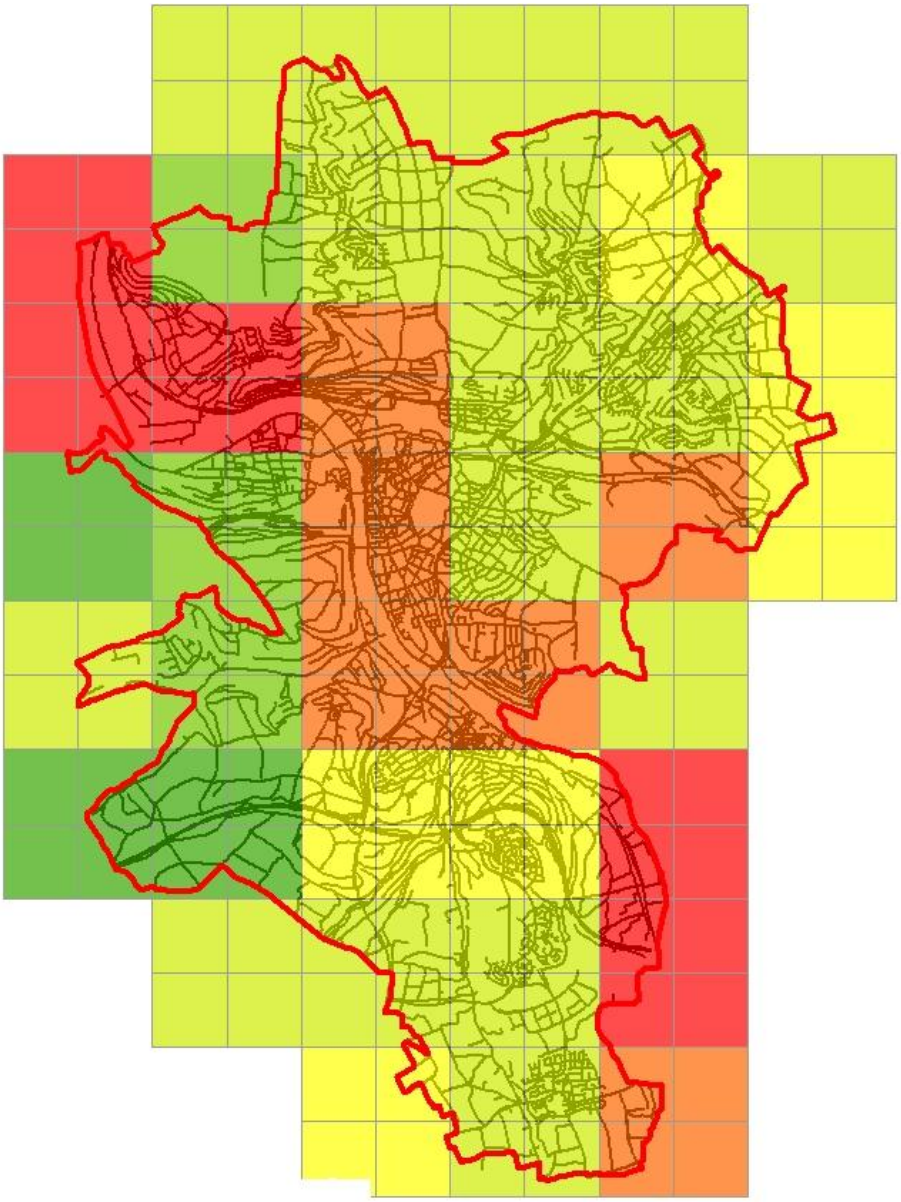
Feinstaubuntersuchung Würzburg



Abschlussbericht

Juli 2014

Feinstaubuntersuchung Würzburg

Untersuchung und Bewertung von Maßnahmen zur Reduzierung der Feinstaub- und Stockoxidbelastung in Würzburg

Abschlussbericht

Auftraggeber:
Stadt Würzburg
Fachbereich Umwelt- und Klimaschutz
Karmelitenstraße 20
97070 Würzburg

Auftragnehmer:
WVI Prof. Dr. Wermuth Verkehrsforschung
und Infrastrukturplanung GmbH
Nordstraße 11, 38106 Braunschweig

im Unterauftrag:

IVU Umwelt GmbH (Teil Umwelt)
Emmy-Noether-Str. 2
D-79110 Freiburg

Julius-Maximilians-Universität Würzburg
(Teil Straßenverkehrsrecht)
Institut für Staats- und Verwaltungsrecht
Prof. Dr. Ekkehard Hofmann
Sanderring 2, 97070 Würzburg

21. Juli 2014

Inhalt

Einführung - Anlass und Aufgabenstellung

Teil 1: Ermittlung der Minderungspotenziale der Maßnahmen

1 Methodik 4

1.1 Verkehr 4

1.2 Luftschadstoffsituation 5

1.2.1 Allgemeines 5

1.2.2 Emissionskataster 6

1.2.3 Urbane Skala 7

1.2.4 Hotspot-Analyse 7

1.2.5 Bestimmung des NO_2-Jahresmittelwerts 8

1.2.6 Referenzwert zum PM10-Tagesgrenzwertkriteriums 9

2 Datengrundlage 10

2.1 Untersuchungsgebiet 10

2.2 Verkehrsdaten 11

2.2.1 Verkehrsmodell 11

2.2.2 Verkehrsnachfrage und Verkehrsbelastungen 14

2.3 Emissionskataster 27

2.3.1 Emissionen des Kfz-Verkehrs 27

2.3.2 Emissionen weiterer Quellen 29

2.3.3 Gesamtbilanz 35

2.4 Meteorologie 35

2.5 Aufbereitung der Straßenraumgeometrie 37

3 Ergebnisse der Berechnung der Luftschadstoffsituation 40

3.1 Regionale Hintergrundbelastung 40

3.2 Urbane Hintergrundbelastung 40

3.3 Ergebnisse der Berechnung der Zusatz- und Gesamtbelastung 42
3.4 Anteil des lokalen Kfz-Verkehrs an den Immissionsbelastungen 49
3.5 Messungen in Würzburg, Vergleich mit Modellergebnisse 52

4 Einführung einer Umweltzone 57

4.1 Beschreibung der Maßnahme 57
4.2 Wirkungen auf die Luftschadstoffe 59

5 Einführung von Tempo 30 im Stadtgebiet 65

5.1 Beschreibung der Maßnahme 65
5.1.1 Szenario 1: Flächendeckende Einführung von Tempo 30 in Würzburg 65
5.1.2 Szenario 2: Einführung von Tempo 30 mit Vorrangnetz 65
5.2 Verkehrliche Wirkungen 67
5.2.1 Szenario 1: Flächendeckende Einführung von Tempo 30 in Würzburg 67
5.2.2 Szenario 2: Einführung von Tempo 30 mit Vorrangnetz 73
5.3 Wirkungen auf die Luftschadstoffe 79
5.3.1 Stand der Wissenschaft zum Emissionsverhalten von Kfz bei Einführung eines Tempo 30 auf HVS 79
5.3.2 Ergebnisse der Modellierungen 82

6 Einführung eines Durchfahrtverbots für Lkw 87

6.1 Beschreibung der Maßnahme 87
6.1.1 Szenario 1: Sperrung der B19 für Lkw über 3,5 t im gesamten Abschnitt zwischen der A7 und der A3 89
6.1.2 Szenario 2: Sperrung der B19 für Lkw über 3,5 t im Bereich der Kernstadt Würzburg 90
6.1.3 Szenario 3: Durchfahrtverbot für Lkw über 3,5 t zul. Gesamtgewicht durch die Innenstadt 91
6.2 Verkehrliche Wirkungen 92
6.2.1 Szenario 1: Sperrung der B19 für Lkw über 3,5 t im gesamten Abschnitt zwischen der A7 und der A3 92
6.2.2 Szenario 2: Sperrung der B19 für Lkw über 3,5 t im Bereich der Kernstadt Würzburg 97
6.2.3 Szenario 3: Durchfahrtverbot für Lkw über 3,5 t zul. Gesamtgewicht durch die Innenstadt 102
6.3 Wirkungen auf die Luftschadstoffe 106

7 Temporäre Verkehrsbeeinflussung 111

7.1 Beschreibung der Maßnahme und der Analysemethode 111

7.2 Datengrundlage 111

7.3 Wirkungen auf die Luftschadstoffe 112

8 Maßnahmenbewertung 114

Literaturverzeichnis Teil 1 122

Teil 2 – Straßenverkehrsrechtliche Bewertung der Maßnahmen

I. Gegenstand des Gutachtens und Gang der Darstellung 125

II. Einführung einer Umweltzone 125

1. Tatbestandliche Voraussetzungen (§ 40 Abs. 1, 47 Abs. 1 BImSchG, 35. BImSchV) 126

a) Maßnahmen in einem LRP oder in einem Kurzfristplan 126

(1) Verpflichtung zur Aufstellung eines Luftreinhalteplans bei Grenzwertüberschreitungen (§ 47 Abs. 1 S. 1 BImSchG) 126

(2) Der LRP Würzburg 2010 127

(3) Würdigung des LRP 2010 128

b) Zwischenergebnis 130

2. Ermessensausübung 130

a) Aufstellung oder Fortschreibung eines Plans im Ermessen der Regierung? 130

b) Ermessensbetätigung hinsichtlich der Einrichtung einer Umweltzone 130

(1) Ziele der Umweltzone 130

(2) Geeignetheit 131

(3) Erforderlichkeit 132

(4) Verhältnismäßigkeit im engeren Sinn 132

III. Großräumige Einführung von Tempo 30 im Stadtgebiet 133

1. Tempo 30-Zonen (§ 45 Abs. 1c StVO) 133

2. Sonstige Geschwindigkeitsbeschränkungen 135

a) Grundsätzliches 135

b) Tempo 30 auf Bundesstraßen als Sonderproblem 135

IV. Fahrverbote für Lkw ab 3,5 t 137

1. Die zu prüfenden Maßnahmen 137

2. Straßenverkehrsrechtliche Ermächtigungsgrundlagen einer Sperrung der B19 für Lkw ab 3,5t 138

a) § 45 Abs. 1 S. 1 Nr. 3 StVO 139

(1) Tatbestand 139
(2) Ermessen 140
b) § 45 Abs. 1b S. 1 Nr. 5 StVO 141
3. Sperrung der Innenstadt für Lkw ab 3,5t 141

V. Sofortmaßnahmen bei (drohender oder bereits eingetretener) Überschreitung von Immissionsgrenzwerten 142

1. Tatbestandliche Voraussetzungen straßenverkehrsrechtlicher Ermächtigungsgrundlagen 142
2. Ermessen 143

VI. Fazit straßenverkehrsrechtliche Prüfung 143

Literaturverzeichnis Teil 2 146

Anlage: Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Schema der Zusammensetzung der städtischen Gesamtbelastung (Lenschow et al., 2001) 5

Abbildung 1-2: Schema einer vollständigen Modellierung 6

Abbildung 1-3: Statistischer Zusammenhang zwischen dem PM10-Jahresmittelwert und der Anzahl Tage mit einem PM10-Tagesmittelwert > 50 µg/m³ 9

Abbildung 2-1: Untersuchungsgebiet Stadtgebiet Würzburg mit Haupt- und Nebenstraßennetz und den Luftschadstoffmessstationen in 2011 10

Abbildung 2-2: Verkehrsmodell Würzburg - Aufteilung in Berechnungsmodell und Datenmodell 12

Abbildung 2-3: Straßennetz Stadt Würzburg und Verkehrsbelastungen im werktäglichen Kfz-Verkehr, Analysefall 2011 17

Abbildung 2-4: Straßennetz Stadt Würzburg und Verkehrsbelastungen im werktäglichen Kfz-Verkehr, Ausschnitt Innenstadt 18

Abbildung 2-5: Straßennetz Stadt Würzburg und Verkehrsbelastungen im werktäglichen Schwerverkehr (Lkw+Bus), Analysefall 2011 19

Abbildung 2-6: Straßennetz Stadt Würzburg und Verkehrsbelastungen im werktäglichen Schwerverkehr (Lkw+Bus), Analysefall 2011, Ausschnitt Innenstadt 20

Abbildung 2-7: Werktäglicher Busverkehr in Würzburg, Analysefall 2011, Ausschnitt Innenstadt 21

Abbildung 2-8: Herleitung der LOS-Anteile 23

Abbildung 2-9: Geschwindigkeitsbegrenzungen im Stadtgebiet Würzburg (Quelle: Stadt Würzburg, Baureferat, FA Tiefbau, Stand: 3. Juni 2013) 24

Abbildung 2-10: Verkehrsqualität im Kfz-Verkehr, Analysefall 2011 25

Abbildung 2-11: Verkehrsqualität im Kfz-Verkehr, Analysefall 2011, Ausschnitt Innenstadt 26

Abbildung 2-12: Emissionen des Kfz-Verkehrs im Hauptstraßennetz im Istfall 2011 28

Abbildung 2-13: Emissionen „Sonstiger Verkehr“ aus landesweitem Emissionskataster des Freistaates Bayern EKAT 2004 31

Abbildung 2-14: PM10-Emissionen: „Sonstige nicht genehmigungsbedürftige Anlagen“ und „Sonstige nicht gefasste Quellen“ aus landesweitem Emissionskataster des Freistaates Bayern EKAT 2004 32

Abbildung 2-15: Emissionen Hausbrand, links in der Auflösung 2 x 2 km² und rechts verfeinert auf 1 x 1 km² (oben NO_X, unten PM10) 33

Abbildung 2-16: Emissionen Industrie aus den Emissionserklärungen 2008 als Punkt- und Flächenquellen 34

Abbildung 2-17: Überblick über die Emissionsverteilung in Würzburg 35

Abbildung 2-18: Windrichtungsabhängige Häufigkeitsverteilung der Ausbreitungsklassen für die meteorologischen Zeitreihe 2011 36

Abbildung 2-19: Verteilung der Windgeschwindigkeiten, differenziert nach Ausbreitungsklassen, für die meteorologische Zeitreihe 2011 36

Abbildung 2-20: Ergebnis der Abschnittsbildung mit IMMIS^{build}. Die Farbe der Schraffur steht für die Porosität (grün - hohe Porosität, rot - geringe Porosität). 38

Abbildung 3-1: Urbaner Anteil der Vorbelastung für den NO_X - und PM10-Jahresmittelwert 41

Abbildung 3-2: Jahresmittelwert der NO_2-Gesamtbelastung im Hauptstraßennetz von Würzburg 43

Abbildung 3-3: Jahresmittelwert der NO_2-Gesamtbelastung im Hauptstraßennetz von Würzburg (Ausschnitt Innenstadt) 44

Abbildung 3-4: Jahresmittelwert der PM10-Gesamtbelastung im Hauptstraßennetz von Würzburg 45

Abbildung 3-5: Jahresmittelwert der PM10-Gesamtbelastung im Hauptstraßennetz von Würzburg (Ausschnitt Innenstadt) 46

Abbildung 3-6: NO_2-Jahresmittelwert in den bebauten Hauptstraßen von Würzburg im Ausschnitt Innenstadt mit Angabe der ID der Abschnitt mit NO_2-Werten größer als 36 µg/m³ 48

Abbildung 3-7: Anteil der lokalen Kfz-Emissionen an der NO_X-Gesamtbelastung 50

Abbildung 3-8: Anteil der lokalen Kfz-Emissionen an der PM10-Gesamtbelastung 51

Abbildung 3-9: Zeitreihe der Jahresmittelwert der NO_2-Gesamtbelastung im Hauptstraßennetz von Würzburg 52

Abbildung 3-10: Foto und Lagekarte der Messstation Stadtring Süd (Quelle: Stationsbeschreibung LfU Bayern, Stand 2012) 54

Abbildung 3-11: Foto und Lagekarte der Messstation Kardinal-Faulhaber-Platz (Quelle: Lufthygienischer Bericht für die Stadt Würzburg 2009) 55

Abbildung 3-12: Foto und Lagekarte der Messstation Kopfklinik (Quelle: Stationsschreibung LfU Bayern, Stand 2012) 56

Abbildung 4-1: Umweltzone Szenario 1- Gesamtes Stadtgebiet Würzburg (Kartengrundlage: openstreetmap) 58

Abbildung 4-2: Umweltzone Szenario 2- Bereich Stadtring / Mergentheimer Straße ohne den Ring (Kartengrundlage: openstreetmap) 58

Abbildung 4-3: Umweltzone Szenario 3- Bereich Alleenring / rechtes oder linkes Mainufer einschließlich (Kartengrundlage: openstreetmap) 59

Abbildung 4-4: Übersicht der NO_2-Konzentrationen für die Varianten der Umweltzone (UWZ) – IST-Situation 61

Abbildung 4-5: Übersicht der NO_2-Konzentrationen für die Varianten der Umweltzone (UWZ) – UWZ1 62

Abbildung 4-6: Übersicht der NO_2-Konzentrationen für die Varianten der Umweltzone (UWZ) – UWZ2 63

Abbildung 4-7: Übersicht der NO_2-Konzentrationen für die Varianten der Umweltzone (UWZ) – UWZ3 64

Abbildung 5-1: Streckengeschwindigkeiten in der Maßnahme „Tempo 30 mit Vorrangnetz“ 66

Abbildung 5-2: Verkehrsbelastungen im Kfz-Verkehr, Maßnahme „Flächendeckende Einführung Tempo 30“ 68

Abbildung 5-3: Verkehrsbelastungen im Kfz-Verkehr, Maßnahme „Flächendeckende Einführung Tempo 30“, Ausschnitt Innenstadt 69

Abbildung 5-4: Veränderungen in den Verkehrsbelastungen im Kfz-Verkehr, Maßnahme „Flächendeckende Einführung Tempo 30“ 70

Abbildung 5-5: Veränderungen in den Verkehrsbelastungen im Kfz-Verkehr, Maßnahme „Flächendeckende Einführung Tempo 30“, Ausschnitt Innenstadt 71

Abbildung 5-6: Verkehrsbelastungen im Kfz-Verkehr, Maßnahme „Tempo 30 und Vorrangnetz“ 74

Abbildung 5-7: Verkehrsbelastungen im Kfz-Verkehr, Maßnahme „Tempo 30 und Vorrangnetz“, Ausschnitt Innenstadt 75

Abbildung 5-8: Veränderungen in den Verkehrsbelastungen im Kfz-Verkehr, Maßnahme „Tempo 30 und Vorrangnetz“ 76

Abbildung 5-9: Veränderungen in den Verkehrsbelastungen im Kfz-Verkehr, Maßnahme „Tempo 30 und Vorrangnetz“, Ausschnitt Innenstadt 77

Abbildung 5-10: Übersicht der NO_2-Konzentrationen für die Varianten von Tempo 30 - IST-Situation 84

Abbildung 5-11: Übersicht der NO_2-Konzentrationen für die Varianten von Tempo 30 - fächendeckend 85

Abbildung 5-12: Übersicht der NO_2-Konzentrationen für die Varianten von Tempo 30 - mit Vorrangnetz 86

Abbildung 6-1: Räumlicher Umgriff der Maßnahme „Szenario 1: Sperrung der B19 für Lkw über 3,5 t im gesamten Abschnitt zwischen der A7 und der A3“ 89

Abbildung 6-2: Räumlicher Umgriff der Maßnahme „Szenario 2: Sperrung der B19 für Lkw über 3,5 t im Bereich der Kernstadt Würzburg“ 90

Abbildung 6-3: Räumlicher Umgriff der Maßnahme „Szenario 3: Durchfahrtverbot für Lkw durch die Innenstadt“ 91

Abbildung 6-4: Veränderungen in den Verkehrsbelastungen im Lkw-Verkehr, Maßnahme „Sperrung B19 Lkw-Verkehr im gesamten Abschnitt“ 93

Abbildung 6-5: Veränderungen in den Verkehrsbelastungen im Lkw-Verkehr, Maßnahme „Sperrung B19 Lkw-Verkehr im gesamten Abschnitt“, Ausschnitt Innenstadt 94

Abbildung 6-6: Veränderungen in den Verkehrsbelastungen im Lkw-Verkehr, Maßnahme „Sperrung B19 Lkw-Verkehr im Bereich Kernstadt“ 98

Abbildung 6-7: Veränderungen in den Verkehrsbelastungen im Lkw-Verkehr, Maßnahme „Sperrung B19 Lkw-Verkehr im Bereich Kernstadt“, Ausschnitt Innenstadt“ 99

Abbildung 6-8: Veränderungen in den Verkehrsbelastungen im Lkw-Verkehr, Maßnahme „Durchfahrtverbot für Lkw durch die Innenstadt“ 103

Abbildung 6-9: Veränderungen in den Verkehrsbelastungen im Lkw-Verkehr, Maßnahme „Durchfahrtverbot für Lkw durch die Innenstadt“, Ausschnitt Innenstadt .. 104

Abbildung 6-10: Übersicht der NO_2-Konzentrationen für das Lkw-Verbot im Gesamtbereich zwischen A7 und A3 108

Abbildung 6-11: Übersicht der NO2-Konzentrationen für das Lkw-Verbot im Kernstadtbereich 109

Abbildung 6-12: Übersicht der NO_2-Konzentrationen für das Lkw-Durchfahrtsverbot durch die Innenstadt 110

Abbildung 7-1: Zeitreihen der stündlichen NO_2-Konzentrationen in 2011 an den Messstationen Stadtring Süd und Kopfklinik 112

Abbildung 7-2: Beispiel für eine Wirkungsanalyse eines UVM auf die NO_2-Konzentrationen in 2011 am Südring 113

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Eckwerte der Verkehrsnachfrage im Kfz-Verkehr Stadt Würzburg 14

Tabelle 2-2: Eckwerte der Verkehrsleistung im Kfz-Verkehr Stadt Würzburg 15

Tabelle 2-3: Emissionsbilanz des Kfz-Verkehrs 2011 27

Tabelle 2-4: Verwendete Sektoren aus dem Emissionskataster 29

Tabelle 2-5: Emissionsverhältnisse für die Nutzungsklassen 30

Tabelle 3-1: Für die Modellierung angesetzter regionaler Hintergrund für NOX und PM10 und Gesamthintergrund für Ozon 40

Tabelle 3-2: Liste der Hotspots in Würzburg (rot eingefärbt: berechnete Grenzwertüberschreitungen) 47

Tabelle 3-3: Vergleich der in Würzburg in 2011 gemessenen Schadstoffkonzentrationen mit den modellierten Werten 53

Tabelle 4-1: Schadstoffgruppen und Anforderungen für die einzelnen Plaketten gemäß Kennzeichnungsverordnung (35. BImSchV 2007) 57

Tabelle 4-2: Veränderung der Kfz-Fahrleistung und der summierten Kfz-Emissionen in den 3 Varianten der Umweltzone 60

Tabelle 5-1: Verkehrsleistungen in der Maßnahme „Flächendeckende Einführung Tempo 30“ und Veränderungen gegenüber dem Analysefall 72

Tabelle 5-2: Verkehrsleistungen in der Maßnahme „Tempo 30 und Vorrangnetz“ und Veränderungen gegenüber dem Analysefall 78

Tabelle 5-3: Übersicht von Untersuchungen zur emissionsseitigen Wirksamkeit von Tempo 30 bzw. 40 auf Hauptverkehrsstraßen 80

Tabelle 5-4: Übersicht von messtechnischen Untersuchungen zur immissionsseitigen Wirksamkeit von Tempo 30 bzw. 40 auf Hauptverkehrsstraßen – Sortierung nach Bundesland, Ort und Jahr der Studie 81

Tabelle 5-5: Veränderung der Kfz-Fahrleistung und der summierten Kfz-Emissionen in den Varianten von Tempo 30 82

Tabelle 6-1: Verkehrsleistungen in der Maßnahme „Lkw-Sperrung B19 im gesamten Abschnitt“ und Veränderungen gegenüber dem Analysefall 95

Tabelle 6-2: Verkehrsleistungen im Lkw-Verkehr bezogen auf die Innenstadt und Veränderungen gegenüber dem Analysefall bei der Maßnahme „Lkw-Sperrung B19 im gesamten Abschnitt“ 96

Tabelle 6-3: Verkehrsleistungen in der Maßnahme „Lkw-Sperrung B19 im Bereich Kernstadt“ und Veränderungen gegenüber dem Analysefall 100

Tabelle 6-4: Verkehrsleistungen im Lkw-Verkehr bezogen auf die Innenstadt und Veränderungen gegenüber dem Analysefall bei der Maßnahme „Lkw-Sperrung B19 im Bereich Kernstadt“ 101

Tabelle 6-5: Verkehrsleistungen im Lkw-Verkehr bezogen auf die Innenstadt und Veränderungen gegenüber dem Analysefall bei der Maßnahme „Durchfahrtverbot für Lkw durch die Innenstadt“..... 105

Tabelle 6-6: Veränderung der Kfz-Fahrleistung und der summierten Kfz-Emissionen in den Szenarien der Lkw-Verbote 106

Tabelle 7-1: Ergebnisse der UVM-Wirkung bei Variationen der Eingangsparameter... 113

Tabelle 8-1: Verkehrsleistung im Kfz- und Lkw-Verkehr in Würzburg nach Straßenkategorien und Veränderungen in den untersuchten Szenarien gegenüber dem Analysefall 2011 (Werktagsverkehr) 115

Tabelle 8-2: Veränderungen der Kfz-Verkehrsleistung und der summierten Kfz-Emissionen in Würzburg insgesamt in den Szenarien (Jahreswerte) 116

Tabelle 8-3: Liste der Hotspots mit berechneten NO_2-Jahresmittelwerten für den Istfall und die verschiedenen Szenarien und Änderungen im Vergleich zum Istfall 120

Tabelle 8-4: Liste der Hotspots mit berechneten PM10-Jahresmittelwerten für den Istfall und die verschiedenen Szenarien und Änderungen im Vergleich zum Istfall..... 121

Abkürzungsverzeichnis

AWAR	Partikel durch Aufwirbelungs- und Abriebsemissionen (Reifen- und Bremsabrieb)
BASt	Bundesanstalt für Straßenwesen
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
EKAT	Emissionskataster
HBEFA	Handbuch für Emissionsfaktoren (herausgegeben vom Umweltbundesamt)
HVS	Hauptverkehrsstraßen
Kfz	Kraftfahrzeug
LOS	Level of Service (entspr. Verkehrsqualität)
Lkw	Lastkraftwagen
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge (Lkw undLieferfahrzeuge bis 3,5 Tonnen zulässiges Gesamtgewicht)
LASAT	LASAT (Lagrange Simulation von Aerosol-Transport), Modell zur Simulation der Ausbreitung von Schadstoffen, Ingenieurbüro Lohmeyer
LLKW	Leichte Lkw (Lkw und Lieferfahrzeuge bis 3,5 Tonnen zulässiges Gesamtgewicht)
LRP	Luftreinhalteplan
MIV	Motorisierter Individualverkehr
NO_2	Stickstoffdioxid
NOx	Stickoxid
O_3	Ozon
ÖV	Öffentlicher Verkehr
Pkw	Personenkraftwagen
PM10	Feinstaub (Partikel, deren aerodynamischer Durchmesser weniger als 10 µm beträgt)
StVO	Straßenverkehrsordnung
SLKW	Schwere Lkw (Lkw über 3,5 Tonnen zulässiges Gesamtgewicht)
SV	Schwerverkehr (Lkw über 3,5 Tonnen zulässiges Gesamtgewicht)
SVZ	Straßenverkehrszählung des Bundes und der Länder
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
VISEM	Verkehrssimulation in Städten – Teil Nachfrageermittlung (Softwaresystem der ptv AG, Karlsruhe)
VISUM	Verkehrssimulation in Städten – Teil Umlegung (Softwaresystem der ptv AG, Karlsruhe)
VDI	Verein deutscher Ingenieure

Einführung – Anlass und Aufgabenstellung

In Würzburg wurde 2011 am Stadtring Süd ein NO_2-Jahresmittelwert in Höhe von 44 µg/m³ und an 36 Tagen eine Überschreitung des PM10-Tagesmittelwerts in Höhe von 50 µg/m³ gemessen. Damit wurden die derzeit gültigen Grenzwerte der 39. BImSchV überschritten.

Der Stadtrat der Stadt Würzburg hat daraufhin am 3. Mai 2012 beschlossen, dass verschiedene Maßnahmen zur Reduzierung der verkehrsbedingten Feinstaubbelastung untersucht werden sollen.

Geprüft werden soll, ob und inwieweit insbesondere vier im Einzelnen genannte Maßnahmen rechtlich zulässig wären und wie sie sich ihre Umsetzung hinsichtlich der Feinstaubimmissionen auswirken würde. Im Zuge der Beauftragung wurde diese Überprüfung auch auf eine Betrachtung der Stickoxide (NOx) ausgeweitet.

Im Einzelnen sollen folgende Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirkungen geprüft werden:

1. die Möglichkeit der Einführung einer Umweltzone,
2. die Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen wie z. B. Straßensperrungen bei Grenzwertüberschreitungen,
3. das Einrichten von Durchfahrtsverbot für Lkw unter 12 t, und schließlich um
4. die großräumige Einführung von Tempo 30 im Stadtgebiet.

Für die Bearbeitung der Aufgabenstellung ist in den einzelnen Teilbereichen umfangreiches Fachwissen erforderlich. Die Bearbeitung wurde deshalb in einem Konsortium vorgenommen, welches die Bereiche Verkehrsrecht, Verkehrsplanung und Umwelt abdeckt.

Verkehrsrecht: Prof. Dr. Ekkehard Hofmann

Institut für Staats- und Verwaltungsrecht, Rechtsphilosophie an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Verkehrsplanung: WVI GmbH Braunschweig

Die WVI GmbH berät die Stadt Würzburg seit vielen Jahren in verkehrsplanerischen Fragestellungen und verfügt mit dem Verkehrsmodellsystem Würzburg über stadtweite und flächendeckende Verkehrsdaten.

Umwelt: IVU Umwelt GmbH, Freiburg

Die IVU Umwelt GmbH ist spezialisiert auf die Modellierung von Umweltbelastungen und die Ermittlung von Wirkungen verkehrlicher Maßnahmen auf die Umwelt.

Insofern erfolgt die Prüfung in zwei Arbeitsfeldern:

Im **ersten Teil** werden die **Wirksamkeit von verkehrlichen Maßnahmen** zur Reduktion der Schadstoffbelastung und die zu erwartenden Minderungspotenziale der Maßnahmen mit dem Einsatz von entsprechenden Verkehrs- und Umweltmodellen abgeschätzt. Dazu wird ausgehend von einem berechneten Basisfall (Ist-Zustand des Verkehrsgeschehens in Würzburg) in unterschiedlichen Varianten und Szenarien die verkehrliche und darauf aufbauend die lufthygienische Situation berechnet.

Die verkehrlichen Betrachtungen erfolgen mit dem Verkehrsmodell Würzburg. Das Verkehrsmodell Würzburg bildet im Ist-Zustand die Verkehrsnachfrage an einem normalen Werktag Montag bis Freitag außerhalb der Ferienzeiten ab. Es beinhaltet sowohl Pkw- als auch Lkw-Verkehre sowie den Busverkehr.

Für eine stadtweite Analyse der Luftschadstoffsituation wird ein sogenanntes Screeningmodell eingesetzt (IMMIS^{luft}). Grundlage der Maßnahmenplanung ist dabei ein möglichst genaues Bild der Verursacheranteile der Luftschadstoffbelastung.

Über einen Vergleich der Berechnungsergebnisse des Szenarios mit dem Basisfall lassen sich die Wirkungen der zu untersuchenden Maßnahmen quantifizieren.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Wirkungsabschätzung erfolgt im **zweiten Teil** der Untersuchung die **Straßenverkehrsrechtliche Prüfung der Maßnahmen**. Für alle genannten Maßnahmen stehen straßenverkehrsrechtliche Ermächtigungsgrundlagen im Prinzip zur Verfügung. Anhand der europarechtlichen Vorgaben wird im Einzelnen geprüft, ob die tatbestandlichen Voraussetzungen für ein Einschreiten nach Straßenverkehrsrecht gegeben sind.

Darüber hinaus war zu klären, ob und inwieweit die verschiedenen zu erwägenden Straßenverkehrsbeschränkungen mit dem Verhältnismäßigkeitsgrundsatz im engeren Sinne vereinbar sind. Die ermittelten Auswirkungen der untersuchten Handlungsalternativen auf Verkehr und Umwelt sollen ergänzend auch vor dem Hintergrund bewertet werden, ob sich aus dem Zusammenwirken mehrerer Faktoren nicht eine andere Beurteilung möglicher Maßnahmen ergibt, z.B. unter Einbeziehung der Aspekte Lärm und Verkehrssicherheit.

Die Ergebnisse der Untersuchung wurden den Vertretern des Fachbereichs Umwelt der Stadt Würzburg und des Arbeitskreises Feinstaub sowie im Juni 2014 im Umwelt- und Planungsausschuss und im Stadtrat vorgestellt und diskutiert.

Teil 1 – Ermittlung der Minderungspotenziale der Maßnahmen

WVI GmbH, Braunschweig

IVU Umwelt GmbH, Freiburg

Bearbeitet von:

Manfred Michael (WVI)
Peter Schulz (WVI)

Volker Diegmann (IVU)
Anna Mahlau (IVU)
Yvonne Breitenbach (IVU)
Dr. Lina Neunhäuserer (IVU)

1 Methodik

Die Wirksamkeit von verkehrlichen Maßnahmen zur Reduktion der Schadstoffbelastung kann mit dem Einsatz von entsprechenden Verkehrs- und Umweltmodellen planerisch abgeschätzt werden. Dazu wird ausgehend von einem berechneten Basisfall die verkehrliche und darauf aufbauend die lufthygienische Situation bei Anwendung einer Maßnahme als Szenario berechnet. Über einen Vergleich der Berechnungsergebnisse des Szenarios mit dem Basisfall lassen sich sowohl die verkehrlichen als auch die lufthygienischen die Wirkungen quantifizieren.

Da sich die in der Stadt Würzburg angedachten Maßnahmen sowohl auf einen Hotspot beziehen (Lkw-Verbot, temporäre Sperrung) als auch flächenhaft wirken (Umweltzone, Tempo 30) ist eine stadtweite Betrachtung erforderlich. Der Betrachtungsraum ist das Gebiet der Stadt Würzburg.

1.1 Verkehr

Die Daten zu den Verkehrsbelastungen und der Verkehrssituation im Stadtgebiet von Würzburg bilden eine wesentliche Grundlage für die Modellierung der Luftschadstoffimmission, wobei der Kfz-Verkehr je nach Lage und Luftschadstoff unterschiedliche Anteile an der Gesamtimmission aufweist. Eine stadtweite und flächendeckende Versorgung mit Verkehrsdaten ist nur über den Einsatz von Verkehrsmodellen möglich. Während Verkehrszählungen nur an ausgewählten Tagen oder Stunden sowie an einzelnen Streckenabschnitten vorgenommen werden können, werden über den Einsatz von Modellen Verkehrsdaten flächendeckend erzeugt. Die Verkehrszählungen liefern dabei wichtige Hinweise zur Kalibrierung und Validierung der Verkehrsmodelle.

Mit dem Verkehrsmodell Würzburg liegen Daten zum werktäglichen Kfz-Verkehr vor. Sie bilden zunächst das Verkehrsgeschehen im sogenannten Basisfall (Ist-Zustand oder Analysefall) ab. Die Verkehrsmengen liegen dabei im Modell nach den Verkehrsarten PKW, leichte Nutzfahrzeuge, schwere Nutzfahrzeuge (Lkw über 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht) und Busse vor.

Die Differenzierung hinsichtlich Nutzfahrzeugen und Busse ist erforderlich, da sie einen wesentlichen Einfluss auf die Stickoxidemissionen haben. Das Verkehrsmodell Würzburg wurde zu Beginn der Bearbeitung besonders hinsichtlich der Verkehrszusammensetzungen der leichten und schweren Nutzfahrzeuge neu kalibriert, da diese Daten aus den bisherigen Untersuchungen nur ungenügend vorlagen. Dazu wurden die Ergebnisse von Verkehrszählungen im Stadtgebiet von Würzburg aus den Jahren 2010 und 2011 in das Verkehrsmodell eingearbeitet.

Mit dem Verkehrsmodell können auch Auslastung der Strecken ermittelt werden. Sie dienen näherungsweise der Abbildung der so genannten Verkehrsqualität (LOS – Level of Service) und beschreiben die Anteile freier Verkehrsfluss, gestörter Verkehrsfluss bis hin zu stopp

and go-Verkehr und bilden eine wichtige Grundlage bei der Simulation der verkehrlichen Emissionen.

Die Abbildung der verkehrlichen Wirkungen jeder einzelnen zu untersuchenden Maßnahme erfolgt zunächst im Verkehrsmodell. Die Maßnahme wird in einer Planfall- oder Szenariobetrachtung in das Verkehrsmodell integriert (z. B. Beispiel als Verringerung der Geschwindigkeit auf Tempo 30 km/h auf ausgewählten Streckenabschnitten). Im nächsten Schritt werden die vorliegenden Verkehrsbeziehungen im Kfz Verkehr auf die veränderten Netze umgelegt. Im Ergebnis zeigen sich Verkehrsverlagerungen durch geänderte Wahl der Fahrtrouten. Gleichzeitig ändern sich mit den Verkehrsbelastungen auch die Auslastungen der Strecken. Aus der Auslastung der Strecken wird auf die Verkehrsqualität geschlossen.

Die Daten zu den Verkehrsbelastungen in den einzelnen Verkehrssystemen sowie zur Verkehrsqualität werden für alle Streckenabschnitte für den Basisfall sowie für die untersuchten Maßnahmen an die IVU zur Weiterverarbeitung in den Umweltmodellen übergeben.

1.2 Luftschadstoffsituation

1.2.1 Allgemeines

Eine schematische Darstellung, wie sich die Luftbelastung innerhalb einer Stadt zusammensetzt, zeigt Abbildung 1-1. An den verkehrlichen Hotspots ist die Gesamtbelastung die Summe aus regionalem Hintergrund, urbanem Hintergrund und Zusatzbelastung.

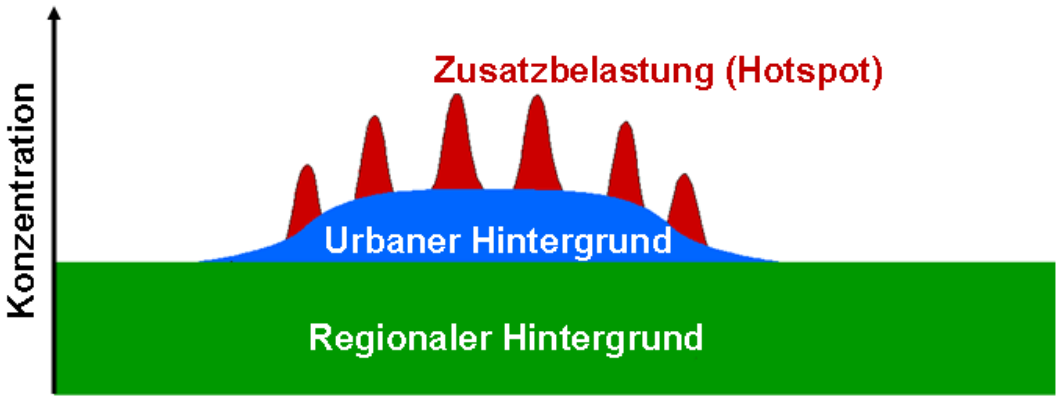


Abbildung 1-1: Schema der Zusammensetzung der städtischen Gesamtbelastung (Lenschow et al., 2001)

Bei der Ermittlung der Immissionsbelastung wird die Konzentration an ausgewählten Punkten bzw. für ausgewählte Bereiche mit sogenannten Ausbreitungsmodellen berechnet. Eine vollständige Modellierung im urbanen Maßstab erfordert dazu die Einbeziehung aller städtischen Emissionsquellen und die Verwendung von Regionalmodellen zur Berechnung des urbanen bzw. regionalen Hintergrunds sowie von Screening- oder Detailmodellen für die Betrachtung eines Hotspots. Gemäß dem Schema aus Abbildung 1-2 wurde eine Immissionsberechnung für die Luftschadstoffsituation in Würzburg durchgeführt.

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, wird Vorbelastung oder Hintergrundbelastung genannt. Die Vorbelastung ist von der im Modell betrachteten räumlichen Skala abhängig.

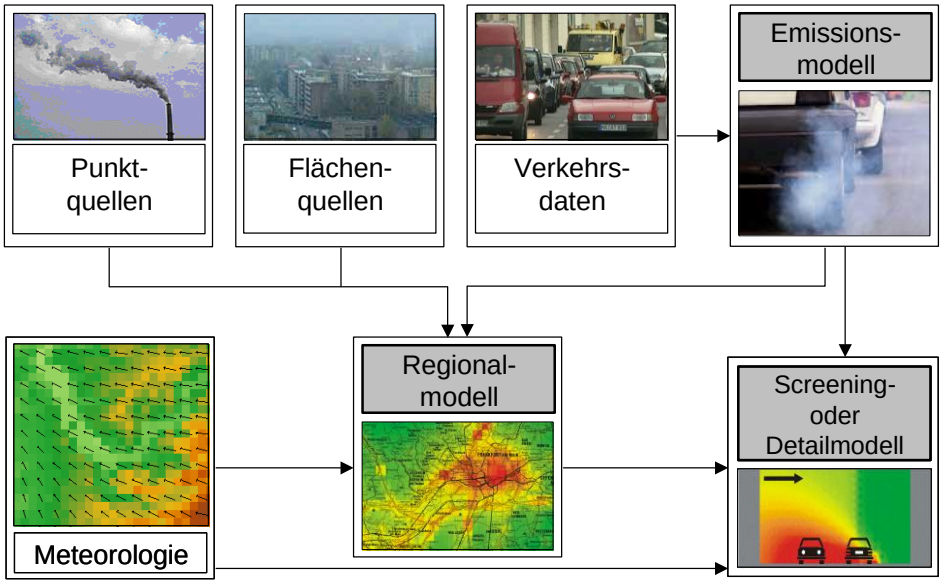


Abbildung 1-2: Schema einer vollständigen Modellierung

1.2.2 Emissionskataster

Aufbauend auf den Daten des Kfz-Verkehrs wurden die verkehrsbedingten Emissionen mit Hilfe des Emissionsmodells IMMIS^{em} in der Version 5 (IVU Umwelt, 2012b) berechnet. 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 Kombination aus Gebiet, Straßentyp, Tempolimit und Level of Services (LOS) wurden aus der Verkehrsplanung übernommen (Kapitel 1.1).

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 (AWAR) ist in IMMIS^{em} für PM10 entsprechend der aktuellen Erkenntnisse auf Basis der Verkehrssituationen nach Düring et al. (2011) integriert.

Für alle betrachteten Strecken wurden in allen Fällen die Emissionen von NO_X, NO_2, Abgas-Partikeln und PM10 berechnet.

Neben den Emissionen des Straßenverkehrs wurden als weitere Emissionsquellen im Stadtgebiet Würzburg die Sektoren Industrie, Hausbrand und sonstiger Verkehr berücksichtigt (Kapitel 2.3.2).

1.2.3 Urbane Skala

Die ermittelten Emissionsdaten waren Grundlage für die Berechnung der aktuellen Immissionsbelastung im Hauptstraßennetz der Stadt Würzburg.

Die Modellierung der 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, wurde das digitale Geländemodell (DGM) von Würzburg und Umgebung berücksichtigt. 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. Eingangsdaten für die Berechnungen waren meteorologische Daten als Zeitreihe 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.

LASAT stellt die Vorbelastungssdaten für das Screeningmodell $IMMIS^{luft}$ bereit, in dem bei der Berechnung der Beitrag des mit dem Screeningmodell zu untersuchenden Straßenabschnitts für potenziell hochbelastete Abschnitte nicht berücksichtigt wird.

1.2.4 Hotspot-Analyse

Anschließend wurde mit Hilfe des Screeningmodells $IMMIS^{luft}$ die Zusatz- und Gesamtbelastung in Straßenschluchten ermittelt. Das Modell berechnet für bebauungs- und verkehrshomogene Straßenabschnitte jeweils einen Wert der Zusatzbelastung auf Basis von sogenannten Kopplungswerten und den verkehrsbedingten Emissionen des jeweiligen Straßenabschnitts unter Berücksichtigung des Jahresmittelwerts der Windgeschwindigkeit. Die Kopplungswerte stellen den Zusammenhang zwischen den Emissionen im Straßenraum und der

zu berechnenden Zusatzbelastung her. Sie werden für rund 300 typisierte Straßenschluchten mit unterschiedlicher Höhe, Breite und Ausrichtung auf Basis der Ausbreitungsklassenstatistik aus Kapitel 2.3.3 vorprozessiert.

Die Zusatzbelastung wird pro Straßenabschnitt für zwei fest definierte Aufpunkte im Straßenquerschnitt, d. h. beidseits der Straße in 1.5 m Höhe und im Abstand von 15 % des Bebauungsabstandes (quer zur Straße) von der Bebauung, berechnet. Ausgegeben wird der größere der beiden berechneten Werte. Ein Straßenabschnitt wird als in sich homogen bezeichnet, wenn er auf beiden Seiten homogen, d. h. mit einer Höhendifferenz von bis zu ± 10 % der durchschnittlichen Höhe, und durchgehend bebaut und mindestens doppelt so lang wie breit ist. Um Baulücken in einem Straßenabschnitt zu berücksichtigen, kann eine Porosität vorgegeben werden, die sich aus Länge und Breite des Straßenabschnitts sowie der bebauten Länge berechnet. Für Porositäten > 90 % (100 % entspricht einem Straßenabschnitt ohne Bebauung) ist der Einsatz von IMMIS^{luft} nicht gültig.

1.2.5 Bestimmung des NO_2-Jahresmittelwerts

Eine interessierende Größe der Ausbreitungsrechnung in diesem Projekt ist der Jahresmittelwert der NO_2-Gesamtbelastung. 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.

In der vorliegenden Untersuchung wurde für die Berechnung des NO_2-Jahresmittelwerts der Ansatz nach Düring & Bächlin (2009) verwendet. Er beruht auf dem Ansatz nach Hertel & Berkowicz (1989), arbeitet aber mit Jahresmittelwerten. Die Übertragbarkeit der Gleichungen aus Hertel & Berkowicz (1989) auf Jahresmittelwerte wurde dabei nicht theoretisch abgeleitet, sondern empirisch durch den Vergleich mit Messdaten überprüft. Die bei Hertel & Berkowicz zeitabhängigen Größen J, k und τ werden in Düring & Bächlin (2009) als konstante Parameter wie folgt festgelegt:

$$J = 0.0045\ s^{-1}$$

$$k = 0.00039\ (ppb\ s)^{-1}$$

$$\tau = 100\ s$$

Als Eingangsdaten gehen die NO_X-Gesamtbelastung in der Straßenschlucht, die Hintergrundkonzentrationen von NO_X, NO_2 und O_3 sowie der Anteil der primären NO_2-Emissionen an den NO_X-Emissionen als Jahresmittelwerte in die Berechnung ein. Als Ergebnis werden Jahresmittelwerte der NO_2-Gesamtbelastung berechnet.

1.2.6 Referenzwert zum PM10-Tagesgrenzwertkriteriums

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 statistischen 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 1-3). Daraus ergibt sich, dass ab einem PM10-Jahresmittelwert von 30 µg/m³ davon auszugehen ist, dass die zulässigen 35 Überschreitungstage des PM10-Tagesgrenzwerts überschritten werden.

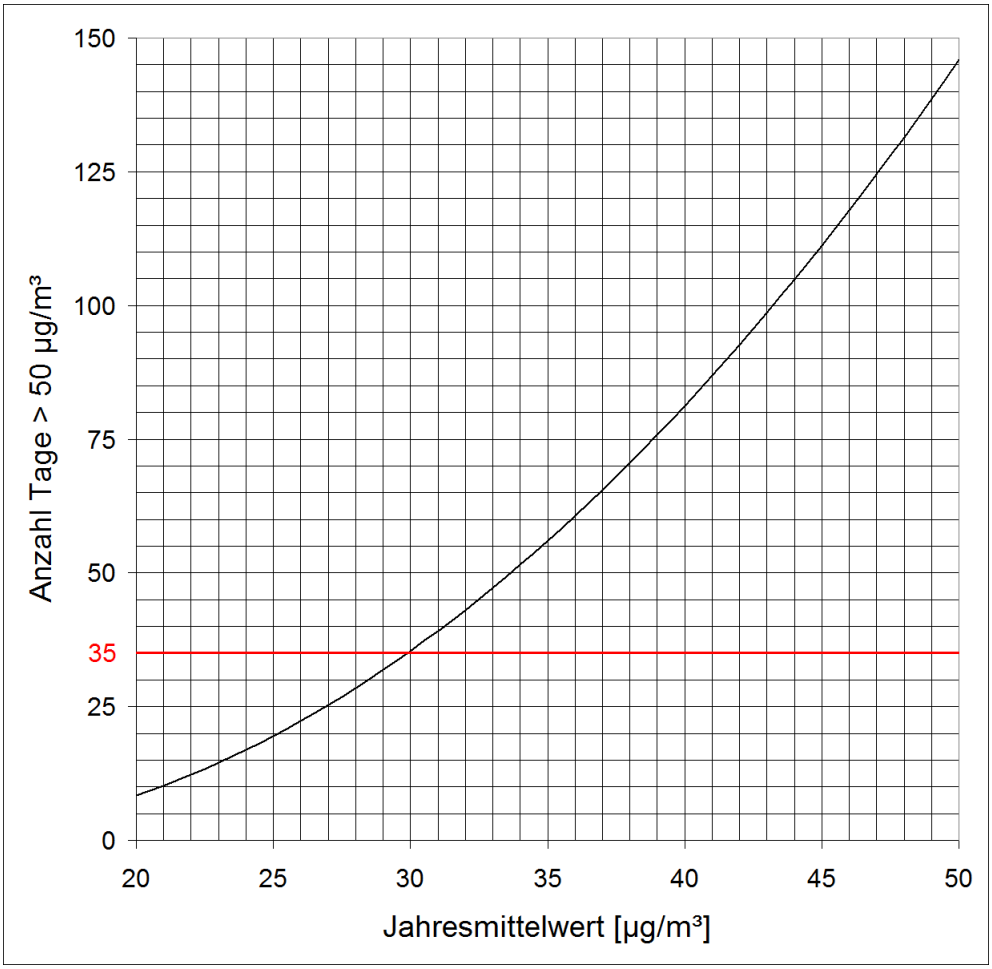


Abbildung 1-3: Statistischer Zusammenhang zwischen dem PM10-Jahresmittelwert und der Anzahl Tage mit einem PM10-Tagesmittelwert > 50 µg/m³

2 Datengrundlage

2.1 Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungen beziehen sich auf das gesamte Stadtgebiet von Würzburg. In Abbildung 2-1 ist das Stadtgebiet mit dem Haupt- und Nebenstraßennetz und der Lage der Messstationen des lufthygienischen Landesüberwachungssystems Bayern in Würzburg in 2011 dargestellt.

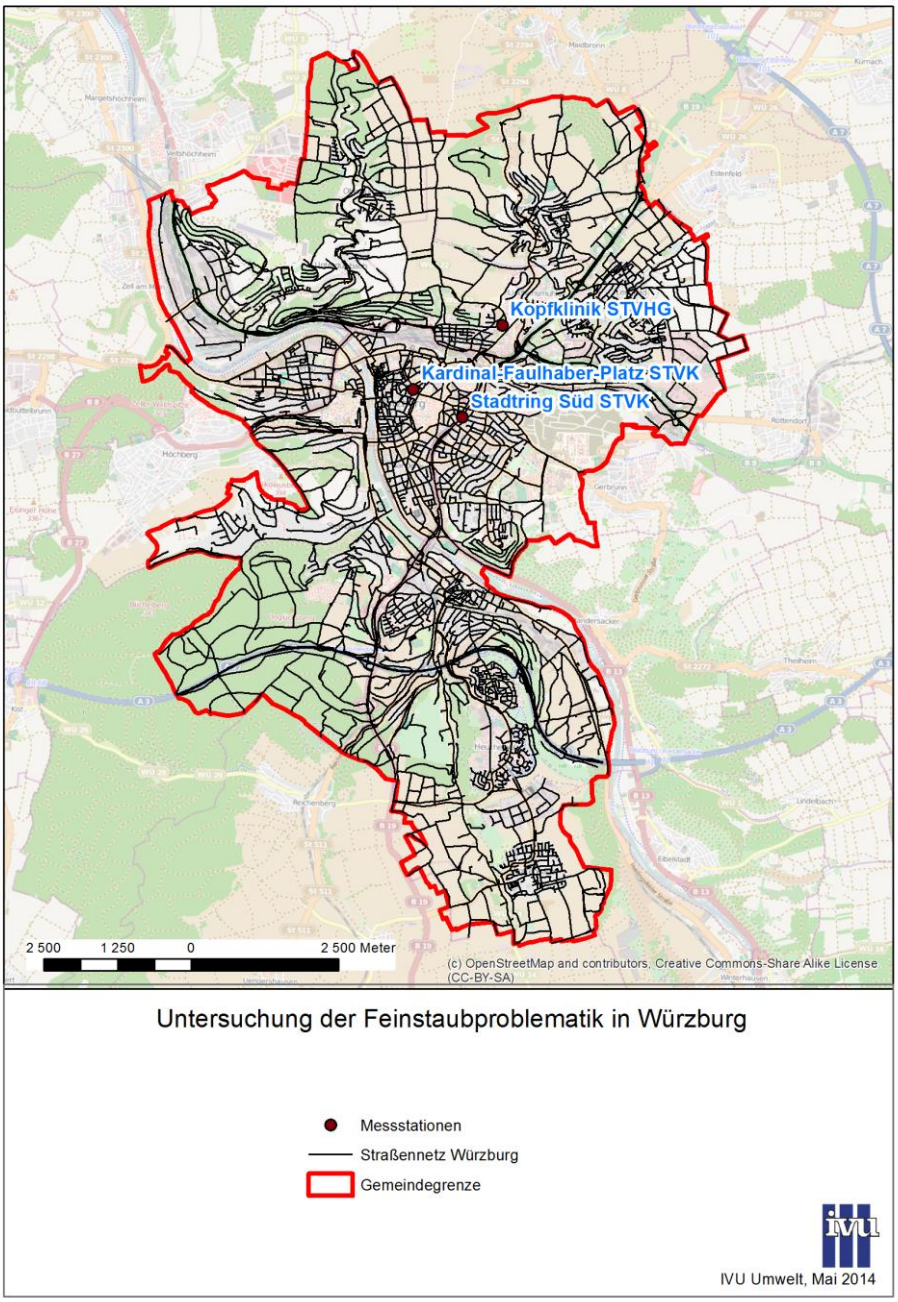


Abbildung 2-1: Untersuchungsgebiet Stadtgebiet Würzburg mit Haupt- und Nebenstraßennetz und den Luftschadstoffmessstationen in 2011

2.2 Verkehrsdaten

2.2.1 Verkehrsmodell

Die Verkehrsdaten für die Feinstaubuntersuchung werden mit dem Verkehrsmodell Würzburg ermittelt. Das Modellsystem „Verkehrsmodell Würzburg“ ermöglicht die Berechnung und Bewertung u. a. von Maßnahmen in Verkehrsnetzen (Veränderung und Sperrung von Straßen, Bau von Straßenbahnlinien etc.) ebenso wie die Bewertung der verkehrlichen Auswirkungen von Maßnahmen der Siedlungsentwicklung (Neuansiedlungen im Leighton_Areal).

Die WVI GmbH wurde im Jahr 2008 mit der Konzeption und dem Aufbau eines integrierten Verkehrsmodellsystems für Stadt und Landkreis Würzburg beauftragt (vgl. WVI 2010). Schwerpunkt der Betrachtung war damals die Ermittlung der Verkehrsnachfrage im motorisierten Personenverkehr zu Bewertung der Straßenbahnlinie ins Frauenland und Hubland. Zwischendurch wurden Erweiterungen des Modellsystems vorgenommen, die insbesondere der Abbildung des Wirtschaftsverkehrs auf der Straße (leichte und schwere Nutzfahrzeuge) dienen. Eine Differenzierung in unterschiedliche Fahrzeugarten war insbesondere geboten, die sich die Nutzfahrzeuge hinsichtlich ihres Emissionsverhaltens deutlich von Pkw unterscheiden.

Aufbereitung der Datengrundlagen

Die modellmäßige Berechnung der Verkehrsnachfrage (Fahrtenwünsche) erfolgt im Verkehrsmodell Würzburg mit einem Wegekettenansatz unter VISEM/VISUM. Wesentliche Eingangsgrößen hierfür sind die Anzahl und räumliche Verteilung der Einwohner (nach Altersklassen), der Arbeitsplätze (nach Wirtschaftsabteilungen) sowie der Schul- und Studienplätze. Zur räumlichen Verortung der Strukturdaten wurde das Untersuchungsgebiet in 619 Verkehrszellen unterteilt, davon 118 in der Stadt, 142 im Landkreis sowie weitere 359 Verkehrszellen im Umland. Für alle Verkehrszellen wurden die aufgeführten Daten zur Siedlungsstruktur zusammengestellt und aufbereitet. Für die Würzburger Innenstadt liegen darüber hinaus Angaben zu den Parkhäusern und Parkplätzen vor, die ebenfalls in das VISUM-Modellsystem eingearbeitet wurden.

Die Abbildung 2-2 zeigt die Aufteilung des Verkehrsmodells in das sog. Berechnungsmodell (Algorithmen) und das Datenmodell (Eingangsdaten).

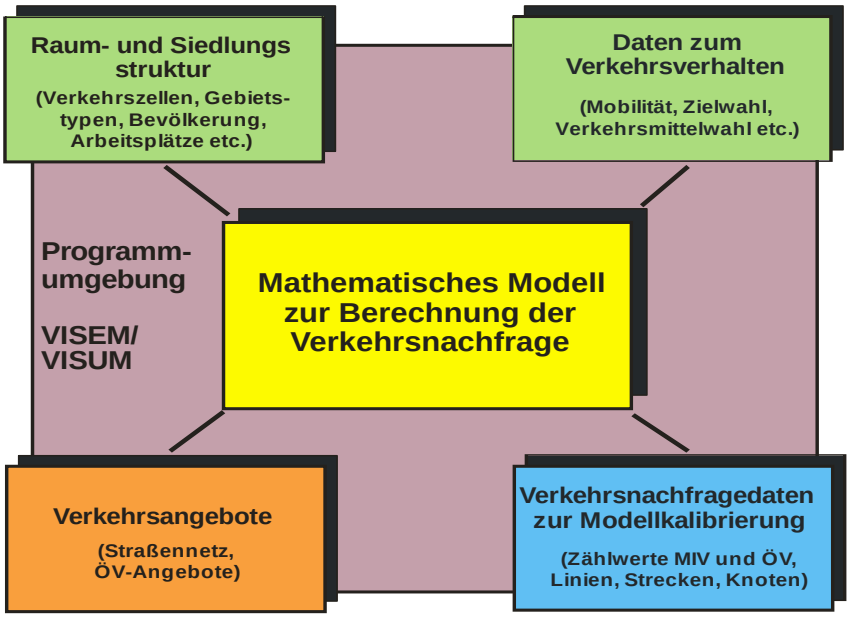


Abbildung 2-2: Verkehrsmodell Würzburg - Aufteilung in Berechnungsmodell und Datenmodell

Als Grundlage für die Kalibrierung des Modellsystems, d. h. für den Vergleich zwischen berechneter und erhobener Verkehrsnachfrage, wurden Vergleichsdaten aus Zählungen aufbereitet. Diese Daten bilden den Maßstab für die Abbildungsgüte des Berechnungssystems.

Für den Kfz-Verkehr wurden umfangreiche Zählungen aus den Jahren 2010 und 2011 eingearbeitet. Bei diesen Zählungen wurde unter anderem ein Schwerpunkt auf die Erhebung der leichten und schweren Nutzfahrzeuge gelegt. Als schwere Nutzfahrzeuge werden analog zur Straßenverkehrsordnung Lkw mit einem zulässigen Gesamtgewicht über 3,5 t bezeichnet. Die Daten wurden aufbereitet und ebenfalls in das VISUM-Modell integriert. Daneben wurden die Ergebnisse der bundesweiten Straßenverkehrszählung 2010 (SVZ 2010) aufgenommen.

Abbildung des Straßennetzes im Verkehrsmodell

Die Basis des Verkehrsmodellsystems bilden die Verkehrsangebote für MIV und ÖV mit Stand 2011. Das Straßennetz beinhaltet alle befahrbaren Straßen im Bereich von Stadt und Landkreis Würzburg und entspricht dem aus Navigationsgeräten bekannten Standard (navteq-Daten). Das Verkehrsnetz beinhaltet neben der Streckengeometrie vor allem auch Angaben zu Geschwindigkeiten, Kapazitäten, Einbahnstraßenregelungen, Abbiegeverboten etc.

ÖV-Angebot im Busverkehr

Parallel zum Kfz-Verkehr beinhaltet das Verkehrsmodell Würzburg auch die Fahrpläne des ÖPNV einschließlich der Lage aller Haltestellen sowie die Linienwege der städtischen und regionalen Buslinien, der Straßenbahnlinien sowie der und DB-Strecken. Enthalten ist damit der gesamte vvm- und DB-Fahrplan in Würzburg für einen normalen Werktag Montag bis Freitag während der Schulzeit.

Berechnung der Verkehrsnachfrage für den IST-Zustand

Die genannten Eingangsgrößen bilden die Grundlagen für die Berechnung des sog. Basis- oder Analysefalls 2011 mit dem Verkehrsmodell Würzburg. Mit diesen Daten und unter Ansatz eines personengruppenspezifischen Wegekettenansatzes (VISEM) wird im Modell die werktägliche Verkehrsnachfrage der Bewohner von Stadt und Landkreis Würzburg berechnet.

Hierzu überlagert werden die Verkehrsnachfrage der Einpendler aus dem angrenzenden Umland sowie die Fernverkehre als Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehre, z. B. auf den Bundesfernstraßen. Im Kfz-Verkehr wird zusätzlich der Verkehr der leichten und schweren Lkw berücksichtigt. Die Matrix wurde aus den bisherigen Untersuchungen für die Stadt Würzburg übernommen und im Rahmen der Kalibrierung anhand der entsprechenden Zählwerte für die Nutzfahrzeuge fortgeschrieben.

Das Gesamtsystem wurde anhand der Vergleichsdaten der aktuellen Zählungen im Kfz-Verkehr überprüft und kalibriert. Im Ergebnis zeigen sich Verkehrsaufkommenswerte und Verkehrsbelastungen auf den Straßen in Würzburg.

