirken sich auf diese untergeordneten Strecken, die innerhalb der Umweltzone liegen, jedoch aus. Dem wird durch die Berücksichtigung in der stadtweiten Modellierung der Vorbelastung Rechnung getragen.

5.2.4 Weitere Attributierung für die Emissionsmodellierung

Neben den Angaben zur Belastung der einzelnen Kfz-Arten auf dem Netz sind für die Emissionsmodellierung (s. Abschnitt 4.2) weitere Attribute, insbesondere zur Verkehrssituation, erforderlich. Die Daten zur Kfz- und Lkw-Belastung konnten direkt aus dem bereitgestellten Straßennetz (s. Abschnitt 3.1.1) entnommen werden. Die Busverkehre wurden entsprechend Abschnitt 5.2.2 angesetzt. Die Anteile leichter Lkw konnten für einen Großteil der Strecken über die Netzverknüpfung (s. Abschnitt 5.2.1) aus dem Verkehrsmodell übernommen werden. Fehlenden Angaben sowie zusätzlich Anteile von Motorrädern wurden in Abhängigkeit von der im bereitgestellten Straßennetz enthaltenen Straßengattung bzw. dem Baulastträger und der Inner- bzw. Außerortslage der einzelnen Strecken mit Standardwerten belegt.

Die Verkehrssituation nach HBEFA 3.1 hat die vier Ausprägungsmerkmale Gebiet, Straßentyp, Tempolimit sowie Verkehrszustand in vier Stufen als Level of Service (LOS). Diese Ausprägungsmerkmale mussten für das gesamte Straßennetz festgelegt werden. Das Gebiet kann dabei in den zwei Ausprägungen „Agglomeration“ oder „ländlicher Raum“ parametrisiert werden. Da bis auf einen Abschnitt alle Strecken des berücksichtigten Straßennetzes innerhalb eines 2.5-km-Puffers um die Gemeindegrenze Darmstadt liegen, wurden alle Straßen als „Agglomeration“ klassifiziert. Dies deckt sich auch damit, dass gemäß den Raumbeobachtungen des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung alle betrachteten Straßen in „sehr zentralen“ Räumen liegen und bis auf kleine Außenbereiche im Norden und Nordosten als „städtische Umgebung“ klassifiziert sind (BBSR, 2010).

Das Tempolimit und die Straßengattung bzw. der Baulastträger konnten aus der Attributierung des bereitgestellten Straßennetzes (s. Abschnitt 3.1.1) übernommen werden. Diese Information diente dazu, für das Hauptstraßennetz den Straßentyp nach HBEFA abzuleiten. An Hand der Straßengattung konnte zunächst eine Aufteilung in „Autobahnen“ (alle mit Gattung A), „Fern- und Bundesstraßen“ (alle mit Gattung B, L, K) und „Hauptverkehrsstraßen“ (alle mit Gattung G) vorgenommen werden. In Abhängigkeit vom Tempolimit wurde im Weiteren Straßentypen aus der regelbasierten Zuordnung in „Magistrale/Ringstraße“, „Hauptverkehrsstraße“ oder „Erschließungsstraße“ herabgestuft. Da im HBEFA 3.1 nicht für jede Kombination aus Straßentyp und Tempolimit Emissionsfaktoren vorhanden sind, wurden die Parameter in Einzelfällen angepasst, wenn Tempolimit und Straßentyp aus der Zuordnung zu einer nicht gültigen Verkehrssituation führten. Alle Erschließungsstraßen mit einem DTV zwischen 3000 und 6000 Kfz/24h wurden zu Sammelstraßen hochgestuft. Schließlich wurden in Einzelfällen weitere manuelle Anpassungen vorgenommen. Dabei wurden insbesondere die 11 Belastungsschwerpunkte entsprechend einem konservativen Ansatz auf „Hauptverkehrsstraße“ gesetzt. Bezüglich des Tempolimits wurden die Belastungsschwerpunkte Hügel- und Kranichsteinerstraße für die Emissionsmodellierung von 30 auf 50 km/h hochge-

stuft, da das HBEFA 3.1 Emissionsfaktoren für Tempo 30 nur für Erschließungsstraßen bereitstellt, die für diese Belastungsschwerpunkte keine adäquate Verkehrssituation darstellen.

Der Verkehrszustände wurden zunächst mit dem internen LOS-Modell berechnet. Für Straßen, für die über die Verknüpfung mit dem Verkehrsmodell Kapazitäten zur Verfügung standen, wurden diese verwendet. Für die übrigen Straßen wurden aus der im Ausgangsdatensatz vorhandenen Fahrbahnbreite Fahrstreifen abgeleitet und in Einzelfällen manuell angepasst. Auf Basis dieser Fahrstreifen wurde dann die IMMIS^{em}-interne – nach Straßentypen differenzierte – Zuordnung von fahrstreifenbezogenen Kapazitäten angesetzt. Die so ermittelten Verkehrszustände wurden vom Verkehrsplaner geprüft und gegebenenfalls durch direkte Setzung der Anteile der Verkehrsqualitätsstufen angepasst. Für die reinen Busstrecken wurden die Verkehrszustände ebenfalls direkt gesetzt. Für die 11 Belastungsschwerpunkte ergibt sich damit die in dargestellte Attributierung.

Tabelle 5-1: Verkehrssituation und -qualität in den Belastungsschwerpunkten

Belastungsschwerpunkt		DTV [Kfz/d]	Verkehrs-situation	Tempo-limit	LOS1 [%]	LOS2 [%]	LOS3 [%]	LOS4 [%]
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	24150	HVS	50	4	39	34	24
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	24150	HVS	50	15	61	0	24
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	24655	HVS	50*	5	87	6	2
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	16299	HVS	50*	30	70	0	0
Bleichstr.	5	7792	HVS	50	17	68	12	3
Kasinostr.	6	31022	HVS	50	4	81	12	3
Spessartring	7	18800	HVS	50	11	44	24	21
Rhönring	8	20000	HVS	50	4	16	29	51
Kranichsteiner Str.	9	6900	HVS	50*	5	95	0	0
Nieder-Ramstädter-Str.	10	21573	HVS	50	16	64	0	20
Heidelberger Str.	11	17720	HVS	50	16	64	8	12

* Das Tempolimit beträgt hier eigentlich 30 km/h. Für die Emissionsmodellierung wurde es auf 50 km/h hochgestuft, da das HBEFA 3.1 Emissionsfaktoren für Tempo 30 nur für Erschließungsstraßen bereitstellt, die für diese Belastungsschwerpunkte keine adäquate Verkehrssituation darstellen.

Die Kaltstartsituation wurde aus dem Straßentyp abgeleitet. Dabei wurde für Autobahnen und Tunnelstrecken kein Kaltstart angesetzt. Erschließungsstraßen wurde der IMMIS^{em}-Kaltstarttyp „residential“ und Sammel- und Hauptverkehrsstraßen der IMMIS^{em}-Kaltstarttyp „commercial“ zugeordnet. Allen anderen Straßen wurde der Kaltstarttyp Einfallstraßen („radial“) zugeordnet.

Für das untergeordnete Streckennetz (s. Abschnitt 5.2.3) wurden einheitlich Erschließungsstraße mit Tempolimit 30 und Kaltstarttyp „residential“ bei flüssigem Verkehr festgesetzt.

Die Längsneigung wurde auf Basis des Geländemodells (s. Abschnitt 3.3) abgeleitet und für die Tunnelrampen manuell gesetzt.

5.2.5 Flottenzusammensetzung

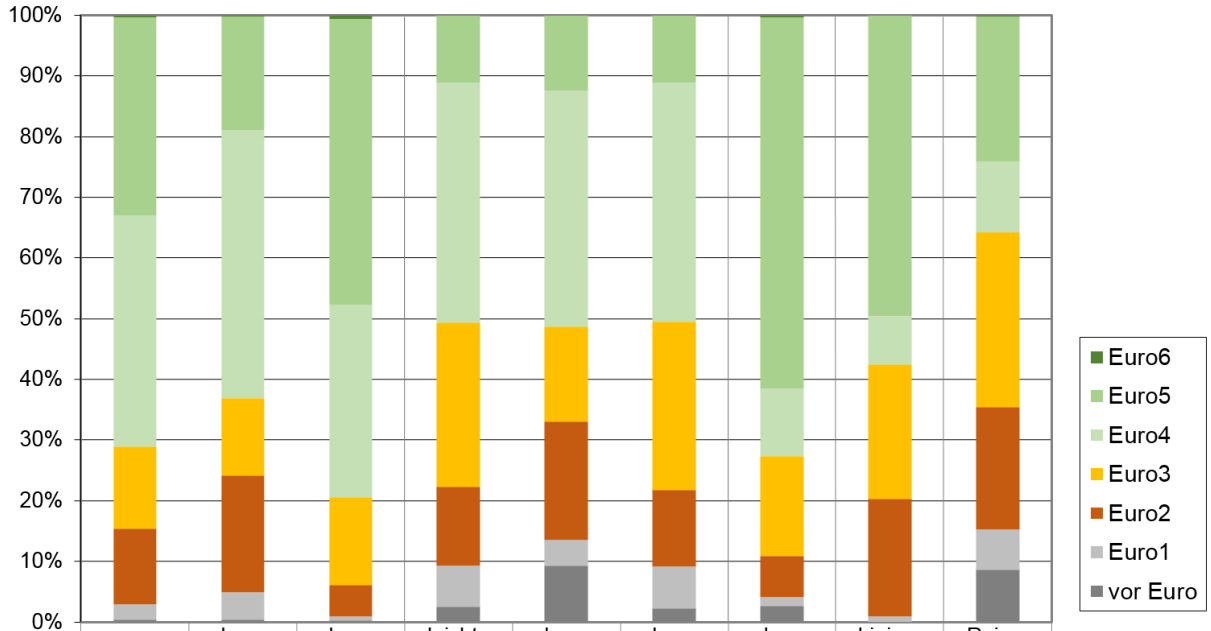
Beim Kraftfahrtbundesamt (KBA) wurde die Zulassungsstatistik für Darmstadt für den Stichtag 1.1.2012 beschafft und aus dieser Statistik eine für Darmstadt regionalisierte Flottenzusammensetzung erstellt, die in der Emissionsmodellierung für die Innerortsflot-

te anstelle der deutschlandweiten Flottenzusammensetzung des HBEFA verwendet wurde. Die Außerorts- und Autobahnflotte wurde aus dem HBEFA übernommen.

Diese Zulassungsdaten des KBA stellen Bestandsdaten dar. Für eine Emissionsberechnung sind jedoch fahrleistungsgewichtete Flottendaten erforderlich. Eine Umrechnung von Bestand auf Fahrleistung erfolgte mit den Angaben des HBEFA. Mit dieser Umrechung lag dann eine regionalisierte fahrleistungsgewichtete Flotte als Eingangsdatensatz für IMMIS^{em} für 2012 vor.

Bezüglich der in Darmstadt eingesetzten Busse wurden von der Stadt Angaben zum Bestand und den Emissionskonzepten gemacht. Diese Angaben wurden in Abstimmung mit der Stadt Darmstadt in die Flottendatei integriert. Dabei wurden mangels belastbarer Angaben zur weiteren Differenzierung nicht zwischen Regional- und Stadtbussen unterschieden und alle diese Busse als Linienbusse betrachtet und jedem Bus aus dem Bestand die gleiche Fahrleistung zugewiesen. Da für EEV-Busse im HBEFA keine Emissionsfaktoren vorgehalten sind, wurden diese im Sinne eines konservativen Ansatzes als Euro5 betrachtet.

Die fahrleistungsgewichtete Zusammensetzung der regionalisierten Innerortsflotte nach Euro-Normen ist in Abbildung 5-2 dargestellt.



	Pkw	davon Benzin	davon Diesel	leichte Lkw	davon Benzin	davon Diesel	schwere Lkw	Linien-busse	Reise-busse
Euro6	0.3%	0.1%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.2%
Euro5	32.6%	9.6%	23.0%	11.1%	0.6%	10.5%	61.1%	49.6%	23.9%
Euro4	38.1%	22.6%	15.5%	39.5%	2.0%	37.5%	11.2%	8.0%	11.7%
Euro3	13.6%	6.5%	7.1%	27.1%	0.8%	26.3%	16.4%	22.1%	28.7%
Euro2	12.4%	9.8%	2.6%	12.9%	1.0%	12.0%	6.8%	19.5%	20.2%
Euro1	2.6%	2.3%	0.3%	6.8%	0.2%	6.5%	1.4%	0.9%	6.6%
vor Euro	0.4%	0.2%	0.1%	2.6%	0.5%	2.1%	2.7%	0.0%	8.7%

Abbildung 5-2: Fahrleistungsgewichtete Verteilung der Innerortsflotte nach Euro-Normen im Istfall 2012

5.3 Emissionsberechnung im Istfall 2012

Auf Grundlage der Belastungszahlen für 2012 und des entsprechend der voran stehenden Abschnitte attributierten Verkehrsnetzes sowie der regionalisierten Flottendatei für Darmstadt wurden entsprechend Abschnitt 4.2 die Emissionen für das Hauptstraßennetz und das untergeordnete Netz für 2012 berechnet. Der City-Tunnel wurde in der Emissionsmodellierung ebenfalls berücksichtigt und ist in der Bilanz der Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet im Istfall 2012 in Tabelle 5-2 enthalten.

Tabelle 5-2: Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet im Istfall 2012

Emissionen [t/a]	NO_X	NO_2	PM10	PM2.5	Partikel-Abgas		
					Gesamt	Diesel	Benzin
Istfall 2012	818.4	171.8	76.9	40.6	20.9	19.0	1.83

Tabelle 5-3 zeigt die Emissionen der Belastungsabschnitte im Istfall 2012. Im Rahmen der Datenzusammenstellung für die Detailmodellierung des Belastungsschwerpunkts 8 „Rhönring zwischen Arheilger Straße und Pankratiusstraße“ war zu vermuten, dass die Belastungen im westlich daran anschließenden Abschnitt bis zur Eckhardtstraße aufgrund der dort höheren Kfz-Belastung höher sein könnten. Daher wurde dieser Teilabschnitt „8b“ in die tabellarische Zusammenstellung der Emissionen und die weitere Auswertung mit aufgenommen.

Tabelle 5-3: Emissionen der Belastungsabschnitte im Istfall 2012

Belastungsschwerpunkt		Verkehr		NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	Partikel-Abgas		
		DTV [Kfz/d]	Lkw >3.5 t [%]					Gesamt	Diesel	Benzin
				Spezifische Emissionen [g/(m*d)]						
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	24150	1.0	13.2	2.95	1.38	0.77	0.39	0.36	0.022
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	24150	1.1	13.4	3.10	1.35	0.78	0.40	0.37	0.026
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	24655	2.4	14.7	3.09	1.40	0.81	0.41	0.38	0.028
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	16299	2.8	9.4	2.03	0.86	0.53	0.26	0.23	0.027
Bleichstr.	5	7792	4.3	5.4	1.03	0.51	0.28	0.14	0.13	0.007
Kasinostr.	6	31022	1.8	16.4	3.54	1.70	0.99	0.49	0.46	0.031
Spessartring	7	18800	2.6	11.8	2.47	1.24	0.65	0.34	0.32	0.020
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	20000	2.1	14.1	2.97	1.49	0.72	0.40	0.38	0.018
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	23260	2.1	15.9	3.33	1.68	0.82	0.44	0.42	0.021
Kranichsteiner Str.	9	6900	1.5	4.7	1.07	0.40	0.22	0.10	0.10	0.007
Nieder-Ramstädter-Str.	10	21573	1.6	12.7	2.81	1.26	0.70	0.35	0.33	0.022
Heidelberger Str.	11	17720	1.8	9.7	2.05	0.98	0.56	0.28	0.26	0.017
				Absolute Emissionen [kg/a]						
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	24150	1.0	1094	244	114	63.4	31.9	30.1	1.84
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	24150	1.1	739	170	74	42.9	22.0	20.6	1.46
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	24655	2.4	463	98	44	25.7	13.0	12.1	0.88
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	16299	2.8	309	67	28	17.3	8.5	7.6	0.88
Bleichstr.	5	7792	4.3	408	77	38	20.6	10.4	9.9	0.53
Kasinostr.	6	31022	1.8	827	178	86	49.8	24.6	23.1	1.56
Spessartring	7	18800	2.6	628	132	66	34.7	18.2	17.2	1.04
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	20000	2.1	1026	216	109	52.4	28.8	27.4	1.34
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	23260	2.1	1623	340	172	84.0	45.4	43.2	2.14
Kranichsteiner Str.	9	6900	1.5	254	57	22	11.8	5.6	5.2	0.37
Nieder-Ramstädter-Str.	10	21573	1.6	691	153	69	37.9	19.1	17.9	1.17
Heidelberger Str.	11	17720	1.8	492	104	50	28.6	14.2	13.3	0.86

5.4 Immissionsmodellierung im Istfall 2012

5.4.1 Stadtweite Immissionsmodellierung

Die stadtweite Immissionsmodellierung für den Kfz-Verkehr wurde entsprechend Abschnitt 4.3.1 mit LASAT durchgeführt, mit dem Ziel, räumlich differenzierte und maßnahmensensitive Vorbelastungswerte für die Detailmodellierungen zu ermitteln. Die Bebauung ging in diese Modellierung nicht als explizite Strömungshindernisse in Form der Gebäudegeometrien ein, sondern wurde über die über die Festlegung der Rauhigkeitslänge parametrisiert. Um das gesamte Untersuchungsgebiet (s. Abbildung 2-2) abzudecken und gleichzeitig im Nahbereich der Belastungsabschnitte eine hohe räumliche Differenzierung der Emissions- und Immissionsstruktur abzubilden, wurde mit einer dreistufigen Netzschachtelung gerechnet, bei der in der feinsten Stufe drei Teilgebiete als Umhüllende um die Belastungsabschnitte definiert wurden. Die Gitterauflösung hat eine Kantenlänge von 40 m im 10 · 10 km² großen Gesamtgebiet und 10 m in den bis zu ca. 210 · 140 m² großen drei inneren Teilgebieten.

Die Unterscheidung in Modellgebiet (als das Gebiet, für das eine Modellrechnung durchgeführt wird) und Untersuchungsgebiet (als das darin enthaltene Gebiet, das zu untersuchen ist bzw. für das Modellergebnisse ausgewertet werden) (LUBW, 2010) ist für diese stadtweite Modellierung nicht von Relevanz, da nur im Inneren des Modellgebiets Ergebnisse ausgewertet werden. Gewissermaßen können die inneren Teilgebiete als Untersuchungsgebiet betrachtet werden.

Aufgrund des orographisch gegliederten Geländes in Darmstadt wurde in der Modellierung das Gelände berücksichtigt. Auf Basis des digitalen Geländemodells (s. Abschnitt 3.3) und der meteorologischen Daten (s. Abschnitt 3.4) wurde dazu mit dem Windfeldmodell von LASAT eine Windfeldbibliothek erstellt, mit der die folgenden Ausbreitungsrechnungen durchgeführt wurden.

Das Modellgebiet der stadtweiten Modellierung ist in Abbildung 5-3 zusammen mit dem digitalen Geländemodell für diesen Bereich dargestellt.

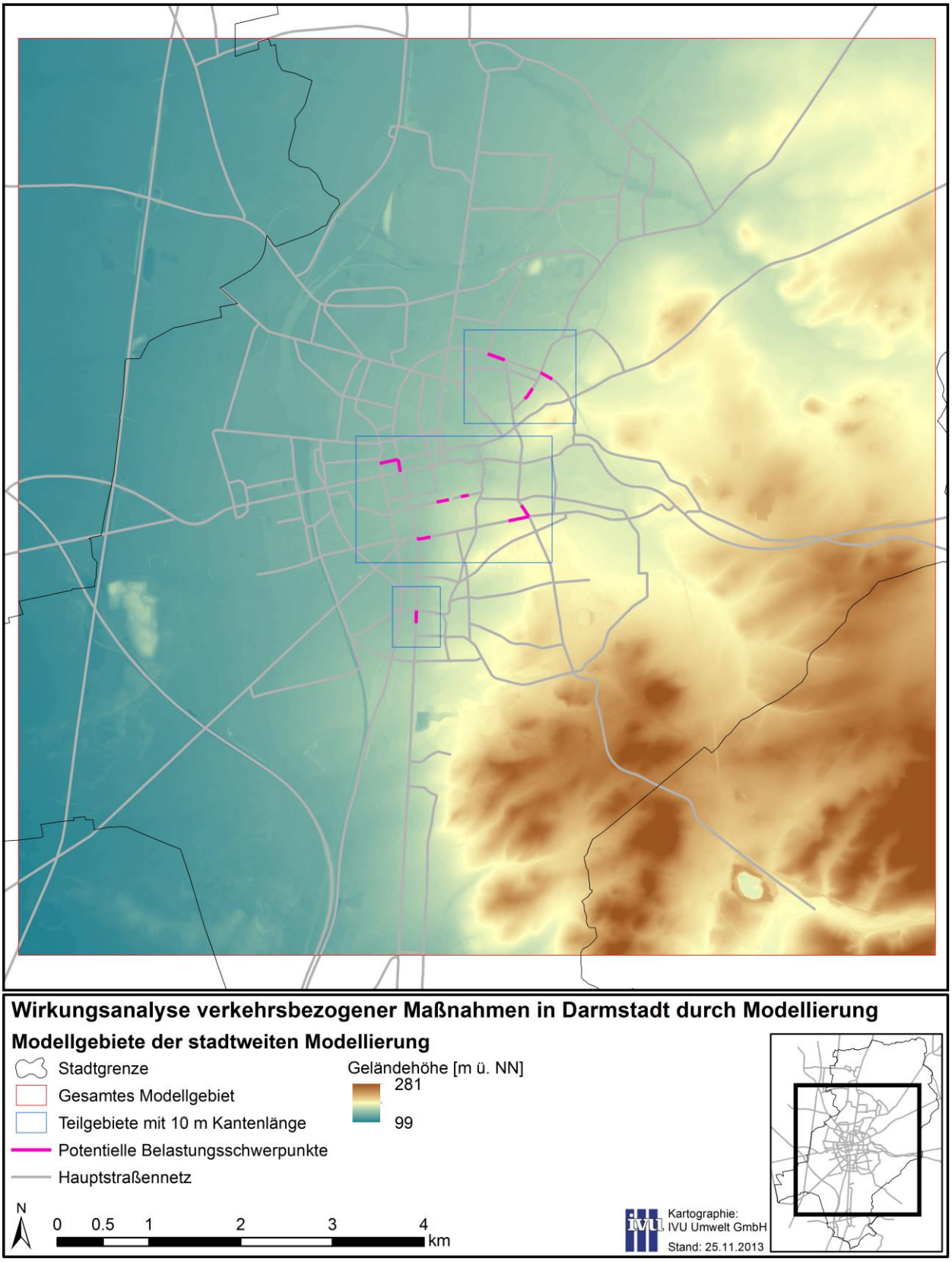


Abbildung 5-3: Modellgebiet der stadtweiten Modellierung

Als Emissionsquellen wurden alle Straßen des Hauptstraßennetzes sowie alle untergeordneten Straßen berücksichtigt. Die gesamten Emissionen des City-Tunnels wurden an den beiden Ausfahrten in der Hügelstraße freigesetzt. Der City-Tunnel wird im Einbahnstraßenverkehr befahren. Er ist mit einer Entlüftungsanlage ausgestattet, die nach Auskunft der Stadt Darmstadt aber äußerst selten in Betrieb ist und in Absprache mit dem Auftraggeber wurde festgelegt, den Tunnel ohne aktive Entlüftung zu modellieren. Daraus ergibt sich, dass alle Emissionen des City-Tunnels an den beiden Ausfahrten in der Hügelstraße austreten.

LASAT ist in der Lage, Zeitreihen der Emissionsquellen zu modellieren. Da für die Kfz-Emissionen keine Informationen zum zeitlichen Verlauf vorlagen, wurden stündliche Zeitreihen für den Kfz-Verkehr für das Jahr 2012 aus den Ganglinien des Bayerischen Emissionskatasters (IER, 2005) abgeleitet.

Die berechneten Konzentrationen wurden für die Bestimmung der Vorbelastung als “Überdach-Konzentrationen“ in der Modellschicht in 15 - 20 m Höhe über Grund ausgewertet, da in allen Teilmodellgebieten jeweils mehrere Gebäude mit bis zu 15 m Höhe vorhanden sind. Die aufbereiteten Ergebnisse für die 11 Belastungsschwerpunkte finden sich in Tabelle 5-4.

5.4.2 Detailmodellierung

Für die 11 Belastungsschwerpunkte wurden entsprechend Abschnitt 4.3 mit MISKAM detaillierte Immissionsmodellierungen mit einer horizontalen Auflösung von 1 x 1 m² im Kernbereich durchgeführt. Aufgrund dieser hohen räumlichen Auflösung und der technischen Grenzen des Modells lassen sich die 11 Belastungsschwerpunkte nicht mit einer Modellierung abdecken sondern es waren für jeden Abschnitt (bzw. für Kombinationen von zwei Abschnitten) separate Modellgebiete und entsprechende Berechnungen erforderlich.

Für die zu untersuchenden Straßenabschnitte wurden für die Detailberechnung zunächst acht geeignete Untersuchungsgebiete, in denen die Berechnungen ausgewertet werden, festgelegt. Um Randeffekte adäquat abzubilden, wurden um die eigentlichen Untersuchungsgebiete sieben sie großzügig umschließende Modellgebiete, für die die Berechnungen durchgeführt werden, definiert. Für diese Modellgebiete wurden dann die Straßenraumgeometrien aufgenommen. Dazu wurden dreidimensionale Rechengitter erstellt und mit den Geometrien der Straßen und Strömungshindernisse versehen, welche die notwendigen baulichen Gegebenheiten in den jeweiligen Modellgebieten hinreichend erfassen und für die Strömungsberechnung ausreichend sind. Dabei wurde insbesondere beim Modellgebiet der Belastungsschwerpunkte 3 und 4, das die Unterführung unter der Wilhelminenstraße mit den zwei Ausfahrten des City-Tunnels in die Hügelstraße enthält, diese Unterführung mit den zugehörigen Rampen im Modell abgebildet.

Die Modell- und Untersuchungsgebiete der Detailmodellierungen sind in Abbildung 5-4 zusammen mit den Gebäudegrundrissen dargestellt.

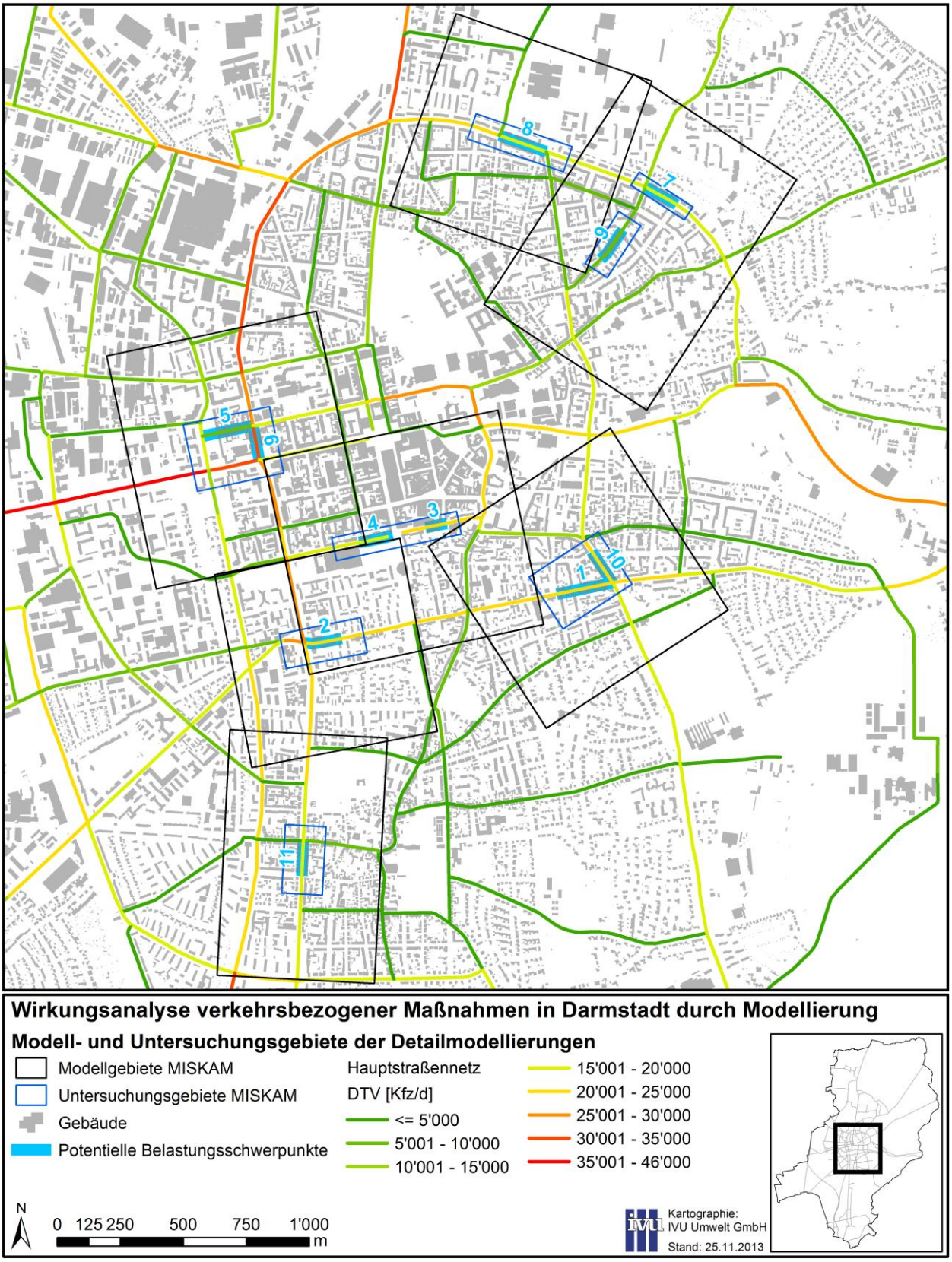


Abbildung 5-4: Modell- und Untersuchungsgebiete der Detailmodellierungen

Mit dem prognostischen Windfeldmodell von MISKAM wurden zunächst für die Geometriekonfigurationen der sieben Modellgebiete Strömungsberechnungen als Grundlage für die Ausbreitungsrechnungen durchgeführt. Bei den detaillierten Ausbreitungsrechnungen mit MISKAM wurden dann als Emissionsquellen jeweils alle Straßen, die im entsprechenden Modellgebiet liegen, berücksichtigt.

Als Ergebnis liegen für alle Untersuchungsgebiete auf das Rechenraster bezogene Jahresmittelwerte der Zusatzbelastung vor, die für die Modellschicht in der Atemzone in 1.3 – 2 m Höhe ausgewertet wurden.

Die räumliche Verteilung der Emissionen eines Tunnels ab dem Austritt aus dem Portal ist nicht trivial und hängt, neben anderen Faktoren, wie z. B. der hier nicht auftretenden künstlichen Entlüftung, von der Druckdifferenz zwischen den Portalen und dem Schub durch die ausfahrenden Fahrzeuge ab. Beim City-Tunnel in Darmstadt ist die Problematik noch komplexer, da hier die Fahrzeuge in einer langen Röhre von Nord nach Süd fahren, um am Tunnelende auf eine T-Kreuzung zu treffen, an der sie den Tunnel nach Westen oder nach Osten jeweils auf einer ansteigenden Rampe auf die Hügelstraße verlassen. Gleichzeitig existiert ein signifikanter Verkehrsstrom von West nach Ost durch die Hügelstraßenunterführung am Tunnelende, über den an der Westseite Fahrzeuge in die Unterführung einfahren und sie auf der Ostseite wieder verlassen. Dadurch fahren insgesamt etwa drei Mal so viele Fahrzeuge aus dem Ostportal auf die Hügelstraße wie aus dem Westportal. Damit ist die räumliche Verteilung der Tunnel-Emissionen an der Hügelstraße ein sehr komplexes Problem, das im Rahmen der vorliegenden Projektkonzeption nicht vollständig gelöst werden kann. Die räumliche Verteilung der Emissionen des City-Tunnels musste daher abgeschätzt werden und nach mehreren Testrechnungen wurde die räumliche Verteilung der Emissionen folgendermaßen festgelegt. Ein Drittel wurde als passive Quelle unterirdisch in der Unterführung freigesetzt und zwei Drittel auf die beiden Ausfahrtrampen verteilt. Die Verteilung auf die West- und Ostrampe wurde zu 20 % auf die West- und zu 80 % auf die Ostrampe abgeschätzt. Zur weiteren Annäherung an den exponentiellen Abfall der durch den Tunnel verursachten Konzentrationen (s. z. B. das Modul „Tunnelportal“ in RLuS (2012)) in der Abbildung durch passive Quellen wurden bei den Emissionen der Ostseite 5/6 auf die Rampe und 1/6 auf ein daran anschließendes Straßenstück von ca. 40 m Länge verteilt.

5.4.3 Gesamtbelastung

Auf Basis der Modellrechnungen in Abschnitt 5.4.1 für das urbane Untersuchungsgebiet und den Detailergebnissen aus Abschnitt 5.4.2 wurden entsprechend der in Abschnitt 4.3 beschriebenen Methodik für die 11 Belastungsabschnitte Gesamtbelastungen als Jahresmittelwert und die Anzahl der Überschreitungen des Grenzwerts für den PM10-Tagesmittelwert ermittelt und zusammengestellt. Bei der Bildung der Gesamtbelastung für die 11 Belastungsschwerpunkte wurde sichergestellt, dass die jeweiligen Abschnitte innerhalb der MISKAM-Modellgebiete bei der Ermittlung der städtischen Vorbelastung über entsprechende ergänzende Modellierungen in LASAT ausgeblendet werden und damit nicht doppelt in die Ermittlung der Immissionsbelastung eingehen.

Die räumlichen Verteilungen der Gesamtbelastungen für NO_2 sind in Abbildung 5-5 bis Abbildung 5-12 dargestellt. Entsprechende Darstellungen finden sich für PM10 in Abbildung 5-13 bis Abbildung 5-20 und für PM2.5 in Abbildung 5-21 bis Abbildung 5-28. Bei den Abbildungen für die Belastungsschwerpunkte 3 und 4 (Hügelstraße) ist zu beach-

ten, dass Horizontalschnitte in 1.3 - 2 m über Grund dargestellt sind, die im Bereich des Tunnelportals damit ca. 7 - 8 m über dem Fahrbahnniveau liegen.

Um einen Referenzwert für die Maßnahmenbeurteilung zu erhalten, wurde auf Basis der NO_2-Gesamtbelastungen für jeden Belastungsschwerpunkt ein Referenzpunkt ausgewählt, der den höchstbelasteten Bereich auf den Gehwegen darstellt. Dieser Referenzpunkt ist in aller Regel ein fahrbahnnaher Bereich des Gehweges. Für diese Referenzpunkte sind die Vorbelastungen durch den Kfz-Verkehr in Darmstadt aus dem LASAT-Modellgebiet, die Zusatzbelastungen durch alle Abschnitte aus dem jeweiligen MISKAM-Modellgebiet und die Gesamtbelastungen in Tabelle 5-4 zusammengestellt.

An dieser Stelle sei explizit darauf hingewiesen, dass diese Referenzpunkte eine Art oberen Abschätzung im Sinne des Anhang III der Richtlinie 2008/50/EG (EU, 2008) darstellen, nach dem die Luftqualität an allen Orten beurteilt wird, die nicht auf den Fahrbahnen der Straßen und – sofern Fußgänger für gewöhnlich dorthin keinen Zugang haben – auf dem Mittelstreifen der Straßen sind. Diese Referenzpunkte entsprechen damit nicht unbedingt einem Messort im Sinne der Richtlinie 2008/50/EG bzw. deren Umsetzung in Form der 39. BImSchV (2010) nach der „Der Ort von Probenahmestellen [...] im Allgemeinen so zu wählen [ist], dass die Messung von Umweltzuständen, die einen sehr kleinen Raum in ihrer unmittelbaren Nähe betreffen, vermieden wird. Dies bedeutet, dass der Ort der Probenahmestelle so zu wählen ist, dass die Luftproben – soweit möglich – für die Luftqualität eines Straßenabschnitts von nicht weniger als 100 Meter Länge bei Probenahmestellen für den Verkehr [...] repräsentativ sind.“ Für solche „repräsentativen Bereiche“ würden in den hier vorliegenden Fällen im Allgemeinen geringere Werte bestimmt werden. Zur nicht trivialen Problematik der Ermittlung und Festlegung solcher „repräsentativen Bereiche“ wird beispielsweise auf Diegmann et al. (2013) verwiesen. Die Wirkung der Maßnahmen lässt sich davon unabhängig auch an den Referenzpunkten abschätzen.

Aufgrund der komplexeren Situation wurde bei dem Belastungsschwerpunkt 3 (Hügelstraße von Tunnelausfahrt bis Schützenstraße) anstelle eines Referenzpunktes der Mittelwert eines Bereichs ausgewertet (s. Abschnitt 5.4.4). Für den Belastungsschwerpunkt 5 (Bleichstraße zwischen Kasinostraße und Steubenplatz) wurde aufgrund des Einflusses der Kasinostr. (s. Abbildung 5-8) im Sinne der 39. BImSchV (2010) sichergestellt, dass der Referenzpunkt mindestens 25 m von der Kreuzung mit der Kasinostraße entfernt ist. Für den Belastungsschwerpunkt 8 (Rhönring zwischen Arheiliger Straße und Pankratiusstraße) war im westlichen Anschluss aufgrund der dort höheren Kfz-Belastungen ein weiterer Belastungsschwerpunkt zu vermuten, für den als Belastungsschwerpunkt 8b (Rhönring zwischen Eckhardtstraße und Arheiliger Straße) ebenfalls Auswertungen durchgeführt wurden.

Tabelle 5-4: Immissionen an den Referenzpunkten der Belastungsschwerpunkte im Istfall 2012

Belastungsschwerpunkt		Vorbelastung Kfz in DA [µg/m³]			Zusatzbelastung [µg/m³] (MISKAM-Modellgebiet)				Gesamtbelastung [µg/m³]				
		NO_X	PM 10	PM 2.5	NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	PM10-ÜS*
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	7.1	0.69	0.37	93.8	20.9	9.8	5.4	124.9	54.2	27.0	17.7	25
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	10.4	1.01	0.55	86.3	19.8	8.7	5.0	120.7	53.9	26.2	17.5	23
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	9.1	0.86	0.45	134.1	31.5	12.9	7.6	167.2	68.4	30.3	20.0	36
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	9.1	0.86	0.48	88.6	22.2	8.7	5.2	121.7	55.3	26.1	17.6	23
Bleichstr.	5	10.6	1.04	0.55	77.3	15.1	7.5	4.1	111.9	49.2	25.1	16.6	20
Kasinostr.	6	10.6	1.04	0.56	93.0	19.7	9.6	5.5	127.6	55.0	27.2	18.0	26
Spessartring	7	7.6	0.73	0.37	59.6	12.6	6.2	3.3	91.2	42.8	23.5	15.6	16
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	8.3	0.80	0.43	65.2	13.8	6.9	3.3	97.5	45.0	24.2	15.6	17
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	8.3	0.80	0.43	74.0	15.5	7.8	3.8	106.3	47.7	25.1	16.1	20
Kranichsteiner Str.	9	7.6	0.73	0.41	44.3	10.0	3.8	2.1	75.9	37.9	21.1	14.4	10
Nieder-Ramstädter-Str.	10	7.1	0.69	0.37	92.8	20.5	9.2	5.1	123.9	53.8	26.4	17.4	24
Heidelberger Str.	11	8.8	0.85	0.47	71.6	15.2	7.3	4.2	104.4	47.4	24.7	16.6	19

* PM10-Überschreitungstage: Anzahl Tage mit einem Tagesmittelwert > 50 µg/m³

Wie die Ergebnisse in Tabelle 5-4 und auch die entsprechenden Abbildungen zeigen, wird mit Ausnahme der Kranichsteiner Straße für alle Belastungsschwerpunkte mit Werten zwischen 43 und 68 µg/m³ eine Überschreitung des NO_2-Grenzwertes in Höhe von 40 µg/m³ berechnet.

Wie Abbildung 5-5 zeigt, werden dabei beim Belastungsschwerpunkt 1 (Heinrichstraße zwischen Nieder-Ramstädter-Straße und Grüner Weg) außerhalb der Fahrbahnen im Wesentlichen für die Südseite Werte > 40 µg/m³ NO_2 berechnet, die in größeren Bereichen, bis über den Grünen Weg hinaus auch über 44 µg/m³ liegen und bis zu 54 µg/m³ erreichen (Referenzpunkt). Für den Belastungsschwerpunkt 10 (Nieder-Ramstädter-Str. zwischen Kiesstraße und Heinrichstraße) ergeben sich außerhalb der Fahrbahnen auf beiden Straßenseiten Werte über 44 µg/m³ und am Referenzpunkt ebenfalls 54 µg/m³ erreichen. Im weiteren Verlauf jenseits der Kiesstraße mit der zurückweichenden und lockereren Bebauung sinken die Werte vor allem auf der Ostseite und bleiben dort unter 40 µg/m³.

Abbildung 5-6 zeigt für den Belastungsschwerpunkt 2 (Heinrichstraße zwischen Heidelberger Straße und Staufenbergstraße) vor allem auf der Südseite entlang der näher an die Fahrbahn rückenden Bebauung NO_2-Werte über 40 µg/m³ die bis zu 54 µg/m³ erreichen (Referenzpunkt). Auf der Nordseite werden nur in für einen schmalen Streifen direkt am Fahrbahnrand Werte über 40 µg/m³ errechnet. Im weiteren Verlauf der Heinrichstraße jenseits der Staufenbergstraße ergibt sich ebenfalls ein höher belasteter Bereich, da dort die Emissionen aufgrund etwas größerer Längsneigung der Straße leicht zunehmen. Für einen entsprechenden Referenzpunkt würden dort 55 µg/m³ bestimmt.

