

**Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,
Aerodynamik, Umweltsoftware**

An der Roßweid 3, D-76229 Karlsruhe

Telefon: +49 (0) 721 / 6 25 10 - 0

E-Mail: info.ka@lohmeyer.de

URL: www.lohmeyer.de

Messstelle nach §§ 26, 28 BImSchG

WIRKUNGEN EINER ETWAIGEN UMWELTZONE IM BEREICH KOBLENZ ALTSTADT

SCREENING KFZ-BEDINGTER SCHADSTOFFEMISSIONEN UND – IMMISSIONEN IM STADTZENTRUM

Auftraggeber: Stadtverwaltung Koblenz
Amt für Stadtentwicklung und Bauordnung
Bahnhofstraße 47
56068 Koblenz

Dipl.-Ing. H. Lorentz

Dr. rer. nat. I. Düring

Januar 2010
Projekt 60262-04-01_UZ
Berichtsumfang 55 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

0	ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	1
1	ZUSAMMENFASSUNG	3
2	AUFGABENSTELLUNG UND VORGEHENSWEISE	5
3	ZUSAMMENFASSUNG DER BEURTEILUNGSWERTE	7
4	EINGANGSDATEN	8
	4.1 Verkehrsdaten	8
	4.2 Bebauung	12
	4.3 Meteorologische Daten	12
	4.4 Schadstoffhintergrundbelastung	12
5	EMISSIONEN	16
	5.1 Betrachtete Schadstoffe	16
	5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	16
	5.2.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren	16
	5.2.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren	18
	5.2.3 Fahrzeugflotte	20
6	ERGEBNISSE	27
	6.1 Stickstoffdioxid.....	27
	6.2 PM10	35
	6.3 Fazit	36
7	LITERATUR	41
	ANHANG A1: BERECHNUNGSVERFAHREN PROKAS.....	44
	ANHANG A2: ÜBERSCHREITUNGSHÄUFIGKEIT DER STUNDEN- UND TAGESMITTELWERTE	53

Hinweise:

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch Name und Jahreszahl zitiert. Im Kapitel Literatur findet sich dann die genaue Angabe der Literaturstelle.

Es werden Dezimalpunkte (= wissenschaftliche Darstellung) verwendet, keine Dezimalkommas. Eine Abtrennung von Tausendern erfolgt durch Leerzeichen.

0 ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Emission / Immission

Als Emission bezeichnet man die von einem Fahrzeug ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Milligramm Schadstoff pro Kilometer oder bei anderen Emittenten in Gramm pro Stunde. Die in die Atmosphäre emittierten Schadstoffe werden vom Wind verfrachtet und führen im umgebenden Gelände zu Luftschadstoffkonzentrationen, den so genannten Immissionen. Diese Immissionen stellen Luftverunreinigungen dar, die sich auf Menschen, Tiere, Pflanzen und andere Schutzgüter überwiegend nachteilig auswirken. Die Maßeinheit der Immissionen am Untersuchungspunkt ist μg (oder mg) Schadstoff pro m^3 Luft ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder mg/m^3).

Hintergrundbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung

Als Hintergrundbelastung werden im Folgenden die Immissionen bezeichnet, die bereits ohne die Emissionen des Straßenverkehrs auf den betrachteten Straßen an den Untersuchungspunkten vorliegen. Die Zusatzbelastung ist diejenige Immission, die ausschließlich vom Verkehr auf dem zu untersuchenden Straßennetz oder der zu untersuchenden Straße hervorgerufen wird. Die Gesamtbelastung ist die Summe aus Hintergrundbelastung und Zusatzbelastung und wird in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder mg/m^3 angegeben.

Grenzwerte / Vorsorgewerte

Grenzwerte sind zum Schutz der menschlichen Gesundheit vom Gesetzgeber vorgeschriebene Beurteilungswerte für Luftschadstoffkonzentrationen, die nicht überschritten werden dürfen, siehe z.B. Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Vorsorgewerte stellen zusätzliche Beurteilungsmaßstäbe dar, die zahlenmäßig niedriger als Grenzwerte sind und somit im Konzentrationsbereich unterhalb der Grenzwerte eine differenzierte Beurteilung der Luftqualität ermöglichen.

Jahresmittelwert / 98-Perzentilwert / Kurzzeitwert (Äquivalentwert)

An den betrachteten Untersuchungspunkten unterliegen die Konzentrationen der Luftschadstoffe in Abhängigkeit von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Verkehrsaufkommen etc. ständigen Schwankungen. Die Immissionskenngößen Jahresmittelwert, 98-Perzentilwert und weitere Kurzzeitwerte charakterisieren diese Konzentrationen. Der Jahresmittelwert stellt den über das Jahr gemittelten Konzentrationswert dar. Eine Einschränkung hinsichtlich Beurteilung der Luftqualität mit Hilfe des Jahresmittelwertes besteht darin, dass er nichts über Zeiträume mit hohen Konzentrationen aussagt. Eine das ganze Jahr über konstante Konzentration kann zum gleichen Jahresmittelwert führen wie eine zum Beispiel tagsüber sehr

hohe und nachts sehr niedrige Konzentration. Der Gesetzgeber hat deshalb zusätzlich zum Jahresmittelwert z.B. den so genannten 98-Perzentilwert (oder 98-Prozent-Wert) der Konzentrationen eingeführt. Das ist derjenige Konzentrationswert, der in 98 % der Zeit des Jahres unterschritten wird.

Die Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (22. BImSchV) fordert die Einhaltung weiterer Kurzzeitwerte in Form des Stundenmittelwertes der NO₂-Konzentrationen von 200 µg/m³, der nicht mehr als 18 Stunden pro Jahr überschritten werden darf, und des Tagesmittelwertes der PM10-Konzentration von 50 µg/m³, der maximal an 35 Tagen überschritten werden darf. Da diese Werte derzeit nicht direkt berechnet werden können, erfolgt die Beurteilung hilfsweise anhand von abgeleiteten Äquivalentwerten auf Basis der 98-Perzentil- bzw. Jahresmittelwerte. Diese Äquivalentwerte sind aus Messungen abgeleitete Kennwerte, bei deren Unterschreitung auch eine Unterschreitung der Kurzzeitwerte erwartet wird.

Verkehrssituation

Emissionen und Kraftstoffverbrauch der Kraftfahrzeuge (Kfz) hängen in hohem Maße vom Fahrverhalten ab, das durch unterschiedliche Betriebszustände wie Leerlauf im Stand, Beschleunigung, Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit, Bremsverzögerung etc. charakterisiert ist. Das typische Fahrverhalten kann zu so genannten Verkehrssituationen zusammengefasst werden. Verkehrssituationen sind durch die Merkmale eines Straßenabschnitts wie Geschwindigkeitsbeschränkung, Ausbaugrad, Vorfahrtregelung etc. charakterisiert. In der vom Umweltbundesamt herausgegebenen Datenbank „Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ sind für verschiedene Verkehrssituationen Angaben über Schadstoffemissionen angegeben.

Feinstaub / PM10 / PM2.5

Mit Feinstaub / PM10 / PM2.5 werden alle Partikel bezeichnet, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Partikeldurchmesser von 10 µm bzw. 2.5 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist.

1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Stadt Koblenz benötigt zur Einschätzung der Immissionssituation im Stadtgebiet Emissions- und Immissionsberechnungen. Im Luftreinhalteplan Koblenz (LUWG, 2008) wird als Minderungsmaßnahme die Einrichtung einer Umweltzone vorgeschlagen. Die mögliche Wirkung einer Umweltzone soll durch den Vergleich der Emissions- und Luftschadstoffausbreitungsrechnungen abgeschätzt werden.

Es sollen unterschiedliche Szenarien betrachtet und die Ergebnisse mit den Grenzwerten der 22. BImSchV verglichen werden.

Es wurden NO₂- und PM₁₀-Immissionen in Straßenschluchten des Hauptverkehrsstraßen in Koblenz berechnet. Besonders wurde der Bereich der Altstadt betrachtet, wo die Einrichtung einer Umweltzone diskutiert wird. Folgende Fälle wurden betrachtet:

- Istzustand für das Jahr 2008
- Nullfall für das Jahr 2010
- Umweltzone 1 (nur Grüne Plakette zugelassen, Ausnahme Linienbusse) für das Jahr 2010
- Umweltzone 2 (nur Grüne Plakette zugelassen, ohne Ausnahmen) für das Jahr 2010.

Die Umweltzone ist so definiert, dass nur Fahrzeuge mit grüner Plakette zugelassen sind. In der Umweltzone 1 dürfen Linienbusse auch ohne grüne Plakette einfahren, Umweltzone 2 erlaubt keine Ausnahmen. Änderungen des Verkehrsaufkommens, die sich auf Grundlage der geänderten Verkehrsströme ergeben, wurden berücksichtigt. Dabei wurde davon ausgegangen, dass 50 % der Fahrzeuge, die keine grüne Plakette haben, mit Fahrzeugen mit grüner Plakette ersetzt werden. Die anderen 50 % fahren nicht in die Umweltzone.

Bei der Emissionsbestimmung wurden die NO_x-Emissionsfaktoren nach „Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 2.1 (UBA, 2004) verwendet.

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen wurden für das Bezugsjahr 2008 (Istzustand) und für das Bezugsjahr 2010 (Nullfall und Umweltzone 1 und 2) die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen und -immissionen ermittelt.

Unter Einbeziehung der Auftretenshäufigkeit aller möglichen Fälle der meteorologischen Verhältnisse (lokale Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik), der berechneten Emissionen des Verkehrs auf den Straßen innerhalb des Untersuchungsgebietes und des Wochengangs der Emissionen werden die auftretenden Immissionen mit dem Berechnungsverfahren PROKAS berechnet.

Aus der Häufigkeitsverteilung der berechneten verkehrsbedingten Schadstoffkonzentrationen (Zusatzbelastung) werden die statistischen Immissionskenngrößen Jahresmittel- bzw. Kurzzeitwerte des untersuchten Luftschadstoffes ermittelt. Dieser Zusatzbelastung, verursacht vom Verkehr innerhalb des Untersuchungsgebietes, wird die großräumig vorhandene Hintergrundbelastung überlagert. Die Hintergrundbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne die Emissionen auf den berücksichtigten Straßen vorläge, wird auf der Grundlage von Messwerten an nahe gelegenen Messstandorten abgeschätzt.

Ergebnis

Von berechneten Überschreitungen des PM10-24h-Grenzwertes und des NO₂-Jahresmittelwertes sind Straßenschluchten im Bereich der Innenstadt und in den Ortsteilen Ehrenbreitstein, Moselweiß, Lützel sowie Metternich betroffen. Die Einführung einer Umweltzone, in die nur Fahrzeuge mit grüner Plakette (besser als EURO3) einfahren dürfen, aber Linienbusse ausgenommen werden, hat keine signifikante Minderungswirkung der NO₂- und PM10-Belastung zur Folge. Die Einführung einer Umweltzone, in die ausnahmslos Fahrzeuge mit grüner Plakette einfahren dürfen, führt zu einer relevanten Minderung der Schadstoffbelastung von NO₂ und PM10.

Durch die in vorliegendem Gutachten zu Grunde gelegten Umweltzone werden Bereiche mit Grenzwertüberschreitungen wie Ehrenbreitstein und der Straßenzug Mayerner Straße, Trierer Straße, Rügenacher Straße in Lützel bzw. Metternich nicht entlastet.

2 AUFGABENSTELLUNG UND VORGEHENSWEISE

Die Stadt Koblenz benötigt zur Einschätzung der Immissionssituation im Stadtgebiet Emissions- und Immissionsberechnungen. Im Luftreinhalteplan Koblenz (LUWG, 2008) wird als Minderungsmaßnahme die Einrichtung einer Umweltzone vorgeschlagen. Die mögliche Wirkung einer Umweltzone soll durch den Vergleich der Emissions- und Luftschadstoffausbreitungsrechnungen abgeschätzt werden.

Es sollen unterschiedliche Szenarien betrachtet und die Ergebnisse mit den Grenzwerten der 22. BImSchV verglichen werden.

Es wurden NO₂- und PM₁₀-Immissionen in Straßenschluchten des Hauptverkehrsstraßen in Koblenz berechnet. Besonders wurde der Bereich der Altstadt betrachtet, wo die Einrichtung einer Umweltzone diskutiert wird. Folgende Fälle wurden betrachtet:

- Istzustand für das Jahr 2008
- Nullfall für das Jahr 2010
- Umweltzone 1 (nur Grüne Plakette zugelassen, Ausnahme Linienbusse) für das Jahr 2010
- Umweltzone 2 (nur Grüne Plakette zugelassen, ohne Ausnahmen) für das Jahr 2010.

Die Umweltzone ist so definiert, dass nur Fahrzeuge mit grüner Plakette zugelassen sind. In der Umweltzone 1 dürfen Linienbusse auch ohne grüne Plakette einfahren, Umweltzone 2 erlaubt keine Ausnahmen. Änderungen des Verkehrsaufkommens, die sich auf Grundlage der geänderten Verkehrsströme ergeben, wurden berücksichtigt. Dabei wurde davon ausgegangen, dass 50 % der Fahrzeuge, die keine grüne Plakette haben, mit Fahrzeugen mit grüner Plakette ersetzt werden. Die anderen 50 % fahren nicht in die Umweltzone.

Bei der Emissionsbestimmung werden die NO_x-Emissionsfaktoren nach „Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 2.1 (UBA, 2004) verwendet.

Es wurden Emissionsfaktoren entsprechend der im HBEFA Version 2.1 deutschlandweit definierten Fahrzeugflotte für den Istzustand, Nullfall und für die Umweltzone erzeugt.

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen werden für das Bezugsjahr 2008 (Istzustand) und für das Bezugsjahr 2010 (Nullfall und Umweltzone

1 und 2) die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen und -immissionen ermittelt.

Unter Einbeziehung der Auftretenshäufigkeit aller möglichen Fälle der meteorologischen Verhältnisse (lokale Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik), der berechneten Emissionen des Verkehrs auf den Straßen innerhalb des Untersuchungsgebietes und des Wochengangs der Emissionen werden die auftretenden Immissionen mit dem Berechnungsverfahren PROKAS (siehe Anhang A1) berechnet.