2.2.2 Verkehrsnachfrage und Verkehrsbelastungen

Die Tabelle 2-1 zeigt die Eckwerte der Verkehrsnachfrage im Kfz-Verkehr in der Einheit Kfz-Fahrten pro Werktag für den Basis- oder Analysefall (Ist-Zustand). Sie werden differenziert für:

- Pkw-Verkehr
- leichte Nutzfahrzeuge
- schwere Nutzfahrzeuge (Lkw über 3,5 t zul. Gesamtgewicht)

Die Tabelle enthält auch die Differenzierung nach dem räumlichen Bezug (Binnenverkehr, die Würzburger, Stadtgrenze überschreitender Quellverkehr und Zielverkehr). Durchgangsverkehr und Fahrten der Würzburger Bevölkerung außerhalb der Stadtgrenze (Außenverkehr) sind in dieser Auswertung nicht enthalten (siehe Verkehrsleistung).

An einem normalen Werktag werden rd. 486.000 Kfz-Fahrten von Würzburgern oder Fremden mit Quelle und/oder Ziel in Würzburg durchgeführt. Insgesamt sind 86% der Kfz-Fahrten im Quell-, Ziel- und Binnenverkehr Würzburgs Pkw-Fahrten, der Anteil Nutzfahrzeuge beträgt 14 %. Der Lkw-Schwerverkehr hält einen Anteil von 5,7% an der gesamten Verkehrsnachfrage.

Der Quell- und Zielverkehr im Kfz-Verkehr Würzburgs ist deutlich größer als im Binnenverkehr. Im Binnenverkehr werden besonders von den Bewohnern der Stadt auch eine Vielzahl von Fahrten und Wegen mit dem ÖV, dem Fahrrad oder zu Fuß zurück gelegt.

	Verkehrsnachfrage in [Kfz-Fahrten/Werktag)			
Analyse 2011	PKW	LNF	LKW	Summe KFZ
Binnenverkehr	168.800	9.100	6.100	184.000
Quellverkehr	123.600	15.300	10.700	149.600
Zielverkehr	125.500	15.600	10.900	152.000
Summe *)	417.900	40.000	27.700	485.600

Angaben in [Kfz-Fahrten/Werktag]
Verkehrsmodell Würzburg, Analyse 2011
Auswertung bezogen auf Stadtgebiet Würzburg
*) ohne Durchgangsverkehr

Tabelle 2-1: Eckwerte der Verkehrsnachfrage im Kfz-Verkehr Stadt Würzburg

Die Tabelle 2-2 zeigt die Eckwerte der Verkehrsleistung im Straßennetz auf dem Stadtgebiet Würzburg in der Einheit Kfz-km pro Werktag für den Basis- oder Analysefall (Ist-Zustand). Sie wird über eine Auswertung der für jede Strecke per Simulation bestimmten Kfz-Belastungen ermittelt, differenziert nach den Fahrzeugklassen:

- Pkw-Verkehr
- leichte Nutzfahrzeuge
- schwere Nutzfahrzeuge (Lkw über 3,5 t zul. Gesamtgewicht)
- Busverkehr

Der Busverkehr wurde dabei aus dem Fahrplan der bedienenden Verkehrsunternehmen bestimmt. Enthalten ist dabei sowohl der Stadt- als auch der Regionalverkehr.

Analyse 2011		Verkehrsleistung in [Fzg-km]				
		PKW	LNF	LKW	Bus	Summe KFZ
Außerorts-straßen	Autobahnen und Bundesstraßen	1.001.400	91.100	161.600	1.600	1.255.600
	Landes-, Kreis- und sonstige Straßen	127.500	6.200	5.800	700	140.200
Innerorts-straßen	Haupt- und Sammelstraßen	1.123.200	53.900	49.800	10.400	1.237.300
	Wohn- und Erschließungsstraßen	162.200	8.100	6.200	3.300	179.700
Verkehrsleistung insgesamt		2.414.300	159.300	223.300	16.000	2.812.800

Datenbasis: Verkehrsmodell Würzburg
Auswertung bezogen auf Stadtgebiet Würzburg
Angaben in [Fahrzeug-km/Werktag]
Abweichungen in den Summen durch Rundung der Einzelwerte möglich

Tabelle 2-2: Eckwerte der Verkehrsleistung im Kfz-Verkehr Stadt Würzburg

Streckenbelastungen im Kfz-Verkehr

Die Streckenbelastungen im Kfz-Verkehr ergeben sich aus der Überlagerung der einzelnen Verkehrssegmente (sog. Routensuche und Umlegung der Verkehrsnachfrage). Überlagert werden:

- der Pkw-Verkehr der Bewohner in Stadt und Landkreis Würzburg,
- der Pkw-Durchgangs- und Fernverkehr inkl. Quell- und Zielverkehr Würzburg
- der Verkehr der leichten Nutzfahrzeuge
- der Lkw-Verkehr

Die Streckenbelastungen im Busverkehr wurden aus den Fahrplänen und Linienverläufen bestimmt. Sie werden in den zu untersuchenden Maßnahmen als gegeben unterstellt und hinsichtlich ihrer Fahrpläne und Linienverläufe nicht verändert.

Die mit dem Verkehrsmodell Würzburg ermittelten Streckenbelastungen im Kfz-Verkehr sind in Abbildung 2-3 für das gesamte Stadtgebiet und in der Abbildung 2-4 im Ausschnitt Innenstadt dargestellt. Es zeigen sich deutlich die hohen Verkehrsbelastungen auf der A3 im südlichen Stadtgebiet mit rd. 65.000 – 75.000 Kfz-Fahren pro Tag. Auf dem Stadtring-Süd (B19) werden Belastungen im Tagesverkehr zwischen 40.000 und 50.000 Kfz/Tag erreicht. Der Röntgenring weist Belastungen zwischen 34.000 und 37.000 Kfz/Tag auf, auf dem östlichen Abschnitt vor dem Berliner Platz (Haugerring) werden 37.000 Kfz/Tag erreicht. Der Stadtring Nord sowie die östliche Zufahrt über die B 8 liegen bei Werten bis zu 30.000 Kfz/Tag. Der Rennweg sowie die Theaterstraße und Bahnhofstraße werden täglich von rd. 12.000 bis 15.000 Kfz durchfahren.

Die Abbildung 2-5 und Abbildung 2-6 zeigen die Streckenbelastungen im Schwerverkehr (Lkw > 3,5 t und Busse). Der Lkw-Schwerverkehr nutzt vor allem die Autobahnen wie die A3 im Süden, auf der täglich rd. 15.000 Lkw-Verkehren, sowie die B19 (rd. 2.600 Lkw pro Tag). Dagegen sind in der Kernstadt Würzburg deutlich geringere Lkw-Verkehre zu finden: z.B. sind auf der Theaterstraße lediglich rd. 350 – 500 Lkw pro Tag zu finden, darunter i.W. Quell- und Zielverkehre zum Liefern.

Die stärksten Busverkehre zeigen sich vor dem Hauptbahnhof und auf der Theaterstraße. Auf dem Haugerring in Höhe Hauptbahnhof finden an einem normalen Werktag rd. 1.360 Busfahrten pro Tag statt. Die Busbelastung auf der Theaterstraße nördlich Kardinal-Faulhaber-Platz beträgt 830 Busse pro Tag, auf dem Rennweg 700 Busse (siehe Abbildung 2-7).

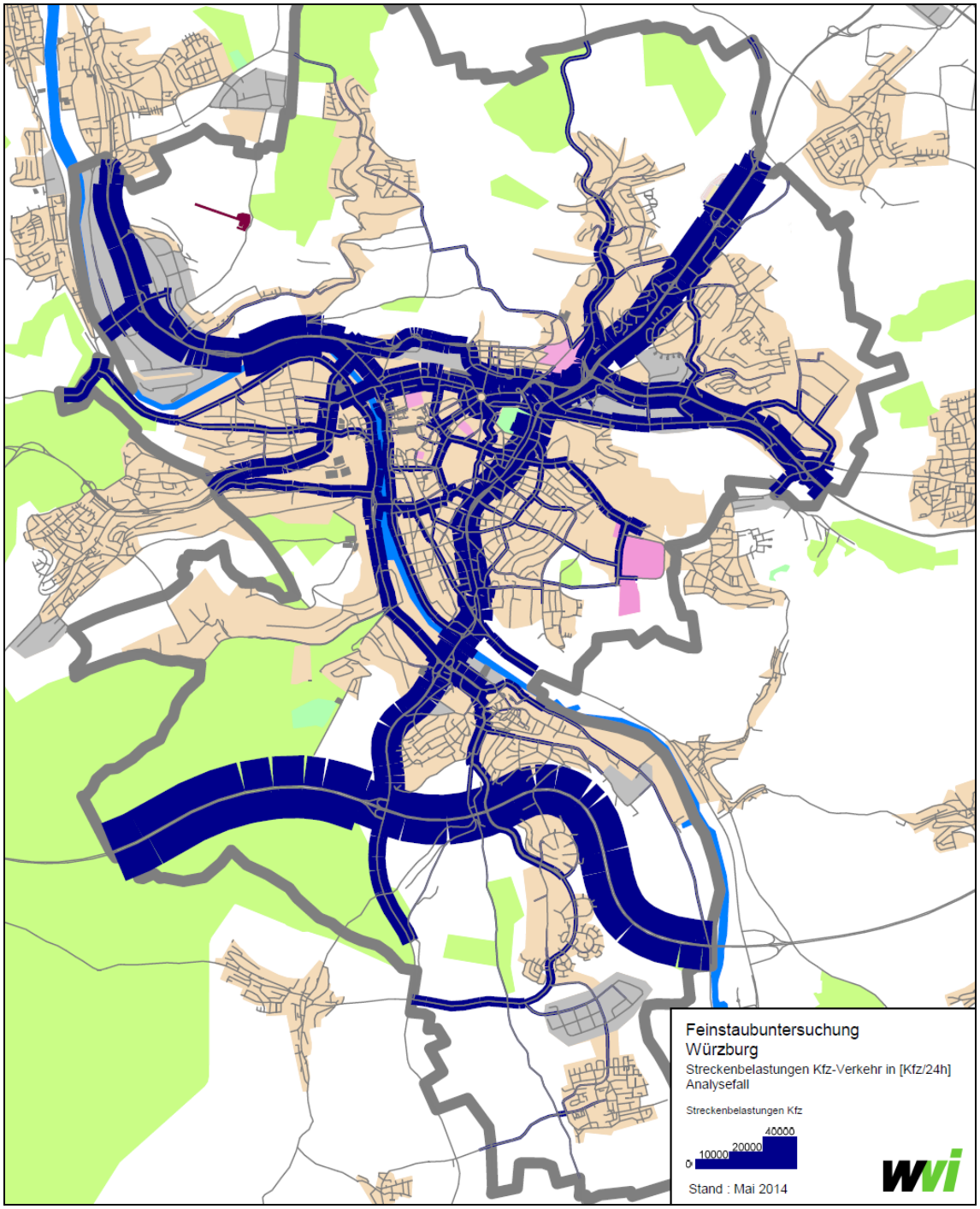


Abbildung 2-3: Straßennetz Stadt Würzburg und Verkehrsbelastungen im werktäglichen Kfz-Verkehr, Analysefall 2011

Abbildung 2-4: Straßennetz Stadt Würzburg und Verkehrsbelastungen im werktäglichen Kfz-Verkehr, Ausschnitt Innenstadt

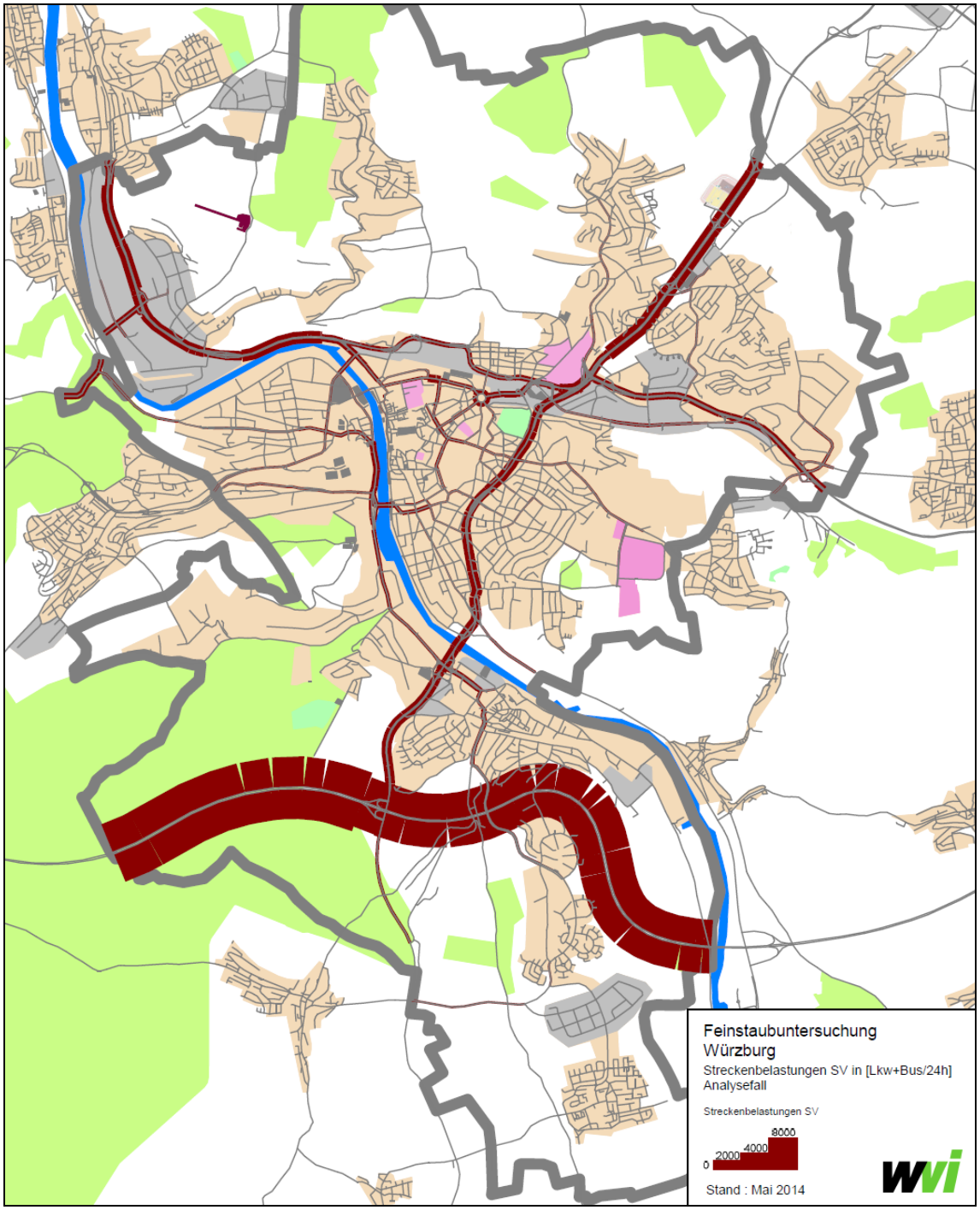


Abbildung 2-5: Straßennetz Stadt Würzburg und Verkehrsbelastungen im werktäglichen Schwerverkehr (Lkw+Bus), Analysefall 2011

Abbildung 2-6: Straßennetz Stadt Würzburg und Verkehrsbelastungen im werktäglichen Schwerverkehr (Lkw+Bus), Analysefall 2011, Ausschnitt Innenstadt

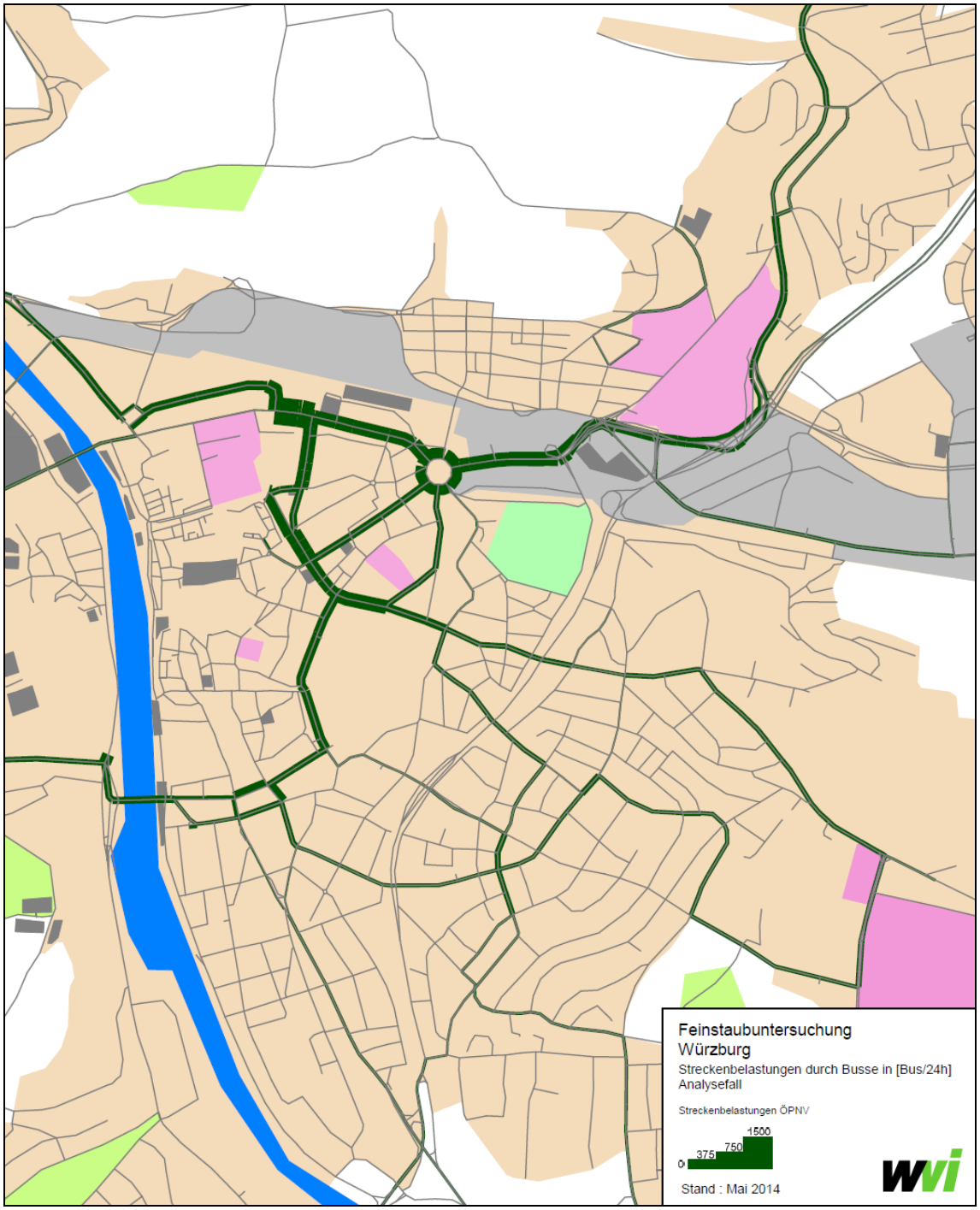


Abbildung 2-7: Werktäglicher Busverkehr in Würzburg, Analysefall 2011, Ausschnitt Innenstadt

Qualität des Verkehrsablaufs (sog. Level of Service)

Da für die Emissionsberechnung flächendeckende Information zur Qualität des Verkehrsablaufs (sog. Level of Service) benötigt werden, wurde von der WVI zusätzlich ein Modul zur Abschätzung der Level of Service-Anteile (LOS-Anteile) auf den einzelnen Streckenabschnitten in der betrachteten Tagesstunde in das Verkehrsmodell implementiert. Da keine flächendeckenden, empirischen Daten zu Geschwindigkeiten oder Fahrzeiten zur Verfügung standen, wurde dabei ein in der Praxis gängiger, rein modellbasierter Ansatz gewählt.

Da in der Regel an einem Streckenabschnitt nicht über eine komplette Tagesstunde ein einheitlicher LOS vorliegt, werden die Ergebnisse als relativer Anteil der LOS-Stufe am Gesamtverkehr des Tages ermittelt und ausgewiesen.

Im Netzmodell ist für jedes Streckenelement eine maximale Streckenkapazität definiert. Diese bildete den Ausgangspunkt für die Festlegung einer LOS-Streckenkapazität. Über unterschiedliche Verteilungsfunktionen können für eine spezifische Streckenauslastung (in Prozent der LOS-Streckenkapazität) die Anteile der einzelnen LOS-Stufen ermittelt werden. Die Abbildung 2-8 zeigt exemplarische eine Verteilung zur Herleitung der LOS-Anteile aus den Auslastungen im Verkehrsmodell.

Die LOS-Anteile sind wie folgt definiert (vgl. HBEFA):

LOS 1 (flüssig):	frei und stetig fließender Verkehr
LOS 2 (dicht):	dichter, aber noch flüssiger Verkehrsfluss bei starkem Verkehrsvolumen
LOS 3 (gesättigt):	unsteter Verkehrsfluss bei starken Geschwindigkeitsschwankungen bei gesättigten/gebundenen Verkehrsfluss, erzwungene Zwischenstopps möglich
LOS 4 (stopp and go):	Stopp and go-Verkehr, starke Stauerscheinungen des Verkehrszusammenbruch, Geschwindigkeitsschwankungen bei geringen Geschwindigkeiten

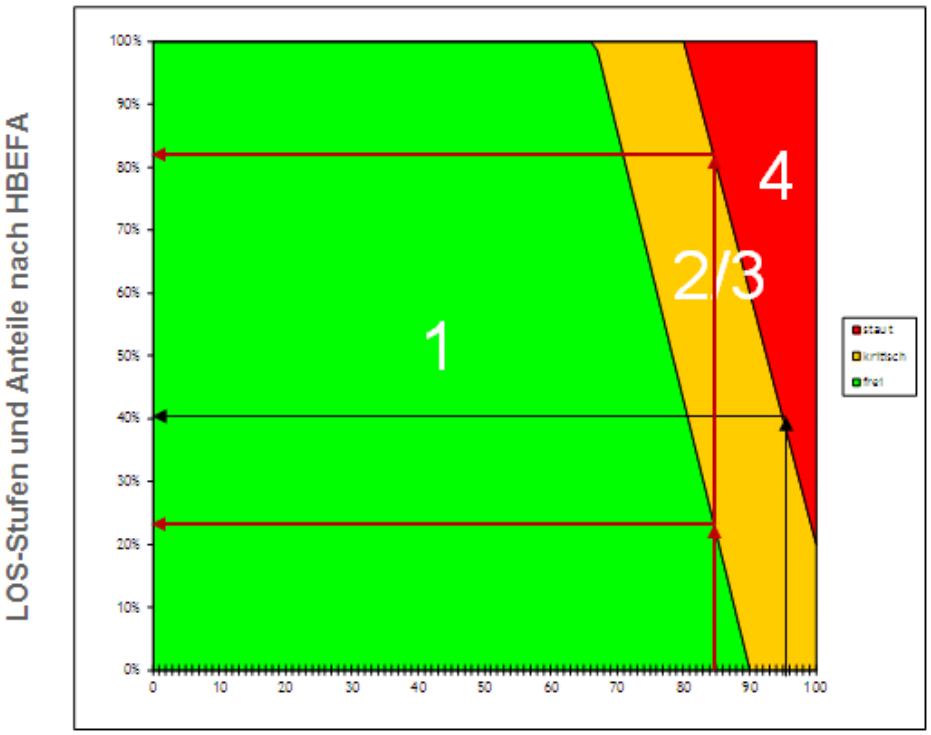


Abbildung 2-8: Herleitung der LOS-Anteile

Reduziert sich beispielsweise die Verkehrsmenge und damit die Auslastung einer Strecke, zum Beispiel aufgrund einer durch eine Maßnahme erzielte Verkehrsverlagerung, so ergäbe sich zusätzlich zur Reduzierung der Verkehrsmenge auch eine Verbesserung in der Qualität des Verkehrsablaufs.

In der Abbildung 2-10 und Abbildung 2-11 ist die Verkehrsqualität im Kfz-Verkehr dargestellt. In den Abbildungen sind solche Streckenabschnitte in rot und orange markiert, die einem hohen Anteil an den LOS-Stufen 3 und 4 aufweisen, überwiegend zu den Spitzenzeiten.

Die Abbildung 2-9 zeigt die Geschwindigkeitsbegrenzungen im Stadtgebiet Würzburg (Quelle: Stadt Würzburg, Baureferat, FA Tiefbau, Stand: 3. Juni 2013). Auf der überwiegenden Zahl der Haupt- und Sammelstraßen in Würzburg gilt eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h, auch auf wesentlichen Streckenabschnitten der verkehrstragenden Bundesstraßen in Würzburg (8, B19) gilt Tempo 50 km/h. Dagegen gilt in Wohngebieten überwiegend eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von Tempo 30 km/h oder darunter.

Die in diesem Kapitel dargestellten Daten zum Kfz-Verkehr im Analysefall 2011 bilden die Basis für die Berechnung der verkehrlichen Wirkungen der zu untersuchenden Maßnahmen und Szenarien. Eine Verkehrsprognose wurde auftragsgemäß nicht erstellt.

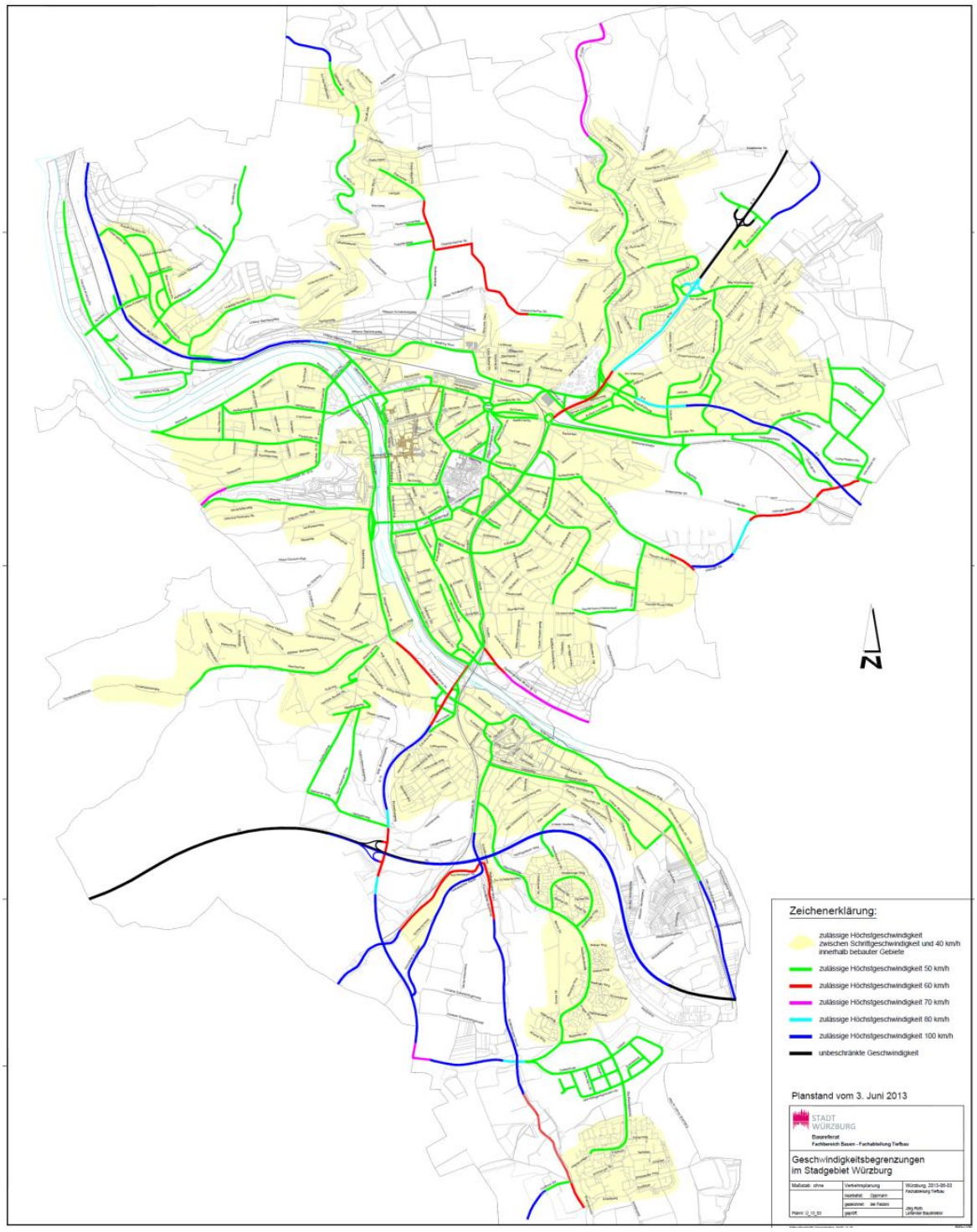


Abbildung 2-9: Geschwindigkeitsbegrenzungen im Stadtgebiet Würzburg
(Quelle: Stadt Würzburg, Baureferat, FA Tiefbau, Stand: 3. Juni 2013)

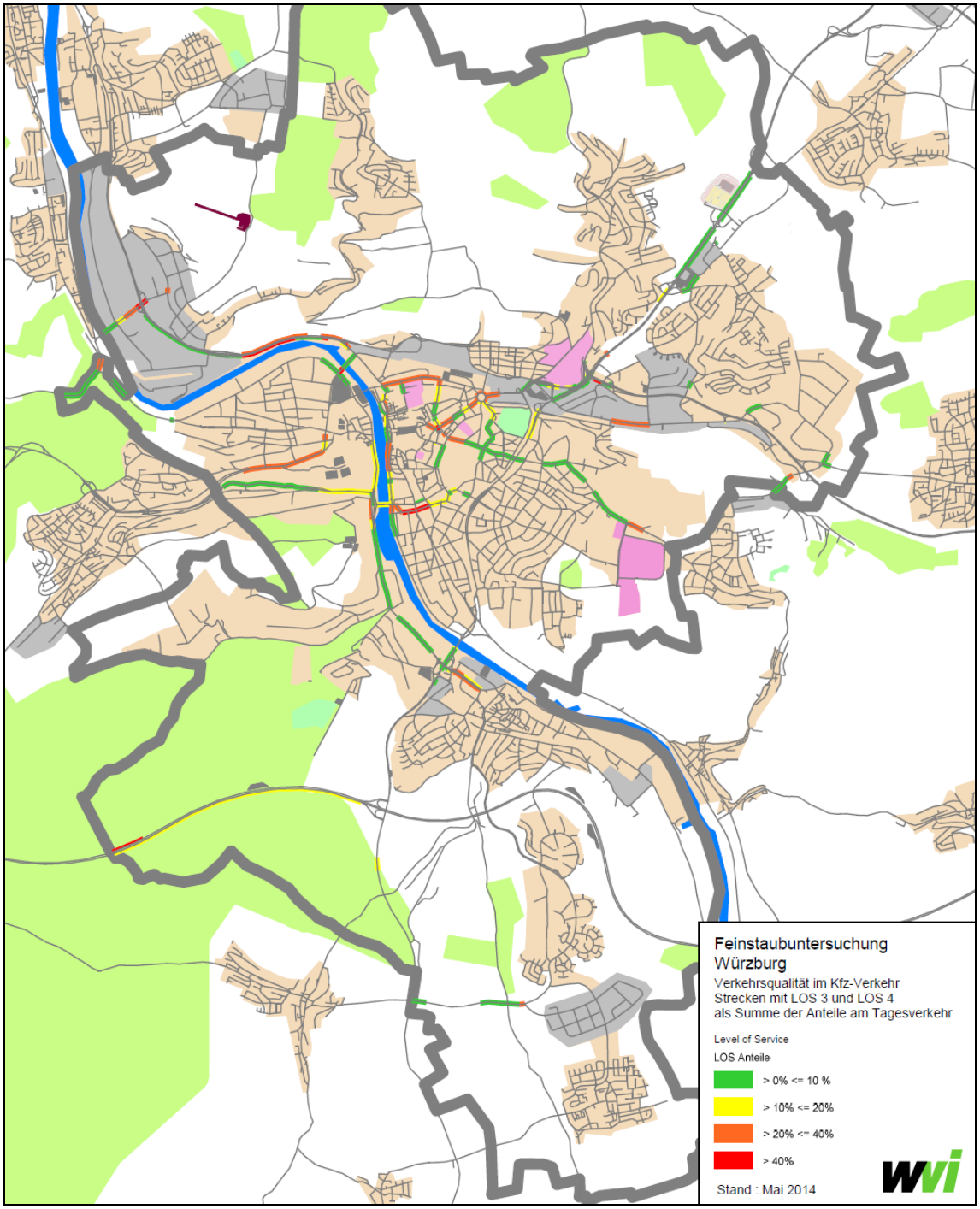


Abbildung 2-10: Verkehrsqualität im Kfz-Verkehr, Analysefall 2011

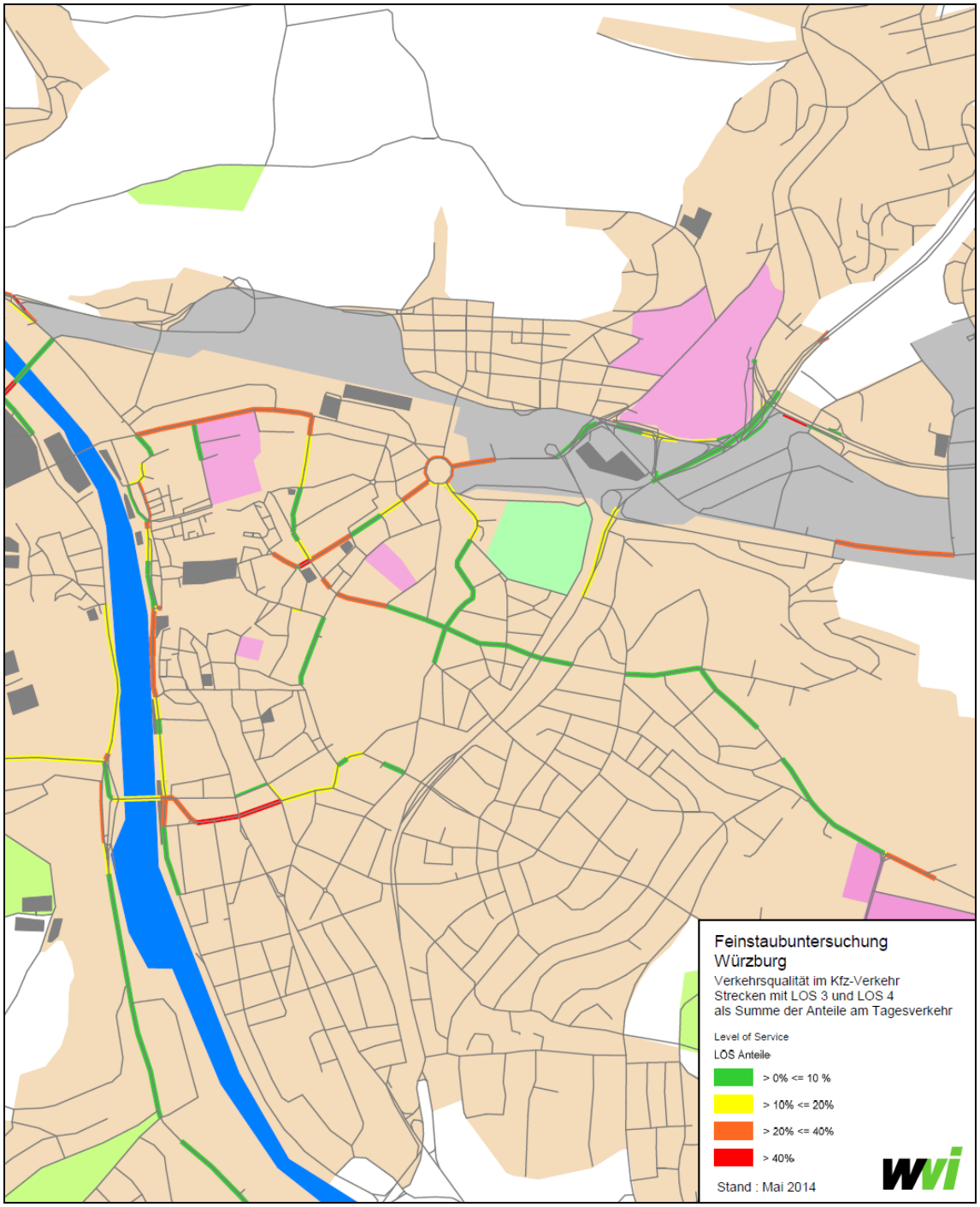


Abbildung 2-11: Verkehrsqualität im Kfz-Verkehr, Analysefall 2011, Ausschnitt Innenstadt

2.3 Emissionskataster

2.3.1 Emissionen des Kfz-Verkehrs

Die Berechnung der Kfz-bedingten Emissionen wurde mit dem Modell IMMIS^{em} durchgeführt, welches auf der Datenbasis und Systematik des aktuellen HBEFA 3.1 (INFRAS, 2010) basiert. Die dem HBEFA zu Grunde liegende Datenbank besteht aus Emissionsfaktoren für einzelne Fahrzeugschichten, unterschieden nach verschiedenen Verkehrssituationen zur Beschreibung der Verkehrsdynamik, und aus Angaben zu jahresbezogenen bundesdeutschen Flottenzusammensetzung.

Die Grundlage der Berechnung der Kfz-Emissionen bilden die Verkehrsdaten aus Kapitel 2.2. Die Zusammensetzung der Kfz-Flotte entspricht der deutschen Durchschnittsflotte aus dem HBEFA 3.1 für das Bezugsjahr 2011.

In Tabelle 2-3 ist eine Bilanz der Fahrleistungen des Kfz-Verkehrs und der berechneten NO_X- und Partikelemissionen getrennt nach Auspuffpartikel und Aufwirbelungs- und Abriebsemissionen (AWAR) aufgeführt.

Eine Übersicht der räumlichen Verteilung der streckenbezogenen Emissionen des Straßenverkehrs im Hauptstraßennetz gibt Abbildung 2-12.

Fahrleistung in km/Jahr	Emissionen in t/a			
	NO_X	Abgaspartikel	AWAR	PM10
9.72E+08	646.9	17.9	39.4	57.2
AWAR: Kfz-bedingte PM10-Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieben PM10: Summe aus Abgaspartikel und AWAR				

Tabelle 2-3: Emissionsbilanz des Kfz-Verkehrs 2011

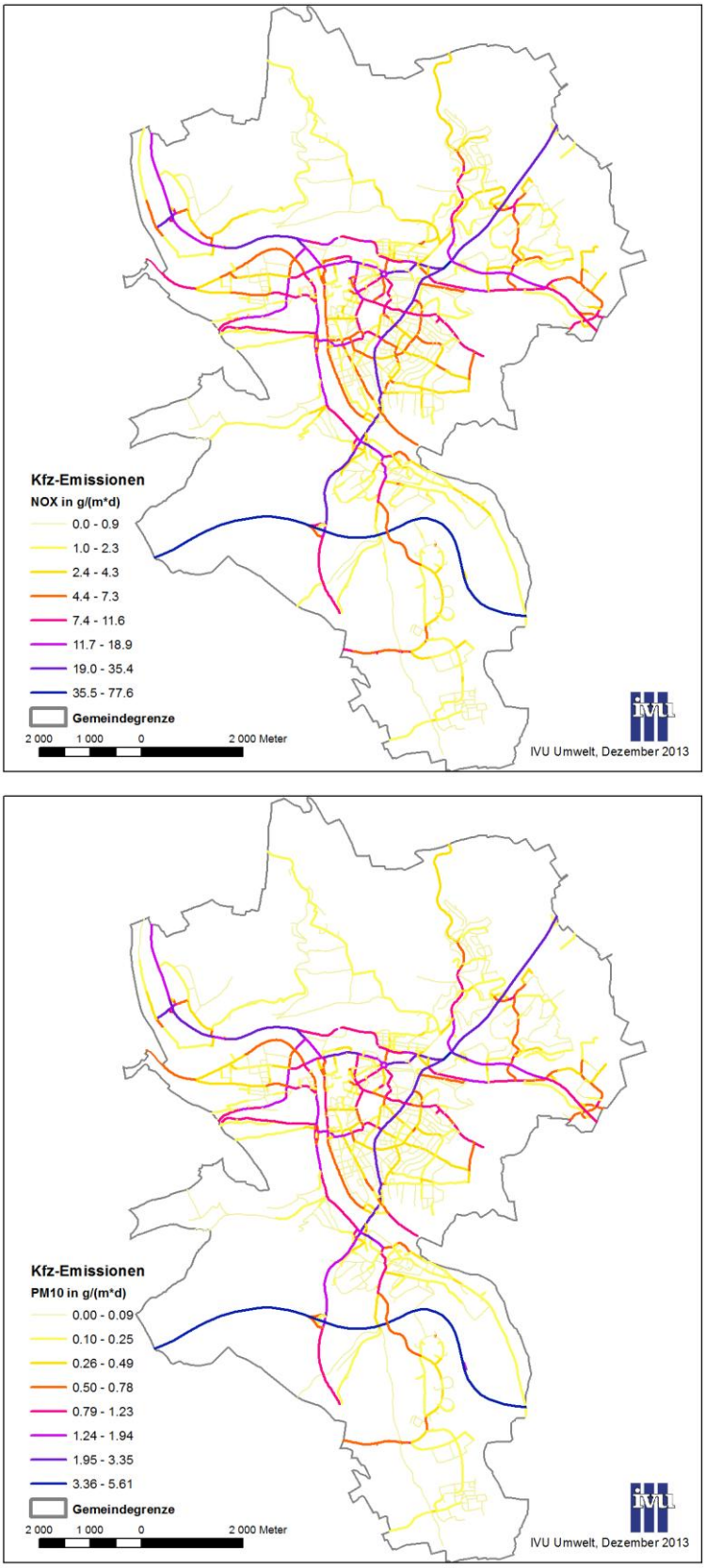


Abbildung 2-12: Emissionen des Kfz-Verkehrs im Hauptstraßennetz im Istfall 2011

2.3.2 Emissionen weiterer Quellen

Zur Ermittlung der urbanen Vorbelastung mit LASAT, die durch Quellen im Untersuchungsgebiet verursacht wird, wurden neben dem Straßenverkehr als weitere Quellen die Sektoren Industrie, Hausbrand, sonstiger Verkehr, sonstige nicht genehmigungsbedürftige Anlagen und sonstige nicht gefasste Quellen berücksichtigt. Als Datengrundlage dienten zum einen die Daten des aktuellen landesweiten Emissionskatasters des Freistaates Bayern (EKAT 2004) und zum anderen die Emissionserklärungen 2008 für genehmigungsbedürftige Anlagen. Aus dem Emissionskataster wurden die Daten der in Tabelle 2-4 aufgelisteten Sektoren berücksichtigt. Sie lagen mit einer räumlichen Auflösung von 2 km x 2 km vor.

Sektor	Erläuterung	verfügbar für Schadstoff
nicht genehmigungsbedürftige Anlagen (Hausbrand)	die nach 1. BImSchV geregelten Kleinfeuerungsanlagen im Gewerbe und in privaten Haushalten	NO_X, PM10
sonstiger Verkehr & Offroad	Bahn-, Schiffs-, Flugverkehr sowie mobile Geräte der Land- und Forstwirtschaft, Industrie, Bauwirtschaft und Militär	NO_X, PM10
sonstige nicht genehmigungsbedürftige Anlagen	weitere prozessbedingte Emissionen aus industriellen oder gewerblichen Betrieben (z.B. durch nicht genehmigungsbedürftigen Umschlag staubender Güter, nicht emissionserklärungspflichtige landwirtschaftliche Tierhaltungen, die Straßenplanierung, …)	PM10
sonstige nicht gefasste Quellen	diffuse Flächenquellen (z.B.: Ausbringung von Düngemitteln, Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen, Einsatz von Pestiziden, Entgasung in Deponien, Emissionen aus Kompostieranlagen, aus der Abwasserreinigung, aus dem Bergbau und aus der Gasverteilung)	PM10

Tabelle 2-4: Verwendete Sektoren aus dem Emissionskataster

Abbildung 2-13 zeigt die NO_X- bzw. PM10-Emissionen des Sektors „Sonstiger Verkehr & Offroad“, die direkt aus dem Emissionskataster übernommen wurden.

Für die Sektoren „Sonstige nicht genehmigungsbedürftige Anlagen“ und „Sonstige nicht gefasste Quellen“ lagen lediglich Emissionen des Schadstoffes PM10 vor. Die PM10-Emissionen wurden ebenfalls direkt aus dem Emissionskataster übernommen und sind in Abbildung 2-14 dargestellt.

Nicht genehmigungsbedürftige Feuerungsanlagen umfassen die Emissionen der Kleinfeuerungen privater und gewerblicher Nutzung und stellen im Wesentlichen die Emissionen des Hausbrands dar.

Die Hausbrand-Daten aus dem Emissionskataster mit einer räumlichen Auflösung von 2 km x 2 km wurden für die Anwendung in Würzburg auf ein 1 km x 1 km-Raster verfeinert

und stärker differenziert. Das dabei verwendete Wichtungsverfahren bezieht Informationen des Flächennutzungsplans und der Gebäudeverteilung mit ein.

In einem ersten Schritt wurden die Flächenarten des Flächennutzungsplans emissionsrelevanten Klassen zugeordnet. Dabei wurden die Klassen

- Wohngebiete (W: Erfassung von Hausbrandanlagen in Wohngebieten),
- Gewerbegebiete (G: Erfassung von Hausbrandanlagen in vorwiegend gewerblich genutzten Gebieten),
- Mischgebiete (M: Gebiete mit Mischnutzung) und
- Gebiet ohne Feuerungsanlagen (O: Gebiete ohne nennenswerte Hausbrandemission)

unterschieden. Für jede Klasse wurde ein relativer Emissionsindex errechnet. Dieser gibt an, um welchen Faktor sich die Emission in der jeweiligen Gebietsklasse gegenüber einem Wohngebiet (W) unterscheidet. Bestimmt wurden die Emissionsindizes über das Verhältnis der spezifischen Raumvolumendichten. Dabei wurde die spezifische Raumvolumendichte als Verhältnis der Gesamtgeschossfläche (als Maß für das beheizte Gesamtgebäudevolumen) zur Nutzungsfläche errechnet (siehe Tabelle 2-5). Um die Geschossfläche berechnen zu können, wird die Anzahl der Geschosse in den einzelnen Gebäuden benötigt. Da diese Informationen im vorliegenden Gebäudeplan nicht verfügbar ist, wird eine mittlere Geschosshöhe von 3 m angenommen und darüber mit der Gebäudehöhe die Anzahl der Geschosse ermittelt.

Über den Emissionsindex lässt sich für jede Rasterzelle anhand der Flächenzusammensetzung (W-,G-,M-, und O-Flächen) ein relativer Wichtungsfaktor errechnen. Dieser bestimmt die Gewichtung der einzelnen Rasterzellen bei der summenerhaltenden Umrechnung der Werte aus dem 2 km x 2 km-Raster in das 1 km x 1 km-Raster. In den Karten in Abbildung 2-15 sind die Emissionen des Hausbrands aus dem EKAT 2004 als 2 km x 2 km-Raster und deren Verfeinerung für die Schadstoffe NO_X und PM10 dargestellt. Die Plausibilität der so erstellten stärkeren Differenzierung innerhalb des ursprünglichen 2 km x 2 km-Rasters wurde mit Hilfe von Luftbildern überprüft.

Emissionsrelevante Nutzungsklasse	Geschossfläche [km²]	spezifische Raumvolumen-dichte [m²/m²]	Emissionsindex [-]
Wohngebiet (W)	9.6	0.71	1.00
Gewerbegebiet (G)	10	0.92	1.29
Mischgebiet (M)	2.6	1.130	1.59
Sonst. Fläche (O)	0.2	0.00	0.00

Tabelle 2-5: Emissionsverhältnisse für die Nutzungsklassen

Im EKAT 2004 lagen zusätzlich auch Daten für den Sektor „Genehmigungsbedürftige Anlagen“ (Industrie) in 2 km x 2 km Auflösung vor. Da für diesen Sektor aber auch die lagegenauen Informationen der Emissionserklärungen des Jahres 2008 vorlagen, wurden diese Daten des EKAT 2004 nicht verwendet. Abbildung 2-16 zeigt die Emissionen der Industrie aus den Emissionserklärungen für die Schadstoffe NO_X und PM10. Dabei konnten als Punktquellen alle Quellen der Emissionserklärung (genehmigungsbedürftige Anlagen - Industrie) berücksichtigt werden, die vollständige Angaben zu Emittentenhöhe, Abgastemperatur und Volumenstrom haben. Die übrigen Quellen wurden jeweils als Flächenquellen mit einer Größe von 1 km x 1 km berücksichtigt.

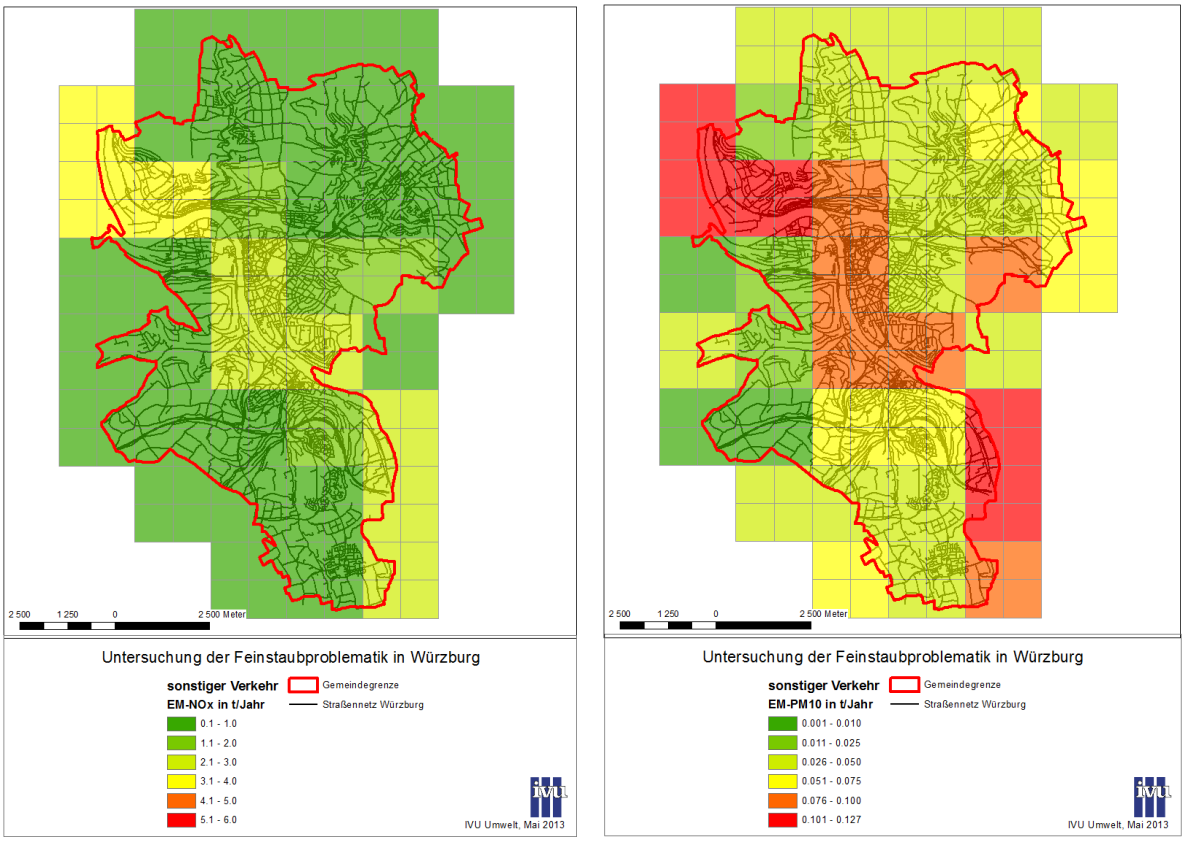


Abbildung 2-13: Emissionen „Sonstiger Verkehr“ aus landesweitem Emissionskataster des Freistaates Bayern EKAT 2004

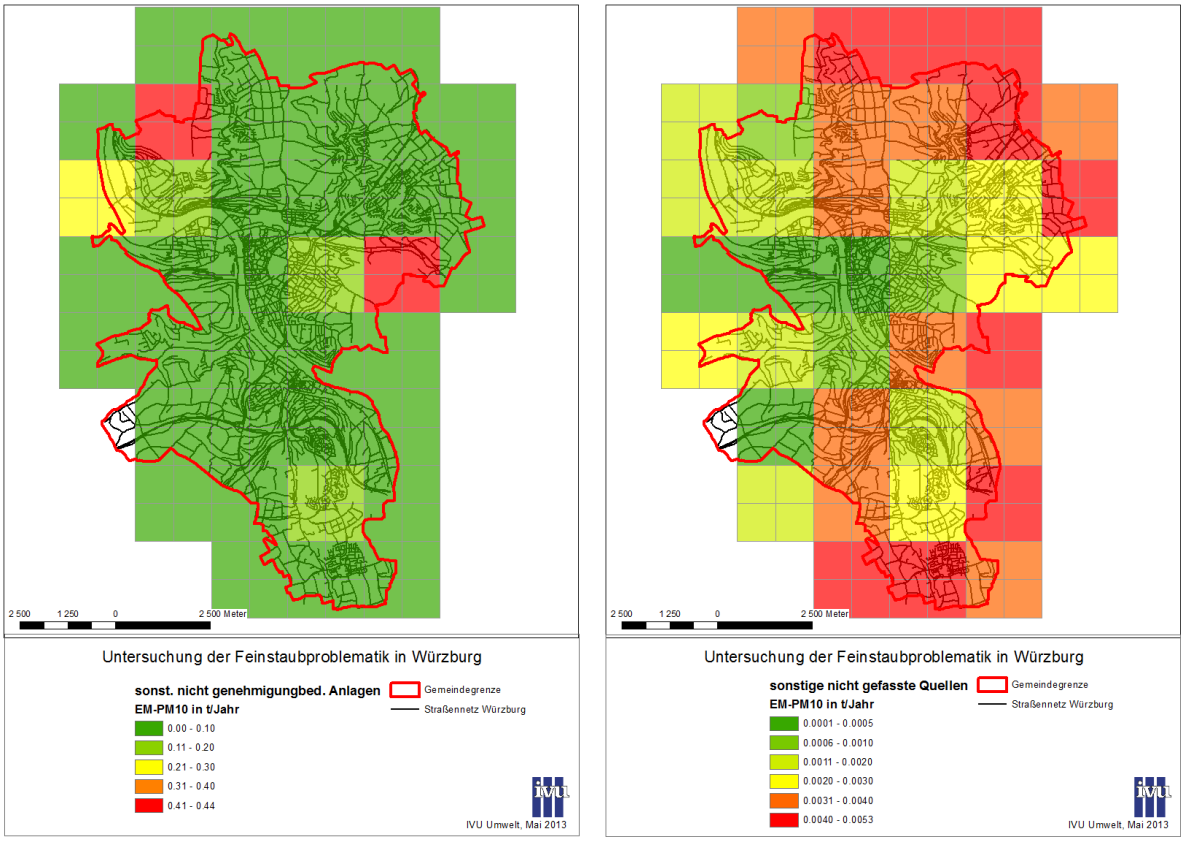


Abbildung 2-14: PM10-Emissionen: „Sonstige nicht genehmigungsbedürftige Anlagen“ und „Sonstige nicht gefasste Quellen“ aus landesweitem Emissionskataster des Freistaates Bayern EKAT 2004

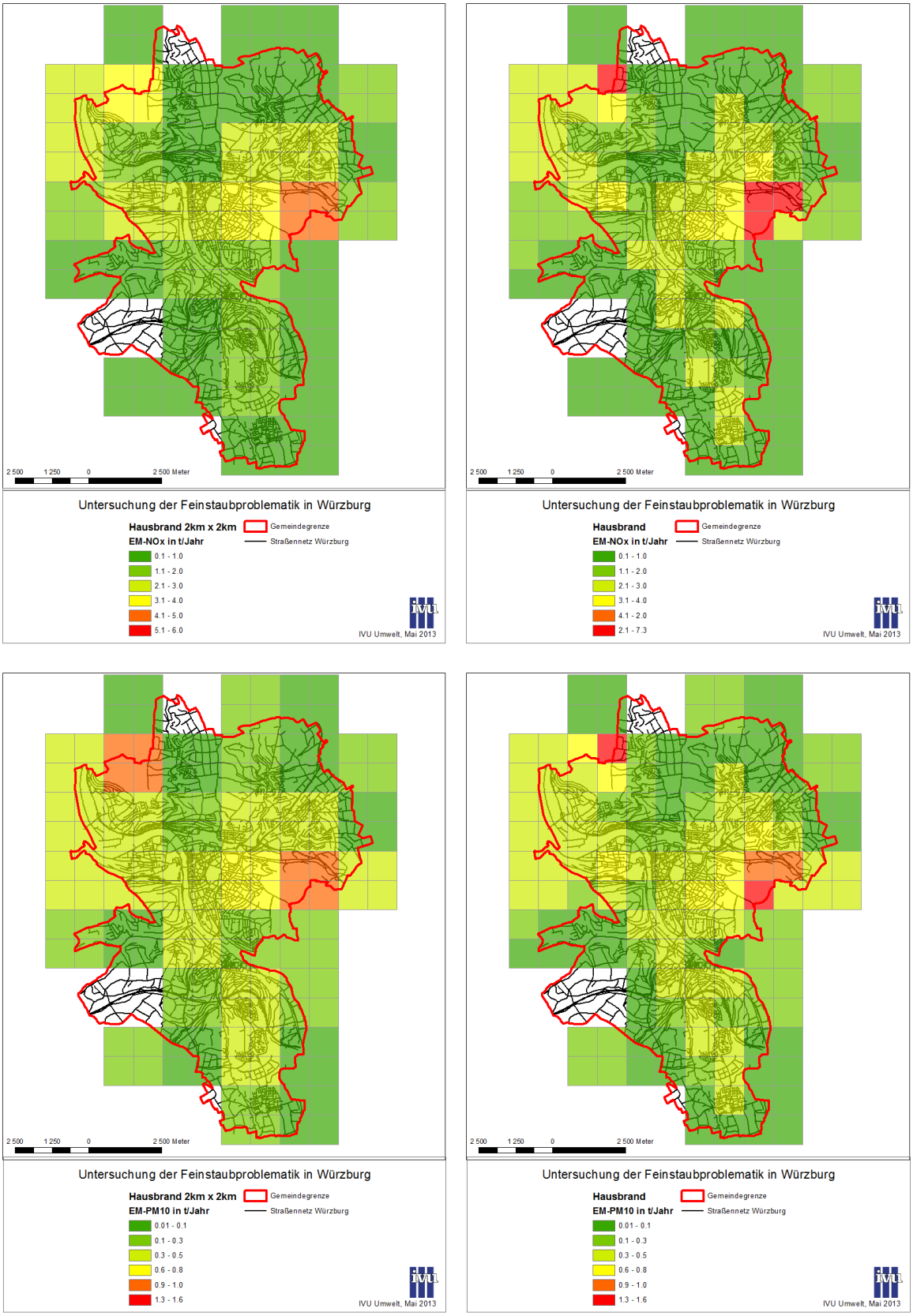


Abbildung 2-15: Emissionen Hausbrand, links in der Auflösung 2 x 2 km² und rechts verfeinert auf 1 x 1 km² (oben NO_X, unten PM10)

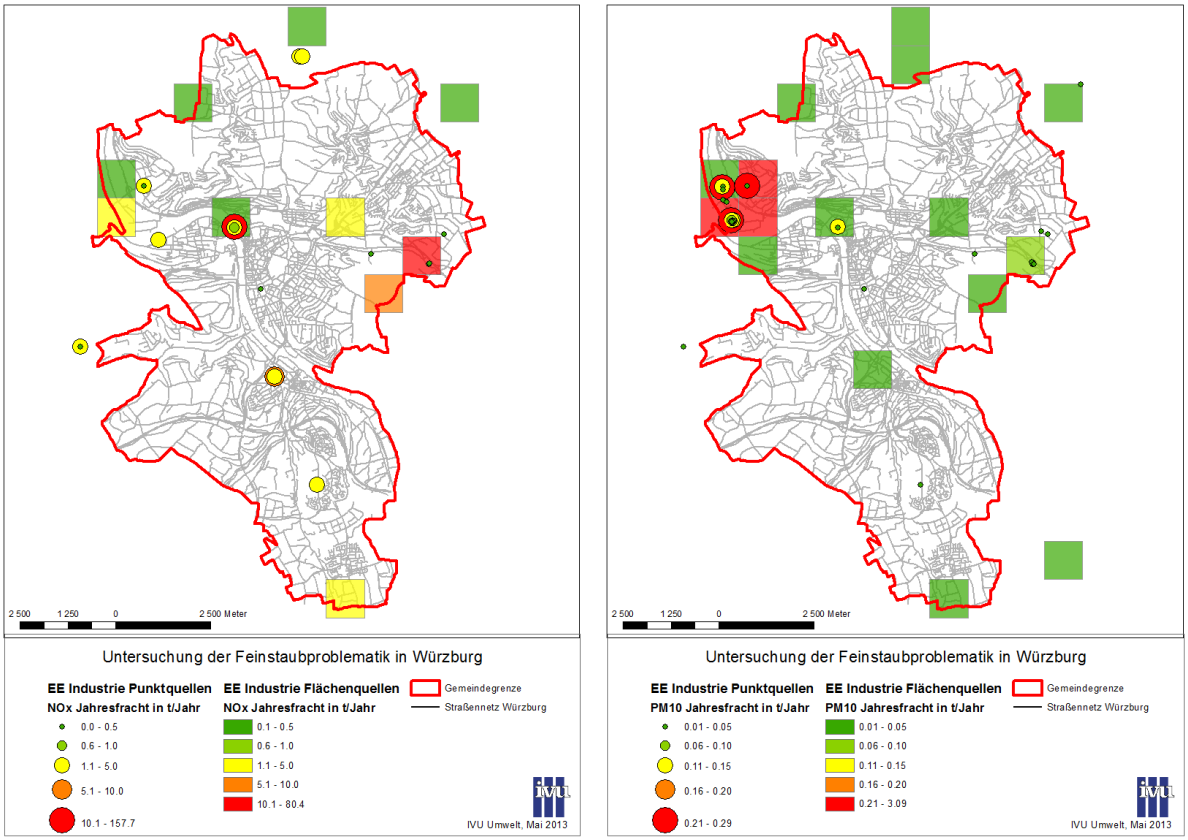


Abbildung 2-16: Emissionen Industrie aus den Emissionserklärungen 2008 als Punkt- und Flächenquellen

2.3.3 Gesamtbilanz

Die Anteile der einzelnen Quellgruppen an den gesamten NO_X und PM10-Emissionen in Würzburg sind in Abbildung 2-17 dargestellt.