Für die Hügelstraße zeigt Abbildung 5-7 vor allem östlich des Tunnels für den Belastungsschwerpunkt 3 (Hügelstraße zwischen Tunnelausfahrt (Wilhelm-Glässing-Straße) und Schützenstraße) großflächig sehr hohe NO_2-Belastungen, die im gesamten Verlauf auch jenseits der Schützenstraße deutlich über 40 µg/m³ liegen. Für den hier im Weiteren ausgewerteten „Referenzstreifen“ (s. o.) werden 68 µg/m³ ermittelt. In Richtung Tunnelportal steigen die modellierten Werte nochmals an. Für weitere Betrachtungen zu diesem Belastungsschwerpunkt wird auf den folgenden Abschnitt 5.4.4 verwiesen. Für den Belastungsschwerpunkt 4 (Hügelstraße zwischen Tunneleinfahrt und Zimmerstraße) auf der Westseite des Tunnels sind die Belastungen deutlich geringer als auf der Ostseite, erreichen aber auf der Südseite in Portalnähe und vor allem auf der Nordseite auch in größeren Bereichen Werte bis 50 µg/m³ und teilweise darüber, wie 55 µg/m³ am Referenzpunkt.

Abbildung 5-8 zeigt für den Belastungsschwerpunkt 5 (Bleichstraße zwischen Kasinostraße und Steubenplatz) außerhalb der Fahrbahnen, vor allem beidseitig im Ostteil des Abschnitts und auf der gesamten bebauten Südseite, NO_2-Werte > 40 µg/m³, die auf der insgesamt höher belasteten Südseite am Referenzpunkt 49 µg/m³ erreichen und dort auch von den Emissionen der Kasinostraße beeinflusst sind. Für den Belastungsschwerpunkt 6 (Kasinostraße zwischen Bleichstraße und Rheinstraße) werden für die nördliche, eng bebaute, Hälfte des Abschnitts auf beiden Straßenseiten außerhalb der Fahrbahnen Werte deutlich über 40 µg/m³ erreicht und für den Referenzpunkt 55 µg/m³ modelliert. Für die südliche Hälfte nimmt die modellierte Belastung deutlich ab, liegt aber entlang der Fahrbahnen ebenfalls großflächig über 40 µg/m³. Die Abbildung 5-8 zeigt auch, dass auch entlang der Rheinstraße entlang der Fahrbahnen mit Werten über 40 µg/m³ zu rechnen ist.

Für den Belastungsschwerpunkt 7 (Spessartring zwischen Kranichsteiner Straße und Gutenbergstraße) ergeben sich entsprechend Abbildung 5-9 NO_2-Werte über 40 µg/m³ nur in direkter Nähe zum Fahrbahnrand und zur Bebauung hin sinken die berechneten Konzentrationen deutlich ab. Für den Referenzpunkt werden 43 µg/m³ ermittelt. Diese Situation setzt sich entlang des Rings nach Südosten und Nordwesten fort.

Die Situation für den Belastungsschwerpunkt 8 (Rhönring zwischen Arheilger Straße und Pankratiusstraße) ist in Abbildung 5-10 dargestellt. Auf leicht höherem Niveau ergeben sich ähnlich wie beim Belastungsschwerpunkt 7 NO_2-Werte über 40 µg/m³, die am Referenzpunkt 45 µg/m³ erreichen. Diese hohen Belastungen finden sich dabei vorwiegend in der Nähe zum Fahrbahnrand und zur Bebauung hin sinken die berechneten Konzentrationen deutlich ab. Diese Situation setzt sich entlang des Rings nach Osten fort. Am westlich anschließenden Belastungsschwerpunkt 8b (Rhönring zwischen Eckhardtstraße und Arheiliger Straße) verschärft sich aufgrund der dort höheren Kfz-Belastungen die Situation etwas und für den entsprechenden Referenzpunkt werden 48 µg/m³ NO_2 berechnet.

Die Abbildung 5-11 zeigt für den Belastungsschwerpunkt 9 (Kranichsteiner Straße zwischen Taunusstraße und Lichtenbergstraße) eine gegenüber den anderen Belastungsschwerpunkten relativ entspannte Situation, in der nur auf den Fahrbahnen NO_2-Werte über 40 µg/m³ berechnet und für den Referenzpunkt 38 µg/m³ ermittelt werden.

Für den Belastungsschwerpunkt 11 (Heidelberger Straße zwischen Bessunger Straße und Sandbergstraße) werden entsprechend Abbildung 5-12 insbesondere auf der Ostseite großflächig NO_2-Werte > 40 µg/m³ außerhalb der Fahrbahnen berechnet, die für den Referenzpunkt 47 µg/m³ erreichen. Auf der Westseite sind die Belastungen gerin-

ger, erreichen aber auch hier nicht nur direkt am Fahrbahnrand, sondern vereinzelt auch vor den Gebäuden, Werte über 40 µg/m³. Diese Situation setzt sich entlang der Heidelberger Straße nach Süden fort, im weiteren Verlauf nach Norden nehmen die Konzentrationen ab.

Wie Tabelle 5-4 und Abbildung 5-13 bis Abbildung 5-20 zeigen, liegen die modellierten PM10-Jahresmittelwerte, mit Ausnahme des Belastungsschwerpunkts 3, für alle Referenzpunkte mit maximal 27 µg/m³ deutlich unter dem Grenzwert in Höhe von 40 µg/m³. Die erlaubte Anzahl an 35 Tagen mit einem Tagesmittelwert > 50 µg/m³ wird dort ebenfalls überall eingehalten. Mit einem Jahresmittelwert von 30 µg/m³ für den Referenzstreifen des Belastungsschwerpunkts 3 (Hügelstraße zwischen Tunnelausfahrt (Wilhelm-Glässing-Straße) und Schützenstraße) wird dafür mit 36 Tagen eine Verletzung des PM10-Kurzzeitgrenzwerts berechnet. Für den Bereich zwischen Tunnelausfahrt und Wilhelm-Glässing-Straße werden zudem Jahresmittelwerte > 40 µg/m³ modelliert. Für weitere Betrachtungen zu diesem Belastungsschwerpunkt wird auf den folgenden Abschnitt 5.4.4 verwiesen.

Abbildung 5-21 bis Abbildung 5-28 zeigen für PM2.5 eine zu PM10 vergleichbare Situation, bei der wiederum lediglich für den Bereich zwischen Tunnelausfahrt und Wilhelm-Glässing-Straße im Belastungsschwerpunkt 3 Jahresmittelwerte über dem Grenzwert des in Höhe von 25 µg/m³ berechnet werden und ansonsten die Werte deutlich darunter liegen.

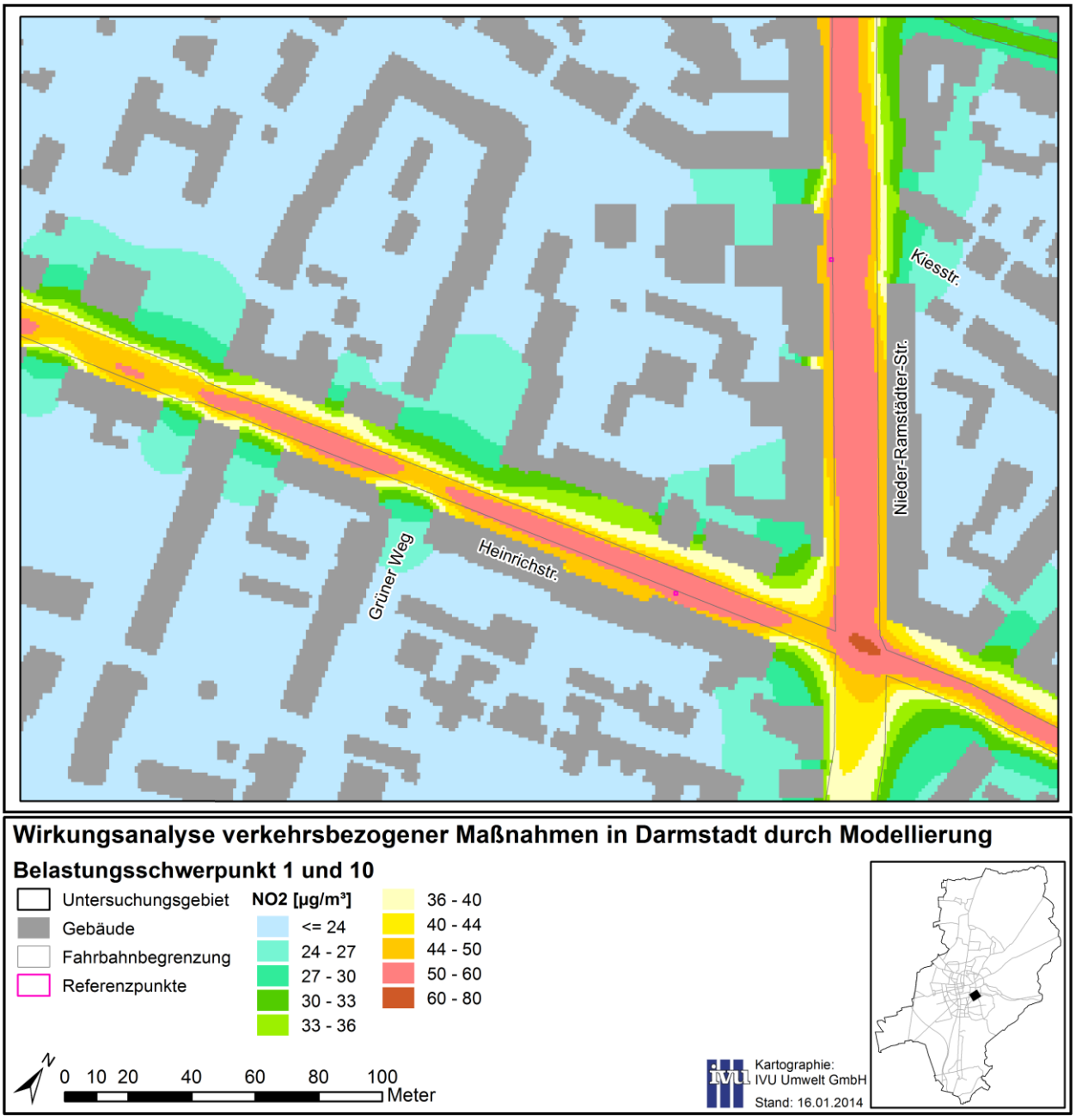


Abbildung 5-5: NO_2-Jahresmittelwerte an den Belastungsschwerpunkten 1 und 10 im Istfall 2012

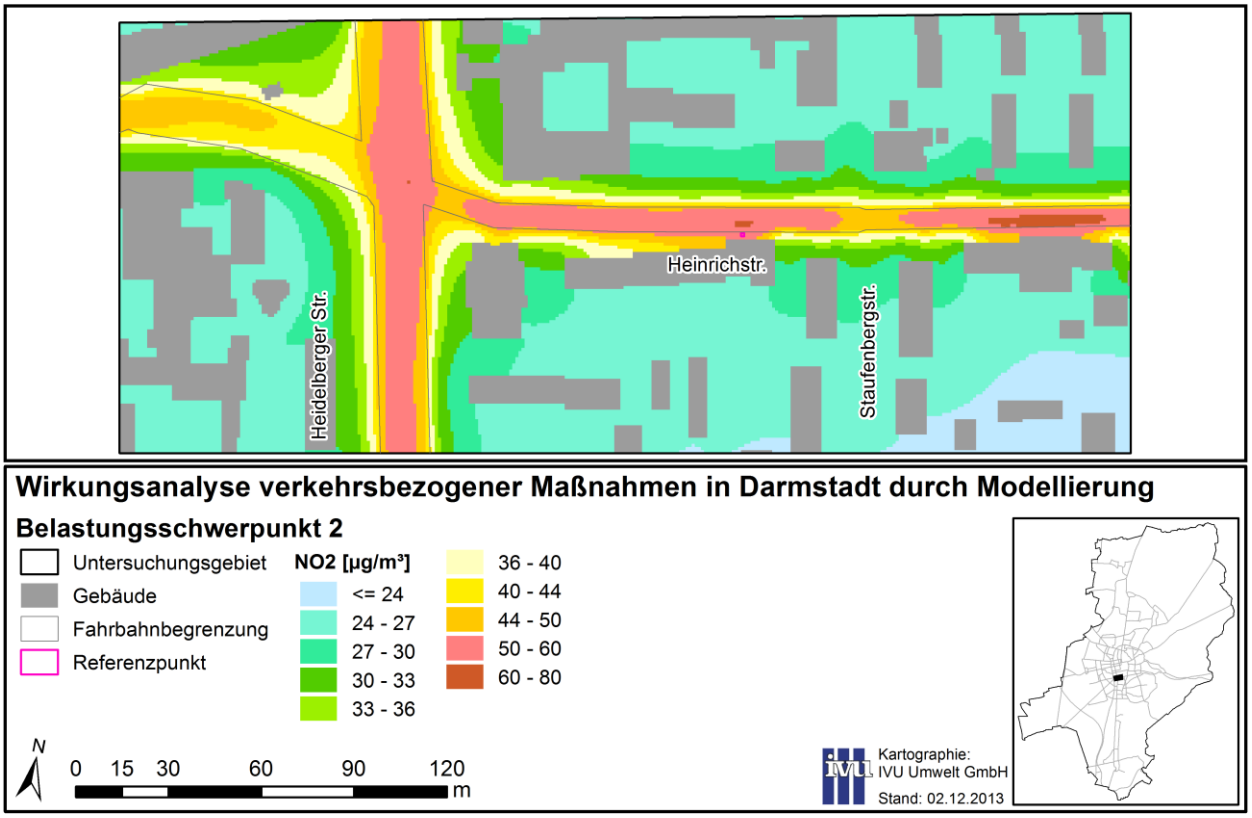


Abbildung 5-6: NO_2-Jahresmittelwerte am Belastungsschwerpunkt 2 im Istfall 2012

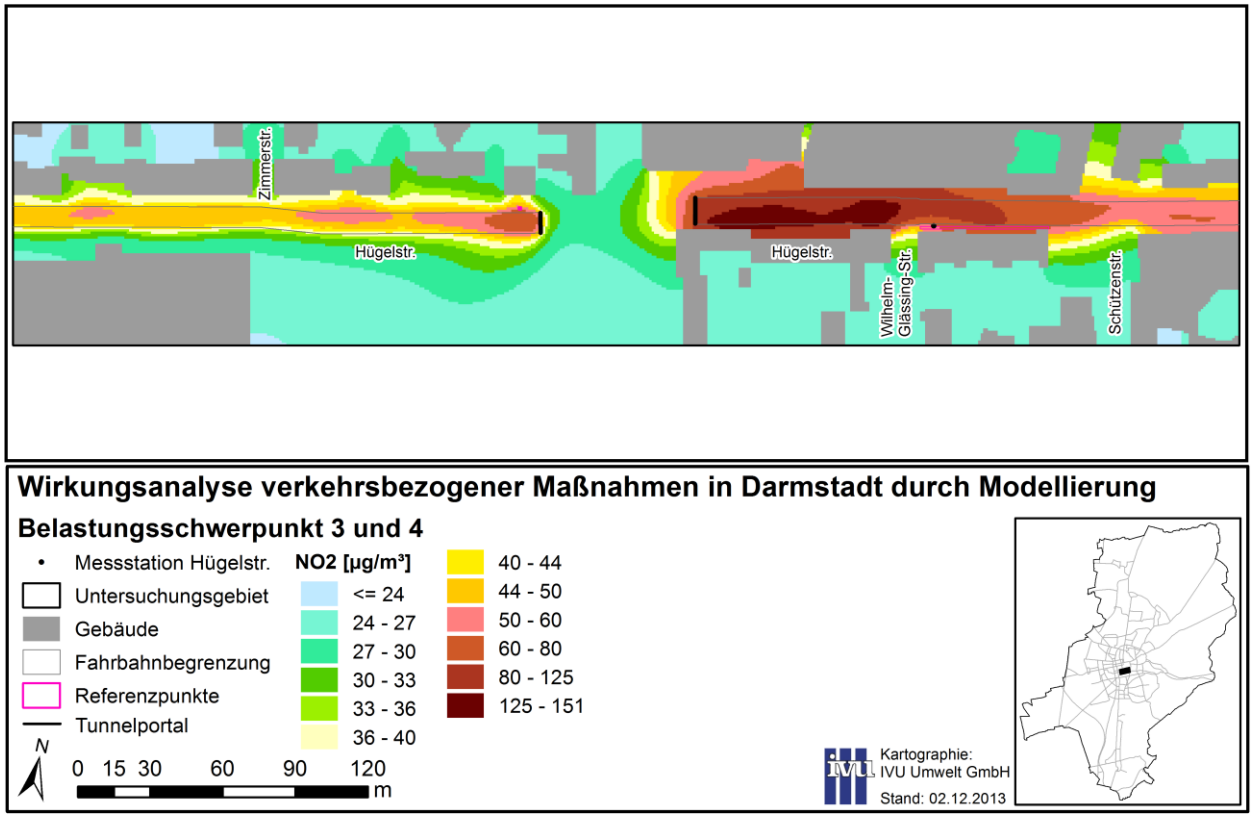


Abbildung 5-7: NO_2-Jahresmittelwerte an den Belastungsschwerpunkten 3 und 4 im Istfall 2012

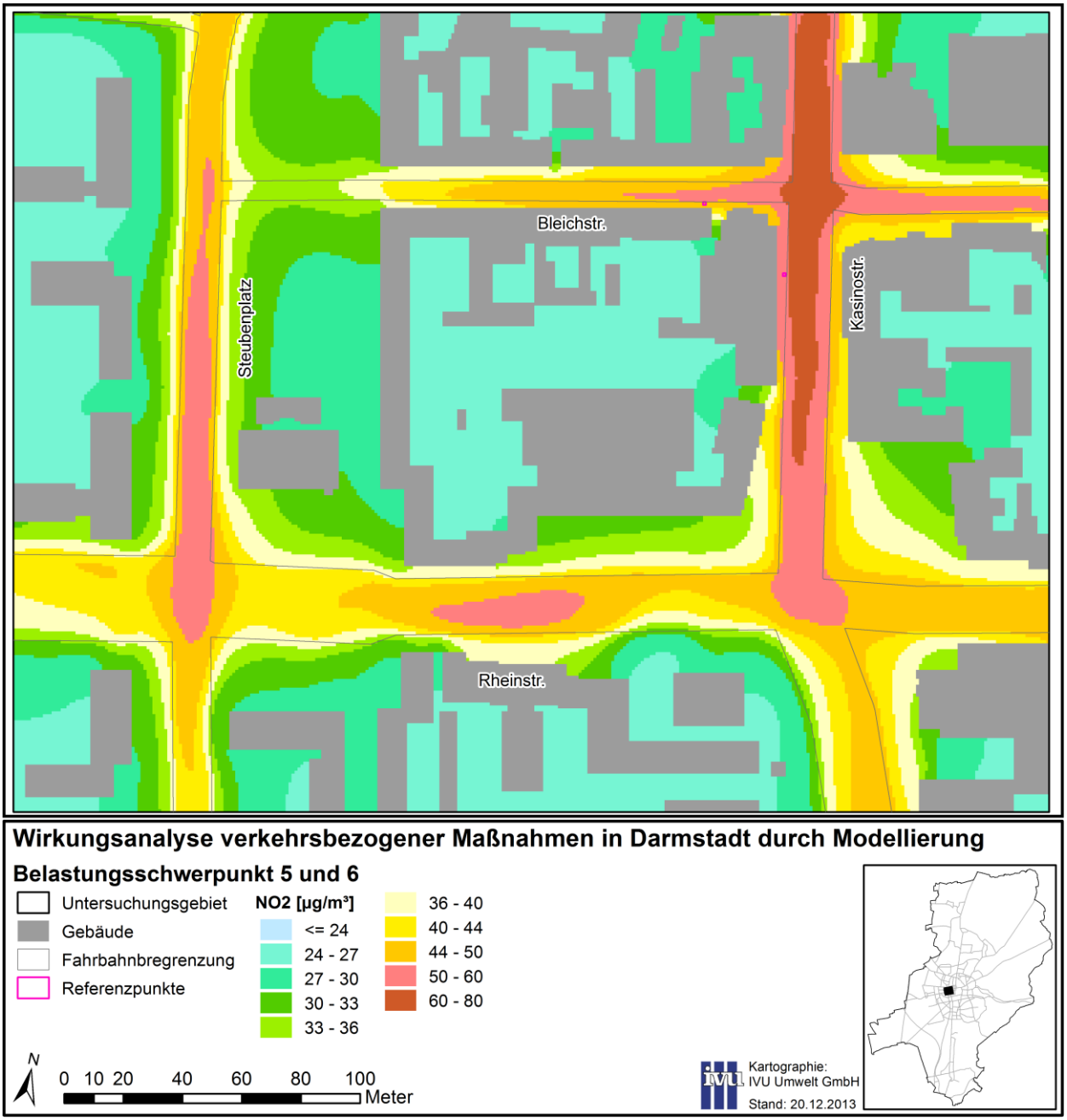


Abbildung 5-8: NO_2-Jahresmittelwerte an den Belastungsschwerpunkten 5 und 6 im Istfall 2012

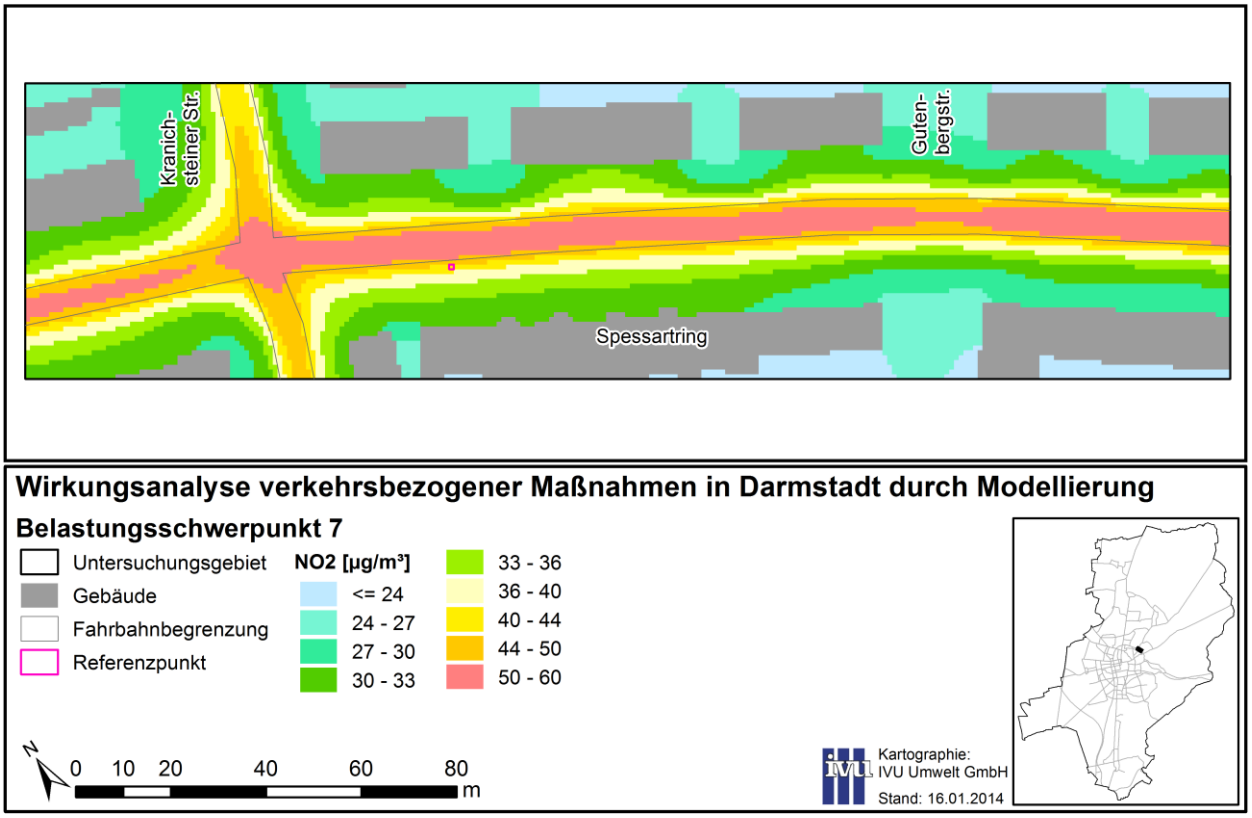


Abbildung 5-9: NO_2-Jahresmittelwerte am Belastungsschwerpunkt 7 im Istfall 2012

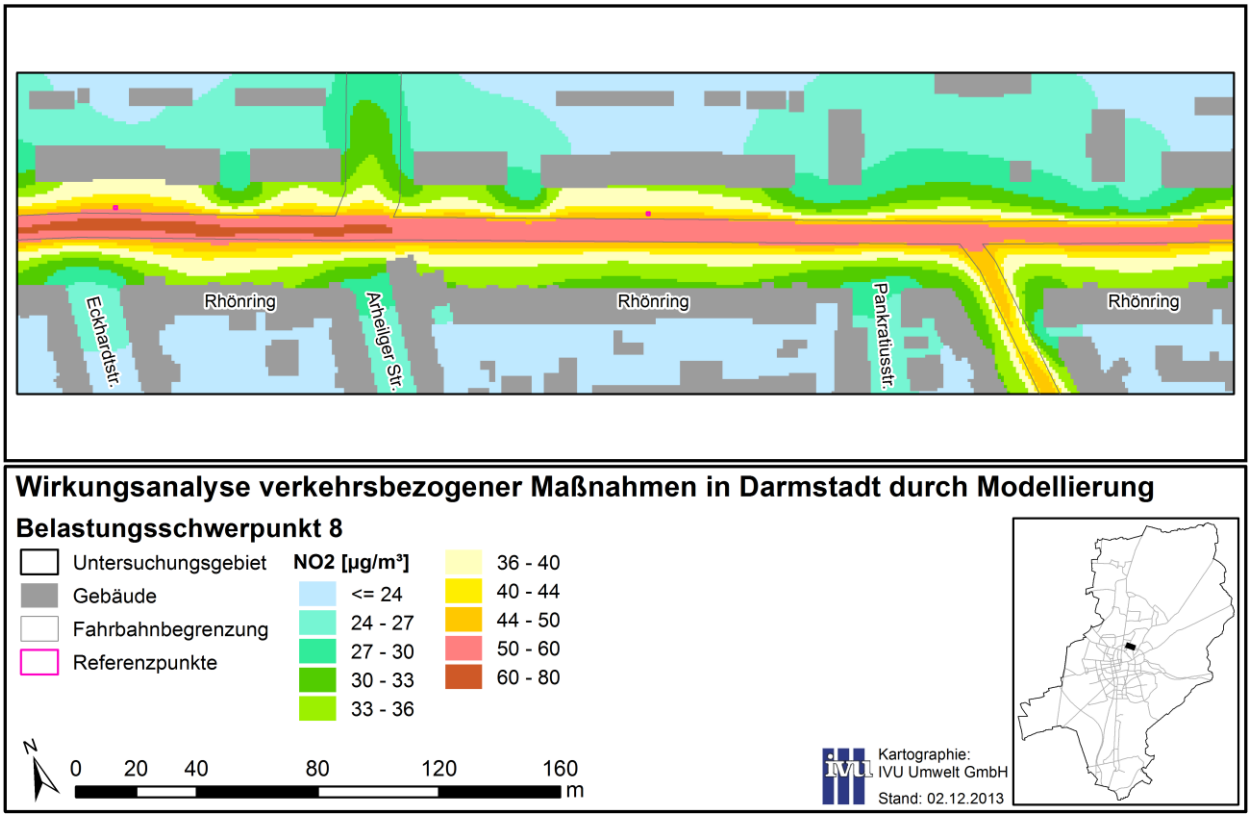


Abbildung 5-10: NO_2-Jahresmittelwerte am Belastungsschwerpunkt 8 im Istfall 2012

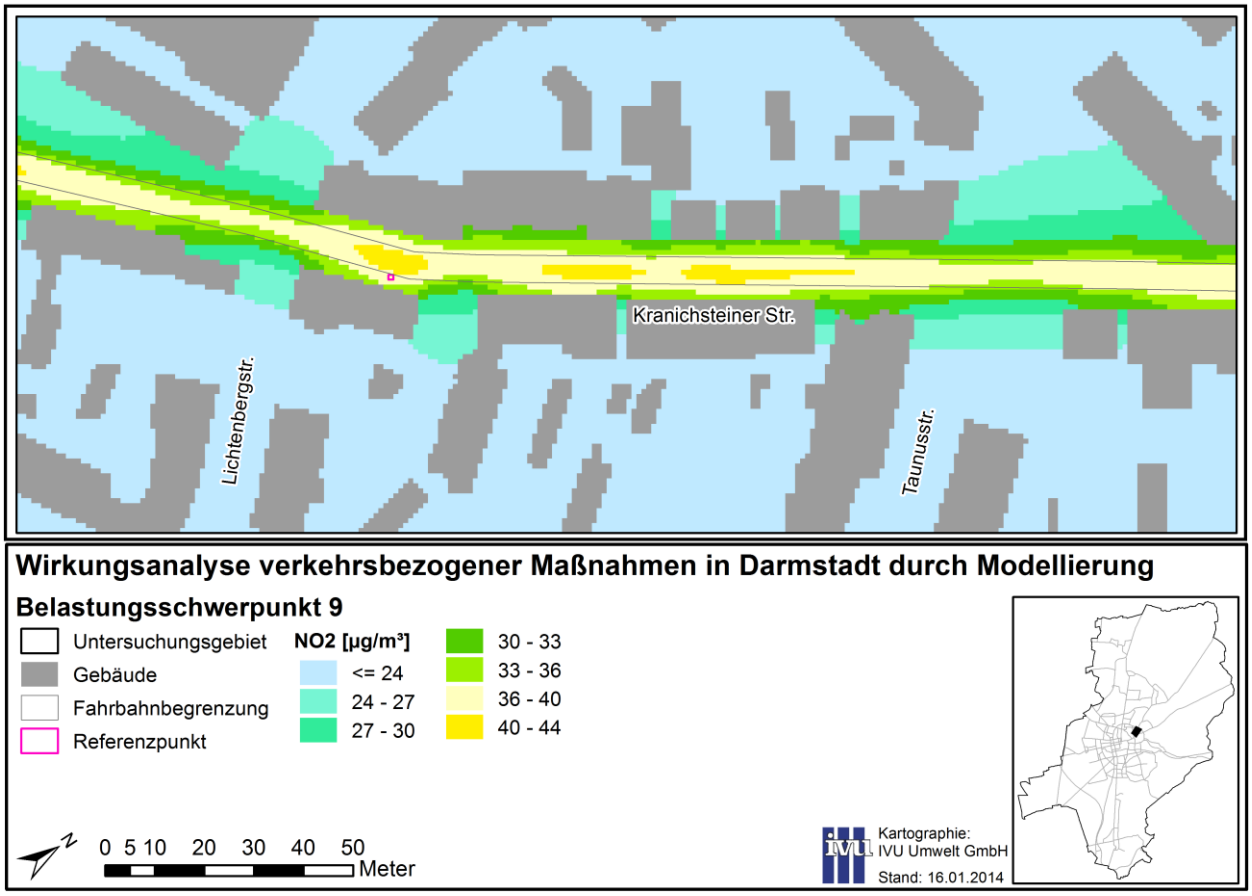


Abbildung 5-11: NO_2-Jahresmittelwerte am Belastungsschwerpunkt 9 im Istfall 2012

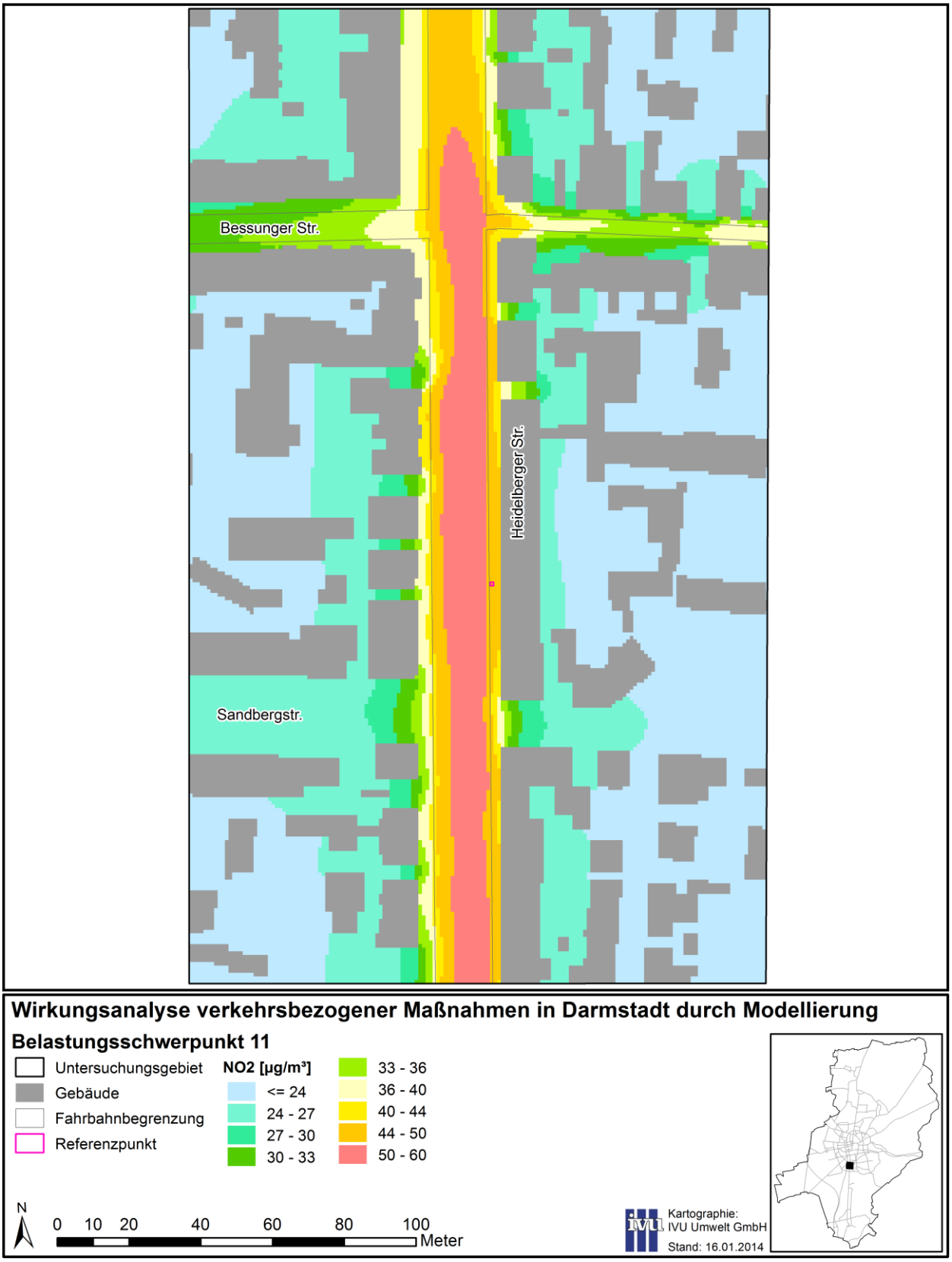


Abbildung 5-12: NO_2-Jahresmittelwerte am Belastungsschwerpunkt 11 im Istfall 2012

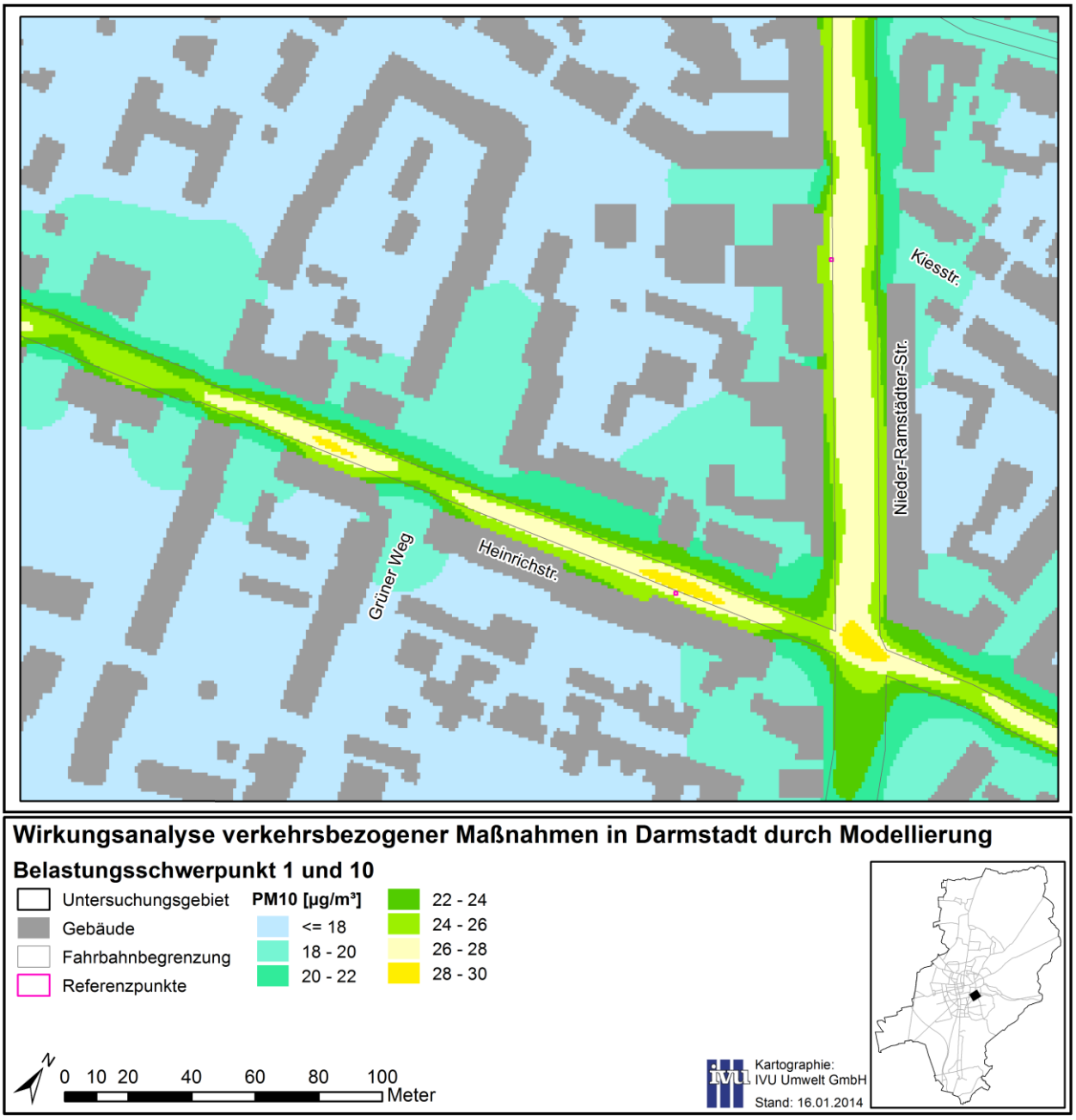


Abbildung 5-13: PM10-Jahresmittelwerte an den Belastungsschwerpunkten 1 und 10 im Istfall 2012

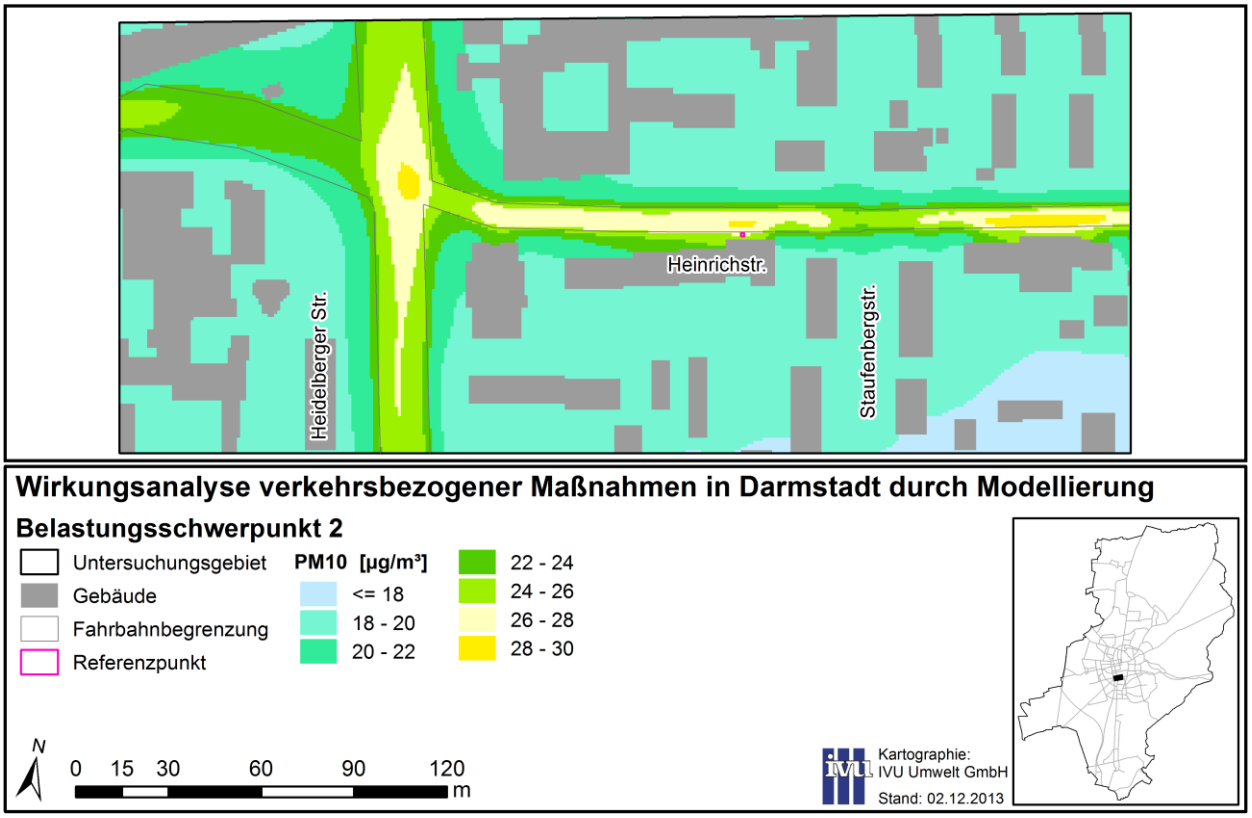


Abbildung 5-14: PM10-Jahresmittelwerte am Belastungsschwerpunkt 2 im Istfall 2012