Aus der Häufigkeitsverteilung der berechneten verkehrsbedingten Schadstoffkonzentrationen (Zusatzbelastung) werden die statistischen Immissionskenngrößen Jahresmittel- bzw. Kurzzeitwerte des untersuchten Luftschadstoffes ermittelt. Dieser Zusatzbelastung, verursacht vom Verkehr innerhalb des Untersuchungsgebietes, wird die großräumig vorhandene Hintergrundbelastung überlagert. Die Hintergrundbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne die Emissionen auf den berücksichtigten Straßen vorläge, wird auf der Grundlage von Messwerten an nahe gelegenen Messstandorten abgeschätzt.

3 ZUSAMMENFASSUNG DER BEURTEILUNGSWERTE

In **Tab. 3.1** werden die in der vorliegenden Studie verwendeten und im Anhang A1 erläuterten Beurteilungswerte für die relevanten Autoabgaskomponenten zusammenfassend dargestellt. Diese Beurteilungswerte sowie die entsprechende Nomenklatur werden im vorliegenden Gutachten durchgängig verwendet.

Schadstoff	Beurteilungswert	Zahlenwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
		Jahresmittel	Kurzzeit
NO ₂	Grenzwert bis 2009	-	200 (98-Prozent-Wert)
NO ₂	Grenzwert ab 2010	40	200 (Stundenwert, maximal 18 Überschreitungen/Jahr)
Benzol	Grenzwert ab 2010	5	-
PM10	Grenzwert ab 2005	40	50 (Tagesmittelwert, maximal 35 Überschreitungen/Jahr)

Tab. 3.1: Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffimmissionen nach 22. BImSchV (2007)

Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch den Vergleich relativ zum jeweiligen Grenzwert.

Weiter orientiert sich die Bewertung an der Einstufung von Schadstoffimmissionen (siehe **Tab. 3.2**) durch die Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg (LfU, 1993).

Immissionen in % der entsprechenden Grenzwerte	Bewertung
bis 10 %	sehr niedrige Konzentrationen
über 10 % bis 25 %	niedrige Konzentrationen
über 25 % bis 50 %	mittlere Konzentrationen
über 50 % bis 75 %	leicht erhöhte Konzentrationen
über 75 % bis 90 %	erhöhte Konzentrationen
über 90 % bis 100 %	hohe Konzentrationen
über 100 % bis 110 %	geringfügige Überschreitungen
über 110 % bis 150 %	deutliche Überschreitungen
über 150 %	hohe Überschreitungen

Tab. 3.2: Bewertung von Immissionen nach LfU (1993)

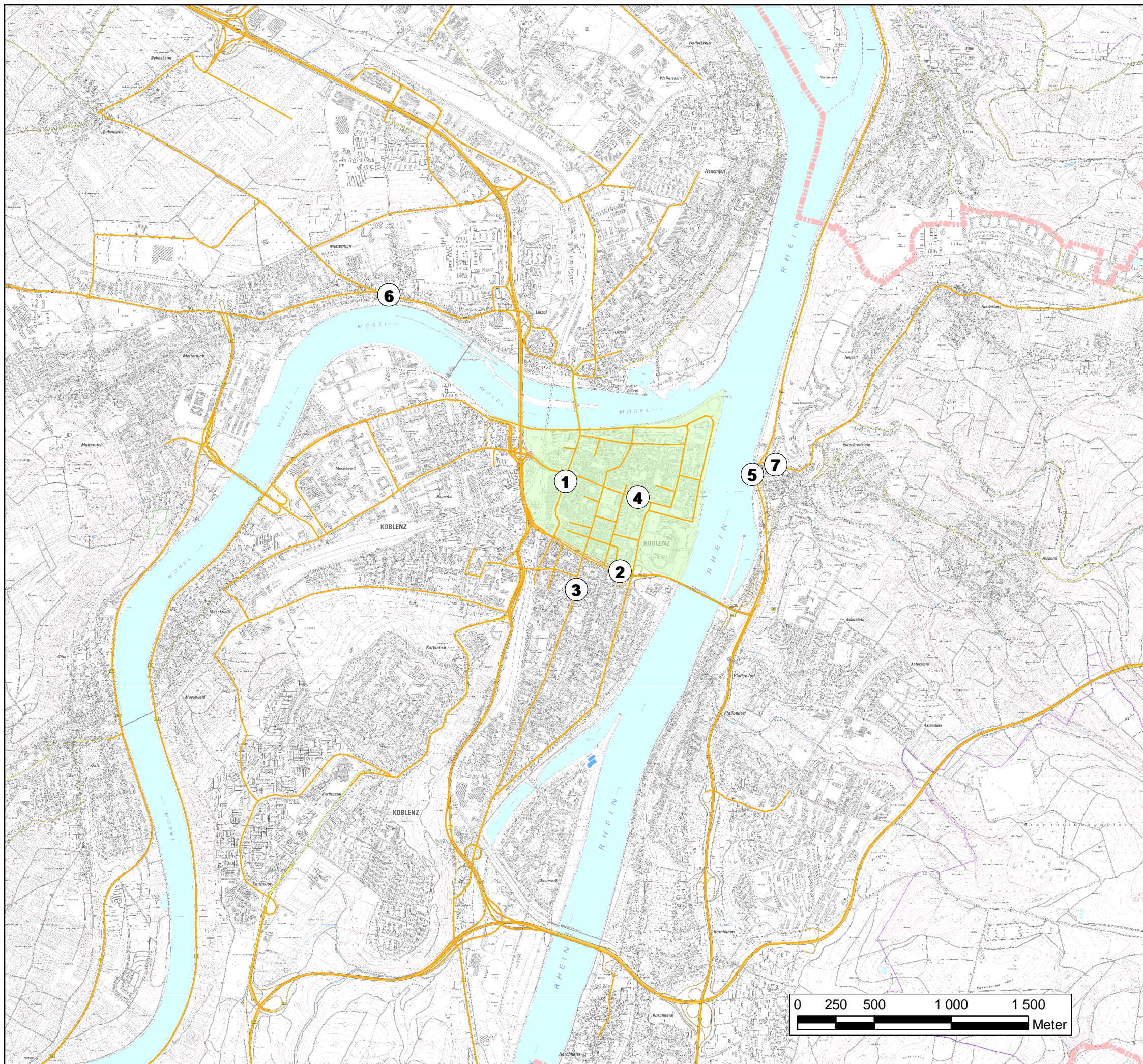
4 EINGANGSDATEN

Für die Emissions- bzw. Immissionsberechnungen sind als Eingangsgrößen die Lage des Straßennetzes im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet, die Bebauungssituation und verkehrsspezifische Informationen von Bedeutung. Für das Untersuchungsgebiet wurden die Verkehrsdaten durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt.

Die Lage des Untersuchungsgebietes mit dem umliegenden Straßennetz sind in **Abb. 4.1** aufgezeigt. Weitere Grundlagen der Immissionsberechnungen sind die basierend auf den Verkehrsdaten berechneten Schadstoffemissionen, die meteorologischen Daten und die Schadstoffhintergrundbelastung.

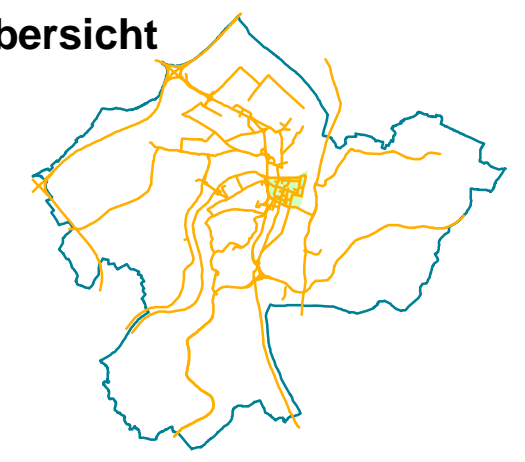
4.1 Verkehrsdaten

Die mittleren Verkehrsstärken (Mo-So) und LKW-Anteile (>3.5 t) für den Istzustand und die Prognosefälle beruhen auf Angaben vom Auftraggeber. Der DTV ist in **Abb. 4.2** und die LKW-Anteile inklusive Reise- und Linienbusse in **Abb. 4.3** dargestellt. Die Verkehrsmengen bleiben für den Istzustand 2008 und den Nullfall 2010 unverändert. Die geringfügigen Veränderungen durch die Umgestaltung am Clemensplatz wurde in den Null- und Planfällen 2010 ausgeklammert, um eine Vergleichbarkeit mit dem Istzustand zum Beauftragungszeitpunkt zu gewährleisten. Die verschiedenen Baustellenzustände im Jahr 2010 im Zusammenhang mit der Bundesgartenschau 2011 und der Herstellung einiger Hochbauprojekten ergeben ständig wechselnde Situationen im Jahr 2010, die nicht differenzierbar modellierbar sind. Änderungen des Verkehrsaufkommens, die sich auf Grund der Einführung der Umweltzone 1 bzw. Umweltzone 2 ergeben, wurden berücksichtigt. Dabei wurde davon ausgegangen, dass 50 % der Fahrzeuge, die keine grüne Plakette haben, durch Fahrzeuge mit grüner Plakette ersetzt werden. Die anderen 50 % fahren nicht in die Umweltzone. Busse wurden dabei ausgenommen. Für die Linienbusse wurde vom Auftraggeber für den Bereich der Umweltzone das Verkehrsaufkommen zur Verfügung gestellt. Auf Straßenabschnitten ohne gesonderte Ausweisung der Linienbusse wurde der Anteil der Linienbusse entsprechend HBEFA2.1 gewählt. Hier wurden zusammengefasste Aufkommenswerte für LKW-, Linien- und Reisebusse übermittelt.



Untersuchungsgebiet

Übersicht



- ① Untersuchungspunkte
- Berücksichtigtes Straßennetz
- Umweltzone (Vorschlag)
- - - - - Stadtgrenze

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
 Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
 Telefon 0351/ 83914-0

Auftraggeber:
 Stadtverwaltung Koblenz
 Stadtplanungsamt
 Bahnhofstraße 47
 56068 Koblenz

Wirkungen einer etwaigen Umweltzone
 im Bereich Koblenz Altstadt
 Screening kfz-bedingter Schadstoffemissionen
 und -immissionen



	Datum	Zeichen
gezeichnet	03.12.09	VS
geprüft	18.01.10	HL
Projekt	60262-04-01	

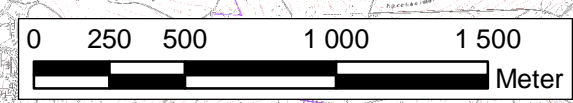
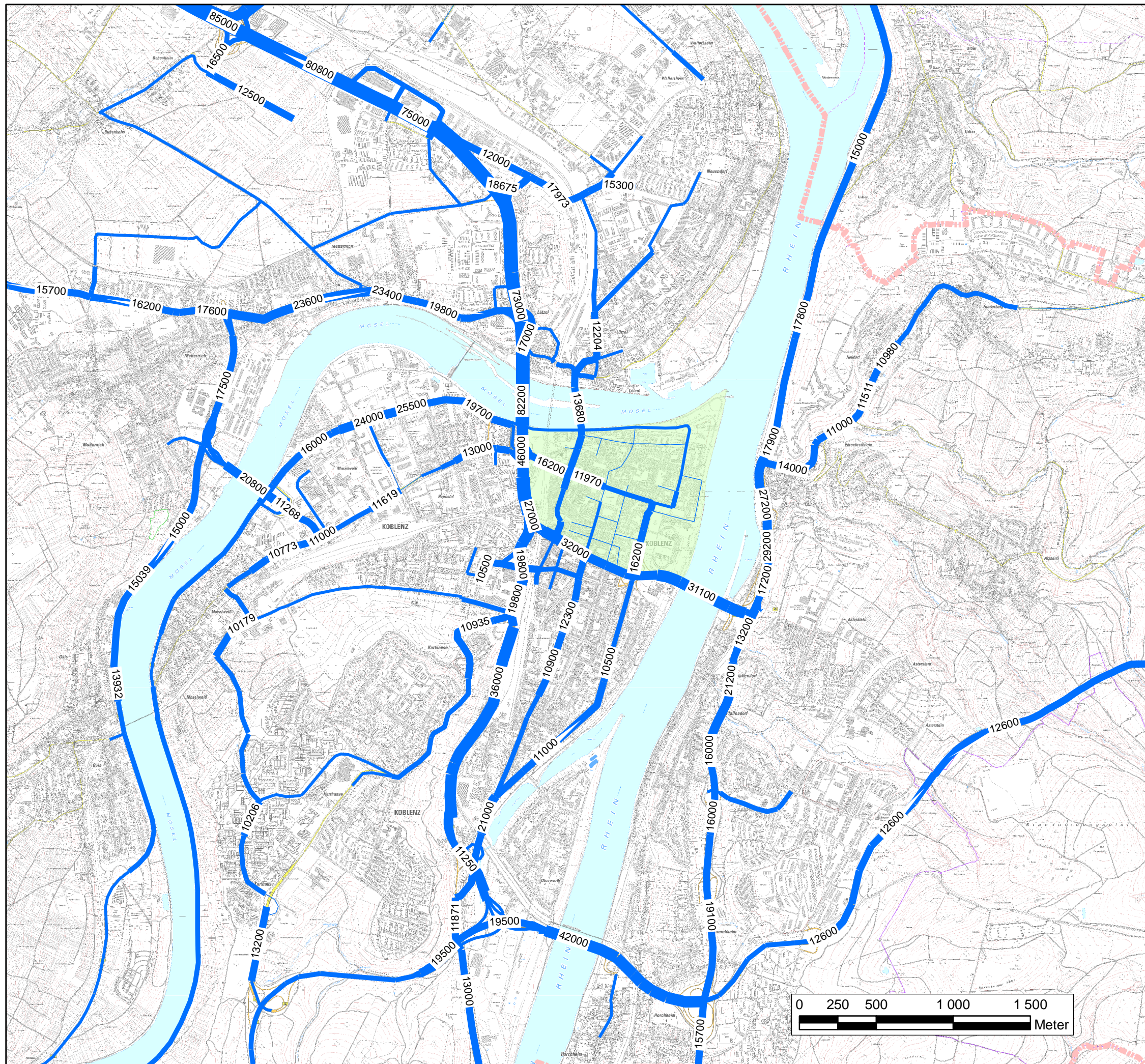