Bei beiden Schadstoffen dominiert jeweils mit 50 % der Kfz-Verkehr. Bei den NO_X-Emissionen liegt der Industrie-Anteil mit fast einem Viertel an zweiter Stelle während sich der Hausbrand und der sonstige Verkehr mit jeweils ca. 1/8 den Rest teilen. Bei PM10 liegt der Hausbrand mit fast 30 % an zweiter Stelle. Alle weiteren Quellen haben Anteile unter 10 %.

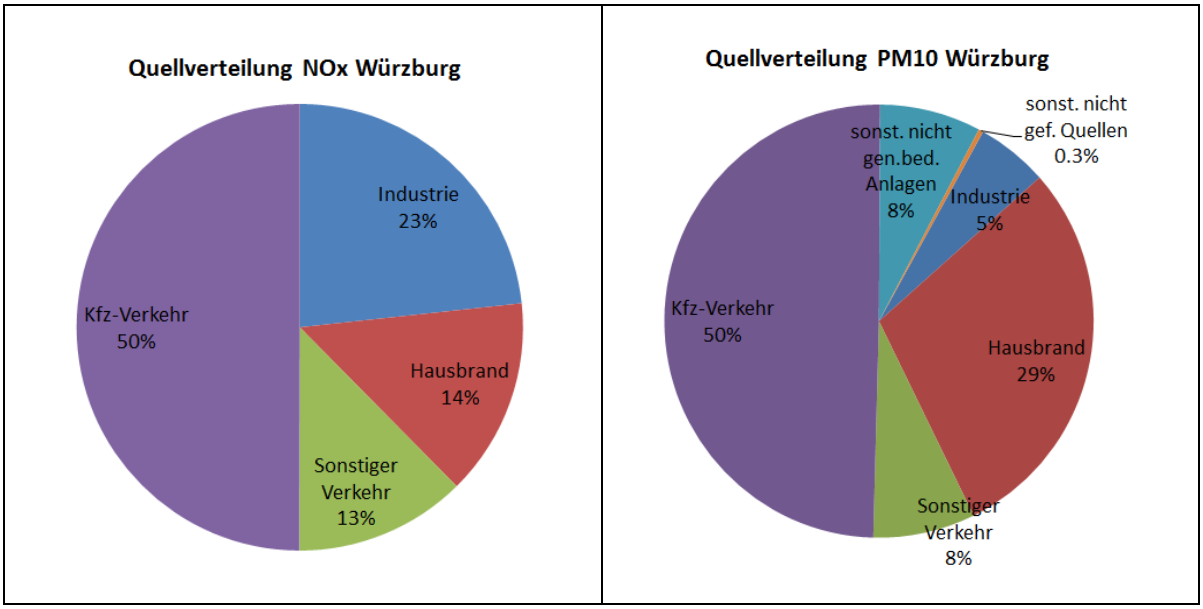


Abbildung 2-17: Überblick über die Emissionsverteilung in Würzburg

2.4 Meteorologie

Die Ausbreitungsberechnungen mit LASAT wurden basierend auf der meteorologischen Zeitreihe der DWD-Messstation Würzburg des Jahres 2011 durchgeführt. Abbildung 2-18 und Abbildung 2-19 zeigen die Windrose und die Windgeschwindigkeitsverteilung der meteorologischen Zeitreihe. Die mittlere Windgeschwindigkeit im Jahr 2011 betrug 3.3 m/s.

Die Kopplungskoeffizienten, die die Strömungssituation in der Straßenschlucht für die Berechnung der Zusatzbelastung mit IMMIS^{luft} parametrisieren, wurden ebenfalls aus der meteorologischen Zeitreihe der Station Würzburg abgeleitet.

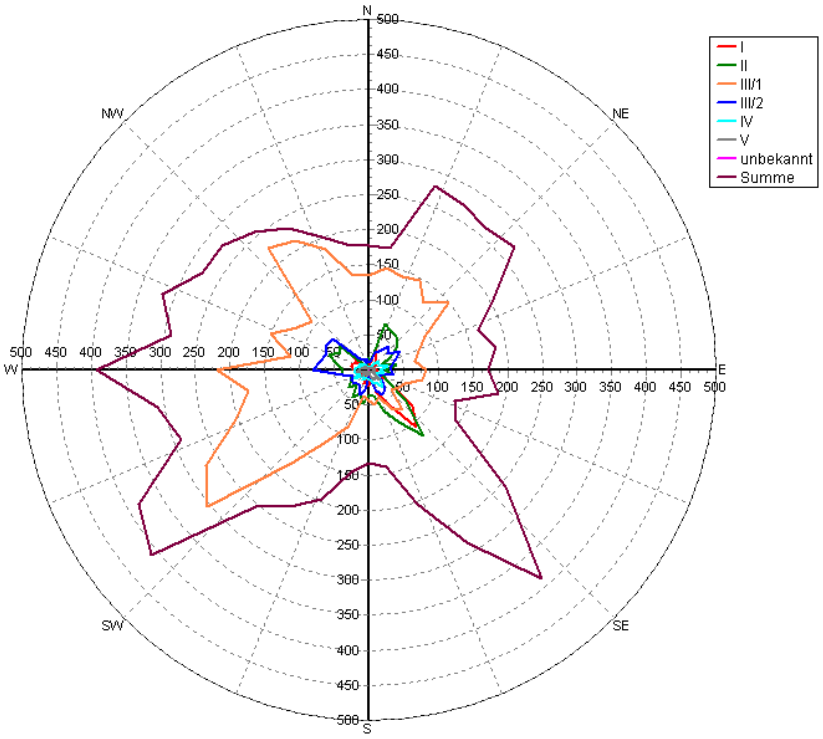


Abbildung 2-18: Windrichtungsabhängige Häufigkeitsverteilung der Ausbreitungsklassen für die meteorologischen Zeitreihe 2011

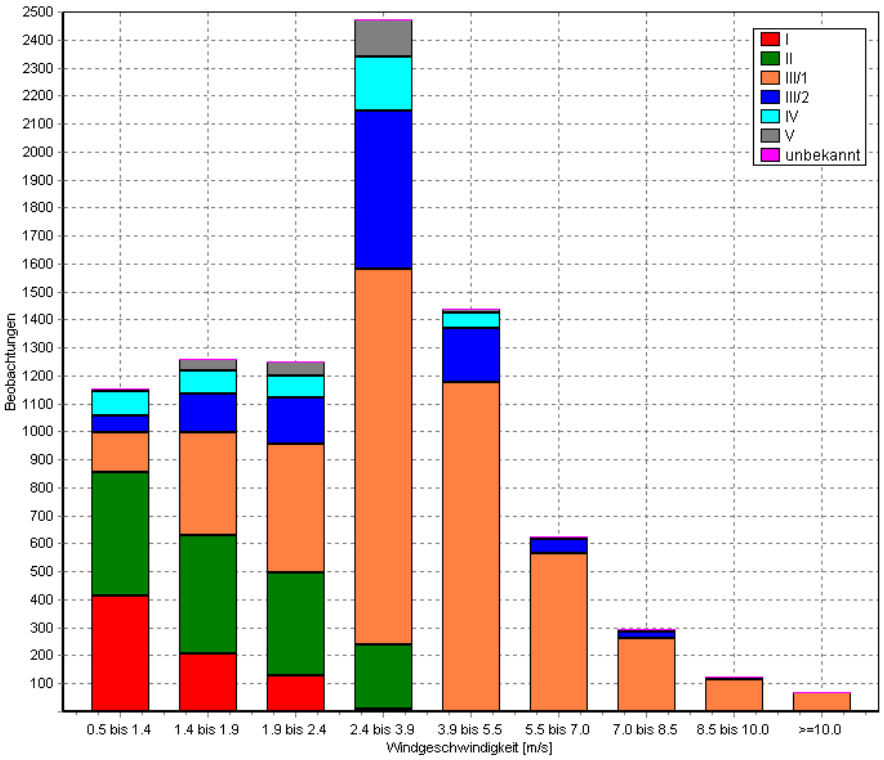


Abbildung 2-19: Verteilung der Windgeschwindigkeiten, differenziert nach Ausbreitungsklassen, für die meteorologische Zeitreihe 2011

2.5 Aufbereitung der Straßenraumgeometrie

Die Berechnung der Zusatzbelastung im bebauten Straßenraum mit dem Screening-Modell IMMIS^{luft} erfolgte für bebauungs- und verkehrshomogene, gerade Abschnitte, die zusätzlich zu den Emissionsangaben des Kfz-Verkehrs die folgenden geometrischen Attribute aufweisen müssen:

- Höhe der Randbebauung,
- Breite des Straßenraums (Abstand zwischen linker und rechter Randbebauung bzw. doppelter Bebauungsabstand bei einseitiger Bebauung) und
- Baulückenanteil (Porosität).

Zusätzlich müssen die Abschnitte für die Modellierung mindestens doppelt so lang wie breit sein (Längen-Breiten-Kriterium).

Die für die Datenaufbereitung der oben genannten Geometrieparameter notwendige Datengrundlage war

- das lagegenaue generalisierte Straßennetz und
- ein digitales 3D-Gebäudemodell (LOD1).

Zur Bildung von IMMIS^{luft}-Abschnitten wurde das halbautomatisches GIS-gestützte Verfahren IMMIS^{build} (IVU Umwelt, 2012a) eingesetzt. Dabei werden in einem ersten Schritt Bebauungsdaten (Höhe, Breite und bebaute Länge) für Straßenteilabschnitte bestimmt (Teilabschnittserstellung).

Nachfolgend werden diese Teilabschnitte zu größeren, IMMIS^{luft}-konformen Abschnitten zusammengefasst. Dabei ergeben sich in der Bearbeitung bezüglich der Auswahl und der Anzahl der zu aggregierenden Teilabschnitte entsprechende Freiheitsgrade. Diese können durch eine „Vorab-Berechnung“ der Immissionssituation aller in Frage kommenden Kombinationen reduziert werden. Ziel des Verfahrens ist es, innerhalb einer verkehrshomogenen Strecke den Straßenabschnitt auszugeben, der bei normierten Emissionsbedingungen die höchste Zusatzkonzentration aufweist. Durch dieses Verfahren wird der Aggregationsschritt objektiviert.

Um ein möglichst geschlossenes Bild der Immissionssituation für das Straßennetz zu erhalten, wurden zusätzlich alle weiteren gültigen Teilabschnitte als IMMIS^{luft}-Abschnitte ausgegeben. Ein Beispiel der Ergebnisse der Abschnittsbildung zeigt Abbildung 2-20.

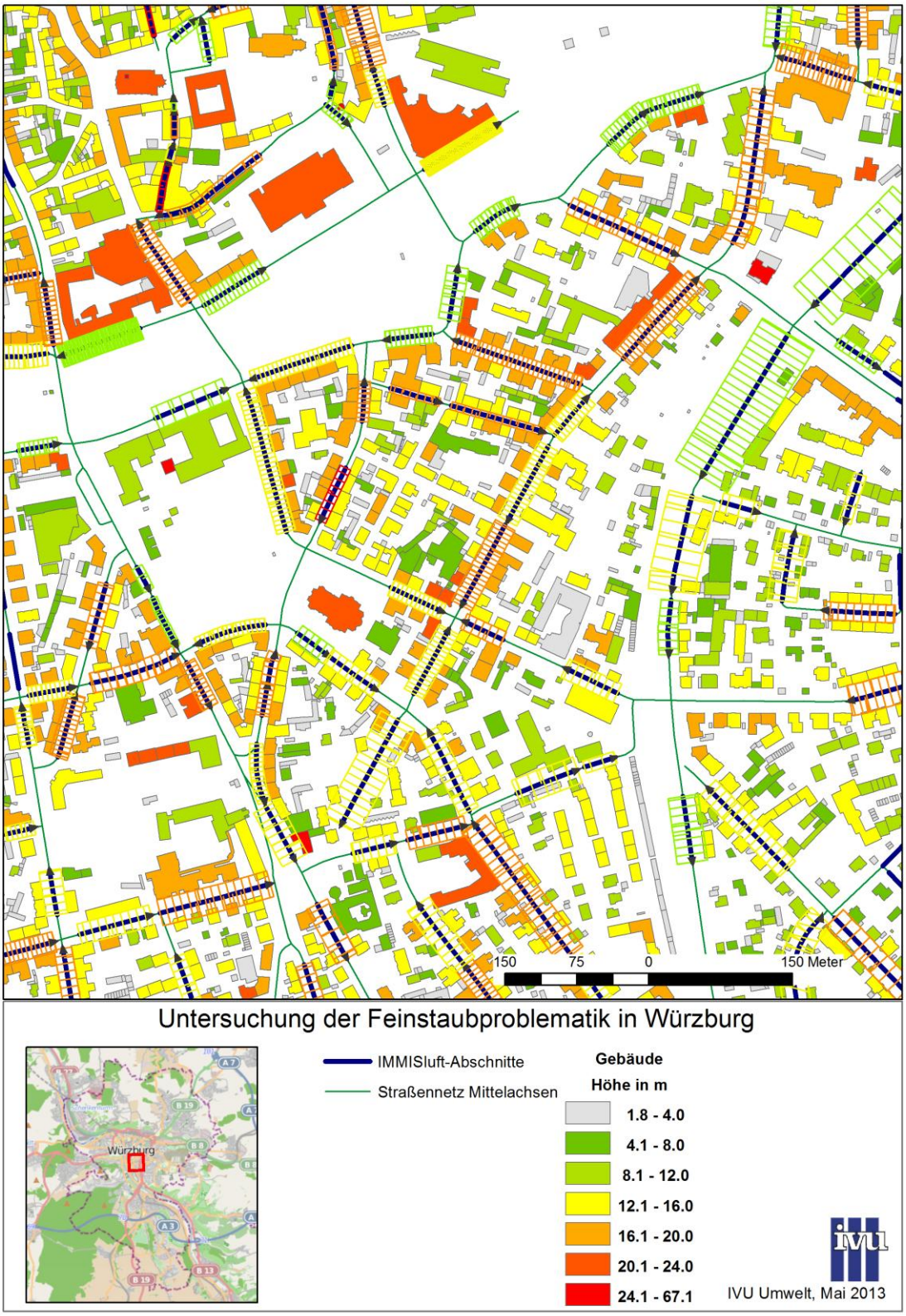


Abbildung 2-20: Ergebnis der Abschnittsbildung mit IMMIS^{build}. Die Farbe der Schraffur steht für die Porosität (grün - hohe Porosität, rot - geringe Porosität).

Ziel der Abschnittsbildung für eine Screening-Untersuchung ist es, die für die Immissionsverhältnisse ungünstigsten Abschnitte zu identifizieren. Diese Bereiche sind durch stark reduzierte Austauschbedingungen der Straßenschlucht mit der Umgebung gekennzeichnet, die im Wesentlichen zunehmen, je höher und schmäler die Straßenschlucht ist. Weiter ist der Anteil der Bebauungslücken bzw. die Porosität maßgeblich. Da bei der Berechnung der Porosität neben der Bebauungslänge auch die Länge und Breite des Abschnitts eingehen, wird die Porosität bei gleichbleibender Bebauungsstruktur immer kleiner, je länger ein Abschnitt wird.

Dem gegenüber steht eine maximale Länge, über die ein Abschnitt gebildet werden kann. Sie wird bestimmt durch die Einteilung in verkehrlich homogene Bereiche. Diese werden im Straßennetzdatensatz als Linie mit einer eindeutigen Identifikationsnummer identifiziert. Diese ID darf nicht verändert werden, da ansonsten Informationen über veränderte verkehrlicher Eigenschaften nicht mehr zugeordnet werden könnten.

Für das Stadtgebiet von Würzburg wurden 495 Abschnitte mit einer Gesamtlänge von 47 km gebildet, für die Schadstoffgesamtbelastungen mit dem Screeningmodell IMMIS^{luft} berechnet werden.

3 Ergebnisse der Berechnung der Luftschadstoffsituation

3.1 Regionale Hintergrundbelastung

Die regionale Hintergrundbelastung lässt sich z. B. aus der Differenz der Messwerte der Hintergrundmessstationen und der durch LASAT errechneten städtischen Hintergrundkonzentrationen ableiten. Als entsprechende Hintergrundstation wird vom LfU die Station Kopfklinik ausgewiesen. Die Auswertung der Messergebnisse und Vergleich mit den LASAT-Ergebnissen hat allerdings ergeben, dass die Kopfklinik ungeeignet für das oben beschriebene Verfahren ist, da im Nahbereich der Station lokale Quellen, wie z. B. eine Straße und ein Parkplatz im Modell nicht abgebildet werden (siehe dazu auch Kapitel 3.5).

Deswegen wurden in Analogie zum Luftreinhalteplan für die Stadt Würzburg (1. Fortschreibung, Dezember 2010) die ländlichen Hintergrundstationen Kleinwallstadt/Hofstetter Straße und Tiefenbach/Altenschneeberg für die Bestimmung der regionalen Hintergrundbelastung herangezogen und Jahresmittelwerte für PM10 und NO_2 auf dieser Basis abgeschätzt (Tabelle 3-1). Für den Gesamthintergrund von Ozon zur Berechnung der NO_2-Gesamtbelastung im Straßenraum gemäß Abschnitt 1.2.5 wurde ebenfalls der Mittelwert der in 2011 an diesen Stationen gemessenen Konzentrationen angesetzt.

Jahresmittelwert	PM10	NO_X	Ozon
Regionaler Hintergrund	18 µg/m³	18 µg/m³	52 µg/m³

Tabelle 3-1: Für die Modellierung angesetzter regionaler Hintergrund für NOX und PM10 und Gesamthintergrund für Ozon

3.2 Urbane Hintergrundbelastung

Grundlage zur Ermittlung des urbanen Hintergrunds im Untersuchungsgebiet bilden alle bekannten Emissionen der Sektoren Industrie, Hausbrand, Straßenverkehr und sonstiger Verkehr, wie sie in Kapitel 2.3.2 beschrieben sind. Mit dem Modell LASAT wurde die Vorbelastung unter Berücksichtigung der meteorologischen Zeitreihe aus Kapitel 2.3.3 als urbaner Hintergrund für das gesamte Untersuchungsgebiet berechnet. Die Ausbreitungsrechnung wurde unter Berücksichtigung des digitalen Geländemodells für jede Quellgruppe in stündlicher Auflösung durchgeführt und die Ergebnisse zu Jahresmittelwerten aggregiert.

Anschließend wurde für das Stadtgebiet von Würzburg die Modellschicht in 16 - 20 m Höhe über Grund ausgewertet, um eine flächendeckende Darstellung der Belastungssituation zu erhalten. Die Schicht in 16 - 20 m Höhe über Grund wurde gewählt, weil die dafür berechneten Konzentrationen die Überdachkonzentration repräsentieren, die als Hintergrund im Untersuchungsgebiet angesetzt wird.

Die Hintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet, hervorgerufen durch alle bekannten innerstädtischen Quellen, ist in Abbildung 3-1 für den Jahresmittelwert von NO_X und PM10 dargestellt.

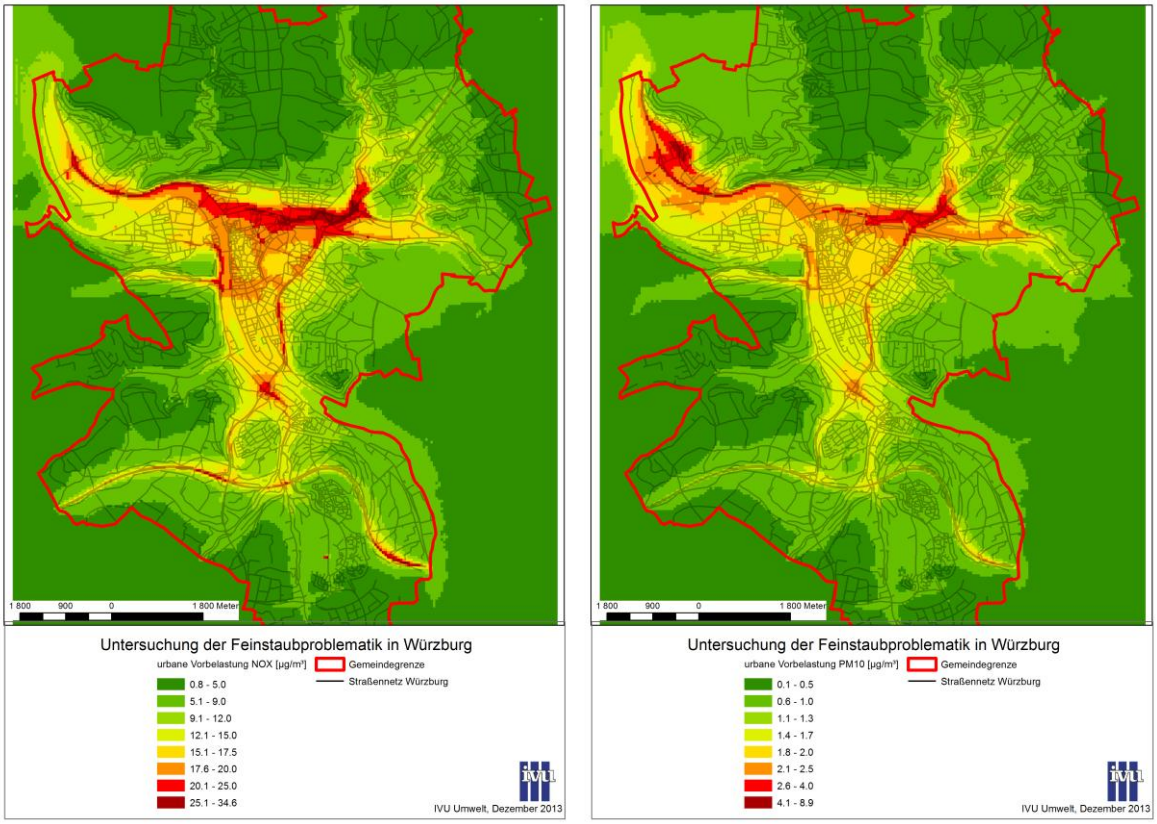


Abbildung 3-1: Urbaner Anteil der Vorbelastung für den NO_X - und PM10- Jahresmittelwert

In einem zweiten Schritt wurde zusätzlich für ausgewählte 46 Hotspots mit potenziell hohen Gesamtbelastungen eine zusätzliche Ausbreitungsrechnung mit nur dem jeweiligen Abschnitt als Emissionsquelle durchgeführt. Für die Berechnung des urbanen Hintergrunds durch Quellen im Untersuchungsgebiet an diesen Abschnitten selbst wurde dann die jeweils durch den Abschnitt hervorgerufene Belastung abgezogen. Dies stellt für die Berechnung der Gesamtbelastung an den Hotspots sicher, dass die Emissionen des Straßenabschnitts selbst bei der Berechnung des Hintergrunds durch Quellen im Untersuchungsgebiet für den Abschnitt nicht berücksichtigt werden und somit bei der anschließenden Addition der Zusatzbelastung nicht doppelt Eingang in die Berechnung finden. Für die weiteren Straßenabschnitte wurde keine entsprechende Korrektur vorgenommen, womit für diese Abschnitte die Gesamtbelastung tendenziell überschätzt wird, was unter dem Blickwinkel einer konservativen Betrachtung akzeptabel ist.

3.3 Ergebnisse der Berechnung der Zusatz- und Gesamtbelastung

In den folgenden Abbildungen werden die abschnittsbezogenen Luftschadstoffbelastungen für das bebaute Hauptstraßennetz von Würzburg für das Bezugsjahr 2011 dargestellt.

In Abbildung 3-2 ist die stadtweite Situation für den NO_2-Jahresmittelwert dargestellt. Dabei werden Abschnitte für die der NO_2-Jahresgrenzwert überschritten wird, violett eingefärbt. In Abbildung 3-3 ist ein Ausschnitt der Abbildung 3-2 für den Innenstadtbereich dargestellt. In diesem Ausschnitt sind alle Abschnitte enthalten, für die ein NO_2-Jahresmittelwert größer als 32 µg/m³ und damit 20 % unter dem Grenzwert berechnet wurde. Es werden an 15 Abschnitten NO_2-Jahresmittelwerte über 40 µg/m³ ermittelt.

In Abbildung 3-4 wird die Belastungssituation für den PM10-Jahresmittelwert stadtweit und in Abbildung 3-5 für den Innenstadtbereich dargestellt. Der Maximalwert des berechneten PM10-Jahresmittelwerts liegt bei knapp 27 µg/m³ in einem Abschnitt der Zeller Straße und damit unter dem PM10-Jahresgrenzwert in Höhe von 40 µg/m³. Für diesen Abschnitt wird mit 24 Überschreitungen des PM10-Tagesgrenzwerts auch die höchste Anzahl berechnet, die damit aber immer noch unter dem entsprechenden Grenzwert von 35 Tagen liegt.

In Tabelle 3-2 sind die 37 Abschnitte mit berechneten NO_2-Jahresmittelwerten über 36 µg/m³ mit relevanten Eingangsdaten und Berechnungsergebnissen ausgeführt. Die Abschnitte können über eine entsprechende ID mit der Karte in Abbildung 3-5 referenziert werden.

Für folgende Bereiche werden potenzielle NO_2-Grenzwertüberschreitungen ermittelt:

- Straßenzug Rennweg, Theaterstraße, Textorstraße und Bahnhofstraße mit den angrenzenden Abschnitten des Röntgen- und Haugerrings
- Ende der Zeller Straße bis Saalgasse
- Schweinfurter Straße und Ludwigstraße am Berliner Platz
- Grombühlstraße
- Sanderglacisstraße

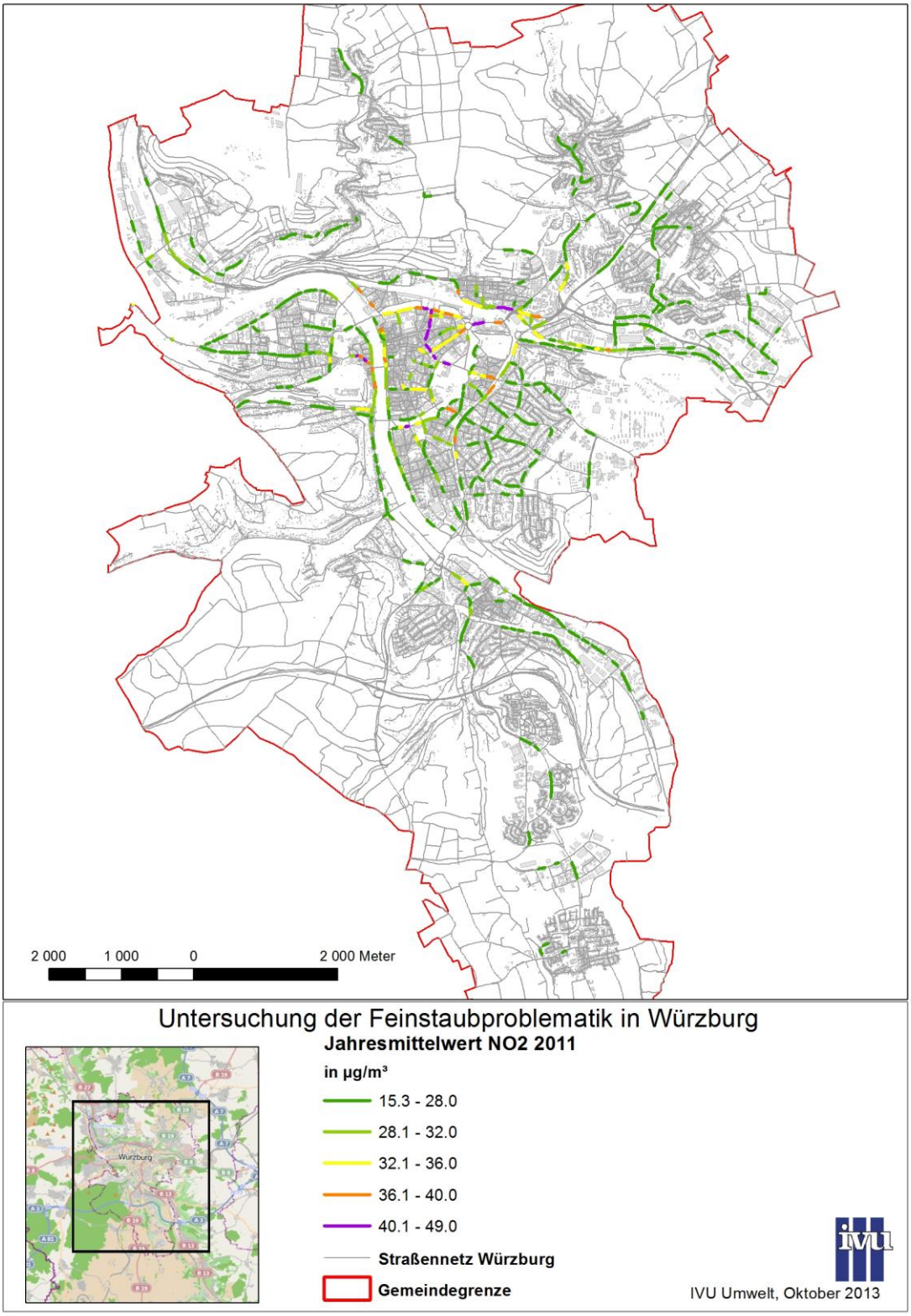


Abbildung 3-2: Jahresmittelwert der NO_2-Gesamtbelastung im Hauptstraßennetz von Würzburg

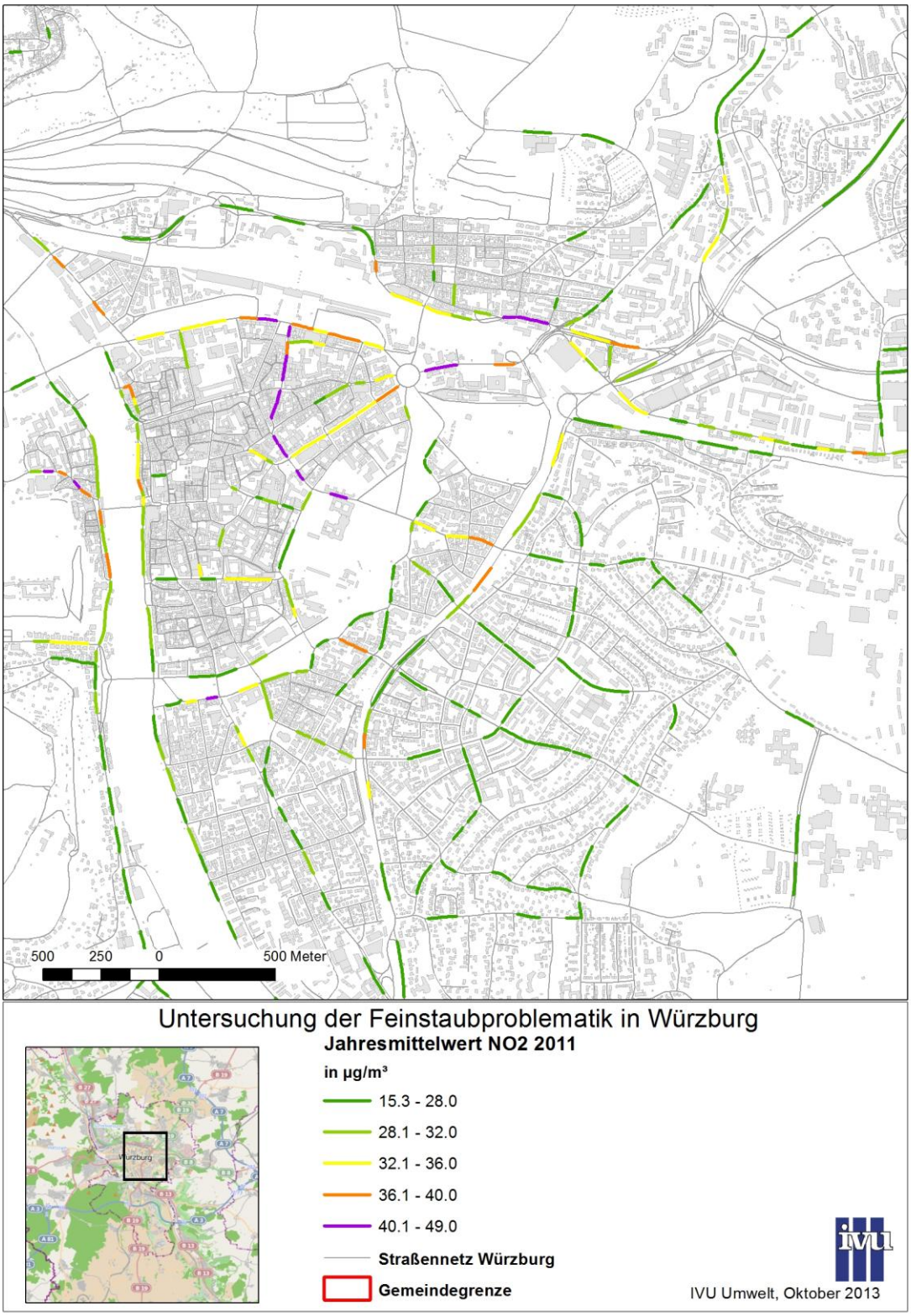


Abbildung 3-3: Jahresmittelwert der NO_2-Gesamtbelastung im Hauptstraßennetz von Würzburg (Ausschnitt Innenstadt)

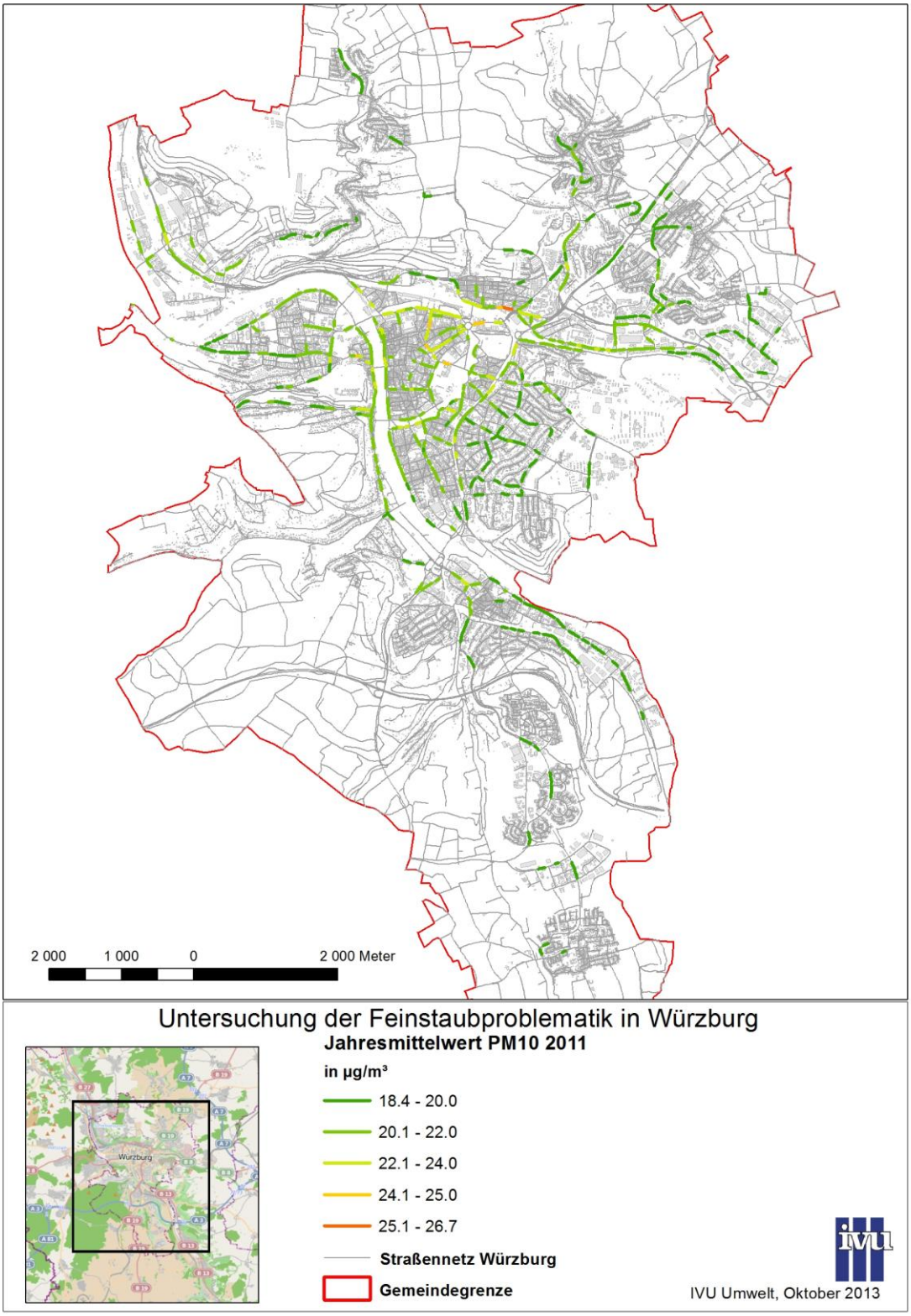


Abbildung 3-4: Jahresmittelwert der PM10-Gesamtbelastung im Hauptstraßennetz von Würzburg

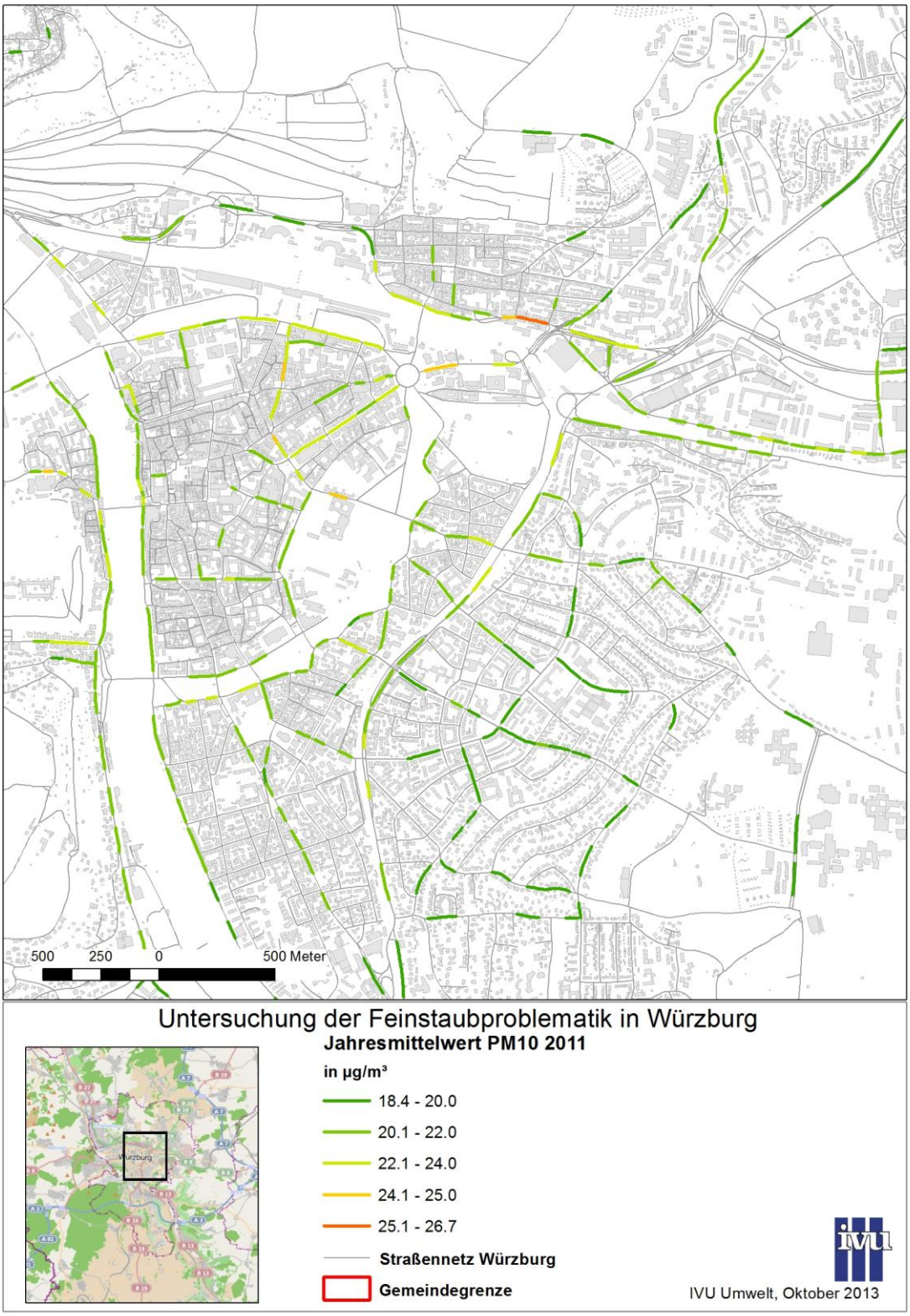


Abbildung 3-5: Jahresmittelwert der PM10-Gesamtbelastung im Hauptstraßennetz von Würzburg (Ausschnitt Innenstadt)

ID	Name	DTV Kfz/24h	SLKW %	LLKW %	Bus %	LOS3 %	LOS4 %	V.NOX µg/m³	Z.NO2 µg/m³	G. NO2 µg/m³	V. PM10 µg/m³	Z. PM10 µg/m³	G. PM10 µg/m³	# PM10
152	Bahnhofstraße	13360	1.9	4.9	4.6	11.8	0.0	38.6	25.1	49.0	20.0	4.8	24.9	19
409	Zeller Straße	7772	11.3	3.6	0.4	0.0	0.0	38.2	24.7	48.4	20.0	6.7	26.7	24
139	Theaterstraße	13241	2.2	5.3	5.7	11.4	0.2	37.7	23.6	47.0	19.9	4.4	24.3	18
128	Rennweg	10502	2.2	3.3	6.0	19.3	3.2	35.9	23.7	46.3	19.8	4.6	24.3	18
183	Grombühlstraße	27337	4.3	3.8	0.0	0.0	0.0	38.2	22.0	45.7	20.1	6.0	26.1	23
138	Theaterstraße	13241	2.2	5.3	5.7	11.4	0.2	38.1	22.0	45.6	19.9	4.0	23.9	17
170	Schweinfurter Str. (B 8)	33563	2.0	6.1	1.9	19.6	2.6	43.0	19.3	45.1	20.6	4.1	24.6	19
241	Röntgenring (B 8) 5	37568	1.5	3.6	3.3	25.5	8.0	40.3	19.1	43.7	20.1	3.8	23.9	17
131	Theaterstraße	14871	2.7	4.6	3.6	15.7	7.6	37.0	19.6	42.7	19.9	3.8	23.6	16
402	Grombühlstraße	27640	4.3	3.8	0.0	0.0	0.0	40.1	18.1	42.7	20.3	4.7	25.0	20
149	Bahnhofstraße	14938	1.8	4.7	4.1	22.4	7.0	44.4	15.4	41.8	20.5	2.7	23.2	15
425	Textorstraße	12024	2.2	5.2	2.8	4.9	0.0	36.5	18.0	40.9	19.8	3.6	23.4	15
151	Bahnhofstraße	13360	1.9	4.9	4.6	11.8	0.0	39.8	16.3	40.7	20.2	2.9	23.0	15
414	Zeller Straße	9186	9.2	5.9	0.4	0.0	0.0	35.3	17.9	40.2	19.7	4.4	24.1	17
334	Sanderglacisstraße	17699	4.1	3.5	1.0	23.6	35.1	36.8	17.1	40.2	19.8	4.1	23.9	17
354	Veitshöchheimer Str.	27752	2.8	2.7	1.3	0.0	0.0	37.6	16.1	39.5	20.0	3.3	23.3	15
408	Zeller Straße	7772	11.3	3.6	0.4	0.0	0.0	38.2	15.6	39.3	20.0	3.9	23.9	17
55	Saalgasse	19949	6.6	2.3	0.3	12.6	0.0	36.9	15.9	38.9	19.9	3.6	23.5	16
53	Zeller Straße	9186	9.2	5.9	0.4	0.0	0.0	37.6	15.5	38.9	20.0	3.6	23.6	16
242	Röntgenring (B 8) 5	36052	1.6	3.7	0.2	21.9	4.6	42.4	12.4	38.0	20.3	2.7	22.9	14
351	Pleichertorstraße	8135	2.2	2.6	0.0	10.1	0.0	36.7	14.9	37.9	19.9	2.9	22.8	14
54	Saalgasse	19949	6.6	2.3	0.3	12.6	0.0	39.1	13.8	37.9	20.1	3.1	23.2	15
57	Gerberstraße	10485	2.0	2.5	0.0	12.5	20.5	36.2	15.1	37.9	19.8	3.6	23.4	16
145	Haugerring (B 8)	24924	1.4	3.4	2.4	0.0	0.0	41.5	12.2	37.4	20.3	2.2	22.4	13
175	Rimparer Straße	22185	4.5	3.8	0.0	0.0	0.0	32.3	16.4	37.3	19.4	3.8	23.2	15
467	Schweinfurter Str. (B 8)	44690	3.1	5.1	1.0	0.0	0.0	44.1	11.1	37.3	20.8	2.1	22.8	14
184	Schweinfurter Str. (B 8) 11	33397	2.0	6.1	1.9	0.0	0.0	44.6	10.8	37.3	20.8	1.9	22.6	14
143	Haugerring (B 8)	24933	1.3	3.5	2.5	0.0	0.0	40.3	12.6	37.2	20.2	2.3	22.4	13
499	Stadtring Süd (B19)	41611	4.9	4.6	0.0	0.0	0.0	36.1	14.2	36.9	20.0	3.9	23.9	17
39	Nürnberger Straße	20280	2.9	5.0	0.9	21.9	4.5	36.7	13.8	36.8	20.3	3.0	23.3	15
353	Veitshöchheimer Str. (B 27)	27228	2.4	2.8	1.3	0.0	0.0	38.9	12.5	36.5	20.1	2.5	22.5	13
199	Rottendorfer Straße	15176	2.3	3.3	1.6	9.1	0.0	35.2	14.2	36.5	19.8	2.8	22.6	14
157	Mainkai	12531	2.4	2.6	0.0	9.5	0.0	36.3	13.5	36.3	19.8	3.1	23.0	14
21	Sieboldstraße	14501	2.4	4.2	0.7	0.0	0.0	35.7	13.6	36.2	19.8	2.7	22.5	13
165	Ludwigstraße	12208	2.7	5.2	2.8	19.9	3.3	39.9	11.8	36.2	20.2	2.2	22.4	13
483	Kantstraße (B 19)	35110	5.6	4.3	0.1	0.0	0.0	38.1	12.5	36.1	20.1	3.0	23.0	15
150	Bahnhofstraße	13360	1.9	4.9	4.6	11.8	0.0	40.3	11.5	36.1	20.2	1.9	22.1	12

Abkürzungen: V. – Vorbelastung; Z. - Zusatzbelastung; G. - Gesamtbelastung;
PM10 – Anzahl Tage mit Überschreitungen des PM10-Tagesgrenzwerts

Tabelle 3-2: Liste der Hotspots in Würzburg (rot eingefärbt: berechnete Grenzwertüberschreitungen)

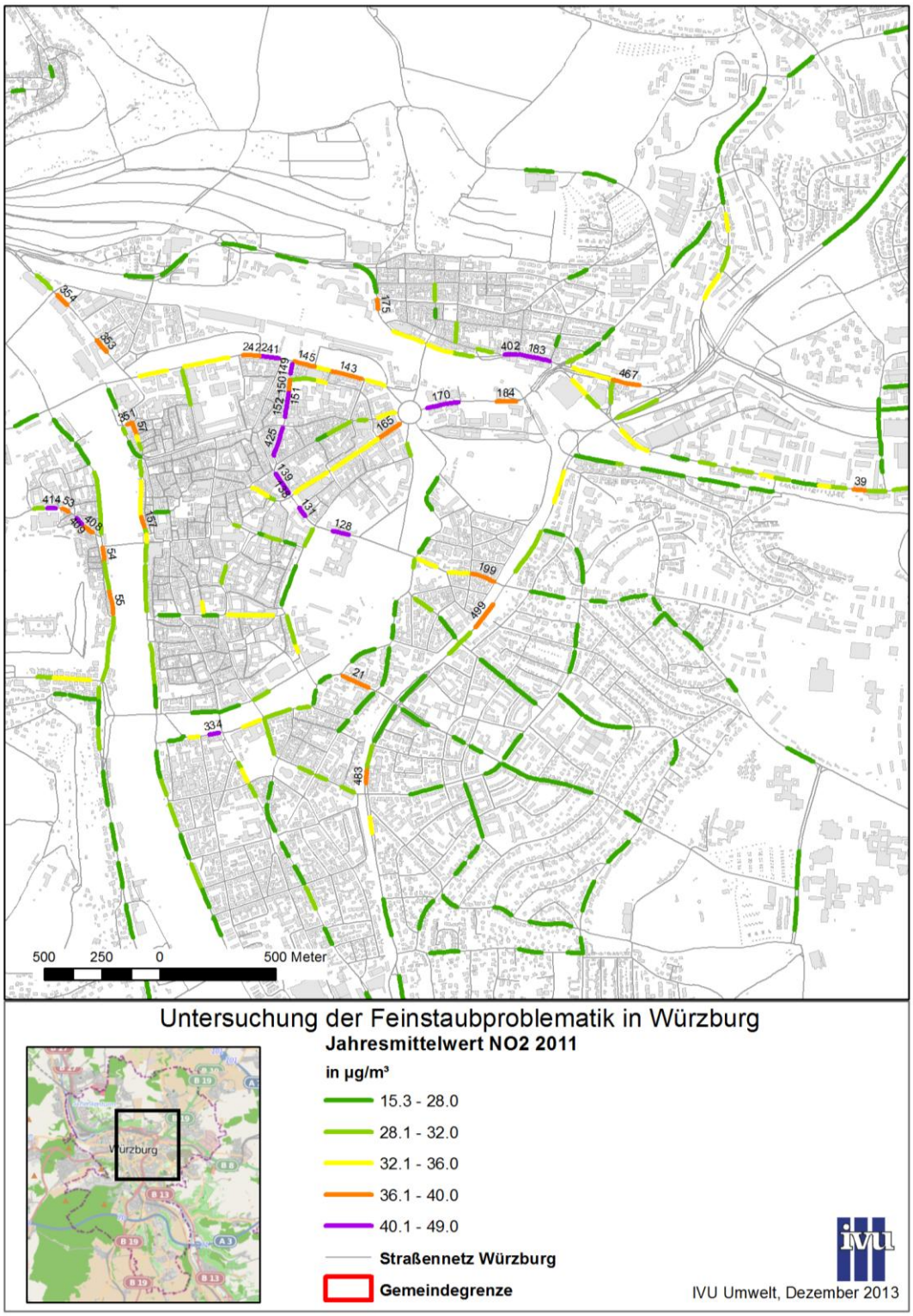


Abbildung 3-6: NO_2-Jahresmittelwert in den bebauten Hauptstraßen von Würzburg im Ausschnitt Innenstadt mit Angabe der ID der Abschnitt mit NO_2-Werten größer als 36 µg/m³

3.4 Anteil des lokalen Kfz-Verkehrs an den Immissionsbelastungen

Um abschätzen zu können, welche maximalen Reduktionen der Immissionsbelastung durch lokale Minderungen der Kfz-Emissionen möglich sind, ist in Abbildung 3-7 für NO_X und in Abbildung 3-8 für PM10 der Anteil der lokalen Zusatzbelastung an den Gesamtemissionen dargestellt.

Die maximalen lokalen Kfz-Anteile liegen bei NO_X bei über 60 % und treten vornehmlich bei den Hotspots der NO_2-Belastung auf. Bei PM10 beträgt der maximale Anteil bei knapp über 25 % an der Zeller Straße (ID 409) und an zweiter Stelle mit 23 % in der Grombühlstraße (ID 183). Für die weiteren Hotspots liegt der lokale PM10-Anteil durch den Kfz-Verkehr bei unter 20 %.

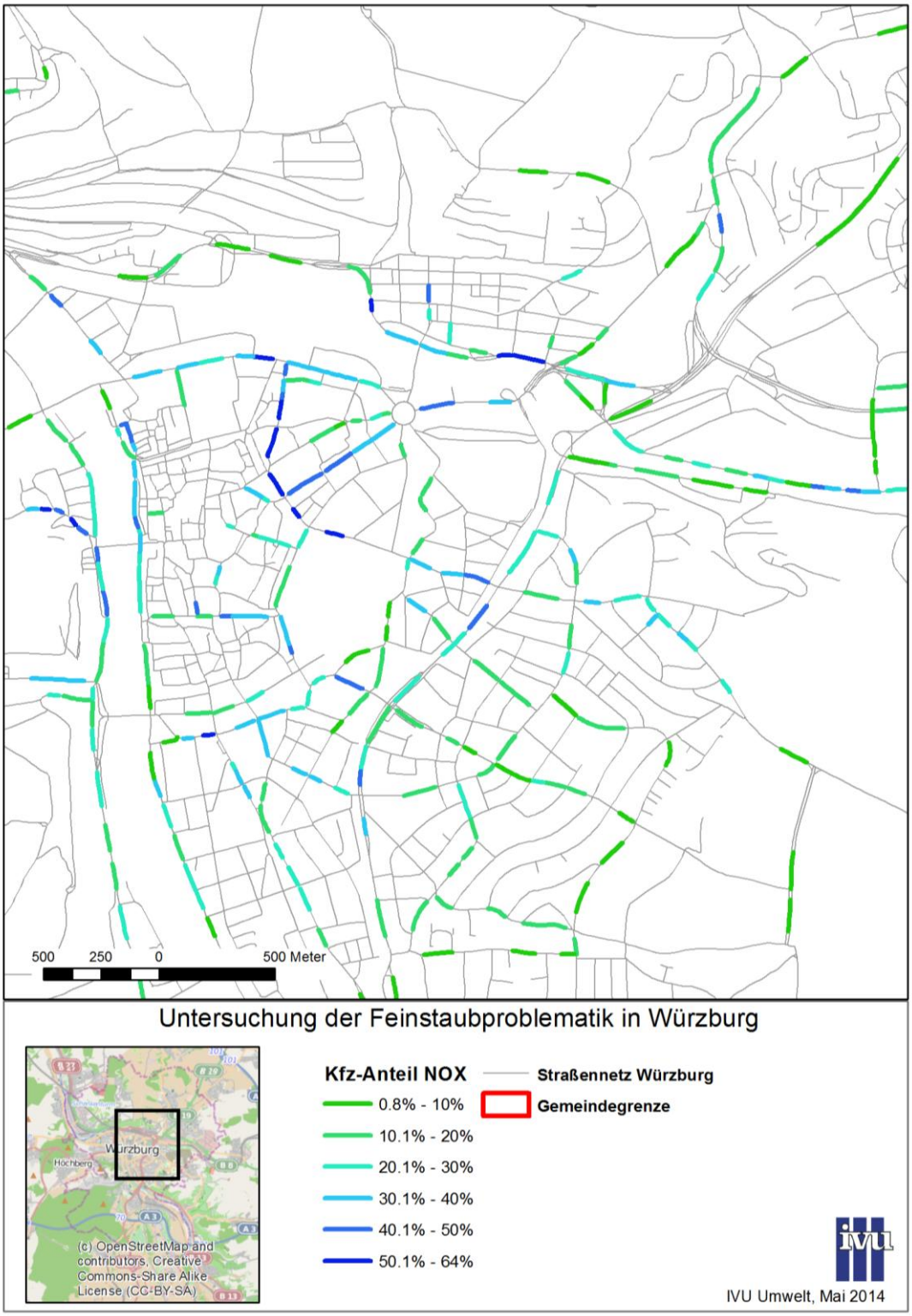


Abbildung 3-7: Anteil der lokalen Kfz-Emissionen an der NO_X-Gesamtbelastung

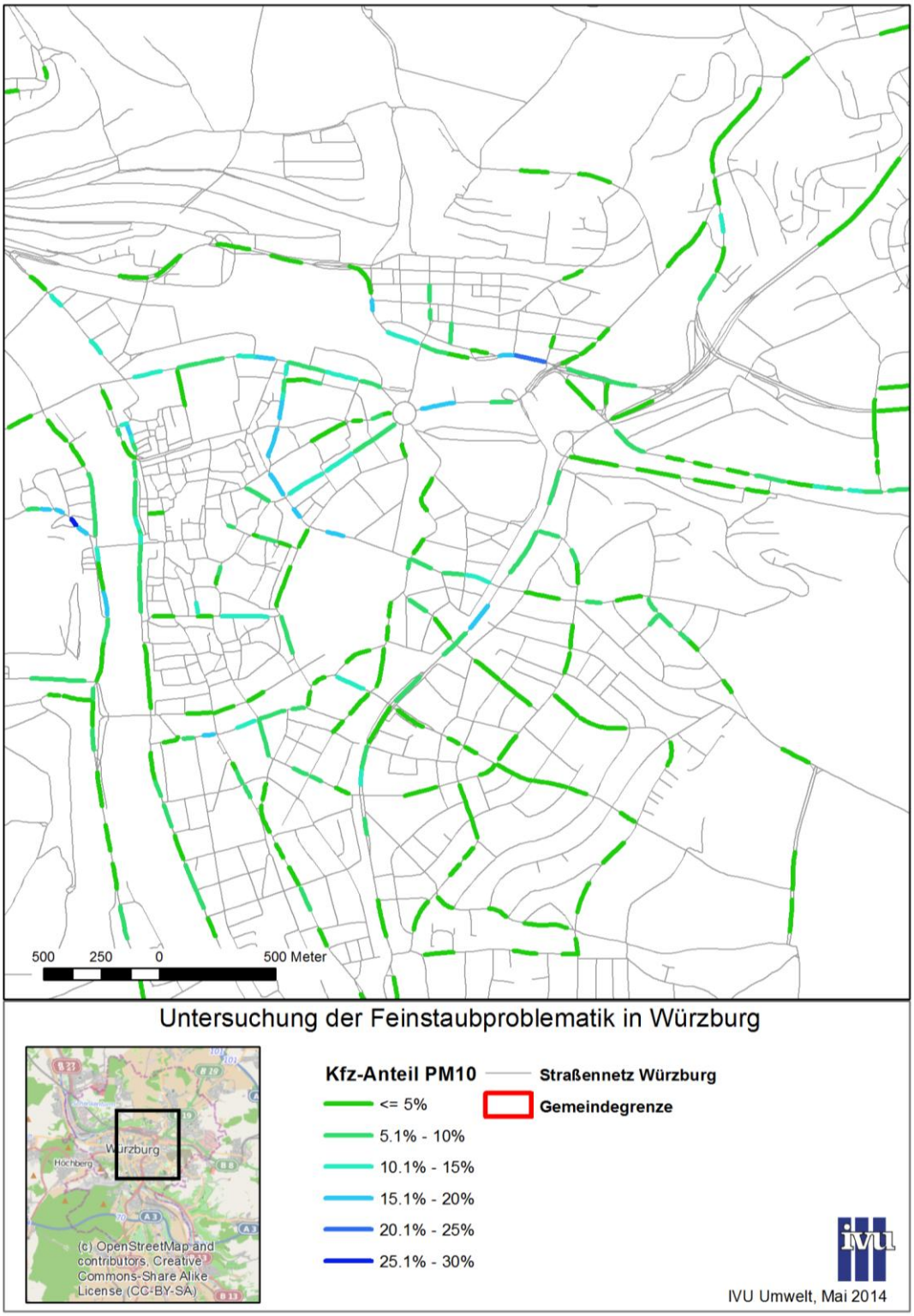


Abbildung 3-8: Anteil der lokalen Kfz-Emissionen an der PM10-Gesamtbelastung

3.5 Messungen in Würzburg, Vergleich mit Modellergebnisse

In Abbildung 3-9 sind die vom LfU veröffentlichten Jahresmittelwerte für NO_2 und PM10 für den Zeitraum 2006 bis 2012 für Messstationen in und um Würzburg grafisch dargestellt. Sowohl bei NO_2 als auch bei PM10 werden die höchsten Konzentrationen an der Station Stadtring Süd gemessen. Bei NO_2 liegen die Jahresmittelwerte in diesem Zeitraum immer über dem derzeitig gültigen Grenzwert. Bei PM10 wird der Jahresgrenzwert nicht überschritten. Nach 2006 trat der höchste PM10-Jahremittelwert in 2011 auf. In diesem Jahr wurde der Tagesgrenzwert an 36 Tagen überschritten und lag damit einen Tag über den zulässigen 35 Tagen.