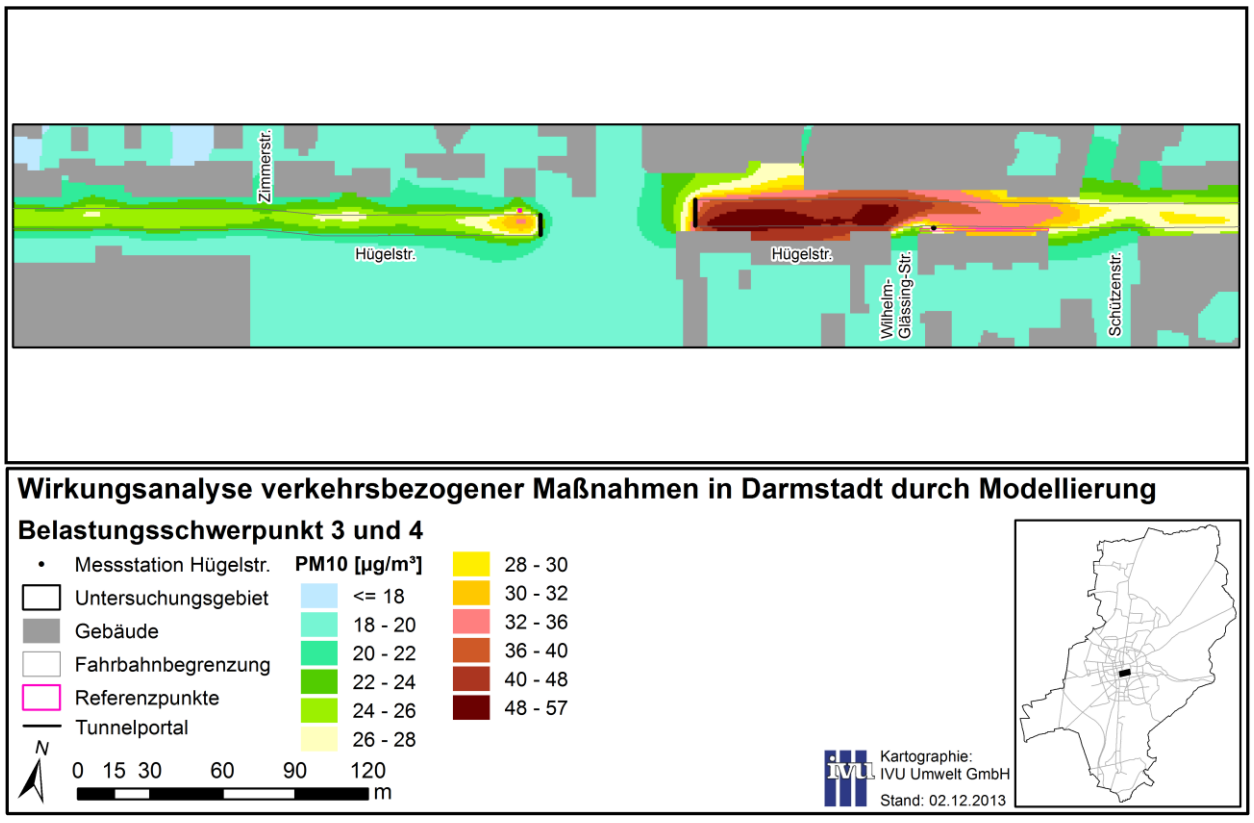


Abbildung 5-15: PM10-Jahresmittelwerte an den Belastungsschwerpunkten 3 und 4 im Istfall 2012

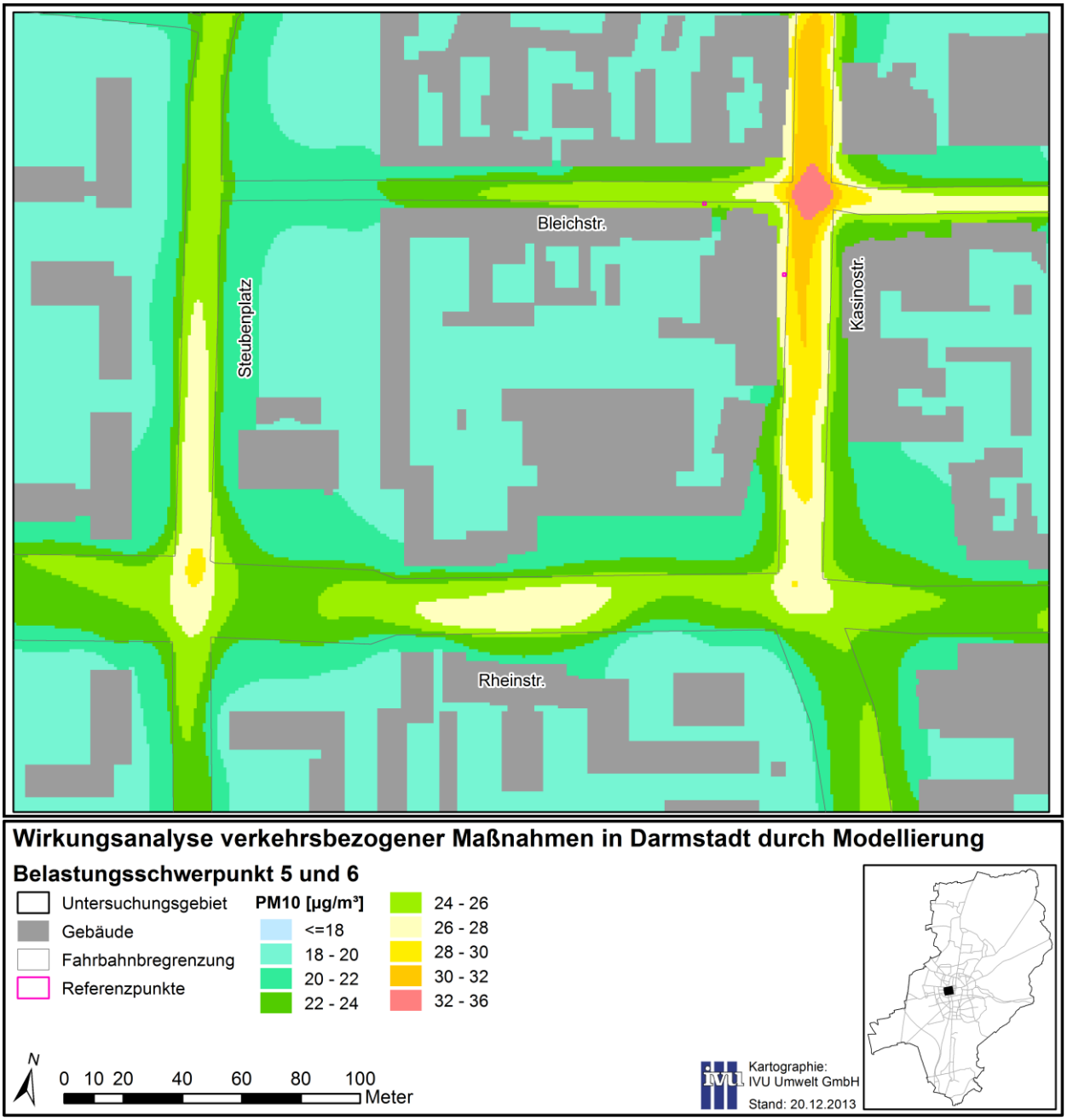


Abbildung 5-16: PM10-Jahresmittelwerte an den Belastungsschwerpunkten 5 und 6 im Istfall 2012

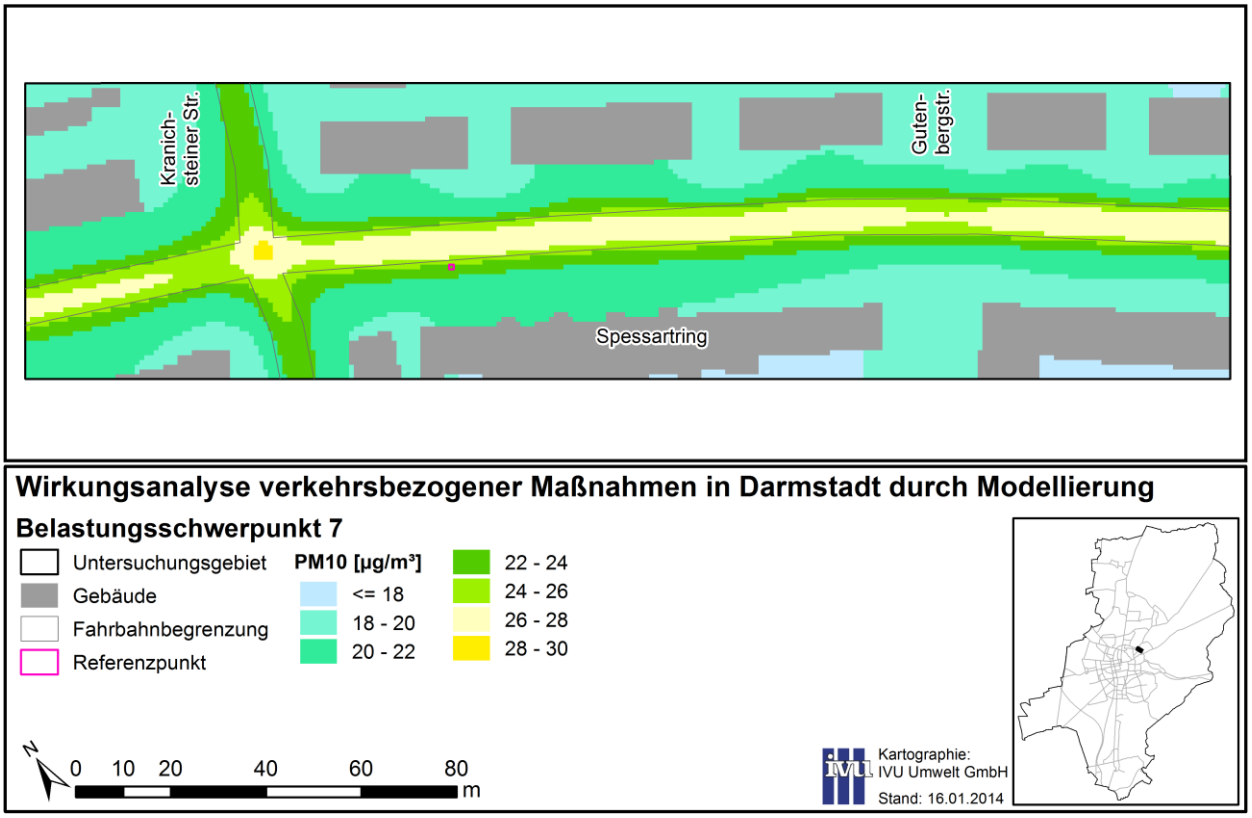


Abbildung 5-17: PM10-Jahresmittelwerte am Belastungsschwerpunkt 7 im Istfall 2012

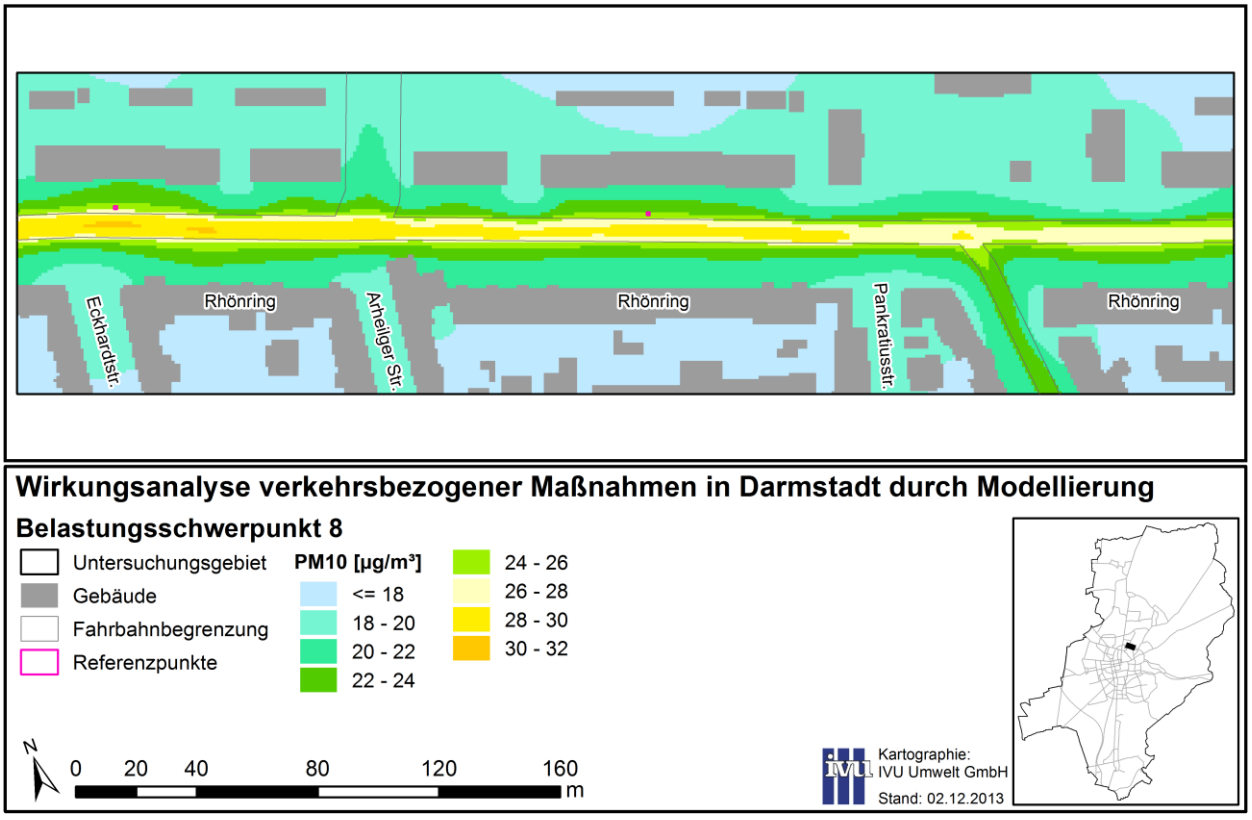


Abbildung 5-18: PM10-Jahresmittelwerte am Belastungsschwerpunkt 8 im Istfall 2012

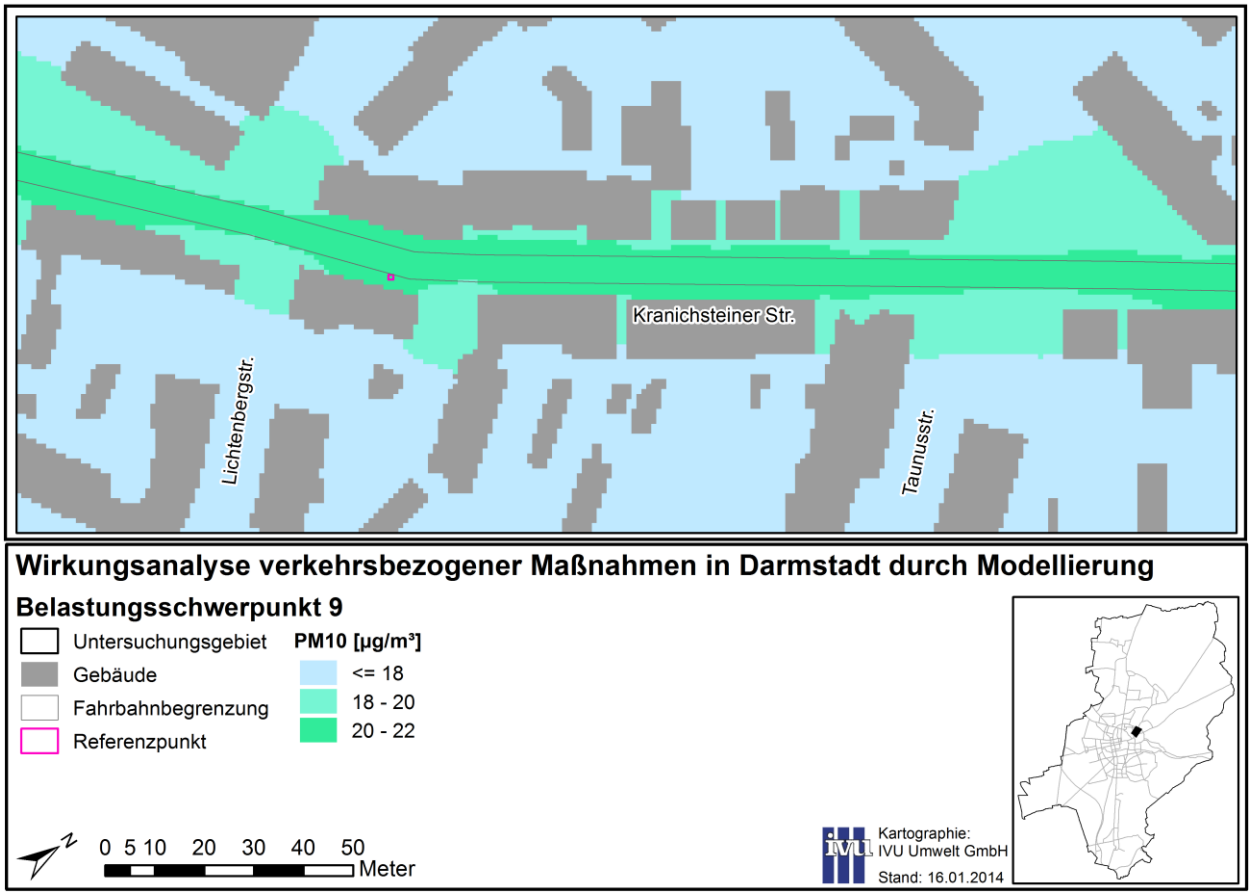


Abbildung 5-19: PM10-Jahresmittelwerte am Belastungsschwerpunkt 9 im Istfall 2012

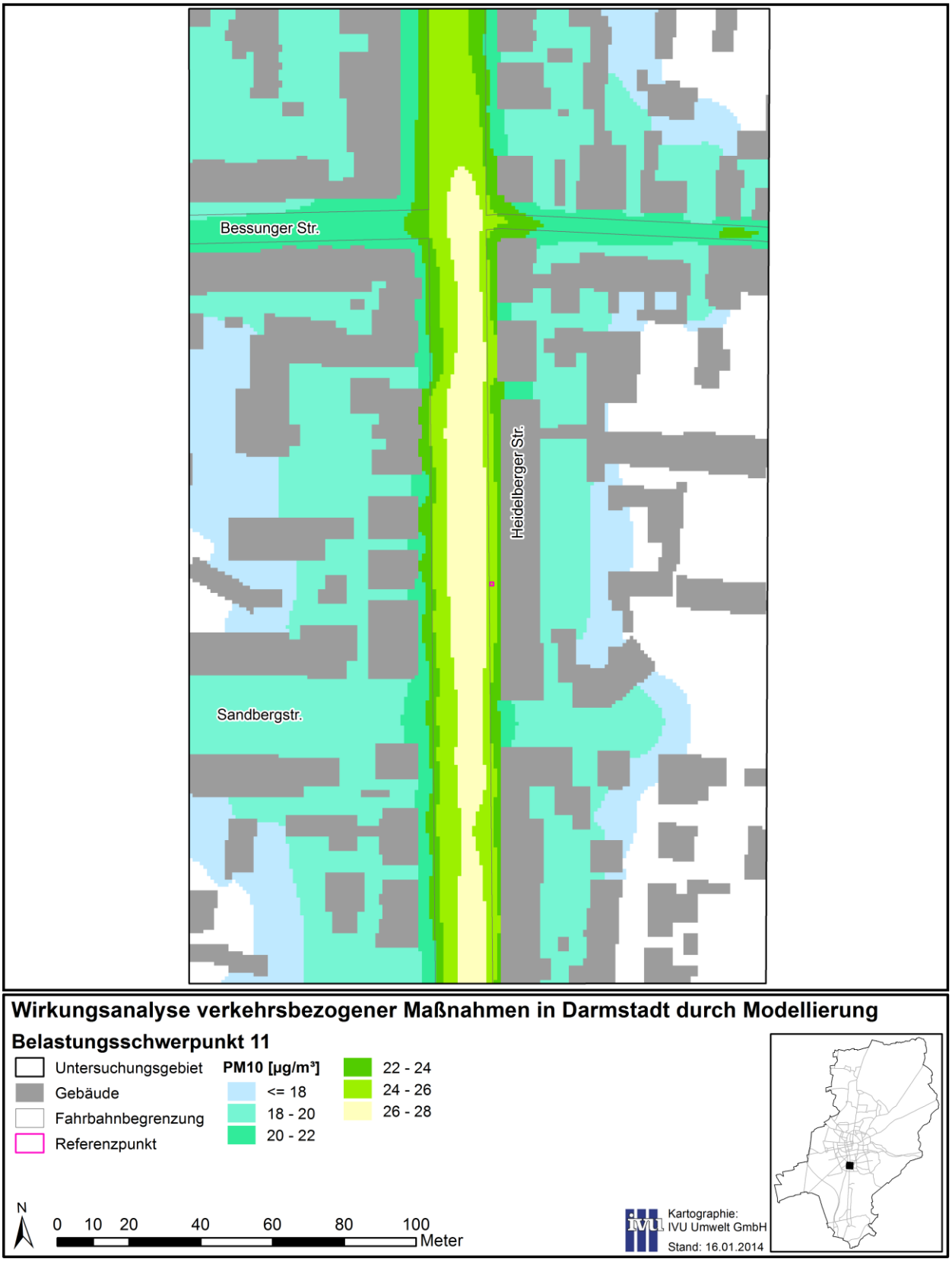


Abbildung 5-20: PM10-Jahresmittelwerte am Belastungsschwerpunkt 11 im Istfall 2012

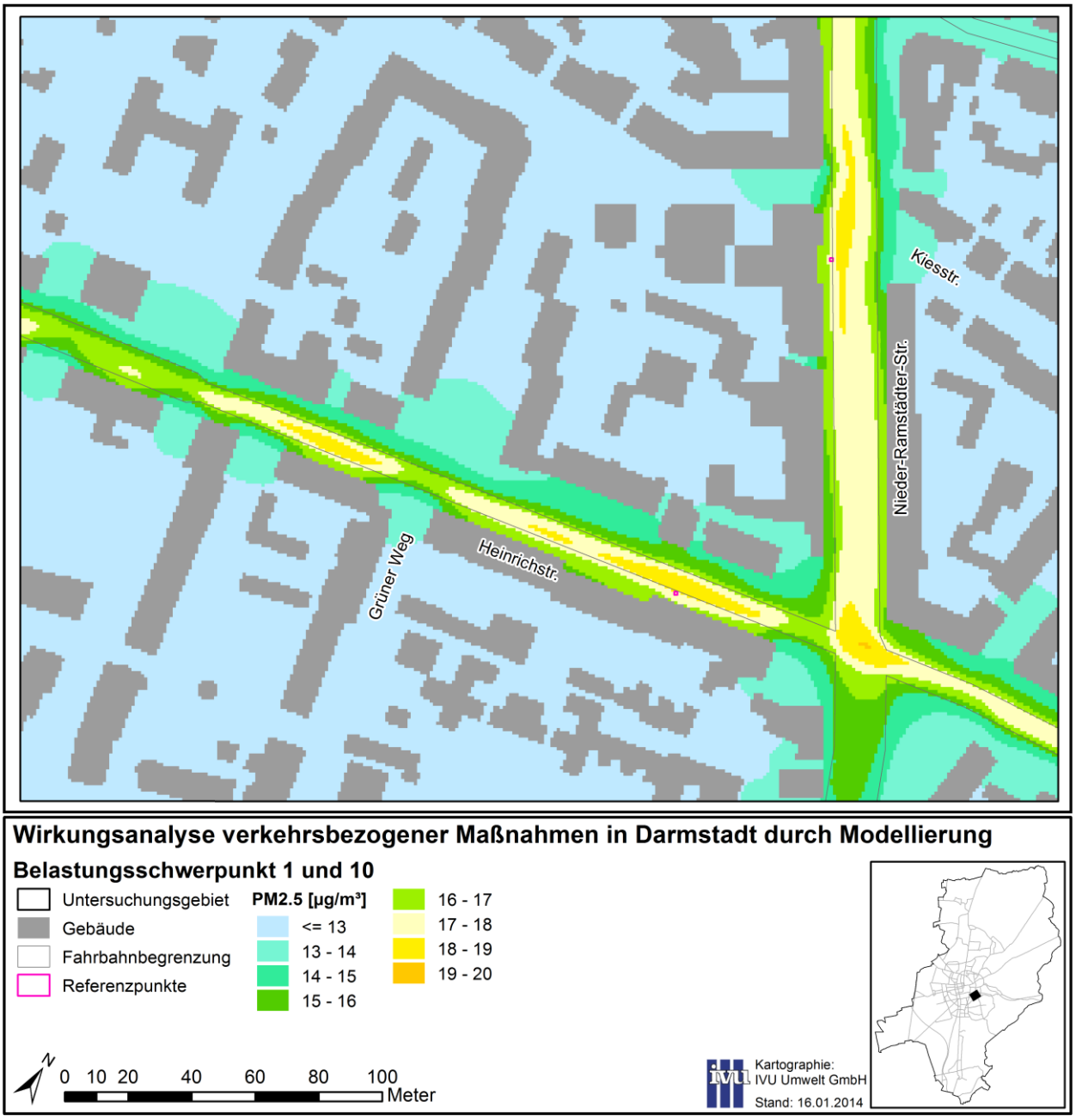


Abbildung 5-21: PM2.5-Jahresmittelwerte an den Belastungsschwerpunkten 1 und 10 im Istfall 2012

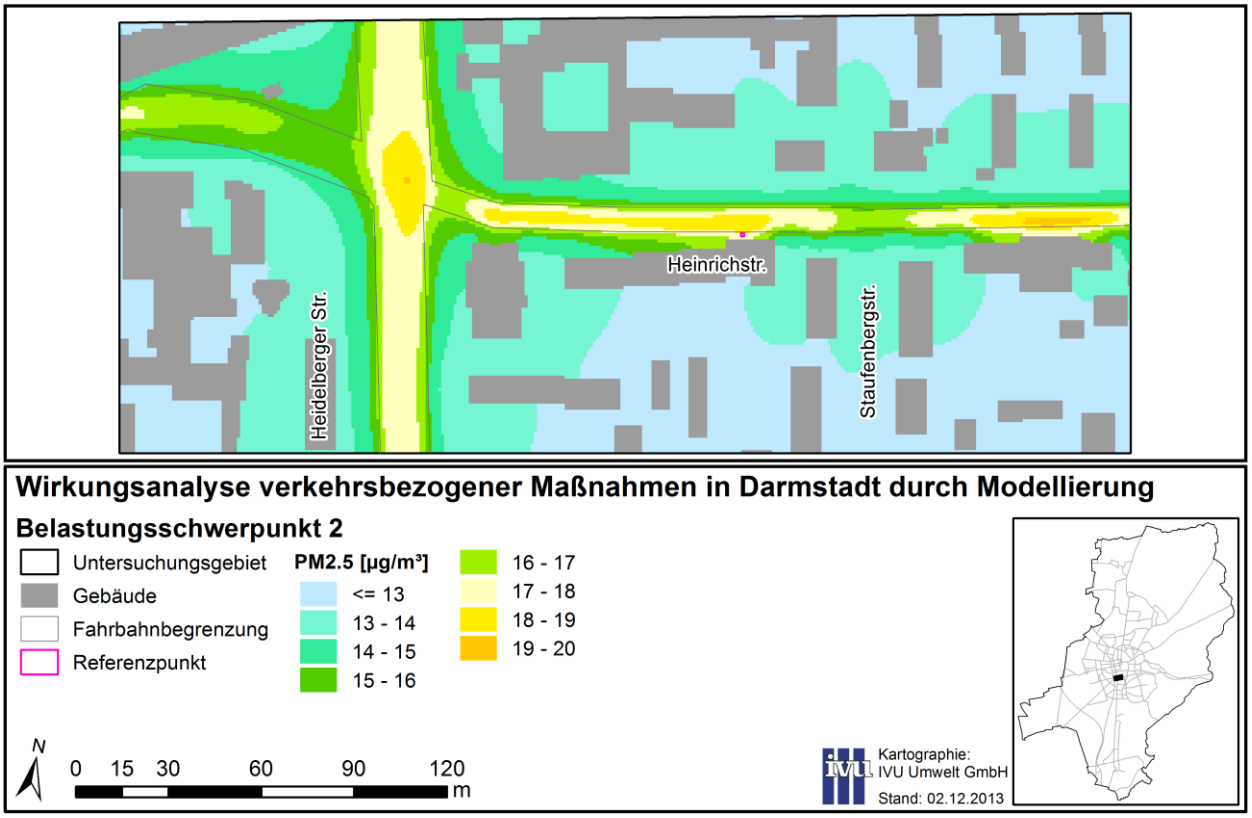


Abbildung 5-22: PM2.5-Jahresmittelwerte am Belastungsschwerpunkt 2 im Istfall 2012

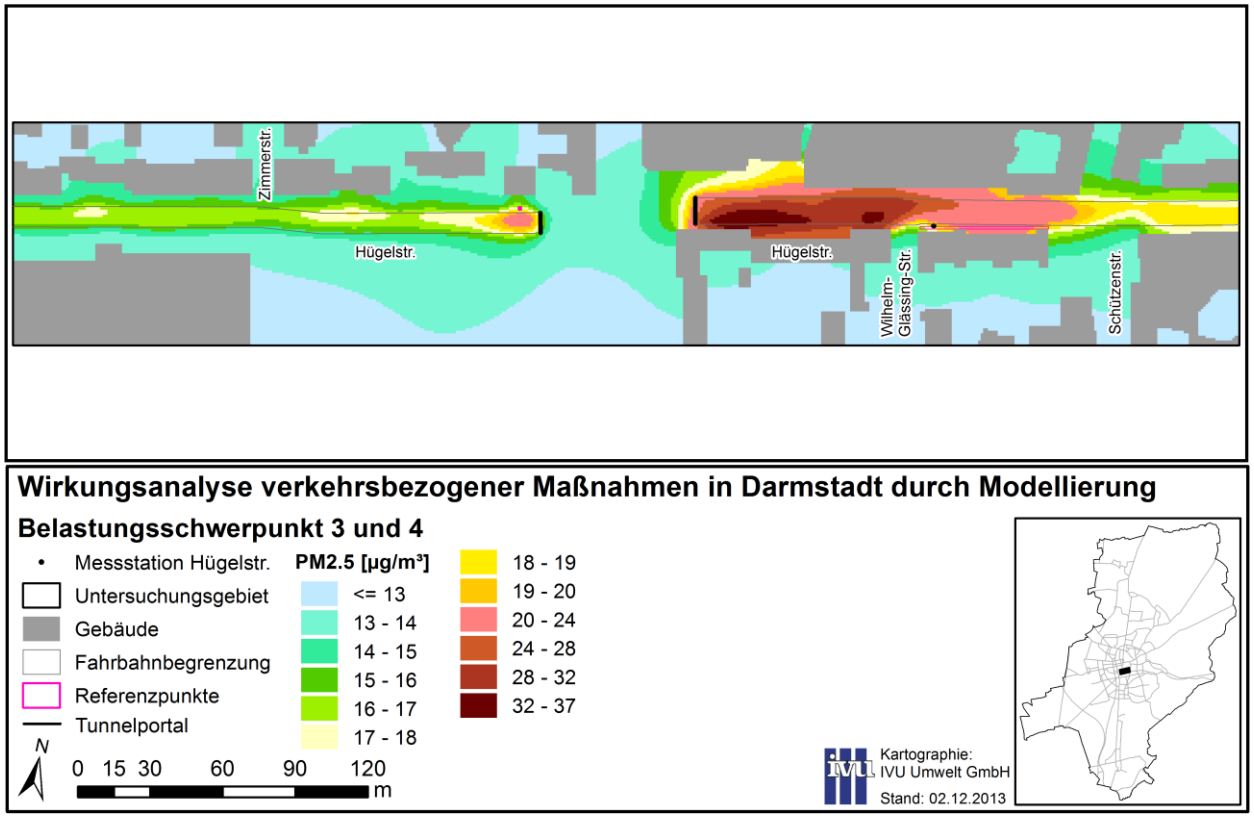


Abbildung 5-23: PM2.5-Jahresmittelwerte an den Belastungsschwerpunkten 3 und 4 im Istfall 2012

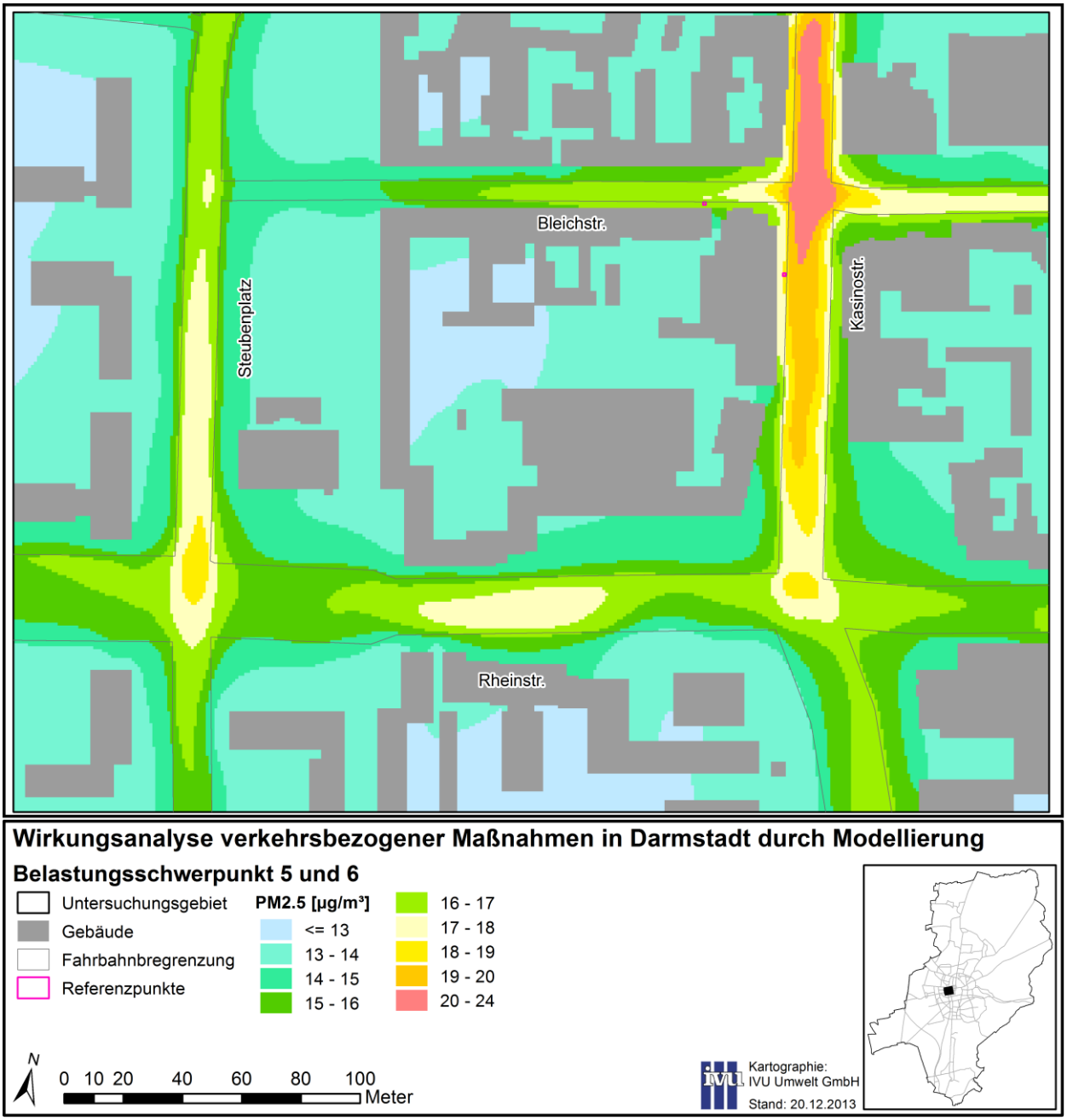


Abbildung 5-24: PM2.5-Jahresmittelwerte an den Belastungsschwerpunkten 5 und 6 im Istfall 2012

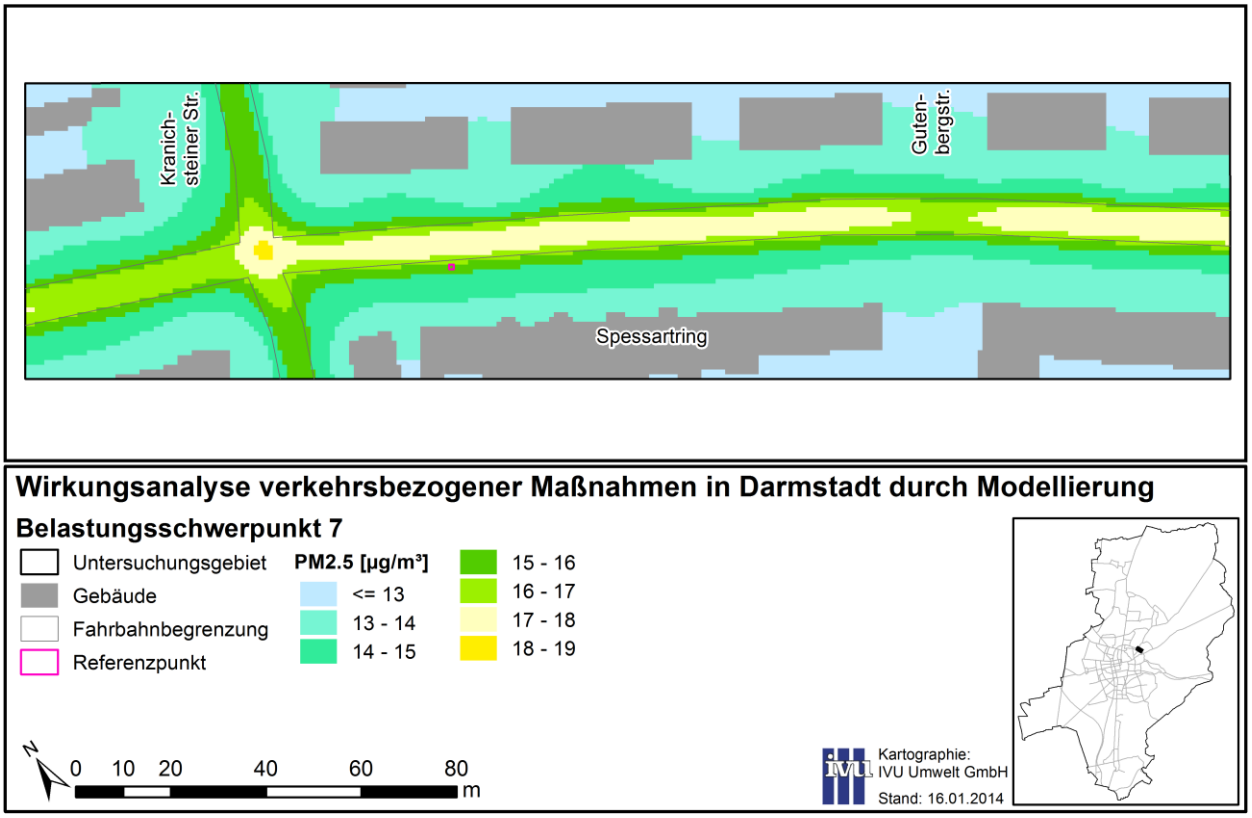


Abbildung 5-25: PM2.5-Jahresmittelwerte am Belastungsschwerpunkt 7 im Istfall 2012