Abb. 4.1



Durchschnittlich täglicher Verkehr DTV (Mo-So)

Übersicht



DTV Mo-So

- <= 5000
- <= 7500
- <= 10000
- <= 20000
- <= 30000
- <= 50000
- > 50000
- Umweltzone (Vorschlag)
- Stadtgrenze

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
 Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
 Telefon 0351/ 83914-0

Auftraggeber:
 Stadtverwaltung Koblenz
 Stadtplanungsamt
 Bahnhofstraße 47
 56068 Koblenz

Wirkungen einer etwaigen Umweltzone
 im Bereich Koblenz Altstadt
 Screening kfz-bedingter Schadstoffemissionen
 und -immissionen



	Datum	Zeichen
gezeichnet	03.12.09	VS
geprüft	18.01.10	HL
Projekt	60262-04-01	

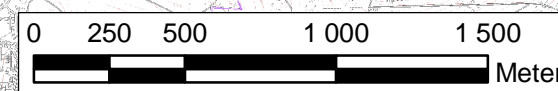
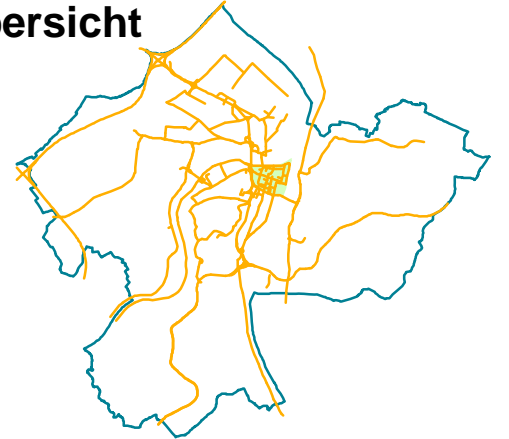


Abb. 4.2

LKW-Anteil (>3.5 t) am DTV in Prozent

Übersicht



LKW (>3.5 t) in %

- ≤ 1.5
- ≤ 2.7
- ≤ 7.4
- ≤ 18.5
- ≤ 40.0
- ≤ 80.0
- > 80
- Umweltzone (Vorschlag)
- Stadtgrenze

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
 Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
 Telefon 0351/ 83914-0

Auftraggeber:
 Stadtverwaltung Koblenz
 Stadtplanungsamt
 Bahnhofstraße 47
 56068 Koblenz

Wirkungen einer etwaigen Umweltzone
 im Bereich Koblenz Altstadt
 Screening kfz-bedingter Schadstoffemissionen
 und -immissionen



	Datum	Zeichen
gezeichnet	03.12.09	VS
geprüft	15.01.10	HL
Projekt	60262-04-01	

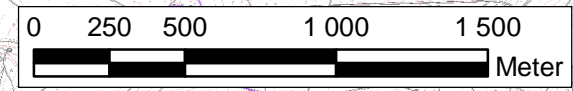


Abb. 4.3

4.2 Bebauung

In PROKAS wird für diese Straßenabschnitte mit dem sog. Bebauungsmodul gerechnet (PROKAS_B). Es beruht auf Ausbreitungsrechnungen mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM für die idealisierten Straßenrandbebauungen (Bebauungstypen). Im Falle von vorliegender Randbebauung an einem Straßenabschnitt wird dieser sog. Bebauungstypen zugeordnet. In die Bestimmung der Bebauungstypen gehen das Verhältnis Gebäudehöhe zu Straßenschluchtbreite, der Lückenanteil, die Schluchtbreite sowie die Ein- oder Beidseitigkeit der vorhanden Bebauung ein (näheres siehe Anhang A1).

Diese idealisierten Straßenrandbebauungstypen werden für jeweils ca. 100 m lange Straßenabschnitte festgelegt. Die verwendeten Bebauungstypen sind in **Abb. 4.4** dargestellt.

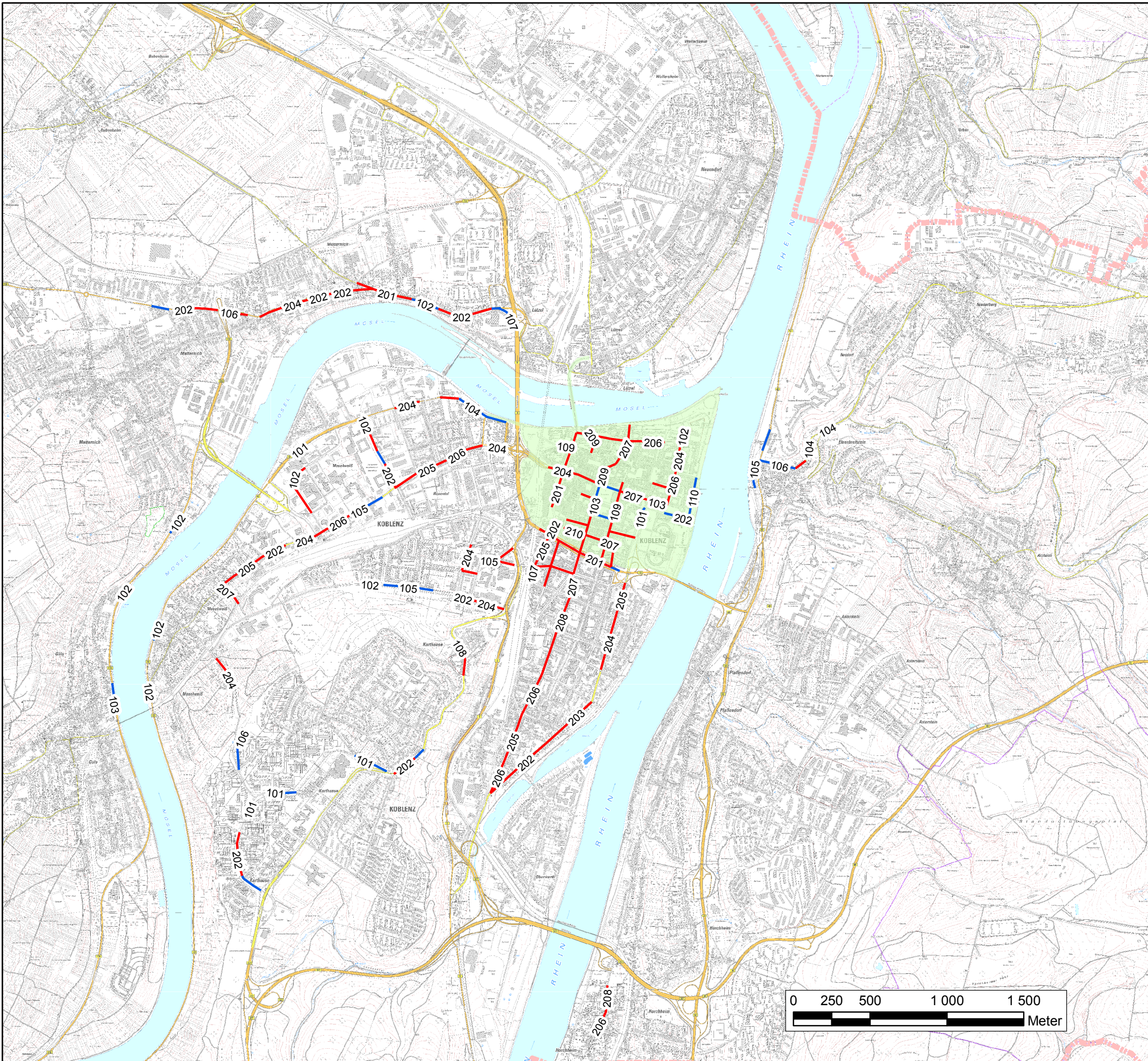
4.3 Meteorologische Daten

Für Koblenz und Umgebung liegen Windmessungen von mehreren Standorten vor, die vom Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht im Auftrag der Stadt Koblenz als Grundlage für die Erstellung eines Klimagutachtens durchgeführt wurden (LfUG-RP, 2000a). Als Grundlage für die statistische Verteilung der Windrichtungen und -geschwindigkeiten wird auf die Daten von der Station Lützel Sportplatz aus diesem Messprogramm zurückgegriffen. Diese Messungen wurden zwischen Juni 1995 und April 1998 durchgeführt und zeigen eine Windrichtungsverteilung mit Maxima aus den Richtungen Südwest, Ost und Nordwest (**Abb. 4.5**). Die mittlere Windgeschwindigkeit bezogen auf die Referenzhöhe 10 m über Grund beträgt 1.5 m/s.

Die für das Untersuchungsgebiet ermittelte Windstatistik wurde nach dem Verfahren von Kolb (1976) mit der Verteilung der Ausbreitungsklassen der Station Bad Marienberg zu einer Ausbreitungsklassenstatistik verarbeitet, da keine Messdaten lokaler Ausbreitungsklassen verfügbar waren.

4.4 Schadstoffhintergrundbelastung

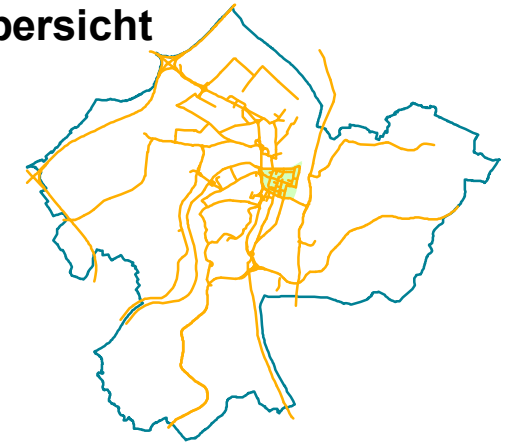
Die Immission eines Schadstoffes im Nahbereich von Straßen setzt sich aus der großräumig vorhandenen Hintergrundbelastung und der straßenverkehrsbedingten Zusatzbelastung zusammen. Die Hintergrundbelastung entsteht durch Überlagerung von Immissionen aus Industrie, Hausbrand, nicht detailliert betrachtetem Nebenstraßenverkehr und weiter entfernt fließendem Verkehr sowie überregionalem Ferntransport von Schadstoffen.



Bebauungstypen

Für die Immissionsberechnung
mit PROKAS_B in Straßenschluchten

Übersicht



Bebauungstypen

- Einseitig *mit Bauungstypnummer*
- Beidseitig
- Umweltzone (Vorschlag)
- Stadtgrenze

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
 Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
 Telefon 0351/ 83914-0

Auftraggeber:
 Stadtverwaltung Koblenz
 Stadtplanungsamt
 Bahnhofstraße 47
 56068 Koblenz

Wirkungen einer etwaigen Umweltzone
 im Bereich Koblenz Altstadt
 Screening kfz-bedingter Schadstoffemissionen
 und -immissionen



	Datum	Zeichen
gezeichnet	03.12.09	VS
geprüft	18.01.10	HL
Projekt	60262-04-01	

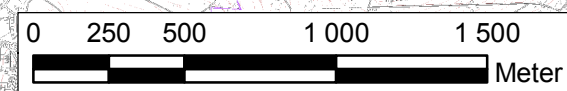


Abb. 4.4

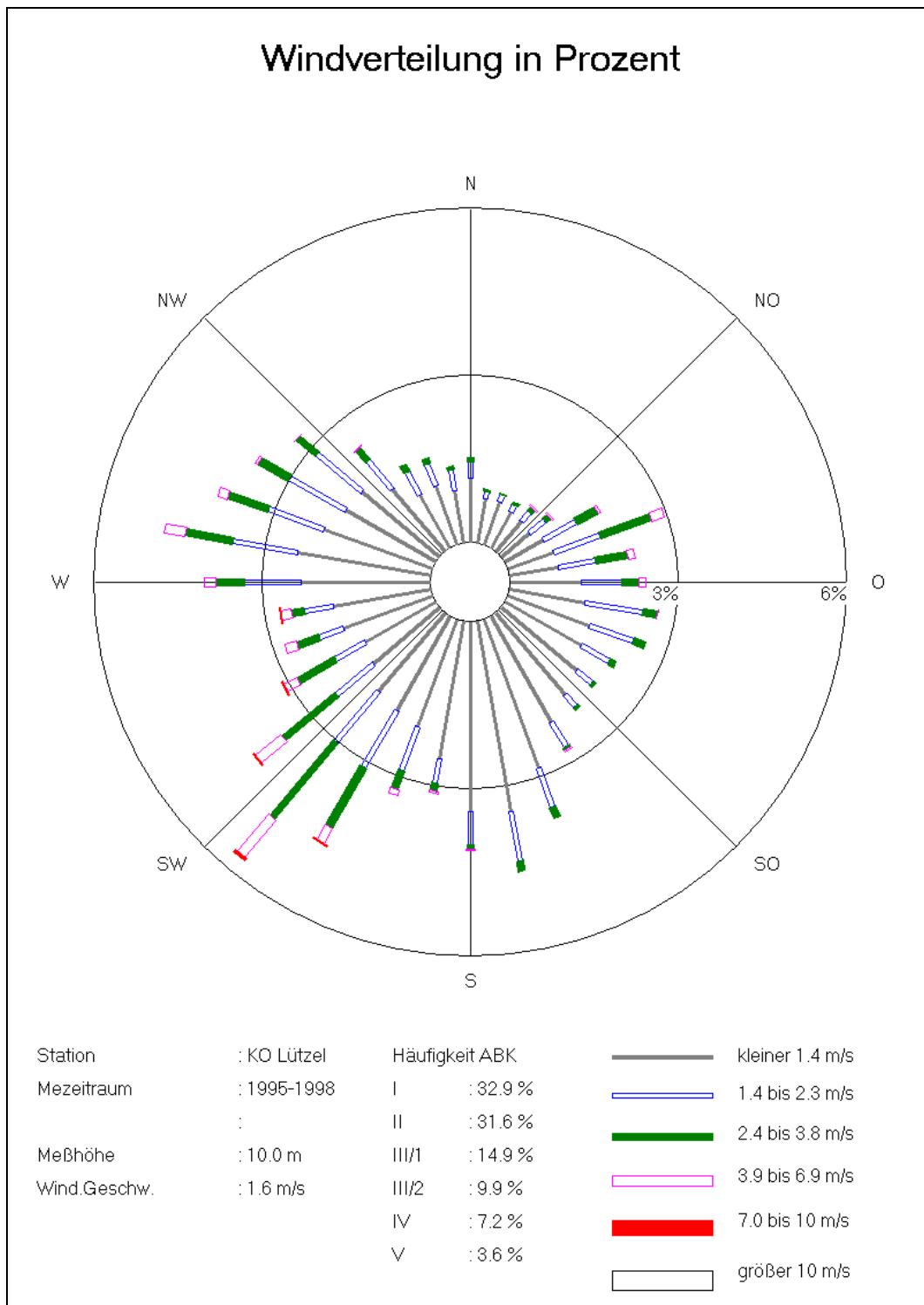


Abb. 4.5: Repräsentative Ausbreitungsklassenstatistik der Messstation Koblenz Lützel

Es ist die Schadstoffbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne kfz-bedingten Verkehr auf den explizit in die Untersuchung einbezogenen Straßen vorliegen würde. Zur Bestimmung der Schadstoffhintergrundbelastungen lagen Werte der Messstationen Hohenfelder Straße und Friedrich-Ebert-Ring des Messnetzes Rheinland-Pfalz vor.