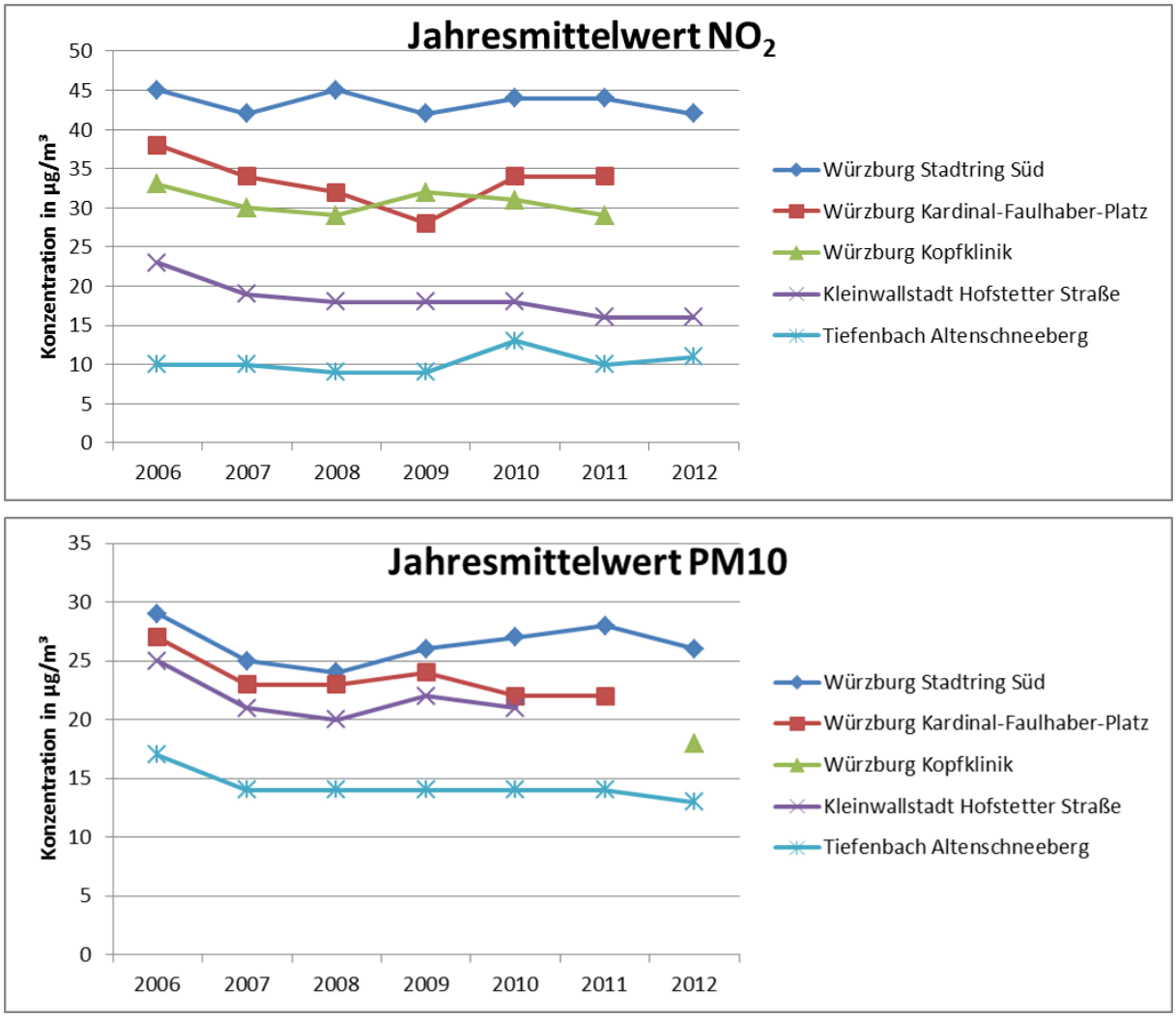


Abbildung 3-9: Zeitreihe der Jahresmittelwert der NO_2-Gesamtbelastung im Hauptstraßennetz von Würzburg

In Tabelle 3-3 werden die mit der Modellierung berechneten Konzentrationen mit den in Würzburg in 2011 gemessenen Werten verglichen. Der Vergleich für die Jahresmittelwerte von NO_2 und PM10 zeigt, dass das in der EU-Luftqualitätsrichtlinie geforderte Datenqualitätsziel in Höhe einer maximalen Abweichung von 30 % des Modells von den Messwerten in allen Fällen eingehalten wird. Es werden z. T. aber deutliche Abweichungen festgestellt, die im Folgenden diskutiert werden.

Station	EoI (LfU)	NO_2/NO_X-Jahresmittelwert		PM10-Jahresmittelwert		PM10-Überschreitungstage	
		Messung	Modell (Abweichung)	Messung	Modell (Abweichung)	Messung	Modell (Abweichung)
Stadtring Süd (NO_2)	städtisches Gebiet/ Verkehr	44 µg/m³	37 µg/m³ (-16%)	28 µg/m³	24 µg/m³ (-14%)	36 Tage	17 Tage (-53%)
Kardinal-Faulhaber-Platz (NO_2)	städtisches Gebiet/ Verkehr	34 µg/m³	43 µg/m³ (+26%)	22 µg/m³	24 µg/m³ (+9%)	17 Tage	16 Tage (-6%)
Kopfklinik (NO_X)	vorstädtisches Gebiet/Hintergrund	47 µg/m³	29 µg/m³ (-38%)	-		-	

Tabelle 3-3: Vergleich der in Würzburg in 2011 gemessenen Schadstoffkonzentrationen mit den modellierten Werten

Die Lage der Messstation Stadtring Süd ist in Abbildung 3-10 dargestellt. Die Messstation ist nahe am Straßenrand, nur durch einen schmalen Bürgersteig von den Fahrbahnen entfernt, positioniert. Im direkten Umfeld der Messstation befindet sich keine Bebauung. Das verwendete Screening-Verfahren geht in seinem vereinfachten Berechnungsverfahren von einer direkt am Straßenabschnitt liegende Bebauung aus, für die eine entsprechende Betroffenheit angenommen wird. Auf Grund der gegebenen Konfiguration können vom Screeningverfahren keine belastbaren Ergebnisse im Vergleich zu den Messwerten erwartet werden. Es ist aber zu erwarten, dass in den Eingangsbereichen der Bebauung, die der Station am nächsten liegt, niedrigere Konzentrationen im Wertebereich der Modellergebnisse vorliegen als die am Ort der Station gemessenen.

Abbildung 3-10: Foto und Lagekarte der Messstation Stadtring Süd (Quelle: Stationsbeschreibung LfU Bayern, Stand 2012)

Die Lage der Station Kardinal-Faulhaber-Platz ist in Abbildung 3-11 dargestellt. Die Messstation ist auf einem Platz positioniert, der im Allgemeinen eine bessere Durchlüftungssituation aufweist, als die benachbarten beidseitig bebauten Straßenschluchten der Theaterstraße. Es ist davon auszugehen, dass die Kfz-Emissionen entlang des Straßenabschnitts annähernd unverändert bleiben, so dass die Konzentrationen in den angrenzenden Straßenschluchten höher sein werden. Den Messwerten für den Kardinal-Faulhaber-Platz wurden in der Tabelle 3-3 die Screeningergebnisse der südlich gelegenen Straßenschlucht (Theaterstraße, ID 138) zugeordnet. Es ist zu erwarten, dass Messungen in diesen Straßenschluchten zu entsprechend höheren Konzentrationen führen würden als die Messwerte am Kardinal-Faulhaber-Platz und somit die Abweichung zwischen Modell und Messung deutlich geringer sein würde.

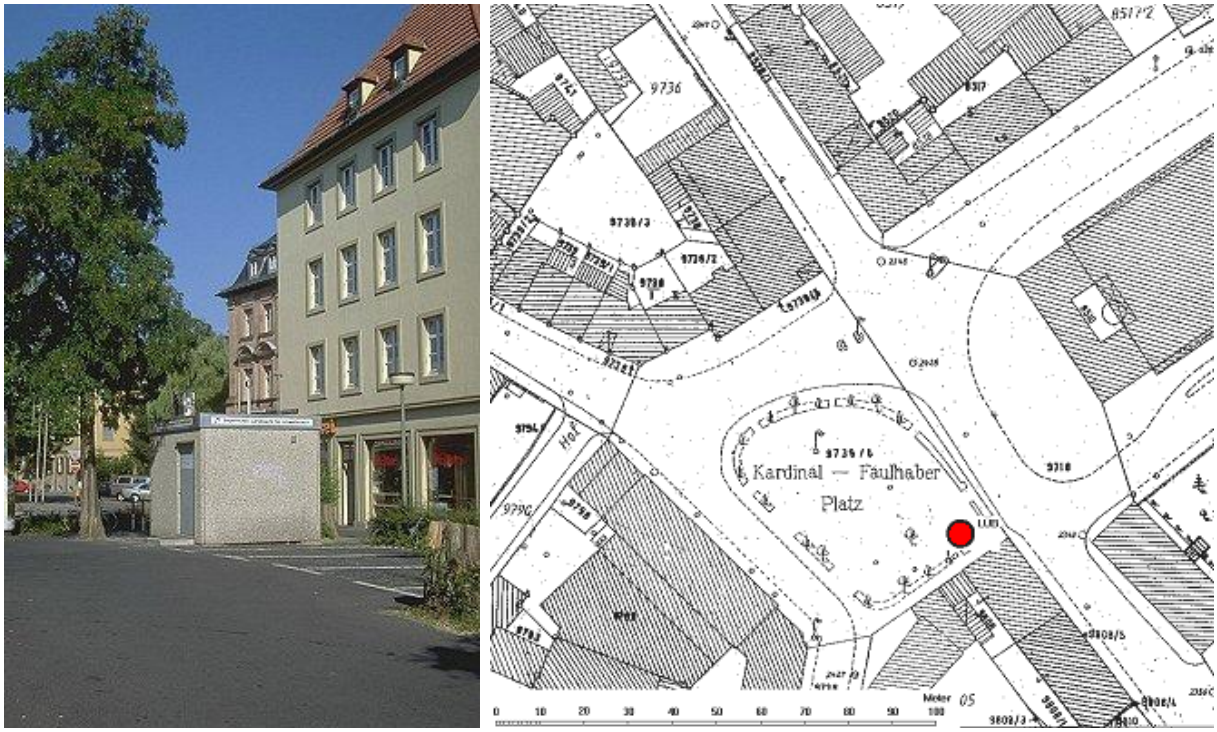


Abbildung 3-11: Foto und Lagekarte der Messstation Kardinal-Faulhaber-Platz (Quelle: Lufthygienischer Bericht für die Stadt Würzburg 2009)

In Abbildung 3-12 ist die Lage der Hintergrundstation Kopfklinik dargestellt. Wie bereits in Abschnitt 3.1 erwähnt, liegen für die im Nahbereich der Messstation liegenden Quellen, hier vornehmlich der Kfz-Verkehr, keine Informationen vor. Es kann deshalb nicht erwartet werden, dass das Ergebnis der Modellierung den Messwert erreicht. Durch die im Nahbereich der Messstation vorhandenen Quellen ist diese Station auch nur eingeschränkt als Hintergrundstation verwendbar, die definitionsgemäß unbeeinflusst von lokalen Quellen und repräsentativ für ein größeres Gebiet des städtischen Hintergrunds sein soll.

Abbildung 3-12: Foto und Lagekarte der Messstation Kopfklinik (Quelle: Stationsschreibung LfU Bayern, Stand 2012)

4 Einführung einer Umweltzone

4.1 Beschreibung der Maßnahme

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, 2013).

Wie aus Tabelle 4-1 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.

Schadstoffgruppe	**1**	**2**	**3**	**4**
Plakette	keine Plakette	2	3	4
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**	vor Euro 1			Euro 1

Tabelle 4-1: Schadstoffgruppen und Anforderungen für die einzelnen Plaketten gemäß Kennzeichnungsverordnung (35. BImSchV 2007)

Die Wirksamkeit der Umweltzone wird für drei Varianten der räumlichen Ausdehnung untersucht (Abbildung 4-1 bis Abbildung 4-3). Es wird angenommen, dass im Bezugsjahr der Berechnung sofort die 3. Stufe (Grüne Plakette) eingeführt wird. Als Effekt der Umweltzone wird nur die entsprechende Umschichtung der Kfz-Flotte zur grünen Plakette betrachtet. Verkehrliche Wirkungen können nach bisherigen Auswertungen vernachlässigt werden. So wird z. B. in Senat Berlin (2009) festgestellt, dass „die Umweltzone … nicht zu einer Verlagerung von Verkehrsströmen (führt) und … keine messbaren Ausweichverkehre“ produziert werden.

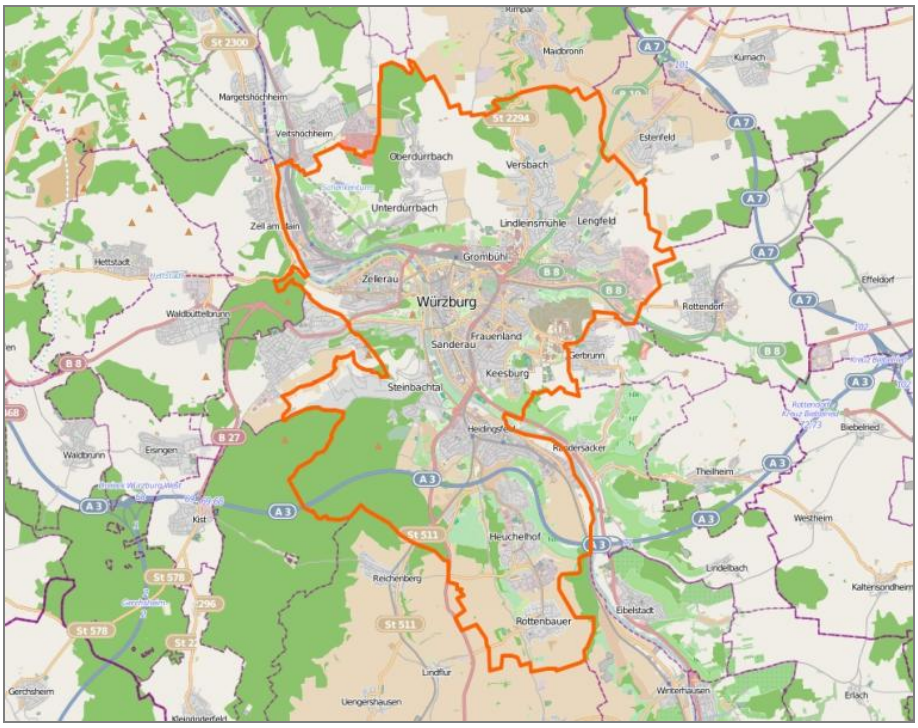


Abbildung 4-1: Umweltzone Szenario 1- Gesamtes Stadtgebiet Würzburg (Kartengrundlage: openstreetmap)

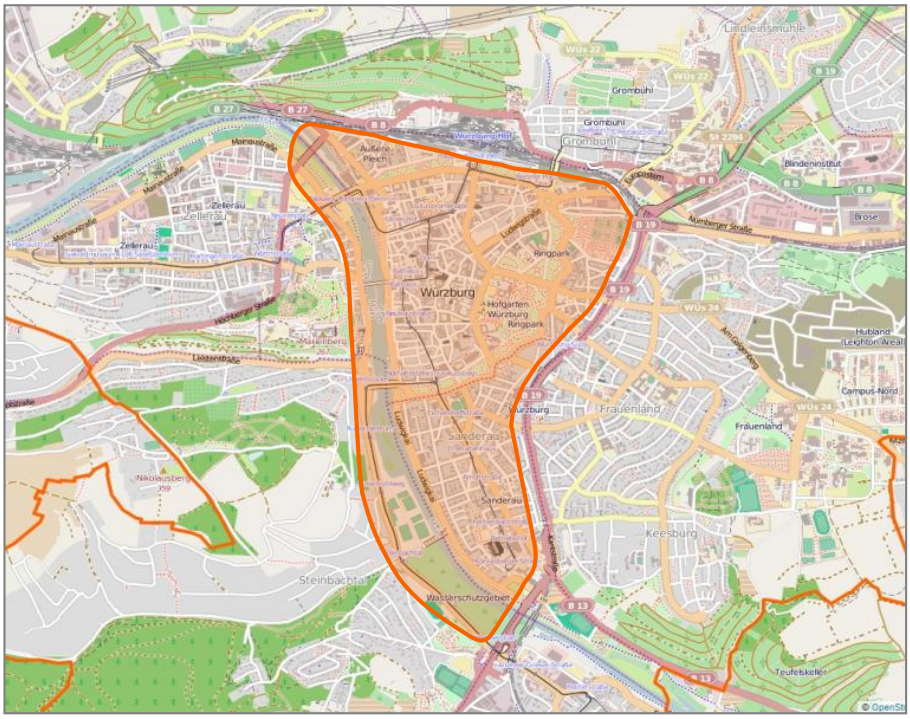


Abbildung 4-2: Umweltzone Szenario 2- Bereich Stadtring / Mergentheimer Straße ohne den Ring (Kartengrundlage: openstreetmap)

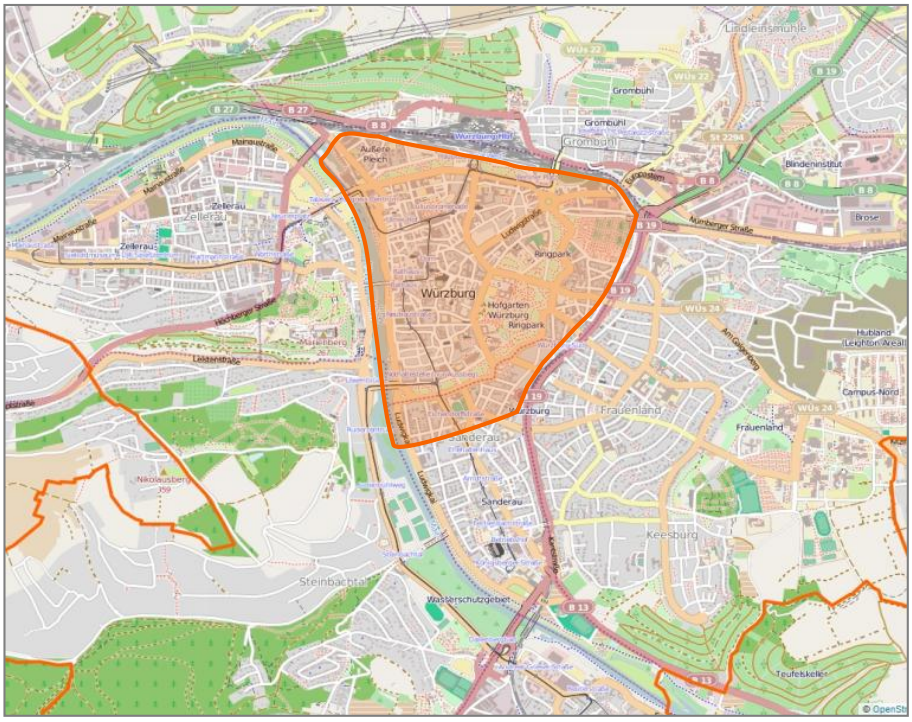


Abbildung 4-3: Umweltzone Szenario 3- Bereich Alleenring / rechtes oder linkes Mainufer einschließlich (Kartengrundlage: openstreetmap)

4.2 Wirkungen auf die Luftschadstoffe

Zur Berechnung der Wirksamkeit der Umweltzone auf die Luftschadstoffe wird bei gleichbleibendem Verkehr die Minderung der Kfz-Emissionen durch die Flottenverbesserung modelliert. Die Wirkung der resultierenden Emissionsminderung wird sowohl im urbanen Hintergrund als auch in den Straßenabschnitten berechnet.

In Tabelle 4-2 ist die Wirkung einer Umweltzone in den drei verschiedenen räumlichen Ausdehnungen auf die Veränderung der gesamtstädtischen Kfz-Emissionen dargestellt. Zusätzlich ist für eine bessere Vergleichbarkeit mit den Darstellungen für die weiteren Maßnahmen, in der Tabelle angegeben, wie sich die gesamt Kfz-Fahrleistung in den Szenarien verändert. Wie bereits im vorangegangenen Abschnitt beschrieben, wurde bei der Betrachtung der Umweltzone angenommen, dass sich die Gesamtfahrleistung nicht verändert.

Wie zu erwarten, ist der Rückgang der auspuffbedingten Emissionen von NO_X und Abgaspartikel bei der größten Ausdehnung der Umweltzone am stärksten. Da die Partikelverordnung vordringlich auf die Minderung der Partikelemissionen abzielte, ist hier auch der größte Rückgang mit fast -50 % zu erwarten. Da die Fahrleistung in allen Szenarien gleich bleibt, kann keine Minderung der Aufwirbelungs- und Abriebsemissionen (AWAR) durch den Kfz-Verkehr erwartet werden, wodurch die Gesamtminderung der PM10-Emissionen deutlich geringer ausfällt als allein bei den Abgaspartikeln.

Szenario	Fahrleistung	Emissionen in t/a			
Absolut	km/Jahr	NO_X	Abgaspartikel	AWAR	PM10
Ist	9.72E+08	646.9	17.9	39.4	57.2
Umweltzone 1	9.72E+08	536.6	9.2	39.4	48.5
Umweltzone 2	9.72E+08	637.0	16.6	39.4	55.9
Umweltzone 3	9.72E+08	639.9	17.0	39.4	56.3
Veränderungen zu Ist-Situation					
Umweltzone 1	0.0%	-17.1%	-48.6%	0.0%	-15.2%
Umweltzone 2	0.0%	-1.5%	-7.4%	0.0%	-2.3%
Umweltzone 3	0.0%	-1.1%	-5.0%	0.0%	-1.6%
AWAR: Kfz-bedingte PM10-Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieben PM10: Summe aus Abgaspartikel und AWAR					

Tabelle 4-2: Veränderung der Kfz-Fahrleistung und der summierten Kfz-Emissionen in den 3 Varianten der Umweltzone

In Abbildung 4-4 sind die berechneten NO_2-Konzentrationen im Innenstadtbereich von Würzburg für die drei räumlichen Varianten der Umweltzone und zum Vergleich für die Ist-Situation kartographisch dargestellt. Eine tabellarische Darstellung der berechneten Konzentrationswerte für alle untersuchten Maßnahmen findet sich für alle Hotspots aus Kapitel 3.3 für NO_2 in Tabelle 8-3 und für PM10 in Tabelle 8-4. Auf eine kartographische Darstellung der Wirkung auf die PM10-Belastung wurde hier verzichtet, da damit kein wesentlicher zusätzlicher Informationsgehalt verbunden ist.

In den Karten der Abbildung 4-4 bis Abbildung 4-7 sind die Straßenabschnitte mit berechneten NO_2-Jahresmittelwerten beschriftet, bei denen im jeweiligen Szenario noch ein Konzentrationswert von mehr als 36 µg/m³ ermittelt wurde. Die Umweltzone führt im jeweiligen Ausdehnungsbereich in allen Fällen zu einer Minderung der Gesamtbelastung. Sowohl aus den Karten wie auch aus Tabelle 8-3 wird ersichtlich, dass mit der größten Ausdehnung der Umweltzone die Anzahl von Abschnitten mit NO_2-Grenzwertverletzungen von 15 auf 9 Abschnitte zurückgeht. Bei der mittleren Ausdehnung geht die Anzahl auf 10 und bei der kleinsten auf 11 Abschnitte zurück.

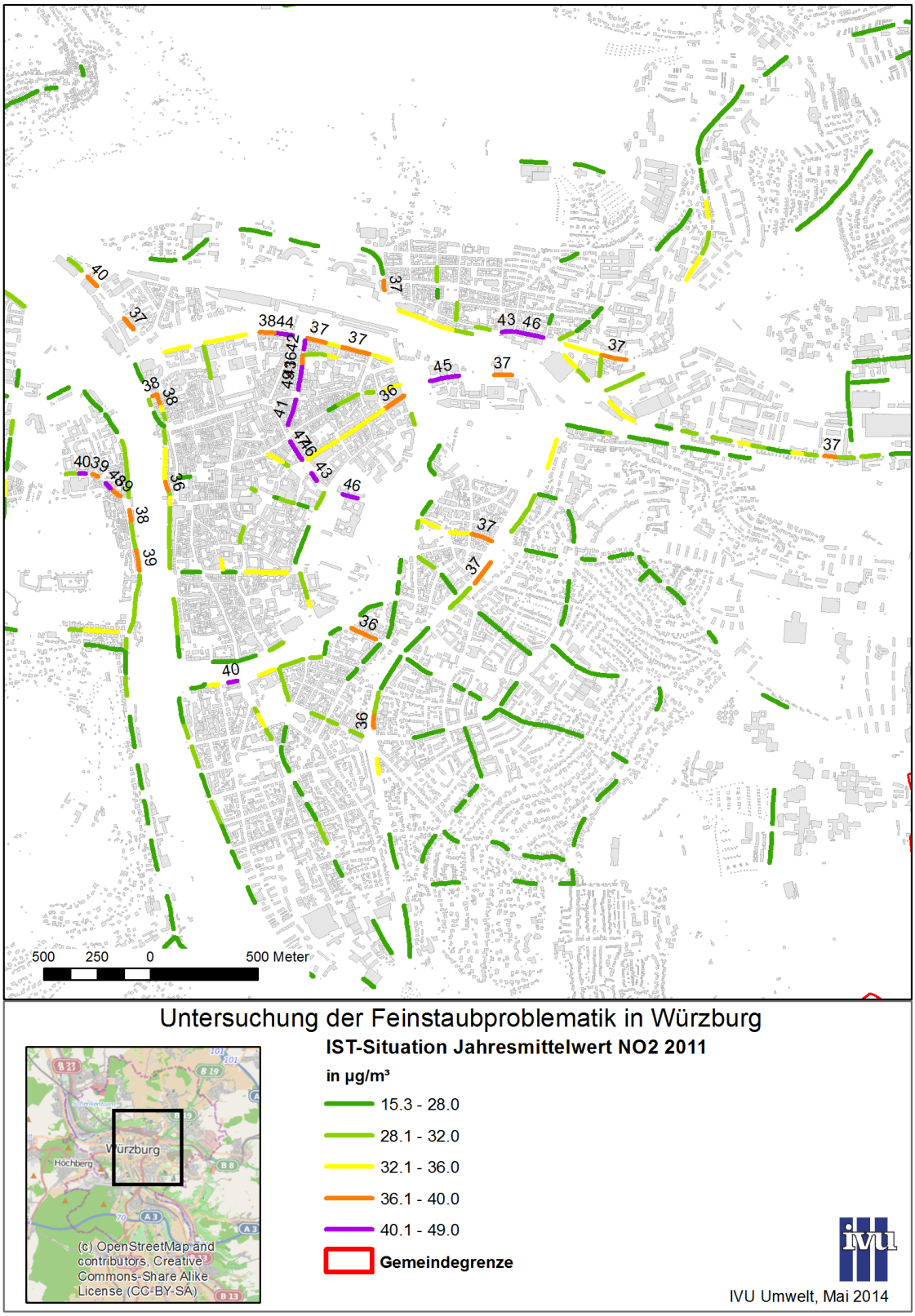


Abbildung 4-4: Übersicht der NO_2-Konzentrationen für die Varianten der Umweltzone (UWZ) – IST-Situation

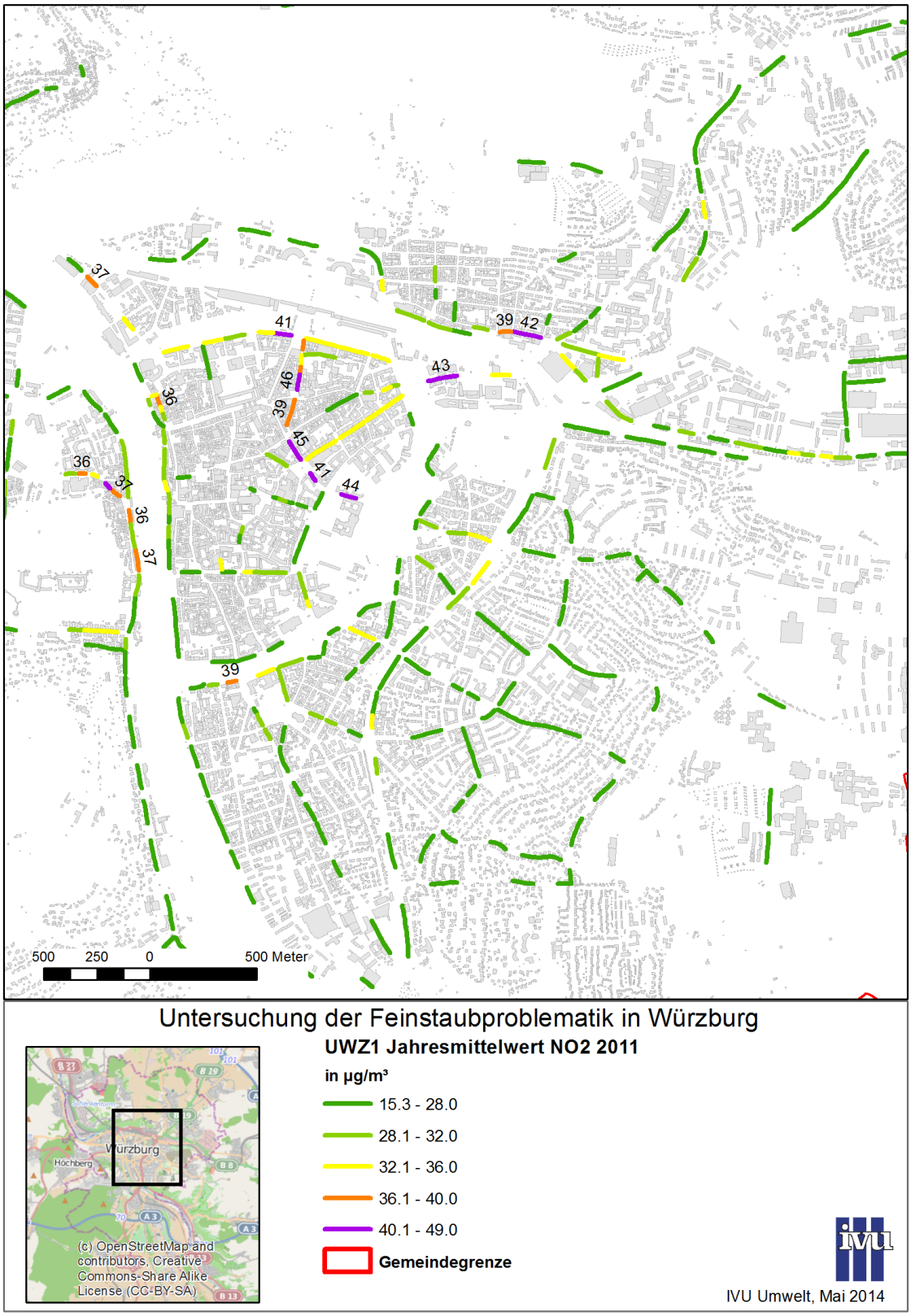


Abbildung 4-5: Übersicht der NO_2-Konzentrationen für die Varianten der Umweltzone (UWZ) – UWZ1

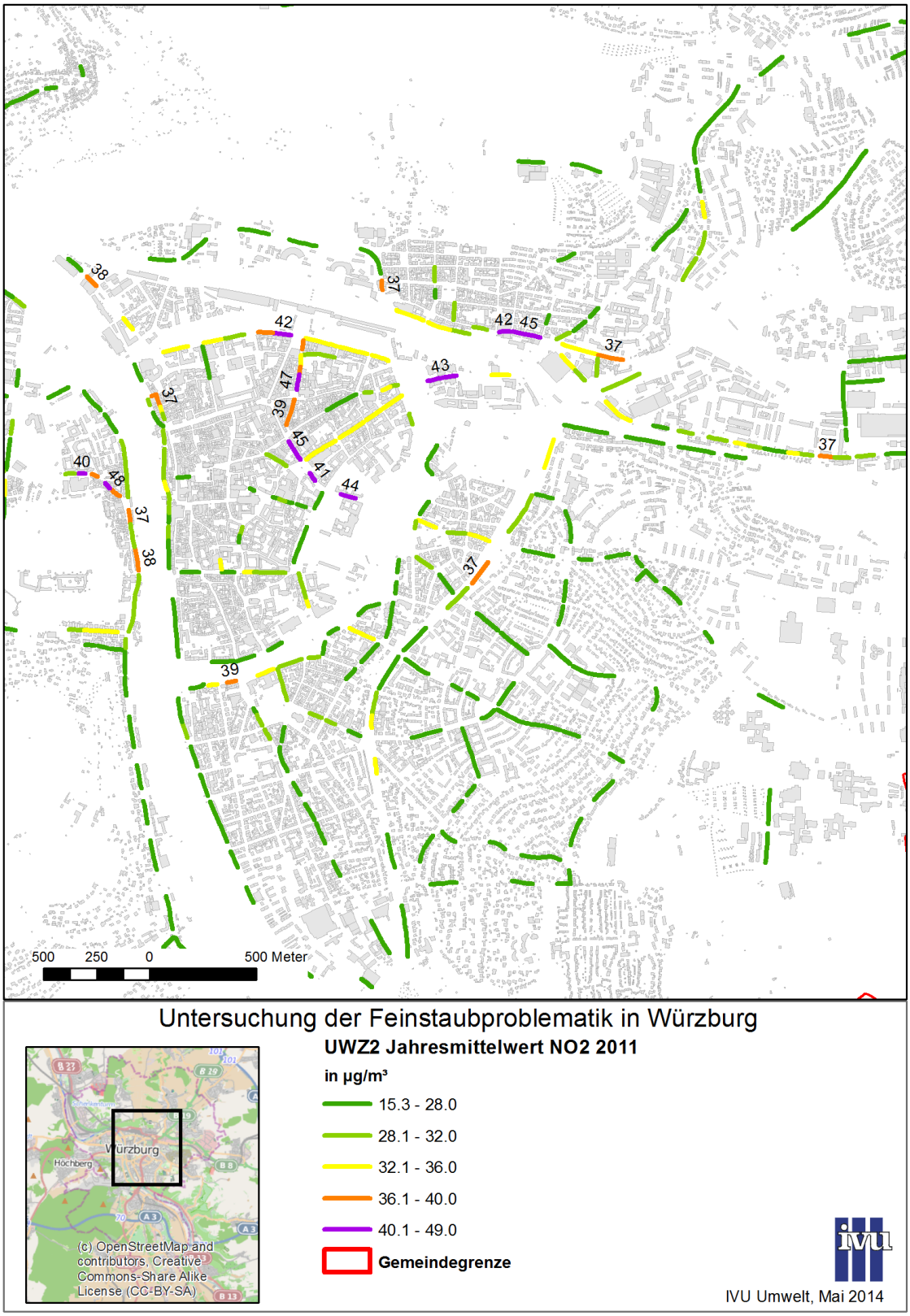


Abbildung 4-6: Übersicht der NO_2-Konzentrationen für die Varianten der Umweltzone (UWZ) – UWZ2

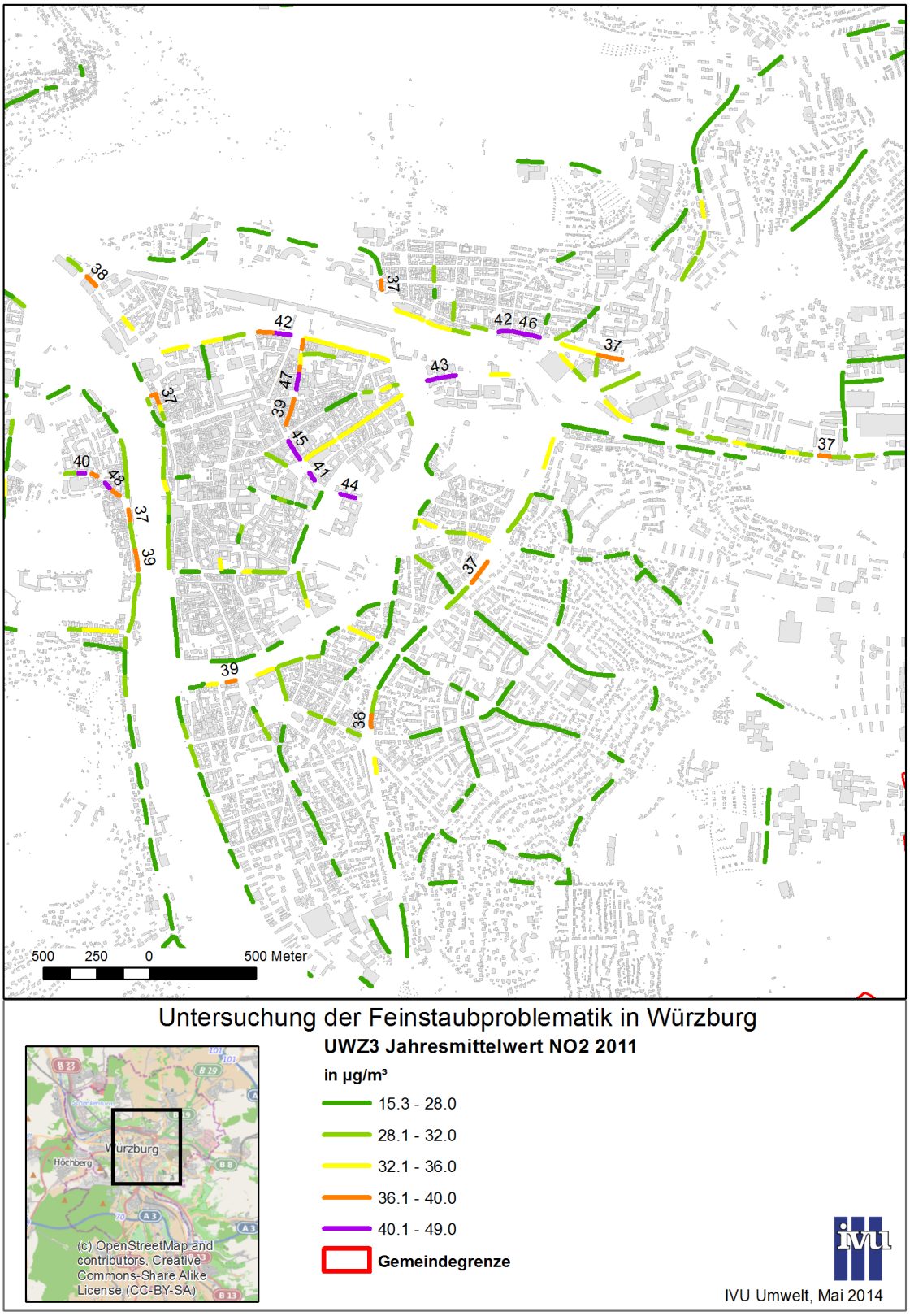


Abbildung 4-7: Übersicht der NO_2-Konzentrationen für die Varianten der Umweltzone (UWZ) – UWZ3

5 Einführung von Tempo 30 im Stadtgebiet

5.1 Beschreibung der Maßnahme

5.1.1 Szenario 1: Flächendeckende Einführung von Tempo 30 in Würzburg

Im Rahmen der Feinstaubuntersuchung sollte auftragsgemäß die Einführung von Tempo 30 im Stadtgebiet untersucht werden. Dazu wurden zwei Szenarien betrachtet. In Szenario 1 wurde die flächendeckende Einführung von Tempo 30 im Stadtgebiet von Würzburg unterstellt. Dabei wurde auf den neuen Strecken eine streckenbezogene Geschwindigkeitsreduzierung auf 30 km/h unterstellt, während die Geschwindigkeitsbeschränkung in den Wohngebieten weiterhin als Tempo-30-Zone wie heute unterstellt wurde.

Die streckenbezogene Reduzierung auf 30 km/h wurde in diesem Szenario auch auf den verkehrstragenden, mehrspurigen Bundesstraßen im Stadtgebiet (B8, B19 etc.) angesetzt. Bei der Modellierung der verkehrlichen Wirkungen wurde davon ausgegangen, dass auf mehrspurigen Hauptverkehrsstraßen geringfügig schneller als 30 km/h gefahren wird

Die Geschwindigkeiten auf den Autobahnen A3 und A7 blieben unverändert.

5.1.2 Szenario 2: Einführung von Tempo 30 mit Vorrangnetz

Im Szenario 2 wurde ein so genanntes Vorrangnetz für das Stadtgebiet von Würzburg definiert, auf dem mit 50 km/h oder schneller gefahren werden kann. Für die Strecken im Vorrangnetz wurden die derzeit zulässigen Geschwindigkeiten angesetzt (Tempo 50 km/h oder höher). Alle übrigen Strecken außerhalb des Vorrangnetzes sind in diesem Szenario streckenbezogen auf 30 km/h oder als Tempo-30-Zonen ausgeführt.

Die Abbildung 5-1 zeigt das Vorrangnetz im Szenario sowie die unterstellten Geschwindigkeiten. Im so genannten Vorrangnetz befinden sich lediglich die verkehrstragenden Hauptverkehrsstraßen im Stadtgebiet. Im Bereich der Innenstadt wurde damit ein neuer Stadtring ausgebildet, der sich aus dem Alleenring entlang des Glacis, dem Haugerring im Norden sowie Saalgasse und Mergentheimer Straße westlich des Mains zusammensetzt. Innerhalb dieses Bereichs wurden alle Straßen mit Tempo 30 unterstellt.

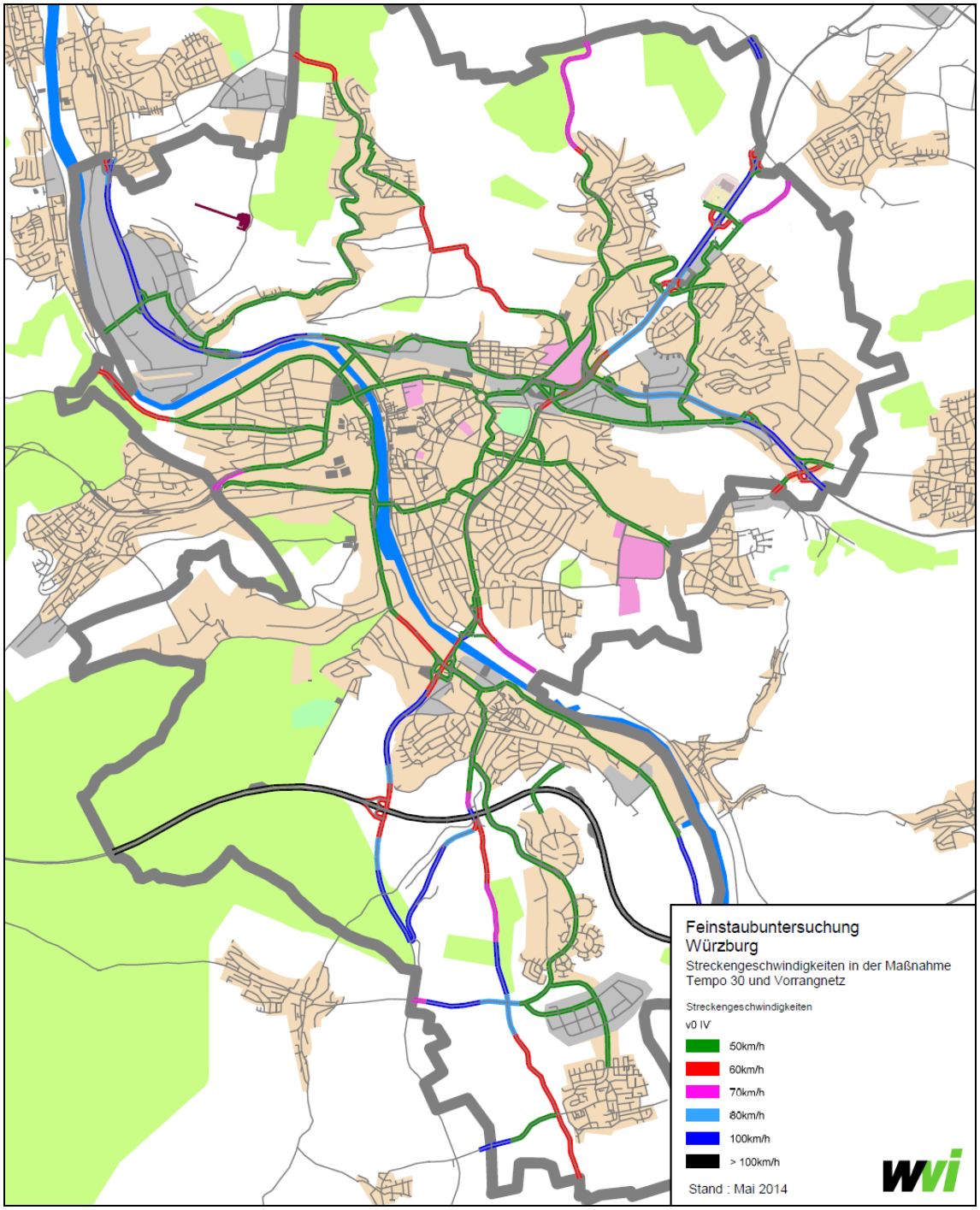


Abbildung 5-1: Streckengeschwindigkeiten in der Maßnahme „Tempo 30 mit Vorrangnetz“

5.2 Verkehrliche Wirkungen

5.2.1 Szenario 1: Flächendeckende Einführung von Tempo 30 in Würzburg

Die verkehrlichen Wirkungen des Szenarios 1, flächendeckende Einführung von Tempo 30 im Stadtgebiet, wurde mit dem Verkehrsmodell Würzburg untersucht. Dazu wurden im Straßennetz die möglichen Fahrgeschwindigkeiten auf 30 km/h reduziert. Die Fahrtenwünsche (Verkehrsnachfrage als Quelle-Ziel-Beziehungen) blieben gegenüber dem Analysefall unverändert.

Durch die neuen Geschwindigkeiten ergeben sich veränderte Reisezeiten im Straßennetz, die zu veränderten Routen und damit auch zu veränderten Verkehrsbelastungen in Würzburg führen. Die Abbildung 5-2 zeigt die Verkehrsbelastungen im Kfz-Verkehr im Szenario 1, flächendeckende Einführung von Tempo 30, im gesamten Stadtgebiet, die Abbildung 5-3 die Verkehrsbelastungen im Ausschnitt Innenstadt.

Die Abbildung 5-4 und die Abbildung 5-5 zeigen die Veränderungen in den Verkehrsbelastungen im Vergleich zum Analysefall. Dabei sind GRÜN dargestellt solche Strecken, auf denen durch die Maßnahme Belastungsverringerungen zu verzeichnen sind, ROT dargestellt sind solche Strecken, auf denen die Verkehrsbelastungen durch die Maßnahme zunehmen.

Im Stadtgebiet von Würzburg zeigen sich Verkehrsverlagerungen insbesondere auf den Bundesstraßen B8 und B19. Die Verlagerungen resultieren daher, dass durch die deutlich reduzierten Geschwindigkeiten im Stadtgebiet der Durchgangsverkehr das Stadtgebiet meidet und im Wesentlichen auf den umliegenden Bundesautobahnen A7 und A3 verbleibt. Dieser Effekt zeigt sich auch in der deutlichen Zunahme der Verkehrsbelastungen auf der A3 im Süden von Würzburg. Insgesamt verringert sich die Verkehrsleistung in Würzburg jedoch lediglich um 4,3 % (Lkw-Schwerverkehr -7,1%), vgl. die Auswertung der Fahrleistungen in Tabelle 5-1.

Die Veränderungen in der Innenstadt sowie die Fahrleistungsauswertung zeigen ebenfalls, dass sich bei einer flächendeckenden Einführung von 30 km/h erhebliche Verkehrsverlagerungen in die Wohn- und Erschließungsstraßen einstellen: so steigt die Fahrleistung im Netz der Wohn- und Erschließungsstraßen um rd. 20 % an. Dies resultiert daraus, da der Vorteil der Nutzung der i. A. schnelleren Hauptstraßen in dieser Maßnahme entfällt und deshalb zahlreiche Schleichverkehre die Wohn- und Erschließungsstraßen durchfahren.

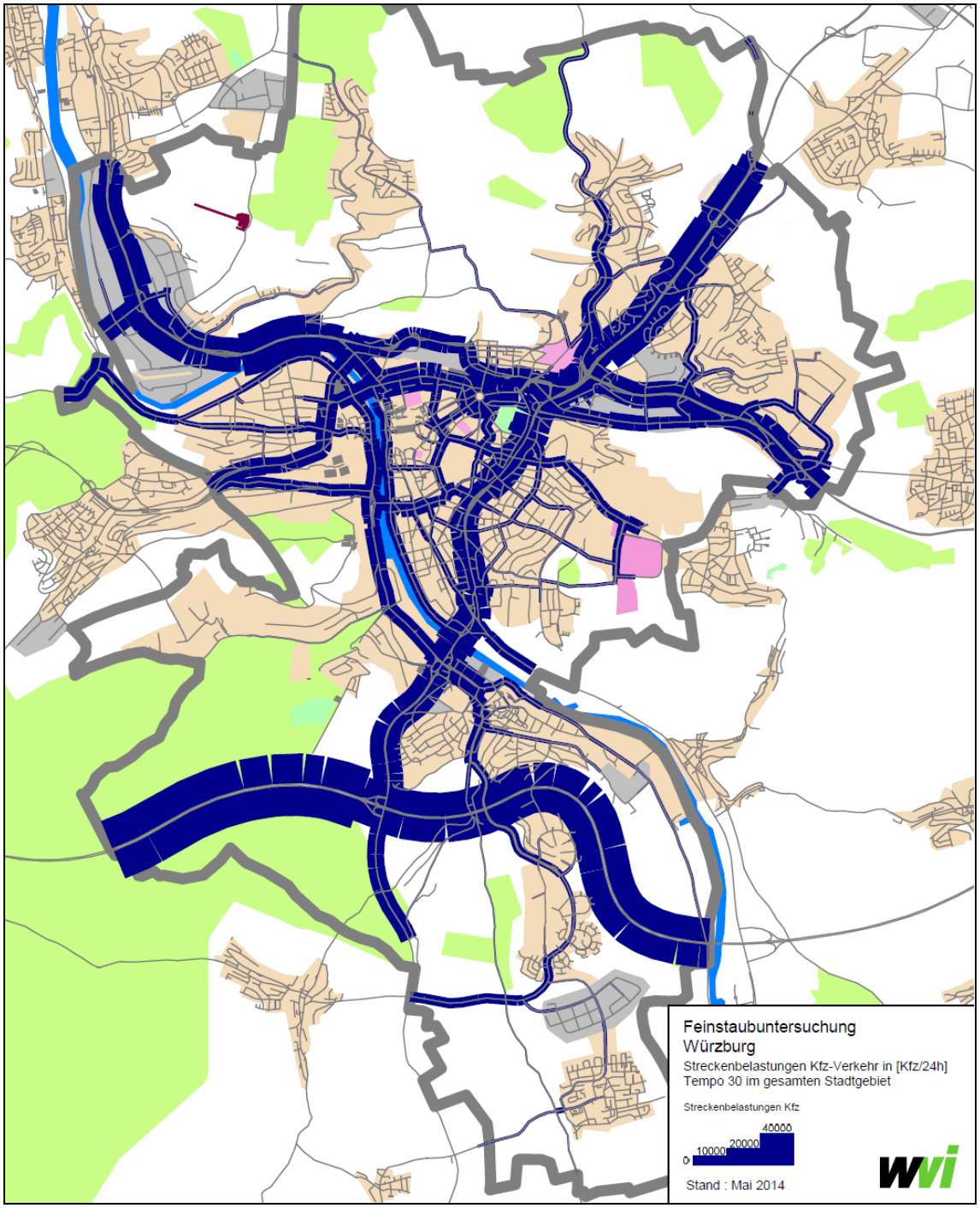


Abbildung 5-2: Verkehrsbelastungen im Kfz-Verkehr, Maßnahme „Flächendeckende Einführung Tempo 30“

Abbildung 5-3: Verkehrsbelastungen im Kfz-Verkehr, Maßnahme „Flächendeckende Einführung Tempo 30“, Ausschnitt Innenstadt

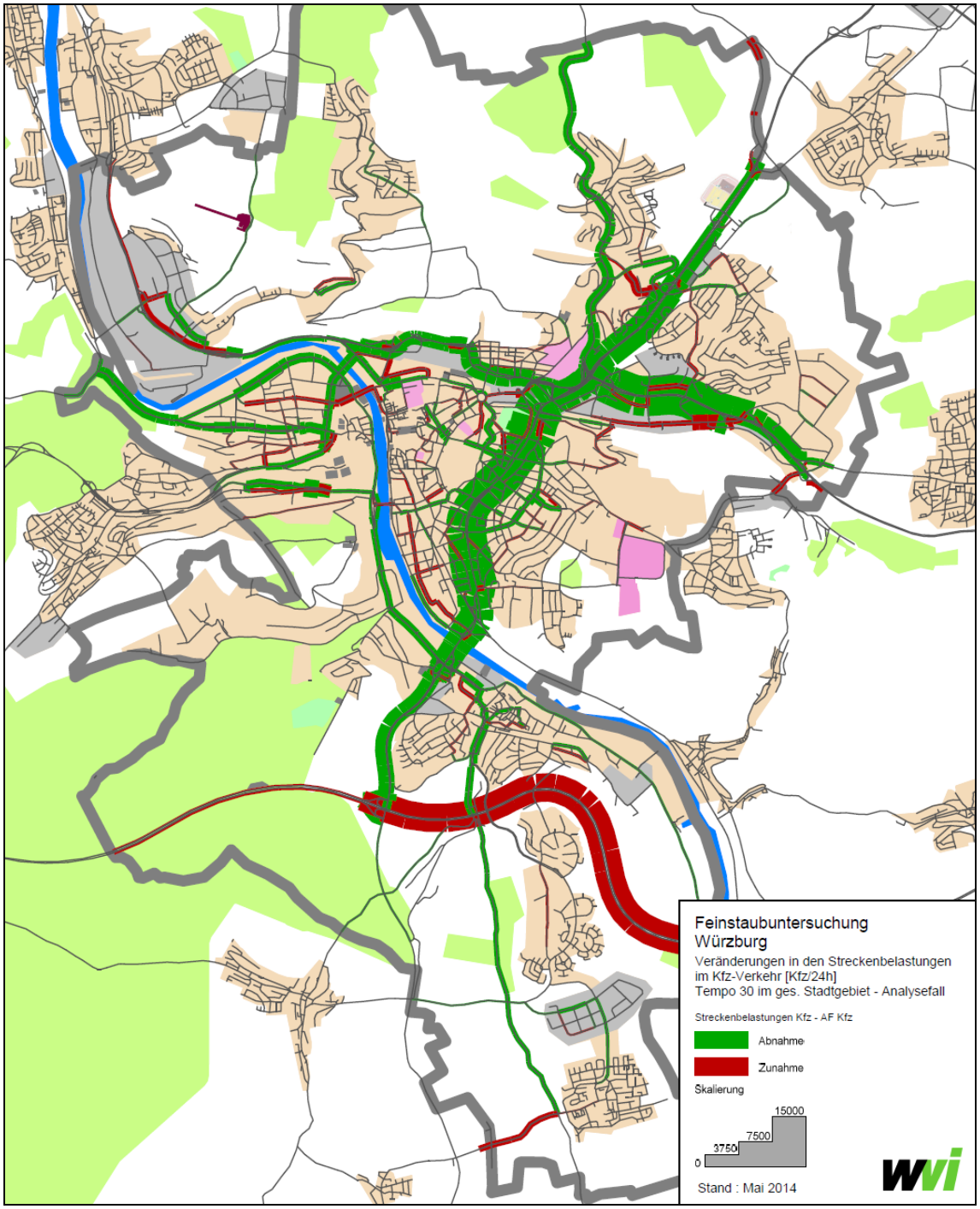


Abbildung 5-4: Veränderungen in den Verkehrsbelastungen im Kfz-Verkehr, Maßnahme „Flächendeckende Einführung Tempo 30“

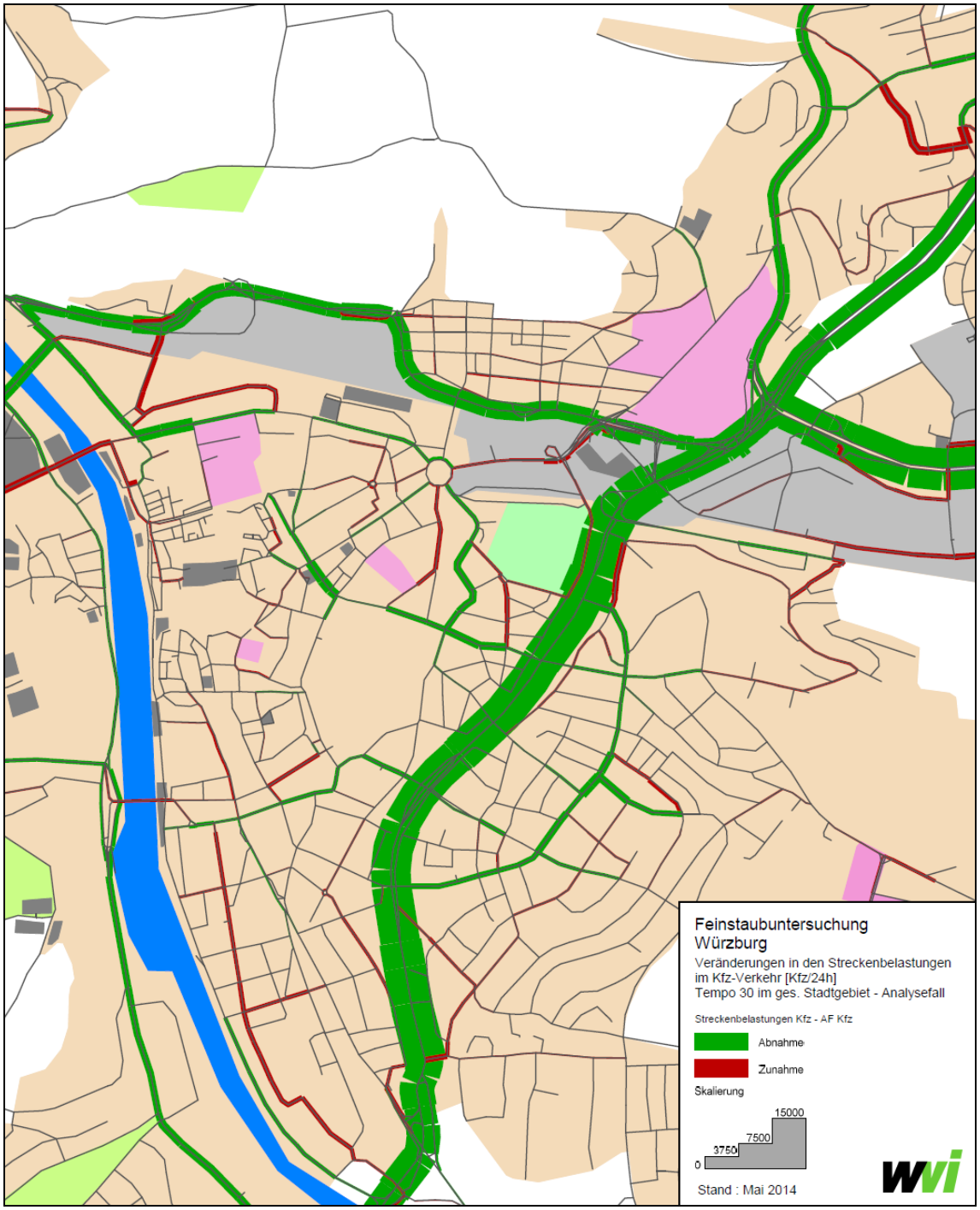


Abbildung 5-5: Veränderungen in den Verkehrsbelastungen im Kfz-Verkehr, Maßnahme „Flächendeckende Einführung Tempo 30“, Ausschnitt Innenstadt

Szenario: Tempo 30 flächendeckend		Verkehrsleistung in [Fzg-km]				
		PKW	LNF	LKW	Bus	Summe KFZ
Außerorts-straßen	Autobahnen und Bundesstraßen	999.200	90.300	158.100	1.600	1.249.300
	Landes-, Kreis- und sonstige Straßen	109.900	5.500	4.900	700	120.900
Innerorts-straßen	Haupt- und Sammelstraßen	1.012.300	46.500	37.000	10.400	1.106.300
	Wohn- und Erschließungsstraßen	195.000	10.000	7.500	3.300	215.700
Verkehrsleistung insgesamt		2.316.400	152.300	207.500	16.000	2.692.200

Szenario: Tempo 30 flächendeckend		Veränderungen zum Analysefall absolut in [Fzg-km]				
		PKW	LNF	LKW	Bus	Summe KFZ
Außerorts-straßen	Autobahnen und Bundesstraßen	-2.200	-750	-3.420	k.V.	-6.370
	Landes-, Kreis- und sonstige Straßen	-17.560	-760	-920	k.V.	-19.240
Innerorts-straßen	Haupt- und Sammelstraßen	-110.890	-7.380	-12.770	k.V.	-131.050
	Wohn- und Erschließungsstraßen	32.790	1.860	1.330	k.V.	35.970
Verkehrsleistung insgesamt		-97.870	-7.030	-15.790	k.V.	-120.690

Szenario: Tempo 30 flächendeckend		Veränderungen zum Analysefall relativ in [%]				
		PKW	LNF	LKW	Bus	Summe KFZ
Außerorts-straßen	Autobahnen und Bundesstraßen	-0,2%	-0,8%	-2,1%	k.V.	-0,5%
	Landes-, Kreis- und sonstige Straßen	-13,8%	-12,2%	-15,8%	k.V.	-13,7%
Innerorts-straßen	Haupt- und Sammelstraßen	-9,9%	-13,7%	-25,7%	k.V.	-10,6%
	Wohn- und Erschließungsstraßen	20,2%	22,9%	21,6%	k.V.	20,0%
Verkehrsleistung insgesamt		-4,1%	-4,4%	-7,1%	k.V.	-4,3%

Datenbasis: Verkehrsmodell Würzburg
Auswertung bezogen auf Stadtgebiet Würzburg
Angaben in [Fahrzeug-km/Werktag] und in [%]
Abweichungen in den Summen durch Rundung der Einzelwerte möglich
k.V. Keine Veränderungen im Busliniennetz unterstellt

Tabelle 5-1: Verkehrsleistungen in der Maßnahme „Flächendeckende Einführung Tempo 30“ und Veränderungen gegenüber dem Analysefall

5.2.2 Szenario 2: Einführung von Tempo 30 mit Vorrangnetz

Die verkehrlichen Wirkungen des Szenarios 2, Einführung von Tempo 30 mit Vorrangnetz, wurden ebenfalls mit dem Verkehrsmodell Würzburg untersucht. Dazu wurden die zulässigen Fahrgeschwindigkeiten mit Ausnahme des Vorrangnetzes auf 30 km/h reduziert. Auf den Strecken des Vorrangnetzes wurden die heute zulässigen Fahrgeschwindigkeiten mit 50 km/h oder höher beibehalten Die Fahrtenwünsche (Verkehrsnachfrage als Quelle-Ziel-Beziehungen) blieben gegenüber dem Analysefall unverändert. Durch die neuen Geschwindigkeiten ergeben sich veränderte Reisezeiten im Straßennetz, die zu veränderten Routen und damit auch zu veränderten Verkehrsbelastungen in Würzburg führen.

Die Abbildung 5-6 zeigt die Verkehrsbelastungen im Kfz-Verkehr im Szenario 2, Einführung von Tempo 30 mit Vorrangnetz, im gesamten Stadtgebiet, die Abbildung 5-7 die Verkehrsbelastungen im Ausschnitt Innenstadt.

Die Abbildung 5-8 und die Abbildung 5-9 zeigen die Veränderungen in den Verkehrsbelastungen im Vergleich zum Analysefall. Dabei sind GRÜN dargestellt solche Strecken, auf denen durch die Maßnahme Belastungsverringerungen zu verzeichnen sind, ROT dargestellt sind solche Strecken, auf denen die Verkehrsbelastungen durch die Maßnahme zunehmen.

Wie die Auswertung der Fahrleistungen in Tabelle 5-2 zeigt, ergeben sich mit dieser Maßnahme insgesamt deutlich geringere Verlagerungseffekte als im Szenario 1. Vor allem der Durchgangsverkehr verbleibt auf den Bundesstraßen B8 und B19. Dagegen zeigen sich Verkehrsverlagerungen innerhalb des Stadtgebietes von den untergeordneten Straßen auf die Strecken des Vorrangnetzes. So können z. B. Mit der Maßnahme die Bereich Balthasar Neumann Promenade - Theaterstraße - Bahnhofstraße verkehrlich entlastet werden, gleiches gilt für die Bereiche Erthalstraße – Wittelsbacher Straße und Zeppelinstraße – Trautenauer Straße. Die Entlastungen in der Innenstadt resultieren aus verlagerten Durchgangsverkehren.