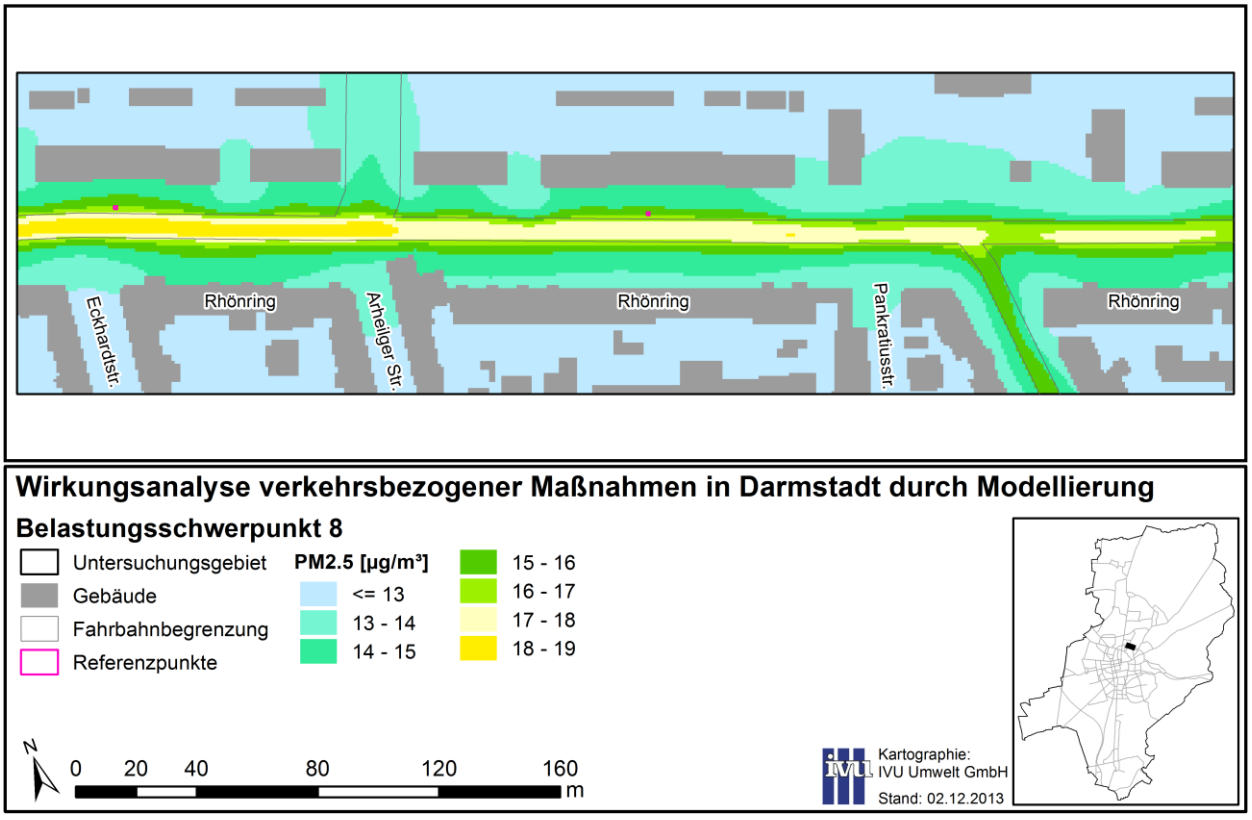


Abbildung 5-26: PM2.5-Jahresmittelwerte am Belastungsschwerpunkt 8 im Istfall 2012

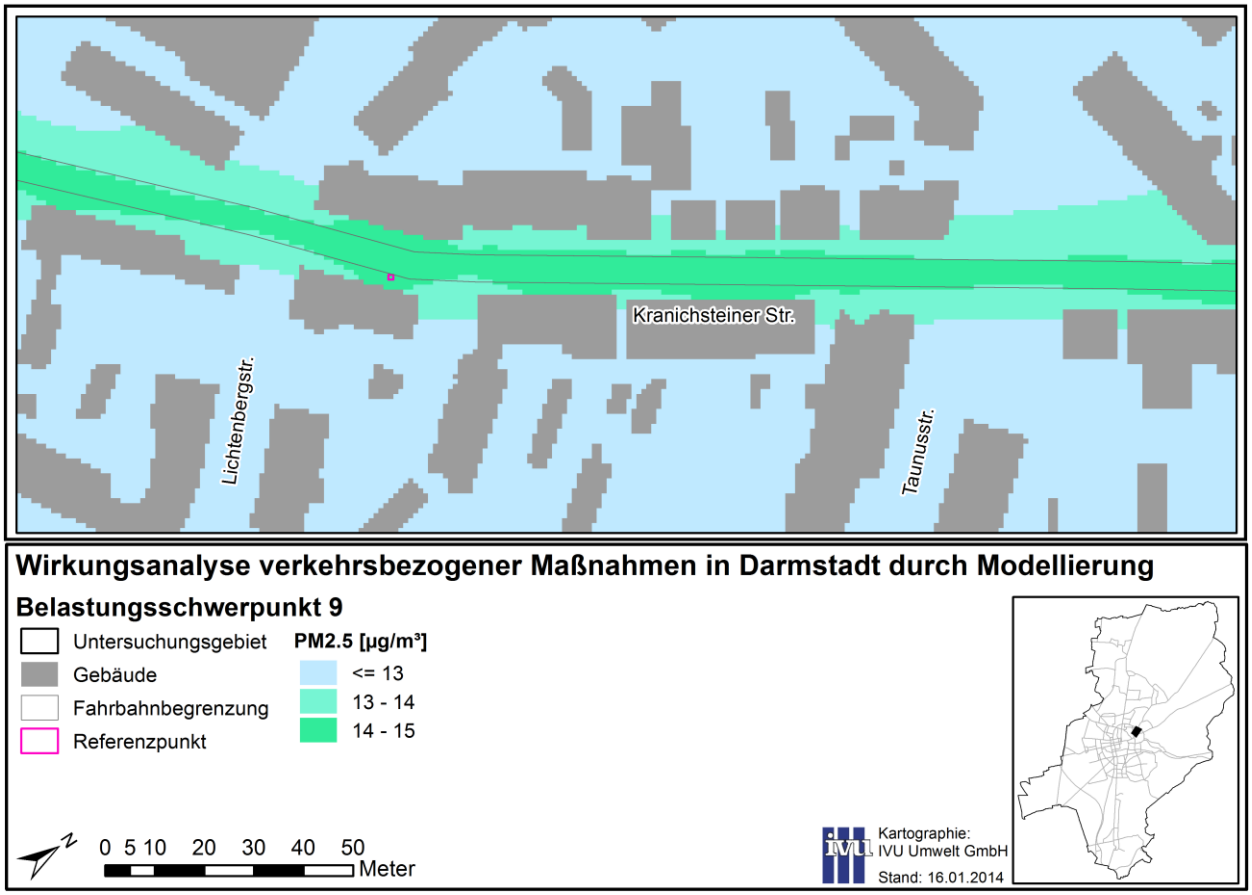


Abbildung 5-27: PM2.5-Jahresmittelwerte am Belastungsschwerpunkt 9 im Istfall 2012

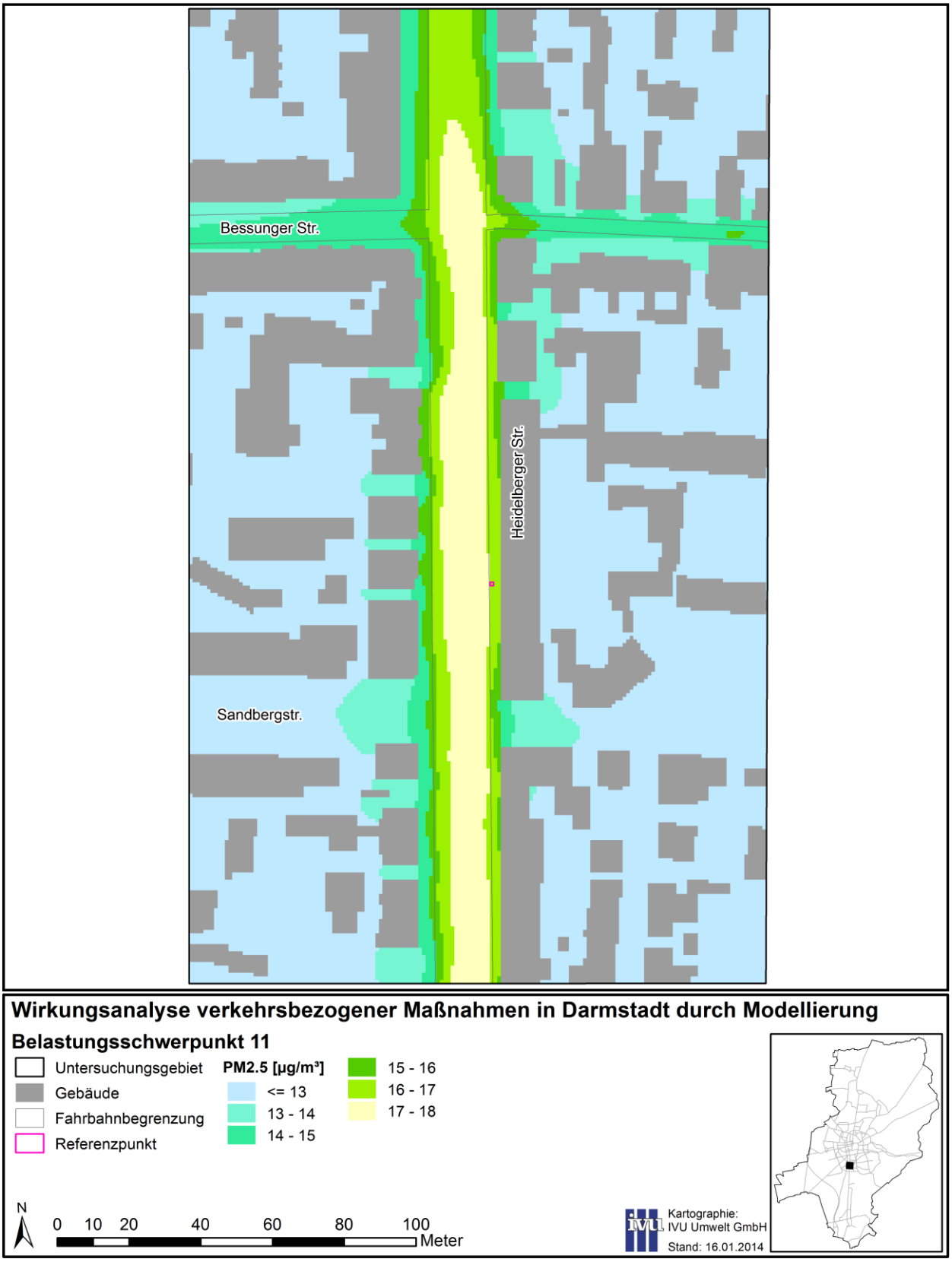


Abbildung 5-28: PM2.5-Jahresmittelwerte am Belastungsschwerpunkt 11 im Istfall 2012

5.4.4 Vergleich mit Messwerten

Die einzige verkehrsbezogene Messstation in Darmstadt ist die Station Darmstadt-Hügelstraße, die am Ende der Ausfahrtrampe des City-Tunnels nach Osten am südlichen Fahrbahnrand der Hügelstraße, kurz nach der Einmündung der Wilhelm-Glässing-Straße, steht. An dieser Station wurden 2012 im Jahresmittel 187 µg/m³ NO_X, 62.3 µg/m³ NO_2 und 24.6 µg/m³ PM10 gemessen. In Abbildung 5-29 und Abbildung 5-30 finden sich für NO_2 und PM10 die räumlichen Konzentrationsverteilungen in der Modellschicht, in der auch die Messstation emittiert. Auch hier gilt, dass Horizontalschnitte in der entsprechenden Höhe am Ort der Messstation dargestellt sind, die im Bereich des Tunnelportals damit ca. 8 - 10 m über dem Fahrbahnniveau liegen.

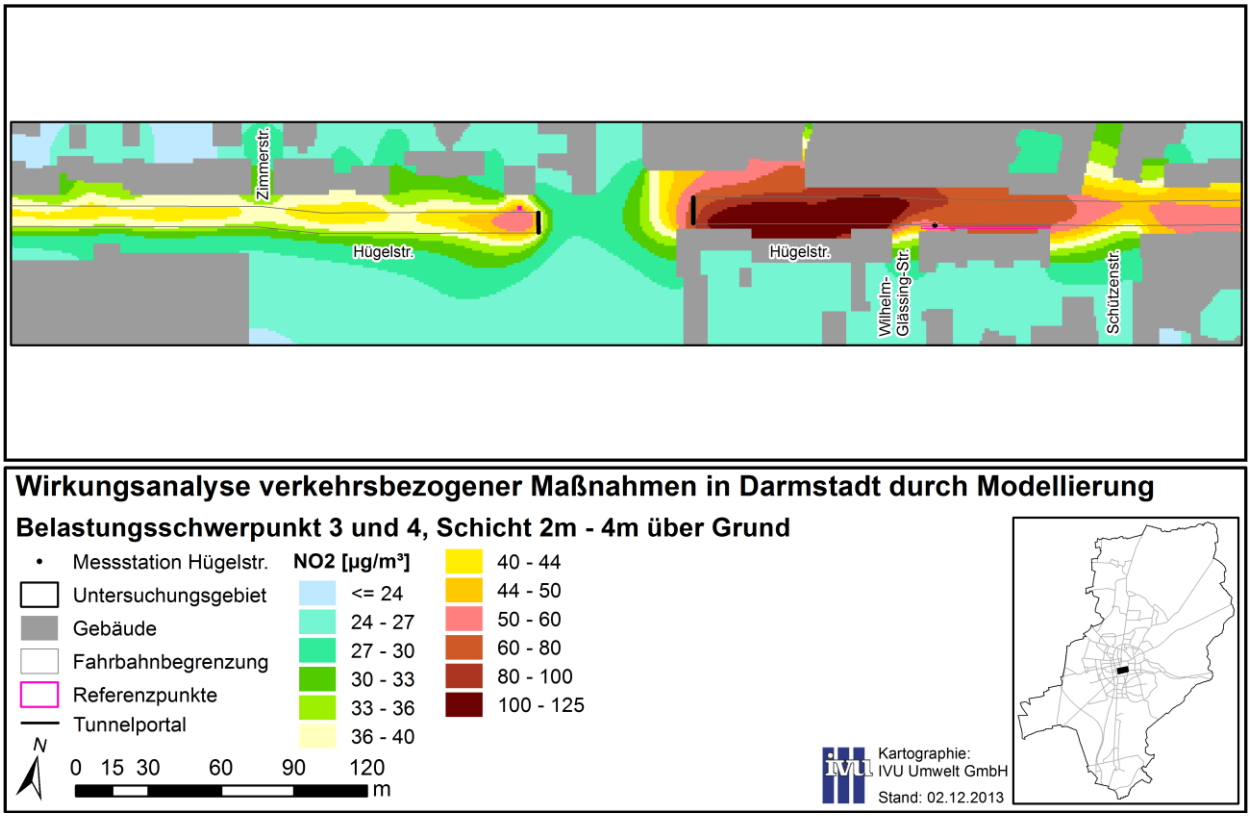


Abbildung 5-29: NO_2-Jahresmittelwerte an den Belastungsschwerpunkten 3 und 4 in 2 - 4 m Höhe im Istfall 2012

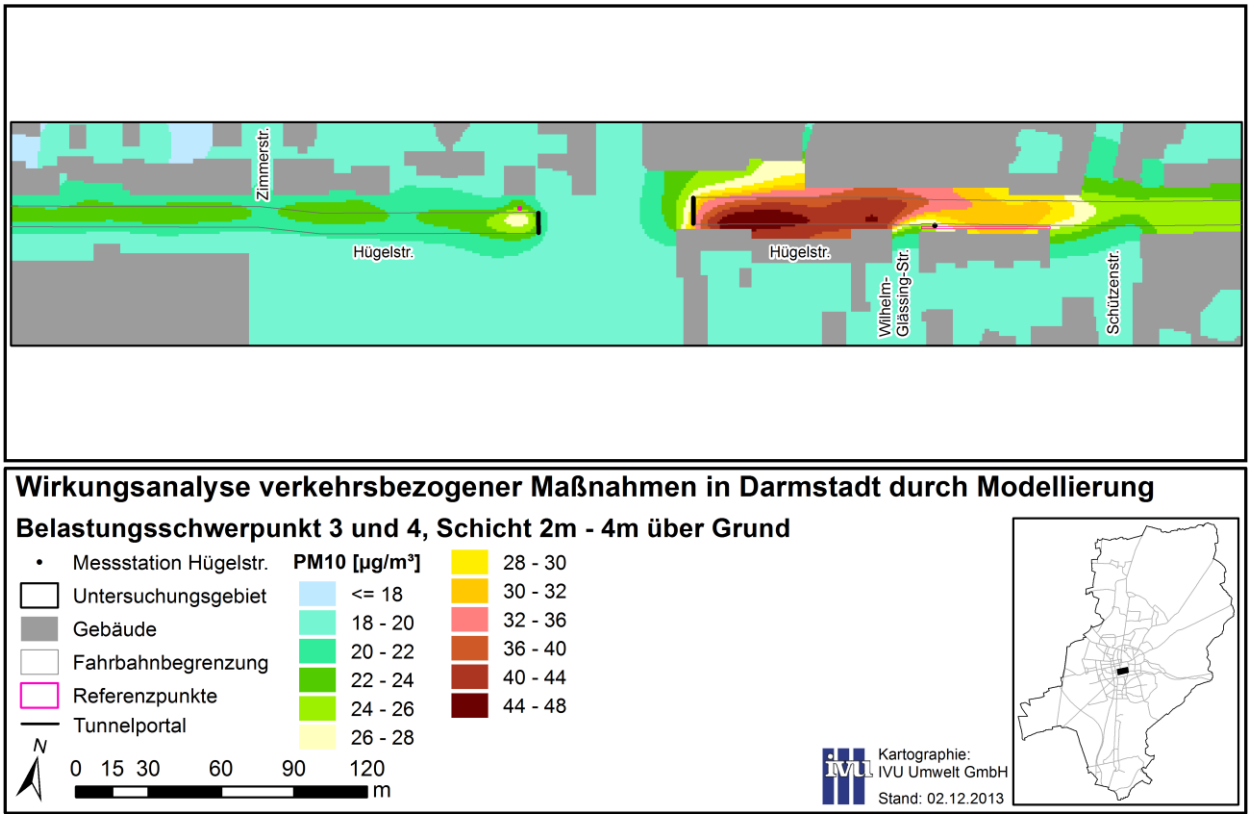


Abbildung 5-30: PM10-Jahresmittelwerte an den Belastungsschwerpunkten 3 und 4 in 2 - 4 m Höhe im Istfall 2012

Wie Abbildung 5-29 zeigt, werden am Ort der Messstation geringere NO_2-Konzentrationen modelliert als gemessen wurden. Die möglichen Gründe dafür sind vielschichtig und können z. B. bei der antreibenden Meteorologie, dem prognostische Windfeldmodell, bei der in Abschnitt 5.4.2 genannten grundsätzlichen Problematik der räumlichen Verteilung der Tunnelemissionen oder dem Parkhaus an der Nordseite der Hügelstraße liegen, die im Rahmen der vorliegenden Projektkonzeption nicht abschließend geklärt werden können. Für die Hügelstraße wurde daher in Abstimmung mit dem Auftraggeber entschieden, den Messwert zu einem Modellwert, der als Mittelwert über alle Gitterzellen in einem 1 m breiten und 53 m langen Streifen entlang des Gebäudes, vor dem die Messstation steht, definiert ist, in Beziehung zu setzen. Dieser Vergleich findet sich in Tabelle 5-5. Alle Abweichungen liegen deutlich innerhalb der in der 39. BImSchV definierten Datenqualitätsziele von 30 % für NO_2 und 50 % für PM10.

Tabelle 5-5: Vergleich von Modellwerten mit Messwerten an der Station Hügelstraße im Istfall 2012

Jahresmittelwert [µg/m³]	NO_X	NO_2	PM10	PM10-ÜS*
Messung 2012	187	62.3	24.6	15
Modell 2012	155	64.7	29.0	32
Abweichung [%], PM10-ÜS absolut	-17.1	3.9	20.8	17

* PM10-Überschreitungstage: Anzahl Tage mit einem Tagesmittelwert > 50 µg/m³
Messdaten gemäß HLUG (2013a, b)

Auffällig ist die gute Übereinstimmung bei NO_2 bei der gleichzeitig schlechteren Übereinstimmung bei dem einfacher – weil ohne chemische Umwandlung – zu modellierenden NO_X. Dies deutet darauf hin, dass das verwendete NO_2-Konversionsmodell an der

Hügelstraße die Situation möglicherweise nicht vollständig abbildet. So zeigen die Messwerte der Station in der Tat ein für Verkehrsstationen etwas unübliches Verhalten bezüglich des NO_2/NO_X-Verhältnisses. Dies ist bei Verkehrsstationen oft dadurch gekennzeichnet, dass die NO_X-Belastungen in den letzten Jahren abgenommen haben und gleichzeitig die NO_2-Belastungen relativ unverändert geblieben oder leicht angestiegen sind und damit das NO_2/NO_X-Verhältnis in den letzten Jahren gestiegen ist (vgl. z. B. IVU Umwelt, 2005, LfULG, 2011 oder LÜN, 2013). Dieser Effekt wird den steigenden NO_2-Direktemissionen moderner Diesel-Kfz zugeschrieben, die in der Modellierung berücksichtigt sind. Bei der Messstation Hügelstraße ist dieses Verhältnis jedoch in den letzten Jahren konstant geblieben, wie Tabelle 5-6 zeigt.

Bezüglich PM10 fällt eine Überschätzung auf, deren Ursachen vielschichtig sein können, allerdings im Zusammenhang mit der NO_X-Unterschätzung schwerlich auf die Verkehrsemissionen zurückgeführt werden können, denn es gibt keine plausiblen Verkehrsszenarien, die eine deutliche Reduktion der modellierten PM10-Emissionen hervorrufen, ohne gleichzeitig die NO_X-Emissionen auch deutlich abzusenken. Allenfalls ist denkbar, dass das zugrunde liegende Modell zur Ermittlung der nicht-motorbedingten Partikelemissionen in diesem speziellen Fall die Situation nicht adäquat abbildet. Gegen diese Annahme spricht allerdings die in Tabelle 5-6 zusammengestellte zeitliche Entwicklung der PM10-Belastungen an der Hintergrund-Station Darmstadt und an der Station Hügelstraße. Hier fällt auf, dass die Messwerte der Hintergrundstation 2012 und 2013 gegenüber den Vorjahren leicht angestiegen sind und gleichzeitig die Messwerte an der Hügelstraße deutlich abgesunken sind. Insbesondere reduziert sich der als Differenz aus den Messwerten der Hügelstraße und der Hintergrundstation abgeschätzte Verkehrsbeitrag der Hügelstraße im Jahr 2012 gegenüber den Vorjahren um etwa die Hälfte. Gleichzeitig sind bei NO_2 und NO_X, trotz leichter Abnahmen, keine vergleichbaren starken Abnahmen im so abgeschätzten Verkehrsbeitrag auszumachen. Es liegen auch keinerlei Erkenntnisse vor, die diese starke PM10-Abnahme begründen können – der Fortschritt in der Kfz-Emissionsminderungstechnik reicht dafür keinesfalls aus. Dieser gegenüber den Vorjahren an der Hügelstraße „verschwunden Beitrag“ in Höhe von etwa 4 bis 7 µg/m³ entspricht in der Größenordnung gut dem bei der Modellierung überschätzten Anteil.

Tabelle 5-6: Messwerte der Stationen Hügelstraße und Darmstadt der Jahre 2008 bis 2013

Jahres-mittel-werte	Station Hügelstraße				Hintergrundstation			Delta Hügelstraße - Hintergrundstation		
	NO_2 [µg/m³]	NO_X [µg/m³]	NO_2/NO_X [-]	PM10 [µg/m³]	NO_2 [µg/m³]	NO_X [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	NO_2 [µg/m³]	NO_X [µg/m³]	PM10 [µg/m³]
2008	64.8	193.9	0.33	27.0	29.1	47.5	16.8	35.8	146.5	10.1
2009	66.7	201.7	0.33	31.6	30.0	51.1	19.2	36.7	150.6	12.4
2010	65.4	197.5	0.33	29.6	27.3	39.6	16.8	38.1	157.9	12.8
2011	63.4	195.0	0.33	29.2	25.8	41.2	15.9	37.6	153.8	13.3
2012	62.3	187.2	0.33	24.6	26.6	40.4	18.2	35.7	146.8	6.3
2013	58.9	175.0	0.34	25.3	25.2	38.1	19.4	33.8	136.9	6.0

Daten gemäß HLUG (2009, 2010, 2011, 2012, 2013a, 2014) und eigene Berechnungen.

6 Prognosenullfall 2015

In diesem Kapitel sind die Fortschreibungen und Berechnungen für das Jahr 2015, den Prognosenullfall, die auf Basis der Arbeiten für das Bezugsjahr 2012 vorgenommen wurden, beschrieben. Dieser Prognosenullfall dient insbesondere als Vergleichsgrundlage zur Bewertung der Wirkungen der einzelnen Maßnahmen in Kapitel 7.

6.1 Verkehrsdaten

Das zu Grunde liegende Verkehrsmodell spiegelt den Stand vom Jahre 2008 wider. Dies bezieht sich auch auf die Berücksichtigung der indisponiblen Maßnahmen im Prognosenullfall 2015. Die im Modell zu berücksichtigenden indisponiblen Maßnahmen haben sich im Jahre 2013 geändert. Daher musste vor Beginn der Hochrechnungen und Abschätzungen für das Prognosejahr 2015 zwingend der Prognosenullfall 2015 aktualisiert werden.

Folgende Schritte wurden durchgeführt:

- Anpassung Netzmodell (Anpassung indisponible Maßnahmen im Vergleich zu 2008 nach Rücksprache mit Stadt Darmstadt) gemäß Abbildung 6-1
  - Nachverdichtung Konversionsfläche West (1),
  - Nachverdichtung des Wohn- und Mischgebiets Kranichstein-West (Bereich B-Plan K6) (2),
- Plausibilitätsprüfungen (Status Quo bzw. Prognose 2015) und
- Berechnung und Darstellung Prognosenullfall 2015.

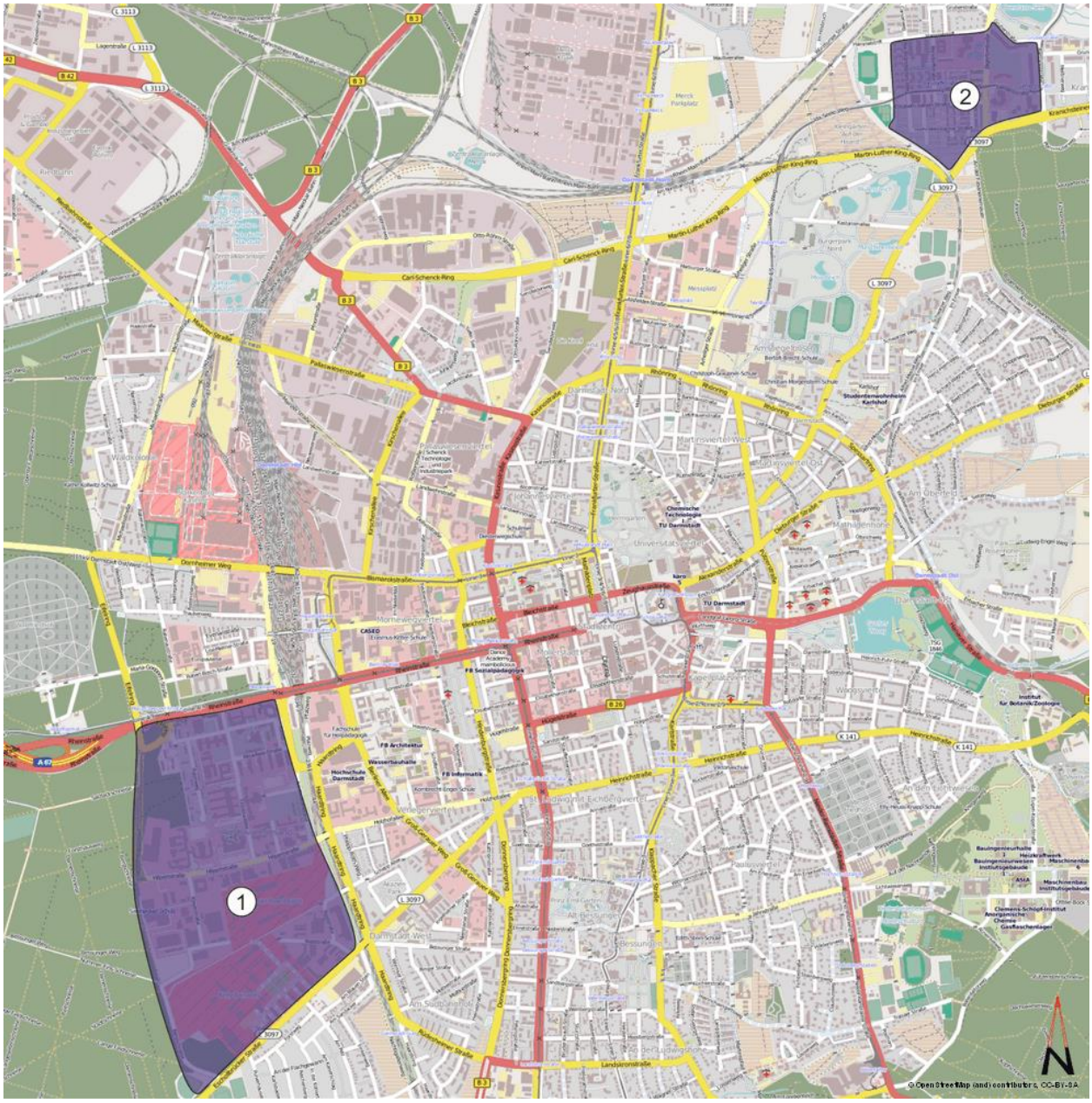


Abbildung 6-1: Berücksichtigte indisponible Maßnahmen bis Prognosehorizont 2015. Kartographie: Habermehl & Follmann

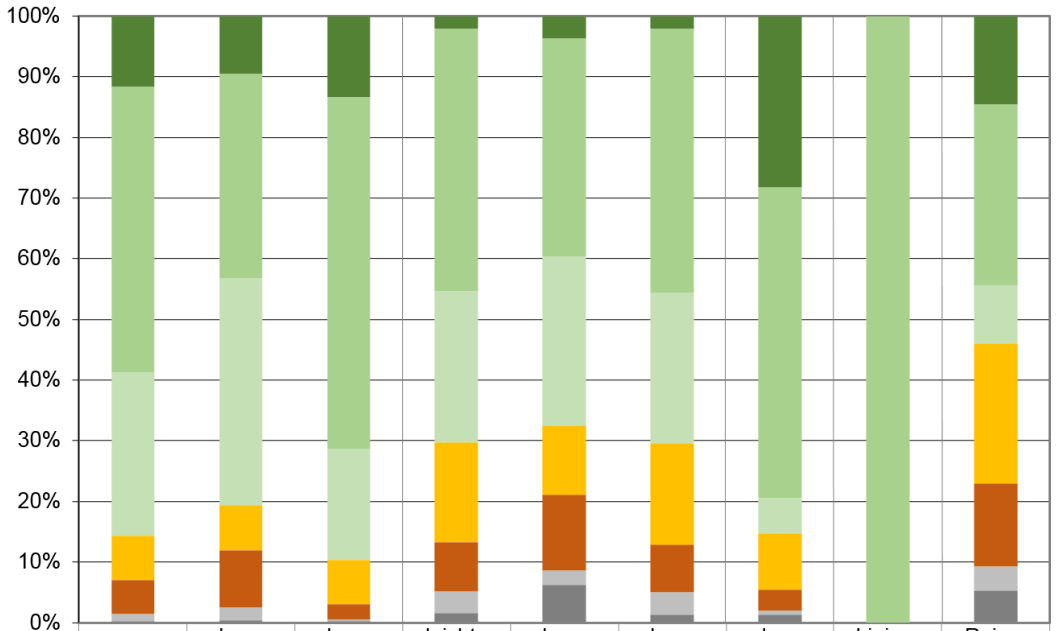
Für das Hauptstraßennetzes, ohne potentielle Belastungsabschnitte, wurden die Verkehrsbelastungen des zu Grunde liegenden, fortgeschriebenen Prognosenullfalls 2015 des Modells verwendet (Verkehrsmodell Stadt Darmstadt - VU Westranderschließung, *Prognose 2015*). Die Eichung des Modells für die Emissions- und Immissionsberechnungen erfolgte durch Anpassung der Streckenbelastungen auf Grundlage der prozentualen Veränderung der Belastungen zwischen Prognose- und Analyse-Modell. Die prozentuale Veränderung wurde aus dem Vergleich der relevanten Streckenbelastungen der beiden Modelle mit Hilfe der DV-Programme VISUM und Excel errechnet.

Die so modellierten Belastungsänderungen wurden über die in Abschnitt 5.2.1 entwickelte Netzverknüpfung an das lagegenaue Netz der Emissionsmodellierung übertra-

gen. Aufgrund der veränderten Belastungszahlen wurde die Verkehrsqualität neu bestimmt und mit dem Verkehrsplaner abgestimmt.

6.2 Flottenzusammensetzung

Für das Jahr 2015 wurde die regionalisierte Innerortsflotte aus Abschnitt 5.2.5 mit den Entwicklungen, wie sie im HBEFA hinterlegt sind, fortgeschrieben, woraus sich eine Flottenzusammensetzung für 2015 ohne Umweltzone ergibt, die auf der für Darmstadt regionalisierten Flotte des Jahres 2012 basiert und dem Trend des HBEFA folgt. Die Busflotte wurde in Absprache mit der Stadt vollständig auf Euro V gesetzt. Die fahrleistungsgewichtete Zusammensetzung nach Euro-Normen ist in Abbildung 6-2 dargestellt.



	Pkw	davon Benzin	davon Diesel	leichte Lkw	davon Benzin	davon Diesel	schwere Lkw	Linien-busse	Reise-busse
Euro6	11.6%	4.3%	7.4%	2.1%	0.2%	1.9%	28.2%	0.0%	14.5%
Euro5	47.1%	15.1%	32.0%	43.2%	1.5%	41.7%	51.2%	100.0%	29.9%
Euro4	26.9%	16.8%	10.1%	25.0%	1.2%	23.9%	5.9%	0.0%	9.6%
Euro3	7.3%	3.3%	4.0%	16.4%	0.5%	15.9%	9.3%	0.0%	23.0%
Euro2	5.6%	4.2%	1.4%	8.0%	0.5%	7.5%	3.4%	0.0%	13.7%
Euro1	1.1%	1.0%	0.2%	3.7%	0.1%	3.6%	0.6%	0.0%	4.0%
vor Euro	0.3%	0.2%	0.2%	1.5%	0.3%	1.3%	1.3%	0.0%	5.3%

Abbildung 6-2: Fahrleistungsgewichtete Verteilung der Innerortsflotte nach Euro-Normen im Prognosenullfall 2015

6.3 Emissionsmodellierung

Analog zu Abschnitt 5.3 wurden die Berechnungen für den Prognosenullfall auf Basis der prognostizierten Änderungen der Verkehrsbelastungen und der fortgeschriebenen Flotte für 2015 durchgeführt und ausgewertet.

In Tabelle 6-1 sind die Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet im Prognosenullfall 2015 zusammengestellt.

Tabelle 6-1: Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet im Prognosenullfall 2015

Emissionen [t/a]	NO_X	NO_2	PM10	PM2.5	Partikel-Abgas		
					Gesamt	Diesel	Benzin
Prognosenullfall 2015	664.3	153.4	69.5	33.0	13.2	11.9	1.28
Istfall 2012	818.4	171.8	76.9	40.6	20.9	19.0	1.83
Veränderung [%]	-18.8	-10.7	-9.7	-18.7	-36.6	-37.3	-29.8

Tabelle 6-2 zeigt die Emissionen der Belastungsabschnitte im Prognosenullfall 2015. Es können vereinzelt Fälle auftreten, bei denen die absoluten Änderungen der PM2.5-Emissionen größer sind als die der PM10-Emissionen. Da PM2.5 ein Bestandteil von PM10 ist, sollte dies strenggenommen nicht auftreten. Das Phänomen liegt in den zwei grundsätzlich verschiedenen Ansätzen zur Bestimmung der nicht-motorbedingten Emissionen von PM10 und PM2.5 begründet (s. Abschnitt 4.2), bei denen PM2.5 nicht als Anteil an PM10 sondern als davon unabhängige Größe ermittelt wird. Diese vereinzelt auftretenden, sehr geringen Artefakte lassen sich gegenwärtig nicht vermeiden, da für die Ermittlung der nicht-motorbedingten PM2.5-Emissionen ein der PM10-Methodik entsprechender Ansatz derzeit nicht zur Verfügung steht. Diese Emissionsartefakte können sich in Einzelfällen in sehr geringem Maß auch auf die absoluten Änderungen der Immissionsbelastungen durchschlagen.

Im Prognosenullfall 2015 reduzieren sich gegenüber dem Istfall 2012 insgesamt und für alle Belastungsschwerpunkte die Gesamtbelastungen aufgrund des technischen Fortschritts in Form einer emissionsärmeren Kfz-Flotte und bei einzelnen Abschnitten in sehr geringem Maße zusätzlich auch durch leicht abnehmende Kfz-Belastungen.

Tabelle 6-2: Emissionen der Belastungsabschnitte im Prognosenullfall 2015

Belastungsschwerpunkt		Verkehr		NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	Partikel-Abgas		
		DTV [Kfz/d]	Lkw >3.5 t [%]					Ge-samt	Die-sel	Ben-zin
				Spezifische Emissionen [g/(m*d)]						
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	24391	1.0	11.6	2.81	1.28	0.64	0.25	0.24	0.014
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	24391	1.1	11.8	2.93	1.22	0.64	0.26	0.25	0.017
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	24902	2.4	12.7	2.90	1.29	0.68	0.27	0.25	0.017
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	16299	2.8	7.9	1.87	0.77	0.43	0.17	0.15	0.016
Bleichstr.	5	7948	4.3	4.6	0.94	0.47	0.23	0.09	0.09	0.005
Kasinostr.	6	31332	1.8	14.2	3.31	1.54	0.82	0.32	0.30	0.020
Spessartring	7	18800	2.6	10.0	2.30	1.12	0.53	0.22	0.21	0.012
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	20000	2.1	12.1	2.81	1.36	0.58	0.26	0.25	0.012
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	23493	2.1	14.3	3.30	1.59	0.68	0.30	0.29	0.014
Kranichsteiner Str.	9	6762	1.5	3.8	0.91	0.35	0.18	0.06	0.06	0.004
Nieder-Ramstädter-Str.	10	22004	1.6	11.0	2.65	1.15	0.58	0.23	0.22	0.014
Heidelberger Str.	11	17543	1.8	8.2	1.88	0.88	0.46	0.18	0.17	0.011
				Absolute Emissionen [kg/a]						
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	24391	1.0	961	232	106	52.8	21.0	19.9	1.12
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	24391	1.1	648	161	67	35.5	14.4	13.5	0.93
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	24902	2.4	400	92	41	21.3	8.5	7.9	0.55
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	16299	2.8	261	61	25	14.2	5.5	4.9	0.54
Bleichstr.	5	7948	4.3	342	70	35	17.2	6.8	6.4	0.34
Kasinostr.	6	31332	1.8	715	167	78	41.5	16.1	15.1	0.98
Spessartring	7	18800	2.6	532	122	59	28.3	11.8	11.1	0.65
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	20000	2.1	878	204	99	42.5	18.8	17.9	0.85
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	23493	2.1	1456	337	163	69.9	30.9	29.5	1.38
Kranichsteiner Str.	9	6762	1.5	204	49	19	9.4	3.3	3.1	0.23
Nieder-Ramstädter-Str.	10	22004	1.6	602	144	63	31.7	12.5	11.7	0.75
Heidelberger Str.	11	17543	1.8	416	96	45	23.4	9.1	8.6	0.54

6.4 Immissionsmodellierung

Entsprechend dem Vorgehen in Abschnitt 5.4 wurden auf Basis der Emissionen für das Bezugsjahr 2015 die stadtweiten Immissionsmodellierung und die Detailmodellierungen für die Teilgebiete um die 11 Belastungsschwerpunkte durchgeführt und die Gesamtbelastung für die Belastungsschwerpunkte ermittelt. Der nicht modellierte Anteil der Vorbelastung wurde dabei gemäß Abschnitt 4.3.3 gegenüber dem Istfall 2012 unverändert gelassen.

Für die Referenzpunkte sind gemäß Abschnitt 5.4.3 in Tabelle 6-3 die Vorbelastung durch den Kfz-Verkehr im stadtweiten Untersuchungsgebiet, die Zusatzbelastung, die durch die Straßen in den jeweiligen MISKAM-Modellgebieten hervorgerufen wird, und die Gesamtbelastung im Prognosenullfall aufgeführt.