Im Innenstadtbereich von Koblenz werden die Messstation Hohenfelder Straße und Friedrich-Ebert-Ring betrieben (siehe **Tab. 4.1**). Die Hintergrundbelastung wurde an den Messstellen bestimmt, indem die Kfz-bedingte Zusatzbelastung, die mit PROKAS berechnet wurde, von den Messwerten abgezogen wurde. Auf diese Weise wurde das Modell an den Messstellen als Stützstellen evaluiert.

Jahr	NO₂	PM10	NO₂	PM10
	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]
	Friedrich-Ebert-Ring		Hohenfelder Straße	
2008	38	27	46	21
2007	40	27	48	22
2006	44	27	53	25

Tab. 4.1: Messwerte im Jahresmittel der Messstationen Friedrich-Ebert-Ring und Hohenfelder Straße

Die in **Tab. 4.2** aufgeführten Hintergrundwerte wurden bei der Bestimmung der Gesamtbelastung für das Bezugsjahr 2008 und 2010 angesetzt.

Jahr	NO₂	PM10
	[µg/m ³]	[µg/m ³]
2008/2010	20	17.5

Tab. 4.2: Verwendete Hintergrundbelastung

5 EMISSIONEN

5.1 Betrachtete Schadstoffe

Die Kraftfahrzeuge emittieren bei ihrem Betrieb eine Vielzahl von Schadstoffen. Die Relevanz dieser Schadstoffe ist recht unterschiedlich. Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit werden erfahrungsgemäß am ehesten bei NO₂ und PM10 erreicht, deshalb werden diese Stoffe im vorliegenden Gutachten detailliert betrachtet. Die Konzentrationen für andere Luftschadstoffe wie Benzol, SO₂, CO, Blei etc. sind im Vergleich zu ihren gesetzlichen Immissionsgrenzwerten deutlich geringer, deshalb werden sie hier nicht betrachtet.

5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren

Zur Ermittlung der Emissionen werden die Verkehrsdaten und für jeden Luftschadstoff so genannte Emissionsfaktoren benötigt. Die Emissionsfaktoren sind Angaben über die pro mittlerem Fahrzeug der Fahrzeugflotte und Straßenkilometer freigesetzten Schadstoffmengen. Im vorliegenden Gutachten werden die Emissionsfaktoren für die Fahrzeugarten PKW, LKW und Linienbusse unterschieden. Die Fahrzeugart PKW enthält dabei die leichten Nutzfahrzeuge (INfz) und Motorräder, die Fahrzeugart LKW versteht sich inklusive Lastkraftwagen, Sattelschlepper, Busse usw.

Die Emissionsfaktoren setzen sich aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ (Reifenabrieb, Staubaufwirbelung etc.) Emissionsfaktoren zusammen. Die Ermittlung der motorbedingten Emissionen erfolgt entsprechend der VDI-Richtlinie „Kfz-Emissionsbestimmung“ (VDI, 2003).

5.2.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mithilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 2.1 (UBA, 2004) berechnet. Sie hängen für die Fahrzeugarten PKW, LKW und Linienbusse im Wesentlichen ab von

- den so genannten Verkehrssituationen („Fahrverhalten“), das heißt der Verteilung von Fahrgeschwindigkeit, Beschleunigung, Häufigkeit und Dauer von Standzeiten (siehe **Tab. 5.1**),

Verkehrssituation	Beschreibung
Autobahn	
AB>120	Autobahn ohne Tempolimit
AB_120	Autobahn Tempolimit 120
AB_100	Autobahn Tempolimit 100
AB_80	Autobahn Tempolimit 80
AB_60	Autobahn Tempolimit 60
AB_Bau1	Autobahn Baustelle zweistreifig
AB_Bau2	Autobahn Baustelle eng bzw. einstreifig
AB_StGo	Autobahn Stop and Go
Außerortsstraßen	
AO1	Außerortsstraße, guter Ausbaugrad, gerade
AO2	Außerortsstraße, guter Ausbaugrad, gleichmäßig kurvig
AO3	Außerortsstraße, guter Ausbaugrad, ungleichmäßig kurvig
Innerortsstraßen	
HVS1>50	Hauptverkehrsstraße, Tempolimit >50 km/h, geringe Störungen
HVS2>50	Hauptverkehrsstraße, Tempolimit >50 km/h, mittlere Störungen
HVS3>50	Hauptverkehrsstraße, Tempolimit >50 km/h, starke Störungen
HVS1	Ortsdurchfahrt, vorfahrtsberechtigt, ohne Störungen
HVS2	Hauptverkehrsstraße, vorfahrtsberechtigt, geringe Störungen
HVS3	Hauptverkehrsstraße, vorfahrtsberechtigt, mittlere Störungen
HVS4	Hauptverkehrsstraße, vorfahrtsberechtigt, starke Störungen
Kern	Innerortsstraße im Stadtkern
LSA1	Hauptverkehrsstraße mit Lichtsignalanlage, geringe Störungen
LSA2	Hauptverkehrsstraße mit Lichtsignalanlage, mittlere Störungen
LSA3	Hauptverkehrsstraße mit Lichtsignalanlage, starke Störungen
NS_D	Nebenstraße, geschlossene Bebauung
NS_L	Nebenstraße, locker bebaut
StGo	Innerortsstraße bei Stop and Go

Tab. 5.1: Definition der Verkehrssituationen laut Handbuch für Emissionsfaktoren (UBA, 2004). Für einige Verkehrssituationen ist bei einer Verkehrsdichte >1 400 oder 1 500 Kfz/h je Fahrspur zusätzlich eine Verkehrssituation „gebunden“ definiert.

- der sich fortlaufend ändernden Fahrzeugflotte (Anteil Diesel etc.),
- der Zusammensetzung der Fahrzeugschichten (Fahrleistungsanteile der Fahrzeuge einer bestimmten Gewichts- bzw. Hubraumklasse und einem bestimmten Stand der Technik hinsichtlich Abgasemission, z. B. EURO 2, 3, ...) und damit vom Jahr, für welches der Emissionsfaktor bestimmt wird (= Bezugsjahr),
- der Längsneigung der Fahrbahn (mit zunehmender Längsneigung nehmen die Emissionen pro Fahrzeug und gefahrenem Kilometer entsprechend der Steigung deutlich zu, bei Gefällen weniger deutlich ab) und
- dem Prozentsatz der Fahrzeuge, die mit nicht betriebswarmem Motor betrieben werden und deswegen teilweise erhöhte Emissionen (Kaltstarteinfluss) haben.

Mithilfe des HBEFA ist bislang keine Prognose der Emissionsänderung für Geschwindigkeitsbeschränkungen von 50 km/h auf 30 km/h möglich. Für Tempo 30 sind darin derzeit weder Emissionsfaktoren noch allgemein gültige Reduktionsfaktoren angegeben. Es gibt eine Reihe von Einflussfaktoren (Abstand der Knotenpunkte, Anbaustruktur, Ausbaugrad, Verkehrsbelegung, Ampelkoordinierung, Vorrangregelung etc.), deren Einfluss sich im Einzelfall stark voneinander unterscheidet, von denen aber das Emissionsminderungspotential bei Tempo 30 stark abhängt. Um die Emissionsminderung bei Tempo 30 zu berücksichtigen, wird entsprechend der Ansatz entsprechend der Untersuchungen des LfU Bayern (2003) angesetzt. Demnach führt Tempo 30 gegenüber Tempo 50 bei NO_x nicht zu Verschlechterungen, sondern tendenziell sogar zu Verbesserungen: z.B. wäre im Vergleich zum innerstädtischen Tempo-50-Fahrmuster Pkw HVS4 eine Emissionsminderung bei Tempo 30 für NO_x um 10 % und für die Auspuffabgase von PM₁₀ um 50 % anzusetzen. Die PM₁₀-Emissionen für Abrieb und Aufwirbelung werden nicht verändert.

5.2.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren

Untersuchungen der verkehrsbedingten Partikelimmissionen zeigen, dass neben den Partikeln im Abgas auch nicht motorbedingte Partikelemissionen zu berücksichtigen sind, hervorgerufen durch Straßen-, Kupplungs- und Bremsbelagabrieb, Aufwirbelung von auf der Straße aufliegendem Staub etc. Diese Emissionen sind im HBEFA nicht enthalten, sie sind auch derzeit nicht mit zufriedenstellender Aussagegüte zu bestimmen. Die Ursache hierfür liegt in der Vielfalt der Einflussgrößen, die bisher noch nicht systematisch parametrisiert wurden und für die es derzeit auch keine verlässlichen Aussagen gibt.

In der vorliegenden Untersuchung werden die PM10-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen, Kupplung und Straßenbelag) und infolge der Wiederaufwirbelung (Resuspension) von Straßenstaub entsprechend der in BASt (2005) sowie Düring und Lohmeyer (2004) beschriebenen Vorgehensweise angesetzt. Es werden zur Berechnung der Emissionen für die Summe aus Reifen-, Brems-, Kupplungs- und Straßenabrieb sowie Wiederaufwirbelung von eingetragenem Straßenstaub die in der **Tab. 5.2** aufgeführten Emissionsfaktoren verwendet.

Fahrmuster	PKW	LKW u. Linienbusse
	mg/km	mg/km
HVS1>50	22	200
HVS2>50	30	300
HVS1	22	200
HVS2	30	300
HVS3	40	380
HVS4	50	450
LSA1	40	380
LSA2	60	600
LSA3	90	800
Tempo30	50	450
LSA3T30	50	450
LSA2T30	50	450
HVS3T30	50	450
AO	22	200
AB	22	200
Tunnel	10	200

Tab. 5.2: Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb für die PM10-Bestimmung

Die Bildung von so genannten sekundären Partikeln wird mit der angesetzten Hintergrundbelastung berücksichtigt, soweit dieser Prozess in großen Entfernungen (10 km bis 50 km) von den Schadstoffquellen relevant wird. Für die kleineren Entfernungen sind die sekundären Partikel in den aus Immissionsmessungen abgeleiteten nicht motorbedingten Emissionsfaktoren enthalten.

Im Hinblick auf das Minderungspotenzial einer Umweltzone bleibt der PM10-Emissionsanteil für Abrieb und Aufwirbelung bei gleicher Verkehrsbelegung und LKW-Anteil unverändert. Die Plakettenregelung führt lediglich zu einer Minderung von Emissionen aus dem Auspuff, der ca. 1/3 der Gesamtemissionen ausmacht.

5.2.3 Fahrzeugflotte

Die Zusammensetzung der Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeugkategorien wird für das zu betrachtende Bezugsjahr dem HBEFA (UBA, 2004) entnommen. Darin ist die Gesetzgebung bezüglich Abgasgrenzwerten (EURO 2, 3, ...) berücksichtigt.

Für das Bezugsjahr 2008 und den Nullfall 2010 wurde die Standardflotte nach HBEFA 2.1 angesetzt.

In den Jahren 2008/2009 wurden ca. 2 Mio. ältere PKW bundesweit durch die „Abwrackprämie“ erneuert. Dies stellt nur etwa 5 % des Bestandes von ca. 40 Mio. PKW dar. Auf die leichten Nutzfahrzeuge, schwere Nutzfahrzeuge und Busse hatte die „Abwrackprämie“ keinen Einfluss. Deshalb und in Anbetracht dessen, dass die PKW-Flotte im Vergleich z. B. zu den LKW schon zu ca. 90 % mit einer grünen Plakette ausgerüstet sind, wird der Einfluss der „Abwrackprämie“ auf die hier durchgeführte Emissionsberechnung als gering eingeschätzt und deshalb rechnerisch nicht berücksichtigt.

In der vorliegenden Untersuchung sind im Szenarien der Umweltzone 1 und 2 die Fahrbeschränkungen zum Einfahren in die Umweltzone für Fahrzeuge ohne sowie mit roter und gelber Plakette berücksichtigt. Dazu wurde die Zusammensetzung der Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeugkategorien für den Prognosezeitraum 2010 entsprechend Kennzeichnungsverordnung (35. BImSchV) modifiziert.

Für die Umweltzone 1 wurde davon ausgegangen, dass Linienbusse eine Ausnahmegenehmigung bekommen, sodass diese auch ohne grüne Plakette in die Umweltzone fahren dürfen. Für die Umweltzone 2 gelten keine Ausnahmen.

Die primären NO₂-Emissionen können mit dem HBEFA 2.1 nicht berechnet werden. Deren Einfluss auf die NO/NO₂-Konversion wurde vernachlässigt.

Der Kaltstarteinfluss innerorts für PKW wird entsprechend HBEFA angesetzt, der Kaltstarteinfluss für LKW wird aus UBA (1995) entnommen. Die Verkehrssituationen im Untersuchungsgebiet werden entsprechend den Gegebenheiten auf den einzelnen Streckenabschnitten und den Auswahlmöglichkeiten der **Tab. 5.1** festgelegt.

Die Längsneigungen der Straßenabschnitte wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt.

Die entsprechend berechneten motorbedingten Emissionsfaktoren für NO_x und PM₁₀ sind in den **Tab. 5.3** bis **Tab. 5.5** aufgeführt.