Dagegen steigen die Verkehrsbelastungen auf dem Vorrangnetz, in der Innenstadt insbesondere auf dem Alleenring, dem Haugerring sowie auf dem südlichen Stadtring der B19 an. Die Fahrleistungsauswertung zeigt, dass auf dem Wohn- und Erschließungsstraßen durch die Maßnahme ein geringer Zuwachs zu verzeichnen ist, der je nach Fahrzeugart zwischen 4 und 6 % liegt.

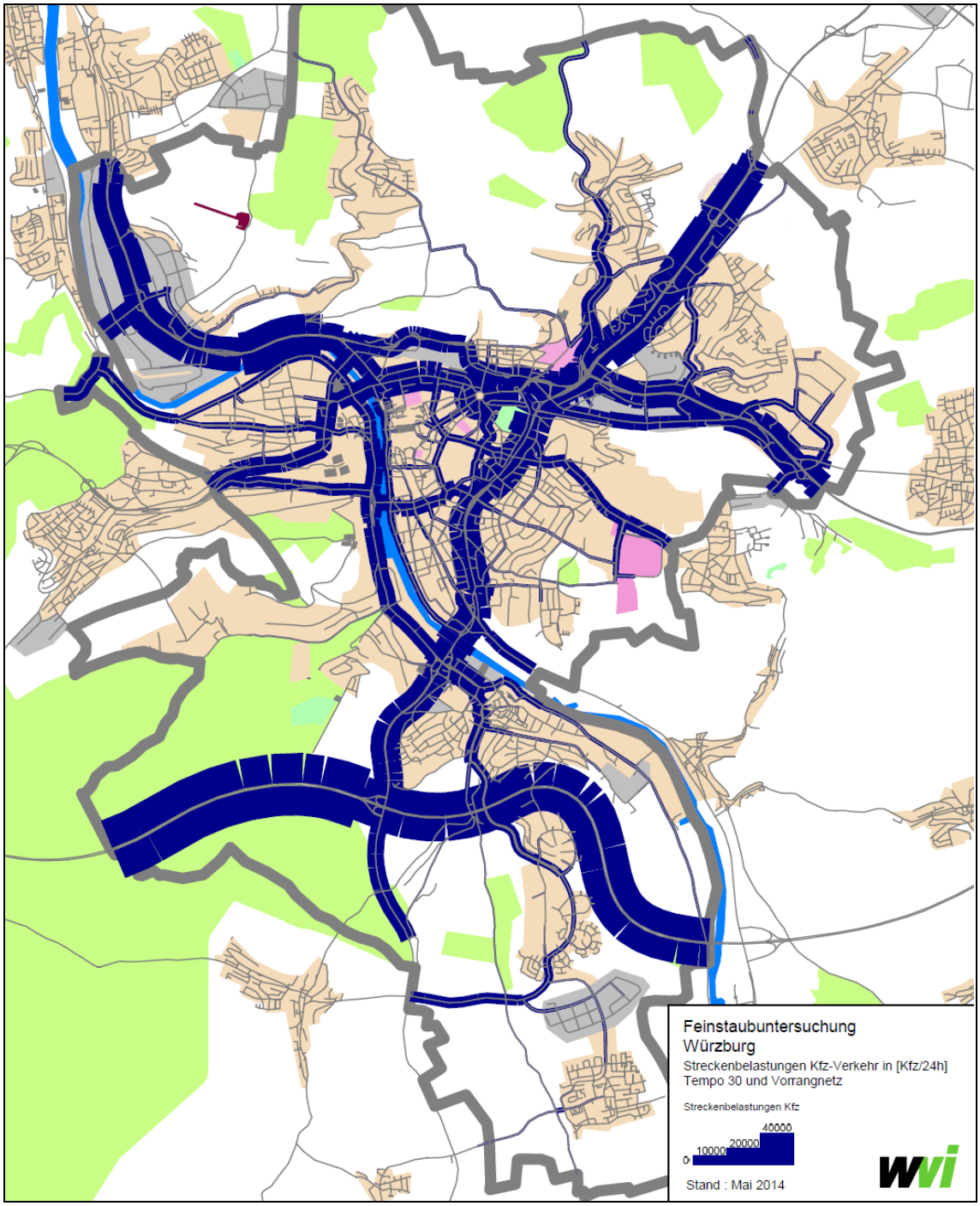


Abbildung 5-6: Verkehrsbelastungen im Kfz-Verkehr, Maßnahme „Tempo 30 und Vorrangnetz“

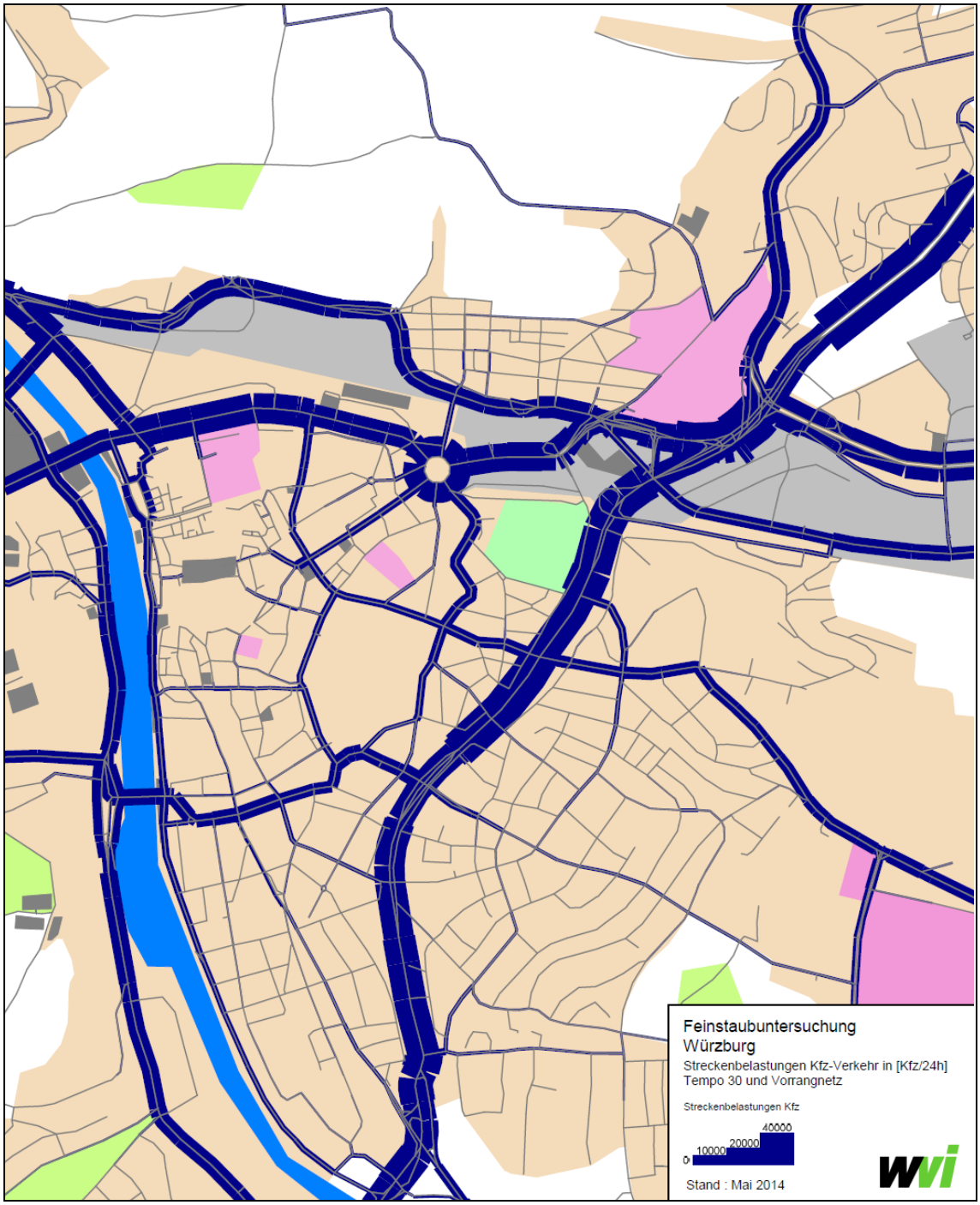


Abbildung 5-7: Verkehrsbelastungen im Kfz-Verkehr, Maßnahme „Tempo 30 und Vorrangnetz“, Ausschnitt Innenstadt

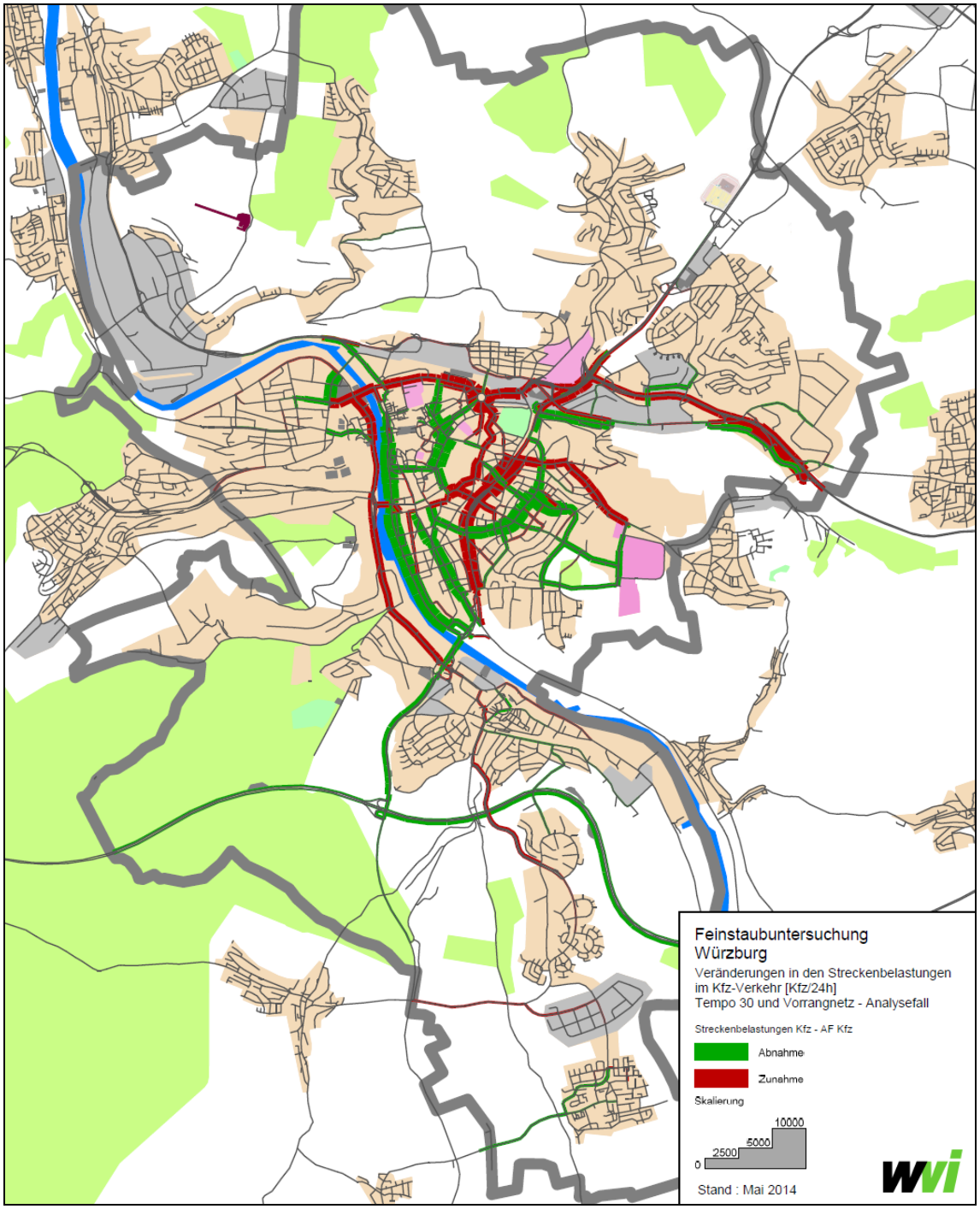


Abbildung 5-8: Veränderungen in den Verkehrsbelastungen im Kfz-Verkehr, Maßnahme „Tempo 30 und Vorrangnetz“

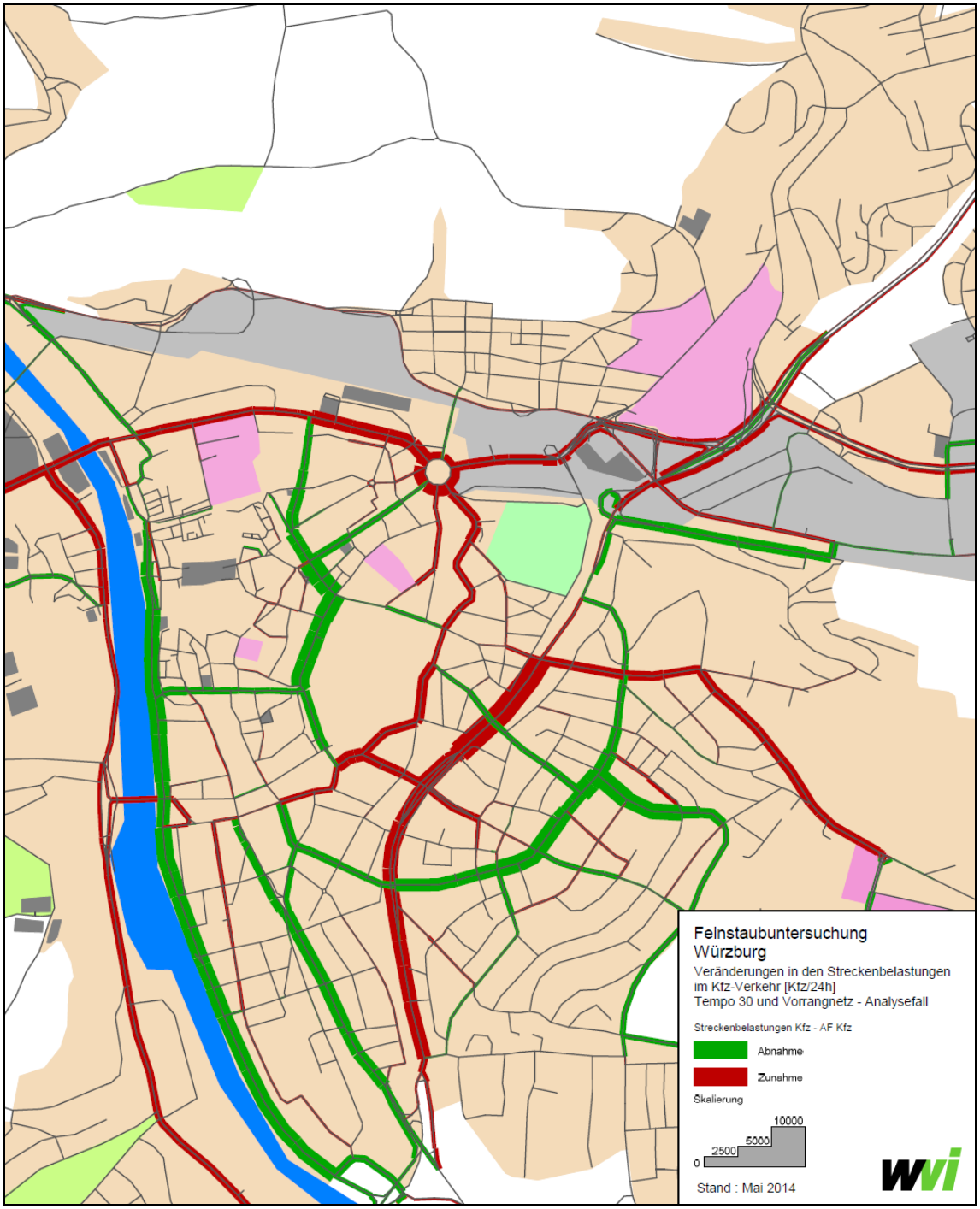


Abbildung 5-9: Veränderungen in den Verkehrsbelastungen im Kfz-Verkehr, Maßnahme „Tempo 30 und Vorrangnetz“, Ausschnitt Innenstadt

Szenario: Tempo 30 und Vorrangnetz		Verkehrsleistung in [Fzg-km]				
		PKW	LNF	LKW	Bus	Summe KFZ
Außerorts-straßen	Autobahnen und Bundesstraßen	997.300	91.000	161.600	1.600	1.251.600
	Landes-, Kreis- und sonstige Straßen	126.500	6.100	5.700	700	139.000
Innerorts-straßen	Haupt- und Sammelstraßen	1.114.600	53.100	49.100	10.400	1.227.100
	Wohn- und Erschließungsstraßen	168.100	8.600	6.500	3.300	186.500
Verkehrsleistung insgesamt		2.406.500	158.800	223.000	16.000	2.804.200

Szenario: Tempo 30 und Vorrangnetz		Veränderungen zum Analysefall absolut in [Fzg-km]				
		PKW	LNF	LKW	Bus	Summe KFZ
Außerorts-straßen	Autobahnen und Bundesstraßen	-4.050	-50	70	k.V.	-4.030
	Landes-, Kreis- und sonstige Straßen	-960	-120	-60	k.V.	-1.140
Innerorts-straßen	Haupt- und Sammelstraßen	-8.660	-850	-700	k.V.	-10.210
	Wohn- und Erschließungsstraßen	5.860	510	380	k.V.	6.760
Verkehrsleistung insgesamt		-7.810	-510	-310	k.V.	-8.630

Szenario: Tempo 30 und Vorrangnetz		Veränderungen zum Analysefall relativ in [%]				
		PKW	LNF	LKW	Bus	Summe KFZ
Außerorts-straßen	Autobahnen und Bundesstraßen	-0,4%	-0,1%	0,0%	k.V.	-0,3%
	Landes-, Kreis- und sonstige Straßen	-0,8%	-1,9%	-1,0%	k.V.	-0,8%
Innerorts-straßen	Haupt- und Sammelstraßen	-0,8%	-1,6%	-1,4%	k.V.	-0,8%
	Wohn- und Erschließungsstraßen	3,6%	6,3%	6,2%	k.V.	3,8%
Verkehrsleistung insgesamt		-0,3%	-0,3%	-0,1%	k.V.	-0,3%

Datenbasis: Verkehrsmodell Würzburg
Auswertung bezogen auf Stadtgebiet Würzburg
Angaben in [Fahrzeug-km/Werktag] und in [%]
Abweichungen in den Summen durch Rundung der Einzelwerte möglich
k.V. Keine Veränderungen im Busliniennetz unterstellt

Tabelle 5-2: Verkehrsleistungen in der Maßnahme „Tempo 30 und Vorrangnetz“ und Veränderungen gegenüber dem Analysefall

5.3 Wirkungen auf die Luftschadstoffe

5.3.1 Stand der Wissenschaft zum Emissionsverhalten von Kfz bei Einführung eines Tempo 30 auf HVS

Die Wirkung einer Geschwindigkeitsbeschränkung auf 30 km/h auf Hauptverkehrsstraßen wird z. Zt. intensiv auf die Wirksamkeit zur Reduktion von Luftschadstoffen hin diskutiert. Dabei muss zum Einen betrachtet werden, welche verkehrlichen Wirkungen ein Tempo 30 hat und zum Anderen welche Wirkungen sich bei den Kfz-Emissionen ergeben. Dieser zweite Aspekt lässt sich modelltechnisch aber zurzeit leider nicht quantifizieren. So bietet das in Kapitel 1.2.2 beschriebene HBEFA 3.1 keine Verkehrssituation an, mit denen Kfz-Emissionen bei Tempo 30 auf Hauptverkehrsstraßen berechnet werden könnten. Im Folgenden soll deshalb der aktuelle Stand der Wissenschaft bzw. der Luftreinhalteplanung in Deutschland dargestellt werden.

Mit Stand Ende 2012 wird in zwölf Luftreinhalteplänen in Deutschland ein Tempolimit von 30 oder 40 km/h auf Hauptverkehrsstraßen als Maßnahme genannt. In Berlin gibt es schon seit Jahren die „erfolgreiche Strategie eines stadtverträglichen Geschwindigkeitsniveaus wie Tempo 30“ auf Hauptverkehrsstraßen (Senat Berlin, 2012), die zudem messtechnisch begleitet wird. Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung dieser Maßnahme sind die Gewährleistung eines stetigen Verkehrsflusses mit einem möglichst geringem Stauanteil und einer ausreichenden Kontrolle.

Weitere Voraussetzungen werden in Senat Berlin (2012) genannt, wo darauf hingewiesen wird, dass Tempo 30 nicht netzweit vorgesehen ist, sondern abgestimmt werden muss „mit den Anforderungen an ein leistungsfähiges Hauptverkehrsstraßennetz, insbesondere auch mit den Belangen des ÖPNV, um dessen Attraktivität nicht zu beeinträchtigen. Zudem darf keine Verdrängung des Verkehrs in andere ebenso schützenswerte Bereiche oder sogar ins Nebenstraßennetz erfolgen.“ In Berlin gilt zwischenzeitlich auf ca. 16 % des Hauptverkehrsstraßennetzes (d. h. auf ca. 230 km von ca. 1.500 km) abschnittsweise Tempo 30 in unterschiedlicher Ausprägung, d. h. rund um die Uhr, nachts oder temporär (Kunst, 2012).

Als zusätzlicher Nutzen der Maßnahme ist weiterhin zu nennen, dass sie zur Lärmminderung beiträgt und die Verkehrssicherheit erhöht.

Bei den recherchierten messtechnischen Untersuchungen fokussieren einige Studien auf die Wirkung der Maßnahme bezüglich der Emissionen. Bei den PM10-Emissionen eines Kfz wird unterschieden zwischen motorbedingten Abgasemissionen und nicht-motorbedingten Partikelemissionen durch Aufwirbelung und Abrieb (AWAR). Die Zusammenstellung zur emissionsseitigen Wirkung von Tempo 30 bzw. 40 auf Hauptverkehrsstraßen in Deutschland findet sich in Tabelle 5-3.Die immissionsseitigen Wirkungsuntersuchungen zu dieser Maßnahme nennt Tabelle 5-4. In beiden Tabellen wurde eine Minderung als positiver Wert aufgeführt.

Gebiet; Literatur	Methode	Minderung der Emission *	Anmerkungen
Baden-Württemberg			
Freiberg a. N. LUBW (2011b)	Messfahrten mit 50 km/h und 30 km/h an einem Tag mit einem Fahrzeug der unteren Mittelklasse Fokus der Untersuchung auf NO_X-Emissionen, Messungen der Partikelemission werden nicht durchgeführt, Aussagen zu Partikeln über PHEM-Modellierung	NO_X: T30 < T50 PM10: T30 > T50	
Stuttgart LUBW (2011b); Scholz et al. (2012)	Messfahrten mit 50 km/h, 40 km/h und 30 km/h an 6 Tagen mit drei Fahrzeugen (je ein Pkw der oberen und unteren Mittelklasse sowie ein leichtes Nutzfahrzeug, alle Euro-4 mit DPF) auf unterschiedlichen Strecken im realen Straßenbetrieb (drei Streckenführungen in der Stuttgarter Innenstadt (HVS), an einer Steigungsstrecke (HVS) und in zwei Wohngebieten; Fokus der Untersuchung auf NO_X-Emissionen, Messungen der Partikelemission werden nicht durchgeführt, Aussagen zu Partikeln über PHEM-Modellierung	T40 vergleichbar T50 NO_X: T30 > T40 bzw. T50; NO_2 uneinheitlich bei T30	Verstetigung des Verkehrsflusses (Reduzierung der Fahrdynamik und der Stopp-Anteile) hat mit Faktor 2 bei NO_X ein „deutliches Potenzial“ zur Senkung der Schadstoffemissionen Ermittlung NO_2/NO_X-Verhältnisse von im Mittel 70 bis 80% NO_2-Anteil bei zwei der drei Fahrzeuge
10 Städte in Baden-Württemberg LUBW (2012b); Toenges-Schuller (2013)	über 1000 Messfahrten zwischen Juli 2010 und März 2012 in dreizehn Städten Baden-Württembergs; Berücksichtigung von Daten aus 10 Kommunen (Freiberg a. N., Ingersheim, Mühlacker, Pleidelsheim, Schramberg, Stuttgart, Tübingen, Ulm, Unterjesingen, Urbach) auf 15 Messstrecken	NO_X: 1 bis 10% PM10 (Abgas): T30 > T50 PM10 (Gesamt): Abnahmen auf Grund reduzierter AWAR möglich	NO_X: T30 kann positive Effekte auf die verkehrsbedingten NO_X-Emissionen haben, dies hängt ab von der Längsneigung der Strecke, dem Konstantfahrtanteil bei T50 und dem Schwerverkehrsanteil
Sachsen-Anhalt			
Halle BASt (2010)	Merseburger Straße: Tempo 30 von 21.04. bis 10.05.2008, Messung von PM10, PM2.5 und NO_X mittels mobilem Messfahrzeug. Zudem an zwei Tagen mittels Messfahrzeug Analysen des Verkehrsflusses. 4-streifige Hauptverkehrsstraße mit ca. 32000 Kfz/d; Auswertung erfolgte nur bzgl. PM10	PM10-AWAR (Gleichmäßiger Verkehrsfluss): - bis 20%, - 40 bis 50% bei 100% Einhaltung von T30; PM10-AWAR (Ungleichmäßiger Verkehrsfluss): Keine Korrelation	PM10-AWAR (Gleichmäßiger Verkehrsfluss): < 10%, wenn nur T30-Schild bzw. Geschwindigkeitsdisplay; 10 bis 20%, wenn Hinweisschild „Radarkontrolle”; Befolgungsgrad T30: 15%; ca. 12% bis 19% der Fahrzeuge während der Radarkontrollen schneller als 41 km/h, trotz Hinweisschild „Radarkontrolle” und Geschwindigkeitsdisplay; Keine Verdrängungseffekte feststellbar
*: Minderung als positiver Wert aufgeführt AWAR: nicht-motorbedingte Partikelemission durch Aufwirbelung und Abrieb			

Tabelle 5-3: Übersicht von Untersuchungen zur emissionsseitigen Wirksamkeit von Tempo 30 bzw. 40 auf Hauptverkehrsstraßen

Die Untersuchungen zeigen, dass Tempo 30 auf Hauptverkehrsstraßen im Vergleich zu Tempo 50 positive Effekte auf die verkehrsbedingten NO_X-Emissionen haben kann (bis 10 %), das Minderungspotenzial dabei jedoch von verschiedenen Randbedingungen abhängt, u. a sind hier Längsneigung der Strecke, Konstantfahrtanteil im Vergleichsfall Tempo 50 oder Fahrzeugtyp zu nennen. In BASt (2010) wird eine Reduktion nicht-motorbedingter Partikelemissionen durch Aufwirbelung und Abrieb (AWAR) um bis zu 20 % genannt, wenn der Verkehrsfluss gleichmäßig ist. Ist zusätzlich ein 100-prozentiger Befolgungsgrad von Tempo 30 gegeben, kann nach BASt (2010) eine Reduktion der AWAR-Emissionen um 40 bis 50 % erreicht werden. Somit kann durch eine Temporeduktion die PM10-Gesamtemission durchaus abnehmen, auch wenn für die abgasbedingte Emission z. B. eine Zunahme gemessen wird.

Gebiet; Literatur	Methode	Minderung der Immission *	Anmerkungen
Berlin HEAVEN (2003b)	Beusselstraße: Tempo 30 von Mitte Juni bis Ende August 2002 im Rahmen des EU-Projekts HEAVEN	NO_2: bis 3% PM10: bis 2% Ruß: bis 3%	Nur für einen kurzen Zeitraum von wenigen Wochen mit anfänglich fehlender Tempo-Kontrolle.
Berlin Senat Berlin (2012)	Schildhornstraße: Tempo 30 ganztags ab Anfang November 2005	Zusatzbelastung: NO_2: 15% NO_X: 18% PM10: 30%	Zur Reduzierung der Lärm- und Luftbelastung wurde auf Grund zweier Gerichtsentscheide eine ganztägige Geschwindigkeitsbeschränkung von 30 km/h angeordnet. Fest installierte Radarkontrolle.
Sachsen-Anhalt			
Halle BASt (2010)	Merseburger Straße: Tempo 30 von 21.04. bis 10.05.2008, Messung von PM10, PM2.5 und NO_X mittels mobilem Messfahrzeug. Zudem an zwei Tagen mittels Messfahrzeug Analysen des Verkehrsflusses. 4-streifige Hauptverkehrsstraße mit ca. 32000 Kfz/d; Auswertung erfolgte nur bzgl. PM10	Zusatzbelastung (am Straßenrand): - NO_X: T30-Zeitraum < T50-Zeitraum - PM10: T30-Zeitraum > T50-Zeitraum Konzentrationen am Messfahrzeug (auf der Straße) an den Werktagen: NO_X und PM10: T30-Zeitraum <= T50-Zeitraum („Dies betraf sowohl die T30-Straßenabschnitte als auch die Abschnitte, die nicht davon betroffen waren.“)	Befolgungsgrad T30: 15%; ca. 12% bis 19% der Fahrzeuge während der Radarkontrollen schneller als 41 km/h, trotz Hinweisschild „Geschwindigkeitskontrolle” und Geschwindigkeitsdisplay; Keine Verdrängungseffekte feststellbar; Reduktionen der mittleren Reisegeschwindigkeiten bis 8 km/h.
*: Minderung als positiver Wert aufgeführt			

Tabelle 5-4: Übersicht von messtechnischen Untersuchungen zur immissionsseitigen Wirksamkeit von Tempo 30 bzw. 40 auf Hauptverkehrsstraßen – Sortierung nach Bundesland, Ort und Jahr der Studie

Es liegen nur wenige Quantifizierungen zur immissionsseitigen Wirkung von Tempo 30 bzw. 40 auf Hauptverkehrsstraßen vor. Für die kfz-bedingte Zusatzbelastung werden Minderungspotenziale von 18 % für NO_X, 15 % für NO_2 und 30 % für PM10 genannt.

5.3.2 Ergebnisse der Modellierungen

Aufbauend auf den verkehrlichen Wirkungen durch die Einführung von Tempo 30 auf Hauptverkehrsstraßen gemäß Kapitel 5.2 werden die Wirkungen auf die Kfz-Emissionen und die Immissionsbelastungen berechnet. Dabei wurde der Straßentyp je Straßenabschnitt gemäß HBEFA 3.1 unverändert belassen. Neben Veränderungen der Verkehrsmengen werden nur Verschiebungen der Verkehrsqualität (LOS) berücksichtigt.

In Tabelle 5-5 ist die Wirkung von Tempo 30 für die zwei Szenarien auf die Veränderung der gesamtstädtischen Kfz-Emissionen dargestellt. Zusätzlich ist für eine bessere Vergleichbarkeit mit den Darstellungen für die weiteren Maßnahmen in der Tabelle angegeben, wie sich die gesamt Kfz-Fahrleistung in den Szenarien verändert.

Die für das Stadtgebiet bilanzierten Kfz-Emissionen gehen entsprechend des Rückgangs der Fahrleistung zurück. Bei dem Szenario einer stadtweiten Einführung von Tempo 30 ist der Rückgang der Kfz-Emissionen stärker als der Rückgang der Fahrleistung, was eine Folge der angenommenen verbesserten Verkehrsqualität auf Grund des geringeren Verkehrsaufkommens ist.

Szenario	**Fahrleistung**	**Emissionen in t/a**			
Absolut	**km/Jahr**	**NO_X**	**Abgaspartikel**	**AWAR**	**PM10**
Ist	9.72E+08	646.9	17.9	39.4	57.2
T30 flächendeckend	9.30E+08	611.3	17.0	36.8	53.8
T30 mit Vorrangnetz	9.68E+08	646.9	17.9	39.4	57.2
Veränderungen zu Ist-Situation					
Ist	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
T30 flächendeckend	-4.3%	-5.5%	-4.9%	-6.5%	-6.0%
T30 mit Vorrangnetz	-0.3%	0.0%	-0.1%	0.0%	0.0%
AWAR: Kfz-bedingte PM10-Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieben PM10: Summe aus Abgaspartikel und AWAR					

Tabelle 5-5: Veränderung der Kfz-Fahrleistung und der summierten Kfz-Emissionen in den Varianten von Tempo 30

In Abbildung 5-10 sind die berechneten NO_2-Konzentrationen im Innenstadtbereich von Würzburg für die zwei Varianten von Tempo 30 und zum Vergleich für die Ist-Situation kartographisch dargestellt. Eine tabellarische Darstellung der berechneten Konzentrationswerte für alle untersuchten Varianten findet sich für alle Hotspots aus Kapitel 3.3 für NO_2 in Tabelle 8-3 und für PM10 in Tabelle 8-4. Auf eine kartographische Darstellung der Wirkung auf die PM10-Belastung wurde hier verzichtet, da damit kein wesentlicher zusätzlicher Informationsgehalt verbunden ist.

In den Karten der Abbildung 5-10 bis Abbildung 5-12 sind die Straßenabschnitte mit berechneten NO_2-Jahresmittelwerten beschriftet, bei denen im jeweiligen Szenario noch ein Konzentrationswert von mehr als 36 µg/m³ ermittelt wurde.

Die Einführung von Tempo 30 führt teilweise zu deutlichen Verkehrsverlagerungen, die mit entsprechenden Veränderungen der Luftschadstoffbelastungen verbunden sind. So werden Minderungen der NO_2-Jahresmittelwerte in der Zeller Straße und in der Theaterstraße von 12 % bis 14 % prognostiziert. Bei einer flächendeckenden Einführung kommt es in allen Fällen bis auf zwei Ausnahmen zu Minderungen der NO_2-Jahresmittelwerte. In einem Abschnitt der Pleichtorstraße und der Nürnberger Straße werden aber auch Erhöhungen um 9 bzw. 5 % erwartet.

Bei einer Einführung von Tempo 30 mit Vorrangnetz halten sich Minderungen und Erhöhungen des NO_2-Jahresmittelwerts zahlenmäßig die Waage. In beiden Varianten reduziert sich die Anzahl der Überschreitungsfälle gegenüber dem Ist-Zustand von 15 auf 11 Abschnitte, wobei in der flächendeckenden Variante ein neuer Grenzwertüberschreitungsfall in der Pleichtorstraße hinzukommt.

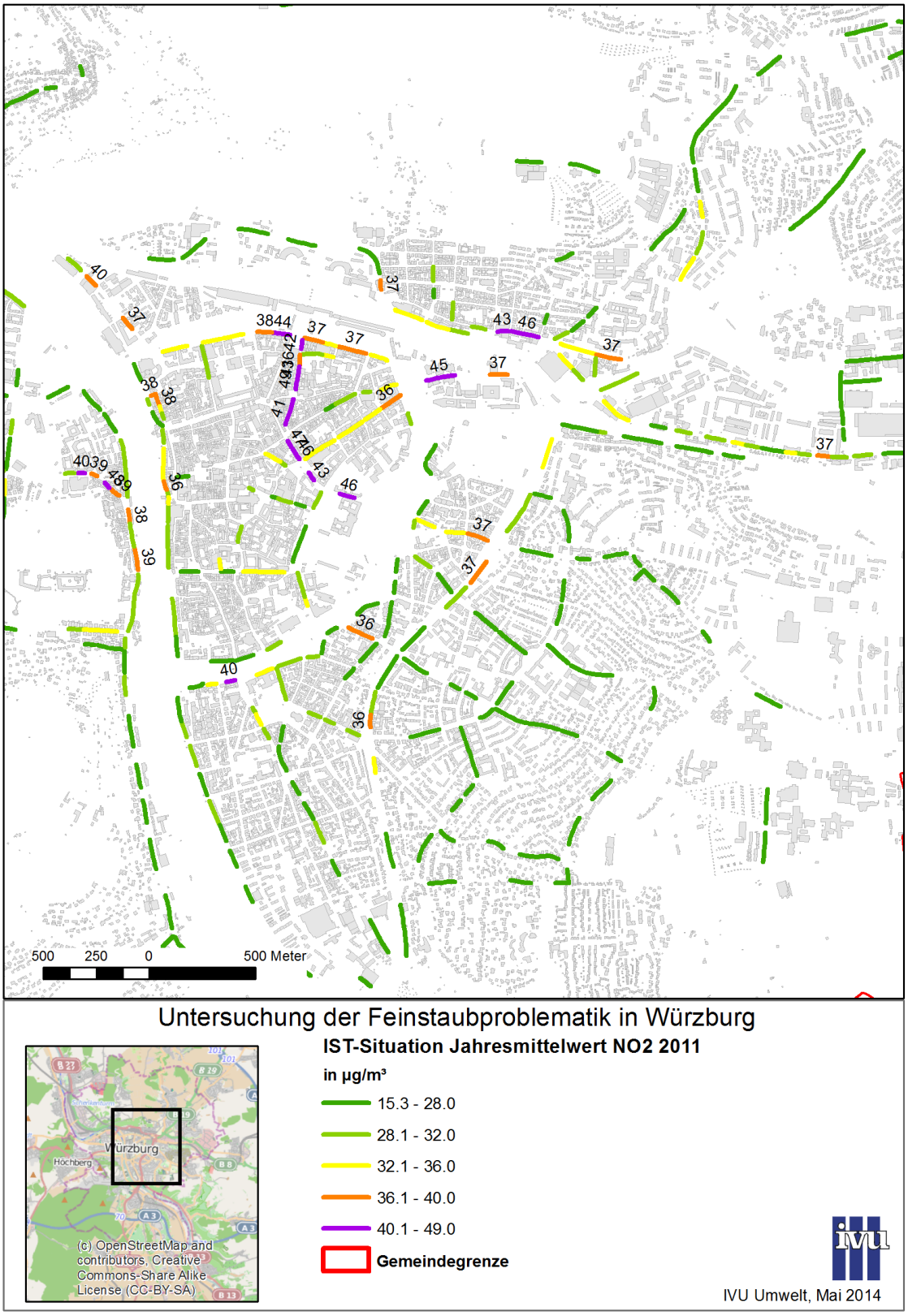


Abbildung 5-10: Übersicht der NO_2-Konzentrationen für die Varianten von Tempo 30 - IST-Situation

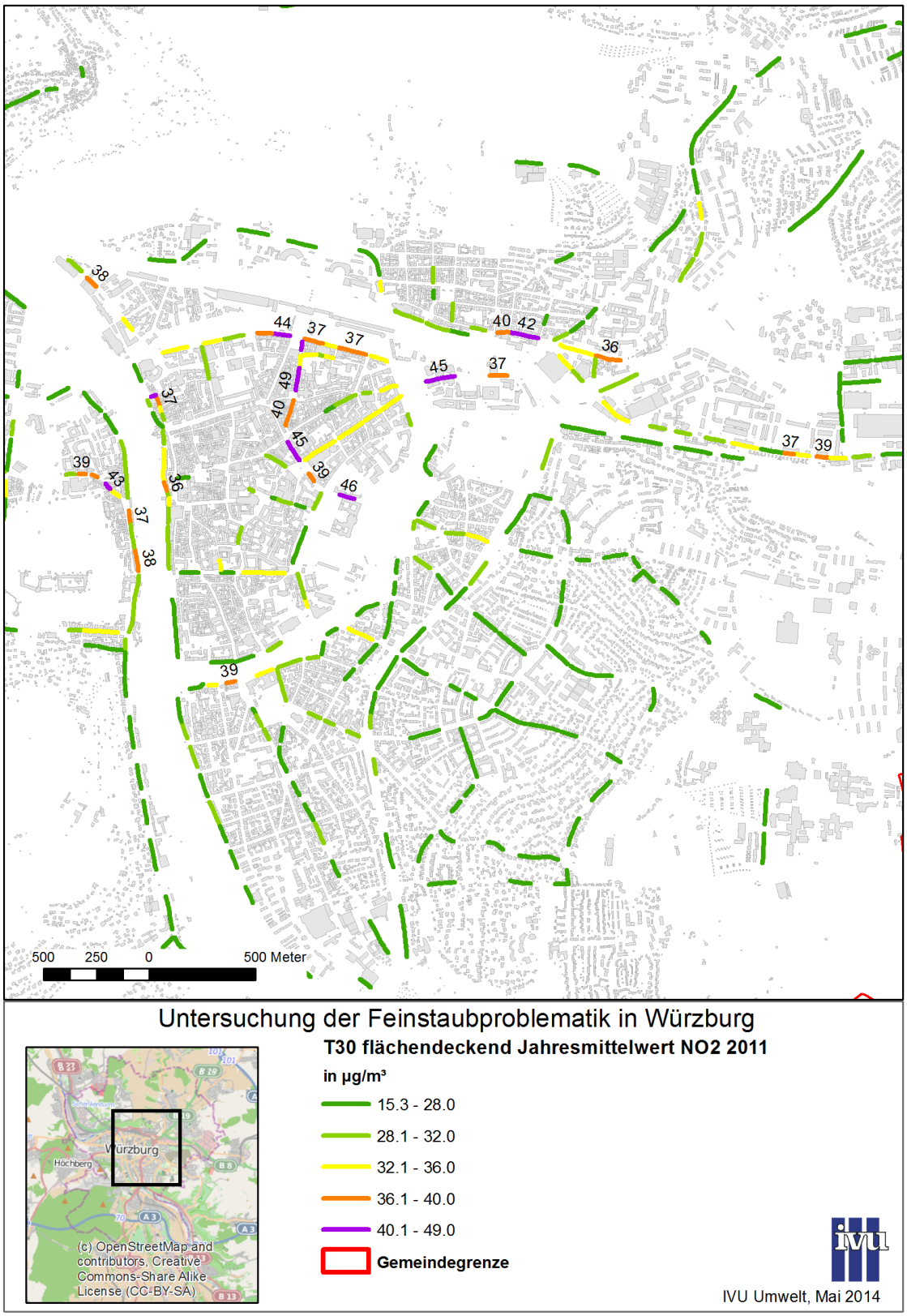


Abbildung 5-11: Übersicht der NO_2-Konzentrationen für die Varianten von Tempo 30 - fächendeckend

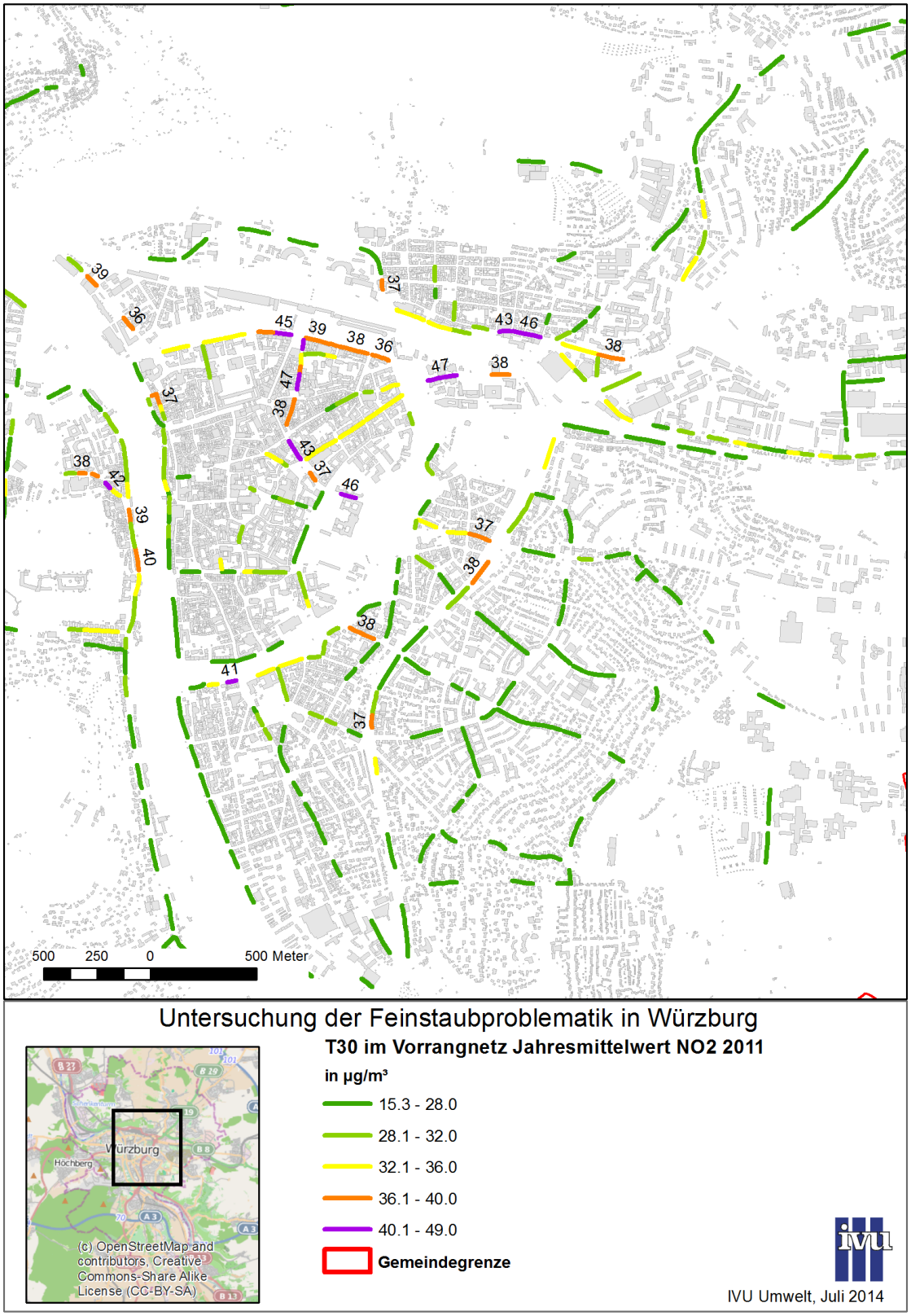


Abbildung 5-12: Übersicht der NO_2-Konzentrationen für die Varianten von Tempo 30 - mit Vorrangnetz

6 Einführung von Fahrverboten für Lkw

6.1 Beschreibung der Maßnahme

Besonders der Lkw-Verkehr ist durch seine Dieselmotoren und im Vergleich zum Pkw hohen Verbräuche wesentlicher Mitverursacher der verkehrsbedingten Partikel- und Stickoxid-Emissionen in den Straßenräumen. Auch an der Luftmessstation am Stadtring Süd ist der Lkw-Verkehr mit rd. 2.600 Lkw-Fahrten pro Tag ein wesentlicher Mitverursacher der hohen Luftschadstoffemissionen.

Deshalb wurden auftragsgemäß unterschiedliche Szenarien zur Abschätzung der Wirkungen von Lkw-Durchfahrtverboten auf die Luftschadstoffe untersucht.

- Im Szenario 1 wurden die Effekte eines Verbots für Lkw über 3,5 t zul. Gesamtgewicht auf der B19 untersucht. Dabei wurde eine Sperrung für alle Lkw über 3,5 t zul. Gesamtgewicht im gesamten Abschnitt der B19 zwischen der A7 im Norden und der A3 im Süden unterstellt. Im Gegensatz zum derzeit bereits geltenden Verbot für den Lkw-Durchgangsverkehr betrifft dies auch den Quell- und Zielverkehr Würzburg.
- Im Szenario 2 wurde die Sperrung für den Lkw-Verkehr über 3,5 t zul. Gesamtgewicht auf der B19 auf den Bereich der Würzburger Kernstadt im Abschnitt zwischen Greinbergknoten und Konrad-Adenauer-Brücke reduziert.
- Im Szenario 3 wurde untersucht, welche Effekte bei einem Lkw-Durchfahrtverbot durch die Würzburger Innenstadt zu erwarten sind. Die B19 war in dieser Maßnahme vom Verbot ausgenommen.

Die in den Szenarien 1 und 2 unterstellte Sperrung unterscheidet sich insofern vom derzeit geltenden Fahrverbot auf der B19, als dass alle Lkw von dem in den Szenarien unterstellten Verbot betroffen wären. Dagegen beinhalten die bisherigen Verkehrsbeschränkungen derzeit auf weiten Teilen des Stadtrings Süd ein Nachtfahrverbot für Lkw über 7,5 t (22.00 Uhr – 6.00 Uhr) mit Ausnahme des Lieferverkehrs sowie ein Verbot des Verkehrs mit Lkw-Durchgangsverkehr über 12 t.

Das Verbot des Durchgangsverkehrs bezieht sich i. W. den Autobahnmautausweichverkehr mit Lkw über 12t. Das Verkehrsverbot gilt jedoch nur mit Einschränkungen. Es liegt nicht vor wenn die Fahrt

- dazu dient, ein Grundstück an der vom Verkehrsverbot betroffenen Straße oder an einer Straße, die durch die vom Verkehrsverbot betroffene Straße erschlossen wird, zu erreichen oder zu verlassen,
- dem Güterkraftverkehr im Sinne des § 1 Abs. 1 des Güterkraftverkehrsgesetzes in einem Gebiet innerhalb eines Umkreises von 75 km, gerechnet in der Luftlinie vom Mittelpunkt des zu Beginn einer Fahrt ersten Beladeortes des jeweiligen Fahrzeugs (Ortsmittelpunkt), dient; dabei gehören alle Gemeinden, deren Ortsmittelpunkt innerhalb des Gebietes liegt, zu dem Gebiet,
- mit Fahrzeugen der Streitkräfte, Polizei Feuerwehr etc. vorgenommen wird.

- bei Verkehrsstaus auf der A3 im Bereich der Anschlussstelle Heidingsfeld und/oder der A7 im Bereich der Anschlussstelle Estenfeld vorgenommen wird, da die ausgewiesene Umleitungsstrecke über die B19/Stadtring Süd verläuft
  (Brenner 2007 und LRP Würzburg).

Insgesamt werden daher von dem geltenden Verkehrsverbot nur 18 % des Lkw-Verkehrs auf der B19 erfasst (Brenner 2007).

Ein über die bestehenden Verbote hinausgehendes Fahrverbot im Durchgangsverkehr für Lkw über 3,5t (statt über 12t) würde aber nach der auf das Verkehrsgutachten von Brenner 2007 gestützten Einschätzung der Regierung von Unterfranken nur weniger als weitere 2% des Lkw-Verkehrs verlagern können Die von einer solchen Ausdehnung des Fahrverbots erfassten kleineren Lkw ähneln hinsichtlich ihrer Abgascharakteristik eher den Pkw und zählen mithin zu den vergleichsweise weniger starken Luftschadstoff-Emittenten. Damit hätte eine solche Maßnahme insgesamt nur geringes umweltpolitisches Potential.

Insofern wurden in den Szenarien 1 und 2 sog. „harte“ Sperrungen für den Lkw-Verkehr über 3,5t zulässiges Gesamtgewicht untersucht. Diese Maßnahmen betreffen alle Fahrten, also auch den Quell- und Zielverkehr Würzburg.

6.1.1 Szenario 1: Sperrung der B19 für Lkw über 3,5 t im gesamten Abschnitt zwischen der A7 und der A3

Im ersten Szenario sollte untersucht werden, welche Effekte auf den Lkw-Verkehr sowie auf die Luftschadstoffe erreicht werden können, wenn die B19 für Lkw-Verkehr über 3,5 t zul. Gesamtgewicht gesperrt wird. Die Maßnahme betrifft den gesamten Abschnitt der B19 zwischen der A7 im Norden, Kreuz Würzburg – Estenfeld und der A3 im Süden, Kreuz Würzburg - Heidingsfeld (siehe Abbildung 6-2).

Die Maßnahme unterscheidet sich vom derzeit geltenden Durchfahrtverbot für den Durchgangsverkehr (Transitverkehr) dahingehend, dass ein Verbot für alle Lkw-Fahrten, also auch Fahrten mit Quelle oder Ziel Würzburg, erhoben wird. Die Lkw-Verkehre müssen sich dann andere Fahrtrouten suchen.

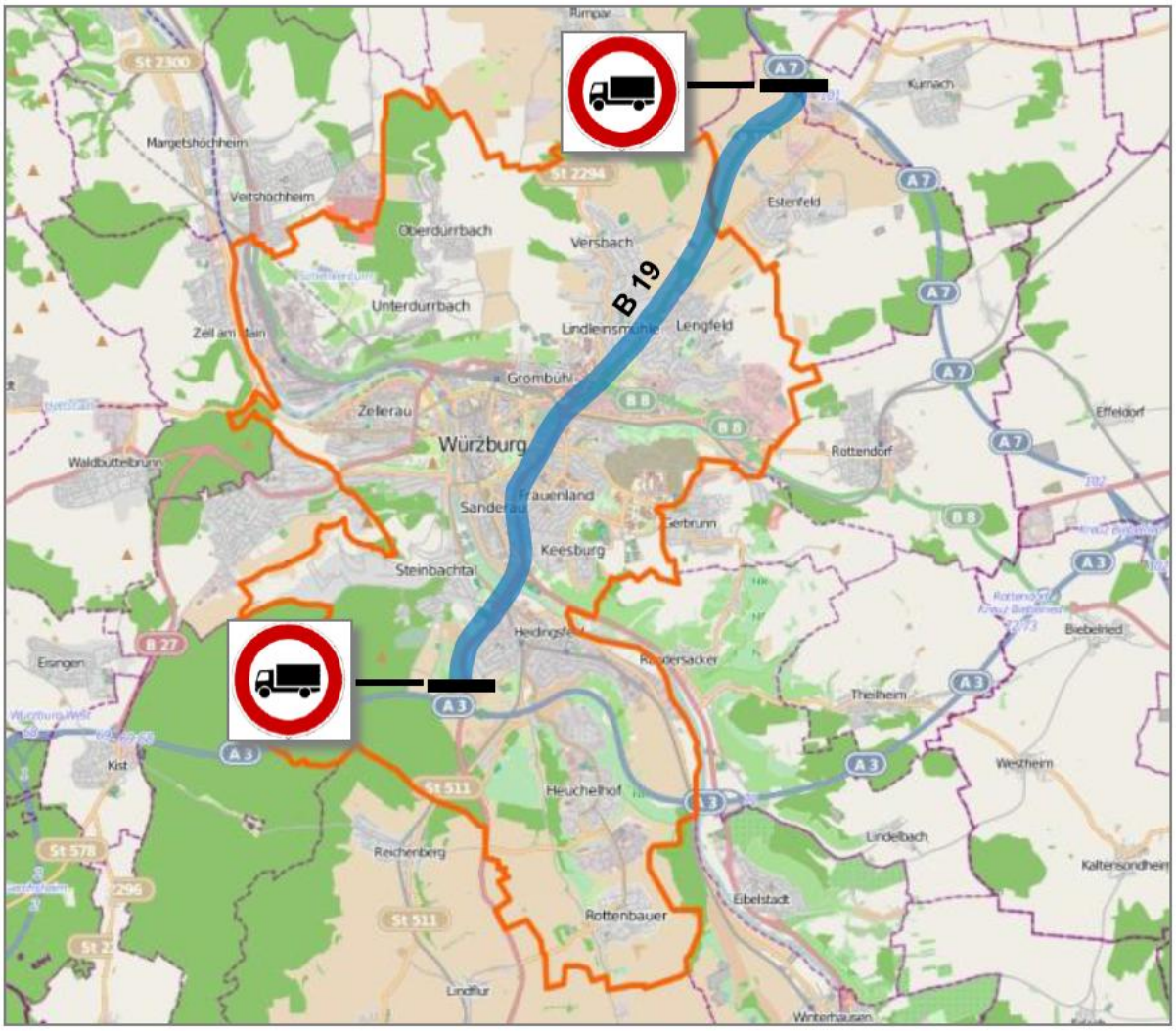


Abbildung 6-1: Räumlicher Umgriff der Maßnahme „Szenario 1: Sperrung der B19 für Lkw über 3,5 t im gesamten Abschnitt zwischen der A7 und der A3“

6.1.2 Szenario 2: Sperrung der B19 für Lkw über 3,5 t im Bereich der Kernstadt Würzburg

Im Szenario 2 wurde untersucht, welche Effekte auf den Lkw-Verkehr sowie auf die Luftschadstoffe erreicht werden können, wenn die B19 für Lkw-Verkehr über 3,5 t im Gegensatz zum Szenario 2 nur im Abschnitt der Kernstadt Würzburg zwischen Greinbergknoten im Norden und Konrad-Adenauer-Brücke im Süden gesperrt wird (siehe Abbildung 6-3).

Auch bei dieser Maßnahme gilt das Verbot auf diesem Abschnitt der B19 für alle Lkw-Fahrten (im Gegensatz zum derzeit geltenden Durchfahrtverbot für den Durchgangs- bzw. Transitverkehr). Die Lkw-Verkehre müssen sich dann andere Fahrtrouten suchen.

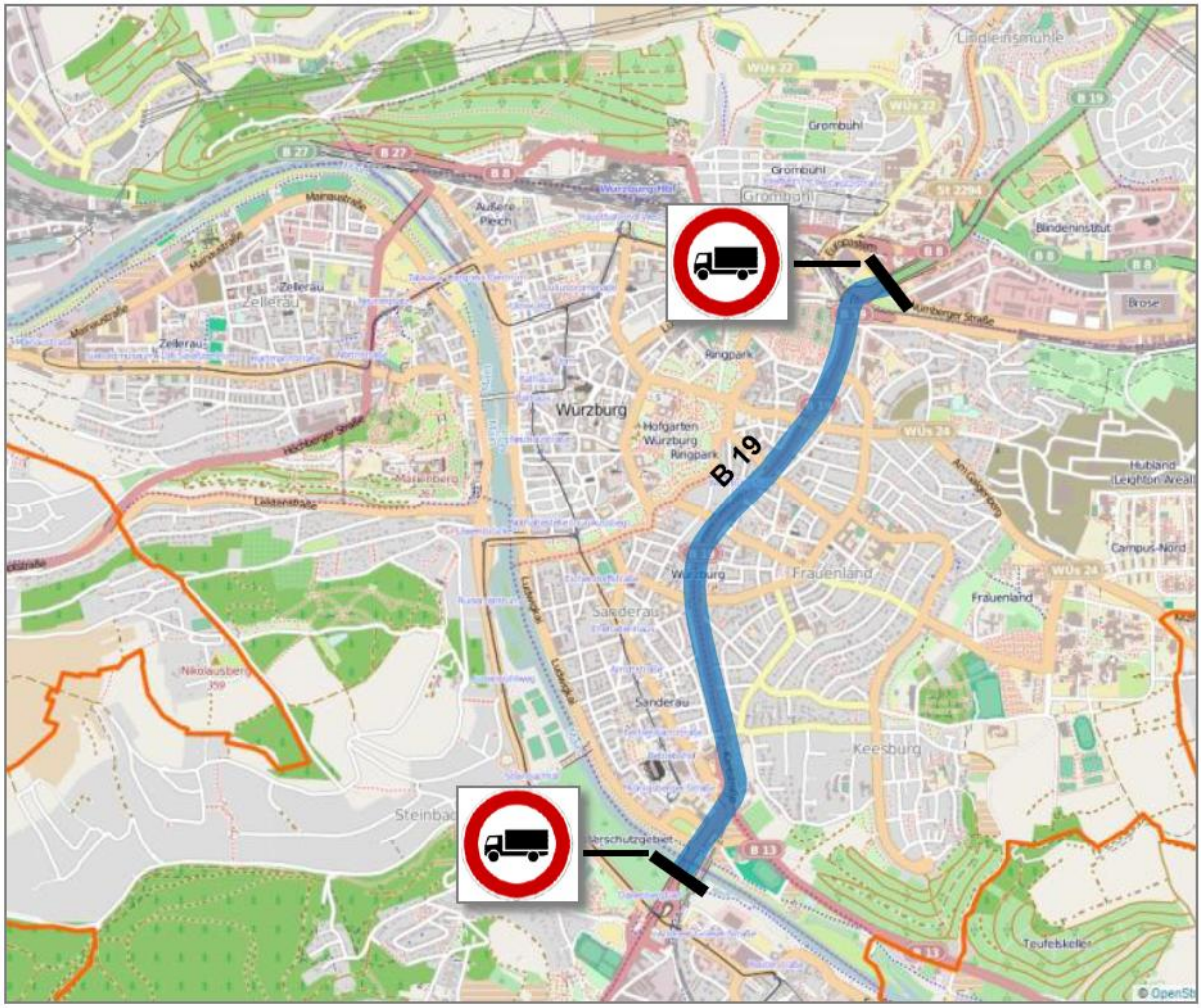


Abbildung 6-2: Räumlicher Umgriff der Maßnahme „Szenario 2: Sperrung der B19 für Lkw über 3,5 t im Bereich der Kernstadt Würzburg“

6.1.3 Szenario 3: Durchfahrtverbot für Lkw über 3,5 t zul. Gesamtgewicht durch die Innenstadt

Im Rahmen der Feinstaubuntersuchung wurde weiterhin die Maßnahme „Durchfahrtverbot für Lkw über 3,5 t zul. Gesamtgewicht durch die Innenstadt“ untersucht. Dazu wurde ein „Innenstadtbereich“ definiert, siehe Abbildung 6-3, für den das Durchfahren mit Lkw verboten ist. Das Anliefern mit Lkw (Ziel- und Quellfahrten) in diesem Bereich ist aber weiterhin erlaubt, ebenso wie alle Fahrten mit Lieferfahrzeugen unter 3,5 Tonnen. Die Maßnahme kann mittels Beschilderung an den Zufahrten, mit denen auf das Durchfahrtverbot für Lkw hingewiesen wird, angeordnet werden.