Tabelle 6-3: Immissionen an den Referenzpunkten der Belastungsschwerpunkte im Prognosenullfall 2015

Belastungsschwerpunkt		Vorbelastung Kfz in DA [µg/m³]			Zusatzbelastung [µg/m³] (MISKAM-Modellgebiet)				Gesamtbelastung [µg/m³]				
		NO_X	PM 10	PM 2.5	NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	PM10-ÜS*
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	5.8	0.61	0.29	82.4	19.9	9.0	4.5	112.2	50.9	26.1	16.7	23
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	9.0	0.93	0.46	75.6	18.8	7.9	4.2	108.6	50.6	25.4	16.6	20
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	7.7	0.78	0.37	117.8	30.1	11.8	6.4	149.4	64.5	29.1	18.7	32
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	7.7	0.78	0.40	78.5	21.4	8.0	4.4	110.1	52.2	25.3	16.7	20
Bleichstr.	5	9.0	0.95	0.46	65.3	13.9	6.9	3.4	98.3	45.5	24.4	15.8	18
Kasinostr.	6	9.0	0.95	0.46	80.0	18.4	8.7	4.6	113.0	51.2	26.2	17.0	23
Spessartring	7	6.5	0.68	0.31	50.5	11.6	5.6	2.7	80.9	39.7	22.8	14.9	14
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	7.0	0.73	0.35	55.9	13.0	6.3	2.7	86.9	42.0	23.5	15.0	16
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	7.0	0.73	0.35	66.1	15.3	7.4	3.2	97.1	45.5	24.6	15.5	18
Kranichsteiner Str.	9	6.5	0.68	0.33	35.7	8.5	3.3	1.7	66.1	34.4	20.5	14.0	9
Nieder-Ramstädter-Str.	10	5.8	0.61	0.30	80.8	19.4	8.5	4.3	110.6	50.3	25.6	16.5	21
Heidelberger Str.	11	7.2	0.76	0.38	60.7	14.0	6.5	3.4	91.9	43.7	23.8	15.7	16
Veränderung gegenüber Istfall [%]; PM10-Überschreitungstage absolut													
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	-18	-11	-20	-12	-5	-8	-17	-10	-6	-3	-6	-3
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	-13	-7	-16	-12	-5	-10	-17	-10	-6	-3	-6	-2
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	-16	-9	-18	-12	-4	-8	-16	-11	-6	-4	-7	-4
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	-16	-9	-16	-11	-4	-9	-15	-10	-6	-3	-5	-2
Bleichstr.	5	-15	-8	-17	-16	-8	-8	-17	-12	-8	-3	-5	-2
Kasinostr.	6	-15	-8	-17	-14	-7	-9	-17	-11	-7	-4	-6	-3
Spessartring	7	-15	-8	-15	-15	-7	-10	-18	-11	-7	-3	-5	-2
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	-16	-9	-18	-14	-6	-9	-19	-11	-7	-3	-4	-2
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	-16	-9	-18	-11	-1	-6	-17	-9	-5	-2	-4	-1
Kranichsteiner Str.	9	-15	-8	-19	-19	-14	-12	-20	-13	-9	-3	-3	-1
Nieder-Ramstädter-Str.	10	-18	-11	-19	-13	-6	-8	-16	-11	-6	-3	-5	-2
Heidelberger Str.	11	-18	-11	-19	-15	-8	-11	-18	-12	-8	-4	-5	-2

* PM10-Überschreitungstage: Anzahl Tage mit einem Tagesmittelwert > 50 µg/m³

Die Ergebnisse zeigen, entsprechend der Emissionsreduktion gegenüber dem Istfall durchgängig für alle Belastungsschwerpunkte Reduktionen in der Kfz-Vorbelastung und in der Zusatzbelastung, die durch die Straßen in den jeweiligen MISKAM-Modellgebieten hervorgerufen wird. Dementsprechend reduziert sich auch bei allen Belastungsschwerpunkten die Gesamtbelastung. Aufgrund des Beitrags der übrigen Vorbelastung und der nicht gleichmäßigen räumlichen Verteilung der in Tabelle 6-1 aufgeführten Emissionsreduktionen, sind die relativen Abnahmen bei den Immissionsbelastungen

aber deutlich geringer. Die NO_2-Abnahmen betragen an den Referenzpunkten 2.2 - 3.9 µg/m³ bzw. 5 - 9 %. Bei PM10 betragen die Abnahmen zwischen 0.5 - 1.2 µg/m³ bzw. 2 - 4 % und führen zu 1 - 4 Überschreitungstagen weniger. Für PM2.5 betragen die Abnahmen 0.4 - 1.3 µg/m³ bzw. 3 - 7 %.

Mit diesen Abnahmen wird im Prognosenullfall 2015 auch für den Referenzpunkt des Belastungsschwerpunkts 7 (Spessartring) eine Einhaltung des NO_2-Grenzwertes in Höhe von 40 µg/m³ berechnet. Für die Referenzpunkte der Belastungsschwerpunkte 8 (Rhönring) und 11 (Heidelberger Straße) sinken die modellierten Werte so weit ab, dass der Grenzwert nur noch um bis zu 10 % überschritten wird. Für die einzige im Istfall modellierte Verletzung des PM10-Kurzzeitgrenzwerts im Referenzbereich des Belastungsschwerpunkts 3 (Hügelstraße) wird im Prognosenullfall eine Grenzwerteinhaltung modelliert. Die deutlich höheren Belastungen bei allen betrachteten Stoffen für Bereiche der Hügelstraße, insbesondere zwischen Tunnelportal und Messstation, bleiben auch im Prognosenullfall bestehen.

7 Maßnahmen

Für die Abschätzung der Wirkung der einzelnen Maßnahmen wurde – wo erforderlich – zunächst eine Abschätzung der verkehrlichen Wirkungen auf Basis eines Verkehrsmodells für die Stadt Darmstadt erstellt und daran anschließend die emissionsseitigen Auswirkungen der Maßnahme berechnet. Durch den Vergleich der Emissionen mit und ohne Maßnahme wurde die Wirkung der Maßnahme auf die Vorbelastung im urbanen Untersuchungsgebiet abgeschätzt. Dieses Vorgehen ist bis zu einem niedrigen Schwellenwert der Emissionsänderung ausreichend. Bei Maßnahmen mit signifikanten zu erwartenden Änderungen wurde die immissionsseitige Wirkung auf die Vorbelastung im urbanen Untersuchungsgebiet auf Basis von Immissionsmodellierungen detaillierter abgeschätzt.

Die Ermittlung der Zusatzbelastungen an den 11 Belastungsabschnitten wurde bei allen untersuchten Maßnahmen auf Basis von Immissionsmodellierungen abgeschätzt. Die Gesamtbelastungen wurden wie beim Ist- und Prognosenullfall aus der Kombination der Vor- und Zusatzbelastungen gebildet.

Es wurden die folgenden acht verkehrsbezogenen Maßnahmen untersucht:

- Ausweitung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots auf Lkw-Fahrten von und in die Landkreise Darmstadt-Dieburg und Odenwald,
- Einrichtung einer Umweltzone im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone in Darmstadt ab dem 1. Januar 2015 mit Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots,
- Einrichtung einer Umweltzone im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone in Darmstadt ab dem 1. Januar 2015 ohne Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots,
- Einrichtung einer Umweltzone im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone in Darmstadt ab dem 1. Januar 2015 mit Berücksichtigung eines ausgeweiteten Lkw-Durchfahrtsverbots,
- Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung an ca. 10 Lichtsignalanlagen im Bereich der Kasinostraße I Hindenburgstraße,
- Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung in der gesamten Innenstadt,
- Einführung einer City-Maut im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone und
- Aufstellung bzw. Schaltung von Pförtnerampeln.

Die Details zu den Maßnahmen finden sich in den entsprechenden Abschnitten, in denen zunächst kurz die Maßnahmen und ihre potentiellen verkehrlichen Auswirkungen sowie die modelltechnischen Umsetzungen beschrieben werden. Aufbauend auf der Emissionsberechnung erfolgt dann die Abschätzung der Wirkung auf die Immissionsbelastung.

7.1 Ausweitung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots auf Lkw-Fahrten von und in die Landkreise Darmstadt-Dieburg und Odenwald

7.1.1 Verkehrliche Wirkung

Das heute bestehende Lkw-Durchfahrtsverbot der Stadt Darmstadt (s. Abbildung 7-1) gilt nicht für Lkw-Fahrten von und in die Landkreise Darmstadt-Dieburg und Odenwald. Die Maßnahme „Ausweitung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots auf Lkw-Fahrten

von und in die Landkreise Darmstadt-Dieburg und Odenwald“ beinhaltet, dass das Durchfahrtsverbot ebenso für Lkw-Fahrten der beiden oben genannten Landkreise gilt.

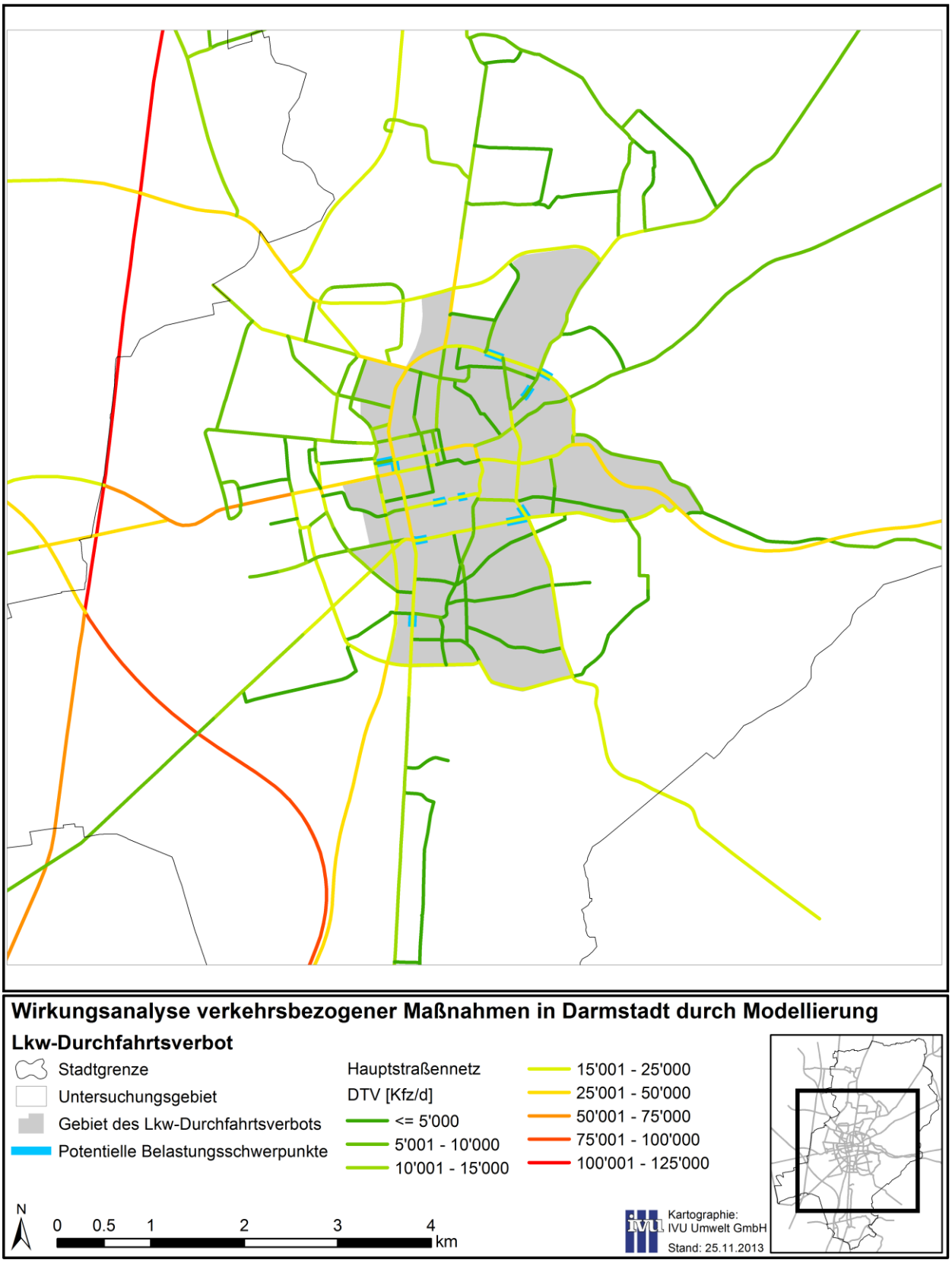


Abbildung 7-1: Gebiet des Lkw-Durchfahrtsverbots mit Hauptstraßennetz im Prognosenullfall 2015

Zur Abschätzung der prozentualen Reduzierung des Lkw-Anteils im Untersuchungsgebiet wurde die Auswertung der Lkw-Befragung 2012 der Stadt Darmstadt und zum anderen das Verkehrsmodell (VU Westranderschließung) herangezogen.

Die Auswertung der Lkw-Befragung der Stadt Darmstadt aus dem Jahre 2012 zeigt, dass im Mittel ca. 1/3 aller Lkw-Fahrten Ziel bzw. Quelle in Darmstadt aufweisen. Dieses Verhältnis zwischen Durchgangsverkehr und Quell-/Zielverkehr wurde vom Modell bestätigt (ca. 30 % Durchgangsverkehr).

Durch die Ausweitung der Lkw-Durchfahrtsverbotszone auf alle umliegenden Landkreise werden direkte Relationen aus diesen Gebieten an das Bundesautobahnnetz unterbunden (z. B. Relation Landkreis Darmstadt-Dieburg – BAB A5/A67). Eine alternative Umfahrung von Darmstadt kann z. B. über das Autobahnkreuz Frankfurt erfolgen. Diese Route ist aufgrund der Mehrkilometer und des zusätzlichen Zeitbedarfs als unattraktiv einzustufen.

Nach Aussage der Stadt Darmstadt wird ein Verstoß gegen das Lkw-Durchfahrtsverbot (Missachtung der Durchfahrtsverbotszone) mit 20 € geahndet.

Sowohl die Unattraktivität der Alternativrouten als auch das im Vergleich geringe Bußgeld für das Durchfahren der Lkw-Verbotszone führen dazu, dass viele Lkw-Durchgangsverkehrsfahrten trotzdem durch das Stadtgebiet von Darmstadt führen werden. Aufgrund dieser Überlegungen wurde eine Reduktion des Lkw-Verkehrs von 40 % abgeschätzt (Reduzierung des Durchgangsverkehrsanteils von ca. 70 % auf ca. 30 %). Diese Änderungen des Lkw-Anteils wurden auf den Prognosenullfall 2015 angewandt.

Diese abgeschätzten Belastungsänderungen wurden über die in Abschnitt 5.2.1 entwickelte Netzverknüpfung an das lagegenaue Netz der Emissionsmodellierung übertragen. Die Änderungen bezüglich der gesamten Verkehrsbelastung auf den einzelnen Strecken bei dieser Maßnahme sind sehr gering, so dass die Verkehrsqualität unverändert vom Prognosenullfall übernommen wurde.

7.1.2 Emissionsmodellierung

Analog zu Abschnitt 6.3 wurden die Berechnungen für diese Maßnahme auf Basis der gegenüber dem Prognosenullfall prognostizierten Änderungen der Lkw-Belastungen durchgeführt und ausgewertet.

In Tabelle 7-1 sind die Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet mit der Maßnahme „Ausweitung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots auf Lkw-Fahrten von und in die Landkreise Darmstadt-Dieburg und Odenwald“ aufgeführt.

Tabelle 7-1: Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet mit Maßnahme „Ausweitung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“

Emissionen [t/a]	NO_X	NO_2	PM10	PM2.5	Partikel-Abgas		
					Gesamt	Diesel	Benzin
Maßnahme „Ausweitung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“	636.3	150.5	66.0	32.1	12.8	11.5	1.28
Prognosenullfall 2015	664.3	153.4	69.5	33.0	13.2	11.9	1.28
Veränderung [%]	-4.2	-1.9	-5.0	-2.8	-3.1	-3.4	0.0

Tabelle 7-2 zeigt die Emissionen der Belastungsabschnitte mit der Maßnahme „Ausweitung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots auf Lkw-Fahrten von und in die Landkreise Darmstadt-Dieburg und Odenwald“.

Tabelle 7-2: Emissionen der Belastungsabschnitte mit Maßnahme „Ausweitung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“

Belastungsschwerpunkt		Verkehr DTV [Kfz/d]	Verkehr Lkw >3.5 t [%]	NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	Partikel-Abgas Gesamt	Partikel-Abgas Diesel	Partikel-Abgas Benzin
				Spezifische Emissionen [g/(m*d)]						
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	24293	0.6	11.1	2.76	1.21	0.63	0.25	0.23	0.014
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	24284	0.7	11.4	2.89	1.17	0.63	0.26	0.24	0.017
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	24663	1.4	11.7	2.80	1.18	0.64	0.25	0.24	0.017
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	16116	1.7	7.4	1.81	0.71	0.41	0.16	0.14	0.016
Bleichstr.	5	7811	2.6	4.0	0.89	0.41	0.21	0.08	0.08	0.005
Kasinostr.	6	31106	1.1	13.4	3.23	1.44	0.80	0.31	0.29	0.020
Spessartring	7	18604	1.6	9.2	2.22	1.00	0.51	0.21	0.20	0.012
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	19832	1.3	11.1	2.71	1.21	0.56	0.25	0.23	0.012
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	23296	1.3	13.1	3.19	1.42	0.66	0.29	0.27	0.014
Kranichsteiner Str.	9	6721	0.9	3.7	0.90	0.34	0.17	0.06	0.06	0.004
Nieder-Ramstädter-Str.	10	21863	1.0	10.5	2.59	1.08	0.57	0.22	0.21	0.014
Heidelberger Str.	11	17417	1.1	7.7	1.83	0.82	0.44	0.17	0.16	0.011
				Absolute Emissionen [kg/a]						
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	24293	0.6	920	228	100	51.7	20.5	19.4	1.12
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	24284	0.7	626	159	64	34.8	14.1	13.1	0.93
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	24663	1.4	368	88	37	20.4	8.0	7.4	0.55
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	16116	1.7	244	59	23	13.5	5.1	4.6	0.54
Bleichstr.	5	7811	2.6	300	66	31	16.0	6.2	5.9	0.34
Kasinostr.	6	31106	1.1	675	163	73	40.2	15.4	14.5	0.98
Spessartring	7	18604	1.6	492	118	53	27.0	11.1	10.5	0.65
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	19832	1.3	810	197	88	40.8	17.8	17.0	0.85
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	23296	1.3	1340	326	145	67.2	29.3	28.0	1.38
Kranichsteiner Str.	9	6721	0.9	196	48	18	9.2	3.2	3.0	0.23
Nieder-Ramstädter-Str.	10	21863	1.0	573	141	59	30.8	12.1	11.3	0.75
Heidelberger Str.	11	17417	1.1	390	93	42	22.7	8.7	8.2	0.54

7.1.3 Wirkung der Maßnahme auf die Immissionsbelastung

Entsprechend dem Vorgehen in Abschnitt 6.4 wurden auf Basis der Emissionen für das Bezugsjahr 2015 die stadtweiten Immissionsmodellierung und die Detailmodellierungen für die Teilgebiete um die 11 Belastungsschwerpunkte durchgeführt und die Gesamtbelastung für die Belastungsschwerpunkte ermittelt.

Für die Referenzpunkte sind gemäß Abschnitt 5.4.3 in Tabelle 7-3 die Vorbelastung durch den Kfz-Verkehr im stadtweiten Untersuchungsgebiet, die Zusatzbelastung, die durch die Straßen in den jeweiligen MISKAM-Modellgebieten hervorgerufen wird, und die Gesamtbelastung aufgeführt.

Tabelle 7-3: Immissionen an den Referenzpunkten der Belastungsschwerpunkte mit Maßnahme „Ausweitung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“

Belastungs-schwerpunkt		Vorbelastung Kfz in DA [µg/m³]			Zusatzbelastung [µg/m³] (MISKAM-Modellgebiet)				Gesamtbelastung [µg/m³]				
		NO_X	PM 10	PM 2.5	NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	PM10-ÜS*
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	5.6	0.58	0.29	78.8	19.5	8.5	4.4	108.4	50.0	25.6	16.6	21
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	8.6	0.88	0.45	73.1	18.5	7.5	4.1	105.6	49.8	24.9	16.5	19
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	7.4	0.74	0.37	110.3	29.4	11.0	6.2	141.7	62.9	28.3	18.5	30
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	7.4	0.74	0.39	74.1	21.0	7.5	4.3	105.5	51.0	24.8	16.6	19
Bleichstr.	5	8.4	0.87	0.43	58.5	13.3	6.1	3.2	90.9	43.4	23.5	15.6	16
Kasinostr.	6	8.4	0.87	0.45	75.0	17.9	8.1	4.4	107.4	49.6	25.5	16.8	21
Spessartring	7	6.0	0.61	0.29	46.8	11.3	5.0	2.5	76.8	38.4	22.1	14.7	13
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	6.6	0.68	0.34	51.6	12.6	5.6	2.6	82.2	40.6	22.8	14.9	14
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	6.6	0.68	0.34	60.9	14.8	6.6	3.1	91.5	44.0	23.8	15.4	16
Kranichsteiner Str.	9	6.0	0.61	0.32	34.2	8.4	3.2	1.6	64.2	33.7	20.3	13.8	9
Nieder-Ramstädter-Str.	10	5.6	0.58	0.29	76.8	18.9	7.9	4.2	106.4	49.2	25.0	16.4	20
Heidelberger Str.	11	7.0	0.73	0.37	56.8	13.6	6.1	3.3	87.8	42.6	23.3	15.6	15
Veränderung gegenüber Prognosenullfall [%]; PM10-Überschreitungstage absolut													
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	-4	-5	1	-4	-2	-5	-2	-3	-2	-2	-1	-1
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	-5	-6	-2	-3	-1	-5	-2	-3	-2	-2	0	-1
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	-3	-4	-1	-6	-2	-7	-3	-5	-3	-3	-1	-3
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	-3	-4	-4	-5	-2	-5	-3	-4	-2	-2	-1	-1
Bleichstr.	5	-7	-8	-5	-10	-5	-10	-6	-7	-5	-3	-1	-2
Kasinostr.	6	-7	-8	-4	-6	-3	-7	-4	-5	-3	-3	-1	-2
Spessartring	7	-7	-9	-7	-7	-3	-10	-4	-5	-3	-3	-1	-1
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	-5	-6	-2	-8	-3	-11	-4	-5	-3	-3	-1	-2
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	-5	-6	-2	-8	-3	-11	-4	-6	-3	-3	-1	-2
Kranichsteiner Str.	9	-7	-9	-3	-4	-2	-5	-3	-3	-2	-1	-1	0
Nieder-Ramstädter-Str.	10	-4	-5	-3	-5	-2	-6	-3	-4	-2	-2	-1	-1
Heidelberger Str.	11	-3	-4	-1	-6	-3	-7	-3	-4	-3	-2	-1	-1

* PM10-Überschreitungstage: Anzahl Tage mit einem Tagesmittelwert > 50 µg/m³

Die Maßnahme führt bei allen Belastungsschwerpunkten gegenüber dem Prognosenullfall zu Abnahmen, deren Werte an den Referenzpunkten für NO_2 bei 0.7 - 2.1 µg/m³ bzw. 2 - 5 % liegen. Bei PM10 betragen die Abnahmen zwischen 0.3 - 0.8 µg/m³ bzw. 1 - 3 % und führen zu bis zu 3 Überschreitungstagen weniger. Für PM2.5 betragen die Abnahmen 0.1 - 0.2 µg/m³ bzw. bis zu 1 %. Mit diesen Abnahmen wird für den Referenzpunkt des Belastungsschwerpunkts 8 (Rhönring) nur noch eine sehr knappe Über-

schreitung des NO_2-Grenzwertes in Höhe von 40 µg/m³ berechnet. Zusätzlich zum Belastungsschwerpunkt 11 (Heidelberger Straße) sinken auch für die Referenzpunkte der Belastungsschwerpunkte 5 (Bleichstraße) und 8b (Rhönring) die modellierten Werte so weit ab, dass der Grenzwert nur noch um bis zu 10 % überschritten wird.

7.2 Einrichtung einer Umweltzone im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone in Darmstadt ab dem 1. Januar 2015 mit Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots

7.2.1 Umweltzone

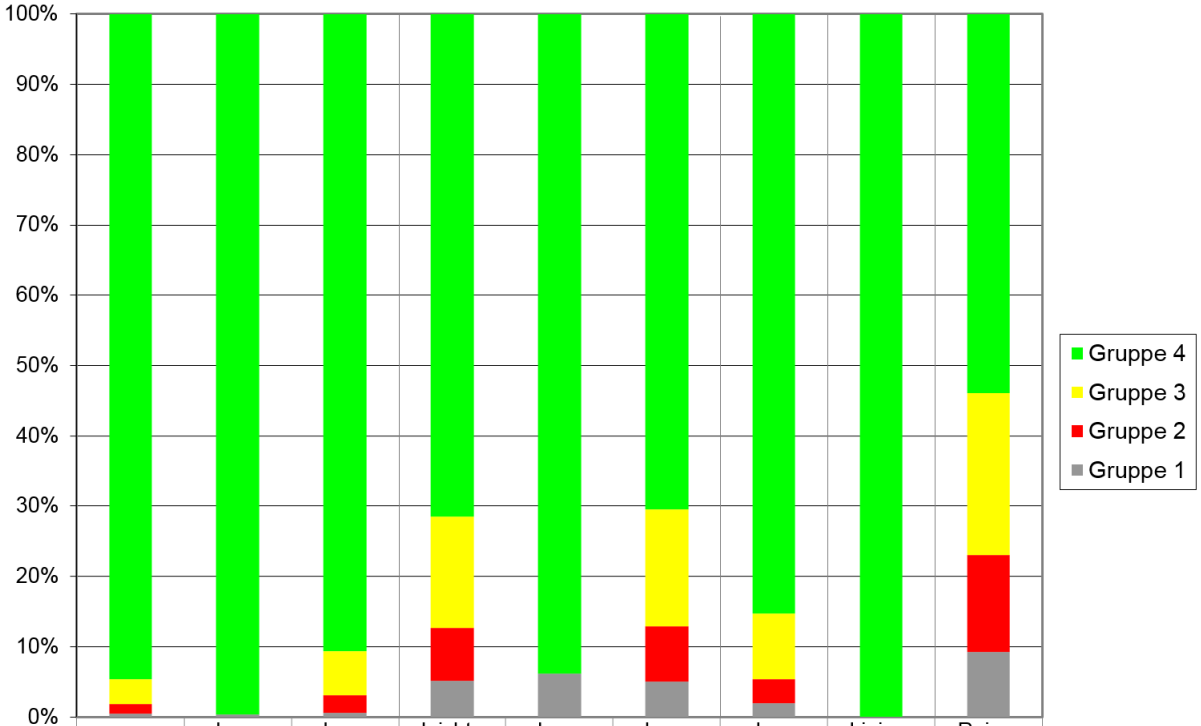
Bei der Maßnahme „Einrichtung einer Umweltzone im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone in Darmstadt ab dem 1. Januar 2015 mit Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“ wird die Einführung einer Umweltzone untersucht. Die Idee der Umweltzone besteht darin, Kraftfahrzeuge mit einem höheren Schadstoffausstoß aus einem hoch belasteten Gebiet auszuschließen bzw. das Befahren eines definierten innerstädtischen Gebietes, der „Umweltzone“, nur bestimmten Fahrzeuggruppen zu gestatten. Die Zufahrt zur Umweltzone wird bezüglich der Schadstoffgruppen bundeseinheitlich über sogenannten „Plaketten“ reglementiert. Diese Regelung basiert auf der seit dem 1. März 2007 gültigen Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung (35. BImSchV, 2007) zum Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG, 2012).

Wie aus Tabelle 7-4 ersichtlich, wird bei der Zuweisung der einzelnen Farbplaketten, welche zum Zugang zur Umweltzone berechtigen, nach Dieselfahrzeugen und „Benzinern“ (Fahrzeuge mit Otto-Motor) unterschieden. Die Kennzeichnungspflicht gilt sowohl für Personenkraftwagen als auch für Nutzfahrzeuge. Zwei- und dreirädrige Kraftfahrzeuge sind generell von der Kennzeichnungspflicht ausgenommen. Im hier untersuchten Fall wird nur noch Fahrzeugen mit grüner Plakette die Einfahrt in die Umweltzone gestattet.

Tabelle 7-4: Schadstoffgruppen und Anforderungen für die einzelnen Plaketten gemäß Kennzeichnungsverordnung (35. BImSchV, 2007)

Schadstoffgruppe	**1**	**2**	**3**	**4**
Plakette	keine Plakette			
Anforderungen für **Diesel**	Euro 1 oder schlechter	Euro 2 oder Euro 1 + Partikelfilter	Euro 3 oder Euro 2 + Partikelfilter	Euro 4 oder Euro 3 + Partikelfilter
Anforderungen für **Benziner**	ohne geregelten Kat			Euro 1

Die fahrleistungsgewichtete Plakettenverteilung der Flotte des Prognosenullfalls ist in Abbildung 7-2 dargestellt. In Abbildung 7-3 finden sich die Ausgestaltung der Umweltzone entsprechend dem Gebiet des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverborts und die betroffenen Strecken.



	Pkw	davon Benzin	davon Diesel	leichte Lkw	davon Benzin	davon Diesel	schwere Lkw	Linien-busse	Reise-busse
Gruppe 4	94.7%	44.7%	50.0%	71.5%	4.0%	67.4%	85.3%	100.0%	54.0%
Gruppe 3	3.5%	0.0%	3.5%	15.9%	0.0%	15.9%	9.3%	0.0%	23.0%
Gruppe 2	1.4%	0.0%	1.4%	7.5%	0.0%	7.5%	3.4%	0.0%	13.7%
Gruppe 1	0.5%	0.2%	0.3%	5.1%	0.3%	4.9%	2.0%	0.0%	9.3%

Abbildung 7-2: Fahrleistungsgewichtete Plakettenverteilung der Innerortsflotte im Prognosenullfall 2015

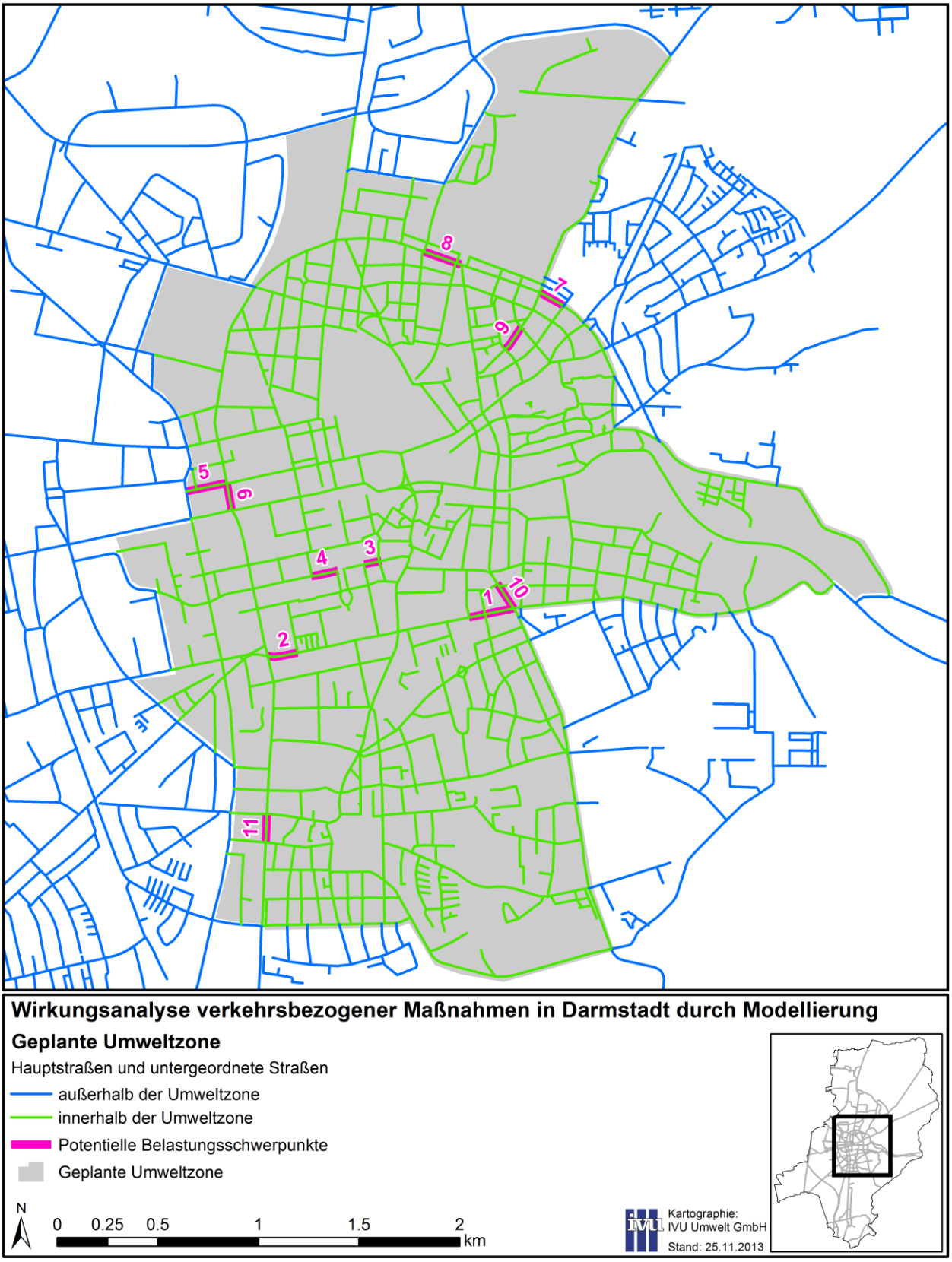


Abbildung 7-3: Geplante Umweltzone

7.2.2 Verkehrlichen Wirkung

Mit der Einführung einer Umweltzone kann davon ausgegangen werden, dass sich das Fahrverhalten Einzelner ändert, z. B. durch Umfahren der Umweltzone oder Abstellen des Fahrzeugs am Rand der Umweltzone, weil am Fahrzeug keine entsprechende Plakette vorhanden ist. Dadurch können sich sowohl Erhöhungen als auch Absenkungen der Verkehrsbelastung ergeben. Aus bisherigen Erfahrungen in anderen Städten (vgl. z. B Kacsóh, 2011) kann erwartet werden, dass die Effekte auf die Verkehrsmengen durch Einführung einer Umweltzone gering sind und der entscheidende Aspekt die Flottenerneuerung ist. Daher wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber festgelegt, die Wirkung einer Umweltzone auf Basis unveränderter Verkehrsmengen und -qualitäten abzuschätzen.

7.2.3 Anpassung der Flotte für die Umweltzone

Für die Betrachtung der Effekte der Umweltzone im Jahr 2015 wurde die regionalisierte Flotte für 2015 aus Abschnitt 6.2 als Basis angesetzt und für alle Strecken außerhalb der Umweltzone unverändert verwendet. Für die Umweltzone wurden in der Flotte die Verbote für alle Fahrzeuge gesetzt, die keine grüne Plakette erhalten. Die betroffenen Fahrzeuge wurden durch Fahrzeuge mit erlaubten Emissionskonzepten entsprechend deren Anteilen in der Flotte ersetzt. Diese angepasste Flotte wurde für alle Straßenabschnitte innerhalb der Umweltzone angesetzt.

7.2.4 Emissionsmodellierung

Analog zu Abschnitt 6.3 wurden die Berechnungen für diese Maßnahme auf Basis der auf den Strecken innerhalb der Umweltzone angepassten Flotte durchgeführt und ausgewertet.

In Tabelle 7-5 sind die Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet mit der Maßnahme „Einrichtung einer Umweltzone im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone in Darmstadt ab dem 1. Januar 2015 mit Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“ aufgeführt. Entsprechend der Zielrichtung der Plakettenverordnung reduzieren sich vor allem die Emissionen der Abgas-Partikel deutlich um fast 50 %. Da sich bei dieser Maßnahme die Kfz-Zusammensetzungen und die Fahrleistungen gegenüber dem Prognosenullfall nicht ändern, verändern sich die nicht-motorbedingten Partikel-Emissionen nicht und bezüglich der gesamten Partikel-Emissionen fällt die emissionsmindernde Wirkung der Umweltzone mit ca. 9 % bei PM10 deutlich geringer aus.

Die Wirkung der Umweltzone auf die NO_2- und NO_X-Emissionen ist mit 2.5 bzw. 5.5 % nochmals geringer. Dies liegt daran, dass gemäß der Emissionsfaktoren des HBEFA 3.1 bei den Diesel-Pkw von Euro-0 bis Euro-3 mit Partikelfilter (die eine grüne Plakette erhalten) die NO_X-Emissionsfaktoren ansteigen und auch bis einschließlich Euro-5 nicht entscheidend zurückgehen. Gleichzeitig liegen bei moderneren Diesel-Pkw und leichten Nutzfahrzeugen ab Euro-3 die NO_2-Emissionen z. T. deutlich höher als bei älteren Fahrzeugen und erst mit Euro-6 wird eine signifikante Minderung bzw. das Niveau von Euro-0 und Euro-1 erreicht. Auch bei den schweren Nutzfahrzeugen und den Linienbussen bringt erst Euro-VI deutliche Absenkungen.

Da sämtliche Minderungen im Bereich der Umweltzone auftreten, sind die jeweiligen Wirkungen auf die Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet deutlich geringer.

Tabelle 7-5: Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet mit Maßnahme „Umweltzone mit Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“

Emissionen [t/a]	NO_X	NO_2	PM10	PM2.5	Partikel-Abgas		
					Gesamt	Diesel	Benzin
Maßnahme „Umweltzone mit Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“	657.5	152.7	68.3	31.9	12.1	10.8	1.28
Prognosenullfall 2015	664.3	153.4	69.5	33.0	13.2	11.9	1.28
Veränderung [%]	-1.0	-0.5	-1.6	-3.4	-8.6	-9.5	0.0
innerhalb der Umweltzone mit Maßnahme	116.3	27.6	12.0	5.23	1.29	1.16	0.14
Prognosenullfall 2015	123.1	28.3	13.1	6.37	2.43	2.29	0.14
Veränderung [%]	-5.5	-2.5	-8.7	-17.9	-46.8	-49.6	-0.7

Tabelle 7-6 zeigt die Emissionen der Belastungsabschnitte mit der Maßnahme „Einrichtung einer Umweltzone im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone in Darmstadt ab dem 1. Januar 2015 mit Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“.

Tabelle 7-6: Emissionen der Belastungsabschnitte mit Maßnahme „Umweltzone mit Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“

Belastungsschwerpunkt		Verkehr		NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	Partikel-Abgas		
		DTV [Kfz/d]	Lkw >3.5 t [%]					Gesamt	Diesel	Benzin
				Spezifische Emissionen [g/(m*d)]						
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	24391	1.0	11.1	2.75	1.16	0.52	0.14	0.12	0.013
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	24391	1.1	11.1	2.86	1.10	0.52	0.14	0.12	0.017
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	24902	2.4	11.9	2.82	1.16	0.55	0.14	0.13	0.017
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	16299	2.8	7.2	1.80	0.69	0.36	0.09	0.07	0.016
Bleichstr.	5	7948	4.3	4.3	0.91	0.42	0.19	0.05	0.04	0.004
Kasinostr.	6	31332	1.8	13.3	3.21	1.39	0.67	0.17	0.15	0.019
Spessartring	7	18800	2.6	9.3	2.23	1.01	0.43	0.12	0.11	0.012
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	20000	2.1	11.5	2.78	1.24	0.47	0.14	0.13	0.012
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	23493	2.1	13.6	3.27	1.45	0.55	0.17	0.15	0.013
Kranichsteiner Str.	9	6762	1.5	3.7	0.89	0.33	0.15	0.03	0.03	0.004
Nieder-Ramstädter-Str.	10	22004	1.6	10.5	2.60	1.05	0.48	0.12	0.11	0.014
Heidelberger Str.	11	17543	1.8	7.7	1.84	0.79	0.38	0.10	0.09	0.010
				Absolute Emissionen [kg/a]						
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	24391	1.0	915	228	96	43.0	11.3	10.2	1.11
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	24391	1.1	611	157	61	28.8	7.7	6.8	0.92
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	24902	2.4	374	89	37	17.4	4.5	4.0	0.54
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	16299	2.8	236	59	23	11.7	2.9	2.4	0.53
Bleichstr.	5	7948	4.3	322	68	32	14.0	3.6	3.3	0.34
Kasinostr.	6	31332	1.8	670	162	70	33.9	8.5	7.5	0.97
Spessartring	7	18800	2.6	495	119	54	22.8	6.3	5.7	0.64
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	20000	2.1	838	202	90	33.9	10.2	9.4	0.84
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	23493	2.1	1393	334	149	55.9	16.9	15.5	1.37
Kranichsteiner Str.	9	6762	1.5	196	48	17	7.9	1.8	1.5	0.23
Nieder-Ramstädter-Str.	10	22004	1.6	571	142	57	25.9	6.7	6.0	0.75
Heidelberger Str.	11	17543	1.8	394	94	40	19.2	4.9	4.3	0.53

7.2.5 Wirkung der Maßnahme auf die Immissionsbelastung

Entsprechend dem Vorgehen in Abschnitt 6.4 wurden auf Basis der Emissionen für das Bezugsjahr 2015 die stadtweiten Immissionsmodellierung und die Detailmodellierungen für die Teilgebiete um die 11 Belastungsschwerpunkte durchgeführt und die Gesamtbelastung für die Belastungsschwerpunkte ermittelt

Für die Referenzpunkte sind gemäß Abschnitt 5.4.3 in Tabelle 7-7 die Vorbelastung durch den Kfz-Verkehr im stadtweiten Untersuchungsgebiet, die Zusatzbelastung, die durch die Straßen in den jeweiligen MISKAM-Modellgebieten hervorgerufen wird, und die Gesamtbelastung aufgeführt.