		NO _x			PM10		
		PKW	LKW	Linien- bus	PKW	LKW	Linien- bus
Fahrmuster	Steigung	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km
AB_100	+/- 0%	264	4941	5760	13	96	124
AB_100	+/- 2%	285	5403	5977	14	87	125
AB_100	+/- 4%	285	8324	6667	18	144	133
AB_100	+/- 6%	285	11848	9597	24	210	194
AB_100	+/- 8%	292	14150	10876	28	248	217
AB_60	+/- 0%	190	5434	5760	8	108	124
AB_60	+/- 6%	327	10352	9597	16	153	194
AB_80	+/- 0%	229	5044	5760	11	101	124
AB>120	+/- 2%	361	5403	5977	16	87	125
AB>120	+/- 4%	379	8324	6667	21	144	133
AB>120	+/- 6%	336	11848	9597	28	210	194
AO1	+/- 0%	184	4982	5905	7	101	126
AO1	+/- 2%	198	5289	6139	7	99	128
AO1	+/- 4%	186	6909	6884	9	123	136
AO1	+/- 6%	220	8709	9923	12	141	199
AO1	+/- 8%	232	9951	11262	14	154	224
AO2	+/- 0%	182	5299	5905	7	104	126
AO2	+/- 2%	196	5620	6139	7	105	128
AO2	+/- 4%	220	8957	9923	12	150	199
AO3	+/- 0%	209	6024	6139	8	119	128
AO3	+/- 6%	232	9166	9923	13	157	199
HVS1	+/- 0%	226	5089	6412	10	115	144
HVS1	+/- 2%	239	5346	6697	10	119	146
HVS1	+/- 4%	245	6365	7616	12	133	159
HVS1	+/- 6%	275	7865	11017	15	151	232
HVS1>50	+/- 0%	226	5089	6412	10	115	144
HVS1>50	+/- 2%	239	5346	6697	10	119	146
HVS1>50	+/- 4%	245	6365	7616	12	133	159
HVS1>50	+/- 6%	275	7865	11017	15	151	232
HVS2	+/- 0%	217	6172	8446	9	157	204
HVS2	+/- 2%	216	6415	8693	9	160	207
HVS2	+/- 4%	262	7178	9451	12	166	218
HVS2	+/- 6%	268	8572	11357	15	188	255
HVS2	+/- 8%	285	9372	12327	17	198	272
HVS2>50	+/- 0%	219	6258	6424	9	160	145
HVS2>50	+/- 6%	269	8627	11038	15	190	235
HVS3	+/- 0%	230	6780	9472	9	182	236
HVS3	+/- 2%	225	7009	9700	10	184	240
HVS3	+/- 4%	274	7718	10381	12	189	250
HVS3	+/- 6%	280	8990	11549	15	212	270
HVS3	+/- 8%	297	9727	12241	17	222	281
HVS4	+/- 0%	242	8317	10229	10	249	271

		NO _x			PM10		
		PKW	LKW	Linienbus	PKW	LKW	Linienbus
Fahrmuster	Steigung	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km
LSA1	+/- 0%	230	6780	9472	9	182	236
LSA1	+/- 4%	274	7718	10381	12	189	250
LSA1	+/- 6%	280	8990	11549	15	212	270
LSA2	+/- 0%	252	8425	10243	10	267	273
LSA2	+/- 2%	244	8669	10448	11	266	276
LSA2	+/- 4%	296	9388	11084	13	272	286
LSA2	+/- 6%	306	10565	12255	15	300	306
LSA2	+/- 8%	324	11278	12926	17	310	317
LSA3	+/- 0%	263	8527	10986	11	284	306
Tempo30	+/- 0%	218	7485	9206	5	125	135
Tempo30	+/- 6%	241	7715	10221	7	94	128
Tempo30	+/- 8%	278	9701	11617	8	144	157

Tab. 5.3: Motorbedingte Emissionsfaktoren in mg/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2008

		NO _x			PM10		
		PKW	LKW	Linienbus	PKW	LKW	Linienbus
Fahrmuster	Steigung	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km
AB_100	+/- 0%	244	3903	4879	12	72	96
AB_100	+/- 2%	264	4280	5057	13	64	97
AB_100	+/- 4%	265	6755	5629	16	108	101
AB_100	+/- 6%	264	9707	8118	22	163	149
AB_100	+/- 8%	271	11642	9198	25	193	166
AB_60	+/- 0%	180	4411	4879	8	82	96
AB_60	+/- 6%	308	8229	8118	15	111	149
AB_80	+/- 0%	214	4010	4879	10	75	96
AB>120	+/- 2%	334	4280	5057	15	64	97
AB>120	+/- 4%	356	6755	5629	19	108	101
AB>120	+/- 6%	313	9707	8118	26	163	149
AO1	+/- 0%	164	4129	4999	6	78	98
AO1	+/- 2%	176	4365	5191	7	76	99
AO1	+/- 4%	168	5720	5811	8	94	104
AO1	+/- 6%	199	7074	8389	11	105	153
AO1	+/- 8%	211	8056	9519	13	114	171
AO2	+/- 0%	165	4468	4999	7	82	98
AO2	+/- 2%	177	4699	5191	7	82	99
AO2	+/- 4%	199	7322	8389	11	114	153
AO3	+/- 0%	189	5067	5191	8	93	99
AO3	+/- 6%	211	7522	8389	12	118	153
HVS1	+/- 0%	201	4335	5420	9	91	111
HVS1	+/- 2%	214	4525	5655	9	94	112

		NO _x			PM10		
		PKW	LKW	Linien- bus	PKW	LKW	Linien- bus
Fahrmuster	Steigung	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km
HVS1	+/- 4%	216	5339	6425	11	104	121
HVS1	+/- 6%	243	6527	9299	14	115	177
HVS1>50	+/- 0%	201	4335	5420	9	91	111
HVS1>50	+/- 2%	214	4525	5655	9	94	112
HVS1>50	+/- 4%	216	5339	6425	11	104	121
HVS1>50	+/- 6%	243	6527	9299	14	115	177
HVS2	+/- 0%	191	5273	7192	8	124	157
HVS2	+/- 2%	191	5456	7395	9	126	159
HVS2	+/- 4%	232	6043	8027	11	129	166
HVS2	+/- 6%	237	7159	9636	14	144	194
HVS2	+/- 8%	252	7788	10451	16	151	206
HVS2>50	+/- 0%	192	5346	5430	9	126	113
HVS2>50	+/- 6%	237	7208	9316	14	146	179
HVS3	+/- 0%	202	5793	8086	9	143	182
HVS3	+/- 2%	200	5968	8273	9	145	184
HVS3	+/- 4%	243	6515	8838	11	148	191
HVS3	+/- 6%	248	7531	9823	14	164	205
HVS3	+/- 8%	263	8110	10402	16	170	212
HVS4	+/- 0%	213	7113	8745	9	195	208
LSA1	+/- 0%	202	5793	8086	9	143	182
LSA1	+/- 4%	243	6515	8838	11	148	191
LSA1	+/- 6%	248	7531	9823	14	164	205
LSA2	+/- 0%	222	7216	8757	10	208	210
LSA2	+/- 2%	216	7414	8926	10	208	212
LSA2	+/- 4%	262	7996	9455	12	213	218
LSA2	+/- 6%	271	8953	10447	14	233	233
LSA2	+/- 8%	287	9532	11010	16	241	240
LSA3	+/- 0%	231	7315	9404	10	221	235
Tempo30	+/- 0%	192	6402	7871	5	98	104
Tempo30	+/- 6%	213	6443	8672	7	72	97
Tempo30	+/- 8%	248	8165	9896	8	111	119

Tab. 5.4: Motorbedingte Emissionsfaktoren in mg/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für den Nullfall 2010

		NO _x				PM10			
		PKW	LKW	Linienbus		PKW	LKW	Linienbus	
				UWZ1*	UWZ2			UWZ1*	UWZ2
Fahrmuster	Steigung	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km
HVS1	+/- 0%	188	2974	5420	4172	15	35	111	40
HVS1	+/- 6%	218	4062	9299	7235	24	35	177	59
HVS2	+/- 0%	178	3707	7192	5811	15	47	157	56
HVS2	+/- 8%	224	49067	10450	8397	27	44	206	68
HVS3	+/- 0%	187	4088	8086	6636	15	53	182	65
HVS3	+/- 6%	222	4919	9823	8022	25	51	205	69
HVS4	+/- 0%	197	5071	8745	7250	16	68	208	75
LSA1	+/- 0%	187	4088	8086	6636	15	53	182	65
LSA2	+/- 0%	205	5177	8757	7260	16	69	210	75
LSA2	+/- 6%	241	6168	10447	8633	24	75	233	79
LSA3	+/- 0%	213	5278	9404	7866	16	71	235	84
Tempo30	+/- 0%	178	4564	7870	6525	8	34	104	37
* Sondergenehmigung Busse auch ohne Grüne Plakette									

Tab. 5.5: Emissionsfaktoren für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für die Umweltzone 2010

Vergleichsweise wurden die Emissionen, die im Bereich der Umweltzone berechnet wurden, in **Abb. 5.1** dargestellt. Die Gesamtemissionen im Nullfall 2010 sinken im Vergleich zum Istzustand 2008 bei NO_x um 7 % und bei PM10 um 2 % aufgrund der mit der Zeit verbesserten Fahrzeugflotte. Die Gesamtemissionen in der Umweltzone 1 2010, in der auch Linienbusse ohne grüne Plakette fahren dürfen, sinken im Vergleich zum Nullfall 2010 bei NO_x um 12 % und bei PM10 um 1 % aufgrund des Wegfalls von Fahrzeugen, die keine, nur gelbe oder rote Plaketten haben. Eine zusätzliche Minderung wird durch die Reduzierung der Verkehrsmengen erzielt.

Legt man das Szenario der Umweltzone 2, in der keine Ausnahmen zugelassen sind, zu Grunde, mindern sich die Emissionen im Vergleich zum Nullfall 2010 bei NO_x um 30 % und bei PM10 um 8 %.

Die Linienbusse haben im Bereich der Umweltzone einen starken Anteil der Emissionen, weil sich hier fast alle Linien des Koblenzer Busnetzes treffen. So liegt beispielsweise im Istzustand der Anteil der Linienbusse am Gesamtverkehrsaufkommen in der Hohenfelder Straße und der Viktoriastraße bei ca. 13 %, der Anteil der durch Linienbusse verursachten NO_x-Emissionen an den Gesamtemissionen aber bei ca. 79 % (siehe auch **Abb. 5.2**).

Hinweis: Bei der Emissionsmodellierung für den KfZ-Verkehr wurde die Summe von NO und NO₂ als NO_x berücksichtigt. Die ermittelten NO_x-Werte wurden der Ausbreitungsrechnung zugeführt. Nach der Bestimmung der Gesamtbelastung für NO_x wurde mittels des Umrechnungsverfahrens nach Romberg der NO₂ Wert berechnet. Dieses Verfahren wurde angewendet, da kein linearer Zusammenhang zwischen dem NO/NO₂-Verhältnisses in NO_x besteht (siehe auch Anhang A1.2).