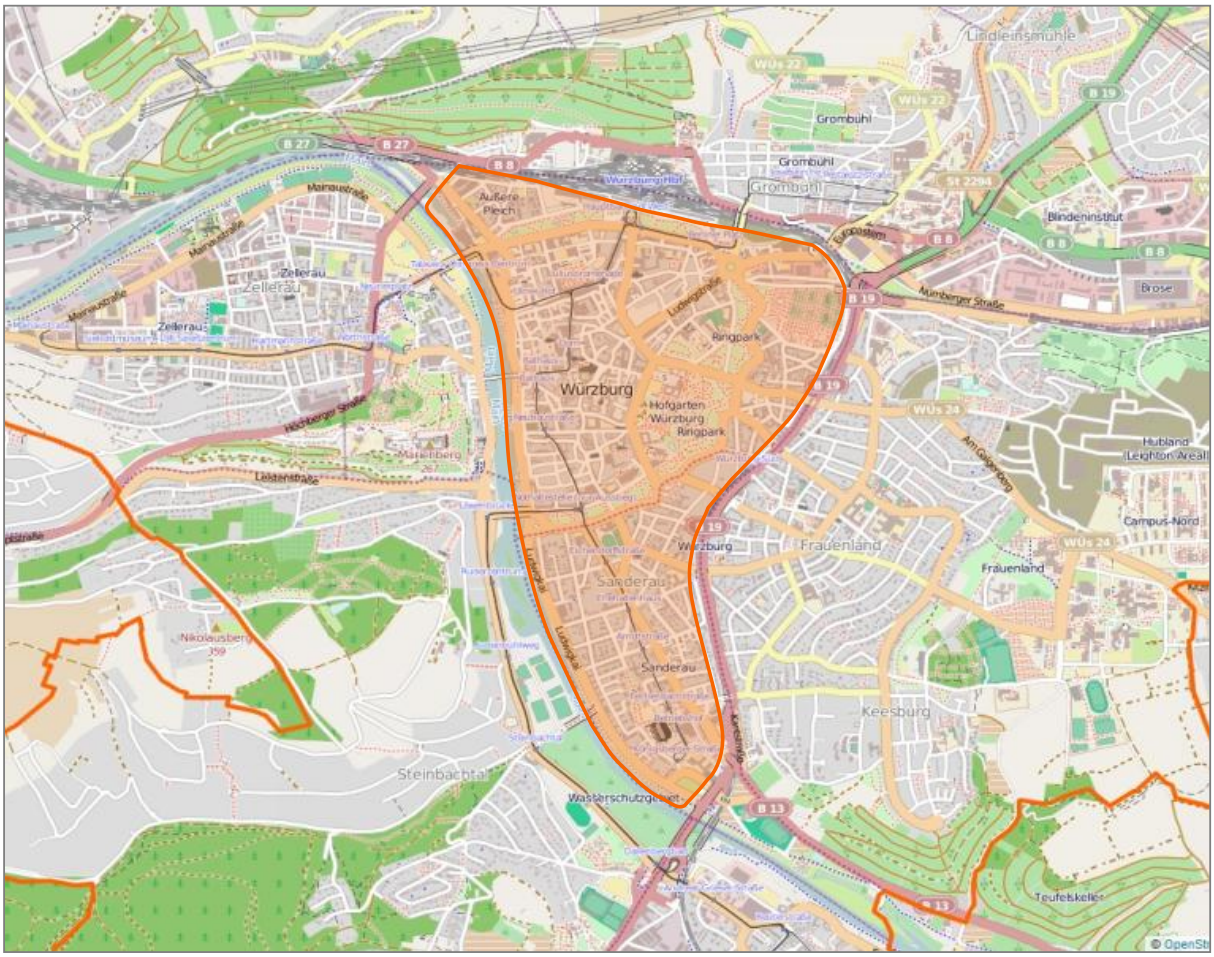


Abbildung 6-3: Räumlicher Umgriff der Maßnahme „Szenario 3: Durchfahrtverbot für Lkw durch die Innenstadt“

6.2 Verkehrliche Wirkungen

6.2.1 Szenario 1: Sperrung der B19 für Lkw über 3,5 t im gesamten Abschnitt zwischen der A7 und der A3

Im Szenario 1 wurden die Wirkungen einer Sperrung der B19 für Lkw über 3,5 t im gesamten Abschnitt zwischen der A7 und der A3 untersucht. Im Gegensatz zur heutigen Regelung mit einem Verbot für Transitverkehre von Lkw über 12 t wirkt das Verbot auf alle Lkw über 3,5 t, also auch auf den Quell- und Zielverkehr von und nach Würzburg.

Die nachfolgende Abbildung 6-4 und Abbildung 6-5 zeigt die verkehrlichen Wirkungen der Maßnahme.

Die Maßnahme verdrängt den Lkw-Verkehr von der B19, die um 2.600 Lkw-Fahrten pro Tag entlastet wird. Wie die Abbildungen zeigen, wird der Lkw-Verkehr dabei auf andere Fahrtrouten verlagert. Der Durchgangsverkehr wird i. W. auf die umliegenden Autobahnen A3 und A7 verdrängt, die Belastungen steigen hier je nach Abschnitt um 1.200 – 1.800 Lkw pro Tag an. Deutliche Zunahmen durch verlagerte Lkw-Routen vor allem im Quell- und Zielverkehr Würzburg müssen auch in Estenfeld, Lengfeld und Versbach auf den Parallelrouten zur B19 erwartet werden.

Im Bereich der Kernstadt zeigen sich erhebliche Zunahmen im Lkw-Verkehr auf der Nürnberger Straße (+800 Lkw), der Schweinfurter Straße (+550 Lkw), dem gesamten Alleenring (+200 – 400 Lkw) sowie auf die Mergentheimer Straße (+450 Lkw).

Die Auswertung der Verkehrsleistungen im Stadtgebiet Würzburg in Tabelle 6-1 zeigt, verändern sich die Fahrleistungen im Kfz-Verkehr insgesamt nur geringfügig. Die Verkehrsleistung im Lkw-Verkehr sinken i. W. durch die Verlagerungen des Durchgangsverkehrs von der B19 insgesamt um 4,6 % ab. Die Tabelle zeigt deutlich die Verlagerungen auf den Außerortsstraßen, wo die Lkw-Fahrleistungen um rd. 34 % zunehmen. Auch auf den Wohn- und Erschließungsstraßen steigen die Fahrleistungen im Lkw geringfügig durch Schleichverkehre um 2,4 % an. Insgesamt steigen bei Sperrung der B19 die Fahrleistungen im Lkw-Verkehr im Innenstadtbereich um 22,4 % an (vgl. Tabelle 6-2).

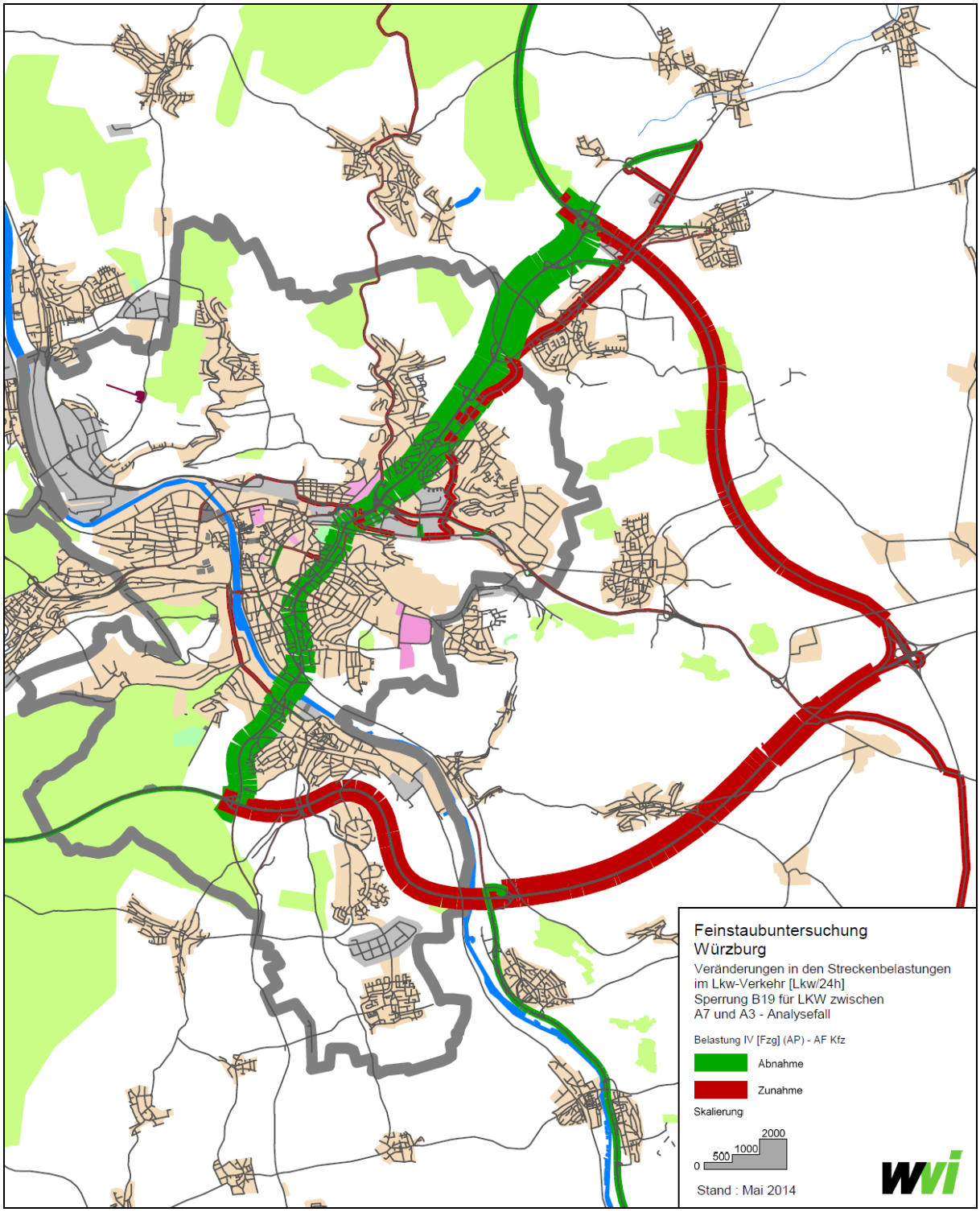


Abbildung 6-4: Veränderungen in den Verkehrsbelastungen im Lkw-Verkehr, Maßnahme „Sperrung B19 Lkw-Verkehr im gesamten Abschnitt“

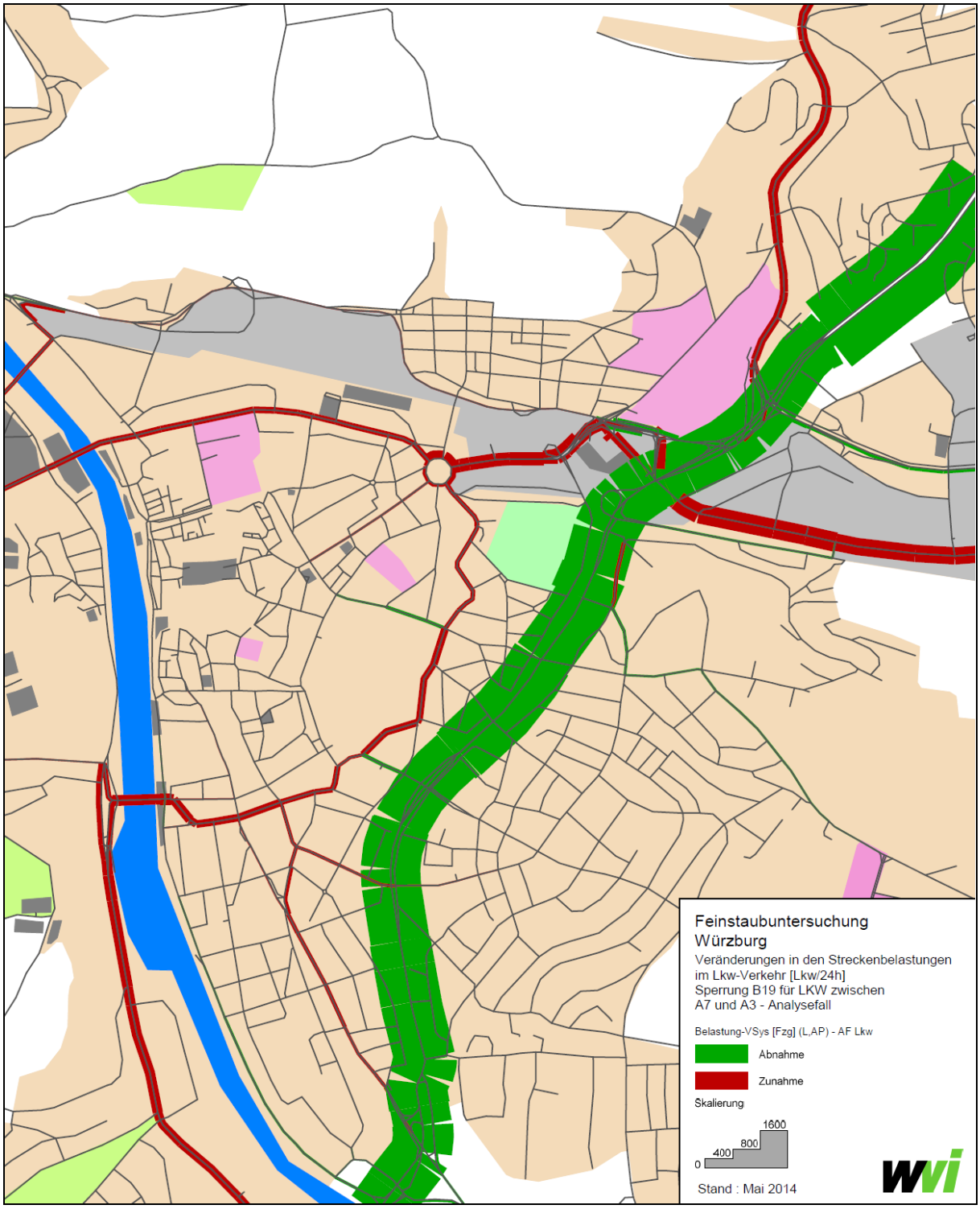


Abbildung 6-5: Veränderungen in den Verkehrsbelastungen im Lkw-Verkehr, Maßnahme „Sperrung B19 Lkw-Verkehr im gesamten Abschnitt“, Ausschnitt Innenstadt

Szenario: Lkw-Sperrung B19 Gesamt		Verkehrsleistung in [Fzg-km]				
		PKW	LNF	LKW	Bus	Summe KFZ
Außerorts-straßen	Autobahnen und Bundesstraßen	1.005.700	91.000	153.700	1.600	1.252.000
	Landes-, Kreis- und sonstige Straßen	127.200	6.200	7.800	700	141.900
Innerorts-straßen	Haupt- und Sammelstraßen	1.122.700	54.600	45.200	10.400	1.232.800
	Wohn- und Erschließungsstraßen	162.300	8.100	6.300	3.300	179.900
Verkehrsleistung insgesamt		2.417.800	159.900	212.900	16.000	2.806.600

Szenario: Lkw-Sperrung B19 Gesamt		Veränderungen zum Analysefall absolut in [Fzg-km]				
		PKW	LNF	LKW	Bus	Summe KFZ
Außerorts-straßen	Autobahnen und Bundesstraßen	4.290	-70	-7.890	k.V.	-3.670
	Landes-, Kreis- und sonstige Straßen	-240	0	1.990	k.V.	1.740
Innerorts-straßen	Haupt- und Sammelstraßen	-90	750	-4.590	k.V.	-3.940
	Wohn- und Erschließungsstraßen	60	0	150	k.V.	200
Verkehrsleistung insgesamt		4.010	680	-10.350	k.V.	-5.670

Szenario: Lkw-Sperrung B19 Gesamt		Veränderungen zum Analysefall relativ in [%]				
		PKW	LNF	LKW	Bus	Summe KFZ
Außerorts-straßen	Autobahnen und Bundesstraßen	0,4%	-0,1%	-4,9%	k.V.	-0,3%
	Landes-, Kreis- und sonstige Straßen	-0,2%	0,0%	34,2%	k.V.	1,2%
Innerorts-straßen	Haupt- und Sammelstraßen	0,0%	1,4%	-9,2%	k.V.	-0,3%
	Wohn- und Erschließungsstraßen	0,0%	0,0%	2,4%	k.V.	0,1%
Verkehrsleistung insgesamt		0,2%	0,4%	-4,6%	k.V.	-0,2%

Datenbasis: Verkehrsmodell Würzburg
Auswertung bezogen auf Stadtgebiet Würzburg
Angaben in [Fahrzeug-km/Werktag] und in [%]
Abweichungen in den Summen durch Rundung der Einzelwerte möglich
k.V. Keine Veränderungen im Busliniennetz unterstellt

Tabelle 6-1: Verkehrsleistungen in der Maßnahme „Lkw-Sperrung B19 im gesamten Abschnitt“ und Veränderungen gegenüber dem Analysefall

Szenario: Lkw-Sperrung B19 Gesamt	Verkehrsleistung im LKW-Verkehr in [Fzg-km]			
	Analyse 2011	Szenario	Veränderungen absolut	Veränderungen relativ
Innenstadtbereich	7.330	8.970	1.640	22,4%
übrige Straße in WÜ	215.960	203.950	-11.990	-5,6%
Verkehrsleistung insgesamt	223.300	212.920	-10.350	-4,6%

Datenbasis: Verkehrsmodell Würzburg
Auswertung bezogen auf Stadtgebiet Würzburg
Angaben in [Fahrzeug-km/Werktag] und in [%]
Abweichungen in den Summen durch Rundung der Einzelwerte möglich

Tabelle 6-2: Verkehrsleistungen im Lkw-Verkehr bezogen auf die Innenstadt und Veränderungen gegenüber dem Analysefall bei der Maßnahme „Lkw-Sperrung B19 im gesamten Abschnitt“

6.2.2 Szenario 2: Sperrung der B19 für Lkw über 3,5 t im Bereich der Kernstadt Würzburg

Im Szenario 2 wurde die Sperrung der B19 für Lkw über 3,5 t auf einen Abschnitt im Kernstadtbereich zwischen Greinbergknoten und Konrad-Adenauer-Brücke reduziert. Damit ist u. a. Lkw-Verkehr auf der B19 im Norden bis zur B8/B27 zulässig, im Süden auf der B19 u. a. bis zur Mergentheimer Straße.

Die Abbildung 6-6 und Abbildung 6-7 zeigt die verkehrlichen Wirkungen der Maßnahme.

Die Maßnahme verdrängt den Lkw-Verkehr von der B19, die um 2.600 Lkw-Fahrten pro Tag im Kernstadtbereich sowie um rd. 2.000 Lkw pro Tag im nördlichen Abschnitt der B19 entlastet wird. Wie die Abbildungen zeigen, wird der Lkw-Verkehr dabei auf andere Fahrtrouten verlagert. Der Durchgangsverkehr wird i. W. auf die umliegenden Autobahnen A3 und A7 verdrängt, die Belastungen steigen hier je nach Abschnitt um 1.300 – 2.100 Lkw pro Tag an. Im Vergleich zum Szenario 1 zeigen sich nur sehr geringe Verlagerungen in die Bereiche Estenfeld, Lengfeld und Versbach, die die Befahrbarkeit der B19 für Lkw in diesem Bereich erhalten bleibt.

Im Bereich der Kernstadt zeigen sich ähnlich wie im Szenario 1 Zunahmen im Lkw-Verkehr auf der Nürnberger Straße (+250 Lkw), der Schweinfurter Straße (+600 Lkw), dem gesamten Alleenring (+250 – 300 Lkw) sowie auf die Mergentheimer Straße (+450 Lkw).

Die Auswertung der Verkehrsleistungen im Stadtgebiet Würzburg in Tabelle 6-3 zeigt, verändern sich die Fahrleistungen im Kfz-Verkehr insgesamt nur geringfügig. Die Verkehrsleistung im Lkw-Verkehr sinken insgesamt um 4,4 % ab. Dabei zeigen sich Verlagerungen auf den Außerortsstraßen, die mit Zunahmen um 10 % aber deutlich geringer ausfallen als im Szenario 1. Auf den Wohn- und Erschließungsstraßen steigen die Fahrleistungen im Lkw geringfügig durch Schleichverkehre um 1,9 % an. Insgesamt steigen die Fahrleistungen im Lkw-Verkehr im Innenstadtbereich um 23,9 % an (vgl. Tabelle 6-4).

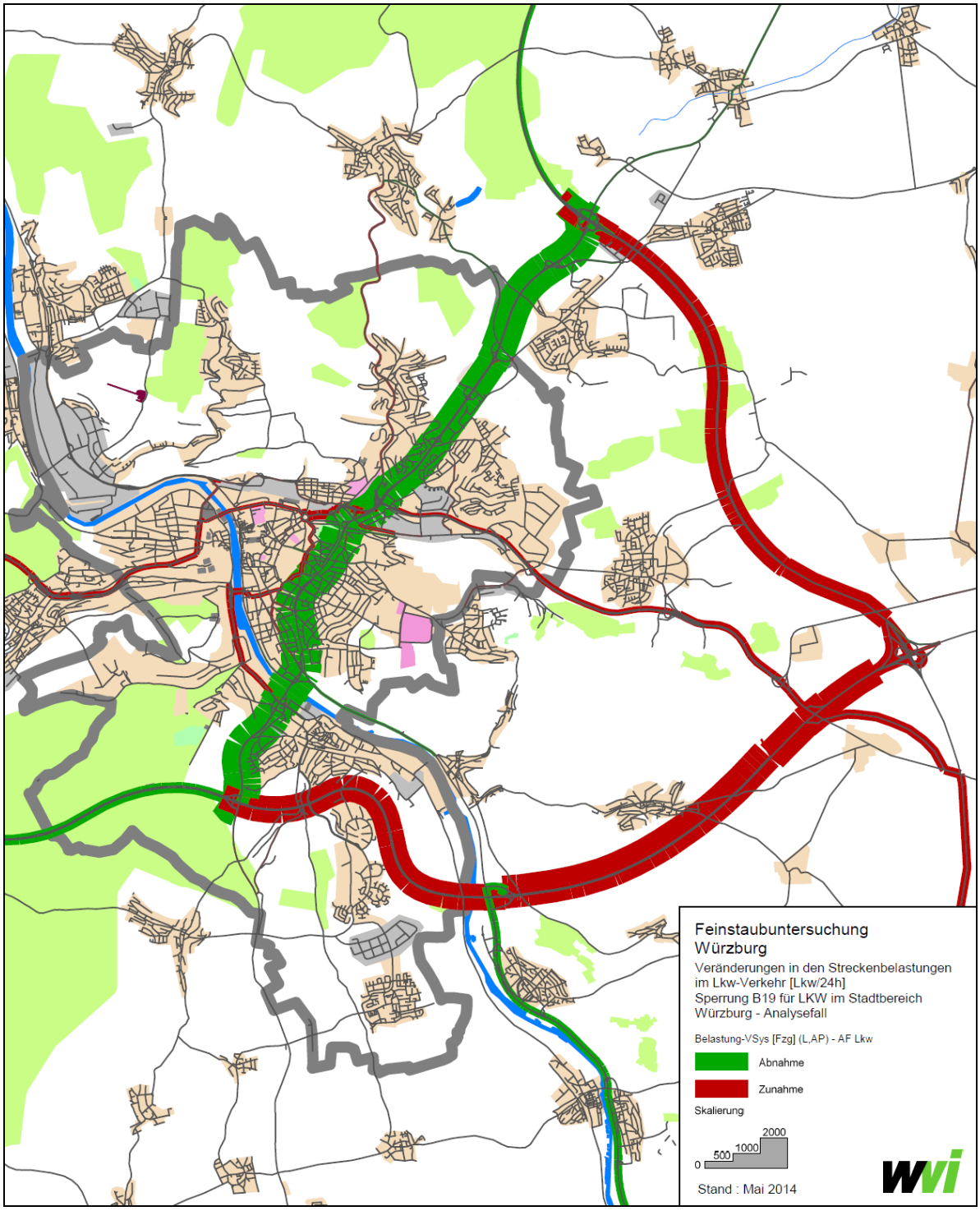


Abbildung 6-6: Veränderungen in den Verkehrsbelastungen im Lkw-Verkehr, Maßnahme „Sperrung B19 Lkw-Verkehr im Bereich Kernstadt“

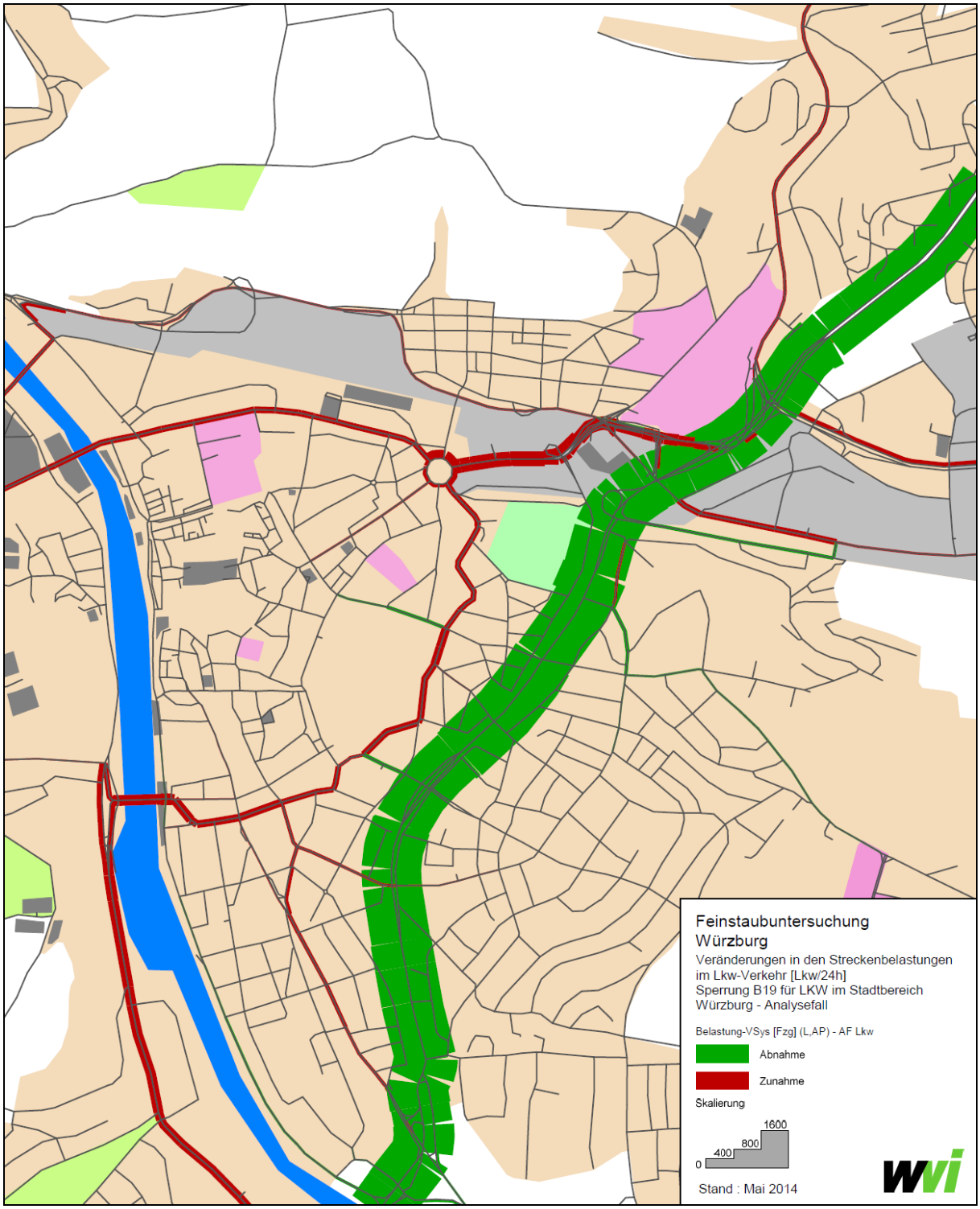


Abbildung 6-7: Veränderungen in den Verkehrsbelastungen im Lkw-Verkehr, Maßnahme „Sperrung B19 Lkw-Verkehr im Bereich Kernstadt“, Ausschnitt Innenstadt“

Szenario: Lkw-Sperrung B19 Kernstadt WÜ		Verkehrsleistung in [Fzg-km]				
		PKW	LNF	LKW	Bus	Summe KFZ
Außerorts-straßen	Autobahnen und Bundesstraßen	1.004.000	91.000	159.200	1.600	1.255.800
	Landes-, Kreis- und sonstige Straßen	127.300	6.200	6.400	700	140.600
Innerorts-straßen	Haupt- und Sammelstraßen	1.123.800	54.600	41.500	10.400	1.230.300
	Wohn- und Erschließungsstraßen	162.200	8.100	6.300	3.300	179.800
Verkehrsleistung insgesamt		2.417.300	159.900	213.400	16.000	2.806.600

Szenario: Lkw-Sperrung B19 Kernstadt WÜ		Veränderungen zum Analysefall absolut in [Fzg-km]				
		PKW	LNF	LKW	Bus	Summe KFZ
Außerorts-straßen	Autobahnen und Bundesstraßen	2.620	-80	-2.390	k.V.	150
	Landes-, Kreis- und sonstige Straßen	-160	0	600	k.V.	450
Innerorts-straßen	Haupt- und Sammelstraßen	1.030	750	-8.220	k.V.	-6.450
	Wohn- und Erschließungsstraßen	10	0	110	k.V.	130
Verkehrsleistung insgesamt		3.500	670	-9.890	k.V.	-5.730

Szenario: Lkw-Sperrung B19 Kernstadt WÜ		Veränderungen zum Analysefall relativ in [%]				
		PKW	LNF	LKW	Bus	Summe KFZ
Außerorts-straßen	Autobahnen und Bundesstraßen	0,3%	-0,1%	-1,5%	k.V.	0,0%
	Landes-, Kreis- und sonstige Straßen	-0,1%	0,0%	10,4%	k.V.	0,3%
Innerorts-straßen	Haupt- und Sammelstraßen	0,1%	1,4%	-16,5%	k.V.	-0,5%
	Wohn- und Erschließungsstraßen	0,0%	0,0%	1,9%	k.V.	0,1%
Verkehrsleistung insgesamt		0,1%	0,4%	-4,4%	k.V.	-0,2%

Datenbasis: Verkehrsmodell Würzburg
Auswertung bezogen auf Stadtgebiet Würzburg
Angaben in [Fahrzeug-km/Werktag] und in [%]
Abweichungen in den Summen durch Rundung der Einzelwerte möglich
k.V. Keine Veränderungen im Busliniennetz unterstellt

Tabelle 6-3: Verkehrsleistungen in der Maßnahme „Lkw-Sperrung B19 im Bereich Kernstadt“ und Veränderungen gegenüber dem Analysefall

Szenario: Lkw-Sperrung B19 WÜ-Kernstadt	Verkehrsleistung im LKW-Verkehr in [Fzg-km]			
	Analyse 2011	Szenario	Veränderungen absolut	Veränderungen relativ
Innenstadtbereich	7.330	9.090	1.750	23,9%
übrige Straße in WÜ	215.960	204.290	-11.650	-5,4%
Verkehrsleistung insgesamt	223.300	213.380	-9.890	-4,4%

Datenbasis: Verkehrsmodell Würzburg
Auswertung bezogen auf Stadtgebiet Würzburg
Angaben in [Fahrzeug-km/Werktag] und in [%]
Abweichungen in den Summen durch Rundung der Einzelwerte möglich

Tabelle 6-4: Verkehrsleistungen im Lkw-Verkehr bezogen auf die Innenstadt und Veränderungen gegenüber dem Analysefall bei der Maßnahme „Lkw-Sperrung B19 im Bereich Kernstadt“

6.2.3 Szenario 3: Durchfahrtverbot für Lkw über 3,5 t zul. Gesamtgewicht durch die Innenstadt

Ein Durchfahrtverbot für Lkw durch die Innenstadt wird sich naturgemäß nur auf den Lkw-Schwerverkehr über 3,5 t zul. Gesamtgewicht aus. Die übrigen Fahrzeugarten Pkw, Lieferfahrzeuge und der Busverkehr, der nach STVO ebenfalls den schweren Lkw zugerechnet wird, bleibt davon unbeeinflusst. Ebenso unbeeinflusst ist der Anlieferverkehr, der auch für die großen Lkw weiter möglich ist.

Die nachfolgende Abbildung 6-8 und Abbildung 6-9 zeigt die verkehrlichen Wirkungen der Maßnahme.

Nach den Modellrechnungen sind heute auch im Innenstadtbereich von Würzburg noch Lkw-Durchgangsverkehre in geringem Umfang vorhanden. Bei Befolgung der Maßnahme treten Verkehrsverlagerungen vor allem vom Alleenring auf die B19, die B8 sowie auf die Mergentheimer Straße auf. Die Maßnahme unterbindet auch Abkürzungsverkehre für Lkw-Fahrten von der B19 zur B 27 nach Höchberg und entlastet damit u.a. die Sanderglacisstraße und die Löwenbrücke.

Wie die Auswertung in Tabelle 6-5 zeigt, verringert sich die Verkehrsleistung im Lkw-Verkehr in der Innenstadt um rund 22 % (1.600 Lkw-km pro Tag). Dagegen steigt die Verkehrsleistung in Würzburg insgesamt durch die verlängerten Fahrtrouten und Umwegfahrten um 1.400 Lkw-km an (+0,6%)

Bezogen auf die Verkehrsbelastungen im Lkw-Verkehr an den zwei Hotspots Kardinal-Faulhaber-Platz und Stadtring Süd (B19) hat die Maßnahme nur äußerst geringe Auswirkungen.

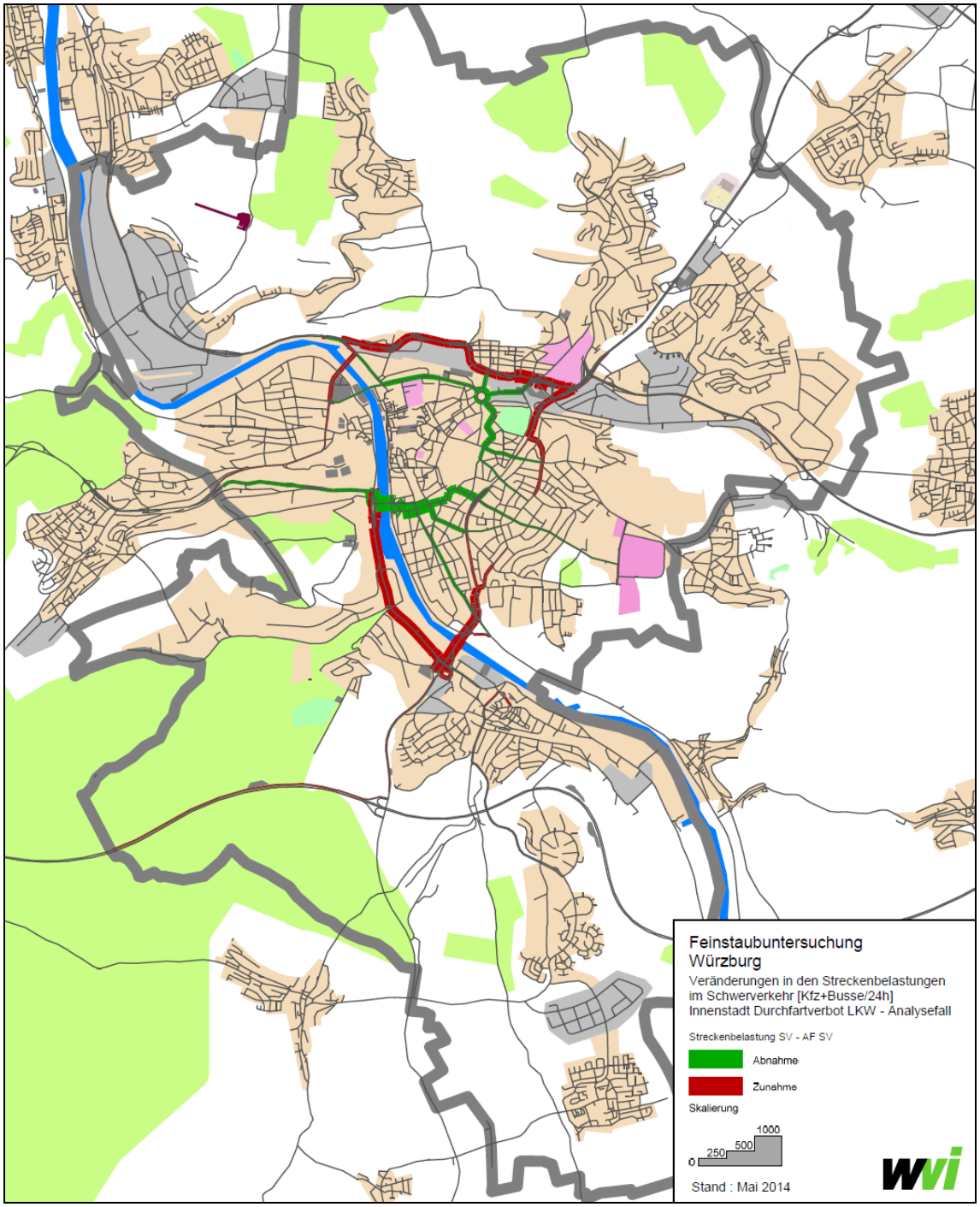


Abbildung 6-8: Veränderungen in den Verkehrsbelastungen im Lkw-Verkehr, Maßnahme „Durchfahrtverbot für Lkw durch die Innenstadt“

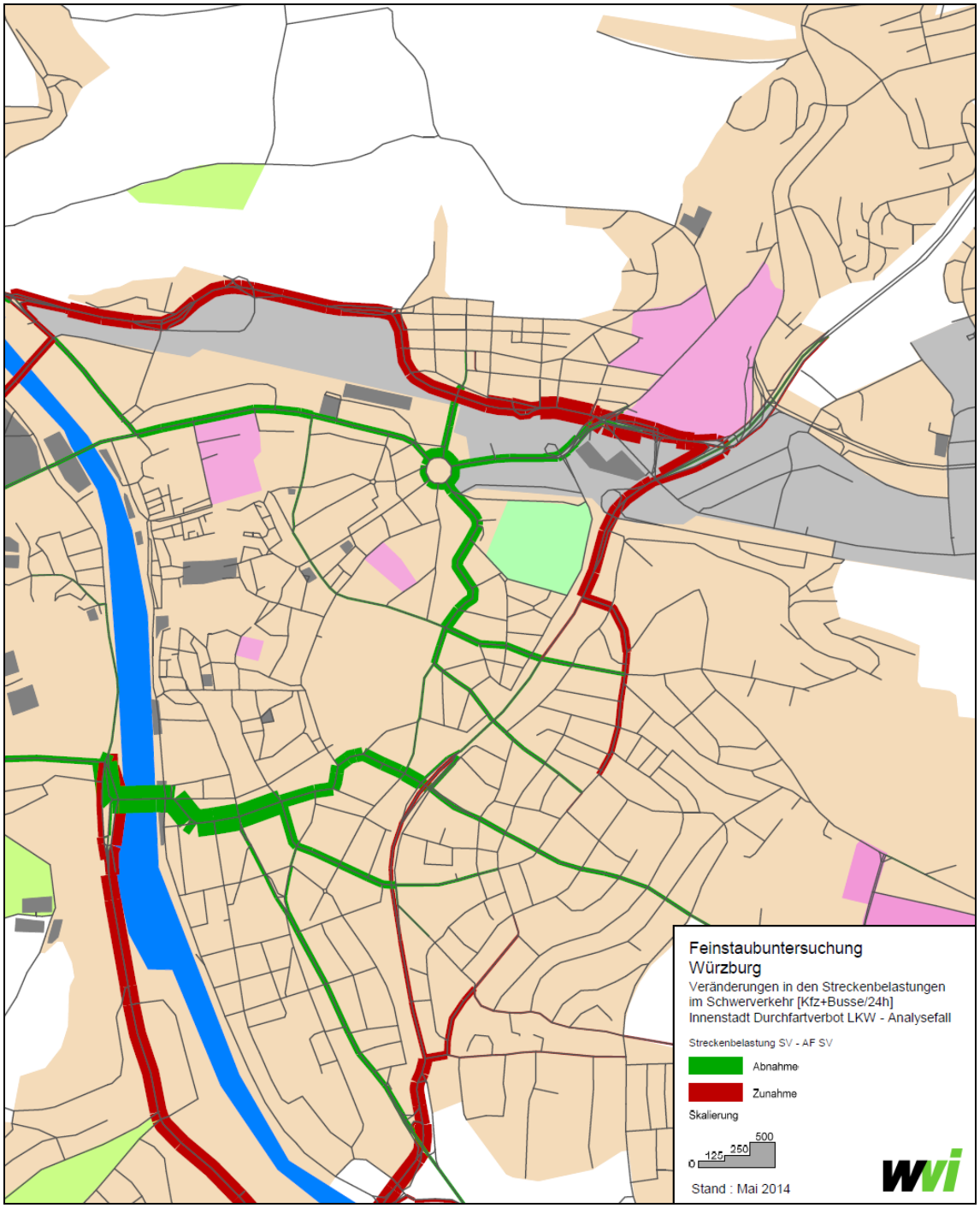


Abbildung 6-9: Veränderungen in den Verkehrsbelastungen im Lkw-Verkehr, Maßnahme „Durchfahrtverbot für Lkw durch die Innenstadt“, Ausschnitt Innenstadt

Szenario: Lkw-DV-Verbot Innenstadt	Verkehrsleistung im LKW-Verkehr in [Fzg-km]			
	Analyse 2011	Szenario	Veränderungen absolut	Veränderungen relativ
DV-Verbots-Bereich (Innenstadtstraßen)	7.330	5.760	-1.560	-21,5%
übrige Straße in WÜ	215.960	218.970	3.010	1,4%
Verkehrsleistung insgesamt	223.300	224.730	1.440	0,6%

Datenbasis: Verkehrsmodell Würzburg
Auswertung bezogen auf Stadtgebiet Würzburg
Angaben in [Fahrzeug-km/Werktag] und in [%]
Abweichungen in den Summen durch Rundung der Einzelwerte möglich

Tabelle 6-5: Verkehrsleistungen im Lkw-Verkehr bezogen auf die Innenstadt und Veränderungen gegenüber dem Analysefall bei der Maßnahme „Durchfahrtverbot für Lkw durch die Innenstadt“

6.3 Wirkungen auf die Luftschadstoffe

Aufbauend auf den verkehrlichen Wirkungen gemäß Kapitel 6.2 werden die Wirkungen auf die Kfz-Emissionen und die Immissionsbelastungen berechnet. Dabei wurde der Straßentyp je Straßenabschnitt gemäß HBEFA 3.1 unverändert belassen. Neben Veränderungen der Verkehrsmengen werden nur Verschiebungen der Verkehrsqualität (LOS) berücksichtigt.

In Tabelle 6-6 ist die Wirkung der drei Lkw-Verbotsszenarien auf die Veränderung der gesamtstädtischen Kfz-Emissionen dargestellt. Zusätzlich ist für eine bessere Vergleichbarkeit mit den Darstellungen für die weiteren Maßnahmen in der Tabelle angegeben, wie sich die gesamt Kfz-Fahrleistung in den Szenarien verändert.

Für das Lkw-Durchfahrtverbot werden auf Grund der unveränderten Fahrleistung für das gesamte Stadtgebiet keine bzw. nur geringe Emissionsänderungen berechnet. Trotz der ebenfalls eher geringen Verminderung der Gesamtfahrleistung werden in den beiden Verbotsszenarien für die B19 bei NO_X Minderungen über 2% erreicht. Da davon auszugehen ist, dass gerade Lkw einen hohen Anteil an den PM10-Aufwirbelungs- und Abriebsemissionen haben, gehen auch die PM10-Emissionen um rund 1.5 % zurück.

Szenario	**Fahrleistung**	**Emissionen in t/a**			
Absolut	**km/Jahr**	**NO_X**	**Abgaspartikel**	**AWAR**	**PM10**
Ist	9.72E+08	646.9	17.9	39.4	57.2
LKW Verbot B19 Gesamt	9.69E+08	631.4	17.7	38.7	56.4
LKW Verbot B19 Kernstadt	9.69E+08	632.3	17.7	38.6	56.3
LKW Durchfahrverbot Innen.	9.72E+08	648.1	17.9	39.4	57.3
Veränderungen zu Ist-Situation					
Ist	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
LKW Verbot B19 Gesamt	-0.2%	-2.4%	-1.0%	-1.6%	-1.4%
LKW Verbot B19 Kernstadt	-0.2%	-2.3%	-1.1%	-1.8%	-1.6%
LKW Durchfahrverbot Innen.	0.0%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%
AWAR: Kfz-bedingte PM10-Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieben PM10: Summe aus Abgaspartikel und AWAR					

Tabelle 6-6: Veränderung der Kfz-Fahrleistung und der summierten Kfz-Emissionen in den Szenarien der Lkw-Verbote

In Abbildung 6-10 sind die berechneten NO_2-Konzentrationen im Innenstadtbereich von Würzburg für alle drei Szenarien kartographisch dargestellt. Eine tabellarische Darstellung der berechneten Konzentrationswerte für alle untersuchten Varianten findet sich für alle Hotspots für NO_2 in Tabelle 8-3 und für PM10 in Tabelle 8-4. Auf eine kartographische Darstellung der Wirkung auf die PM10-Belastung wurde hier verzichtet, da damit kein wesentlicher zusätzlicher Informationsgehalt verbunden ist. In den Karten sind die Straßenabschnitte mit berechneten NO_2-Jahresmittelwerten beschriftet, bei denen im jeweiligen Szenario noch ein Konzentrationswert von mehr als 36 µg/m³ ermittelt wurde.

Das Lkw-Fahrverbot auf der B19 führt zu entsprechend hohen Schadstoffminderungen auf den entsprechenden Abschnitten der B19. So wird der NO_2-Jahresmittelwert in der Höhe der LÜB-Messstation um 4.5 µg/m³ bzw. rund 12% und der PM10-Jahresmittelwert um 1.2 µg/m³ bzw. knapp 5% gemindert. Die lokal auf die B19 ausgerichtet Maßnahme zeigt aber keinen positiven Einfluss auf die Anzahl der Abschnitte mit prognostizierten NO_2-Grenzwertüberschreitungen sondern führt auf manchen Lkw-Ausweichrouten sogar zu Erhöhungen der NO_2-Belastungen und damit zu Verschärfungen der Grenzwertproblematik.

Entsprechend der geringen Wirkung auf die Emissionsbilanz sind auch mit dem Lkw-Durchfahrtsverbot in den Hotspots nur geringe Effekte zu erwarten. Auf Grund von Verlagerungseffekten ist auf Abschnitten außerhalb der Verbotszone auch mit Zunahmen der NO_2-Belastungen wie der Grombühlstraße von bis zu 4 % zu rechnen. Der größte Minderungseffekt ist auf der Sanderglacisstraße mit fast 6% zu erwarten. Dieser Abschnitt und ein weiterer Abschnitt der Zeller Straße fallen mit dieser Maßnahme unter den NO_2-Jahresgrenzwert.

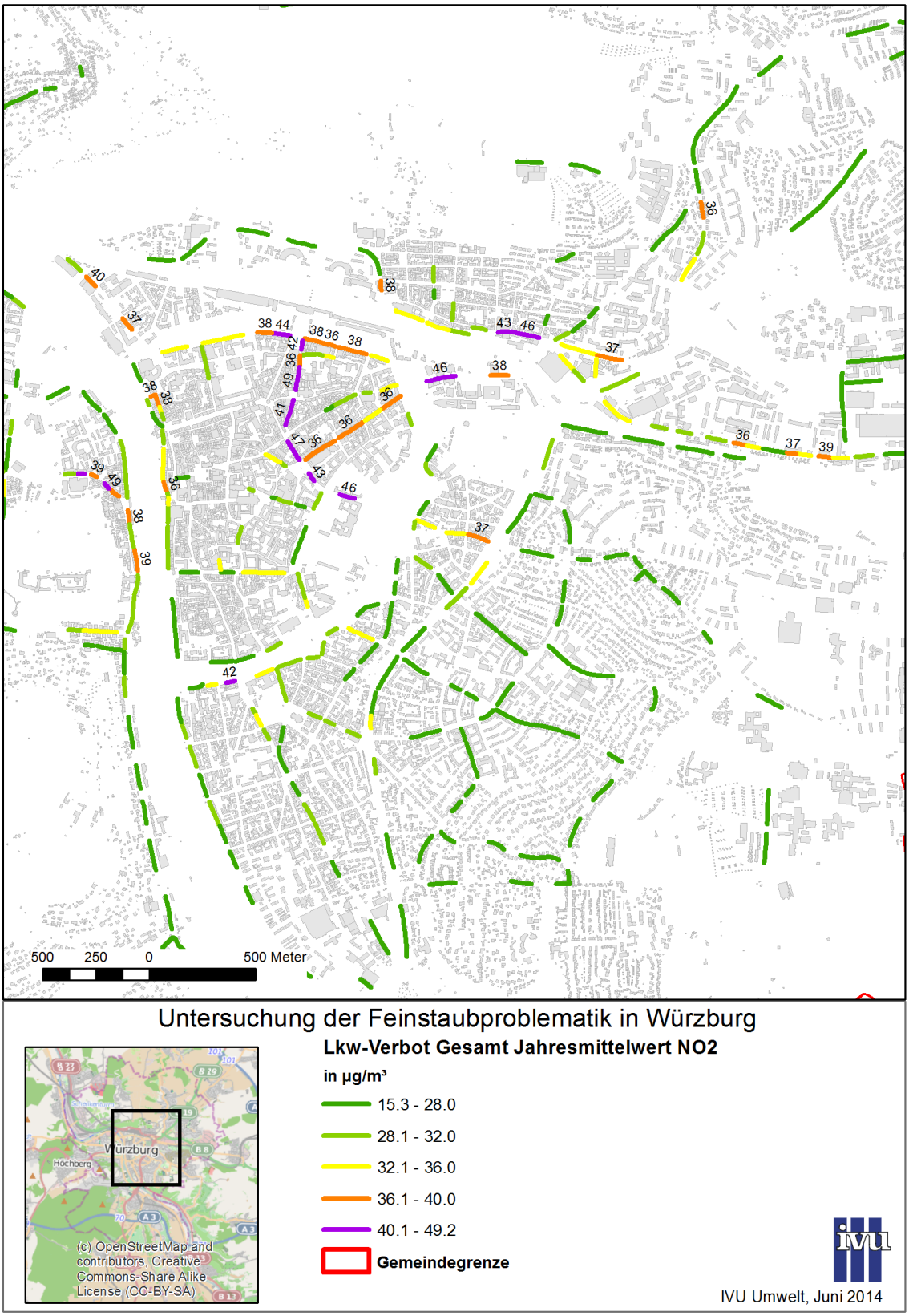


Abbildung 6-10: Übersicht der NO_2-Konzentrationen für das Lkw-Verbot im Gesamtbereich zwischen A7 und A3

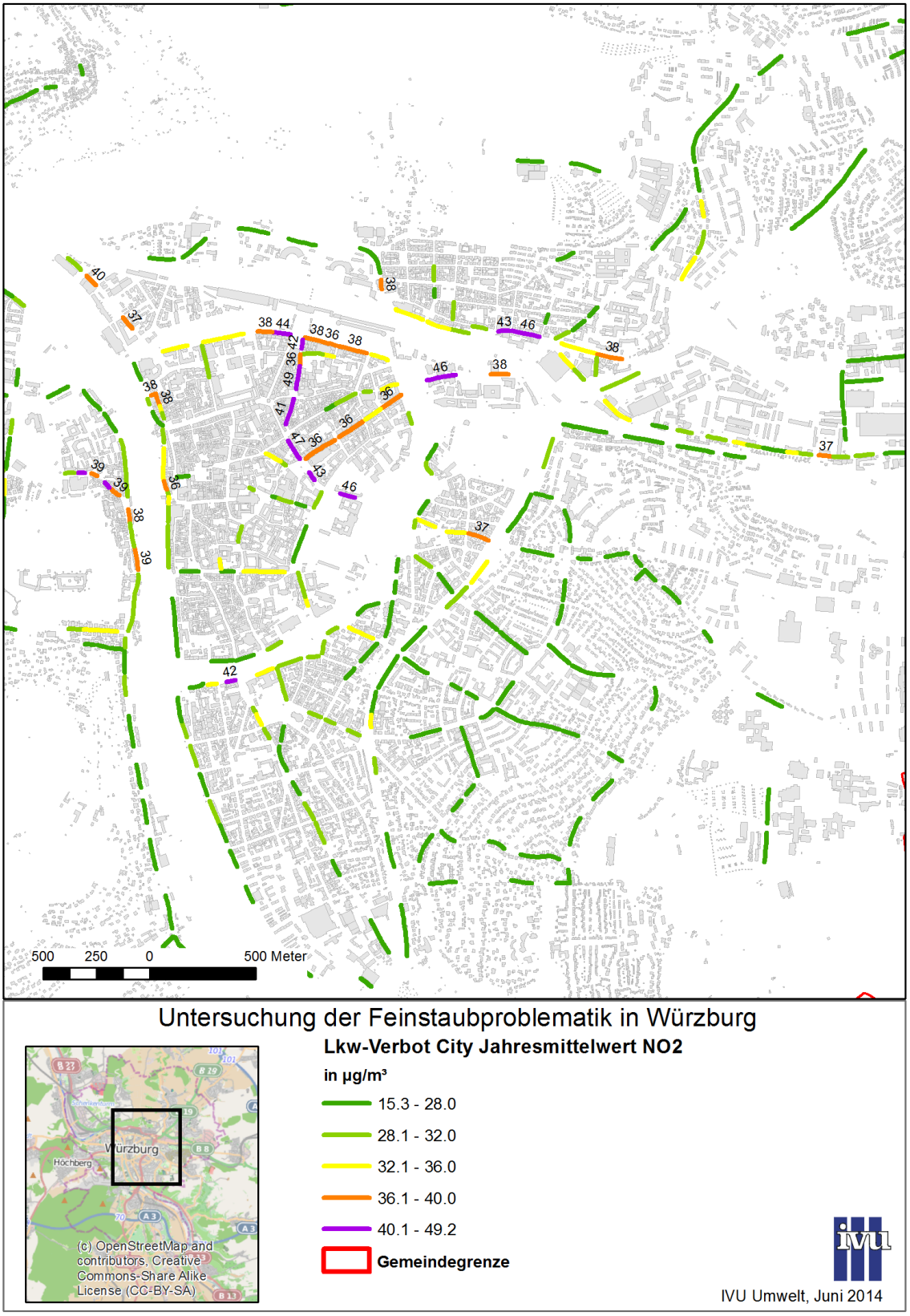


Abbildung 6-11: Übersicht der NO2-Konzentrationen für das Lkw-Verbot im Kernstadtbereich

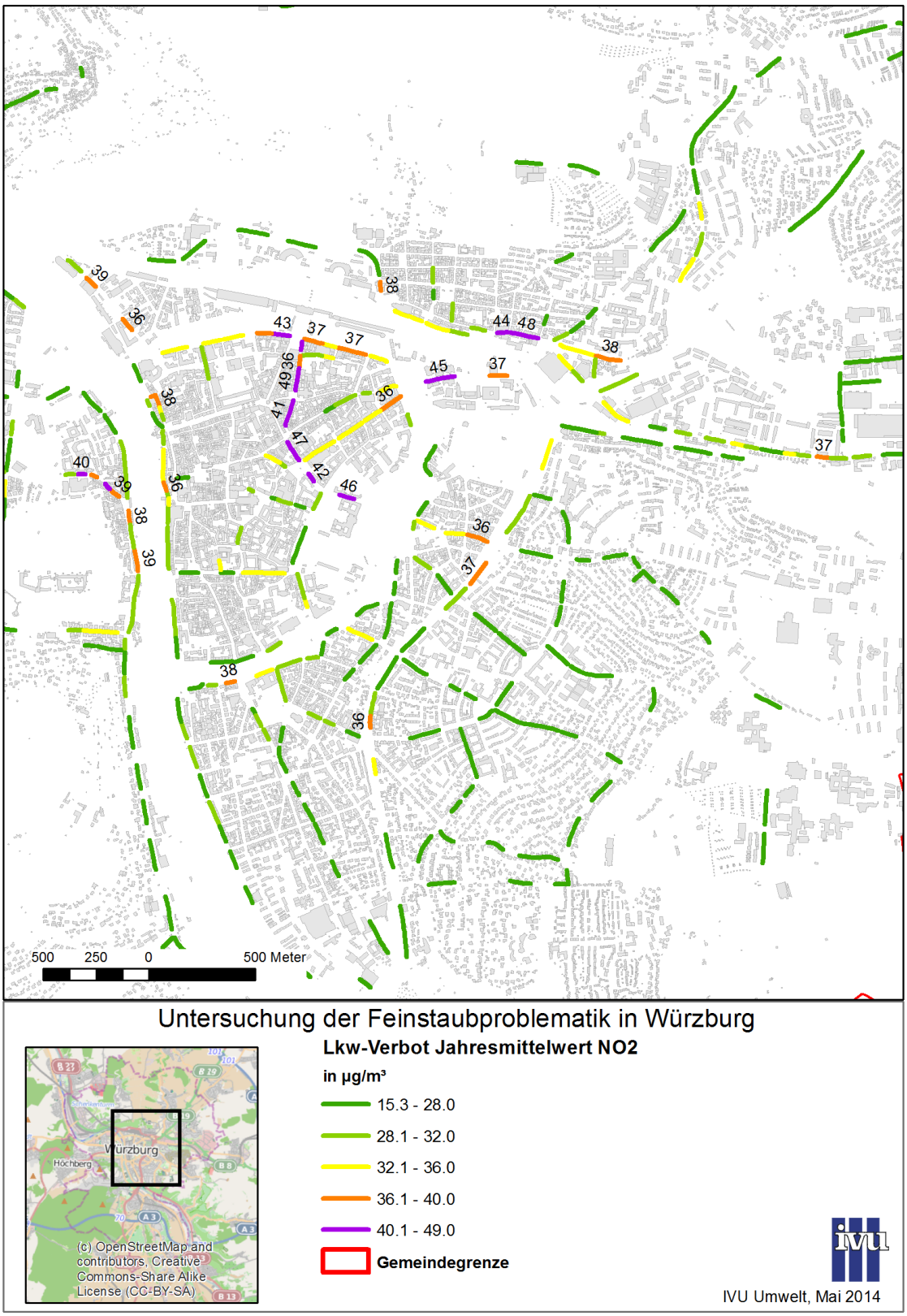


Abbildung 6-12: Übersicht der NO_2-Konzentrationen für das Lkw-Durchfahrtsverbot durch die Innenstadt

7 Temporäre Verkehrsbeeinflussung

7.1 Beschreibung der Maßnahme und der Analysemethode

Der zeitliche Verlauf z. B. von NO_2- und PM10-Konzentrationen an Hotspots ist von einer hohen Variabilität geprägt. So treten bei PM10 vor allem in den Wintermonaten Episoden mit hohen Konzentrationen über mehrere Tage auf, während an anderen Tagen mit vergleichbarem PM10-Emissionsniveau die Konzentrationen deutlich niedriger sind. Bei den NO_2-Zeitreihen von verkehrsbedingten Hotspots ist allgemein ein deutlicher Tagesgang festzustellen, der stark mit der Verkehrsstärke korreliert. Trotz dieser hohen Korrelation gibt es aber Tage mit vergleichbarem Verkehrsgeschehen, die sich in den resultierenden NO_2-Immissionen deutlich unterscheiden. Ursache für die vom Verkehr unabhängige hohe Variabilität sind die jeweiligen meteorologischen Bedingungen. Auf Grund dieser hohen zeitlichen Variabilität werden in aktuellen Luftreinhalteplänen temporär wirkende Maßnahmen aufgeführt, die sich unter dem Begriff Umweltorientiertes Verkehrsmanagement (UVM) sammeln lassen.

Zur Analyse der Wirkung einer temporär aktivierten Maßnahme wurde von IVU Umwelt ein Tool entwickelt mit dem, auf der Basis von Messzeitreihen oder Zeitreihen einer Modellierung die Wirkungen bei veränderbaren Auslöseschwellen und Minderungswirkungen von temporären Maßnahmen auf Jahreskenngrößen ermittelt werden können.

Dazu wurden die stündlichen NO_2-Messzeitreihen des Hotspots Stadtring Süd und der Hintergrundmessung für die Kopfklinik für 2011 in Excel aufbereitet. Die Differenz zwischen der jeweiligen Hotspot-Messung und der Hintergrundmessung wurde berechnet und als mit der Maßnahme beeinflussbare Zusatzbelastung definiert. Diese Zusatzbelastung wurde bei Überschreiten eines einstellbaren Schwellwertes der gemessenen Gesamtbelastung am Hotspot um den ebenfalls vorgebbaren Minderungseffekt der Maßnahme reduziert. Aus der Addition der temporär geminderten Zusatzbelastung und der unveränderten Hintergrundbelastung ergibt sich so eine neue Zeitreihe unter Berücksichtigung der temporär aktivierten Maßnahme.

Für diese Zeitreihe kann der Jahresmittelwert dem Jahresmittelwert der Ausgangsbelastung im Hotspot gegenübergestellt werden und so die gesamte Minderungswirkung bestimmt werden. Durch Auszählen der Häufigkeit des Überschreitens des Schwellwertes wird die Aktivierungsrate berechnet.

7.2 Datengrundlage

Als Datengrundlage stehen stündliche Messzeitreihen für die Hotspot-Station Stadtring Süd und die städtische Hintergrundstation Kopfklinik zur Verfügung, die dankenswerterweise vom LfU Augsburg für das Bezugsjahr 2011 zur Verfügung gestellt wurden. Da für die Hintergrundstation nur NO_2-Messdaten zur Verfügung stehen, können Auswertungen nur für diese Komponente durchgeführt werden.

Die stündliche Jahreszeitreihe für NO_2 der beiden Stationen ist in Abbildung 7-1 dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass an der Station Stadtring Süd im Allgemeinen höhere Konzentrationen als an der Station Kopfklinik gemessen werden. Die jeweilige Differenz wird im Rahmen der folgenden Untersuchung als Zusatzbelastung verursacht durch den lokalen Verkehr auf dem Stadtring definiert. Es soll hier aber darauf hingewiesen werden, dass die Station Kopfklinik aber auch durch lokale, vornehmlich verkehrliche Quellen, beeinflusst wird, weshalb die als Differenz berechnete Zusatzbelastung des Stadtrings eher unterschätzt wird (siehe dazu auch Kapitel 3.5). Ein Vergleich des über die Differenzmethode ermittelten lokalen Verkehrsbeitrag gemittelt über das ganze Jahr in Höhe von 35 % zeigt aber eine gute Übereinstimmung mit der Angabe im LRP 2010 in Höhe von 36%.