Tabelle 7-7: Immissionen an den Referenzpunkten mit Maßnahme „Umweltzone mit Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“

Belastungsschwerpunkt		Vorbelastung Kfz in DA [µg/m³]			Zusatzbelastung [µg/m³] (MISKAM-Modellgebiet)				Gesamtbelastung [µg/m³]				
		NO_X	PM 10	PM 2.5	NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	PM10-ÜS*
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	5.7	0.58	0.26	78.4	19.5	8.2	3.7	108.0	49.9	25.3	15.9	20
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	9.0	0.92	0.43	71.3	18.3	7.1	3.4	104.3	49.6	24.5	15.7	18
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	7.5	0.75	0.33	110.6	29.6	10.7	5.3	142.1	63.0	28.0	17.6	28
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	7.5	0.75	0.36	73.8	21.2	7.2	3.7	105.3	51.1	24.5	16.0	18
Bleichstr.	5	8.7	0.90	0.41	61.6	13.5	6.2	2.8	94.3	44.3	23.6	15.1	16
Kasinostr.	6	8.7	0.90	0.42	75.2	17.9	7.9	3.8	107.9	49.8	25.3	16.1	20
Spessartring	7	6.2	0.64	0.27	47.1	11.3	5.1	2.2	77.3	38.6	22.3	14.4	13
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	6.9	0.70	0.32	53.4	12.9	5.7	2.2	84.3	41.3	22.9	14.4	14
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	6.9	0.70	0.32	63.3	15.2	6.7	2.5	94.2	44.8	23.9	14.7	17
Kranichsteiner Str.	9	6.2	0.64	0.30	34.1	8.3	3.1	1.4	64.3	33.8	20.3	13.6	9
Nieder-Ramstädter-Str.	10	5.7	0.58	0.26	76.5	19.0	7.7	3.5	106.1	49.2	24.8	15.7	19
Heidelberger Str.	11	7.2	0.74	0.35	57.4	13.6	5.9	2.8	88.5	42.8	23.2	15.1	15
Veränderung gegenüber Prognosenullfall [%]; PM10-Überschreitungstage absolut													
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	-3	-6	-11	-5	-2	-9	-18	-4	-2	-3	-5	-2
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	0	-2	-8	-6	-2	-10	-19	-4	-2	-3	-5	-2
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	-2	-4	-10	-6	-2	-9	-17	-5	-2	-4	-6	-4
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	-2	-4	-11	-6	-1	-9	-16	-4	-2	-3	-4	-2
Bleichstr.	5	-4	-6	-11	-6	-3	-9	-18	-4	-3	-3	-4	-2
Kasinostr.	6	-4	-6	-10	-6	-3	-9	-18	-4	-3	-4	-5	-3
Spessartring	7	-4	-6	-14	-7	-3	-9	-19	-4	-3	-2	-3	-1
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	-1	-3	-9	-5	-1	-9	-20	-3	-2	-2	-4	-1
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	-1	-3	-9	-4	-1	-9	-20	-3	-2	-3	-5	-2
Kranichsteiner Str.	9	-4	-6	-10	-4	-2	-8	-16	-3	-2	-1	-3	-1
Nieder-Ramstädter-Str.	10	-3	-6	-13	-5	-2	-9	-18	-4	-2	-3	-5	-2
Heidelberger Str.	11	-1	-3	-7	-5	-2	-9	-18	-4	-2	-3	-4	-1

* PM10-Überschreitungstage: Anzahl Tage mit einem Tagesmittelwert > 50 µg/m³

Die Maßnahme führt bei allen Belastungsschwerpunkten gegenüber dem Prognosenullfall zu Abnahmen, deren Werte an den Referenzpunkten für NO_2 bei 0.6 - 1.5 µg/m³ bzw. 2 - 3 % liegen. Bei PM10 betragen die Abnahmen zwischen 0.3 - 1.1 µg/m³ bzw. 1 - 4 % und führen zu 1 - 4 Überschreitungstagen weniger. Für PM2.5 betragen die Abnahmen 0.4 - 1.1 µg/m³ bzw. 3 - 6 %. Diese Werte entsprechen Abschätzungen der Wirkung einer Umweltzone bei Einführung im Jahr 2015 (IVU Umwelt, 2013). Mit diesen

Abnahmen wird im Vergleich zum Prognosenullfall für keinen zusätzlichen Referenzpunkt eine Einhaltung des NO_2-Grenzwerts in Höhe von 40 µg/m³ oder eine Überschreitung um höchstens 10 % des Grenzwerts berechnet.

7.3 Einrichtung einer Umweltzone im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone in Darmstadt ab dem 1. Januar 2015 ohne Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots

7.3.1 Verkehrliche Wirkung

Da in der Maßnahme „Einrichtung einer Umweltzone im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone in Darmstadt ab dem 1. Januar 2015 ohne Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“ das momentan bestehende und auch im Prognosenullfall berücksichtigte Lkw-Durchfahrtsverbot im Stadtgebiet nicht berücksichtigen soll, mussten die Verkehrsbelastungen entsprechend prozentual angepasst werden.

Nach Unterlagen der Stadt Darmstadt und diversen Presseartikeln konnten die Auswirkungen nach Einführung der Verbotszone näher definiert werden. Die Einführung der Lkw-Durchfahrtsverbotszone hatte einen Rückgang des Schwerverkehrs von 15 % im Stadtgebiet zur Folge. Bei der Abschätzung der Maßnahmenwirkungen musste der Lkw-Anteil im gesamten Stadtgebiet angepasst werden und somit auch die Streckenbelastungen im Netzmodell. Da die Lkw-Fahrverbotszone hierbei keine Berücksichtigung findet, wird der Lkw-Anteil im Stadtgebiet wieder auf das Niveau vor Einführung der Verbotszone angehoben. Die Änderungen bezüglich der gesamten Verkehrsbelastung auf den einzelnen Strecken bei dieser Maßnahme sind sehr gering, so dass die Verkehrsqualität unverändert vom Prognosenullfall übernommen wurde.

7.3.2 Emissionsmodellierung

Analog zu Abschnitt 6.3 wurden die Berechnungen für diese Maßnahme auf Basis der gegenüber dem Prognosenullfall prognostizierten Änderungen der Lkw-Belastungen und mit der auf den Strecken innerhalb der Umweltzone angepassten Flotte durchgeführt und ausgewertet.

In Tabelle 7-8 sind die Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet mit der Maßnahme „Einrichtung einer Umweltzone im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone in Darmstadt ab dem 1. Januar 2015 ohne Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“ aufgeführt.

Bei dieser Maßnahme wirken den Emissionsminderungen der Umweltzone die gegenüber dem Prognosenullfall erhöhten Lkw-Fahrten entgegen, so dass die Wirkungen gegenüber der Umweltzone unter Beibehaltung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots, insbesondere bei den Stickstoffoxiden, geringer ausfallen.

Tabelle 7-8: Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet mit Maßnahme „Umweltzone ohne Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“

Emissionen [t/a]	NO_X	NO_2	PM10	PM2.5	Partikel-Abgas		
					Gesamt	Diesel	Benzin
Maßnahme „Umweltzone ohne Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“	669.3	153.9	69.8	32.3	12.2	10.9	1.28
Prognosenullfall 2015	664.3	153.4	69.5	33.0	13.2	11.9	1.28
Veränderung [%]	0.7	0.3	0.5	-2.3	-7.5	-8.3	-0.1
innerhalb der Umweltzone mit Maßnahme	119.4	28.0	12.4	5.31	1.32	1.18	0.14
Prognosenullfall 2015	123.1	28.3	13.1	6.37	2.43	2.29	0.14
Veränderung [%]	-3.0	-1.3	-5.3	-16.6	-45.7	-48.4	-0.7

Tabelle 7-9 zeigt die Emissionen der Belastungsabschnitte mit der Maßnahme „Einrichtung einer Umweltzone im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone in Darmstadt ab dem 1. Januar 2015 ohne Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“.

Tabelle 7-9: Emissionen der Belastungsabschnitte mit Maßnahme „Umweltzone ohne Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“

Belastungsschwerpunkt		Verkehr		NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	Partikel-Abgas		
		DTV [Kfz/d]	Lkw >3.5 t [%]					Gesamt	Diesel	Benzin
				Spezifische Emissionen [g/(m*d)]						
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	24434	1.2	11.3	2.77	1.19	0.52	0.14	0.12	0.013
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	24438	1.3	11.3	2.88	1.13	0.53	0.14	0.13	0.017
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	25007	2.8	12.2	2.86	1.21	0.56	0.15	0.13	0.017
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	16380	3.3	7.4	1.82	0.72	0.36	0.09	0.08	0.016
Bleichstr.	5	8007	4.9	4.5	0.93	0.44	0.19	0.05	0.05	0.005
Kasinostr.	6	31431	2.1	13.6	3.25	1.43	0.68	0.17	0.15	0.019
Spessartring	7	18886	3.0	9.5	2.27	1.06	0.44	0.12	0.11	0.012
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	20074	2.5	12.0	2.82	1.31	0.47	0.14	0.13	0.012
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	23579	2.4	14.1	3.32	1.52	0.56	0.17	0.16	0.013
Kranichsteiner Str.	9	6780	1.8	3.7	0.90	0.33	0.15	0.03	0.03	0.004
Nieder-Ramstädter-Str.	10	22065	1.8	10.6	2.62	1.07	0.48	0.12	0.11	0.014
Heidelberger Str.	11	17599	2.1	7.9	1.86	0.82	0.38	0.10	0.09	0.010
				Absolute Emissionen [kg/a]						
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	24434	1.2	934	230	99	43.4	11.4	10.3	1.11
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	24438	1.3	620	158	62	29.1	7.8	6.9	0.92
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	25007	2.8	386	90	38	17.7	4.6	4.1	0.54
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	16380	3.3	242	60	24	11.9	3.0	2.5	0.53
Bleichstr.	5	8007	4.9	336	70	33	14.4	3.7	3.4	0.34
Kasinostr.	6	31431	2.1	686	164	72	34.4	8.7	7.7	0.97
Spessartring	7	18886	3.0	509	121	56	23.2	6.5	5.8	0.64
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	20074	2.5	870	206	95	34.5	10.5	9.7	0.84
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	23579	2.4	1436	339	155	56.8	17.2	15.9	1.37
Kranichsteiner Str.	9	6780	1.8	199	48	18	8.0	1.8	1.6	0.23
Nieder-Ramstädter-Str.	10	22065	1.8	580	143	58	26.2	6.8	6.0	0.75
Heidelberger Str.	11	17599	2.1	404	95	42	19.4	5.0	4.4	0.53

7.3.3 Wirkung der Maßnahme auf die Immissionsbelastung

Entsprechend dem Vorgehen in Abschnitt 6.4 wurden auf Basis der Emissionen für das Bezugsjahr 2015 die stadtweiten Immissionsmodellierung und die Detailmodellierungen für die Teilgebiete um die 11 Belastungsschwerpunkte durchgeführt und die Gesamtbelastung für die Belastungsschwerpunkte ermittelt.

Für die Referenzpunkte sind gemäß Abschnitt 5.4.3 in Tabelle 7-10 die Vorbelastung durch den Kfz-Verkehr im stadtweiten Untersuchungsgebiet, die Zusatzbelastung, die durch die Straßen in den jeweiligen MISKAM-Modellgebieten hervorgerufen wird, und die Gesamtbelastung aufgeführt.

Tabelle 7-10: Immissionen an den Referenzpunkten mit Maßnahme „Umweltzone ohne Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots“

Belastungsschwerpunkt		Vorbelastung Kfz in DA [µg/m³]			Zusatzbelastung [µg/m³] (MISKAM-Modellgebiet)				Gesamtbelastung [µg/m³]				
		NO_X	PM 10	PM 2.5	NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	PM10-ÜS*
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	5.8	0.60	0.26	80.0	19.7	8.4	3.7	109.7	50.3	25.5	15.9	21
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	8.9	0.91	0.42	72.4	18.5	7.3	3.4	105.3	49.8	24.7	15.7	19
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	7.6	0.76	0.33	113.5	29.9	11.0	5.3	145.0	63.7	28.3	17.6	29
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	7.6	0.76	0.37	75.5	21.4	7.4	3.7	107.0	51.6	24.7	16.0	19
Bleichstr.	5	8.8	0.91	0.41	64.0	13.8	6.5	2.9	96.7	44.9	23.9	15.2	17
Kasinostr.	6	8.8	0.91	0.42	77.2	18.1	8.1	3.8	109.9	50.3	25.5	16.1	21
Spessartring	7	6.3	0.66	0.28	48.5	11.5	5.3	2.2	78.8	39.0	22.5	14.4	13
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	7.2	0.73	0.33	55.4	13.1	6.0	2.2	86.5	42.0	23.3	14.4	15
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	7.2	0.73	0.33	65.2	15.4	7.0	2.6	96.3	45.5	24.3	14.8	18
Kranichsteiner Str.	9	6.3	0.66	0.30	34.8	8.4	3.1	1.4	65.1	34.0	20.3	13.6	9
Nieder-Ramstädter-Str.	10	5.8	0.60	0.27	77.8	19.1	7.9	3.5	107.5	49.6	25.0	15.7	19
Heidelberger Str.	11	7.3	0.76	0.36	58.9	13.8	6.1	2.8	90.2	43.2	23.4	15.1	15
Veränderung gegenüber Prognosenullfall [%]; PM10-Überschreitungstage absolut													
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	-1	-3	-10	-3	-1	-7	-18	-2	-1	-2	-5	-2
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	-1	-3	-10	-4	-2	-8	-18	-3	-2	-3	-5	-2
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	-1	-2	-10	-4	-1	-7	-16	-3	-1	-3	-6	-3
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	-1	-2	-8	-4	0	-7	-15	-3	-1	-2	-4	-1
Bleichstr.	5	-3	-4	-12	-2	-1	-5	-16	-2	-1	-2	-4	-1
Kasinostr.	6	-3	-4	-10	-4	-2	-7	-17	-3	-2	-3	-5	-2
Spessartring	7	-2	-3	-11	-4	-1	-5	-18	-3	-2	-1	-3	-1
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	3	1	-7	-1	1	-4	-19	-1	0	-1	-4	0
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	3	1	-7	-1	0	-5	-19	-1	0	-1	-4	-1
Kranichsteiner Str.	9	-2	-3	-10	-3	-1	-6	-15	-2	-1	-1	-3	0
Nieder-Ramstädter-Str.	10	-1	-3	-12	-4	-1	-7	-17	-3	-1	-2	-5	-2
Heidelberger Str.	11	1	0	-6	-3	-1	-6	-17	-2	-1	-2	-4	-1

* PM10-Überschreitungstage: Anzahl Tage mit einem Tagesmittelwert > 50 µg/m³

Die Maßnahme führt bei allen Belastungsschwerpunkten gegenüber dem Prognosenullfall zu Abnahmen, deren Werte an den Referenzpunkten für NO_2 bei 0 - 1 µg/m³ bzw. 0 - 2 % liegen. Bei PM10 betragen die Abnahmen zwischen 0.1 - 0.8 µg/m³ bzw. 1 - 3 % und führen zu bis zu 3 Überschreitungstagen weniger. Für PM2.5 betragen die Abnahmen 0.4 - 1.1 µg/m³ bzw. 3 - 6 %. Mit diesen Abnahmen wird im Vergleich zum Prognosenullfall für keinen zusätzlichen Referenzpunkt eine Einhaltung des NO_2-Grenzwerts in

Höhe von 40 µg/m³ oder eine Überschreitung um höchstens 10 % des Grenzwerts berechnet.

7.4 Einrichtung einer Umweltzone im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone in Darmstadt ab dem 1. Januar 2015 mit Berücksichtigung eines ausgeweiteten Lkw-Durchfahrtsverbots

7.4.1 Verkehrliche Wirkung

Die verkehrliche Wirkung dieser Maßnahme entspricht der der Maßnahme „Ausweitung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots auf Lkw-Fahrten von und in die Landkreise Darmstadt-Dieburg und Odenwald“ und wurde aus Abschnitt 7.1 übernommen.

7.4.2 Emissionsmodellierung

Analog zu Abschnitt 6.3 wurden die Berechnungen für diese Maßnahme auf Basis der gegenüber dem Prognosenullfall prognostizierten Änderungen der Lkw-Belastungen und mit der auf den Strecken innerhalb der Umweltzone angepassten Flotte durchgeführt und ausgewertet.

In Tabelle 7-11 sind die Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet mit der Maßnahme „Einrichtung einer Umweltzone im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone in Darmstadt ab dem 1. Januar 2015 mit Berücksichtigung eines ausgeweiteten Lkw-Durchfahrtsverbots“ aufgeführt.

Bei dieser Maßnahme wirken sowohl die Emissionsminderungen der Umweltzone als auch die des ausgeweiteten Lkw-Durchfahrtsverbots, so dass sich die Wirkungen beider Maßnahmen in etwa addieren.

Tabelle 7-11: Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet mit Maßnahme „Umweltzone mit Berücksichtigung eines ausgeweiteten Lkw-Durchfahrtsverbots“

Emissionen [t/a]	NO_X	NO_2	PM10	PM2.5	Partikel-Abgas		
					Gesamt	Diesel	Benzin
Maßnahme „Umweltzone mit ausgeweitetem Lkw-Durchfahrtsverbot“	630.2	149.9	64.9	31.0	11.7	10.4	1.28
Prognosenullfall 2015	664.3	153.4	69.5	33.0	13.2	11.9	1.28
Veränderung [%]	-5.1	-2.3	-6.6	-6.1	-11.3	-12.5	-0.1
innerhalb der Umweltzone mit Maßnahme	109.4	26.9	11.0	5.04	1.23	1.09	0.14
Prognosenullfall 2015	123.1	28.3	13.1	6.37	2.43	2.29	0.14
Veränderung [%]	-11.1	-5.2	-16.1	-20.8	-49.4	-52.4	-0.7

Tabelle 7-12 zeigt die Emissionen der Belastungsabschnitte mit der Maßnahme „Einrichtung einer Umweltzone im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone in Darmstadt ab dem 1. Januar 2015 mit Berücksichtigung eines ausgeweiteten Lkw-Durchfahrtsverbots“.

Tabelle 7-12: Emissionen der Belastungsabschnitte mit Maßnahme „Umweltzone mit Berücksichtigung eines ausgeweiteten Lkw-Durchfahrtsverbots“

Belastungsschwerpunkt		Verkehr		NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	Partikel-Abgas		
		DTV [Kfz/d]	Lkw >3.5 t [%]					Gesamt	Diesel	Benzin
				Spezifische Emissionen [g/(m*d)]						
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	24293	0.6	10.6	2.70	1.09	0.51	0.13	0.12	0.013
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	24284	0.7	10.8	2.82	1.05	0.51	0.14	0.12	0.017
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	24663	1.4	11.0	2.72	1.06	0.53	0.13	0.12	0.017
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	16116	1.7	6.8	1.75	0.64	0.34	0.08	0.07	0.016
Bleichstr.	5	7811	2.6	3.8	0.86	0.37	0.17	0.04	0.04	0.005
Kasinostr.	6	31106	1.1	12.6	3.14	1.30	0.65	0.16	0.14	0.019
Spessartring	7	18604	1.6	8.6	2.16	0.90	0.41	0.11	0.10	0.012
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	19832	1.3	10.6	2.68	1.10	0.45	0.13	0.12	0.012
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	23296	1.3	12.6	3.16	1.29	0.53	0.16	0.14	0.013
Kranichsteiner Str.	9	6721	0.9	3.5	0.88	0.31	0.14	0.03	0.03	0.004
Nieder-Ramstädter-Str.	10	21863	1.0	10.0	2.54	0.98	0.46	0.12	0.10	0.014
Heidelberger Str.	11	17417	1.1	7.2	1.79	0.74	0.36	0.09	0.08	0.010
				Absolute Emissionen [kg/a]						
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	24293	0.6	876	224	90	42.2	11.0	9.9	1.11
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	24284	0.7	593	155	58	28.2	7.5	6.6	0.92
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	24663	1.4	346	86	33	16.6	4.2	3.7	0.54
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	16116	1.7	224	57	21	11.1	2.8	2.2	0.53
Bleichstr.	5	7811	2.6	283	64	28	13.1	3.3	3.0	0.34
Kasinostr.	6	31106	1.1	635	158	65	32.9	8.2	7.2	0.97
Spessartring	7	18604	1.6	460	115	48	21.8	5.9	5.3	0.64
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	19832	1.3	774	195	80	32.6	9.7	8.8	0.84
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	23296	1.3	1283	323	132	53.8	16.0	14.6	1.37
Kranichsteiner Str.	9	6721	0.9	188	47	17	7.7	1.7	1.5	0.23
Nieder-Ramstädter-Str.	10	21863	1.0	545	139	53	25.2	6.4	5.7	0.75
Heidelberger Str.	11	17417	1.1	369	91	38	18.6	4.7	4.1	0.53

7.4.3 Wirkung der Maßnahme auf die Immissionsbelastung

Entsprechend dem Vorgehen in Abschnitt 6.4 wurden auf Basis der Emissionen für das Bezugsjahr 2015 die stadtweiten Immissionsmodellierung und die Detailmodellierungen für die Teilgebiete um die 11 Belastungsschwerpunkte durchgeführt und die Gesamtbelastung für die Belastungsschwerpunkte ermittelt.

Für die Referenzpunkte sind gemäß Abschnitt 5.4.3 in Tabelle 7-13 die Vorbelastung durch den Kfz-Verkehr im stadtweiten Untersuchungsgebiet, die Zusatzbelastung, die durch die Straßen in den jeweiligen MISKAM-Modellgebieten hervorgerufen wird, und die Gesamtbelastung aufgeführt.

Tabelle 7-13: Immissionen an den Referenzpunkten der Belastungsschwerpunkte mit Maßnahme „Umweltzone mit Berücksichtigung eines ausgeweiteten Lkw-Durchfahrtsverbots“

Belastungs-schwerpunkt		Vorbelastung Kfz in DA [µg/m³]			Zusatzbelastung [µg/m³] (MISKAM-Modellgebiet)				Gesamtbelastung [µg/m³]				
		NO_X	PM 10	PM 2.5	NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	PM10-ÜS*
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	5.4	0.54	0.25	75.0	19.1	7.7	3.6	104.3	48.9	24.8	15.8	19
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	8.5	0.85	0.41	69.1	18.1	6.7	3.3	101.6	48.7	24.1	15.6	17
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	7.0	0.69	0.32	104.0	28.9	9.9	5.1	135.0	61.3	27.1	17.3	26
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	7.0	0.69	0.34	70.0	20.8	6.9	3.6	101.0	49.9	24.1	15.9	17
Bleichstr.	5	8.1	0.82	0.39	55.3	12.9	5.6	2.7	87.4	42.3	22.9	15.0	14
Kasinostr.	6	8.1	0.82	0.39	70.6	17.4	7.3	3.7	102.7	48.3	24.6	16.0	19
Spessartring	7	5.7	0.58	0.26	43.9	11.0	4.6	2.1	73.6	37.4	21.7	14.3	12
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	6.4	0.64	0.30	49.3	12.4	5.1	2.1	79.7	39.9	22.3	14.3	13
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	6.4	0.64	0.30	58.3	14.7	6.0	2.4	88.7	43.2	23.2	14.6	15
Kranichsteiner Str.	9	5.7	0.58	0.28	32.8	8.2	2.9	1.3	62.5	33.0	20.0	13.5	8
Nieder-Ramstädter-Str.	10	5.4	0.54	0.26	73.0	18.6	7.2	3.4	102.3	48.1	24.3	15.6	18
Heidelberger Str.	11	6.8	0.69	0.34	53.8	13.3	5.5	2.7	84.6	41.6	22.7	15.0	14
Veränderung gegenüber Prognosenullfall [%]; PM10-Überschreitungstage absolut													
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	-8	-12	-13	-9	-4	-14	-20	-7	-4	-5	-5	-4
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	-6	-9	-11	-9	-4	-14	-20	-6	-4	-5	-6	-3
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	-8	-12	-14	-12	-4	-16	-20	-10	-5	-7	-7	-6
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	-8	-12	-15	-11	-3	-14	-19	-8	-5	-5	-5	-3
Bleichstr.	5	-10	-14	-15	-15	-8	-19	-22	-11	-7	-6	-5	-4
Kasinostr.	6	-10	-14	-15	-12	-6	-16	-21	-9	-6	-6	-6	-4
Spessartring	7	-11	-15	-17	-13	-6	-19	-23	-9	-6	-5	-4	-3
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	-8	-12	-14	-12	-4	-19	-23	-8	-5	-5	-5	-3
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	-8	-12	-14	-12	-4	-19	-23	-9	-5	-6	-5	-3
Kranichsteiner Str.	9	-11	-15	-16	-8	-4	-13	-19	-5	-4	-3	-3	-1
Nieder-Ramstädter-Str.	10	-8	-12	-15	-10	-4	-15	-20	-8	-4	-5	-5	-3
Heidelberger Str.	11	-5	-8	-10	-11	-5	-16	-20	-8	-5	-5	-4	-3

* PM10-Überschreitungstage: Anzahl Tage mit einem Tagesmittelwert > 50 µg/m³

Die Maßnahme führt bei allen Belastungsschwerpunkten gegenüber dem Prognosenullfall zu Abnahmen, deren Werte an den Referenzpunkten für NO_2 bei 1.3 - 2.3 µg/m³ bzw. 4 - 7 % liegen. Bei PM10 betragen die Abnahmen zwischen 0.5 - 1.9 µg/m³ bzw. 3 - 7 % und führen zu 1 - 6 Überschreitungstagen weniger. Für PM2.5 betragen die Abnahmen 0.4 - 1.4 µg/m³ bzw. 3 - 7 %. Mit diesen Abnahmen wird für den Referenzpunkt des Belastungsschwerpunkts 8 (Rhönring) eine Einhaltung des NO_2-Grenzwertes in

Höhe von 40 µg/m³ berechnet. Zusätzlich zum Belastungsschwerpunkt 11 (Heidelberger Straße) sinken auch für die Referenzpunkte der Belastungsschwerpunkte 5 (Bleichstraße) und 8b (Rhönring) die modellierten Werte so weit ab, dass der Grenzwert nur noch um bis zu 10 % überschritten wird.

7.5 Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung an ca. 10 Lichtsignalanlagen im Bereich der Kasino- und Hindenburgstraße

7.5.1 Verkehrliche Wirkung

Diese Maßnahme beinhaltet die Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung an ca. 10 Lichtsignalanlagen im Bereich der Kasinostraße und Hindenburgstraße.

Versatzzeit wird wie folgt definiert: Die Versatzzeit ist eine definierte Zeitspanne zwischen Freigabezeitbeginn an Knoten A und Freigabezeitbeginn an Knoten B eines koordinierten Streckenzugs („Grüne Welle“). Die Versatzzeit eines Streckenabschnitts errechnet sich aus dem Knotenpunktsabstand geteilt durch die Geschwindigkeit, welche auf dem Streckenabschnitt im Durchschnitt gefahren wird (Progressionsgeschwindigkeit). Aufgrund unterschiedlicher Verkehrssituationen (z. B. Reststaulängen an Knotenpunkten, Kapazitätsengpässe etc.) kann die Kenngröße der Reisegeschwindigkeit auf einem Streckenzug variieren. Eine Versatzzeitoptimierung ist dementsprechend eine situationsgerechte Anpassung der Zeitspanne zwischen den Freigabezeitpunkten der Knoten A und B.

Regelbasierte Steuerungsverfahren nutzen Kenngrößen (wie z. B. Progressionsgeschwindigkeiten, Zeitlücken, Belegungsgrade etc.), die direkt aus dem Verkehrsfluss gewonnen (z. B. durch Induktionsschleifen, Videokameras etc.) und über Plausibilitätsannahmen mit der Steuerungslogik verknüpft werden. Aus den gemessenen Kenngrößen werden mit Hilfe von logischen Bedingungen Rückschlüsse auf den Verkehrszustand im Zufahrtstrom gezogen, die dann gegebenenfalls zu bestimmten Steuerentscheidungen führen. Zusätzlich werden die erfassten Daten genutzt, um weitere nicht direkt messbare Kenngrößen (wie z. B. mittlere Wartezeiten, Staulängen etc.) abzuschätzen.

Im Falle einer Versatzzeitoptimierung werden dann, basierend auf bestimmten Bedingungen, festgelegte Steuerungsentscheidungen getroffen. Dazu wird ein Ablaufdiagramm durchlaufen, das auf logischen, zeitlichen und zustandsbezogenen Bedingungen sowie zugehörigen Aktionen beruht. Neben den erfassten Kenngrößen gehen in den Entscheidungsprozess Vergleichs- und Schwellenwerte wie beispielsweise maximale Zeitlückenwerte oder Belegungsgrade und Rahmenvorgaben wie erlaubte Freigabebereiche ein. Abschließend werden die getroffenen Steuerungsentscheidungen in Schaltbefehle umgesetzt. Mit einem regelbasierten Steuerungsverfahren kann sowohl eine Signalprogrammanpassung (Freigabezeitanpassung, Phasenanforderung, Phasentausch oder Versatzzeitanpassung) als auch eine Signalprogrammbildung realisiert werden (vgl. BMVBS, 2010).

Die Bearbeitung und Festlegung der prozentualen Belastungsänderungen erfolgte auf Grundlage der Ausarbeitung des Gutachtens zur „Verkehrstechnischen Planung der verkehrsadaptiven Netzsteuerung im Bereich Kasinostr. und Hindenburgstr. in Darmstadt“ (TSC, 2013), welche von der Stadt Darmstadt zur Verfügung gestellt wurde. Die Untersuchung beinhaltet die kenngrößenspezifische Auswertungen für den Bestand und für den Planfall „Versatzzeitanpassung“ für die betrachteten Lichtsignalanlagen (s. Abbildung 7-4). Folgende Kenngrößen wurden u. a. untersucht:

- Anzahl der Halte,
- Verlustzeiten,
- Wartezeiten,
- maximale Staulänge pro Zufahrt und
- mittlere Staulänge pro Zufahrt.

Anhand dieser Kenngrößen konnten sogenannte Qualitätsstufen (QSV) nach dem „Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen“ (FGSV, 2009) abgeleitet werden. In einem zweiten Schritt wurden die Qualitätsstufen (QSV) in einen sogenannten Level of Service (LOS) konvertiert, um die Qualitätsveränderungen im Hauptstraßennetz gemäß dem HBEFA abbilden und berücksichtigen zu können.

Je nach Verkehrsdichte kann die Straße den Level of Service Stufe 1 (gute Verkehrsqualität) bis Stufe 4 (schlechte Verkehrsqualität) besitzen. Die „Level of Service“-Stufen sind wie folgt definiert:

- Stufe 1 – flüssig
  frei und stetig fließender Verkehr,
  Konstante, eher hohe Geschwindigkeit,
  Geschwindigkeitsbandbreiten: 90 bis >130 km/h auf Autobahnen,
  45-60 km/h auf Straßen mit Tempolimit von 50 km/h,
  vergleichbar mit QSV A/B
- Stufe 2 – dicht
  flüssiger Verkehrsfluss bei starkem Verkehrsvolumen,
  vergleichsweise konstante Geschwindigkeit,
  Geschwindigkeitsbandbreiten: 70-90 km/h auf Autobahnen,
  30-45 km/h auf Straßen mit Tempolimit 50 km/h,
  vergleichbar mit QSV C/D
- Stufe 3 – gesättigt
  unstetiger Verkehrsfluss mit starken Geschwindigkeitsschwankungen bei gesättigtem / gebundenem Verkehrsfluss,
  erzwungene Zwischenstops möglich,
  Geschwindigkeitsbandbreiten: 30-70 km/h auf Autobahnen,
  15-30 km/h auf Straßen mit Tempolimit 50 km/h,
  vergleichbar mit QSV E
- Stufe 4 - Stop&Go
  Stop&Go, starke Stauerscheinungen bis Verkehrszusammenbruch,
  Geschwindigkeitsschwankungen bei allgemeinen tiefer Geschwindigkeit,
  Geschwindigkeitsbandbreiten: 5-30 km/h auf Autobahnen,
  5-15 km/h auf Straßen mit Tempolimit 50 km/h,
  vergleichbar mit QSV F

Bei dieser Ermittlung der verkehrlichen Wirkung ist zu beachten, dass hier zum einen Auswirkungen knotenspezifischer Parameter wie Wartezeiten auf ganze Straßenabschnitte umgelegt werden und zum anderen zeitlich hoch variable Parameter in über das ganz Jahr geltende mittlere Durchschnittswerte des täglichen Verkehrsgeschehens transformiert werden. Beides trägt dazu bei, dass mögliche deutliche Verbesserungen der Verkehrsqualität an den Knoten und/oder zu bestimmten Zeiten in ihrer Umsetzung für die hier weiter durchgeführten Modellierungen gedämpft werden. Im Rahmen der zugrundeliegenden Projektkonzeption war eine überschlägige Abschätzung der Wirkung und keine detaillierte Modellierung vorgesehen, bei der z. B. Spitzenstunden, in denen durchaus deutlichere Auswirkungen auftreten können, gesondert betrachtet werden. Schließlich ist zu beachten, dass die Maßnahme auf den betrachteten Abschnitten zu keiner Reduktion der Verkehrsmenge führt.

Als Ergebnis für die Einarbeitung in die Emissions- und Immissionsberechnung wurden sogenannte Qualitätsstufen (QSV) bzw. Level of Service (LOS) für die untersuchten Bereiche über die in Abschnitt 5.2.1 entwickelte Netzverknüpfung an das lagegenaue Netz der Emissionsmodellierung übertragen.

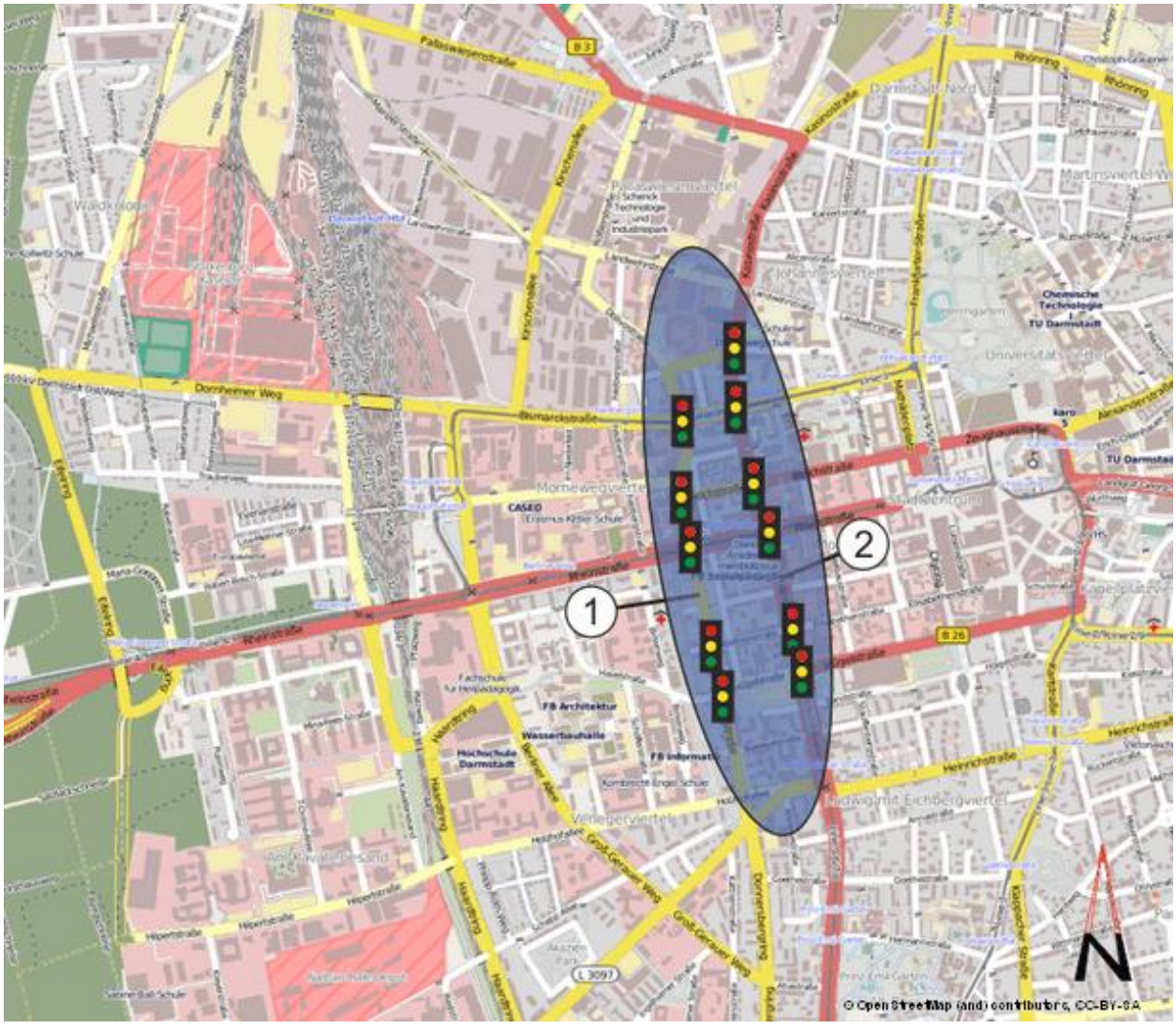


Abbildung 7-4: Übersicht der betrachteten LSA im Bereich Hindenburgstr. (1) und Kasinostr. (2). Kartographie Habermehl & Follmann.

7.5.2 Emissionsmodellierung

Analog zu Abschnitt 6.3 wurden die Berechnungen für diese Maßnahme auf Basis der gegenüber dem Prognosenullfall prognostizierten Änderungen der Verkehrsqualitäten in den betrachteten Abschnitten durchgeführt und ausgewertet.

In Tabelle 7-14 sind die Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet mit der Maßnahme „Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung an ca. 10 Lichtsignalanlagen im Bereich der Kasino- und Hindenburgstraße“ aufgeführt. Wie die Tabelle 7-14 zeigt, sind die Wirkungen dieser sehr lokalen Maßnahme auf die Gesamtemissionen im Untersuchungsgebiet und im Gebiet der geplanten Umweltzone vernachlässigbar.

Tabelle 7-14: Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet mit Maßnahme „Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung an ca. 10 Lichtsignalanlagen im Bereich der Kasino- und Hindenburgstraße“

Emissionen [t/a]	NO_X	NO_2	PM10	PM2.5	Partikel-Abgas		
					Gesamt	Diesel	Benzin
Maßnahme „Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung an ca. 10 Lichtsignalanlagen im Bereich der Kasino- und Hindenburgstraße“	664.0	153.3	69.4	33.0	13.2	11.9	1.28
Prognosenullfall 2015	664.3	153.4	69.5	33.0	13.2	11.9	1.28
Veränderung [%]	-0.04	-0.04	-0.07	-0.02	-0.02	-0.03	0.00
innerhalb der Umweltzone mit Maßnahme	122.8	28.3	13.1	6.36	2.43	2.29	0.14
Prognosenullfall 2015	123.1	28.3	13.1	6.37	2.43	2.29	0.14
Veränderung [%]	-0.20	-0.22	-0.34	-0.06	-0.12	-0.13	0.00

Aufgrund des sehr lokalen Charakters dieser Maßnahme hat sie nur Auswirkungen auf die zwei Belastungsschwerpunkte 5 (Bleichstraße) und 6 (Kasinostraße). Für alle anderen Belastungsschwerpunkt bleibt die Situation gegenüber dem Prognosenullfall unverändert und daher zeigt Tabelle 7-15 die Emissionen mit der Maßnahme „Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung an ca. 10 Lichtsignalanlagen im Bereich der Kasino- und Hindenburgstraße“ nur für die zwei Belastungsabschnitte 5 und 6. Die Emissionsabnahmen aufgrund der Änderungen der Verkehrsqualität betragen, je nach Substanz, für die Bleichstraße 0 - 4 % und für die Kasinostraße 2 - 7 %.

Tabelle 7-15: Emissionen der Belastungsabschnitte mit Maßnahme „Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung an ca. 10 Lichtsignalanlagen im Bereich der Kasino- und Hindenburgstraße“

Belastungsschwerpunkt		Verkehr		NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	Partikel-Abgas		
		DTV [Kfz/d]	Lkw >3.5 t [%]					Gesamt	Diesel	Benzin
				Spezifische Emissionen [g/(m*d)]						
Bleichstr.	5	7948	4.3	4.5	0.92	0.45	0.23	0.09	0.08	0.005
Kasinostr.	6	31332	1.8	13.5	3.13	1.43	0.81	0.31	0.29	0.019
				Absolute Emissionen [kg/a]						
Bleichstr.	5	7948	4.3	336	69	34	17.1	6.7	6.4	0.35
Kasinostr.	6	31332	1.8	679	158	72	40.8	15.6	14.6	0.97

7.5.3 Wirkung der Maßnahme auf die Immissionsbelastung

Aufgrund des großen, die Belastungsschwerpunkte 5 und 6 beinhaltenden MISKAM-Modellgebiets werden alle Emissionsänderungen der Maßnahme hinreichend in der MISKAM-Modellierung berücksichtigt, so dass für diese Maßnahme keine stadtweite Immissionsmodellierung mit LASAT durchgeführt und die Vorbelastung durch den Kfz-Verkehr im stadtweiten Untersuchungsgebiet ebenso wie die übrige Vorbelastung gegenüber dem Prognosenullfall unverändert gelassen wurde.

Die Detailmodellierungen für das Teilgebiet um die zwei Belastungsschwerpunkte 5 und 6 wurde entsprechend dem Vorgehen in Abschnitt 6.4 auf Basis der Emissionen für das Bezugsjahr 2015 durchgeführt und die Gesamtbelastung für die Belastungsschwerpunkte ermittelt.

Für die Referenzpunkte sind gemäß Abschnitt 5.4.3 in Tabelle 7-16 die Vorbelastung durch den Kfz-Verkehr im stadtweiten Untersuchungsgebiet, die Zusatzbelastung, die durch die Straßen in den jeweiligen MISKAM-Modellgebieten hervorgerufen wird, und die Gesamtbelastung aufgeführt.

Tabelle 7-16: Immissionen an den Referenzpunkten der Belastungsschwerpunkte mit Maßnahme „Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung an ca. 10 Lichtsignalanlagen im Bereich der Kasino- und Hindenburgstraße“

Belastungs-schwerpunkt		Vorbelastung Kfz in DA [µg/m³]			Zusatzbelastung [µg/m³] (MISKAM-Modellgebiet)				Gesamtbelastung [µg/m³]				
		NO_X	PM 10	PM 2.5	NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	PM10-ÜS*
Bleichstr.	5	9.0	0.95	0.46	63.9	13.6	6.6	3.4	96.9	45.0	24.1	15.8	17
Kasinostr.	6	9.0	0.95	0.46	76.9	17.6	8.2	4.5	109.9	50.1	25.7	16.9	21
Veränderung gegenüber Prognosenullfall [%]; PM10-Überschreitungstage absolut													
Bleichstr.	5	0	0	0	-2	-2	-4	0	-1	-1	-1	0	-1
Kasinostr.	6	0	0	0	-4	-4	-6	-1	-3	-2	-2	0	-1

* PM10-Überschreitungstage: Anzahl Tage mit einem Tagesmittelwert > 50 µg/m³

Die Maßnahme führt bei beiden Belastungsschwerpunkten gegenüber dem Prognosenullfall zu Abnahmen, deren Werte an den Referenzpunkten für NO_2 bei 0.4 - 1.1 µg/m³ bzw. 1 - 2 % liegen. Bei PM10 betragen die Abnahmen zwischen 0.3 - 0.5 µg/m³ bzw. 1 - 2 % und führen zu je 1 Überschreitungstag weniger. Für PM2.5 betragen die Abnahmen höchstens 0.1 µg/m³ bzw. 0 %. Mit diesen Abnahmen ändert sich die Situation an beiden Belastungsschwerpunkten nur unwesentlich.