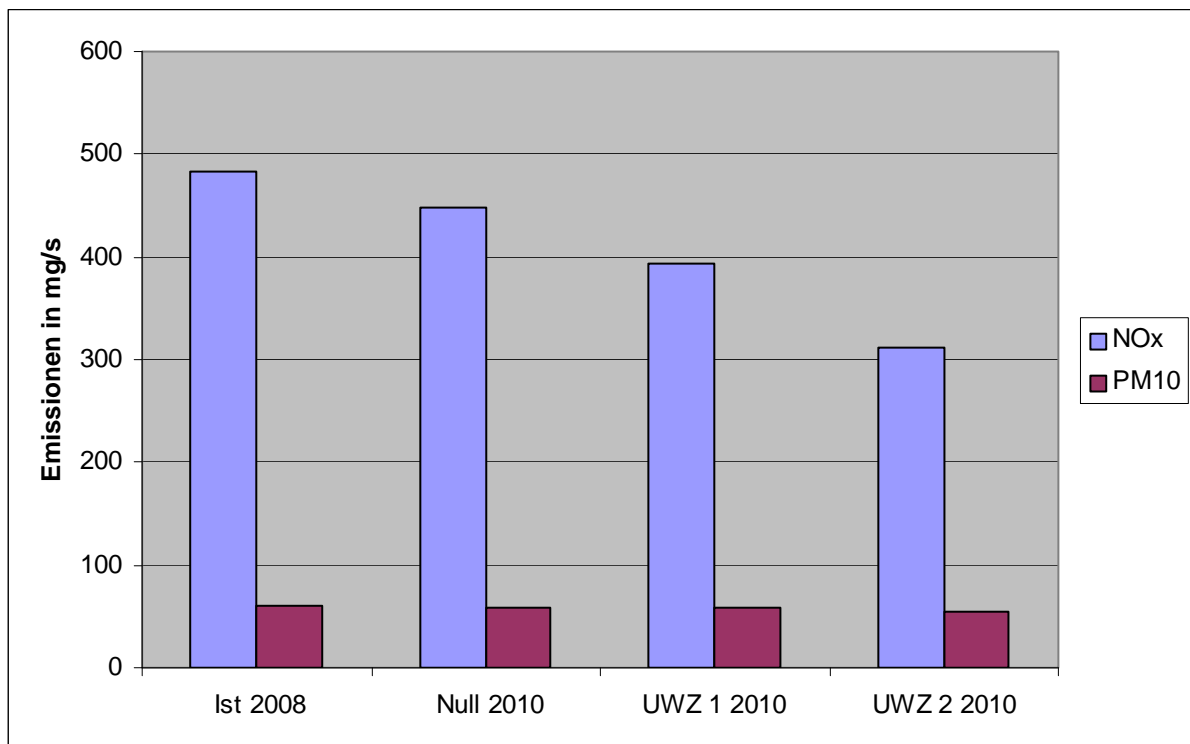
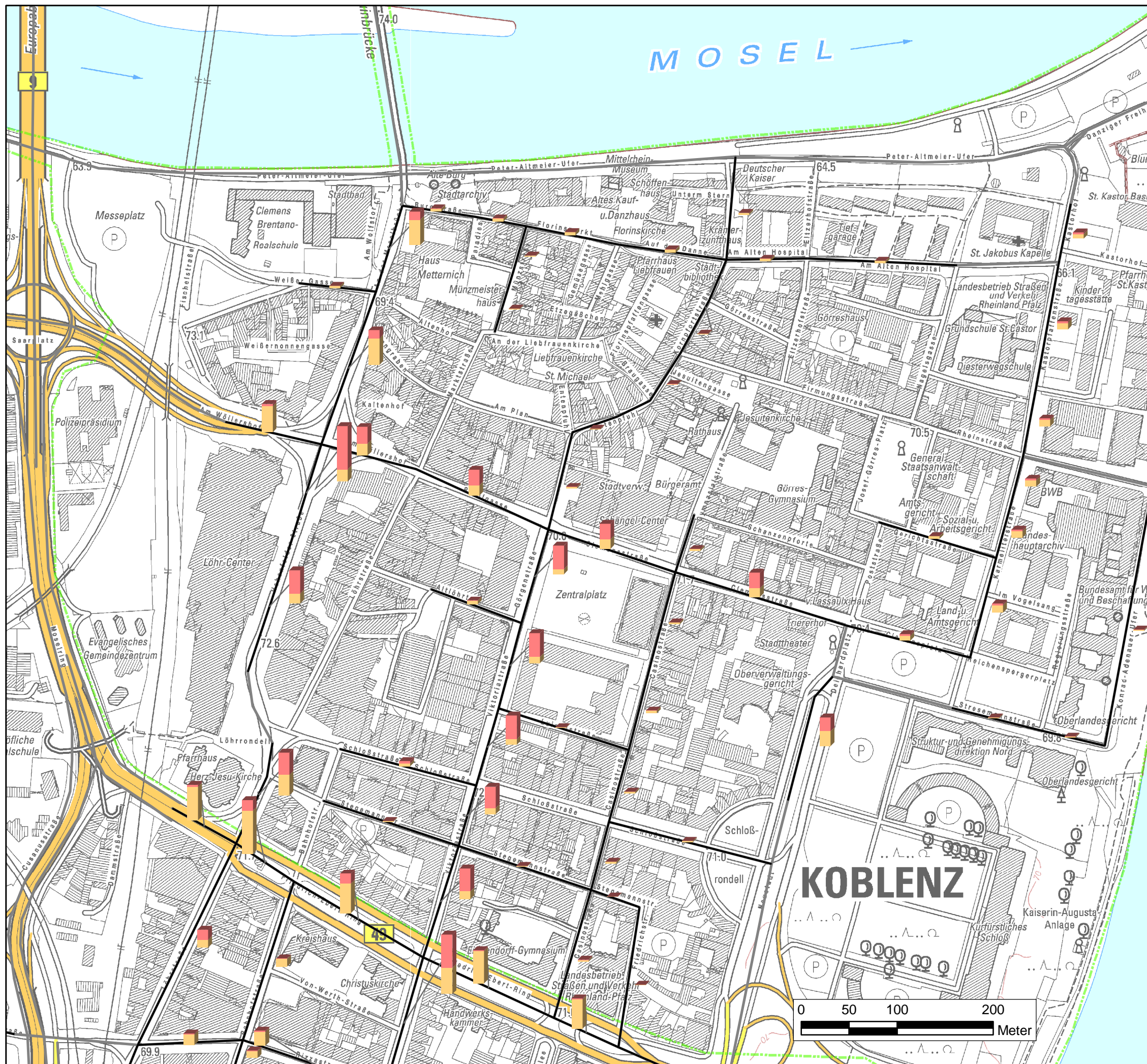
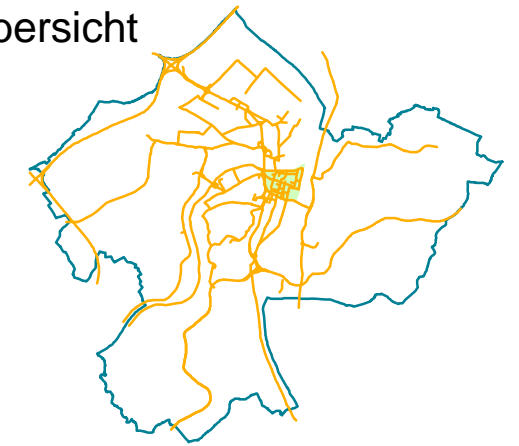


Abb. 5.1: Berechnete Gesamtemissionen in der Umweltzone



Emissionen NOx Istzustand 2008

Übersicht



NOx Emissionen

- 0.091
- Linienbuse
- restl. Kfz-verkehr
- Berücksichtigtes Straßennetz
- Umweltzone (Vorschlag)
- Stadtgrenze

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
 Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
 Telefon 0351/ 83914-0

Auftraggeber:
 Stadtverwaltung Koblenz
 Stadtplanungsamt
 Bahnhofstraße 47
 56068 Koblenz

Wirkungen einer etwaigen Umweltzone
 im Bereich Koblenz Altstadt
 Screening kfz-bedingter Schadstoffemissionen
 und -immissionen



	Datum	Zeichen
gezeichnet	15.09.09	HL
geprüft	18.01.10	HL
Projekt	60262-04-01	

Abb. 5.2

6 ERGEBNISSE

Die Immissionsberechnung erfolgte mit dem Ausbreitungsmodell PROKAS_B. Es wurden Immissionen in Straßenschluchten der Hauptverkehrsstraßen berechnet.

6.1 Stickstoffdioxid

Für den Istzustand 2008, den Nullfall 2010, die Umweltzone 1 2010 und Umweltzone 2 2010 sind die berechneten NO₂-Immissionen in **Abb. 6.1** bis **Abb. 6.3** und **Abb. 6.5** dargestellt. Des Weiteren sind berechnete Werte an ausgewählten Untersuchungspunkten (UP) in **Tab. 6.1** aufgeführt.

Nr.	Straßenname	NO ₂ [µg/m ³]			
		Ist 08	Null 10	UWZ1 10	UWZ2 10
1	Hohenfelder Straße Messstelle	46	45	44	40
2	Friedrich-Ebert-Ring Messstelle	38	37	36	36
3	Hohenzollernstraße	59	58	58	58
4	Clemensstraße	55	54	52	47
5	B42 Ehrenbreitstein	52	50	50	50
6	Mayener Straße	41	39	39	39
7	Charlottenstraße Ehrenbreitstein	51	48	48	48

Tab. 6.1: Berechnete NO₂-Konzentrationen in ausgewählten Straßenschluchten (Lage siehe **Abb. 4.1**). Fett markierte Werte geben eine Grenzwertüberschreitung an.

Für den Istzustand 2008 und Nullfall 2008 wurden im Bereich der Innenstadt und in den Ortsteilen Ehrenbreitstein, Moselweiß sowie in Lützel und Metternich am Straßenzug Mayener Straße, Trierer Straße, Rübenacher Straße Grenzwertüberschreitungen des Jahresmittelwertes für NO₂ von 40 µg/m³ berechnet (siehe **Abb. 6.1** und **Abb. 6.2**). Der Jahresmittelgrenzwert wird bis zu 47 % (59 µg/m³ in der Hohenzollernstraße an UP 3, siehe **Tab. 6.1**) überschritten. Die berechneten Immissionen in Straßenschluchten verringern sich vom Istzustand 2008 zum Nullfall 2010 im Mittel um ca. 6 %. Im Nullfall verringert sich der Maximalwert in der Hohenzollernstraße auf 58 µg NO₂/m³. Während im Istzustand 47 Straßenabschnitte von einer Grenzwertüberschreitung des Jahresmittel von 40 µg/m³ betroffen sind, sind es im Nullfall 2010 35, bei der Umweltzone 1 34 und in der Umweltzone 2 noch 29.

Die betrachtete Umweltzone befindet sich lediglich im inneren Bereich der Altstadt von Koblenz (Lage siehe **Abb. 4.1**). Änderungen im Vergleich zum Nullfall 2010 sind nur hier zu erwarten. Die prozentuale Minderung im NO₂-Jahresmittelwert ist in **Abb. 6.4** für die Umweltzone 1 und in **Abb. 6.6** für die Umweltzone 2 dargestellt. Die mittlere Minderung des NO₂-Jahresmittelwert, die durch die Einführung der Umweltzone 1 erreicht wird, liegt bei ca. 1 Prozent. Betroffenheiten von Jahresgrenzwertüberschreitungen werden durch die Umweltzone 1 nicht verringert.

Betrachtet man das Szenario der Umweltzone 2, in der auch Linienbusse die Kriterien der grünen Plakette (besser als EURO 3) erfüllen müssen, werden im Bereich der Umweltzone Entlastungen des NO₂-Jahresmittelwertes im Vergleich zum Nullfall 2010 mit bis zu 13 % in der Clemensstraße, Pfulgasse und der Viktoriastraße erreicht.

Immissionen Stickstoffdioxid (NO₂) Istzustand 2008

Übersicht



NO₂ Jahresmittelwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

- <= 30
- <= 35
- <= 40
- <= 50
- > 50
- Berücksichtigtes Straßennetz
- Umweltzone (Vorschlag)
- Stadtgrenze

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
 Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
 Telefon 0351/ 83914-0

Auftraggeber:
 Stadtverwaltung Koblenz
 Stadtplanungsamt
 Bahnhofstraße 47
 56068 Koblenz

Wirkungen einer etwaigen Umweltzone
 im Bereich Koblenz Altstadt
 Screening kfz-bedingter Schadstoffemissionen
 und -immissionen



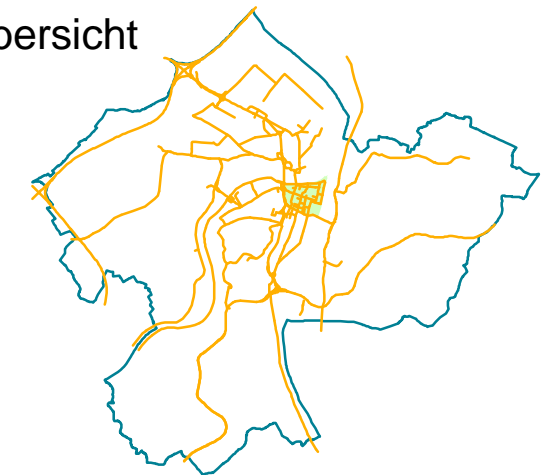
	Datum	Zeichen
gezeichnet	03.09.09	HL
geprüft	18.01.10	HL
Projekt	60262-04-01	



Abb. 6.1

Immissionen Stickstoffdioxid (NO₂) Nullfall 2010

Übersicht



NO₂ Jahresmittelwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

- ≤ 30
- ≤ 35
- ≤ 40
- ≤ 50
- > 50
- Umweltzone (Vorschlag)
- Berücksichtigtes Straßennetz
- Stadtgrenze

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
 Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
 Telefon 0351/ 83914-0

Auftraggeber:
 Stadtverwaltung Koblenz
 Stadtplanungsamt
 Bahnhofstraße 47
 56068 Koblenz

Wirkungen einer etwaigen Umweltzone
 im Bereich Koblenz Altstadt
 Screening kfz-bedingter Schadstoffemissionen
 und -immissionen



	Datum	Zeichen
gezeichnet	03.09.09	HL
geprüft	18.01.10	HL
Projekt	60262-04-01	

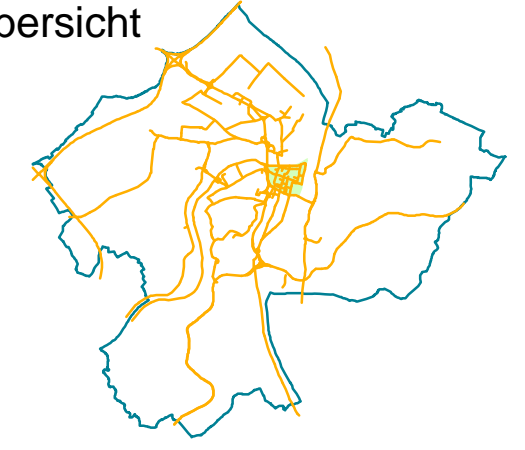


Abb. 6.2

Immissionen Stickstoffdioxid (NO₂) Umweltzone 1 2010

Grüne Plakette
Ausnahme Liniebusse

Übersicht



NO₂ Jahresmittelwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

- ≤ 30
- ≤ 35
- ≤ 40
- ≤ 50
- > 50
- Berücksichtigtes Straßennetz
- Umweltzone (Vorschlag)
- Stadtgrenze

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
 Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
 Telefon 0351/ 83914-0