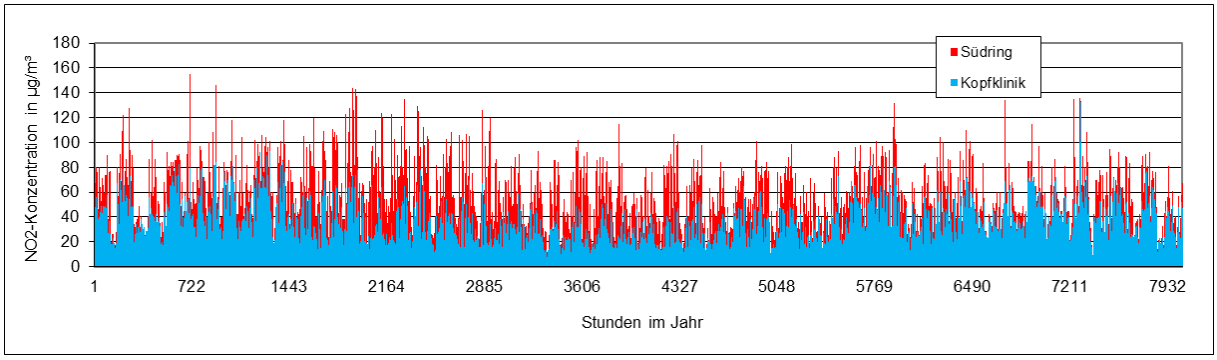


Abbildung 7-1: Zeitreihen der stündlichen NO_2-Konzentrationen in 2011 an den Messstationen Stadtring Süd und Kopfklinik

7.3 Wirkungen auf die Luftschadstoffe

Zur Analyse des Potenzials von temporär aktivierbaren lokalen verkehrlichen Maßnahmen wurde das in Kapitel 7.1 beschriebene Tool angewendet. Ein Beispiel für die Anwendung des Tools findet sich in Abbildung 7-2. Darin ist als rote Zeitreihe die Messzeitreihe von der Station Stadtring Süd dargestellt und in grün die sich ergebende Zeitreihe unter der Verwendung des temporären Minderungseffekts der lokale verkehrlichen Emissionen, im Beispiel 30% und eines Schwellwerts als Stundenwertgrenze der gemessenen NO_2-Konzentration am Stadtring Süd zur Auslösung der Maßnahme, im Beispiel 65 µg/m³. Das Tool liefert als Ergebnis die Minderung des NO_2-Jahresmittelwerts, hier 1,7 µg/m³ bzw. -3,9 % bezogen auf den Ist-Zustand und die Anwendungshäufigkeit der temporären Maßnahme, hier 14,4 % der ausgewerteten Stunden.

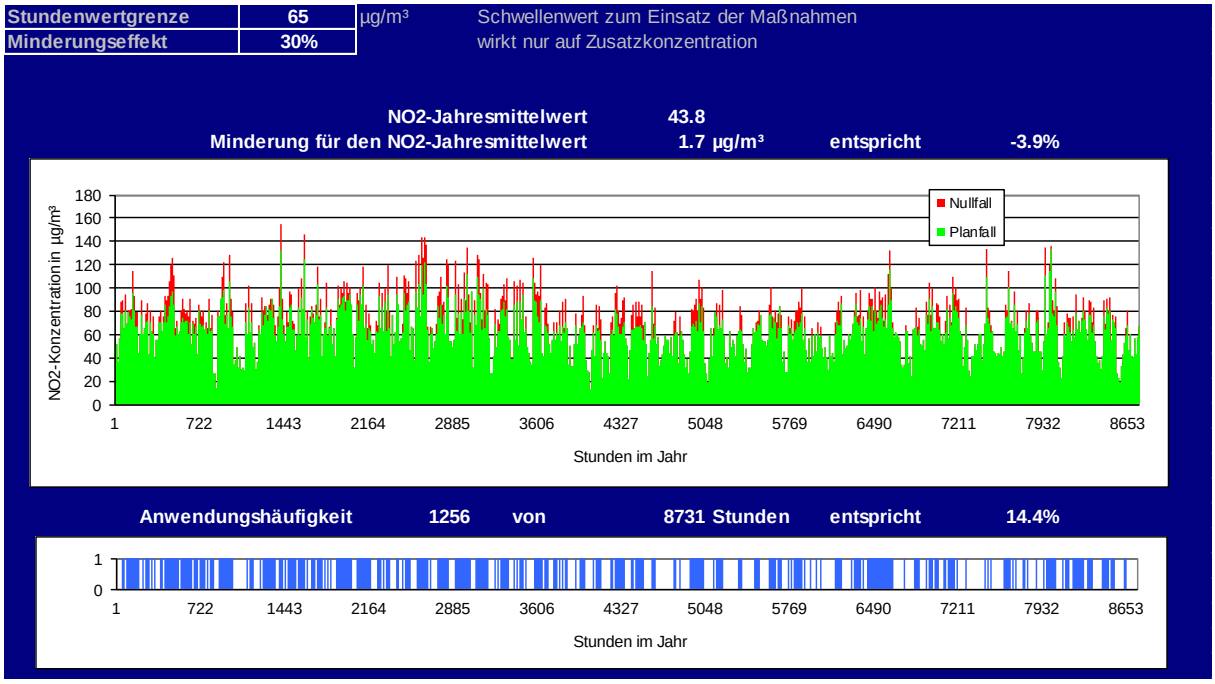


Abbildung 7-2: Beispiel für eine Wirkungsanalyse eines UVM auf die NO_2-Konzentrationen in 2011 am Südring

Das Tool wurde für verschiedene Varianten angewendet, bei denen entweder die Minderungswirkung der lokalen Maßnahme und der Aktivierungsschwellwert variiert wurde. Die Ergebnisse dieser Variationen sind in der Tabelle 7-1 aufgelistet.

Wie zu erwarten, ist das Minderungspotenzial höher, je größer die lokale Minderungswirkung und je niedriger der Aktivierungsschwellwert ist.

Minderungswirkung der lokalen Maßnahme	Schwellwert in µg/m³	Aktivierungsrate	Minderung des NO_2-Jahresmittelwerts
20 %	50	28.7 %	4.1 %
	65	14.4 %	2.6 %
	80	5.7 %	1.3 %
30 %	50	28.7 %	6.2 %
	65	14.4 %	3.9 %
	80	5.7 %	1.9 %
40 %	50	28.7 %	8.3 %
	65	14.4 %	5.1 %
	80	5.7 %	2.6 %

Tabelle 7-1: Ergebnisse der UVM-Wirkung bei Variationen der Eingangsparameter

8 Maßnahmenbewertung

Die Tabelle 8-1 zeigt als Zusammenfassungen die wesentlichen Ergebnisse der Verkehrsberechnungen. Dabei sind die Verkehrsleistungen im Kfz- und Lkw-Verkehr in Würzburg (Werktagsverkehr) nach Straßenkategorien in den untersuchten Szenarien zusammengefasst. Dargestellt sind auch die absoluten und relativen Veränderungen gegenüber dem Ist-Fall.

Zu den Wirkungen hinsichtlich der Schadstoffemissionen und –immissionen muss vorangestellt werden, dass im Rahmen dieser Untersuchung ausnahmslos verkehrliche Maßnahmen untersucht werden sollten. Der Anteil des lokalen Kfz-Verkehrs an den Feinstaub- und Stickoxidimmissionen ist aber begrenzt und liegt ja nach Straßenraum und Verkehrssituation zwischen maximal 50 – 60%, häufig bei 20 – 40% oder darunter. Die Anteile des lokalen Kfz-Verkehrs an den Feinstaubimmissionen in den Straßenräumen sind noch deutlich geringer und betragen maximal 25%, im Allgemeinen unter 10 – 15%.

Bei der Betrachtung der Maßnahmen zeigt sich, dass signifikante Änderungen der insgesamt im Stadtgebiet auftretenden Kfz-Verkehrsleistungen nur in der Maßnahme Tempo 30 flächendeckend berechnet werden. Sie resultieren i. W. aus Verkehrsverlagerungen von der B19 auf die A3 und A7, die bei Anordnung von Tempo 30 auf der B19 hier deutlich längere Fahrzeiten hervorrufen, was wiederum zu einem geänderten Routenwahlverhalten vornehmlich für den Durchgangsverkehr, aber auch für den Quell- und Zielverkehr Würzburg führt und die aufgezeigten Verkehrsverlagerungen hervorruft. Allerdings muss bei dieser Maßnahme durch sog. „Schleichverkehre“ ein erheblicher Anstieg des Verkehrs in die Wohn- und Erschließungsstraßen um rd. 20% befürchtet werden (vgl. Tabelle 8-1), was wiederum negativ auf die Lärmsituation und die Verkehrssicherheit in den Stadtteilen wirkt.

In Tabelle 8-2 sind die stadtweiten Emissionsbilanzen der Maßnahmen aus Kapitel 4 bis Kapitel 7 zusammenfassend dargestellt. Die größten Minderungswirkungen auf die stadtweiten Kfz-Emissionen werden mit der großen Umweltzone erreicht. Hier kann stadtweit fast mit einer Halbierung der Abgaspartikelemissionen gerechnet werden, bei den PM10 Emissionen um -15%.

Eine Sperrung der B19 für den Lkw-Verkehr über 3,5 t zul. Gesamtgewicht bewirkt deutliche Verlagerungen des Lkw-Verkehrs, in der Variante Sperrung im Bereich der Kernstadt i.W. Verlagerungen des Lkw-Durchgangsverkehrs. Die Maßnahme führt zu einer Reduzierung der Lkw-Fahrleistung im Stadtgebiet um rd. 4,5%.

Das Lkw-Durchfahrtsverbot hat nur geringe Wirkungen auf die städtische Emissionsbilanz, wobei durch entsprechende Umleitungsverkehre sogar leichte Emissionszunahmen berechnet werden. In der Innenstadt kann bei einem Rückgang der Lkw-Fahrleistungen um 20% (vgl. Kapitel 6) von einem Rückgang der Emissionen ausgegangen werden.

Verkehrsleistung im Stadtgebiet Würzburg in [Fzg-km]								
	Szenario:	Tempo 30 flächendeckend		Tempo 30 und Vorrangnetz		Lkw-Sperrung		
						B19 Gesamt	B19 WÜ-Kernstadt	DV-Verbot WÜ Innenstadt
		Kfz gesamt	Lkw	Kfz gesamt	Lkw	Lkw	Lkw	Lkw
Außerorts-straßen	Autobahnen und Bundesstraßen	1.249.300	158.100	1.251.600	161.600	153.700	159.200	162.300
	Landes-, Kreis- und sonstige Straßen	120.900	4.900	139.000	5.700	7.800	6.400	5.800
Innerorts-straßen	Haupt- und Sammelstraßen	1.106.300	37.000	1.227.100	49.100	45.200	41.500	50.400
	Wohn- und Erschließungsstraßen	215.700	7.500	186.500	6.500	6.300	6.300	6.200
Verkehrsleistung insgesamt		2.692.200	207.500	2.804.200	223.000	212.900	213.400	224.700

Veränderungen gegenüber dem Analysefall 2011 absolut in [Fzg-km]								
		Kfz gesamt	Lkw	Kfz gesamt	Lkw	Lkw	Lkw	Lkw
Außerorts-straßen	Autobahnen und Bundesstraßen	-6.370	-3.420	-4.030	70	-7.890	-2.390	710
	Landes-, Kreis- und sonstige Straßen	-19.240	-920	-1.140	-60	1.990	600	40
Innerorts-straßen	Haupt- und Sammelstraßen	-131.050	-12.770	-10.210	-700	-4.590	-8.220	660
	Wohn- und Erschließungsstraßen	35.970	1.330	6.760	380	150	110	30
Verkehrsleistung insgesamt		-120.690	-15.790	-8.630	-310	-10.350	-9.890	1.440

Veränderungen gegenüber dem Analysefall 2011 relativ in [%]								
		Kfz gesamt	Lkw	Kfz gesamt	Lkw	Lkw	Lkw	Lkw
Außerorts-straßen	Autobahnen und Bundesstraßen	-0,5%	-2,1%	-0,3%	0,0%	-4,9%	-1,5%	0,4%
	Landes-, Kreis- und sonstige Straßen	-13,7%	-15,8%	-0,8%	-1,0%	34,2%	10,4%	0,7%
Innerorts-straßen	Haupt- und Sammelstraßen	-10,6%	-25,7%	-0,8%	-1,4%	-9,2%	-16,5%	1,3%
	Wohn- und Erschließungsstraßen	20,0%	21,6%	3,8%	6,2%	2,4%	1,9%	0,5%
Verkehrsleistung insgesamt		-4,3%	-7,1%	-0,3%	-0,1%	-4,6%	-4,4%	0,6%

Datenbasis: Verkehrsmodell Würzburg
Auswertung bezogen auf Stadtgebiet Würzburg
Angaben in [Fahrzeug-km/Werktag] und in [%]
Abweichungen in den Summen durch Rundung der Einzelwerte möglich

Tabelle 8-1: Verkehrsleistung im Kfz- und Lkw-Verkehr in Würzburg nach Straßenkategorien und Veränderungen in den untersuchten Szenarien gegenüber dem Analysefall 2011 (Werktagsverkehr)

Szenario	Verkehrs-leistung	Emissionen in t/a			
Absolut	**Kfz-km/Jahr**	**NO_X**	**Abgas-partikel**	**AWAR**	**PM10**
Ist	9.72E+08	646.9	17.9	39.4	57.2
Umweltzone 1	9.72E+08	536.6	9.2	39.4	48.5
Umweltzone 2	9.72E+08	637.0	16.6	39.4	55.9
Umweltzone 3	9.72E+08	639.9	17.0	39.4	56.3
T30 flächendeckend	9.30E+08	611.3	17.0	36.8	53.8
T30 Vorrangnetz	9.68E+08	646.9	17.9	39.4	57.2
LKW Verbot B19 Gesamt	9.69E+08	631.4	17.7	38.7	56.4
LKW Verbot B19 Kernstadt	9.69E+08	632.3	17.7	38.6	56.3
LKW Durchfahrverbot Inn.	9.72E+08	648.1	17.9	39.4	57.3
Veränderungen zu Ist-Situation					
Ist	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Umweltzone 1	0.0%	-17.1%	-48.6%	0.0%	-15.2%
Umweltzone 2	0.0%	-1.5%	-7.4%	0.0%	-2.3%
Umweltzone 3	0.0%	-1.1%	-5.0%	0.0%	-1.6%
T30 flächendeckend	-4.3%	-5.5%	-4.9%	-6.5%	-6.0%
T30 Vorrangnetz	-0.3%	0.0%	-0.1%	0.0%	0.0%
LKW Verbot B19 Gesamt	-0.2%	-2.4%	-1.0%	-1.6%	-1.4%
LKW Verbot B19 Kernstadt	-0.2%	-2.3%	-1.1%	-1.8%	-1.6%
LKW Durchfahrverbot Inn.	0.0%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%
AWAR: Kfz-bedingte PM10-Emissionen durch Aufwirbelung und Abriebe PM10: Summe aus Abgaspartikel und AWAR					

Tabelle 8-2: Veränderungen der Kfz-Verkehrsleistung und der summierten Kfz-Emissionen in Würzburg insgesamt in den Szenarien (Jahreswerte)

In Tabelle 8-3 werden die berechneten NO_2-Jahresmittelwerte für die Hotspots aus Kapitel 3 für alle Maßnahmen dem Ist-Fall vergleichend gegenübergestellt. In Tabelle 8-4 erfolgt eine entsprechende Auflistung für den PM10-Jahresmittelwert. In den beiden Tabellen sind solche Konzentrationswerte rot hinterlegt, bei denen die Berechnungen zu einer Grenzwertüberschreitung führen. In den Spalten mit Angaben der Änderungen zum Ist-Fall werden Minderungen grün und Erhöhungen blau hinterlegt. Je höher der Änderungswert betragsmäßig ist, umso dunkler ist die hinterlegte Farbe. Eine räumliche Zuordnung der Hotspot-Abschnitte kann über die Einträge in der Spalte ID und der entsprechenden Karte in Abbildung 3-6 erfolgen.

Die Umweltzone führt in allen Fällen zu einer Minderung der Gesamtbelastung. Mit der größten Ausdehnung der Umweltzone auf das gesamte Stadtgebiet (Szenario 1) wird die Anzahl von Abschnitten mit NO_2-Grenzwertverletzungen von 15 auf 9 Abschnitte reduziert. Bei der

mittleren Ausdehnung geht die Anzahl auf 10 und bei der kleinsten auf 11 Abschnitte zurück. Die größten Minderungen bei Abschnitten mit NO_2-Grenzwertüberschreitungen werden in der Zeller Straße mit fast 10 % mit der großen Umweltzone erreicht.

Sowohl die Maßnahmen Tempo 30 wie auch die Lkw-Verbote haben neben erwünschten Minderungswirkungen teilweise auch Schadstofferhöhungen in kritischen Bereichen zur Folge. Gerade im Szenario Tempo 30 mit Vorrangnetz werden zwar deutliche Minderungen der NO_2-Belastung mit fast 14 % Minderung erreicht, dafür steigen aber auf anderen Strecken wie z. B. in einem Abschnitt der Schweinfurter Straße der NO_2-Jahresmittelwert um über 3 % an. Bei der flächendeckenden Variante des Tempo 30 treten an deutlich weniger Stellen unerwünschte Erhöhungen des NO_2-Jahresmittelwerts auf, dabei wird aber für einen gegenüber dem Ist-Fall zusätzlichen Abschnitt in der Pleichtorstraße eine Überschreitung des NO_2-Jahresgrenzwerts prognostiziert.

Das Lkw-Fahrverbot auf der B19 führt zu hohen Schadstoffminderungen auf den entsprechenden Abschnitten der B19. So wird der NO_2-Jahresmittelwert in der Höhe der LÜB-Messstation um 4.5 µg/m³ bzw. rund 12% und der PM10-Jahresmittelwert um 1.2 µg/m³ bzw. knapp 5% gemindert. Die lokal auf die B19 ausgerichtet Maßnahme zeigt aber keinen positiven Einfluss auf die Anzahl der Abschnitte mit prognostizierten NO_2-Grenzwertüberschreitungen sondern führt auf manchen Lkw-Ausweichrouten sogar zu Erhöhungen der NO_2-Belastungen und damit zu Verschärfungen der Grenzwertproblematik.

Mit dem Lkw-Durchfahrtsverbot durch die Innenstadt zeigen sich nur geringe Wirkungen auf die Schadstoffbelastung insgesamt. Eine signifikant positive Wirkung wird mit einer NO_2-Minderung von fast 6% in der Sanderglacisstraße berechnet. Gleichzeitig werden aber auf der Ausweichstrecke Grombühlstraße Erhöhungen von 3 bis 4 % angegeben.

Das in diesem Gutachten nur theoretisch bestimmte Minderungspotenzial von temporären Maßnahmen liegt je nach Ausgestaltung zwischen 1 und 8 %, wobei für den Maximalwert sowohl recht hohe lokale Minderungswirkungen und hohe Aktivierungsraten erforderlich sind. Für eine individuelle Betrachtung der Wirkungspotenziale von temporären Maßnahmen sind detaillierte situationsbezogene Planungen erforderlich.

Fazit

Auftragsgemäß wurden die zu untersuchenden Maßnahmen in verschiedenen Szenarien einzeln betrachtet. Keine der betrachteten Einzelmaßnahmen führt für sich allein dazu, dass die Grenzwerte an allen Hotspots eingehalten werden. Es kann daher verlässlich vermutet werden, dass erst durch die Kombination unterschiedlicher Maßnahmen, also die Bildung von abgestimmten Maßnahmenbündeln, weitere Reduzierungen der Luftschadstoffimmissionen erreicht werden können. Aus gutachterlicher Sicht wird daher empfohlen, in einem nächsten Schritt die Wirkungen von Maßnahmenkombinationen bzw. Maßnahmenbündeln zu untersuchen, die im Ergebnis zu einer Einhaltung der Grenzwerte führen würden.

Neben den zu untersuchenden Maßnahmen sollten weitere verkehrsplanerische Ansätze verfolgt und ggf. auf ihre Wirkungen hin untersucht werden, um die Feinstaub- und Stickoxidbelastungen in Würzburg zu verringern.

Generell können Maßnahmen, die zur Verkehrsvermeidung, zur Verlagerung sowie zur verträglichen Abwicklung von Verkehrsströmen im Kfz-Verkehr führen, dazu beitragen, die Luftschadstoffsituation in Würzburg positiv zu beeinflussen. Diese Maßnahmen werden üblicherweise in Verkehrsentwicklungsplänen oder Mobilitätsplänen entwickelt und abgestimmt. Sie bilden damit die Grundlage für die städtische Entwicklungs- und Verkehrsplanung. Dazu gehören die Potenziale von Maßnahmen zur Verlagerung von Pkw-Verkehr auf andere Verkehrsarten wie ÖPNV oder Radverkehr. Dazu tragen eine gesamtstädtische Förderung des Radverkehrs sowie die Schaffung von multimodalen Angeboten bei. Auch die Ausweitung des städtischen und regionalen ÖPNV-Angebots kann grundsätzlich zu einer Verringerung des Pkw-Verkehrs und damit der Schadstoffbelastung in Würzburg führen. Hinsichtlich der hohen Schadstoffimmissionen im Straßenzug Theaterstraße – Bahnhofstraße, die u. a. auch vom starken Busverkehr verursacht werden, sollten die Effekte bei Einführung von gas- oder elektrisch betriebenen Bussen oder auch die Effekte der Realisierung der Straßenbahnlinie ins Frauenland – Hubland abgeschätzt werden.

Nur ein auf Würzburger Verhältnisse zugeschnittenes und abgestimmtes Verkehrskonzept, bei dem die Wirkungen von kurz-, mittel- und langfristigen Maßnahmen ineinandergreifen, wird zukünftig in der Lage sein, die Verkehrsverhältnisse und die Luftschadstoffsituation nachhaltig zu verbessern und die Belastungen an den verkehrlichen Hotspots unter die EU-weit gültigen Grenzwerte zu bringen.

Zu weiteren Aspekten siehe „Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen“

In Tabelle 8-3 und Tabelle 8-4 werden folgende Abkürzungen verwendet:

IST: Ist-Fall

UWZ: Umweltzone

T30: Tempo 30

FD: flächendeckend

VN: Vorrangnetz

Lkw-Stadt: Lkw-Durchfahrtverbot Innenstadt

Lkw B19 City: Sperrung der B19 im Bereich der Würzburger Kernstadt im Abschnitt zwischen Greinbergknoten und Konrad-Adenauer-Brücke

Lkw B19 ges.: Sperrung im gesamten Abschnitt der B19 zwischen der A7 im Norden und der A3 im Süden

Tabelle 8-3: Liste der Hotspots mit berechneten NO_2-Jahresmittelwerten für den Istfall und die verschiedenen Szenarien und Änderungen im Vergleich zum Istfall

		Jahresmittelwert NO2 in µg/m³									Änderung zur Ist-Situation							
ID	NAME	IST	UWZ1	UWZ2	UWZ3	T30 FD	T30 VN	Lkw Stadt	Lkw B19 City	Lkw B19 ges.	UWZ1	UWZ2	UWZ3	T30 FD	T30 VN	Lkw Stadt	Lkw B19 City	Lkw B19 ges.
152	Bahnhofstraße	49.0	46.1	46.6	46.6	48.6	47.2	48.7	49.1	49.1	-5.8%	-4.8%	-4.8%	-0.7%	-3.6%	-0.5%	0.3%	0.3%
409	Zeller Straße	48.4	43.8	48.0	48.2	43.3	41.7	48.3	48.5	48.5	-9.5%	-0.8%	-0.4%	-10.5%	-13.8%	-0.2%	0.3%	0.3%
139	Theaterstraße	47.0	44.5	45.0	45.0	45.4	44.0	46.7	47.0	47.0	-5.4%	-4.3%	-4.3%	-3.5%	-6.5%	-0.7%	-0.1%	-0.1%
128	Rennweg	46.3	43.6	44.2	44.2	46.2	46.1	45.9	46.3	46.3	-5.9%	-4.6%	-4.6%	-0.3%	-0.5%	-0.9%	-0.1%	-0.1%
183	Grombühlstraße	45.7	42.4	45.5	45.6	42.0	46.0	47.7	46.3	46.2	-7.3%	-0.5%	-0.3%	-8.2%	0.6%	4.3%	1.2%	1.0%
138	Theaterstraße	45.6	43.1	43.5	43.6	44.1	42.7	45.3	45.6	45.6	-5.5%	-4.6%	-4.4%	-3.3%	-6.4%	-0.7%	0.0%	0.0%
170	Schweinfurter Str. (B 8) 11	45.1	42.5	43.2	43.2	45.4	46.6	44.5	46.5	46.3	-5.8%	-4.2%	-4.2%	0.7%	3.3%	-1.3%	3.1%	2.6%
241	Röntgenring (B 8) 5	43.7	41.4	42.0	42.0	43.7	44.8	43.4	44.3	44.3	-5.4%	-4.0%	-4.0%	-0.1%	2.4%	-0.8%	1.3%	1.3%
131	Theaterstraße	42.7	40.6	41.0	41.1	38.8	37.4	42.4	42.8	42.8	-5.0%	-4.1%	-3.8%	-9.2%	-12.5%	-0.8%	0.2%	0.2%
402	Grombühlstraße	42.7	39.2	42.3	42.3	39.6	42.9	44.2	43.1	43.0	-8.1%	-0.9%	-0.9%	-7.2%	0.5%	3.6%	1.0%	0.8%
149	Bahnhofstraße	41.8	39.1	39.7	39.7	41.6	40.6	41.7	42.0	41.9	-6.4%	-5.0%	-5.0%	-0.4%	-2.8%	-0.2%	0.5%	0.3%
425	Textorstraße	40.9	38.6	39.1	39.1	39.8	37.9	40.7	41.1	41.0	-5.7%	-4.5%	-4.5%	-2.8%	-7.4%	-0.6%	0.4%	0.1%
151	Bahnhofstraße	40.7	38.2	38.8	38.8	40.4	39.6	40.5	40.8	40.8	-6.1%	-4.6%	-4.6%	-0.7%	-2.6%	-0.4%	0.3%	0.3%
414	Zeller Straße	40.2	36.3	40.0	40.1	38.9	37.8	40.0	40.2	40.2	-9.8%	-0.6%	-0.3%	-3.3%	-6.1%	-0.6%	-0.1%	-0.1%
334	Sanderglacisstraße	40.2	38.9	39.3	39.4	38.6	40.9	37.6	41.6	41.6	-3.2%	-2.2%	-2.0%	-4.0%	1.8%	-6.4%	3.5%	3.5%
354	Veitshöchheimer Str. (B 27)	39.5	37.4	38.1	38.3	38.4	38.9	39.1	39.6	39.6	-5.4%	-3.7%	-3.1%	-2.9%	-1.6%	-1.1%	0.1%	0.1%
408	Zeller Straße	39.3	37.1	38.8	39.1	35.8	34.7	39.1	39.4	39.4	-5.5%	-1.2%	-0.4%	-8.9%	-11.7%	-0.4%	0.3%	0.3%
55	Saalgasse	38.9	37.2	37.7	38.8	38.0	39.8	38.7	39.0	39.0	-4.5%	-3.2%	-0.4%	-2.4%	2.2%	-0.6%	0.1%	0.1%
53	Zeller Straße	38.9	35.2	38.6	38.6	37.8	36.9	38.7	38.9	38.9	-9.6%	-0.9%	-0.9%	-2.9%	-5.2%	-0.6%	-0.1%	-0.1%
242	Röntgenring (B 8) 5	38.0	35.8	36.4	36.4	37.4	38.9	37.6	38.5	38.5	-5.7%	-4.1%	-4.1%	-1.5%	2.5%	-0.9%	1.4%	1.4%
351	Pleichertorstraße	37.9	35.7	36.2	36.3	41.5	38.8	38.6	38.0	38.1	-5.9%	-4.6%	-4.3%	9.4%	2.3%	1.7%	0.2%	0.4%
54	Saalgasse	37.9	36.1	36.7	37.1	37.1	38.6	37.7	38.0	38.0	-4.8%	-3.2%	-2.1%	-2.1%	1.8%	-0.5%	0.2%	0.2%
57	Gerberstraße	37.9	36.3	36.8	36.8	36.7	37.1	37.7	38.0	38.0	-4.1%	-2.8%	-2.8%	-3.1%	-2.0%	-0.5%	0.3%	0.3%
145	Haugerring (B 8)	37.4	35.1	35.8	35.8	37.1	38.5	37.2	37.8	37.8	-6.1%	-4.2%	-4.2%	-0.7%	3.0%	-0.4%	1.2%	1.2%
175	Rimparer Straße	37.3	34.0	37.1	37.2	33.9	37.4	38.3	37.8	37.6	-8.9%	-0.6%	-0.3%	-9.1%	0.2%	2.7%	1.3%	0.8%
467	Schweinfurter Str. (B 8)	37.3	34.7	37.0	37.0	36.1	37.6	37.7	37.7	37.2	-7.0%	-0.8%	-0.8%	-3.2%	0.8%	1.1%	1.1%	-0.3%
184	Schweinfurter Str. (B 8) 11	37.3	34.9	35.9	35.9	37.4	37.8	37.0	38.0	37.9	-6.3%	-3.7%	-3.7%	0.4%	1.4%	-0.7%	2.0%	1.7%
143	Haugerring (B 8)	37.2	35.0	35.6	35.7	36.8	38.3	36.9	37.7	37.7	-5.9%	-4.3%	-4.0%	-1.0%	3.0%	-0.8%	1.4%	1.4%
499	Stadtring Süd (B19)	36.9	34.3	36.7	36.8	31.2	38.1	36.8	32.4	32.4	-7.1%	-0.6%	-0.3%	-15.5%	3.2%	-0.3%	-12.2%	-12.2%
39	Nürnberger Straße	36.8	35.0	36.7	36.7	38.8	35.8	36.8	37.2	38.8	-4.9%	-0.2%	-0.2%	5.5%	-2.7%	0.0%	1.1%	5.5%
353	Veitshöchheimer Str. (B 27)	36.5	34.6	35.2	35.3	35.8	36.1	36.1	36.6	36.6	-5.3%	-3.7%	-3.4%	-2.0%	-1.2%	-1.2%	0.1%	0.1%
199	Rottendorfer Straße (Kr WÜ 24)	36.5	33.9	34.7	34.8	35.7	37.3	35.9	36.8	36.7	-7.2%	-5.0%	-4.7%	-2.2%	2.1%	-1.7%	0.8%	0.5%
157	Mainkai	36.3	34.5	35.0	35.1	36.1	33.2	36.3	36.3	36.3	-5.1%	-3.7%	-3.4%	-0.7%	-8.6%	-0.1%	-0.1%	-0.1%
21	Sieboldstraße	36.2	33.6	34.4	34.4	35.1	38.3	35.2	35.6	35.6	-7.1%	-4.9%	-4.9%	-3.0%	5.9%	-2.7%	-1.6%	-1.6%
165	Ludwigstraße	36.2	34.2	34.8	34.8	35.2	34.9	36.0	36.4	36.4	-5.5%	-3.8%	-3.8%	-2.7%	-3.5%	-0.5%	0.6%	0.6%
483	Kantstraße (B 19)	36.1	33.0	35.9	36.0	30.8	37.0	36.2	32.3	32.3	-8.7%	-0.7%	-0.4%	-14.8%	2.4%	0.2%	-10.6%	-10.6%
150	Bahnhofstraße	36.1	33.9	34.5	34.5	36.0	35.4	36.0	36.2	36.2	-6.2%	-4.5%	-4.5%	-0.4%	-2.0%	-0.4%	0.2%	0.2%

Tabelle 8-4: Liste der Hotspots mit berechneten PM10-Jahresmittelwerten für den Istfall und die verschiedenen Szenarien und Änderungen im Vergleich zum Istfall

		Jahresmittelwert PM10 in µg/m³									Änderung zur Ist-Situation							
ID	NAME	IST	UWZ1	UWZ2	UWZ3	T30 FD	T30 VN	Lkw Stadt	Lkw B19 City	Lkw B19 ges.	UWZ1	UWZ2	UWZ3	T30 FD	T30 VN	Lkw Stadt	Lkw B19 City	Lkw B19 ges.
152	Bahnhofstraße	24.9	23.8	23.9	23.9	24.7	24.3	24.8	24.9	24.9	-4.3%	-3.9%	-3.9%	-0.7%	-2.3%	-0.3%	0.1%	0.1%
409	Zeller Straße	26.7	25.6	26.6	26.7	24.9	24.4	26.7	26.7	26.7	-4.2%	-0.4%	-0.1%	-6.8%	-8.7%	-0.1%	-0.1%	-0.1%
139	Theaterstraße	24.3	23.3	23.4	23.4	23.8	23.3	24.2	24.3	24.3	-4.0%	-3.6%	-3.6%	-1.9%	-4.0%	-0.3%	0.2%	0.2%
128	Rennweg	24.3	23.4	23.5	23.5	24.3	24.2	24.2	24.3	24.3	-3.9%	-3.5%	-3.5%	-0.2%	-0.6%	-0.6%	-0.2%	-0.2%
183	Grombühlstraße	26.1	25.0	26.1	26.1	24.7	26.2	26.6	26.3	26.3	-4.3%	-0.1%	-0.1%	-5.5%	0.2%	1.8%	0.6%	0.6%
138	Theaterstraße	23.9	23.0	23.1	23.1	23.5	23.0	23.8	23.9	23.9	-3.9%	-3.5%	-3.5%	-1.8%	-3.9%	-0.5%	-0.1%	-0.1%
170	Schweinfurter Str. (B 8) 11	24.6	23.7	23.8	23.8	24.7	25.1	24.5	25.0	25.0	-3.8%	-3.4%	-3.4%	0.3%	1.9%	-0.5%	1.5%	1.5%
241	Röntgenring (B 8) 5	23.9	23.1	23.2	23.2	23.9	24.2	23.8	24.0	24.0	-3.3%	-2.9%	-2.9%	0.1%	1.3%	-0.3%	0.5%	0.5%
131	Theaterstraße	23.6	22.8	22.9	22.9	22.4	22.0	23.6	23.6	23.6	-3.5%	-3.1%	-3.1%	-5.2%	-6.9%	-0.2%	-0.2%	-0.2%
402	Grombühlstraße	25.0	24.0	24.9	24.9	23.9	25.1	25.3	25.1	25.1	-3.9%	-0.3%	-0.3%	-4.3%	0.5%	1.3%	0.5%	0.5%
149	Bahnhofstraße	23.2	22.5	22.6	22.6	23.2	22.9	23.2	23.3	23.3	-3.2%	-2.8%	-2.8%	-0.2%	-1.5%	-0.2%	0.3%	0.3%
425	Textorstraße	23.4	22.6	22.7	22.7	23.1	22.5	23.3	23.4	23.4	-3.3%	-2.9%	-2.9%	-1.2%	-3.8%	-0.4%	0.1%	0.1%
151	Bahnhofstraße	23.0	22.3	22.4	22.4	22.9	22.7	23.0	23.1	23.1	-3.2%	-2.7%	-2.7%	-0.6%	-1.4%	-0.1%	0.3%	0.3%
414	Zeller Straße	24.1	23.4	24.1	24.1	23.7	23.4	24.1	24.1	24.1	-3.1%	-0.2%	-0.2%	-1.8%	-3.1%	-0.2%	-0.2%	-0.2%
334	Sanderglacisstraße	23.9	23.2	23.3	23.3	23.4	24.1	23.1	24.4	24.4	-2.9%	-2.5%	-2.5%	-2.1%	0.8%	-3.4%	2.1%	2.1%
354	Veitshöchheimer Str. (B 27)	23.3	22.6	22.7	22.8	23.0	23.2	23.2	23.4	23.4	-3.2%	-2.7%	-2.3%	-1.4%	-0.6%	-0.6%	0.3%	0.3%
408	Zeller Straße	23.9	23.2	23.7	23.8	22.8	22.5	23.9	23.9	23.9	-2.8%	-0.7%	-0.3%	-4.5%	-5.7%	0.2%	0.2%	0.2%
55	Saalgasse	23.5	22.8	22.9	23.5	23.2	23.9	23.5	23.5	23.5	-3.0%	-2.6%	0.0%	-1.3%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%
53	Zeller Straße	23.6	22.9	23.5	23.5	23.2	22.9	23.5	23.6	23.6	-3.0%	-0.4%	-0.4%	-1.7%	-3.0%	-0.4%	0.0%	0.0%
242	Röntgenring (B 8) 5	22.9	22.3	22.4	22.4	22.8	23.2	22.9	23.1	23.1	-2.8%	-2.4%	-2.4%	-0.6%	1.1%	-0.2%	0.7%	0.7%
351	Pleichertorstraße	22.8	22.1	22.2	22.2	23.7	23.0	23.0	22.8	22.8	-3.0%	-2.6%	-2.6%	4.0%	0.9%	0.9%	0.1%	0.1%
54	Saalgasse	23.2	22.5	22.6	23.0	22.9	23.4	23.1	23.2	23.2	-2.8%	-2.4%	-0.6%	-1.1%	1.1%	-0.2%	0.2%	0.2%
57	Gerberstraße	23.4	22.7	22.8	22.8	23.1	23.2	23.4	23.5	23.5	-3.1%	-2.6%	-2.6%	-1.4%	-0.9%	-0.1%	0.3%	0.3%
145	Haugerring (B 8)	22.4	21.8	21.9	21.9	22.4	22.7	22.4	22.5	22.5	-2.8%	-2.3%	-2.3%	-0.1%	1.3%	-0.1%	0.4%	0.4%
175	Rimparer Straße	23.2	22.5	23.2	23.2	22.2	23.3	23.4	23.3	23.3	-3.2%	-0.1%	-0.1%	-4.4%	0.3%	0.7%	0.3%	0.3%
467	Schweinfurter Str. (B 8)	22.8	22.2	22.8	22.8	22.5	22.9	22.9	22.9	22.8	-2.8%	-0.2%	-0.2%	-1.5%	0.3%	0.3%	0.3%	-0.2%
184	Schweinfurter Str. (B 8) 11	22.6	22.0	22.2	22.2	22.7	22.8	22.6	22.8	22.8	-2.8%	-2.0%	-2.0%	0.2%	0.7%	-0.2%	0.7%	0.7%
143	Haugerring (B 8)	22.4	21.8	21.9	21.9	22.3	22.7	22.4	22.6	22.6	-2.9%	-2.4%	-2.4%	-0.6%	1.2%	-0.2%	0.7%	0.7%
499	Stadtring Süd (B19)	23.9	23.1	23.8	23.8	22.1	24.3	23.8	22.7	22.7	-3.2%	-0.2%	-0.2%	-7.4%	1.9%	-0.2%	-4.8%	-4.8%
39	Nürnberger Straße	23.3	22.7	23.3	23.3	23.9	23.0	23.3	23.4	23.9	-2.6%	0.0%	0.0%	2.6%	-1.3%	0.0%	0.4%	2.6%
353	Veitshöchheimer Str. (B 27)	22.5	21.9	22.0	22.0	22.3	22.4	22.4	22.5	22.5	-2.7%	-2.3%	-2.3%	-0.9%	-0.5%	-0.5%	0.0%	0.0%
199	Rottendorfer Straße (Kr WÜ 24)	22.6	22.0	22.1	22.1	22.4	22.8	22.5	22.7	22.7	-2.7%	-2.3%	-2.3%	-0.9%	0.8%	-0.5%	0.4%	0.4%
157	Mainkai	23.0	22.3	22.4	22.4	22.9	22.1	22.9	22.9	22.9	-2.8%	-2.4%	-2.4%	-0.2%	-3.7%	-0.2%	-0.2%	-0.2%
21	Sieboldstraße	22.5	21.9	22.0	22.0	22.2	23.1	22.3	22.4	22.3	-2.7%	-2.2%	-2.2%	-1.3%	2.7%	-0.9%	-0.5%	-0.9%
165	Ludwigstraße	22.4	21.8	21.9	21.9	22.1	22.0	22.4	22.5	22.4	-2.7%	-2.2%	-2.2%	-1.3%	-1.8%	0.0%	0.5%	0.0%
483	Kantstraße (B 19)	23.0	22.4	23.0	23.0	21.5	23.4	23.1	22.1	22.2	-2.8%	-0.2%	-0.2%	-6.7%	1.5%	0.2%	-4.1%	-3.7%
150	Bahnhofstraße	22.1	21.5	21.6	21.6	22.0	21.8	22.0	22.1	22.1	-2.6%	-2.1%	-2.1%	-0.3%	-1.2%	-0.3%	0.1%	0.1%

Literaturverzeichnis Teil 1

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.

BRENNER 2007: Pilotstudie zum Lkw-Transitverkehr in Würzburg, Schlussbericht, im Auftrag der Stadt Würzburg, Dr. Brenner Ingenieurgesellschaft, Aalen/Stuttgart. 2007

DÜRING, I.; BÄCHLIN, W., 2009: Tendenzen der NO_2-Belastung im Land Brandenburg. Im Auftrag des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucher-schutz 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.: 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.

EICHHORN, 2011: MISKAM. Handbuch zu Version 6. 2011. Im Auftrag von giese-eichhorn umweltmeteorologische software, 55263 Wackernheim. 2011.

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.

INFRAS, 2010: Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. HBEFA Version 3.1, Bern 2010.

IVU UMWELT, 2006: Immissionsbelastung im Hauptstraßennetz von München 2005. Anpassungen und Einsatz des Luftschadstoffscreeningmodells $IMMIS^{luft}$ in München. Auftraggeber: Landeshauptstadt München. 2006.

IVU Umwelt, 2012a: $IMMIS^{build}$ – Handbuch zur Version 2.4, IVU Umwelt GmbH, Freiburg 2012.

IVU UMWELT, 2012b: $IMMIS^{em/luft/lärm}$ - Handbuch zur Version 5. IVU Umwelt GmbH, Freiburg. 2012.

LENSCHOW, P.; ABRAHAM, H.-J.; KUTZNER, K.; LUTZ, M.; PREUß, J.-D.; REICHENBÄCHER, W., 2001. Some ideas about the sources of PM10. Atmospheric Environment, 35, 23-33, 2001

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

REGIERUNG VON UNTERFRANKEN, Luftreinhalteplan für die Stadt Würzburg, 1. Fortschreibung, Würzburg 2010.

STERN, R., 1997: Das Modellinstrumentarium IMMIS-NET/CPB zur immissionsseitigen Bewertung von Kfz-Emissionen im Rahmen der 23. BImSchV.; 465. Seminar des Fortbildungszentrums Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e. V.: Verkehrsbedingte Belastungen durch Benzol, Dieselruß und Stickoxide in städtischen Straßenräumen. 23. BImSchV seit 1. März 1997 in Kraft - was nun ?; Berlin, April 1997

WVI 2010: Verkehrsmodell Würzburg – Konzeption und Aufbau einer integrierten Verkehrsdatenbasis für Stadt und Landkreis Würzburg, im Auftrag der Würzburger Straßenbahn GmbH. WVI GmbH Braunschweig. 2008 - 2010

Teil 2 – Straßenverkehrsrechtliche Bewertung der Maßnahmen

Von Prof. Dr. Ekkehard Hofmann, UNI Würzburg[1]

[1] Der Verfasser lehrt Öffentliches Recht an der Juristischen Fakultät der Julius-Maximilians-Universität Würzburg.

I. Gegenstand des Gutachtens und Gang der Darstellung

Mit dem Beschluss des Stadtrats der Stadt Würzburg vom 3. Mai 2012 waren verschiedene Maßnahmen zur Reduzierung der verkehrsbedingten Feinstaubbelastung hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf das Verkehrsgeschehen und die Immissionssituation zu untersuchen. Die entsprechende verkehrsfachliche Analyse ist mit den vorstehenden Ausführungen dokumentiert. Nachstehend werden die verschiedenen Maßnahmen in rechtlicher Hinsicht gewürdigt. Die Darstellung entspricht der obigen Abfolge, indem zunächst auf die Einführung einer Umweltzone eingegangen wird (II.), dann auf die großräumige Einführung von Tempo 30 im Stadtgebiet (III.), anschließend auf die Beschränkung des Lkw-Verkehrs in Würzburg auf der B19 oder in der Innenstadt (IV.) und schließlich auf die Anordnung von Sofortmaßnahmen bei Überschreitung der Immissionsgrenzwerte (V.)

II. Einführung einer Umweltzone

Mit den Luftqualitätsrahmenrichtlinien hat die EU verbindliche Vorgaben für die Lufthygiene gemacht, die ins deutsche Recht insbesondere über die 39. BImSchV umgesetzt worden sind. Um deren Bestimmungen, die auch die im Verkehrsbereich relevanten Feinstaub- und Stickoxidimmissionen betreffen, hinsichtlich ihrer tatsächlichen Durchsetzung mit Hilfe administrativer Maßnahmen weiter zu konkretisieren, hat der Gesetzgeber die zuständigen Behörden verpflichtet, bei Überschreitung der Immissionsgrenzwerte Pläne zur Reduzierung der Luftbelastung nach § 47 BImSchG aufzustellen. Die Pläne sollen auch mit den Mitteln des Straßenverkehrsrechts zu einer Verringerung der verkehrsbedingten Immissionen beitragen (§ 40 Abs. 1 BImSchG). Da die reglementierten Luftschadstoffe nur als ausgewählte Indikatoren für die tatsächlich festzustellende Luftqualität gelten können und die Emissionen zudem regelmäßig aus verschiedenen Quellen stammen, von denen der Verkehr nur eine – bedeutende – ist, können straßenverkehrsbezogene Beschränkungen und Verbote in der Regel nur im Zusammenwirken mit anderen Maßnahmen zu den rechtlich notwendigen und gewünschten Ergebnissen führen. Das sachlich gebotene und auch durch § 45 Abs. 2 lit. a) BImSchG rechtlich vorgeschriebene integrative Herangehen muss alle Quellen der lufthygienisch relevanten Schadstoffe in den Blick nehmen und mögliche Wechselwirkungen sowie Verlagerungseffekte infolge erwogener und durchgeführter Maßnahmen berücksichtigen.

Dies vorausgeschickt, ist die nachstehend zu prüfende Einführung einer Umweltzone als straßenverkehrsrechtliche Unterstützung und Beschleunigung der europäischen Abgasreinigungstechnologie in die übrigen wirtschafts- wie umweltpolitischen Strategien einer Region einzupassen.[2] Das heißt zum einen, dass sich jedes einzelne Instrument als für die Gesamtstrategie förderlich erweisen muss; Widersprüche zwischen den jeweiligen Elementen wie etwa dem der Umweltzone und geltenden klima- und verkehrspolitischen Konzepten wären nicht nur regelmäßig mit Blick auf die Zielerreichung schädlich, sondern können unter Umständen auch rechtliche Bedeutung besonders für die Betätigung des Ermessens entfalten. Zum anderen dürfen die einzelnen Maßnahmen auch nicht unter Berufung auf die Geltung übergeordneter Ziele in Gestalt kommunalpolitischer Konzepte über das hinausgehen, was

[2] Für den Verkehrsbereich ist von besonderer Bedeutung das Klimaschutzkonzept, das auf eine Minderung der verkehrsbedingten Kohlendioxid-Emissionen um 16 % im Jahre 2020 gegenüber dem Jahr 2012 erreicht werden, *Stadt Würzburg*, Integriertes Klimaschutzkonzept, 2012, S. 51, 76.

rechtlich gestattet ist. In dem durch diese beiden Linien gezogenen Rahmen gilt für die Einführung einer Umweltzone folgendes:

1. Tatbestandliche Voraussetzungen (§ 40 Abs. 1, 47 Abs. 1 BImSchG, 35. BImSchV)

a) Maßnahmen in einem LRP oder in einem Kurzfristplan

Mit der Einrichtung einer Umweltzone ist das Verbot des Verkehrs mit bestimmten Fahrzeugklassen in einem festzulegenden Gebiet gemeint.[3] Umweltzonen sind in den vergangenen Jahren in etlichen deutschen Städten und auch im Ausland eingerichtet worden. Seine Grundlage finden sie in § 40 Abs. 1, 47 Abs. 1 BImSchG in Verbindung mit der 35. BImSchV. § 40 Abs. 1 BImSchG gestattet der Straßenverkehrsbehörde, den Kraftfahrzeugverkehr nach Maßgabe der straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften zu beschränken oder zu verbieten, soweit ein Luftreinhalteplan oder ein Plan für kurzfristig zu ergreifende Maßnahmen nach § 47 Abs. 1 oder 2 BImSchG dies vorsehen (§ 40 Abs. 1 S. 1 BImSchG). § 40 Abs. 1 S. 2 BImSchG gibt der Straßenverkehrsbehörde darüber hinaus die Befugnis, im Einvernehmen mit der für den Immissionsschutz zuständigen Behörde Ausnahmen von Verboten oder Beschränkungen des Kraftfahrzeugverkehrs zuzulassen, wenn unaufschiebbare und überwiegende Gründe des Wohls der Allgemeinheit dies erfordern.

Tatbestandliche Rechtsgrundlage der Verkehrsverbote in Gestalt einer Umweltzone ist daher zunächst ihre Aufnahme in einen der genannten Pläne.

(1) Verpflichtung zur Aufstellung eines Luftreinhalteplans bei Grenzwertüberschreitungen (§ 47 Abs. 1 S. 1 BImSchG)

Die Aufstellung der Pläne selbst steht nicht im Ermessen der Behörden, sondern setzt nur voraus, dass die in einer Rechtsverordnung nach § 48a Abs. 1 BImSchG festgelegten Immissionsgrenzwerte einschließlich ihrer Toleranzmargen überschritten wurden (§ 47 Abs. 1 S. 1 BImSchG). Der Luftreinhalteplan legt die erforderlichen Maßnahmen zur dauerhaften Verminderung von Luftverunreinigungen fest und muss den Anforderungen der Rechtsverordnung entsprechen. Damit verweist § 47 Abs. 1 BImSchG auf die 39. BImSchV, die zur Umsetzung europäischen Richtlinienrechts Grenzwerte insbesondere für Feinstaub- und Stickstoffoxidimmissionen festlegt. § 3 Abs. 1 39. BImSchV schreibt zum Schutz der menschlichen Gesundheit den über eine volle Stunde gemittelten Immissionsgrenzwert für **Stickstoffdioxid** (NO_2) von 200 Mikrogramm pro Kubikmeter bei 18 zugelassenen Überschreitungen im Kalenderjahr vor. Der über ein Kalenderjahr gemittelte Immissionsgrenzwert für Stickstoffdioxid (NO_2) wird auf 40 Mikrogramm pro Kubikmeter festgelegt (§ 3 Abs. 2 39. BImSchV). Der Grenzwert muss seit dem 1. Januar 2010 ohne Toleranzmarge eingehalten werden.[4]

[3] *Jarass*, BImSchG, 10. Aufl. 2013, § 40 Rz. 8; *Reese*, in: BeckOK Umweltrecht, Giesberts/Reinhardt (Hrsg.), BImSchG, § 40, Rz. 23 ff.

[4] S. Anlage 11 zu den §§ 11, 28 der 39. BImSchV, BGBl. I 2010, S. 1094.

Während der Stundenmittelwert für NO_2 in Würzburg seit Beginn der Messungen stets eingehalten worden ist, kam es im Jahr 2008 zu Überschreitungen des Jahresmittelwerts für NO_2.[5] Grenzwertüberschreitungen waren auch in den Jahren 2010 und 2011 festgestellt worden (jeweils 44 µg/m³).[6]

Darüber hinaus waren Grenzwerte für **Feinstaub** zu beachten. Der zulässige Jahresmittelwert für Partikel PM_{10} wurde auf 40 Mikrogramm pro Kubikmeter festgelegt (§ 4 Abs. 2 39. BImSchV). Keiner dieser Werte wurde in Würzburg überschritten, seitdem die Messungen durchgeführt werden.[7] Nach § 4 der 39. BImSchV beträgt der zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegte und über den Tag gemittelte Immissionsgrenzwert für Partikel PM_{10} 50 Mikrogramm pro Kubikmeter bei 35 zugelassenen Überschreitungen im Kalenderjahr.

Diese Grenzwerte sind ebenfalls verletzt worden, und zwar sowohl im Jahre 2003 (Überschreitungen des Grenzwerts einschließlich der Toleranzmarge von damals zusammen 60 µg/m³ an 41 Tagen bei 35 zulässigen Überschreitungen) als auch im Jahre 2011 (Überschreitungen des Tagesmittelwerts einschließlich der Toleranzmarge von zusammen 50 µg/m³ an 36 Tagen bei 35 zulässigen Überschreitungen).[8]

PM_{10} [µg/m³]	Grenzwert + Toleranzmarge[6]	Überschreitungen Kardinal-Faulhaber-Platz	Überschreitungen Stadtring Süd
2003	60	41	
2004	55	25	
2005	50	30	
2006	50	24	21
2007	50	17	5
2008	50	7	9
2009	50	19	16

Quelle/Darstellung: Regierung von Unterfranken, LRP Würzburg 1. Fortschreibung 2010, S. 19

Mit den erstmals beobachteten Überschreitungen im Jahre 2003 hatte die zuständige Behörde die Pflicht, einen Luftreinhalteplan aufzustellen und ihn angesichts weiter anhaltender Konflikte mit den verbindlichen Grenzwerten fortzuschreiben. Dieser Verpflichtung ist die Regierung von Unterfranken mit dem zu aktualisieren Würzburg aus dem Jahre 2004 bzw. seiner Fortschreibung aus dem Jahre 2010 nachgekommen.

(2) Der LRP Würzburg 2010

Die Einrichtung einer Umweltzone in Würzburg würde, wie vorstehend erwähnt, voraussetzen, dass in diesem Plan oder in einem Kurzfristplan entsprechende Verkehrsbeschränkun-

[5] Am Stadtring Süd wurde ein Stickoxid-Jahresmittelwert von 45 µg/m³ gemessen, der den zulässigen Grenzwert einschließlich Toleranzmargen von 44 µg/m³ überschritt. Auch in den übrigen Messzeiträumen (2006 bis 2009) lagen die Werte über dem seit 1.1.2010 ohne Toleranzmarge geltenden 40 µg/m³; s. *Regierung von Unterfranken*, LRP Würzburg 2010, S. 22.

[6] *Bayerisches Landesamt für Umwelt*, Lufthygienischer Jahresbericht 2010, Stand: Juli 2011, S. 19; *dass.,* Lufthygienischer Jahresbericht 2011,Stand: August 2012, S. 19.

[7] S. im einzelnen die Aufstellung in *Regierung von Unterfranken*, LRP Würzburg 2010, S. 18.

[8] *Regierung von Unterfranken*, LRP Würzburg, 2010, 19; *dies.*, Informationsveranstaltung Feinstaub 18.6.2012, S. 19.

gen oder –verbote vorgesehen sind. Das ist in Würzburg nicht der Fall. Ein Plan für kurzfristig zu ergreifende Maßnahmen nach § 47 BImSchG existiert nicht. Die Ende des Jahres 2010 erfolgte Fortschreibung des Luftreinhalteplans Würzburg durch die zuständige Regierung von Unterfranken hat die Einführung einer Umweltzone erwogen, sie aber im Ergebnis abgelehnt.[9] Zur Begründung führt die Regierung im wesentlichen folgendes aus:[10]

Zwar sei wegen der erheblichen Unterschiede zwischen den Euro-Abgasnormen durchaus ein Potential eines nach Fahrzeugklassen differenzierenden Verkehrsverbots anzuerkennen. Die Einführung einer Umweltzone erfolge üblicherweise nach der Ordnung der Schadstoffklassen. In Würzburg lasse der Ausschluss von Fahrzeugen der Schadstoffklasse 0 („Fahrzeuge ohne Plakette“) keine erheblichen Immissionsminderungen erwarten. Der Ausschluss von Fahrzeugen der Euro-1-Kategorie sei dagegen unverhältnismäßig, obwohl es aus den Erfahrungen mit in anderen Städten angeordneten Umweltzonen gewonnene Anzeichen gebe, die hinsichtlich der Stickoxidemissionen deutliche Minderungen erwarten ließen. Eine Umweltzone in Würzburg sollte ausweislich des Luftreinhalteplans auch dort ansetzen, wo die Immissionsgrenzwertüberschreitungen zu beobachten sind. Da die Überschreitungen am Stadtring Süd, der B19, auftraten, sollte der räumliche Umgriff einer Umweltzone grundsätzlich auch den Stadtring Süd umfassen. Damit ginge jedoch die Bündelungsfunktion des Stadtrings Süd verloren. Außerdem wären Verkehrsverlagerungen in bisher wenig belastete Stadtteile zu erwarten. Angesichts der geringen Überschreitungen der Grenzwerte für NO_2 und der Einhaltung der PM-10-Grenzwerte einerseits sowie des hohen Einrichtungs- und Kontrollaufwands einer Umweltzone andererseits werde daher von einer Umweltzone Abstand genommen.[11]

(3) Würdigung des LRP 2010

Diese Argumentation konnte selbst mit Blick auf die Gestaltungsspielräume der behördlichen Ermessensbetätigung kaum als vertretbar gelten. Es trifft zwar zu, dass die Einrichtung einer Umweltzone praktisch stets mit (gewissen) Verlagerungseffekten verbunden ist und eine derartige Maßnahme daher nur dann in Betracht gezogen werden sollte, wenn die mit ihr einhergehenden positiven Effekte im Sinne einer schnelleren Anpassung der Fahrzeugflottenzusammensetzung ihre nachteiligen Wirkungen einschließlich der Verkehrsverlagerung in bisher wenig belastete Straßen überwiegen. Nach den Erfahrungen mit in anderen Städten eingeführten Umweltzonen spricht aber einiges dafür, dass die Verkehrsverlagerungen auch in Würzburg eher gering ausfallen dürften. Die Begründung der Regierung scheint jedoch darüber hinaus zu verkennen, dass die Immissionssituation in Würzburg, die durch die knappe Einhaltung der Grenzwerte und ihre geringfügige Überschreitung gekennzeichnet ist, nicht bereits mit einer unkritischen, einer Verbesserung nicht mehr würdigen oder gar fähigen Immissionslage gleichzusetzen ist. Mit anderen Worten: der Luftreinhalteplan 2010 ist von der Frage geleitet, ob ein Einschreiten in Form von Verkehrsbeschränkungen rechtlich zwingend geboten ist, und identifiziert bei ihrer Beantwortung offenbar die Luftbelastung, die die Verpflichtung zur Aufstellung eines Luftreinhalteplans auslöst, mit der immissionsschutzrechtlichen Eingriffsschwelle. Das träfe jedoch nicht zu.

---

9 *Regierung von Unterfranken*, LRP Würzburg, 2010, S. 75 ff.

10 Zu allem *Regierung von Unterfranken*, LRP Würzburg, 2010, S. 76 f.

11 Zusammenfassend *Regierung von Unterfranken*, LRP Würzburg, 2010, S. 77.

Vielmehr stellt die Einhaltung der Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit die Behörde nur von der Verpflichtung frei, einen Luftreinhalteplan oder einen Plan für kurzfristig zu ergreifende Maßnahmen nach § 47 Abs. 1 oder 2 BImSchG zu erlassen. Im Vorgehen der Regierung von Unterfranken liegt mithin eine doppelte Engführung, die angesichts des Schutzauftrags des BImSchG nicht zu überzeugen vermag. Erstens erfasst das BImSchG nicht nur die menschliche Gesundheit, sondern schützt ausweislich § 1 Abs. 1 BImSchG auch andere Schutzgüter einschließlich der Vegetation und des Klimas. Teile der Vegetation sind aber empfindlicher als die menschliche Gesundheit und daher schutzbedürftiger, was auch Maßnahmen im Verkehrsbereich rechtfertigen kann, und Verkehrsbeschränkungen können durchaus ein tragendes Element einer abgestimmten Klimaschutzpolitik sein. Zweitens ist eine Unterschreitung der Grenzwerte jedenfalls dann nicht gleichbedeutend mit unbelasteter Luft im Sinne der Belastung mit Luftschadstoffen unterhalb der Eingriffschwelle, wenn die Grenzwerte - wie in einigen Würzburger Messjahren - nur knapp unterschritten werden.

Die Begründung des Plans leidet daher unter verschiedenen Ermessensdefiziten hinsichtlich gebotenen umfassenden Berücksichtigung der gesetzlichen Schutzgüter und einer daraus resultierenden Abwägungsfehlgewichtung, was die Bewertung von Wirkungen der Luftschadstoffe angeht, die unterhalb des Immissionsgrenzwertes liegen. Aber auch im Ergebnis kann der Plan – jedenfalls in der Rückschau – nicht überzeugen, da die durch ihn vorgesehenen Maßnahmen nach unseren Ergebnissen nicht zu einer Einhaltung der Immissionsgrenzwerte geführt haben. Bei der in der vorliegenden Untersuchung für das Jahr 2011 berechneten Immissionssituation darf man ausgehen, dass die immissionsschutzrechtliche Eingriffsschwelle hinsichtlich von Feinstaub und Stickstoffdioxid aktuell mit einiger Sicherheit überschritten sein dürfte. Für Stickoxidimmissionen sind sogar Grenzwertüberschreitungen zu befürchten, und dies nicht nur vereinzelt, sondern – bezogen auf das Analysejahr 2011 - bei rund 15 der berechneten Immissionspunkten in der Innenstadt (Tabelle 8-3). Die berechneten Überschreitungen sind auch nicht nur marginal, sondern liegen im Bereich von 5 % (Sanderglacisstraße, Nr. 334) bis 22,5 % (Bahnhofstraße, Nr. 152).

An dieser Einschätzung ändert sich nichts Entscheidendes dadurch, dass die Europäische Kommission der Stadt Würzburg zur Zeit eine Befreiung von den Luftschadstoffgrenzwerten gewährt hat. Die in der Befreiung liegende Befugnis zur Überschreitung ist befristet und unterstreicht geradezu den Geltungsanspruch der Grenzwerte. Darüber hinaus ist selbst dann, wenn an den Messstationen des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz keine Grenzwertüberschreitung festgestellt wird, keine sichere Einhaltung der Immissionskonzentrationen gewährleistet. Ob die Messstationen tatsächlich dort aufgestellt sind, wo sie nach den Vorgaben der Richtlinie 2008/50/EG stehen müssten, erscheint zweifelhaft. So zielt der maßgebliche Anhang III der genannten Richtlinie auf die Erzielung von für die Belastungssituation repräsentativen Werten für die höchsten Konzentrationen, denen die Bevölkerung ausgesetzt sein kann.[12] Daher geben die vorliegend durchgeführten Berechnungen insoweit Anlass, die gegenwärtig gewählten Standorte kritisch zu überprüfen und die Ergänzung um weitere Stationen zu erwägen.

[12] Richtlinie 2008/50/EG v. 21.5.2008, ABL. EG Nr. L 152/1, Art. 9 Abs. 2 sowie Anhang III, B 1. a).

b) Zwischenergebnis

Angesichts dieser Untersuchungsergebnisse erscheint die erneute Überprüfung der Einrichtung einer Umweltzone angezeigt. Auch wenn die Werte für Feinstaub seit dem Jahr 2011 nicht mehr überschritten wurden, ist es zu früh, hinsichtlich dieser Schadstoffgruppe von einer dauerhaften und nachhaltigen Verbesserung auszugehen. Entscheidend dürfte darüber hinaus sein, dass sich die Stickoxid-Belastung nicht deutlich verringert hat und weitere Grenzwertüberschreitungen zu befürchten sind.