7.6 Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung in der gesamten Innenstadt

7.6.1 Verkehrliche Wirkung

Nach Rücksprache mit der Stadt Darmstadt wurde der Bereich des Lkw-Durchfahrtsverbots als Untersuchungsraum für die Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung in der gesamten Innenstadt Darmstadts definiert.

Die Auswirkungen einer flächendeckenden regelbasierten Versatzzeitoptimierung im Bereich des Lkw-Durchfahrtsverbots auf die Stufen des Level of Service (LOS) wurden so weit möglich plausibel abgeschätzt.

Die Abschätzung der Wirkungen wurde wie folgt durchgeführt:

- Festlegung der Hauptrichtungen der Knotenpunkte anhand des Hauptstraßennetzes (stärkere LOS-Reduzierung gegenüber den Nebenrichtungen am Knotenpunkt),
- Reduzierung des LOS4-Wertes im relevanten Straßennetz,
- Beibehaltung der LOS3-Werte im relevanten Straßennetz und
- automatische Erhöhung der LOS2- und LOS1-Werte im relevanten Straßennetz.

Die Abschätzung der verkehrlichen Auswirkungen weist eine hohe Genauigkeitstoleranz auf. Bei einzelnen zu betrachtenden koordinierten Streckenzügen (s. Abschnitt 7.5) ist die Auswirkungsabschätzung genauer, da ein isolierter Streckenabschnitt betrachtet werden kann. Bei der Betrachtung eines größeren Gebiets tangieren sich solche einzelnen koordinierten Streckenzüge und beeinflussen sich dabei gegenseitig. Somit weisen die Auswirkungen eine größere Streuung auf. Weitere Punkte für eine hohe Genauigkeitstoleranz sind:

- Abhängigkeit benachbarter Knotenpunkte in den Haupt- und Nebenrichtungen (gegenseitige Beeinflussung),
- Abhängigkeiten von Knotenströmen (bedingt verträgliche/ feindliche Verkehrsströme). Direkte Beeinflussung der Leistungsfähigkeiten einzelner Ströme (Optimierung eines Stroms bewirkt eine Leistungsfähigkeitsreduzierung eines anderen) und
- zu große Anzahl von Knotenpunkten/ zu viele Abhängigkeiten bzw. Beeinflussungen untereinander, die nicht mehr bzw. sehr schwer plausibel überschlägig abschätzbar sind.

Als Ergebnis für die Einarbeitung in die Emissions- und Immissionsberechnung wurden die Qualitätsstufen bzw. Level of Service für die untersuchten Bereiche über die in Abschnitt 5.2.1 entwickelte Netzverknüpfung an das lagegenaue Netz der Emissionsmodellierung übertragen. Auch hier ist, wie in Abschnitt 7.5.1 ausgeführt, zu beachten, dass mögliche deutliche Verbesserungen der Verkehrsqualität in ihrer Umsetzung für die weiter durchgeführten Modellierungen gedämpft werden und die Maßnahme auf den betrachteten Abschnitten zu keiner Reduktion der Verkehrsmenge führt.

7.6.2 Emissionsmodellierung

Analog zu Abschnitt 6.3 wurden die Berechnungen für diese Maßnahme auf Basis der gegenüber dem Prognosenullfall prognostizierten Änderungen der Verkehrsqualitäten in den betrachteten Abschnitten durchgeführt und ausgewertet.

In Tabelle 7-17 sind die Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet mit der Maßnahme „Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung in der gesamten Innenstadt“ aufgeführt. Wie die Tabelle 7-17 zeigt, sind die Wirkungen dieser Maßnahme auf die Gesamtemissionen im Untersuchungsgebiet und im Gebiet der geplanten Umweltzone sehr gering.

Tabelle 7-17: Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet mit Maßnahme „Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung in der gesamten Innenstadt“

Emissionen [t/a]	NO_X	NO_2	PM10	PM2.5	Partikel-Abgas		
					Gesamt	Diesel	Benzin
Maßnahme „Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung in der gesamten Innenstadt“	662.7	152.8	69.0	33.0	13.2	11.9	1.27
Prognosenullfall 2015	664.3	153.4	69.5	33.0	13.2	11.9	1.28
Veränderung [%]	-0.23	-0.42	-0.70	0.01	-0.22	-0.16	-0.78
innerhalb der Umweltzone mit Maßnahme	119.8	27.5	12.7	6.31	2.39	2.25	0.14
Prognosenullfall 2015	123.1	28.3	13.1	6.37	2.43	2.29	0.14
Veränderung [%]	-2.63	-2.95	-3.14	-0.85	-1.93	-2.01	-0.71

Tabelle 7-18 zeigt die Emissionen der Belastungsabschnitte mit der Maßnahme „Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung in der gesamten Innenstadt“. Aufgrund des Charakters dieser Maßnahme hat sie nicht auf alle Belastungsschwerpunkte Auswirkungen. Für die Belastungsschwerpunkte 3 und 4 (Hügelstraße), 5 (Bleichstraße) sowie 9 (Kranichsteiner Straße) bleibt die Situation gegenüber dem Prognosenullfall unverändert und daher zeigt Tabelle 7-18 die Emissionen mit der Maßnahme für diese vier Belastungsschwerpunkte nicht. Die Emissionsabnahmen aufgrund der Änderungen der Verkehrsqualität sind betragen, je nach Substanz, 1 - 6 %.

Tabelle 7-18: Emissionen der Belastungsabschnitte mit Maßnahme „Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung in der gesamten Innenstadt“

Belastungsschwerpunkt		Verkehr DTV [Kfz/d]	Verkehr Lkw >3.5 t [%]	NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	Partikel-Abgas Gesamt	Partikel-Abgas Diesel	Partikel-Abgas Benzin
				Spezifische Emissionen [g/(m*d)]						
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	24391	1.0	11.1	2.68	1.22	0.63	0.25	0.23	0.014
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	24391	1.1	11.4	2.82	1.18	0.64	0.26	0.24	0.017
Kasinostr.	6	31332	1.8	13.5	3.11	1.46	0.81	0.31	0.29	0.019
Spessartring	7	18800	2.6	9.5	2.19	1.06	0.52	0.21	0.20	0.012
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	20000	2.1	11.4	2.64	1.28	0.57	0.25	0.24	0.012
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	23493	2.1	13.5	3.10	1.50	0.67	0.29	0.28	0.013
Nieder-Ramstädter-Str.	10	22004	1.6	10.7	2.56	1.12	0.58	0.22	0.21	0.014
Heidelberger Str.	11	17543	1.8	7.9	1.81	0.85	0.45	0.17	0.16	0.010
				Absolute Emissionen [kg/a]						
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	24391	1.0	922	222	101	52.1	20.5	19.3	1.14
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	24391	1.1	627	155	65	35.1	14.0	13.1	0.93
Kasinostr.	6	31332	1.8	678	157	73	40.8	15.5	14.5	0.95
Spessartring	7	18800	2.6	508	117	57	27.9	11.4	10.7	0.65
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	20000	2.1	829	192	93	41.6	17.9	17.1	0.84
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	23493	2.1	1374	317	153	68.5	29.5	28.1	1.37
Nieder-Ramstädter-Str.	10	22004	1.6	584	140	61	31.4	12.2	11.5	0.75
Heidelberger Str.	11	17543	1.8	402	92	43	23.2	8.9	8.3	0.53

7.6.3 Wirkung der Maßnahme auf die Immissionsbelastung

Aufgrund der einerseits geringen Änderungen in den Emissionsbilanzen durch diese Maßnahme und der andererseits großen, die Belastungsschwerpunkte beinhaltenden jeweiligen MISKAM-Modellgebiete werden alle Emissionsänderungen der Maßnahme hinreichend in der MISKAM-Modellierung berücksichtigt, so dass für diese Maßnahme keine stadtweite Immissionsmodellierung mit LASAT durchgeführt und die Vorbelastung durch den Kfz-Verkehr im stadtweiten Untersuchungsgebiet ebenso wie die übrige Vorbelastung gegenüber dem Prognosenullfall unverändert gelassen wurde.

Die Detailmodellierungen für die Teilgebiete um die 11 Belastungsschwerpunkte wurden entsprechend dem Vorgehen in Abschnitt 6.4 auf Basis der Emissionen für das Bezugsjahr 2015 durchgeführt und die Gesamtbelastung für die Belastungsschwerpunkte ermittelt.

Für die Referenzpunkte sind gemäß Abschnitt 5.4.3 in Tabelle 7-19 die Vorbelastung durch den Kfz-Verkehr im stadtweiten Untersuchungsgebiet, die Zusatzbelastung, die durch die Straßen in den jeweiligen MISKAM-Modellgebieten hervorgerufen wird, und die Gesamtbelastung aufgeführt. Obschon sich für den Belastungsschwerpunkt 5 (Bleichstraße) bei dieser Maßnahme keine direkten Emissionsänderungen ergeben, wird er doch durch die Emissionsänderungen im Belastungsschwerpunkt 6 (Kasinostraße) beeinflusst und ist daher in Tabelle 7-19 aufgeführt. Für die drei Belastungsschwerpunkte 3 und 4 (Hügelstraße) sowie 9 (Kranichsteiner Straße) betragen die Änderungen der Zusatzbelastungen (und damit auch Gesamtbelastungen) in den jeweiligen MISKAM-Modellgebieten gerundet 0 % und sind daher in Tabelle 7-19 nicht aufgeführt.

Tabelle 7-19: Immissionen an den Referenzpunkten der Belastungsschwerpunkte mit Maßnahme „Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung in der gesamten Innenstadt“

Belastungsschwerpunkt		Vorbelastung Kfz in DA [µg/m³]			Zusatzbelastung [µg/m³] (MISKAM-Modellgebiet)				Gesamtbelastung [µg/m³]				
		NO_X	PM 10	PM 2.5	NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	PM10-ÜS*
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	5.8	0.61	0.29	79.1	19.0	8.6	4.5	108.9	49.8	25.7	16.7	22
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	9.0	0.93	0.46	73.2	18.1	7.6	4.1	106.2	49.7	25.1	16.5	20
Bleichstr.	5	9.0	0.95	0.46	64.8	13.8	6.8	3.4	97.8	45.3	24.3	15.8	18
Kasinostr.	6	9.0	0.95	0.46	77.1	17.6	8.4	4.5	110.1	50.1	25.9	16.9	22
Spessartring	7	6.5	0.68	0.31	48.3	11.1	5.3	2.6	78.7	38.9	22.5	14.8	13
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	7.0	0.73	0.35	52.9	12.2	5.9	2.7	83.9	40.9	23.1	15.0	15
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	7.0	0.73	0.35	62.5	14.4	6.9	3.1	93.5	44.2	24.1	15.4	17
Nieder-Ramstädter-Str.	10	5.8	0.61	0.30	78.4	18.7	8.2	4.2	108.2	49.5	25.3	16.4	20
Heidelberger Str.	11	7.2	0.76	0.38	58.6	13.5	6.3	3.4	89.8	42.9	23.6	15.7	16
Veränderung gegenüber Prognosenullfall [%]; PM10-Überschreitungstage absolut													
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	0	0	0	-4	-4	-4	-1	-3	-2	-2	0	-1
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	0	0	0	-3	-4	-3	-1	-2	-2	-1	0	-1
Bleichstr.	5	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0
Kasinostr.	6	0	0	0	-4	-4	-4	-1	-3	-2	-1	0	-1
Spessartring	7	0	0	0	-4	-4	-5	-1	-3	-2	-1	0	-1
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	0	0	0	-5	-6	-6	-2	-4	-3	-2	0	-1
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	0	0	0	-6	-6	-6	-2	-4	-3	-2	0	-1
Nieder-Ramstädter-Str.	10	0	0	0	-3	-3	-3	-1	-2	-2	-1	0	-1
Heidelberger Str.	11	0	0	0	-3	-4	-3	-1	-2	-2	-1	0	-1

*: PM10-Überschreitungstage

Die Maßnahme führt, mit Ausnahme des Belastungsschwerpunkts 5 (Bleichstraße), bei dem die Gesamtbelastung unverändert bleibt, bei allen betrachteten Belastungsschwerpunkten gegenüber dem Prognosenullfall zu Abnahmen, deren Werte an den Referenzpunkten für NO_2 bei 0.8 - 1.3 µg/m³ bzw. 2 - 3 % liegen. Bei PM10 betragen die Abnahmen zwischen 0.2 - 0.4 µg/m³ bzw. 1 - 2 % und führen zu bis zu 1 Überschreitungstag weniger. Für PM2.5 betragen die Abnahmen höchstens 0.1 µg/m³ bzw. 0 %. Mit diesen Abnahmen wird für den Referenzpunkt des Belastungsschwerpunkts 8 (Rhönring) nur noch eine sehr knappe Überschreitung des NO_2-Grenzwertes in Höhe von 40 µg/m³ berechnet.

7.7 Einführung einer City-Maut im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone

7.7.1 Verkehrliche Wirkung

Die Abschätzung der verkehrlichen Wirkung der Maßnahme „Einführung einer City-Maut im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone“ wurde nach Vorgabe des Auftraggebers durch die pauschale Reduktion der Verkehrsbelastung im fraglichen Gebiet, unter Einbeziehung der Bundesstraßen, um 15 % abgebildet und diese Reduktion auf den gesamten Kfz-Verkehr angesetzt.

Auf Basis der sich gegenüber dem Prognosenullfall ergebenden Veränderungen der Kfz-Belastungen wurde mit dem Modellinstrumentarium entsprechend Abschnitt 4.2 die Verkehrsqualität neu bestimmt.

7.7.2 Emissionsmodellierung

Analog zu Abschnitt 6.3 wurden die Berechnungen für diese Maßnahme auf Basis der gegenüber dem Prognosenullfall prognostizierten Änderungen der Kfz-Belastungen und Verkehrsqualitäten durchgeführt und ausgewertet.

In Tabelle 7-20 sind die Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet mit der Maßnahme „Einführung einer City-Maut im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone“ aufgeführt.

Tabelle 7-20: Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet mit Maßnahme „Einführung einer City-Maut im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone“

Emissionen [t/a]	NO_X	NO_2	PM10	PM2.5	Partikel-Abgas		
					Gesamt	Diesel	Benzin
Maßnahme „Einführung einer City-Maut im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone“	640.9	148.0	66.8	32.0	12.8	11.5	1.27
Prognosenullfall 2015	664.3	153.4	69.5	33.0	13.2	11.9	1.28
Veränderung [%]	-3.5	-3.6	-3.8	-3.1	-3.3	-3.5	-1.5
innerhalb der Umweltzone mit Maßnahme	99.7	22.9	10.4	5.34	2.00	1.88	0.12
Prognosenullfall 2015	123.1	28.3	13.1	6.37	2.43	2.29	0.14
Veränderung [%]	-19.0	-19.2	-20.3	-16.1	-17.8	-18.1	-13.6

Die pauschale Reduktion der Kfz-Belastung in Höhe von 15 % im Gebiet der Lkw-Durchfahrtsverbotszone bzw. der geplanten Umweltzone führt aufgrund der damit einhergehenden Verbesserungen in der Verkehrsqualität zu überproportionalen Abnahmen der Gesamtemissionen von, je nach Substanz, 16 - 20 %[1].

[1] Zu erwarten wäre, dass sich auch die Abgas-Partikel-Emissionen von Benzin-Pkw um mindestens 15 % vermindern, was, wie Tabelle 7-20 zeigt, nicht der Fall ist. Hier kommt ein Artefakt des HBEFA 3.1 zu tragen, bei dem bei der innerstädtisch relevanten Verkehrssituation HVS50 das Level of Service (LOS) der Stufe 3 (gesättigt) deutlich geringere Abgaspartikel-Emissionen aufweist, als LOS2 (dicht). Eine Verbesserung der Verkehrsqualität von LOS3 auf LOS2 führt damit bei den Benzin-Pkw zu höheren Abgas-Partikel-Emissionen, die hier insgesamt eine unterproportionale Emissionsminderung ergeben. Wie Tabelle 7-20 zeigt, sind die absoluten Beiträge der Benzin-Pkw zu den Partikel-Abgas-Emissionen aber sehr gering.

Tabelle 7-21 zeigt die Emissionen der Belastungsabschnitte mit der Maßnahme „Einführung einer City-Maut im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone“.

Tabelle 7-21: Emissionen der Belastungsabschnitte mit Maßnahme „Einführung einer City-Maut im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone“

Belastungsschwerpunkt		Verkehr DTV [Kfz/d]	Verkehr Lkw >3.5 t [%]	NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	Partikel-Abgas Gesamt	Partikel-Abgas Diesel	Partikel-Abgas Benzin
				Spezifische Emissionen [g/(m*d)]						
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	20732	1.0	8.8	2.11	0.96	0.53	0.20	0.19	0.013
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	20732	1.1	8.9	2.19	0.93	0.53	0.20	0.19	0.015
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	21167	2.4	10.6	2.45	1.06	0.57	0.23	0.21	0.015
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	13854	2.8	6.7	1.59	0.66	0.37	0.14	0.13	0.014
Bleichstr.	5	6756	4.3	3.8	0.79	0.38	0.19	0.08	0.07	0.004
Kasinostr.	6	26632	1.8	11.9	2.78	1.27	0.70	0.27	0.25	0.017
Spessartring	7	15980	2.6	7.6	1.75	0.83	0.44	0.17	0.16	0.011
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	17000	2.1	8.9	2.06	1.00	0.47	0.20	0.19	0.010
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	19969	2.1	10.5	2.41	1.18	0.56	0.23	0.22	0.011
Kranichsteiner Str.	9	5748	1.5	3.2	0.77	0.30	0.15	0.05	0.05	0.004
Nieder-Ramstädter-Str.	10	18703	1.6	8.5	2.01	0.88	0.48	0.18	0.17	0.012
Heidelberger Str.	11	14912	1.8	6.6	1.50	0.70	0.38	0.15	0.14	0.009
				Absolute Emissionen [kg/a]						
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	20732	1.0	730	174	79	43.5	16.6	15.5	1.04
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	20732	1.1	491	120	51	29.0	11.1	10.3	0.81
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	21167	2.4	336	77	33	18.1	7.2	6.7	0.48
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	13854	2.8	222	52	22	12.1	4.6	4.2	0.46
Bleichstr.	5	6756	4.3	285	59	28	14.6	5.7	5.4	0.30
Kasinostr.	6	26632	1.8	598	140	64	35.1	13.5	12.7	0.86
Spessartring	7	15980	2.6	405	93	44	23.2	9.2	8.6	0.57
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	17000	2.1	650	150	73	34.4	14.3	13.6	0.72
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	19969	2.1	1076	246	120	56.7	23.5	22.3	1.17
Kranichsteiner Str.	9	5748	1.5	173	41	16	8.0	2.8	2.6	0.19
Nieder-Ramstädter-Str.	10	18703	1.6	462	110	48	26.2	9.8	9.2	0.65
Heidelberger Str.	11	14912	1.8	334	77	36	19.6	7.4	7.0	0.46

7.7.3 Wirkung der Maßnahme auf die Immissionsbelastung

Entsprechend dem Vorgehen in Abschnitt 6.4 wurden auf Basis der Emissionen für das Bezugsjahr 2015 die stadtweiten Immissionsmodellierung und die Detailmodellierungen für die Teilgebiete um die 11 Belastungsschwerpunkte durchgeführt und die Gesamtbelastung für die Belastungsschwerpunkte ermittelt.

Für die Referenzpunkte sind gemäß Abschnitt 5.4.3 in Tabelle 7-22 die Vorbelastung durch den Kfz-Verkehr im stadtweiten Untersuchungsgebiet, die Zusatzbelastung, die durch die Straßen in den jeweiligen MISKAM-Modellgebieten hervorgerufen wird, und die Gesamtbelastung aufgeführt.

Tabelle 7-22: Immissionen an den Referenzpunkten der Belastungsschwerpunkte mit Maßnahme „Einführung einer City-Maut im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone“

Belastungs-schwerpunkt		Vorbelastung Kfz in DA [µg/m³]			Zusatzbelastung [µg/m³] (MISKAM-Modellgebiet)				Gesamtbelastung [µg/m³]				
		NO_X	PM 10	PM 2.5	NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	PM10-ÜS*
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	5.1	0.53	0.27	62.7	15.0	6.8	3.7	91.8	43.6	23.8	15.9	16
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	8.3	0.85	0.43	57.5	14.1	6.0	3.4	89.7	43.6	23.4	15.8	15
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	6.7	0.68	0.33	99.0	25.4	9.8	5.4	129.7	57.9	27.0	17.7	25
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	6.7	0.68	0.37	66.0	18.1	6.7	3.7	96.7	47.1	23.9	16.0	17
Bleichstr.	5	8.1	0.84	0.42	54.7	11.7	5.6	2.9	86.7	41.4	23.0	15.2	15
Kasinostr.	6	8.1	0.84	0.42	67.1	15.5	7.2	3.9	99.1	46.3	24.6	16.2	18
Spessartring	7	5.6	0.57	0.28	38.8	9.0	4.2	2.2	68.3	34.9	21.3	14.4	11
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	5.9	0.61	0.31	41.6	9.6	4.6	2.2	71.5	36.1	21.7	14.4	12
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	5.9	0.61	0.31	49.0	11.2	5.5	2.6	78.9	38.8	22.6	14.8	13
Kranichsteiner Str.	9	5.6	0.57	0.30	30.1	7.2	2.8	1.4	59.6	31.7	19.9	13.6	8
Nieder-Ramstädter-Str.	10	5.1	0.53	0.26	62.3	14.8	6.5	3.5	91.4	43.4	23.5	15.7	16
Heidelberger Str.	11	6.8	0.70	0.36	48.9	11.2	5.2	2.9	79.6	39.2	22.4	15.2	13
Veränderung gegenüber Prognosenullfall [%]; PM10-Überschreitungstage absolut													
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	-13	-14	-9	-24	-25	-25	-17	-18	-14	-9	-5	-6
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	-9	-9	-7	-24	-25	-24	-18	-17	-14	-8	-5	-5
Hügelstr. (Tunnel bis Schützenstr.)	3	-13	-13	-10	-16	-16	-17	-15	-13	-10	-7	-5	-7
Hügelstr. (Tunnel bis Zimmerstr.)	4	-13	-13	-8	-16	-16	-16	-15	-12	-10	-6	-4	-4
Bleichstr.	5	-11	-11	-9	-16	-16	-18	-15	-12	-9	-5	-4	-3
Kasinostr.	6	-11	-11	-9	-16	-16	-17	-15	-12	-9	-6	-5	-5
Spessartring	7	-14	-15	-12	-23	-23	-25	-18	-16	-12	-7	-3	-3
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	-15	-16	-13	-26	-26	-26	-19	-18	-14	-7	-4	-4
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	-15	-16	-13	-26	-27	-26	-19	-19	-15	-8	-5	-5
Kranichsteiner Str.	9	-14	-15	-10	-16	-16	-16	-15	-10	-8	-3	-3	-1
Nieder-Ramstädter-Str.	10	-13	-14	-13	-23	-23	-23	-17	-17	-14	-8	-5	-5
Heidelberger Str.	11	-6	-7	-5	-19	-20	-20	-16	-13	-10	-6	-3	-3

* PM10-Überschreitungstage: Anzahl Tage mit einem Tagesmittelwert > 50 µg/m³

Die Maßnahme führt bei allen Belastungsschwerpunkten gegenüber dem Prognosenullfall zu deutlichen Abnahmen, deren Werte an den Referenzpunkten für NO_2 bei 2.6 - 7.3 µg/m³ bzw. 8 - 15 % liegen. Bei PM10 betragen die Abnahmen zwischen 0.6 - 2.3 µg/m³ bzw. 3 - 9 % und führen zu 1 - 7 Überschreitungstagen weniger. Für PM2.5 betragen die Abnahmen 0.4 - 1.0 µg/m³ bzw. 3 - 5 %. Mit diesen Abnahmen wird im Vergleich zum Prognosenullfall zusätzlich für die Referenzpunkte der Belastungs-

schwerpunkte 7 (Spessartring), 8 und 8b (Rhönring) sowie 11 (Heidelberger Straße) eine Einhaltung des NO_2-Grenzwertes in Höhe von 40 µg/m³ berechnet. Zusätzlich sinken für die Referenzpunkte der Belastungsschwerpunkte 1 und 2 (Heinrichstraße), 5 (Bleichstraße) sowie 10 (Nieder-Ramstädter-Straße) die modellierten Werte so weit ab, dass der Grenzwert nur noch um bis zu 10 % überschritten wird.

7.8 Aufstellung bzw. Schaltung von Pförtnerampeln

7.8.1 Verkehrliche Wirkung

Bei der Bearbeitung dieser Maßnahme wurde davon ausgegangen, dass alle in der Leistungsbeschreibung genannten sechs Pförtnerampeln, die in Abbildung 7-5 dargestellt sind, parallel untersucht werden und des Weiteren wurde angenommen, dass sie alle umgesetzt werden. In diesem Sinne wurde eine maximal zu erwartende Wirkung modelliert.

Folgende Lichtsignalanlagen wurden als Pförtnerampeln parallel untersucht:

- B26, Richtung Innenstadt vor Abzweig Aschaffenburger Str.,
- Kranichsteiner Str., stadteinwärts vor Abzweig Parkstr.,
- Nieder-Ramstädter-Str., stadteinwärts Knotenpunkt Klappacher Str.,
- B42 (Gräfenhäuser Str.), stadteinwärts an Ampelkreuzung B3,
- B3, stadteinwärts vor Abzweig Arheilgen in Höhe Rückhaltebecken Aumühle und
- Karlsruher Str., stadteinwärts vor Lincoln Siedlung.

Eine Pförtnerampel, auch Zuflusssteuerung genannt, hat gemäß FGSV (2010) den Zweck, nachfolgende Streckenabschnitte bzw. Netzbereiche vor Überlastung zu schützen. Dies bedeutet, dass sich in den definierten Einflussbereichen der einzelnen Pförtnerampeln die Verkehrssituation dermaßen verbessert, dass kein LOS4-Wert (Stop&Go) mehr vorhanden ist.

In einem ersten Schritt wurde für jede Pförtnerampel deren Einflussbereich (Knotenpunkte, Streckenabschnitte) festgelegt. In Schritt 2 wurden die LOS-Änderungen für diese Einflussbereiche plausibel abgeschätzt (siehe oben) und über die in Abschnitt 5.2.1 entwickelte Netzverknüpfung an das lagegenaue Netz der Emissionsmodellierung übertragen.

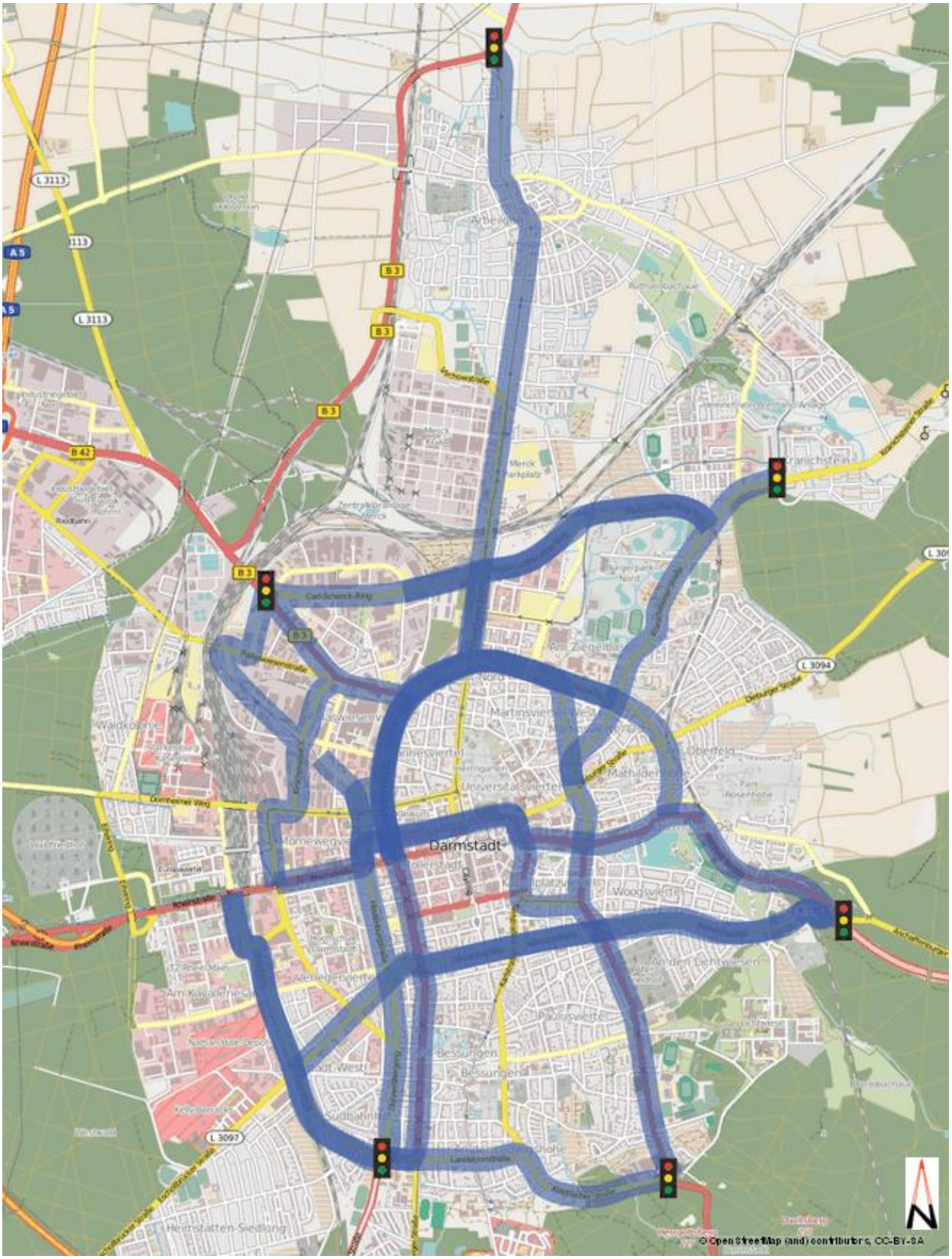


Abbildung 7-5: Übersichtsplan der Pförtnerampeln mit zugehörigem Einflussbereich. Kartographie Habermehl & Follman.

7.8.2 Emissionsmodellierung

Analog zu Abschnitt 6.3 wurden die Berechnungen für diese Maßnahme auf Basis der gegenüber dem Prognosenullfall prognostizierten Änderungen der Verkehrsqualitäten in den betrachteten Abschnitten durchgeführt und ausgewertet.

In Tabelle 7-23 sind die Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet mit der Maßnahme „Aufstellung bzw. Schaltung von Pförtnerampeln“ aufgeführt. Wie die Tabelle 7-23 zeigt, sind die Wirkungen dieser Maßnahme auf die Gesamtemissionen im Untersuchungsgebiet und im Gebiet der geplanten Umweltzone gering.

Tabelle 7-23: Emissionen im stadtweiten Untersuchungsgebiet mit Maßnahme „Aufstellung bzw. Schaltung von Pförtnerampeln“

Emissionen [t/a]	NO_X	NO_2	PM10	PM2.5	Partikel-Abgas		
					Gesamt	Diesel	Benzin
Maßnahme „Aufstellung bzw. Schaltung von Pförtnerampeln“	664.2	152.9	68.8	33.1	13.2	11.9	1.27
Prognosenullfall 2015	664.3	153.4	69.5	33.0	13.2	11.9	1.28
Veränderung [%]	-0.01	-0.33	-0.98	0.20	-0.09	0.03	-1.17
innerhalb der Umweltzone mit Maßnahme	117.8	27.0	12.4	6.28	2.35	2.21	0.14
Prognosenullfall 2015	123.1	28.3	13.1	6.37	2.43	2.29	0.14
Veränderung [%]	-4.32	-4.70	-5.54	-1.40	-3.21	-3.40	0.00

Tabelle 7-24 zeigt die Emissionen der Belastungsabschnitte mit der Maßnahme „Aufstellung bzw. Schaltung von Pförtnerampeln“. Aufgrund des Charakters dieser Maßnahme hat sie nicht auf alle Belastungsschwerpunkte Auswirkungen. Für die Belastungsschwerpunkte 3 und 4 (Hügelstraße) sowie 9 (Kranichsteiner Straße) bleibt die Situation gegenüber dem Prognosenullfall unverändert und daher zeigt Tabelle 7-24 die Emissionen mit der Maßnahme für diese drei Belastungsschwerpunkte nicht. Die Emissionsabnahmen aufgrund der Änderungen der Verkehrsqualität betragen in den Belastungsschwerpunkten 5 (Bleichstraße) und 6 (Kasinostraße), je nach Substanz, 0 - 6 %. In den anderen Belastungsschwerpunkten können mit der Maßnahme deutlichere lokale Emissionsminderungen erreicht werden, die, je nach Substanz, 2 - 18 % betragen.

Tabelle 7-24: Emissionen der Belastungsabschnitte mit Maßnahme „Aufstellung bzw. Schaltung von Pförtnerampeln“

Belastungsschwerpunkt		Verkehr DTV [Kfz/d]	Verkehr Lkw >3.5 t [%]	NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	Partikel-Abgas Gesamt	Partikel-Abgas Diesel	Partikel-Abgas Benzin
				Spezifische Emissionen [g/(m*d)]						
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	24391	1.0	10.5	2.50	1.14	0.62	0.24	0.22	0.014
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	24391	1.1	10.9	2.67	1.13	0.63	0.25	0.23	0.017
Bleichstr.	5	7948	4.3	4.5	0.93	0.46	0.23	0.09	0.09	0.005
Kasinostr.	6	31332	1.8	13.5	3.12	1.45	0.81	0.31	0.29	0.019
Spessartring	7	18800	2.6	9.2	2.12	1.02	0.52	0.21	0.20	0.012
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	20000	2.1	10.1	2.32	1.11	0.55	0.23	0.21	0.012
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	23493	2.1	11.9	2.71	1.31	0.65	0.26	0.25	0.014
Nieder-Ramstädter-Str.	10	22004	1.6	10.2	2.44	1.06	0.57	0.22	0.20	0.014
Heidelberger Str.	11	17543	1.8	7.6	1.73	0.81	0.45	0.17	0.16	0.011
				Absolute Emissionen [kg/a]						
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	24391	1.0	866	207	94	51.2	19.7	18.5	1.17
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	24391	1.1	598	147	62	34.5	13.5	12.6	0.94
Bleichstr.	5	7948	4.3	339	70	34	17.2	6.7	6.4	0.34
Kasinostr.	6	31332	1.8	678	157	73	40.8	15.5	14.5	0.95
Spessartring	7	18800	2.6	493	113	54	27.6	11.1	10.5	0.66
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	20000	2.1	735	169	81	40.0	16.4	15.6	0.85
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	23493	2.1	1215	277	134	65.9	27.0	25.6	1.39
Nieder-Ramstädter-Str.	10	22004	1.6	558	133	58	31.0	11.8	11.0	0.75
Heidelberger Str.	11	17543	1.8	385	88	41	22.9	8.6	8.1	0.54

7.8.3 Wirkung der Maßnahme auf die Immissionsbelastung

Aufgrund der einerseits geringen Änderungen in den Emissionsbilanzen durch diese Maßnahme und der andererseits großen, die Belastungsschwerpunkte beinhaltenden jeweiligen MISKAM-Modellgebiete werden alle Emissionsänderungen der Maßnahme hinreichend in der MISKAM-Modellierung berücksichtigt, so dass für diese Maßnahme keine stadtweite Immissionsmodellierung mit LASAT durchgeführt und die Vorbelastung durch den Kfz-Verkehr im stadtweiten Untersuchungsgebiet ebenso wie die übrige Vorbelastung gegenüber dem Prognosenullfall unverändert gelassen wurde.[2]

Die Detailmodellierungen für die Teilgebiete um die 11 Belastungsschwerpunkte wurden entsprechend dem Vorgehen in Abschnitt 6.4 auf Basis der Emissionen für das Bezugsjahr 2015 durchgeführt und die Gesamtbelastung für die Belastungsschwerpunkte ermittelt.

[2] Die Emissionsbilanzen in Tabelle 7-23 zeigen für die Maßnahme für das stadtweite Untersuchungsgebiet gegenüber dem Prognosenullfall praktisch unveränderte Emissionssummen. Für den Bereich der Umweltzone liegen die Emissionsänderungen dieser Maßnahme, in Abhängigkeit von der Substanz, im Bereich der untersuchten Maßnahmen zur Umweltzone und dem Lkw-Durchfahrtsverbot, für die jeweils stadtweite Berechnungen durchgeführt und der jeweiligen Emissionsminderung entsprechende Änderungen der mit LASAT modellierten Beiträge der Kfz-Vorbelastung im einstelligen Prozentbereich ermittelt wurden. Betrachtet man die zugehörigen absoluten Änderungen, so zeigt sich, dass diese bei NO_X deutlich unter 1 µg/m³ und bei PM10 sowie PM2.5 deutlich unter 0.1 µg/m³ liegen und hier keine Ergebnisrelevanz haben.

Für die Referenzpunkte sind gemäß Abschnitt 5.4.3 in Tabelle 7-25 die Vorbelastung durch den Kfz-Verkehr im stadtweiten Untersuchungsgebiet, die Zusatzbelastung, die durch die Straßen in den jeweiligen MISKAM-Modellgebieten hervorgerufen wird, und die Gesamtbelastung aufgeführt. Für die drei Belastungsschwerpunkte 3 und 4 (Hügelstraße) sowie 9 (Kranichsteiner Straße) betragen die Änderungen der Zusatzbelastungen (und damit auch Gesamtbelastungen) in den jeweiligen MISKAM-Modellgebieten gerundet 0 % und sind daher in Tabelle 7-25 nicht aufgeführt.

Tabelle 7-25: Immissionen an den Referenzpunkten der Belastungsschwerpunkte mit Maßnahme „Aufstellung bzw. Schaltung von Pförtnerampeln“

Belastungsschwerpunkt		Vorbelastung Kfz in DA [µg/m³]			Zusatzbelastung [µg/m³] (MISKAM-Modellgebiet)				Gesamtbelastung [µg/m³]				
		NO_X	PM 10	PM 2.5	NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	NO_X	NO_2	PM 10	PM 2.5	PM10-ÜS*
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	5.8	0.61	0.29	74.4	17.8	8.1	4.4	104.2	48.1	25.2	16.6	20
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	9.0	0.93	0.46	69.9	17.2	7.3	4.0	102.9	48.5	24.8	16.4	19
Bleichstr.	5	9.0	0.95	0.46	64.6	13.7	6.7	3.4	97.6	45.2	24.2	15.8	17
Kasinostr.	6	9.0	0.95	0.46	77.2	17.6	8.3	4.5	110.2	50.2	25.8	16.9	22
Spessartring	7	6.5	0.68	0.31	47.0	10.8	5.1	2.6	77.4	38.4	22.3	14.8	13
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	7.0	0.73	0.35	47.1	10.8	5.2	2.6	78.1	38.7	22.4	14.9	13
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	7.0	0.73	0.35	55.4	12.7	6.1	3.0	86.4	41.7	23.3	15.3	15
Nieder-Ramstädter-Str.	10	5.8	0.61	0.30	75.1	17.9	7.8	4.2	104.9	48.3	24.9	16.4	19
Heidelberger Str.	11	7.2	0.76	0.38	56.2	12.8	6.0	3.3	87.4	42.1	23.3	15.6	15
Veränderung gegenüber Prognosenullfall [%]; PM10-Überschreitungstage absolut													
Heinrichstr. (ab Nieder-Ramst.-Str.)	1	0	0	0	-10	-11	-11	-3	-7	-6	-4	-1	-3
Heinrichstr. (ab Heidelberger Str.)	2	0	0	0	-8	-9	-8	-3	-5	-4	-2	-1	-2
Bleichstr.	5	0	0	0	-1	-1	-2	0	-1	-1	-1	0	0
Kasinostr.	6	0	0	0	-4	-4	-4	-1	-2	-2	-1	0	-1
Spessartring	7	0	0	0	-7	-7	-9	-2	-4	-3	-2	0	-1
Rhönring (ab Arheilger Str.)	8	0	0	0	-16	-17	-17	-6	-10	-8	-5	-1	-3
Rhönring (ab Eckhardtstr.)	8b	0	0	0	-16	-17	-17	-6	-11	-9	-5	-1	-3
Nieder-Ramstädter-Str.	10	0	0	0	-7	-8	-8	-2	-5	-4	-3	-1	-2
Heidelberger Str.	11	0	0	0	-7	-8	-8	-2	-5	-4	-2	0	-1

* PM10-Überschreitungstage: Anzahl Tage mit einem Tagesmittelwert > 50 µg/m³

Die Maßnahme führt bei allen betrachteten Belastungsschwerpunkten gegenüber dem Prognosenullfall zu Abnahmen, deren Werte an den Referenzpunkten für NO_2 bei 0.3 - 3.8 µg/m³ bzw. 1 - 9 % liegen. Bei PM10 betragen die Abnahmen zwischen 0.1 - 1.3 µg/m³ bzw. 1 - 5 % und führen zu bis zu 3 Überschreitungstagen weniger. Für PM2.5 betragen die Abnahmen höchstens 0.2 µg/m³ bzw. 1 %. Mit diesen Abnahmen wird im Vergleich zum Prognosenullfall zusätzlich für den Referenzpunkt des Belastungsschwerpunkts 8 (Rhönring) eine Einhaltung des NO_2-Grenzwertes in Höhe von

40 µg/m³ berechnet. Zusätzlich sinkt für den Referenzpunkt des Belastungsschwerpunkts 8b (Rhönring) der modellierte Wert so weit ab, dass der Grenzwert nur noch um bis zu 10 % überschritten wird.