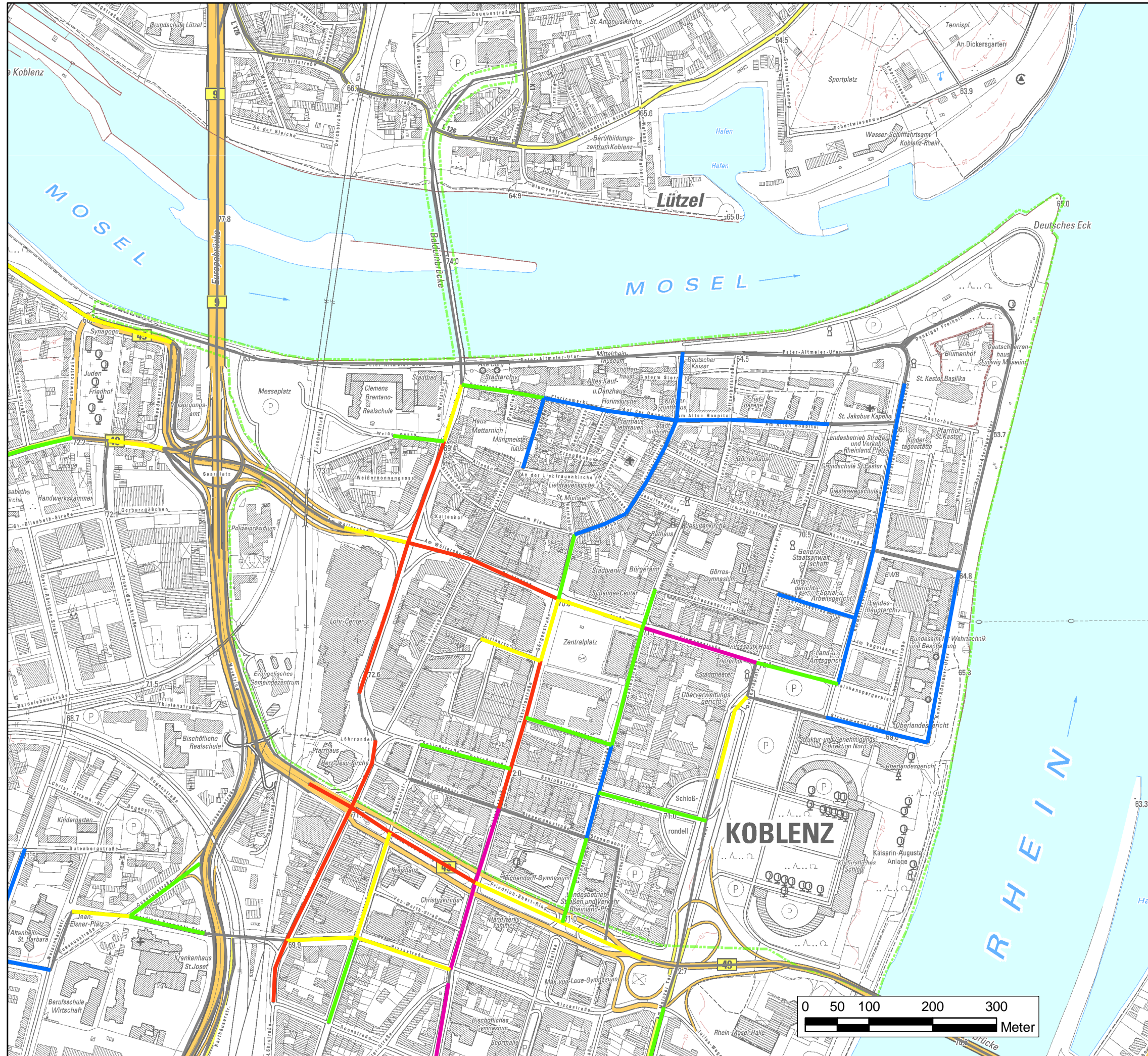
Auftraggeber:
 Stadtverwaltung Koblenz
 Stadtplanungsamt
 Bahnhofstraße 47
 56068 Koblenz

Wirkungen einer etwaigen Umweltzone
 im Bereich Koblenz Altstadt
 Screening kfz-bedingter Schadstoffemissionen
 und -immissionen



	Datum	Zeichen
gezeichnet	14.12.09	HL
geprüft	18.01.10	HL
Projekt	60262-04-01	

Abb. 6.3



Immissionen Differenz Umweltzone 1 und Nullfall

Übersicht



Umweltzone - Nullfall

NO₂ [%]

— < -4

— < -2

— < -1

— > -1 - 0

— Berücksichtigtes Straßennetz

— Umweltzone (Vorschlag)

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**



Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Auftraggeber:

Stadtverwaltung Koblenz
Stadtplanungsamt
Bahnhofstraße 47
56068 Koblenz

Wirkungen einer etwaigen Umweltzone
im Bereich Koblenz Altstadt
Screening kfz-bedingter Schadstoffemissionen
und -immissionen



	Datum	Zeichen
gezeichnet	14.12.09	HL
geprüft	18.01.10	HL
Projekt	60262-04-01	

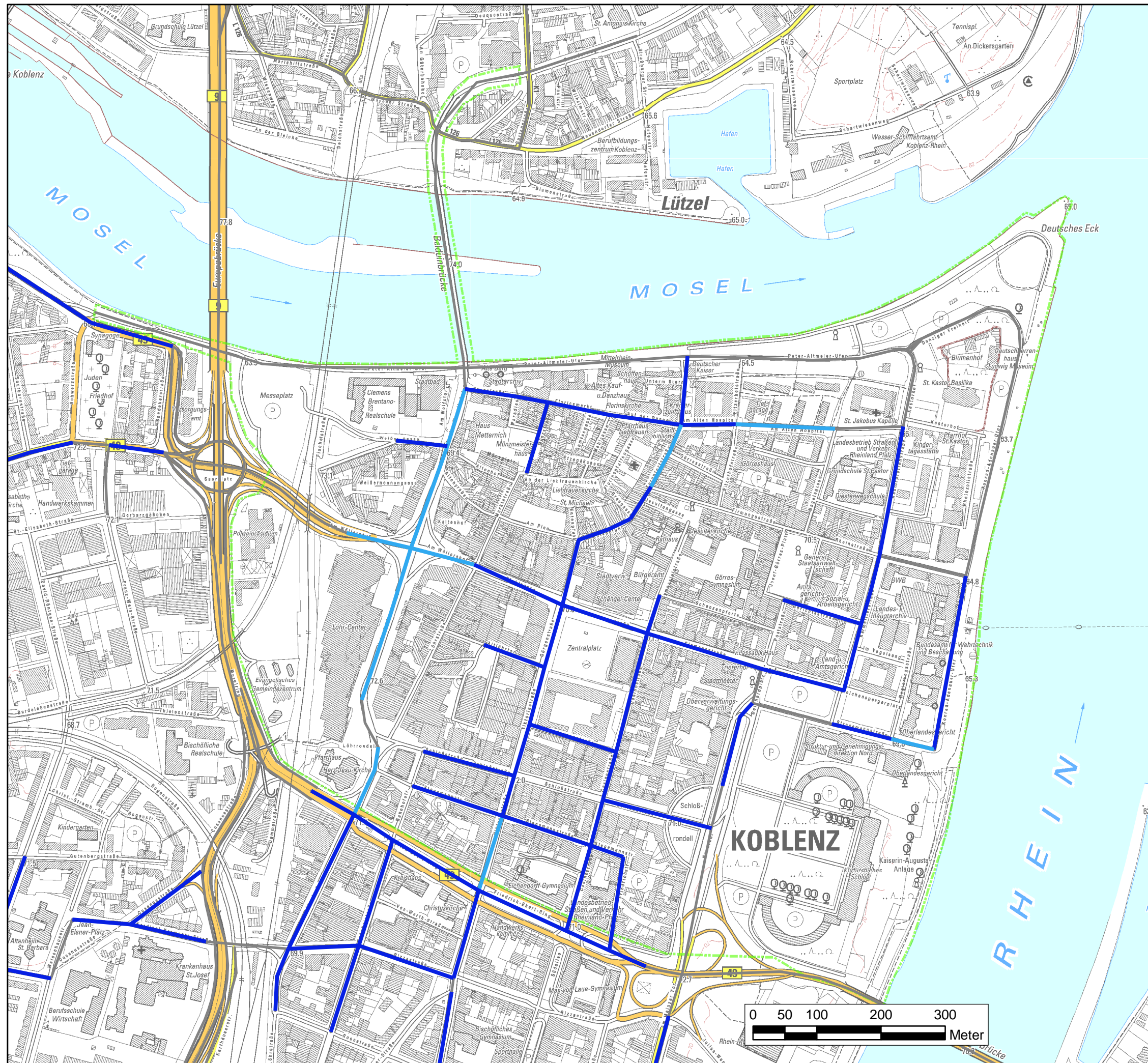
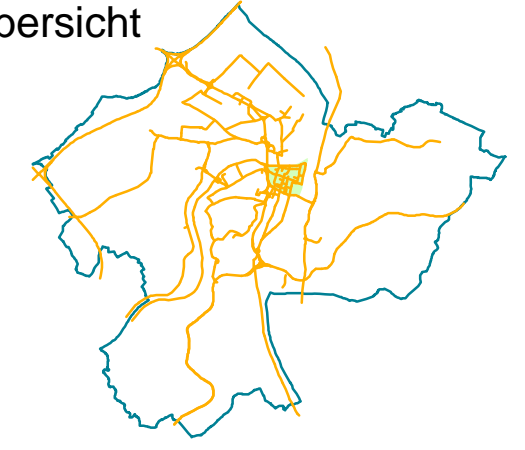


Abb 6.4

Immissionen Stickstoffdioxid (NO₂) Umweltzone 2 2010

Grüne Plakette
auch Linienbusse

Übersicht



NO₂ Jahresmittelwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

- ≤ 30
- ≤ 35
- ≤ 40
- ≤ 50
- > 50
- Berücksichtigtes Straßennetz
- Umweltzone (Vorschlag)
- Stadtgrenze

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
 Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
 Telefon 0351/ 83914-0

Auftraggeber:
 Stadtverwaltung Koblenz
 Stadtplanungsamt
 Bahnhofstraße 47
 56068 Koblenz

Wirkungen einer etwaigen Umweltzone
 im Bereich Koblenz Altstadt
 Screening kfz-bedingter Schadstoffemissionen
 und -immissionen

	Datum	Zeichen
gezeichnet	14.12.09	HL
geprüft	18.01.10	HL
Projekt	60262-04-01	

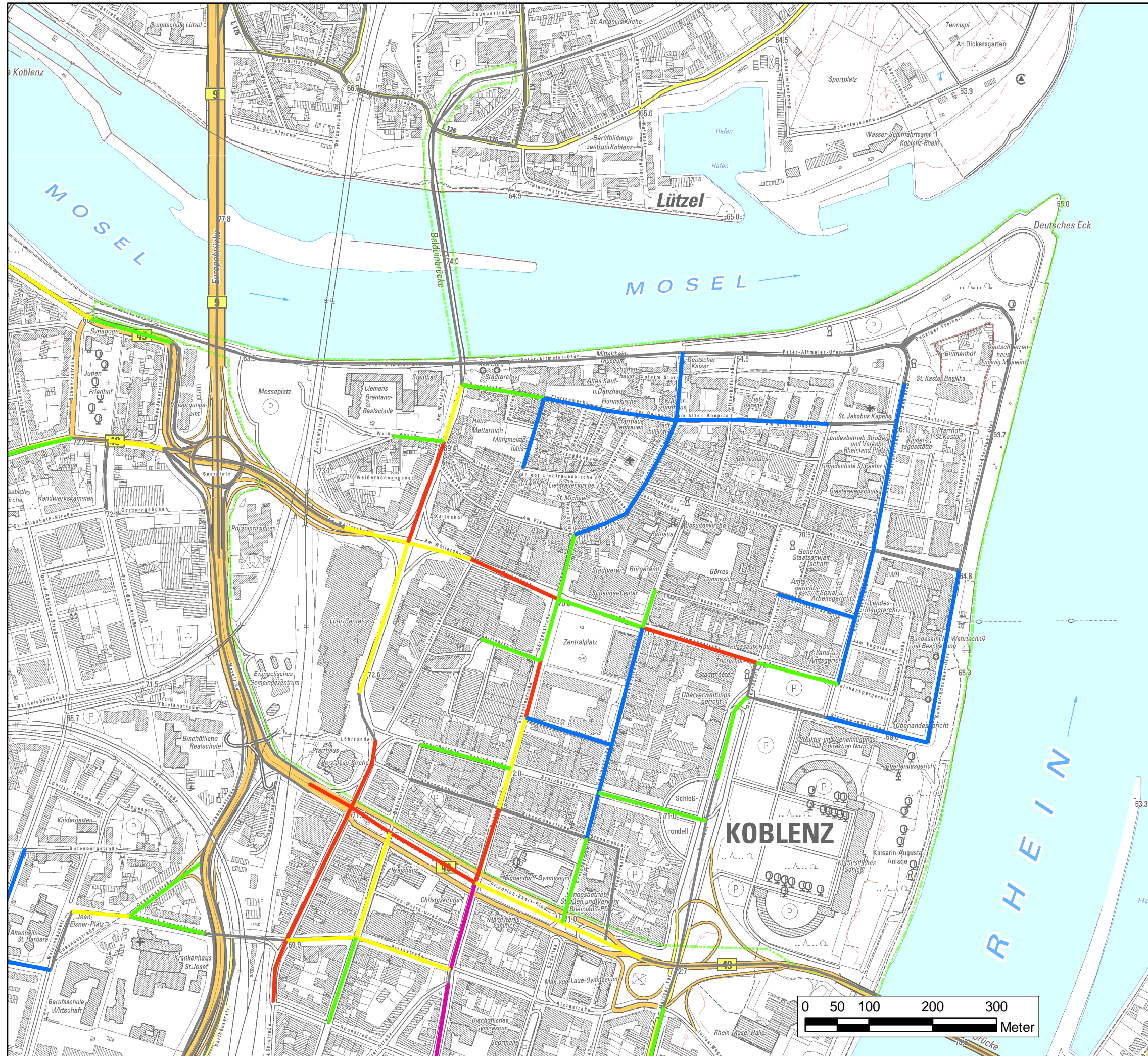
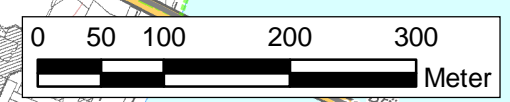


Abb. 6.5

Immissionen Differenz Umweltzone 2 (ohne Ausnahmen) und Nullfall

Übersicht



Umweltzone - Nullfall

NO₂ [%]

- <= -6
- <= -4
- <= -2
- <= -1
- > -1 - 0
- Berücksichtigtes Straßennetz
- Umweltzone (Vorschlag)

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**



Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Auftraggeber:

Stadtverwaltung Koblenz
Stadtplanungsamt
Bahnhofstraße 47
56068 Koblenz

Wirkungen einer etwaigen Umweltzone
im Bereich Koblenz Altstadt
Screening kfz-bedingter Schadstoffemissionen
und -immissionen