2. Ermessensausübung

a) Aufstellung oder Fortschreibung eines Plans im Ermessen der Regierung?

Da die Einrichtung einer Umweltzone, wie bereits erläutert, von der Aufnahme in einen Luftreinhalteplan abhängt, müsste also zunächst der Luftreinhalteplan 2010 fortgeschrieben werden. Die Frage, ob ein Luftreinhalteplan aufgestellt (oder fortgeschrieben) wird, steht dabei nicht im Ermessen der Behörde, wenn die durch eine Rechtsverordnung nach § 48a Absatz 1 festgelegten Immissionsgrenzwerte einschließlich festgelegter Toleranzmargen überschritten sind (§ 47 Abs. 1 S. 1 BImSchG). Ebenso verpflichtet § 47 Abs. 2 S. 1 BImSchG, im Falle der drohenden Überschreitung der in der 39. BImSchV festgelegten Alarmschwellen für Schwefeldioxid und Stickstoffoxide einen Plan für kurzfristig zu ergreifende Maßnahmen aufzustellen. Besteht dagegen „nur“ die Gefahr, dass die durch eine Rechtsverordnung nach § 48a Absatz 1 festgelegten Immissionsgrenzwerte oder Zielwerte überschritten werden, ist den Behörden Ermessen hinsichtlich der Aufstellung eines Plans nach § 47 Abs. 2 S. 2 BImSchG eingeräumt.

b) Ermessensbetätigung hinsichtlich der Einrichtung einer Umweltzone

Mit dem vorstehend ausgeführten dürfte die Regierung kein Ermessen hinsichtlich des „Obs“ der Fortschreibung des Luftreinhalteplans 2010 haben. Welche Maßnahmen der Plan hingegen enthalten muss, ist damit noch nicht determiniert. Betrachtet man die Einrichtung einer Umweltzone, so ist die Frage, ob eine Umweltzone eingerichtet werden dürfte, von derjenigen zu trennen, ob sie bei der Fortschreibung geschaffen werden müsste. Letzteres wäre zu bejahen, wenn der Verzicht auf eine Umweltzone die Verletzung der Immissionsgrenzwerte erwarten lassen würde. Das hängt von den übrigen getroffenen Maßnahmen ab und ist nicht Untersuchungsgegenstand des vorliegenden Gutachtens.

Mit Blick auf die erstgenannte Perspektive, ob eine Umweltzone eingerichtet werden dürfte, müsste die Maßnahme vor allem dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit entsprechen.

(1) Ziele der Umweltzone

Der Grundsatz verlangt zunächst die Ausrichtung einer Maßnahme auf legitime, gesetzeskonforme Ziele. Das ist bei auf die Verbesserung der Luftqualität gerichteten Maßnahmen

und den Schutzzwecken des BImSchG (§ 1 Abs. 1 BImSchG) eindeutig zu bejahen. Darüber hinaus dient eine Verkehrsbeschränkung wie eine Umweltzone, soweit sie auch auf eine Verlagerung des Verkehrs auf umweltfreundlichere Verkehrsmittel zielt, auch der Verbesserung des Lärmschutzes. Reduzieren sich infolge der Einrichtung einer Umweltzone in Verbindung mit anderen verkehrsbezogenen Maßnahmen die Fahrleistungen, trägt das im übrigen zum Erreichen der Klimaschutzziele und zur Verkehrssicherheit bei.

Es ist weiter daran zu erinnern, dass hinsichtlich der angestrebten Luftqualität die Einhaltung der gesetzlichen Immissions-Grenzwerte nicht das rechtlich zulässige Maximalziel der Luftreinhaltepolitik darstellt, sondern im Sinne eines Minimalstandards die Behörden verpflichtet, durch einen Luftreinhalteplan und den in ihm vorgesehenen Maßnahmen sicherzustellen, dass zumindest die Grenzwerte eingehalten werden. Setzt sich eine Behörde darüber hinausgehende Schutzziele, ist dies grundsätzlich vom Schutzauftrag des § 1 BImSchG gedeckt.

(2) Geeignetheit

Mit Blick auf die Geeignetheit, die bereits dann zu bejahen ist, wenn sich die in Rede stehende Maßnahme ihrem Zweck als förderlich darstellt, lässt sich nach den vorliegenden Untersuchungen sagen, dass jede einzelne erwogene straßenverkehrsbezogene Maßnahme einen positiven – wenn auch abhängig von der jeweiligen Maßnahme unterschiedlich großen – Wirkungsgrad aufweist, aber keines der Instrumente für sich genommen das Ziel der Einhaltung der Grenzwerte erreichen dürfte. Das gilt auch für die Einrichtung einer Umweltzone, die in verschiedenen Varianten berechnet wurde. Der Ist-Zustand der NO_2-Werte weist für das Jahr 2011 15 Immissionsabschnitte auf, an denen die Grenzwerte überschritten waren. In der Variante UZ 1, der Umweltzone für das gesamte Stadtgebiet, hätte eine Überschreitung auf 9 Straßenabschnitten zurückgeführt werden können. In den Variante UZ2 und UZ3 wären es 10 bzw. 11 Überschreitungsstellen. Die bei allen Maßnahmen berechneten Überschreitungen reichen von 5 % höheren als den zugelassenen Werten bis zu mehr als 20-%igen Überschreitungen. Im Vergleich mit der Ist-Situation liegen darin Verbesserungen zwischen 0,2 % (UZ3, Streckenabschnitt 39, Nürnberger Straße) bis zu 9,8% (UZ1, Streckenabschnitt 414, Zeller Straße).

Hinsichtlich der Feinstaubbelastung (PM10) stellt sich die Lage etwas anders dar. Zu Grenzwertüberschreitungen ist es im Basisjahr nicht gekommen. Die Werte in der Innenstadt betrugen zwischen 22,1 und 26,1 µg/m^3. Durch alle erwogenen Maßnahmen würden die Werte verbessert werden können, und zwar, von einzelnen „Ausreißern“ abgesehen, in Gestalt von Verringerungen der Belastung von um die 3 %. Dass die Effekte deutlich geringer sind als bei Stickstoffdioxid, kann auf den geringeren Kfz-Anteil an den Gesamtimmissionen im Bereich von PM10 zurückgeführt werden.

Insgesamt gesehen sind die Wirkungsgrade der geprüften Maßnahmen dabei nicht so gering, dass das Ergreifen nur einer einzelnen Maßnahme – unabhängig von der Frage, ob zu ihr nicht geeignete, mildere und gleich wirksame Alternativen existieren –, bereits als unverhältnismäßig erscheinen würde. Auch ist vom Staat nicht zu fordern, alle in Betracht kommenden Maßnahmen zur gleichen Zeit zu ergreifen. Die Geeignetheit aller geprüften Maß-

nahmen einschließlich der verschiedenen Varianten einer Umweltzone wäre daher nach den vorliegenden Ergebnissen zu bejahen.

(3) Erforderlichkeit

Das Gebot der Erforderlichkeit verlangt, dass die in Rede stehende Verkehrsbeschränkung milder als gleich wirksame, alternative Maßnahmen ist. Dabei sind nur ähnliche verkehrsbezogene Maßnahmen mit ihr zu vergleichen, da die Wirkungen in ihrer Gesamtheit und Vielfalt abgeschätzt und gewürdigt werden müssen. So käme zwar für die Reduzierung der Luftschadstoffbelastung allein auch die staatliche Förderung umweltfreundlicher Fahrzeuge oder die Umrüstung von Kraftwerken in Betracht; auf diese erstreckt sich aber nicht der Untersuchungsauftrag des vorliegenden Berichts. Im Grundsatz gilt, dass abgesehen von der Belastung der öffentlichen Haushalte oder der Verlagerung belastender Wirkungen auf andere Emittentengruppen es mit Hilfe dieser Optionen nicht möglich wäre, die übrigen Ziele verkehrslenkender Maßnahmen zu erreichen. Zu diesen zählen, wie vorstehend erwähnt, auch die Beeinflussung des Verkehrsverhaltens zur Verbesserung der Verkehrssicherheit, des Lärmschutzes und des Klimaschutzes. Im Vergleich mit den relevanten, verkehrsbezogenen Alternativen ist jedoch keine Option ersichtlich, die einer Umweltzone in der Wirkung gleich käme und dennoch milder wäre.

(4) Verhältnismäßigkeit im engeren Sinn

Schließlich wird dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit nur dann hinreichend Rechnung getragen, wenn die erzielten Wirkungen nicht außer Verhältnis zu den Belastungen stehen, die mit der Maßnahme einhergehen. Damit sind der Verwaltung Spielräume bei der Gewichtung der Effekte einer Verkehrsbeschränkung eingeräumt, die bei vernünftiger Anwendung gewahrt sein dürften: dazu rechnet einerseits die technische Erfüllbarkeit der Vorgaben, unter denen man in einer Umweltzone mit einem Kraftfahrzeug fahren darf, die Lasten, die es sich mit sich bringt, wenn man dazu aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen nicht in der Lage ist, und andererseits die mit ihr erzielten Verbesserungen vor allem im Bereich der Luftschadstoffe. Angesichts greifbarer, aber jeweils für sich genommen geringer Zielbeiträge der Umweltzone wird ihre Anordnung ohne Einbettung in ein übergreifendes verkehrliches Konzept kaum in Betracht kommen. Realistischer dürfte es hingegen sein, eine Umweltzone als Teil eines in sich stimmigen und mit der zu erreichenden Zielvorgabe kompatiblen Konzepts zu erlassen. In einem solchen Rahmen dürfen auch Maßnahmen ergriffen werden, die alleine nur geringe Zielerreichungsbeiträge leisten, im planvollen Zusammenwirken mit anderen Instrumenten aber Wirkungen entfalten, die der Problemlage adäquat sind und im Ergebnis nicht außer Verhältnis den mit ihnen einhergehenden Belastungen stehen.

Auf der Grundlage der untersuchten Instrumente könnte das eine Kombination verschiedener Einzelmaßnahmen sein, was etwa die gleichzeitige Geltung einer Umweltzone und die einer flächendeckenden Tempo-30-Zone, oder aber die Durchführung weiterer Schritte wie die Erneuerung der Fahrzeugflotte des öffentlichen Busverkehrs und/oder die Erweiterung des Straßenbahnnetzes einschließen könnte.

III. Großräumige Einführung von Tempo 30 im Stadtgebiet

Die großräumige Einführung von Tempo 30 ist in zwei Varianten untersucht worden. Die erste Variante besteht in der Anordnung von Tempo 30 im gesamten Stadtgebiet und damit auch auf dem Vorrangstraßennetz einschließlich der Bundesstraßen (T30 FD - flächendeckend). Die zweite Variante ist mit der ersten Variante mit dem einzigen Unterschied identisch, dass das Vorrangstraßennetz keine Geschwindigkeitsbeschränkung auf 30 km/h aufweist, sondern die Geschwindigkeitsbeschränkungen so akzeptiert, wie sie gegenwärtig gelten (T30 VN – mit Vorrangnetz). Beide Instrumente gehen von der grundsätzlich gesicherten Vermutung aus, dass eine flächendeckende Geschwindigkeitsbeschränkung zur Verringerung der Luftschadstoff- und Lärmbelastung und zur Verringerung der Unfallgefahren beiträgt.[13]

Diese Vermutung hat sich durch unsere Untersuchungen im wesentlichen bestätigt, so dass in rechtlicher Hinsicht die nachstehende Würdigung wie folgt erfolgen kann:

1. Tempo 30-Zonen (§ 45 Abs. 1c StVO)

Tempo 30-Zonen können aus verschiedenen, in den übrigen Tatbeständen des § 45 StVO angelegten Gründen angeordnet werden. Sie setzen also unter anderem voraus, dass die Sicherheit und Ordnung des Verkehrs, der Schutz der Wohnbevölkerung vor Lärm und Abgasen oder die städtebauliche Entwicklung ihren Erlass erfordern.[14] Auch die in Abs. 1b genannten Gründe können für Tempo 30-Zonen herangezogen werden.[15]

Der Tatbestand des § 45 Abs. 1 c StVO setzt darüber hinaus voraus, dass die Zone in einer geschlossenen Ortschaft liegt. Diese Voraussetzung ist im Stadtgebiet von Würzburg weitestgehend gegeben. Soweit keine Wohnbebauung in den betroffenen Straßen vorzufinden ist, stellt sich zumeist das Sonderproblem der Anordnung von Tempo 30 auf einer Bundesstraße (s. u. V.2.b). Im Rahmen von § 45 Abs. 1c StVO ist eine solche Geschwindigkeitsbeschränkung nicht zulässig, da sich nach § 45 Abs. 1c S. 2 StVO Zonen-Anordnungen weder auf Straßen des überörtlichen Verkehrs (Bundes-, Landes- und Kreisstraßen) noch auf weitere Vorfahrtstraßen (Zeichen 306) erstrecken dürfen. S. 3 der genannten Bestimmung sieht weiter vor, dass die Zonenanordnung nur Straßen ohne Lichtzeichen geregelte Kreuzungen oder Einmündungen, Fahrstreifenbegrenzungen (Zeichen 295), Leitlinien (Zeichen 340) und benutzungspflichtige Radwege (Zeichen 237, 240, 241 oder Zeichen 295 in Verbindung mit Zeichen 237) umfassen darf. Die Variante Tempo 30 FD ist daher auf der Grundlage der Zonenanordnungsermächtigung des § 45 Abs. 1c StVO nicht zu verwirklichen. Sie steht dagegen im Einklang mit Tempo 30 VN, also bei Einrichtung eines Vorrangnetzes, auf dem schneller gefahren werden darf.

In verfahrensmäßiger Hinsicht ist die Straßenverkehrsbehörde an das **Einvernehmen der betreffenden Gemeinde** gebunden (§ 45 Abs. 1c S. 1 StVO). Mit Blick auf die **Ermessensbetätigung** ist der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit zu beachten. Für die Anordnung von

[13] Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) plädiert schon seit 2005 für Tempo 30 als Regelgeschwindigkeit (*SRU*, Sondergutachten, Umwelt und Straßenverkehr, 2005, Tz. 543).

[14] *König*, in: Hentschel/König/Dauer, Straßenverkehrsrecht, 2013, StVO, § 45, Rz. 37; Schurig, StVO, 14. Aufl. 2013, § 45, 2.2.3; *Bouska*, NZV 2001, S. 27, 29.

[15] BVerwG v. 14.12.1994, E 97, S. 214, 217 f.

Tempo 30 spricht ein ganzes Bündel legitimer verkehrspolitischer Ziele, von denen die Verringerung der Luftschadstoffbelastung angesichts der beobachteten Grenzwertüberschreitungen ein Einschreiten unter bestimmten Bedingungen nicht nur als zulässig, sondern in Ermangelung wirksamer Alternativen als geboten erscheinen lässt. So ist mit unseren Untersuchungen die Anordnung von Tempo 30 ein wirksames, für die Reduzierung der Luftschadstoffbelastung **förderliches** Instrument. Das gilt jedoch bei **PM10** nur mit Einschränkungen. Die Berechnungen haben ergeben, dass im Jahre 2011 keine Grenzwertüberschreitungen bei der kanzerogenen Schadstoffgruppe PM10 vorgelegen haben dürften. Mit Werten, die deutlich über 20 μ/m^3 liegen, ist aber bei kanzerogenen Substanzen keinesfalls eine Luftqualität erreicht, die keiner Verbesserung mehr würdig wäre. Schwellenwerte, bei deren Unterschreiten Erkrankungen ausgeschlossen werden können, lassen sich im Bereich krebserregender Schadstoffe derzeit nicht angeben.

Daher sind auch Verbesserungen unterhalb der Immissionsgrenzwerte prinzipiell rechtlich zulässig und mit Blick auf die Schutzziele in Abwägung mit gegenläufigen Belangen zu erwägen. Mit der Anordnung einer Tempo 30-Zone könnten bei fast allen Immissionsorten leichte Verbesserungen erzielt werden, die im kleinen einstelligen Prozentbereich liegen (Tabelle 8-4). Diese werden zum Teil aufgehoben durch einzelne Verschlechterungen der Belastungssituation (z. B. Pleichertorstr, Nürnberger Str.). Noch weniger eindeutig sind Ergebnisse bei PM10, wenn man auf die Variante der Tempo 30-Zone unter Einbeziehung des Vorrangstraßennetzes schaut. Hier gleichen sich positive Umwelteffekte mit Belastungszunahmen nahezu aus.

Hinsichtlich der **Stickstoffdioxidbelastung** sind deutlich andere Feststellungen zu treffen. Nicht nur ist die Ausgangslage anders, die durch eine Vielzahl von berechneten Grenzwertüberschreitungen in der Innenstadt gekennzeichnet ist, auch lässt sich die Anzahl der Immissionsgrenzwertverletzungen durch die Anordnung von Tempo 30 deutlich reduzieren. Während in der Ist-Betrachtung 15 Straßenabschnitte durch Überschreitungen gekennzeichnet sind, reduziert sich deren Zahl bei Tempo 30 in der gesamten Stadt auf 10, bei Tempo 30 ohne Tempo 30 auf dem Vorrangnetz auf 11. Auch sind die Wirkungen der Maßnahmen wegen des höheren Kfz-Anteils bezüglich von Stickstoffdioxid größer (Tabelle 8-3).

Andere, gleich wirksame und weniger belastende Maßnahmen sind nur insoweit ersichtlich, als die im Rahmen von § 45 Abs. 1c StVO nicht zulässige Einbeziehung des Vorrangstraßennetzes nicht zu erheblichen, weiteren Minderungen führen würde und sich mit Rücksicht auf das Gebot der Erforderlichkeit die Wahl der Variante T30 VN empfehlen würde. Angesichts der gesundheitlichen Risiken der Schadstoffbelastung einerseits und den weiteren positiven Wirkungen einer Geschwindigkeitsreduzierung andererseits könnte von einer Unverhältnismäßigkeit einer solchen Maßnahme grundsätzlich keine Rede sein. Allerdings ist auch an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass die rechtlich erforderliche Sicherstellung der Einhaltung der Grenzwerte von einer Tempo 30-Zone allein nicht gewährleistet werden kann und daher ein in sich stimmiges Maßnahmenbündel zusammengestellt werden muss, um die Grenzwerte einzuhalten.

2. Sonstige Geschwindigkeitsbeschränkungen

a) Grundsätzliches

Geschwindigkeitsbeschränkungen sind nach der Straßenverkehrsordnung auch und gerade zum Schutz der Wohnbevölkerung vor Lärm und Abgasen zulässig (§ 45 Abs. 1 S. 2 Nr. 3 StVO). Bei der drohenden oder bereits eingetretenen Überschreitung von Immissionsgrenzwerten ist das hierfür vorausgesetzte Erreichen der Gefahrenschwelle ohne weiteres zu bejahen. Unterhalb der Gefahrenschwelle können nach überwiegender und nachvollziehbarer Auffassung auf der Grundlage des Straßenverkehrsrechts keine Verkehrsbeschränkungen angeordnet werden. Damit sind Geschwindigkeitsbeschränkungen ohne die weiteren Voraussetzungen der Zonenanordnungen unter bestimmten Bedingungen möglich.

Ist also der Tatbestand regelmäßig zu bejahen, wenn und soweit Immissionsgrenzwertüberschreitungen drohen oder in Zukunft verhindert werden sollen, ist des weiteren das Ermessen in einwandfreier Weise zu betätigen. Mit Blick auf den Grundsatz der Verhältnismäßigkeit ist festzuhalten, dass die Straßenverkehrsbehörden legitime, gesetzeskonforme Ziele verfolgen, wenn sie die Bevölkerung vor Lärm und Abgasen schützen wollen. Mit unseren Untersuchungen kann darüber hinaus festgestellt werden, dass eine großräumige Einführung von Tempo 30 selbst dann zu beachtlichen Minderungen der Schadstoffbelastung führt, wenn auf dem „ausgesparten“ Vorrangnetz schneller als 30km/h gefahren werden darf. Wichtig ist darüber hinaus, dass die Anordnung der Geschwindigkeitsbeschränkung so erfolgt, dass eine Verstetigung des Verkehrs unterstützt wird.[16] Die Erforderlichkeit einer solchen Maßnahme wäre schon mit Blick auf die angestrebte Verringerung der Stickoxid-Belastung zu bejahen, da andere, gleich wirksame, aber weniger belastende Maßnahmen nicht ersichtlich sind. Es verhält sich vielmehr nach unseren Berechnungen so, dass keine der geprüften Maßnahmen alleine in der Lage wäre, die Einhaltung der Grenzwerte sicherzustellen.

b) Tempo 30 auf Bundesstraßen als Sonderproblem

Wegen der besonderen Verkehrsbedeutung der Bundesfernstraßen sind an Verkehrsbeschränkungen, die sich auf auch diese Straßen erstrecken, spezifische und höhere Anforderungen zu stellen.[17] Keine Besonderheit liegt demgegenüber darin, dass hier *Landes*behörden auf *Bundes*straßen Anordnungen treffen, da die Zuständigkeit der erstgenannten nach § 44 StVO für *alle* Anordnungen gemäß § 45 StVO besteht.[18] *Steiner* schlägt aber zur Lösung des deswegen bestehenden Spannungsverhältnisses zwischen Bund und Ländern vor, ein straßenverkehrsrechtliches „Prinzip der Rücksichtnahme” wirken zu lassen.[19] Insbesondere bezogen auf die besonders schwerwiegenden Verkehrs*verbote* folge aus diesem Prinzip, dass die Straßenverkehrsbehörde widmungsgemäße Nutzungen nicht immer schon dann ausschließen könne, wenn § 45 StVO dem Wortlaut nach erfüllt sei.[20] Weiter heißt es:

---

16 *Scholz/Kleinebrahm/Steven*, Immissionsschutz 2012, S. 104 ff.; *Toenges-Schuller*, *Schneider*, *Scholz*, Immissionsschutz 2012, S. 174 ff.

17 Dazu ausführlich *Steiner*, DAR 1994, S. 341 ff.

18 *Steiner*, DAR 1994, S. 341, 342.

19 *Steiner*, DAR 1994, S. 341, 342.

20 *Steiner*, DAR 1994, S. 341, 343.

„Die Anordnungsgründe müssen bei Bundesstraßen ein Gewicht haben, das im Rang dem *Schutzgut* der (verkehrsbezogenen) *öffentlichen Sicherheit* entspricht. Es können zwar auch andere Rechts- und Schutzgüter innerhalb des Ermächtigungsrahmens des § 45 StVO gegenüber dem widmungsgemäßen Verkehr auf einer Bundesstraße durchgesetzt werden; sie müssen aber in ihrer *normativen Wertigkeit* dem *Rang dieses Leitschutzguts* in § 45 StVO entsprechen...Die *vollkommene tatbestandsmäßige Offenheit* des § 45 Abs.1 S. 2 Nr. 3 StVO („Schutz vor Lärm und Abgasen") bedarf im Fall der Umsetzung in *Fahrverbote* auf *Bundes*straßen einer tatbestandsbezogenen restriktiven Interpretation, weil andernfalls die Verkehrsfunktion dieser Straßen zur Disposition des Ermessens der Landesverkehrsbehörden stünde."[21]

Auch von *Steiner* wird nicht bestritten, dass selbst der völlige Ausschluss von widmungsmäßig zugelassenen Verkehrsarten durch straßenverkehrsrechtliche Anordnungen im Grundsatz zulässig ist. Damit liegt aber in diesen Fällen *stets* die Verkehrsfunktion der betroffenen Straßen in der Disposition der Straßenverkehrsbehörde. Wenn das unzulässig wäre, müsste es deshalb auch bei Gemeindestraßen und Kreisstraßen unzulässig sein. Diese Konsequenz einer durchgängig restriktiven Interpretation von § 45 StVO zieht *Steiner* nicht. Der wahre Kern von *Steiner*s Suche nach einer Zulässigkeitsgrenze für straßenverkehrsrechtliche Verkehrsverbote auf Bundesstraßen dürfte hingegen darin liegen, dass Bundesfernstraßen - im Vergleich mit der Gesamtheit sonstiger Straßen - **regelmäßig eine höhere Verkehrsbedeutung** zukommt. Im Rahmen einer gerechten Abwägung ist dieser Belang angemessen - und eben häufig mit einem größeren Gewicht als bei anderen Straßen - zu berücksichtigen. Mehr als das ist auch im Namen eines „Prinzips der Rücksichtnahme" nicht zu verlangen.

Für eine schon tatbestandsmäßige Beschränkung von Anordnungen aufgrund von § 45 StVO sind dagegen keine überzeugenden Argumente ersichtlich.

Nach den vorliegenden Berechnungen würde eine stadtweite, flächendeckende Geschwindigkeitsbeschränkung auf 30 km/h hinsichtlich der NOx-Emissionen von 5,5 % und hinsichtlich von PM10 eine Minderung von 4,9 % bringen.[22] Um diese Resultate bewerten zu können, ist zunächst darauf hinzuweisen, dass mit Blick auf PM10 keine Grenzwertüberschreitungen festzustellen sind, bei NOx hingegen schon. Zur Rückführung der Konzentrationen im Sinne einer sicheren Einhaltung der Grenzwerte gilt, dass keine der untersuchten Maßnahmen für sich alleine in der Lage wäre, dies zu leisten. Die Unterstützung durch ein konzeptionell begründetes Bündel an Maßnahmen erscheint daher als erforderlich. Was die Kosten der Umsetzung der Maßnahmen angeht, so steht die verlangte Einhaltung der Grenzwerte nicht unter Finanzierungsvorbehalt, so dass die für die Einhaltung der Grenzwerte erforderlichen Kosten als solche keine Rolle spielen (dürfen). Etwas anderes gilt bei der Auswahl verschiedener Maßnahmen in ihrem Zusammenwirken, die das Ziel der Grenzwertunterschreitung mit gleicher Wahrscheinlichkeit erreichen – insoweit darf unter dieser Voraussetzung das Maßnahmenbündel durchaus unter Kostengesichtspunkten gewählt werden.

[21] *Steiner,* DAR 1994, S. 341, 343; auf § 45 Abs. 1 b S. 2 Nr. 5 1. Alt. StVO ist dies ohne weiteres übertragbar, da es hier nicht um den Unterschied zwischen „Bevölkerung" und „Wohnbevölkerung" geht.

[22] Tabellen 8-3 bzw. 8-4 dieser Untersuchung.

IV. Fahrverbote für Lkw ab 3,5 t

1. Die zu prüfenden Maßnahmen

Zu prüfen war auftragsgemäß des weiteren, ob Fahrverbote für Lkw auf der B19 angeordnet werden könnten, die über die bisherigen Verkehrsbeschränkungen hinausgehen. Bislang gilt auf weiten Teilen des Stadtrings Süd ein Nachtfahrverbot für Lkw über 7,5 t (22.00 Uhr – 6.00 Uhr) mit Ausnahme des Lieferverkehrs sowie ein Verbot des Verkehrs mit Lkw-Durchgangsverkehr über 12 t.

Das Nachtfahrverbot ließe sich alternativ zeitlich ausdehnen und darüber hinaus auf Lkw erstrecken, die über 3,5t zulässiges Gesamtgewicht haben. Das Verbot des Durchgangsverkehrs ist auf § 45 Abs. 9 S. 3 StVO gestützt worden und erstreckt sich im Rahmen dieser Ermächtigungsgrundlage auf den Autobahnmautausweichverkehr mit Lkw über 12t. Das Verkehrsverbot gilt jedoch nicht für alle Lkw ausnahmslos, denn nach Ziff. 30.1 der StVO liegt Durchgangsverkehr nicht vor, wenn die jeweilige Fahrt

a) dazu dient, ein Grundstück an der vom Verkehrsverbot betroffenen Straße oder an einer Straße, die durch die vom Verkehrsverbot betroffene Straße erschlossen wird, zu erreichen oder zu verlassen,
b) dem Güterkraftverkehr im Sinne des § 1 Abs. 1 des Güterkraftverkehrsgesetzes in einem Gebiet innerhalb eines Umkreises von 75 km, gerechnet in der Luftlinie vom Mittelpunkt des zu Beginn einer Fahrt ersten Beladeortes des jeweiligen Fahrzeugs (Ortsmittelpunkt), dient; dabei gehören alle Gemeinden, deren Ortsmittelpunkt innerhalb des Gebietes liegt, zu dem Gebiet, oder
c) mit in § 1 Abs. 2 des Autobahnmautgesetzes für schwere Nutzfahrzeuge bezeichneten Fahrzeugen durchgeführt wird.

Insgesamt werden daher von dem geltenden Verkehrsverbot nur 18 % des Lkw-Verkehrs auf der B19 erfasst.[23] Dennoch waren zeitweilig deutliche Verringerungen der Verkehrsbelastung erzielt worden.[24] Ein über die bestehenden Verbote hinausgehendes Fahrverbot für Lkw über 3,5t würde aber nach der auf das Verkehrsgutachten von 2007 gestützten Einschätzung der Regierung von Unterfranken nur weniger als weitere 2% des Lkw-Verkehrs verlagern können.[25] Die von einer solchen Ausdehnung des Fahrverbots erfassten kleineren Lkw ähneln hinsichtlich ihrer Abgascharakteristik eher den Pkw und zählen mithin zu den vergleichsweise weniger starken Luftschadstoff-Emittenten. Damit hätte eine solche Maßnahme insgesamt nur geringes umweltpolitisches Potential, was sich wiederum hinsichtlich des Aufwands für ihre Durchführung und der mit ihr für die Verkehrsteilnehmer einhergehenden Einschränkungen auch als rechtlich hinderlich erweisen würde. Eine Verschärfung des Verkehrsverbots auf der Grundlage von § 45 Abs. 9 S. 3 StVO, der auf die Eindämmung eines spezifisch definierten Autobahnmautausweichverkehrs beschränkt ist, wird daher im Folgenden nicht weiter untersucht. Eine Alternative zu ihr wäre die vollständige Sperrung der B19 für Lkw über

[23] *Regierung von Unterfranken*, LRP Würzburg, 2010, S. 79, unter Verweis auf *Dr. Brenner Ingenieurgesellschaft mbH*, Stadt Würzburg. Pilotstudie Lkw-Transitverkehr. Schlussbericht, 2007, Abbildung 19.
[24] *Regierung von Unterfranken*, LRP Würzburg, 2010, S. 65.
[25] *Regierung von Unterfranken*, LRP Würzburg, 2010, S. 79.

3,5t, die nachstehend unter 2 rechtlich gewürdigt wird. Schließlich kommt eine Sperrung der Innenstadt für Lkw über 3,5t in Betracht (s.u. 3).

2. Straßenverkehrsrechtliche Ermächtigungsgrundlagen einer Sperrung der B19 für Lkw ab 3,5t

Soll die B19 für Lkw in weiterem Umfang gesperrt werden, als es jetzt schon der Fall ist, wäre zunächst die heranzuziehende Ermächtigungsgrundlage zu bestimmen. Der LRP 2010 geht wie auch das verkehrsfachliche Gutachten aus dem Jahre 2007 davon aus, dass eine Änderung der StVO erforderlich wäre, um eine Ausdehnung des Fahrverbots für Lkw zwischen 3,5 und 12t zu erreichen.[26] Das trifft nur dann zu, wenn man das Verkehrsverbot auf die Ermächtigungsgrundlage des eben erwähnten § 45 Abs. 9 S. 3 StVO stützt, der sich auf die Verhinderung des Autobahnmautausweichverkehrs bezieht. Nach der genannten Norm hat die Straßenverkehrsbehörde die Befugnis, Beschränkungen oder Verbote des fließenden Verkehrs auch dann anzuordnen, soweit dadurch erhebliche Auswirkungen veränderter Verkehrsverhältnisse, die durch die Erhebung der Maut nach dem Autobahnmautgesetz für schwere Nutzfahrzeuge hervorgerufen worden sind, beseitigt oder abgemildert werden können. Damit zielt die Norm auf die Verringerung oder gar Beseitigung des durch die Autobahnmaut zusätzlich entstandenen Durchgangsverkehrs in dem vorstehend erläuterten Sinne.

Auch wenn wesentliche Teile des einzuschränkenden Verkehrs im Falle des Stadtrings Süd tatsächlich entstehen, weil Nutzfahrzeuge die B19 als Abkürzung zwischen den Autobahnen und zur Vermeidung der Autobahnmaut benutzen, erfasst § 45 Abs. 9 S. 3 StVO nicht das verkehrliche Problem in Gänze. Der Lkw-Verkehr auf der B19 zwischen der BAB7 und der BAB3 dient auch anderen Verkehrszwecken, insbesondere der lokalen und regionalen Erschließung des Würzburger Raums. Daher sind Verkehrsverbote und –beschränkungen auch auf anderer Rechtsgrundlage zu prüfen. Die Anwendbarkeit des § 45 Abs. 9 S. 3 StVO schließt wegen der mit ihm verbundenen, im Vergleich mit den übrigen Ermächtigungsgrundlagen gesenkten Eingriffsschwelle[27] die Heranziehung anderer straßenverkehrsrechtlicher Ermächtigungsgrundlagen jedenfalls dann nicht aus, soweit es um speziellere Bestimmungen geht wie etwa hinsichtlich der auf die Bekämpfung von Lärm und Abgasen zielenden Vorschriften des § 45 Abs. 1 S. 1 Nr. 3 StVO und des § 45 Abs. 1b S. 1 Nr. 5 StVO.[28]

[26] *Dr. Brenner Ingenieurgesellschaft mbH*, Stadt Würzburg. Pilotstudie Lkw-Transitverkehr. Schlussbericht, 2007, S. 18; *Regierung von Unterfranken*, LRP Würzburg, 2010, S. 72, 77 ff.

[27] Begründung zur ÄndVO v 22.12.2005, VkBl. 2006, S. 36 ff.

[28] Zum alternativen Verhältnis der straßenverkehrsrechtlichen Ermächtigungsgrundlagen des § 45 StVO allgemein s. *König*, in: Hentschel/König/Dauer, Straßenverkehrsrecht, 2013, StVO, § 45, Rz.28; zum Verhältnis von § 40 Abs. 2 BImSchG und § 45 StVO *Schenke*, WiVerw 1993, S. 145, 186-190; *Rehbinder*, Frankfurt-Gutachten, S. 27; *Hansmann/Röckinghausen*, in: Landmann/Rohmer, Umweltrecht, Stand: 70. Erg.lfg. 2013, BImSchG, § 40 Rz. 10.

a) § 45 Abs. 1 S. 1 Nr. 3 StVO

(1) Tatbestand

Der Tatbestand des § 45 Abs. 1 S. 1 Nr. 3 StVO gestattet der Straßenverkehrsbehörde, Verkehrsbeschränkungen und –verbote auf bestimmten Straßen oder Straßenstrecken zum Schutz der Wohnbevölkerung vor Lärm und Abgasen anzuordnen. Da das Straßenverkehrsrecht als Sonderordnungsrecht in erster Linie der Gefahrenabwehr dient – und grundsätzlich nicht der Vorsorge –, verlangt die Norm zunächst das Vorliegen einer Gefahr für die Wohnbevölkerung durch Lärm oder Abgase. Mit Blick auf die vorliegend vor allem in Rede stehenden Feinstaub- und Stickoxidimmissionen wird man bei einer Überschreitung der gesetzlichen, zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegten Grenzwerte (§ 2 Abs. 1, 3 Abs. 1 39. BImSchV) ohne weiteres bezüglich der Immissionskonzentrationen von einer Gefahr ausgehen dürfen. Wird einer Gemeinde nach Art. 22 der Richtlinie 2008/50/EG eine Fristverlängerung gewährt, um zu einer Einhaltung der Werte zu gelangen, wie in Würzburg derzeit der Fall, ändert dies nichts an der generellen gesetzlichen Wertung der Luftschadstoff-Immissionskonzentrationen als gesundheitsgefährdend, sondern unterstreicht nur deren normativen Anspruch.

Die generelle Ortsbezogenheit des § 45 StVO folgt dabei aus seinem in § 45 Abs. 9 S. 2 StVO ausdrücklich auf Maßnahmen zur Gefahrenabwehr beschränkten Zweck, die allgemeinen Verkehrsregeln der Straßenverkehrsordnung durch Einzelfallanordnungen zu ergänzen. Straßenverkehrsrechtliche Einzelfallanordnungen betreffen stets die Benutzung bestimmter Sachen durch die Allgemeinheit und sind in bezug auf Verkehrsanlagen notwendigerweise ortsbezogen.

Eine spezifische räumliche Einschränkung kann sich daraus ergeben, dass die Vorschrift eine Gefahr für **die Wohnbevölkerung** voraussetzt. Nur dann und insoweit, als die Immissionen kausal sind für die hinreichende Wahrscheinlichkeit einer Gesundheitsschädigung der Wohnbevölkerung, kommt eine Straßenverkehrsbeschränkung nach § 45 Abs. 1 S. 1 Nr. 3 StVO in Betracht. Auch wenn nur Daten von einzelnen Messstationen vorliegen – insbesondere die am Stadtring Süd –, darf aufgrund der topographischen Gegebenheiten hinsichtlich der Ausbreitungssituation angenommen werden, dass sich entlang der B19 im Stadtgebiet die Werte ähnlich wie die an der Messstation darstellen. Davon geht zutreffend auch der LRP 2010 aus.[29] Ob sich konkret in dem betroffenen Gebiet Menschen aufhalten, spielt für europarechtlich vorgegebene Grenzwerte, deren Einhaltung vorbehaltlos geboten ist, keine Rolle. Bei einem geschätzten Anteil des Verkehrs an der Luftbelastung von 58 % (Stickoxide)[30] bzw. 19 % (Feinstaub, PM10)[31] liegt auch eine hinreichende Verursachung gerade durch den Verkehr vor. Ist in den betroffenen Gebieten keine Wohnbevölkerung anzutreffen, kann sich daher eine Heranziehung von § 45 Abs. 1b Nr. 5 StVO, der zum Schutz der *Bevölkerung* vor Lärm und Abgasen oder zur Unterstützung einer geordneten städtebaulichen Entwicklung dient, zu erwägen.

[29] *Regierung von Unterfranken*, LRP Würzburg, 2010, S. 12.

[30] Hintergrundverkehr (22 %) und lokale Verkehrsbelastung (36 %) ergeben zusammen 58 %, *Regierung von Unterfranken*, LRP Würzburg, 2010, S. 30.

[31] Hintergrundverkehr (2 %) und lokale Verkehrsbelastung (17 %) ergeben zusammen 19 %, *Regierung von Unterfranken*, LRP Würzburg, 2010, S. 30.

Eine straßenverkehrsrechtliche Anordnung ist jedoch von ihrem **räumlichen Anwendungsbereich** auf „bestimmte Straßen und Straßenstrecken“ begrenzt. Darin liegt ein Ortsbezug des Straßenverkehrsrechts, der das Vorliegen einer Gefahr im Prinzip für alle von der erwogenen Anordnung betroffenen Straßen verlangt. Flächendeckende, von einem örtlichen Bezug losgelöste Verkehrsbeschränkungen sind im Rahmen von § 45 StVO in der Regel nicht zulässig, wenn nicht auf jeder von der Anordnung betroffenen Straße die gesetzlichen Voraussetzungen vorliegen.[32]

Zeitliche Restriktionen etwa wegen schwankender Immissionsbelastungen sind gegebenenfalls im Rahmen des Ermessens zu berücksichtigen. Da vorliegend aber vor allem die Einhaltung von Jahresmittelwerten in Rede steht, erfüllt die Überschreitung der gesetzlichen Immissionsgrenzwerte für das gesamte Jahr den Tatbestand einer Gefahr für die menschliche Gesundheit.

Damit lässt sich als hinsichtlich der tatbestandlichen Voraussetzungen festhalten, dass der ordnungsrechtliche Charakter straßenverkehrsrechtlicher Verbote- und Beschränkungen generell eine Gefahr für ein geschütztes Rechtsgut voraussetzt; Vorsorgemaßnahmen können in diesem Rahmen nicht verwirklicht werden. Eine Überschreitung der zum Schutz der menschlichen Gesundheit geltenden Grenzwerte hinsichtlich der Immissionskonzentrationen erfüllt diese Voraussetzung ohne weiteres. Soweit es um die Einhaltung von Jahresmittelwerten geht und deren Einhaltung gefährdet ist, ist bei regelmäßigem Geschehensablauf von einer ganzjährigen Gefahr auszugehen.

(2) Ermessen

Auch wenn mit den vorstehenden Überlegungen die tatbestandlichen Voraussetzungen dafür gegeben wären, das Durchfahrtsverbot auszuweiten, ist damit noch nicht gesagt, dass es auch rechtlich zulässig wäre, ein solches Verbot zu erlassen. Neben formalen Voraussetzungen wie der Zuständigkeit der Straßenverkehrsbehörde sind insbesondere die Maßgaben des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes zu beachten. Insoweit gilt es zu beachten, dass jedes Fahrverbot für eine bestimmte Fahrzeugklasse auf einer bestimmten Straße mit gewissen Verkehrsverlagerungen verbunden ist; wer nicht auf der B19 fahren darf, sucht sich in der Regel eine andere Route. Diese grundsätzliche Vermutung ist durch das Verkehrsgutachten aus dem Jahre 2007 bestätigt worden.[33] Auf ein anderes Verkehrsmittel zu wechseln, dürfte für den in Rede stehenden Lkw-Verkehr nur ausnahmsweise in Betracht kommen.

Damit verlagern sich auch die Luftschadstoffbelastungen, was nur dann einen Gewinn für die Luftreinhaltung bedeutet, wenn die räumliche Umverteilung dazu führt, dass die Luftschadstoffe am neuen Immissionsort von geringerer Schädlichkeit sind, etwa weil dort weniger Betroffene wohnen oder weniger schützenswerte Sachgüter, Tiere oder Pflanzen belastet werden. Andernfalls wäre die Verkehrsbeschränkung zwar im Sinne des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes (beschränkt) geeignet, wegen des geringen Wirkungsgrades gerade noch erforderlich, aber mit einiger Sicherheit nicht mehr verhältnismäßig, da bei der Prüfung der

[32] Ausführlich *Hofmann*, Der Schutz vor Immissionen des Verkehrs, 1997, S. 107 ff. Anders verhält es sich mit Bestimmungen, nach denen verkehrsrechtliche Anordnungen für Gebiete oder Zonen getroffen werden können (z. B. § 45 Abs. 1c S. 1 StVO, § 40 Abs. 2 BImSchG).

[33] *Dr. Brenner Ingenieurgesellschaft mbH*, Stadt Würzburg. Pilotstudie Lkw-Transitverkehr. Schlussbericht, 2007, S. 49.

Angemessenheit auch die Nachteile einer Maßnahme in die Waagschale fallen, die auch in den Verkehrslagerungen in bisher weniger belastete Straßen und in finanziellen Belastungen der öffentlichen Hand bestehen können. Bei der skizzierten Ausgangslage dürften diese Nachteile in unangemessenem Verhältnis zu den geringen verkehrs- und umweltpolitischen Gewinnen stehen.

b) § 45 Abs. 1b S. 1 Nr. 5 StVO

Neben dem eben dargestellten Tatbestand des § 45 Abs. 1 S. 1 Nr. 3 StVO kommen jedoch noch weitere Ermächtigungsgrundlagen in Betracht. Während die genannte Vorschrift auf den Schutz der *Wohnbevölkerung* zielt, erlaubt § 45 Abs. 1b S. 1 Nr. 5 StVO der Straßenverkehrsbehörde, zum Schutz der *Bevölkerung* vor Lärm und Abgasen oder zur Unterstützung einer geordneten städtebaulichen Entwicklung die notwendigen Anordnungen zu treffen. Damit entfällt im Vergleich mit § 45 Abs. 1 S. 1 Nr. 3 StVO die Begrenzung auf Wohngebiete. Im übrigen gelten von den **tatbestandlichen** Voraussetzungen her dieselben Überlegungen wie vorstehend ausgeführt. Insbesondere setzt die Norm eine Gefahr im straßenverkehrsrechtlichen Sinne voraus, die jedoch bei bereits eingetretener oder andernfalls zu befürchtender Überschreitung der Grenzwerte ohne weiteres zu bejahen sein dürfte. Hinsichtlich der **Ermessensbetätigung** wäre wie bei der zuerst untersuchten Norm zu beachten, dass die erhofften verkehrlichen Wirkungen in Form von Luftschadstoffverringerungen, Verbesserungen der Verkehrssicherheit und Lärmminderungen von ihrer Größenordnung her in der Lage sein müssen, die zu erwartenden Belastungen der Verkehrsteilnehmer zu rechtfertigen.

3. Sperrung der Innenstadt für Lkw ab 3,5t

Auf dieselben straßenverkehrsrechtlichen Ermächtigungsgrundlagen könnte auch eine Sperrung der Würzburger Innenstadt für den Lkw-Durchgangsverkehr gestützt werden. Eine solche Verkehrsbeschränkung wäre mit einer Ausnahme für Anlieger zu versehen und würde nach unseren Berechnungen an fast allen Immissionsorten in der Innenstadt kleine, aber in Tendenz und Gesamtwirkung nicht nur zu vernachlässigende Verbesserungen der Stickstoffdioxid-Belastungen mit sich bringen. An den meisten Standorten beliefe sich die Verringerung der NO2-Immissionen auf 0,2 bis 0,6 % im Vergleich mit dem berechneten Ist-Zustand. Kleinere „Ausreißer“ nach oben wie nach unten[34] können an diesem Gesamtbild nichts ändern.

Maßnahmen dieser Art können zum Erfolg eines Gesamtkonzeptes beitragen; für sich genommen sind ihre Zielbeiträge so gering, dass die Verkehrsbeschränkungen nicht ohne weiteres gerechtfertigt werden können. Allerdings muss hinsichtlich der Verhältnismäßigkeit der Maßnahme darauf hingewiesen werden, dass die Belastung durch die in Rede stehende Sperrung darin besteht, dass ein anderer als der gewünschte Weg gewählt werden muss, um das Ziel des Verkehrsteilnehmers zu erreichen, nicht dagegen die Anfahrt mit dem gewählten Verkehrsmittel verboten wird. Die schwächere verkehrliche Wirkung hinsichtlich der Luftschadstoffe müsste also von ihrer Art und ihrem Gewicht her nur geeignet sein, den Zwang, einen Umweg nehmen zu müssen, zu rechtfertigen. Allerdings bedeutet dieser

[34] Tabelle Nr. 8-3, Immissionsort Sanderglacisstr. (334) -6,4 %, Grombühlstr. (183) +4,3 %.

Zwang prinzipiell auch eine Verkehrsverlagerung in bisher weniger belastete Gebiete, die den Nettonutzen eines solchen Verkehrsverbots erheblich senken können. Dann käme es darauf an, ob sich die gleichmäßigere, aber im Vergleich mit der Ausgangssituation stärkere Belastung größerer Flächen als günstiger darstellt als die bislang geltende Verkehrsführung. Das wäre bei der Ermessensbetätigung zu berücksichtigen und hinsichtlich der jeweiligen Wirkungen angemessen zu würdigen.

V. Sofortmaßnahmen bei (drohender oder bereits eingetretener) Überschreitung von Immissionsgrenzwerten

Unter Sofortmaßnahmen werden im folgenden solche verkehrsbeschränkenden Maßnahmen verstanden, die angeordnet werden, weil eine Grenzwertüberschreitung bereits eingetreten ist und weitere verhindert werden sollen oder aber eine Überschreitung eines verbindlichen Grenzwertes unmittelbar bevorsteht. Bei Tagesmittelwerten – etwa für PM10 – haben diese Sofortmaßnahmen die Aufgaben, die drohende oder weitere Überschreitung der Grenzwerte an einem oder mehreren bestimmten Tagen zu verhindern. Bei Jahresmittelwerten kommt ihnen die Funktion zu, solche Schadstoffbelastungen zu verhindern, die über ein Jahr gemittelt zu einer Überschreitung des Jahresmittelwertes führen würden. In beiden Fällen ist an solche Maßnahmen gedacht, die nicht dauerhaft, sondern temporär und mit Blick auf eine kurzzeitige besondere lufthygienische Lage hin angeordnet werden. Insbesondere könnten Pförtnerampeln, die die Einfahrt in die besonders belastete Gebiete begrenzen, zu einer solchen lokalen und temporären Verbesserung der Luftqualität beitragen. Auch sind zeitlich begrenzte Fahrverbote vorstellbar, die einen Teil der Fahrzeuge betreffen wie etwa Fahrzeuge mit geradem oder ungeradem Kennzeichen. Maßnahmen dieser Art sind nicht modelliert worden, weshalb nachstehend auch keine in diesem Sinne belastbaren rechtlichen Aussagen gemacht werden können.

Was aber im Grundsätzlichen bemerkt werden kann, ist, dass diese Maßnahmen regelmäßig mit erheblichen Einschränkungen für die betroffenen Verkehrsteilnehmer verbunden sind, die eine entsprechend gewichtige Rechtfertigung verlangen.

1. Tatbestandliche Voraussetzungen straßenverkehrsrechtlicher Ermächtigungsgrundlagen

Sie ist zunächst darin zu finden, dass wegen des Gesetzesvorbehalts eine gesetzliche Grundlage für sie vorhanden sein muss. Tatbestandlich kommen hierfür verschiedene Ermächtigungsgrundlagen in Betracht, vor allem § 45 Abs. 1 S. 2 Nr. 3 StVO und § 40 Abs. 2, 3 BImSchG. Ungeachtet einzelner Unterschiede zwischen diesen Tatbeständen gilt es zu beachten, dass der ordnungsrechtliche Charakter der genannten Normen eine Gefahr für die Schutzgüter des Straßenverkehrsrechts oder des BImSchG verlangt, die bei bereits eingetretener oder unmittelbar zu befürchtender Überschreitung der Immissionsgrenzwerte ohne weiteres zu bejahen ist. Auch eine temporäre Maßnahme, die dazu beiträgt, dass der Jahresmittelwert eines Schadstoffs eingehalten wird, erfüllt diese Voraussetzung, wenn feststeht, dass die Einhaltung des Immissionsgrenzwertes ohne sie gefährdet würde.

2. Ermessen

Ob und inwieweit eine Maßnahme dieser Art und Güte einer rechtlichen Überprüfung standhält, ist erst bei Konkretisierung ihrer Ausgestaltung abschließend zu sagen. Im Grundsatz ist das maßgeblich davon abhängig, ob sie dem Verhältnismäßigkeitsgrundsatz genügt. Angesichts der erheblichen Einschränkungen der Verkehrsteilnehmer auf der einen Seite und den Ansprüchen auf Schutz vor Gesundheitsgefahren auf der anderen dürfte eine Grundlinie durch den gefahrenrechtlichen Reziprozitätsgrundsatz gezogen sein, nach dem die an das ordnungsrechtliche Einschreiten gestellten Anforderungen an den Nachweis einer Gesundheitsgefährdung, die Wahrscheinlichkeit eines Schadenseintritts und die Zahl der Betroffenen umso geringer sind, je höher der Wert des betroffenen Schutzgutes ist. Geht es wie im Falle der Schadstoffbelastung mit Feinstaub und Stickstoffdioxid um Gesundheitsschäden, die überwiegend langfristig eintreten, jedoch in ihrer Wirkung zum Teil kanzerogen und im übrigen für weite Teile der betroffenen Bevölkerung erheblich sind, dürfen nicht zu hohe Anforderungen an das verkehrspolizeiliche Einschreiten gestellt werden.

Es darf aber auch nicht übersehen werden, dass temporäre Verkehrsbeschränkungen den Verkehrsteilnehmern kurzfristig kaum Möglichkeiten geben, umweltfreundlichere Alternativen zu suchen und zu benutzen. Erhebliche räumliche Verkehrsverlagerungen innerhalb des Sektors des Kraftfahrzeugverkehrs sind daher zu erwarten, die die Wirkungen temporärer Verkehrsbeschränkungen abschwächen oder räumlich anders verteilen. Auch weitere Wirkungen wären abzuschätzen und in die Abwägung einzustellen, so zum Beispiel Anpassungseffekte hinsichtlich der Fahrzeugdichte bei den an das Kennzeichen anknüpfenden Fahrverboten, die Stauentwicklung im Falle einer Pförtnerampel oder Folgen für die Attraktivität eines Wirtschaftsstandortes im allgemeinen bei häufiger und nicht vorherzusehender Heranziehung solcher Instrumente.

Insgesamt lässt sich sagen, dass Sofortmaßnahmen im Sinne temporärer Verkehrsbeschränkungen einer gesetzlichen Grundlage bedürfen und im Falle bereits eingetretener oder bevorstehender Überschreitung eines Immissionsgrenzwertes grundsätzlich durchaus in Betracht kommen. Ihre rechtliche Zulässigkeit setzt aber voraus, dass die luftschadstoffmindernden Wirkungen hinreichend verlässlich abgeschätzt werden können. Da sich das zu beachtende Gebot gerechter Abwägung auf alle den Umständen nach zu betrachtende Belange erstreckt, wären auch die sonstigen Effekte einer solchen Maßnahme abzuschätzen und gegebenenfalls mit alternativ in Betracht zu ziehenden verkehrlichen oder sonstigen Maßnahmen zu vergleichen. Sollen solchen Instrumente ohne ein zu großes Risiko einer gerichtlichen Aufhebung angeordnet werden, ist es ratsam, die Prüfung der möglichen Auswirkungen in tatsächlicher Hinsicht sorgfältig vorzunehmen und in rechtlicher Hinsicht in gleicher Weise zu prüfen.

VI. Fazit straßenverkehrsrechtliche Prüfung

Unter den geprüften und in ihren Wirkungen berechneten Maßnahmen ist keine, die bereits alleine die Einhaltung der zwingenden Immissionsgrenzwerte bewirken könnte. Nur ein Maßnahmenbündel wird in der Lage sein, dies zu erreichen. Welches Konzept das tun könnte und wie die Wechselwirkungen der verschiedenen Maßnahmen zu beurteilen wären, wäre

angesichts der geltenden Immissionsgrenzwerte dringend zu untersuchen, war aber nicht Gegenstand des vorliegenden Berichts.

Bei den einzelnen Instrumenten lassen für sich betrachtet aber **fast ausnahmslos positive Zielerreichungsbeiträge** feststellen, die auch davon abhängig sind, wie groß der Verkehrsanteil an den jeweiligen Schadstoffimmissionen ist. Insofern gilt, dass die PM10-Immissionen das kleinere Problem darstellen und die Stickstoffdioxidimmissionen das größere. Bei PM10 sind schon in dem berechneten Ist-Zustand für das Jahr 2011 keine Grenzwertüberschreitungen zu beobachten. Im Verkehrsbereich bestehen hier wegen des geringeren Verkehrsanteils auch nur geringe Handlungsspielräume. Hinsichtlich des Stickstoffdioxids sind dagegen Grenzwertüberschreitungen festzustellen, die auch mit Maßnahmen im Verkehrsbereich eher beeinflusst werden können.

Die Einrichtung einer **Umweltzone** gehört wie die großräumige **Einführung von Tempo 30** zu den Maßnahmen, die durchaus als Elemente eines Gesamtkonzepts in Erwägung gezogen werden können. Sie sind im Grundsatz rechtlich zulässig, brächten fühlbare Verbesserungen der Immissionssituation mit sich und unterscheiden sich in den untersuchten Varianten nur unwesentlich. Am besten und damit auch als am leichtesten rechtlich zu rechtfertigen haben sich die stadtweite Umweltzone und die Tempo 30-Anordnung bei Beachtung eines Vorrangnetzes (T30VN) erwiesen. Ihnen stehen aus rechtlicher Sicht keine durchgreifenden Hindernisse entgegen.

Verkehrsverlagerungen stehen weder der Anordnung einer Umweltzone noch der Geschwindigkeitsbeschränkung auf 30 km/h entgegen, wenn das Vorrangnetz von der Geschwindigkeitsbeschränkung ausgenommen wird (T30VN). Bei Tempo 30 FD flächendeckend gibt es zwei Verlagerungseffekte: zum einen wird die Stadt weniger von dem Autobahnverkehr belastet werden, für den die B19 eine Abkürzung darstellt. Das spricht aus Sicht des Verkehrsimmissionsschutzes für T30 FD. Zum anderen aber verteilt sich dann der Verkehr in der Stadt auf alle Straßen einschließlich der Wohngebiete, deren Schadstoff- und Lärmbelastung erheblich zunehmen dürfte. Auch insoweit empfiehlt sich daher T30 mit Vorrangnetz.

Verkehrsverlagerungen in bisher weniger belastete Straßen spielen auch eine Rolle im Rahmen der bereits vor einigen Jahren unter Beschränkung des Verbots auf den Durchgangsverkehr geprüften und von uns in einer verschärften Variante untersuchten **Sperrung der B19 für Lkw ab 3,5 t.** Sie dürfte nicht von vornherein unzulässig sein, setzt aber zu ihrer rechtmäßigen Anordnung eine nachvollziehbare Rechtfertigung für die Inkaufnahme der erwähnten zusätzlichen Belastung bestimmter Quartiere voraus. Die ebenfalls untersuchte **Sperrung der Innenstadt für Lkw** mit Ausnahme des Anliegerverkehrs hätte geringe, aber in der Tendenz deutlich positive Folgen für die dortige Stickstoffdioxidbelastung. Da sie mit Blick auf die Belastung der Verkehrsteilnehmer lediglich einen Zwang bedeuten würde, einen Umweg nehmen zu müssen, dürften diese geringen Effekte bereits in der Lage sein, den Umwegszwang zu rechtfertigen, solange nicht die Verkehrsverlagerung die Wirkungen der Maßnahme insgesamt annulliert oder sie gar ins Gegenteil verkehrt.

Die drastischen **Sofortmaßnahmen** wie die Einrichtung von Pförtnerampeln oder ein wechselndes Fahrverbot bestimmter „Fahrzeugklassen“ wie den Fahrzeugen mit ungeradem oder geradem Kennzeichen können erst dann verkehrsfachlich und rechtlich abschließend ge-

würdigt werden, wenn sie hinreichend spezifiziert sind. Im Grundsatz gilt, dass ihre Verhängung einer gesetzlichen Grundlage bedarf, die in verschiedenen Tatbeständen des Straßenverkehrsrechts aber auch gefunden werden kann, wenn ohne diese Maßnahmen die Einhaltung der Immissionsgrenzwerte nicht sichergestellt werden kann. Je greifbarer die Wahrscheinlichkeit einer Immissionsgrenzwertüberschreitung ist und je höher sie auszufallen droht, desto leichter fällt die Rechtfertigung auch massiver Einschränkungen des Kfz-Verkehrs. Der Anteil des Kfz-Verkehrs muss dabei allerdings im Verhältnis zu anderen Emittentengruppen betrachtet werden.

Literaturverzeichnis Teil 2

Bayerisches Landesamt für Umwelt, Lufthygienischer Jahresbericht 2010, Augsburg 2011.

dass., Lufthygienischer Jahresbericht 2011, Augsburg 2012.

Bouska, Wolfgang, Änderungen der Straßenverkehrs-Ordnung ab 1. Februar 2001, NZV 2001, 27-30.

Dr. Brenner Ingenieurgesellschaft mbH, Stadt Würzburg. Pilotstudie Lkw-Transitverkehr. Schlussbericht, 2007.

Hofmann, Ekkehard, Der Schutz vor Immissionen des Verkehrs : ökonomische Anforderungen an Maßnahmen des Verkehrsimmissionsschutzes am Beispiel der Luftreinhaltung und ihre Zulässigkeit Uach deutschem und europäischem Recht, Baden-Baden 1997.

Giesberts, Ludger/Reinhardt, Michael, Beck'scher Onlinekommentar Umweltrecht, München Stand: 1.1.2104.

Jarass, Hans D., Bundes-Immissionsschutzgesetz: BImSchG unter Berücksichtigung der Bundes-Immissionsschutzverordnungen, der TA Luft sowie der TA Lärm, 10. Auflage, München 2013.

Hentschel, Peter/König, Peter/Dauer, Peter (Hrsg.), Straßenverkehrsrecht, 42. Auflage, München 2013.

Landmann/Rohmer, Umweltrecht, (Beckmann, Martin/Durner, Wolfgang/Mann, Thomas/Röckinghausen, Marc (Hrsg.)), Stand: 1. August 2013, 70. Erg.lfg, München 2013.

Regierung von Unterfranken, Luftreinhalteplan für die Stadt Würzburg, 1. Fortschreibung, Würzburg 2010.

Rehbinder, Eckard, Gutachten über Rechtsfragen von Verkehrsverboten, Verkehrsbeschränkungen und Abgaben zur Verminderung verkehrsbedingter Luftverunreinigungen in Ballungsgebieten, erstattet für die Stadt Frankfurt am Main, Frankfurt am Main 1993 (zitiert als *Rehbinder*, Frankfurt-Gutachten).

Sachverständigen Rat für Umweltfragen (SRU), Umwelt und Straßenverkehr, Hohe Moblität - Umweltverträglicher Verkehr, Sondergutachten, Berlin 2005.

Schenke, Wolf-Rüdiger, Die Zulässigkeit verkehrsbeschränkender Maßnahmen in Verbindung mit dem von der baden-württembergischen Landesregierung geplanten Modellversuch zur Senkung von Ozonspitzenkonzentrationen, WiVerw 1993, 145-205.

SCHOLZ, WERNER/KLEINEBRAHM, MARTIN/STEVEN, HEINZ, MOBILE ABGASMESSUNGEN AN DIESELFAHRZEUGEN MIT PEMS-MESSTECHNIK IM REALEN STRAßENVERKEHR, IMMISSIONSSCHUTZ 2012, S. 104-124.

SCHURIG, ROLAND, KOMMENTAR ZUR NEUEN STRAßENVERKEHRS-ORDNUNG MIT VWV-STVO, 14. AUFLAGE, BONN 2013.

STADT WÜRZBURG, INTEGRIERTES KLIMASCHUTZKONZEPT, WÜRZBURG 2012.

STEINER, UDO, ZULÄSSIGKEIT UND GRENZEN DER VERKEHRSRECHTLICHEN ANORDNUNG VON NACHTFAHRVERBOTEN ZU LASTEN DES LASTKRAFTWAGENVERKEHRS AUF BUNDESSTRAßEN, DAR 1994, S. 341-348.

TOENGES-SCHULLER, NICOLA/SCHNEIDER, CHRISTIANE/ SCHOLZ, WERNER, EIN VERFAHREN ZUR EINSCHÄTZUNG DER WIRKUNG VON T30 AUF INNERÖRTLICHEN HAUPTVERKEHRSSTRAßEN AUF DIE NO_X-EMISSIONEN , IMMISSIONSSCHUTZ 2012, 174-181.