7.9 Einhaltung des Stickstoffdioxidgrenzwerts an der Messstation Darmstadt-Hügelstraße

In diesem Abschnitt werden die Fragen untersucht, um wie viel die Zusatzbelastung reduziert werden müsste, um den NO_2-Grenzwert in Höhe von 40 µg/m³ an der Messstation Darmstadt-Hügelstraße im Prognosenullfall 2015 einzuhalten, wie dies theoretisch erreicht werden könnte und ob sich dies praktisch umsetzen ließe. Dazu wurde nach der Festlegung des erforderlichen Reduktionsbetrags über die durch die Ausbreitungsmodellierung vorhandene Kopplung zwischen der Zusatzbelastung und den Emissionen auf dem entsprechenden Straßenabschnitt die erforderliche Emissionsreduktion ermittelt. In einem dritten Schritt wurde über Szenarienrechnungen die Verkehrsreduktion ermittelt, die erforderlich ist, um die nötige Emissionsreduktion zu erreichen. Die untersuchten Szenarien zielen dabei zum einen auf eine gleichmäßige prozentuale Reduktion des Verkehrs aller Kfz-Arten und zum anderen auf eine getrennte Betrachtung des Pkw- und Lkw-Verkehrs ab.

In der Ausgangssituation des Prognosenullfalls werden für den Referenzabschnitt (s. Abschnitt 5.4.4) in der Hügelstraße 61 µg/m³ berechnet, mithin also 21 µg/m³ über dem NO_2-Grenzwert in Höhe von 40 µg/m³. Die Vorbelastung beträgt etwa 22 µg/m³ und die Zusatzbelastung aus dem Tunnel und in der Hügelstraße etwa 39 µg/m³. Diese muss also auf etwa 18 µg/m³ gesenkt werden, was einer drastischen Reduktion um 54 % entspricht. Es ist offensichtlich, dass sich solche drastischen Reduktionen der durch den Kfz-Verkehr hervorgerufenen Zusatzbelastung nur mit signifikanten Minderungen des Kfz-Verkehrs erreichen lassen. Da sich die erforderlichen Kfz-Reduktionen, wenn überhaupt, nur durch Verkehrsverlagerungen erreichen ließen und die zugrunde liegenden Fahrten nicht vollständig entfallen oder auf andere Verkehrsträger verlagert würden, führen alle diese Szenarien an anderen Orten potentiell zu Mehrbelastungen. Diese zu untersuchen war nicht Gegenstand der hier vorliegenden Aufgabenstellung. Im Falle einer konkreten Maßnahmenplanung müssten die emissions- und immissionsseitigen Auswirkungen der Verlagerungen aber betrachtet werden.

Folgende hypothetische Szenarien liefern in etwa die zur Grenzwerteinhaltung an der Messstation Darmstadt-Hügelstraße erforderliche Emissionsreduktion und führen bei Anwendung der Modellkette für den Referenzabschnitt (s. Abschnitt 5.4.4) NO_2-Gesamtbelastungen zwischen 40.0 und 40.5 µg/m³:

1) keine schweren Lkw > 3.5 t (sLkw) und gleichmäßige Verkehrsreduktion im City-Tunnel und auf der Hügelstr. auf 50 %
2) unveränderte sLkw-Anteile und gleichmäßige Verkehrsreduktion im City-Tunnel und auf der Hügelstr. auf 45%
3) „vollständige“ Absaugung der Tunnelemissionen, keine sLkw und Verkehrsreduktion auf der Hügelstr. auf 90 %
4) „vollständige“ Absaugung der Tunnelemissionen, unveränderte sLkw-Anteile und Verkehrsreduktion auf der Hügelstr. auf 80 %
5) Minderung/Absaugung der Tunnelemissionen auf 25 %, keine sLkw und Verkehrsreduktion auf der Hügelstr. auf 65 %

6) Minderung/Absaugung der Tunnelemissionen auf 25 %, unveränderte sLkw-Anteile und Verkehrsreduktion auf der Hügelstr. auf 60 %

Bezüglich der Wahrscheinlichkeit der Erreichbarkeit der oben genannten Verkehrsreduktionen kann Folgendes gesagt werden. Eine Sperrung des City-Tunnels für sLkw ist nicht umsetzbar, da die Anlieferung vieler Geschäfte im Innenstadtbereich (Saturn, Aldi, Sport Hübner etc.) im Tunnel erfolgt. Die Zufahrt zu den Anlieferungsbereichen befindet sich im City-Tunnel. Des Weiteren verursacht eine Sperrung des Tunnels für sLkw großräumige Umfahrungsverkehre. Diese Umfahrungsverkehre werden sich größtenteils auf den City-Ring konzentrieren. Eine weitere Alternative ist die Umfahrung über Heidelberger Str. / Landskronstr. / Klappacher Str. / Nieder-Ramstädter-Str. / Teichhausstr. / Landgraf-Georg-Str.. Die Heinrichstraße als Alternativroute scheidet aus, da dort bereits ein Lkw-Durchfahrtsverbot („Anlieger frei“) besteht. Der City-Tunnel besitzt zusätzlich für den lokalen, aber auch den regionalen Verkehr eine große Bedeutung. Er stellt die zentrale innerstädtische Nord-Süd-Querverbindung dar und dient im Verlauf der B26 als Verbindungselement zwischen Griesheim und dem Landkreis Darmstdt-Dieburg. Des Weiteren dient er als Anschluss von den Bundesautobahnen A5 und A67 in Richtung Osten (Bundesautobahn A3, Landkreis Darmstadt-Dieburg).

Aus den oben genannten Gründen wird die Wahrscheinlichkeit der Erreichung der Verkehrsreduktion der Szenarien 1, 3 und 5 als äußerst gering angesehen.

Szenario 2 erfordert bei gleichbleibendem sLkw-Verkehr eine Verkehrsreduktion des motorisierten Individualverkehrs (MIV) im City-Tunnel und der Hügelstr um 55 %. Dies würde eine Reduzierung des Verkehrsaufkommens im City-Tunnel und auf der Hügelstr. von mehr als 13000 Kfz/24h bedeuten. Diese Anzahl Kraftfahrzeuge müssten zusätzlich über das ohnehin schon stark belastete angrenzende Straßennetz abgewickelt werden. Durch die Verlagerung von Verkehren werden die angrenzenden Streckenabschnitte zusätzlich belastet. Dies kann u. a. zu Kapazitätsengpässen an Lichtsignalanlagen (LSA), stärkeren Rückstaubildungen an LSA, längeren Wartezeiten, geringere Reisezeit etc. führen. Die Wahrscheinlichkeit der Erreichung der Verkehrsreduzierung wird als sehr gering eingestuft.

Szenario 4 erfordert bei gleichbleibendem sLkw-Verkehr eine Verkehrsreduktion des MIV im City-Tunnel und auf der Hügelstr. um 20 %. Dies würde eine Reduzierung des Verkehrsaufkommens von ca. 5000 Kfz/24h bedeuten. Auch diese Verlagerungsverkehre müssten über das angrenzende Straßennetz abgewickelt werden. Zusätzlich zur Verkehrsreduzierung müssten die Emissionen im City-Tunnel vollständig abgesaugt und an unbedenklichen Stellen und/oder gereinigt wieder in die Atmosphäre abgegeben werden. Eine Verkehrsreduzierung im City-Tunnel ist auf Grund der vollständigen Absaugung der Emissionen nicht zwingend notwendig.

Szenario 6 erfordert bei gleichbleibendem sLkw-Verkehr eine Verkehrsreduktion des MIV im City-Tunnel und auf der Hügelstr. von 40 % auf 60 %. Dies würde eine Reduzierung des Verkehrsaufkommens von mehr als 9000 Kfz/24h bedeuten. Zusätzlich müssten noch 75 % der Tunnelemissionen abgesaugt und an unbedenklicher Stelle abgegeben und/oder gereinigt werden. Eine Verkehrsreduzierung im City-Tunnel ist auf Grund der Absaugung der Emissionen nicht zwingend notwendig.

Der City-Tunnel in Darmstadt ist nach Angaben der Stadt mit einer Absauganlage und Strahlventilatoren ausgestattet, die aber seit Jahren nicht mehr in Betrieb sind. Gründe dafür sind unter anderem die extrem hohen Stromkosten, das Fehlen einer Filteranlage zur Reinigung der angesaugten Luft und insbesondere die durch den Einrichtungsver-

kehr ausreichende Luftzirkulation durch die Kfz-Bewegungen. Die Nachrüstung einer Filteranlage ist nach Aussage der Stadt Darmstadt in absehbarer Zeit nicht vorgesehen. Nach den „Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln, RABT“ (FGSV, 2006) ist eine mechanische Lüftung erst ab 600 m Länge nötig und der 540 m lange Tunnel wird demnach bereits ohne mechanische Lüftung ausreichend durchlüftet. Damit wird davon ausgegangen, dass – zumindest kurzfristig – weder die vorhandene Absauganlage wieder kontinuierlich in Betrieb genommen noch eine eventuell notwendige Filteranlage nachgerüstet wird. Aus diesem Grund wird die Wahrscheinlichkeit der Umsetzung der Szenarien 4 und 6 als gering eingestuft. Nach Angaben der Stadt soll eine Erneuerung der Entlüftungsanlage auf der Grundlage der für 2014 angekündigten neuen Tunnelrichtlinien überprüft werden.

Nach den Verkehrserhebungen der letzten Jahre durch die Stadt Darmstadt kann festgehalten werden, dass ca. 1/3 aller Fahrten im Stadtgebiet Durchgangsverkehre[3] sind. Die restlichen 2/3 des Verkehrs sind Quell-, Ziel- bzw. Binnenverkehre[4]. Grundsätzlich sind ausschließlich die Durchgangsverkehre aus einem betrachteten Gebiet verlagerbar. Unter der Annahme, dass die Verkehrsbelastungen auf jedem Streckenabschnitt im Stadtgebiet den gleichen Durchgangsverkehrsanteil von 33 % aufweisen würden, könnte bei einer vollständigen Verlagerung des Durchgangsverkehrs eine Reduzierung auf der Hügelstr. von mehr als 8000 Kfz/24h erreicht werden. Für eine Verlagerung des Durchgangsverkehrs aus dem Stadtgebiet muss die notwendige Straßeninfrastruktur vorhanden sein, d. h. Umfahrungsstrecken (z. B. für die Relation B26 - A5/ A67 bzw. B26 - Nord-West). Diese sind im heutigen Straßennetz nicht vorhanden. Aus diesem Grund ist auch hier die Wahrscheinlichkeit der Erreichbarkeit der Verkehrsreduzierungen gegen Null einzustufen.

Abschließend kann gesagt werden, dass durch drastische Verkehrsreduzierungen die Einhaltung der Grenzwerte an der Messstation Darmstadt-Hügelstraße denkbar ist. Dies kann theoretisch durch die oben aufgeführten Szenarien 1 bis 6 geleistet werden. Die praktische Umsetzung der Szenarien hingegen ist als eher unrealistisch einzustufen. Durch ein Szenario „Verlagerung des Durchgangsverkehrs aus dem Stadtgebiet“ können die Grenzwerte zwar nicht eingehalten werden, aber die Höhe der Überschreitungen könnte ohne zusätzliche Beschränkungen des Verkehrsaufkommens im City-Tunnel und in der Hügelstraße reduziert werden. Die Wirkung einer Maßnahme zur „Verlagerung des Durchgangsverkehrs aus dem Stadtgebiet“ kann mit den Ergebnissen zur Maßnahme „City-Maut“ abgeschätzt werden, die in der untersuchten Form mit einer Abnahme des Kfz-Verkehrs um 15% in etwa einer Halbierung des Durchgangsverkehrs entspricht.

[3] Durchgangsverkehr: Teil des Verkehrs, der durch die betrachtete Verkehrszelle (in diesem Falle das Stadtgebiet Darmstadt) hindurch fährt

[4] Quellverkehr: Teil des Verkehrs, der innerhalb der Verkehrszelle beginnt und aus der Zelle hinausfährt und außerhalb sein Ziel besitzt

Zielverkehr: Teil des Verkehrs, der in der betrachteten Verkehrszelle endet (Fahrtbeginn außerhalb der betrachteten Zelle)

Binnenverkehr: Teil des Verkehrs, der in der betrachteten Verkehrszelle sowohl startet als auch endet, also die Zelle nicht verlässt

8 Zusammenfassung

In Darmstadt werden an der Messstation Darmstadt-Hügelstraße regelmäßig die Immissionsgrenzwerte der 39. BImSchV (2010) für NO_2 und an manchen Jahren auch der Kurzzeitgrenzwert für PM10 überschritten. Daneben gibt es 10 weitere Verdachtsfälle für potentielle Grenzwertüberschreitungen. Als Grundlage für die zweite Fortschreibung des Luftreinhalteplans für den Ballungsraum Rhein-Main, Teilplan Darmstadt, wurden im vorliegenden Projekt die verkehrsbezogenen Maßnahmen

- Ausweitung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots auf Lkw-Fahrten von und in die Landkreise Darmstadt-Dieburg und Odenwald,
- Einrichtung einer Umweltzone im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone in Darmstadt ab dem 1. Januar 2015 mit Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots,
- Einrichtung einer Umweltzone im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone in Darmstadt ab dem 1. Januar 2015 ohne Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots,
- Einrichtung einer Umweltzone im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone in Darmstadt ab dem 1. Januar 2015 mit Berücksichtigung eines ausgeweiteten Lkw-Durchfahrtsverbots,
- Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung an ca. 10 Lichtsignalanlagen im Bereich der Kasino- und Hindenburgstraße,
- Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung in der gesamten Innenstadt,
- Einführung einer City-Maut im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone und
- Aufstellung bzw. Schaltung von Pförtnerampeln

in ihrer Wirkung auf die Emissions- und Immissionssituation von NO_2, PM10 und PM2.5 an diesen 11 Belastungsschwerpunkten im Jahr 2015 untersucht.

In einem ersten Arbeitsschritt wurde die Ist-Situation 2012 für die Belastungsschwerpunkte detailliert untersucht. Grundlagen waren Kfz-Belastungen im Hauptstraßennetz von Darmstadt, auf denen eine Emissionsmodellierung mit IMMIS^{em} aufsetzte. Mithilfe einer aufwendigen zweistufigen Immissionsmodellierung mit LASAT und MISKAM wurden für alle Belastungsschwerpunkte die Gesamtbelastungen von NO_2, PM10 und PM2.5 in einer räumlichen Auflösung von $1 \cdot 1$ m² ermittelt.

Um Referenzwerte für die Maßnahmenbeurteilung zu erhalten, wurde für jeden Belastungsschwerpunkt zur Auswertung ein Referenzpunkt (bzw. Referenzbereich für die Hügelstraße) ausgewählt, der den höchstbelasteten, in der Regel fahrbahnnahen, Bereich auf den Gehwegen darstellt. Es sei hier nochmals (s. Abschnitt 5.4.3) darauf hingewiesen, dass diese Referenzpunkte eine Art obere Abschätzung im Sinne des Anhang III der Richtlinie 2008/50/EG (EU, 2008) darstellen und diese Referenzpunkte damit nicht unbedingt einem repräsentativen Messort im Sinne der Richtlinie 2008/50/EG bzw. deren Umsetzung in Form der 39. BImSchV (2010) entsprechen. Für solche „repräsentative“ Orte würden in den hier vorliegenden Fällen im Allgemeinen geringere Werte bestimmt werden. Die Wirkung der Maßnahmen lässt sich davon unabhängig auch an den Referenzpunkten abschätzen.

Überschreitungen des NO_2-Grenzwerts in Höhe von 40 µg/m³ wurden mit 68 µg/m³ für den Bereich der Messstation in der Hügelstraße und mit Werten zwischen 43 und 55 µg/m³ für 9 der 10 Verdachtsfälle berechnet. Beim Belastungsschwerpunkt Kranich-

steiner Straße kann mit den berechneten 38 µg/m³ eine Grenzwertverletzung nicht ausgeschlossen werden. Die modellierten PM10-Jahresmittelwerte liegen, mit Ausnahme der Hügelstraße, für alle Referenzpunkte mit maximal 27 µg/m³ deutlich unter dem Grenzwert in Höhe von 40 µg/m³. Die erlaubte Anzahl an 35 Tagen mit einem Tagesmittelwert > 50 µg/m³ wird dort ebenfalls überall eingehalten. Mit einem Jahresmittelwert von 30 µg/m³ wird für den Bereich der Messstation in der Hügelstraße mit 36 Tagen eine Verletzung des PM10-Kurzzeitgrenzwerts berechnet. Überschreitungen des PM2.5-Grenzwerts in Höhe von 25 µg/m³ sind mit maximal berechneten 20 µg/m³ nicht zu erwarten. Insbesondere für den Bereich zwischen Tunnelportal und Messstation werden für die Hügelstraße bei allen betrachteten Stoffen deutlich höhere Belastungen als für den Bereich der Messstation modelliert. Die sehr komplexe Situation in diesem Bereich wurde diskutiert und erfordert gegebenenfalls weiterführende Betrachtungen.

Grundlage zur Beurteilung der Wirksamkeit der Maßnahmen war ein Prognosenullfall 2015. Für die Modellierung der Situation im Prognosenullfall wurden zunächst Abschätzung der verkehrlichen Entwicklungen auf Basis eines Verkehrsmodells für die Stadt Darmstadt erstellt und daran anschließend die emissions- und immissionsseitigen Auswirkungen mit dem für den Istfall aufgebauten Instrumentarium modelliert. Im Prognosenullfall 2015 reduzieren sich gegenüber dem Istfall 2012 für alle Belastungsschwerpunkte die Gesamtbelastungen aufgrund des technischen Fortschritts in Form einer emissionsärmeren Kfz-Flotte und bei einzelnen Belastungsschwerpunkten in sehr geringem Maße zusätzlich auch durch leicht abnehmende Kfz-Belastungen. Die berechneten Immissionsminderungen betragen dabei, je nach Belastungsschwerpunkt und Substanz, 2 bis 9 %. Mit diesen Abnahmen wird im Prognosenullfall 2015 auch für den Belastungsschwerpunkt Spessartring eine sehr knappe Einhaltung des NO_2-Grenzwertes in Höhe von 40 µg/m³ berechnet. Überschreitungen der PM10 und PM2.5-Grenzwerte treten für die betrachteten Referenzbereiche im Prognosenullfall nicht auf. Die deutlich höheren Belastungen für Bereiche der Hügelstraße, insbesondere zwischen Tunnelportal und Messstation, bleiben auch im Prognosenullfall bei allen betrachteten Stoffen bestehen.

Für die Abschätzung der Wirkung der einzelnen Maßnahmen wurde – wo erforderlich – zunächst eine Abschätzung der verkehrlichen Wirkungen auf Basis eines Verkehrsmodells für die Stadt Darmstadt erstellt und daran anschließend mit dem Modellinstrumentarium die emissions- und immissionsseitigen Auswirkungen berechnet und die Ergebnisse zur Bewertung zum Prognosenullfall in Beziehung gesetzt. Die Spannbreite der relativen Wirkungen der einzelnen Maßnahmen auf die Gesamtbelastung an den Belastungsschwerpunkten ist in Tabelle 8-1 nochmals zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 8-1: Änderungen der Gesamtbelastungen mit den Maßnahmen gegenüber dem Prognosenullfall

Maßnahme		NO_2 [%]	PM10 [%]	PM25 [%]	PM10-ÜS*
Ausweitung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots	Max	-5	-3	-1	-3
	Min	-2	-1	0	0
Umweltzone mit Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots	Max	-3	-4	-6	-4
	Min	-2	-1	-3	-1
Umweltzone ohne Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots	Max	-2	-3	-6	-3
	Min	0	-1	-3	0
Umweltzone mit Berücksichtigung eines ausgeweiteten Lkw-Durchfahrtsverbots	Max	-7	-7	-7	-6
	Min	-4	-3	-3	-1
Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung im Bereich der Kasino- und Hindenburgstraße [+]	Max	-2	-2	0	-1
	Min	-1	-1	0	-1
Einführung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung in der gesamten Innenstadt [▽]	Max	-3	-2	0	-1
	Min	0	0	0	0
Einführung einer City-Maut im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone	Max	-15	-9	-5	-7
	Min	-8	-3	-3	-1
Aufstellung bzw. Schaltung von Pförtnerampeln	Max	-9	-5	-1	-3
	Min	-1	-1	0	0

* PM10-Überschreitungstage: Absolute Änderung der Anzahl Tage mit Tagesmittelwert > 50 µg/m³
[+] Auswirkungen nur auf 2 Belastungsschwerpunkte
[▽] Auswirkungen nur auf 8 Belastungsschwerpunkte

Die modellierten Belastungen für den Ist- und den Prognosenullfall zeigen, dass an den Belastungsschwerpunkten in Darmstadt im Wesentlichen Probleme mit der Einhaltung des NO_2-Grenzwerts vorliegen und die Zusammenfassung konzentriert sich hier im Weiteren auf diesen Stoff. Aufgrund der für einige Belastungsschwerpunkte deutlich über 40 µg/m³ NO_2 liegenden Berechnungsergebnisse an den Referenzpunkten sind für prognostizierte Grenzwerteinhaltungen teilweise deutliche Immissionsminderungen erforderlich. Mit Ausnahme der Maßnahme „City-Maut“ liegen die erreichbaren Minderungen unter 4 µg/m³ NO_2 bzw. im einstelligen Prozentbereich und keine der untersuchten Maßnahmen kann die zur Grenzwerteinhaltung notwendigen Reduzierungen für alle Belastungsschwerpunkte herbeiführen.

Mit der Ausweitung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots sinken die modellierten Belastungen um bis zu 5 % und für die Referenzpunkte der Belastungsschwerpunkte Bleichstraße und Rhönring so weit ab, dass der Grenzwert nur noch um bis zu 10 % überschritten wird.

Die Einführung einer Umweltzone mit einer gleichmäßigeren, flächigeren Wirkung führt in den Belastungsschwerpunkten zu NO_2-Abnahmen zwischen 2 und 3 %. Entsprechend der ursprünglichen Zielsetzung der Plakettenverordnung sind die Abnahmen bei den Partikeln teilweise höher und erreichen bis zu 4 % bei PM10 und 6 % bei PM2.5. Bei Einführung einer Umweltzone ohne Berücksichtigung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots wird deren Wirkung deutlich gemindert. In Kombination mit einer Ausweitung des bestehenden Lkw-Durchfahrtsverbots wird ihre Wirkung verstärkt und es werden Minderungen um bis zu 7 % sowie für den Belastungsschwerpunkt Rhönring eine NO_2-Belastung von knapp unter 40 µg/m³ berechnet.

Die lokal wirkende Maßnahme der Versatzzeitoptimierung im Bereich der Kasino- und Hindenburgstraße hat nur Auswirkungen auf die zwei Belastungsschwerpunkte Bleichstraße und Kasinostraße und verändert dort die Situation nur unwesentlich. Die Ver-

satzzeitoptimierung im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone bzw. der geplanten Umweltzone erreicht teilweise Minderungen von bis zu 3 %, wobei für einige Belastungsschwerpunkte keine Wirkung festgestellt werden kann. Für die Referenzpunkte der Belastungsschwerpunkte Rhönring sinken mit dieser Maßnahme die modellierten Werte so weit ab, dass der Grenzwert nur noch um bis zu 10 % überschritten wird. Die Aufstellung und Schaltung von Pförtnerampeln hat an den einzelnen Belastungsschwerpunkten ebenfalls sehr unterschiedliche Wirkungen, die von keinem Effekt bis zu Abnahmen von 9 % reichen und für den Belastungsschwerpunkt Rhönring zu einer rechnerischen NO_2-Belastung von unter 40 µg/m³ führen.

Die wirkungsvollste der untersuchten Maßnahmen ist die Einführung einer „City-Maut“ im Bereich der Lkw-Fahrverbotszone, die als eine pauschale Verkehrsreduktion um 15 % in diesem Gebiet modelliert wurde und in den Belastungsschwerpunkten zu Abnahmen der NO_2-Gesamtbelastung um bis zu 15 % führt. Damit wird im Vergleich zum Prognosenullfall zusätzlich für die Referenzpunkte der Belastungsschwerpunkte Spessartring, Rhönring und Heidelberger Straße eine Einhaltung des NO_2-Grenzwertes in Höhe von 40 µg/m³ berechnet. Zusätzlich sinken für die Heinrichstraße, Bleichstraße und Nieder-Ramstädter-Straße die modellierten Werte so weit ab, dass der Grenzwert nur noch um bis zu 10 % überschritten wird.

In einem weiteren Arbeitsschritt wurde untersucht, um wie viel die Zusatzbelastung an der Messstation Darmstadt-Hügelstraße reduziert werden müsste, um dort 2015 den NO_2-Grenzwert in Höhe von 40 µg/m³ einzuhalten, wie dies theoretisch erreicht werden könnte und ob sich dies praktisch umsetzen ließe. Die dafür erforderliche Reduktion der Zusatzbelastung um über die Hälfte lässt sich mit verschiedenen Szenarien zwar theoretisch erreichen, die praktische Umsetzbarkeit dieser Szenarien wird aber als unwahrscheinlich eingeschätzt.

Auch wenn keine Maßnahme alleine in der Lage ist, für alle Belastungsschwerpunkte die zur Grenzwerteinhaltung notwendigen Reduzierungen herbeizuführen, tragen alle Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität in den Belastungsschwerpunkten bei. Neben einer generellen Reduktion der Kfz-Belastung, wie sie in der Maßnahme „City-Maut“ untersucht ist, zeigen die Maßnahmen „Umweltzone mit Berücksichtigung eines ausgeweiteten Lkw-Durchfahrtsverbots“ und die Einführung von Pförtnerampeln die größten Wirkungen. Da die beiden letztgenannten Maßnahmen verschiedene Ansätze verfolgen, sind ihre Wirkungen bei gleichzeitiger Umsetzung zu einem gewissen Grad kombinierbar, auch wenn sie nicht einfach addiert werden dürfen. Bei der Umsetzung der Maßnahme Pförtnerampel sollte gegebenenfalls geprüft werden, ob nicht im Aufstellbereich der Pförtnerampeln möglicherweise neue Belastungsschwerpunkte entstehen. Abschließend soll nicht unerwähnt bleiben, dass Maßnahmen, die auf das gesamte Innenstadtgebiet mindernde Auswirkungen haben, wie z. B. die Umweltzone, die Luftqualität nicht nur an den hier untersuchten Belastungsschwerpunkten, sondern an allen Abschnitten in ihrem Wirkungsgebiet verbessern.

9 Quellenverzeichnis

35. BImSchV, 2007: Fünfunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung - 35. BImSchV). In der Fassung vom 05.12.2007. BGBl. I S. 2793. 2007.

39. BImSchV, 2010: Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen - 39. BImSchV). In der Fassung vom 02.08.2010. BGBl. I S. 1065. 2010.

BASt, 2011: Manuelle Straßenverkehrszählung (SVZ) 2010. Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt). 2011.

BBSR, 2010: „Raumtypen ROB 2010“ des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung. Bonn, 2010.

BImSchG, 2012: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG). In der Fassung vom 27.6.2012. BGBl. I S. 1421.

BMVBS, 2010: Anwendung und Analyse modellbasierter Netzsteuerungsverfahren in städtischen Straßennetzen (AMONES). Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS). 2010.

DADINA, 2010: Nahverkehrsplan 2011-2016 des Landkreises Darmstadt-Dieburg und der Wissenschaftsstadt Darmstadt. Auftraggeber: DADINA - Darmstadt - Dieburger Nahverkehrsorganisation. 2010.

Diegmann, V.; Pfäfflin, F.; Breitenbach, Y.; Lutz, M.; Rauterberg-Wulff, A.; Reichenbächer, W.; Kohlen, R., 2013: Spatial representativeness of air quality samples at hot spots. In: San José, R.; Pérez, J. L. (Ed.): HARMO 15. Proceedings of the 15th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, 6-9 May 2013 in Madrid, Spain. 2013.

Düring, I.; Bächlin, W., 2009: Tendenzen der NO_2-Belastung im Land Brandenburg. Im Auftrag des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg. Unter Mitarbeit von IFEU GmbH, Heidelberg, Planungsbüro Dr. Hunger, Dresden und National Environmental Research Institute (NERI), Roskilde, Dänemark. Potsdam, 2009.

Düring, I.; Schmidt, W., 2011: Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs. Unter Mitarbeit der TU Dresden, BEAK Consultants GmbH. Auftraggeber: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG). 2011.

Düring, I.; Schmidt, W., 2012: Erratum zu Tabelle 3.21 auf Seite 63 des Berichts „Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs.“ Unter Mitarbeit der TU Dresden, BEAK Consultants GmbH. Auftraggeber: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG). 2012.

EEA, 2007: EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook 2007. EEA Technical report No 16/2007. European Environment Agency. 2007.

EU, 2008: Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 152, S. 1. 2008.

FGSV, 2006: RABT - Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). Ausgabe 2006.

FGSV, 2009: Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS). Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). Ausgabe 2001, Fassung 2009.

FGSV, 2010: RiLSA - Richtlinien für Lichtsignalanlagen - Lichtzeichenanlagen für den Straßenverkehr. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). Ausgabe 2010.

Giese-Eichhorn, 2011: MISKAM. Handbuch zu Version 6. 2011.

HLUG, 2009: Lufthygienischer Jahresbericht 2008. Teil I: Kontinuierliche Messungen. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG). 2009.

HLUG, 2010: Lufthygienischer Jahresbericht 2009. Teil I: Kontinuierliche Messungen. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG). 2010.

HLUG, 2011: Lufthygienischer Jahresbericht 2010. Teil I: Kontinuierliche Messungen. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG). 2011.

HLUG, 2012: Lufthygienischer Jahresbericht 2011. Teil I: Kontinuierliche Messungen. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG). 2012.

HLUG, 2013a: Lufthygienischer Jahresbericht 2012. Teil I: Kontinuierliche Messungen. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG). 2013.

HLUG, 2013b: Messwertüberschreitungen PM10-Tagesmittel 2012. Download von http://www.hlug.de/fileadmin/dokumente/luft/pm10_ueberschreitung/pm10-ueber50_2012.pdf. 2013.

HLUG, 2014: Download von Messdaten von http://www.hlug.de/popups/luftmessdaten.html. Februar 2014.

Hertel, O.; Berkowicz, R., 1989: Modelling NO_2 concentrations in a street canyon. DMU Luft A-131. National Environmental Research Institute, Division of Emissions and Airpollution, Denmark. 1989.

IER, 2005: Fortschreibung des Emissionskatasters Bayern für das Jahr 2000. Auftraggeber: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz. Stuttgart, 2005.

INFRAS, 2010: Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. HBEFA Version 3.1. INFRAS, Bern. Auftraggeber: UBA Berlin, BAFU Bern, UBA Wien u. a. 2010.

IVU Umwelt, 2002: Automatische Klassifizierung der Luftschadstoff-Immissionsmessungen aus dem LIMBA-Meßnetz. FKZ 2004226. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. 2002.

IVU Umwelt, 2005: Ursachenanalyse für den Anstieg der NO2-Immissionen an verkehrsnahen Messstellen. Endbericht. Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG). 2005.

IVU Umwelt, 2006: Maßnahmen zur Reduzierung von Feinstaub und Stickstoffdioxid. FKZ 204 42 222. Veröffentlichung UBA-Texte 22/07. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Unter Mitarbeit von ifeu Heidelberg GmbH. 2006.

IVU Umwelt, 2007: Aktualisierung der Datengrundlage für EKatDyn. Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG). 2007.

IVU Umwelt, 2012: Lärmkartierung Hessen 2012. Stufe II der EU Lärmkartierung für das Bundesland Hessen. In Zusammenarbeit mit Stapelfeldt Ingenieurgesellschaft mbH Dortmund und M.O.S.S. GmbH Taufkirchen. Veröffentlichung durch den Auftraggeber: Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG). 2012.

IVU Umwelt, 2013a: IMMIS$^{em/luft/lärm}$ - Handbuch zur Version 5.6. IVU Umwelt GmbH, Freiburg. 2013.

IVU Umwelt, 2013b: Bestandsaufnahme und Wirksamkeit von Maßnahmen der Luftreinhaltung. Forschungs- und Entwicklungsvorhaben FKZ (UFOPLAN) 3712 43 255. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. 2013.

Janicke, 2010: Dispersion Model LASAT Version 3.1. Reference Book. Janicke Consulting. 2010.

Kacsóh, L. 2011: Umweltzonen in Europa und in Deutschland. In: UMID (Hrsg.): Schwerpunktthema: Umweltzonen. UMID 4/2011. 2011.

KRdL, 2003: Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung - Luftbeimengungen. VDI-Richtlinie 3782 Blatt 7. Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL. Düsseldorf, 2003.

KRdL, 2004: Umweltmeteorologie - Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Partikelmodell. VDI-Richtlinie 3945 Blatt 3. Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL. 2004.

LfULG, 2011: NO_2-Belastung in Sachsen. Tendenzen und Verursacher für die NO_2-Belastung in Sachsen (Endbericht). Schriftenreihe des LfULG, Heft 5/2011. Hrsg.: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG). Erarbeitet von IVU Umwelt GmbH, Freiburg unter Mitarbeit von Heinz Steven. 2011.

Lohmeyer, 2011: WinMiskam. Miskam für Windows. Handbuch ab Version 2011.4. Stand: 06.12.2011. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG. 2011.

LUBW, 2010: Modellierung verkehrsbedingter Immissionen - Anforderungen an die Eingangsdaten. Grundlage HBEFA 3.1. Leitfaden. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW). Erarbeitet von IVU Umwelt GmbH, Freiburg. 2010.

LÜN, 2013: Luftqualitätsüberwachung in Niedersachsen - Jahresbericht 2012. Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim. 2013.

Oettl, D.; Sturm, P. J.; Bacher, M.; Pretterhofer, G.; Almbauer, R. A., 2002: A simple model for the dispersion of pollutants from a road tunnel portal. Atmospheric Environment 36 S. 2943–2953. 2002.

RLuS, 2012: Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung (RLuS 2012). Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. (FGSV). 2012.

Romberg, E.; Bösinger, R.; Lohmeyer, A.; Ruhnke, R.; Röth, E., 1996: NO-NO_2-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für Kfz-Abgase. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 56 Nr. 6, S. 215-218. 1996.

SIG, 2012: Lärmkartierung Hessen 2012. Stufe II der EU Lärmkartierung für das Bundesland Hessen. Stapelfeldt Ingenieurgesellschaft mbH Dortmund in Zusammenarbeit mit M.O.S.S. GmbH Taufkirchen und IVU Umwelt GmbH. Veröffentlichung durch den Auftraggeber: Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG). 2012.

TA Luft, 2002: Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft. Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz. In der Fassung vom 24.07.2002. GMBl. Nr. 25 - 29, S. 511. 2002.

TSC, 2013: Verkehrstechnischen Planung der verkehrsadaptiven Netzsteuerung im Bereich Kasinostr. und Hindenburgstr. in Darmstadt. TSC Beratende Ingenieure für Verkehrswesen Gmbh & Co. KG. 2013.

A Anhang Hügelstraße

A.1 Räumliche Verteilung der Emissionen des City-Tunnels

Die räumliche Verteilung der Emissionen eines Tunnels ab dem Austritt aus dem Portal ist nicht trivial. Sie wird wesentlich von der Geschwindigkeit des sogenannten „Tunnel-Jets“ beeinflusst. Diese hängt, neben anderen Faktoren, wie z. B. der hier nicht auftretenden künstlichen Entlüftung, von der Druckdifferenz zwischen den Portalen und dem Schub durch die ausfahrenden Fahrzeuge ab und kann mit einer „Kolben-Gleichung“ berechnet werden (vgl. z. B. Öttl et al, 2002). Diese Ansätze und z. B. auch das Modul "Tunnelportal" in den RLuS (2012) gehen dabei davon aus, dass sich die Ausrichtung der Straße am Portal nicht ändert und die Fahrzeuge den Tunnel entlang einer geraden Linie verlassen. Gerade dies ist aber beim City-Tunnel in Darmstadt nicht gegeben, da hier die Fahrzeuge in einer langen Röhre von Nord nach Süd fahren, um am Tunnelende auf eine T-Kreuzung zu treffen, an der sie den Tunnel nach Westen oder nach Osten auf einer ansteigenden Rampe auf die Hügelstraße verlassen. Gleichzeitig existiert ein signifikanter Verkehrsstrom von West nach Ost durch die Hügelstraßenunterführung am Tunnelende, über den an der Westseite Fahrzeuge in die Unterführung einfahren und sie auf der Ostseite wieder verlassen. Dadurch fahren insgesamt etwa drei Mal so viele Fahrzeuge aus dem Ostportal auf die Hügelstraße wie aus dem Westportal.

Damit wird deutlich, dass die Modellierung des Tunnel-Jets und damit die räumliche Verteilung der Tunnel-Emissionen an der Hügelstraße ein sehr komplexes Problem ist, das im Rahmen der vorliegenden Projektkonzeption nicht vollständig gelöst werden kann. Erschwerend kommt hinzu, dass in MISKAM bzw. WinMISKAM den Quellen keine horizontalen Impulse mitgegeben werden können, selbst wenn sie bekannt wären. Die räumliche Verteilung der Emissionen des City-Tunnels musste daher abgeschätzt werden. Die Emissionen wurden zu einem Drittel als passive Quelle unterirdisch in der Unterführung freigesetzt und zu zwei Dritteln auf die beiden Ausfahrtrampen verteilt. Die Verteilung auf die West- und Ostrampe wurde zu 20 % auf die West- und zu 80 % auf die Ostrampe abgeschätzt. Zur weiteren Annäherung an den exponentiellen Abfall der durch den Tunnel verursachten Konzentrationen (s. z. B. das Modul „Tunnelportal“ in RLuS (2012)) in der Abbildung durch passive Quellen wurden bei den Emissionen der Ostseite 5/6 auf die Rampe und 1/6 auf ein daran anschließendes Straßenstück von ca. 40 m Länge verteilt.

A.2 Vergleich mit Messwerten

Wie der Vergleich mit Abbildung 5-29 zeigt, werden am Ort der Messstation geringere NO_2-Konzentrationen modelliert als gemessen wurden. Die möglichen Gründe dafür sind vielschichtig. Eine wichtige Rolle spielt die antreibende Meteorologie. Wie z. B. in Abbildung 5-29 ersichtlich ist, wird unter den gegebenen Bedingungen in der Modellierung der Ort der Messstation durch eine Art „Frischluftwirbel“ aus der Wilhelm-Glässing-Straße umspült. Diese Straße stellt einen langen, etwas nach Süden ausgerichteten Strömungskanal dar, der bei der vorherrschenden Windrichtung (s. Abschnitt 3.4) in der Modellierung zu einer starken Zufuhr von Luftmassen führt, die den Stationsort zu einem Teil von den Emissionen des City-Tunnels und der Hügelstraße „abschirmen“. Testrechnungen mit leicht geänderten Haupanströmrichtungen zeigen, dass sich das prin-

zipielle Belastungsregime in der Hügelstraße nicht ändert, aber gerade der Bereich der Messstation sensitiv darauf reagiert.

Neben der in Abschnitt 5.4.2 diskutierten grundsätzlichen Problematik der räumlichen Verteilung der Tunnelemissionen ist auch offen, ob der Tunnel-Jet in seiner Fortsetzung auf der Ausfahrtrampe und im weiteren in der engen Schluchtsituation nicht auch einen Einfluss auf die Strömungsverhältnisse in der Straßenschlucht hat, der über die, wie üblich angesetzte, fahrzeuginduzierte Turbulenz hinausgeht und von dem prognostischen Windfeldmodell nicht abgebildet werden kann. Zusätzlich muss auch immer davon ausgegangen werden, dass das prognostische Windfeldmodell nicht alle Einzelheiten der komplexen Strömungssituation im Bereich der Messstelle vollständig richtig wiedergibt. So ist z. B. der Messcontainer selbst nicht als Strömungshindernis abgebildet. Schließlich kann auch nicht ganz ausgeschlossen werden, dass das Parkhaus an der Nordseite der Hügelstraße, das nicht Gegenstand der Betrachtung war, oder das Emissionsgeschehen der Wilhelm-Glässing-Straße, die im betrachteten Hauptstraßennetz nicht enthalten ist, einen Einfluss auf die Messstation haben.

Alle hier und in Abschnitt 5.4.2 genannten Unsicherheiten machen deutlich, dass die Modellierung der „Station Hügelstraße“ ein äußerst komplexes Unterfangen ist, das im Rahmen der vorliegenden Projektkonzeption nicht vollständig gelöst werden kann und hier gegebenenfalls weiterer „Forschungsbedarf“ besteht.

Aufgrund der geschilderten Sachverhalte wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber entschieden, den Messwert zu einem Mittelwert über alle Gitterzellen in einem 1 m breiten und 53 m langen Streifen entlang des Gebäudes, vor dem die Messstation steht, in Beziehung zu setzen. Dies geschah auch vor dem Hintergrund, dass der Standort der Messstation zum einen nicht ganz den Anforderungen der 39. BImSchV an einen Messstandort entspricht und deutlich näher als 25 m an einer Kreuzung steht und zum anderen repräsentativ für einen Abschnitt von mindestens 100 m Länge sein soll. Dieser Vergleich findet sich in Tabelle 5-5. Alle Abweichungen liegen deutlich innerhalb der in der 39. BImSchV definierten Datenqualitätsziele von 30 % für NO_2 und 50 % für PM10.