	Datum	Zeichen
gezeichnet	14.12.09	HL
geprüft	18.01.10	HL
Projekt	60262-04-01	

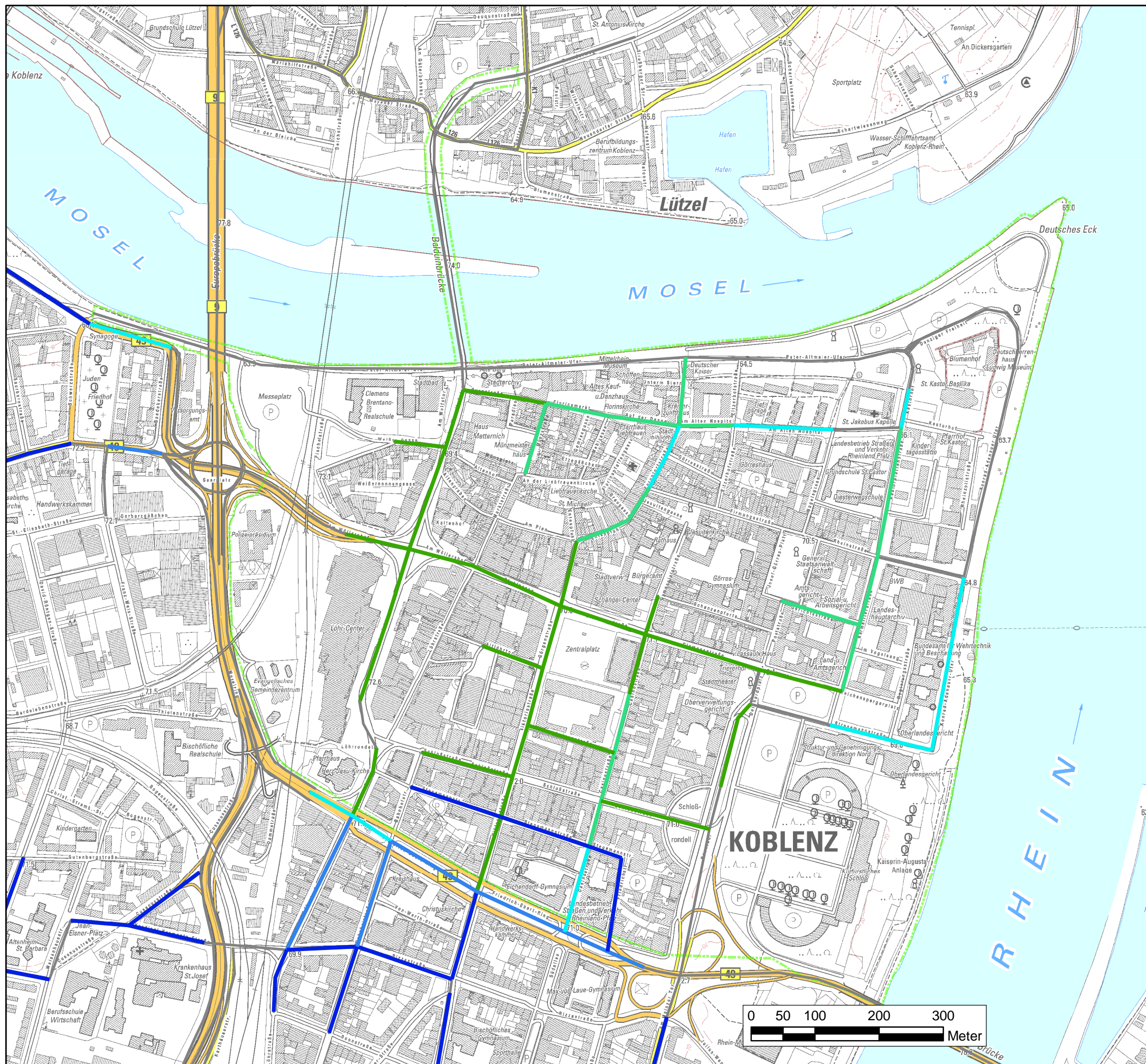


Abb 6.6

6.2 PM10

Für den Istzustand 2008, den Nullfall 2010 und die Umweltzone 2010 sind die berechneten PM10-Immissionen in **Abb. 6.7** bis **Abb. 6.10** dargestellt. Des Weiteren sind ermittelten Werte an ausgewählten Untersuchungspunkten (UP) in **Tab. 6.2** aufgeführt.

Nr.	Straßenname	PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
		Ist 08	Null 10	UWZ1 10	UWZ2 10
1	Hohenfelder Straße Messstelle	25	25	25	24
2	Friedrich-Ebert-Ring Messstelle	24	24	24	24
3	Hohenzollernstraße	30	30	30	30
4	Clemensstraße	29	29	29	27
5	B42 Ehrenbreitstein	27	27	27	27
6	Mayener Straße	24	24	24	24
7	Charlottenstraße Ehrenbreitstein	32	32	32	32

Tab. 6.2: Berechnete PM10 Konzentrationen in ausgewählten Straßenschluchten (Lage siehe **Abb. 4.1**). Fett markierte Werte geben eine mögliche Überschreitung des PM10-24h-Grenzwertes an.

Für alle betrachtete Fälle wird der PM10-Jahresmittelgrenzwert eingehalten. Neben dem Jahresgrenzwert gibt es bei PM10 einen 24h-Grenzwert (35 zulässige Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Auf Grund statistischer Korrelationen mit dem Jahresmittelwert kann gesagt werden, dass bei PM10 bis zu einem Jahresmittelwert von $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dieser Grenzwert sicher eingehalten werden kann (siehe Anhang A2). Bei mehr als $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist mit einer ca. 50 % Wahrscheinlichkeit eine Überschreitung gegeben. Bei mehr als $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist eine Überschreitung so gut wie sicher.

Von Überschreitungen eines PM10-Jahresmittelwertes von $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sind Straßenschluchten im Bereich der Innenstadt und in den Ortsteilen Ehrenbreitstein, Moselweiß sowie in Lützel (Mayener Straße) und Metternich (Rübenacher Straße) in allen betrachteten Szenarien betroffen (siehe z. B. **Abb. 6.7**). Ein Jahresmittelwert von $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird im Istzustand maximal um 17 % und in den Szenarien Nullfall 2010, Umweltzone 1 und 2 um maximal 14 % überschritten.

Während im Istzustand und Nullfall 2010 12 Straßenabschnitte von einer Überschreitung eines Jahresmittelwertes von $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ betroffen sind, sind es bei der Umweltzone 1 8 und in bei der Umweltzone 2 noch 7 Abschnitte.

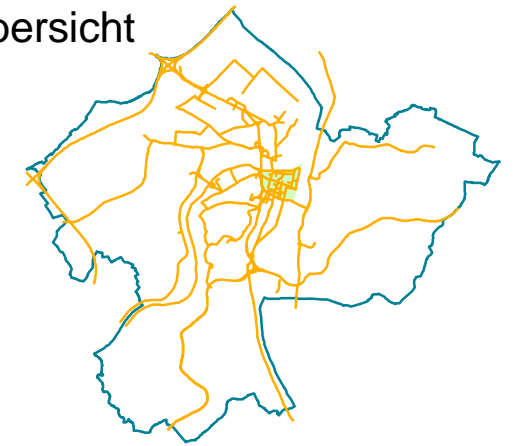
6.3 Fazit

Von berechneten Überschreitungen des PM10-24h-Grenzwertes und des NO₂-Jahresmittelwertes sind Straßenschluchten im Bereich der Innenstadt und in den Ortsteilen Ehrenbreitstein, Moselweiß, Lützel sowie Metternich betroffen. Die Einführung einer Umweltzone, in die nur Fahrzeuge mit grüner Plakette (besser als EURO3) einfahren dürfen, aber Linienbusse ausgenommen werden, hat keine signifikante Minderungswirkung der NO₂- und PM10-Belastung zur Folge. Die Einführung einer Umweltzone, in die ausnahmslos Fahrzeuge mit grüner Plakette einfahren dürfen, führt zu einer relevanten Minderung der Schadstoffbelastung von NO₂ und PM10.

Durch die in vorliegendem Gutachten zu Grunde gelegten Umweltzone werden Bereiche mit Grenzwertüberschreitungen wie Ehrenbreitstein und der Straßenzug Mayerner Straße, Trierer Straße, Rübenacher Straße in Lützel bzw. Metternich nicht entlastet.

Immissionen PM10 Istzustand 2008

Übersicht



PM10 Jahresmittelwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

- ≤ 20
- ≤ 25
- ≤ 28
- ≤ 40
- > 40
- Berücksichtigtes Straßennetz
- Umweltzone (Vorschlag)
- Stadtgrenze

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
 Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
 Telefon 0351/ 83914-0

Auftraggeber:
 Stadtverwaltung Koblenz
 Stadtplanungsamt
 Bahnhofstraße 47
 56068 Koblenz

Wirkungen einer etwaigen Umweltzone
 im Bereich Koblenz Altstadt
 Screening kfz-bedingter Schadstoffemissionen
 und -immissionen



	Datum	Zeichen
gezeichnet	14.12.09	HL
geprüft	18.01.10	HL
Projekt	60262-04-01	

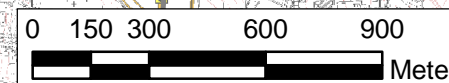


Abb. 6.7

Immissionen PM10 Nullfall 2010

Übersicht



PM10 Jahresmittelwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

- ≤ 20
- ≤ 25
- ≤ 28
- ≤ 40
- > 40
- Berücksichtigtes Straßennetz
- Umweltzone (Vorschlag)
- Stadtgrenze

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**



Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Auftraggeber:

Stadtverwaltung Koblenz
Stadtplanungsamt
Bahnhofstraße 47
56068 Koblenz

Wirkungen einer etwaigen Umweltzone
im Bereich Koblenz Altstadt
Screening kfz-bedingter Schadstoffemissionen
und -immissionen



	Datum	Zeichen
gezeichnet	03.09.09	HL
geprüft	18.01.10	HL
Projekt	60262-04-01	



Abb. 6.8

Immissionen PM10 Umweltzone 1 2010

Grüne Plakette
Ausnahme Linienbusse

Übersicht



PM10 Jahresmittelwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

- ≤ 20
- ≤ 25
- ≤ 28
- ≤ 40
- > 40
- Berücksichtigtes Straßennetz
- Umweltzone (Vorschlag)
- Stadtgrenze

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**



Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Auftraggeber:

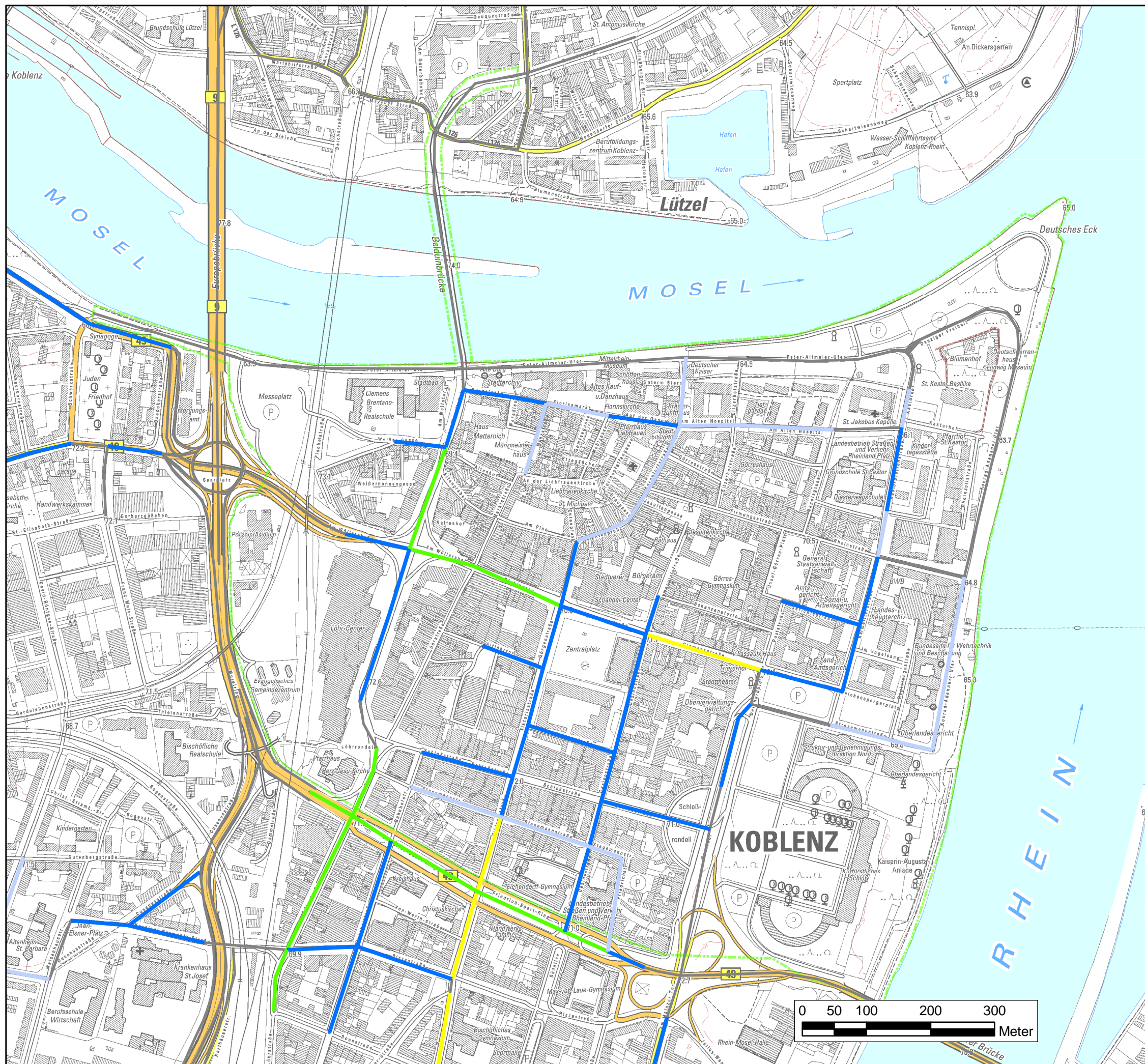
Stadtverwaltung Koblenz
Stadtplanungsamt
Bahnhofstraße 47
56068 Koblenz

Wirkungen einer etwaigen Umweltzone
im Bereich Koblenz Altstadt
Screening kfz-bedingter Schadstoffemissionen
und -immissionen



	Datum	Zeichen
gezeichnet	14.12.09	HL
geprüft	18.01.10	HL
Projekt	60262-04-01	

Abb. 6.9



Immissionen PM10 Umweltzone 2010

Grüne Plakette
auch Linienbusse

Übersicht



PM10 Jahresmittelwert [g/m³]

- ≤ 20
- ≤ 25
- ≤ 28
- ≤ 40
- > 40
- Berücksichtigtes Straßennetz
- Umweltzone (Vorschlag)
- Stadtgrenze

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**



Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

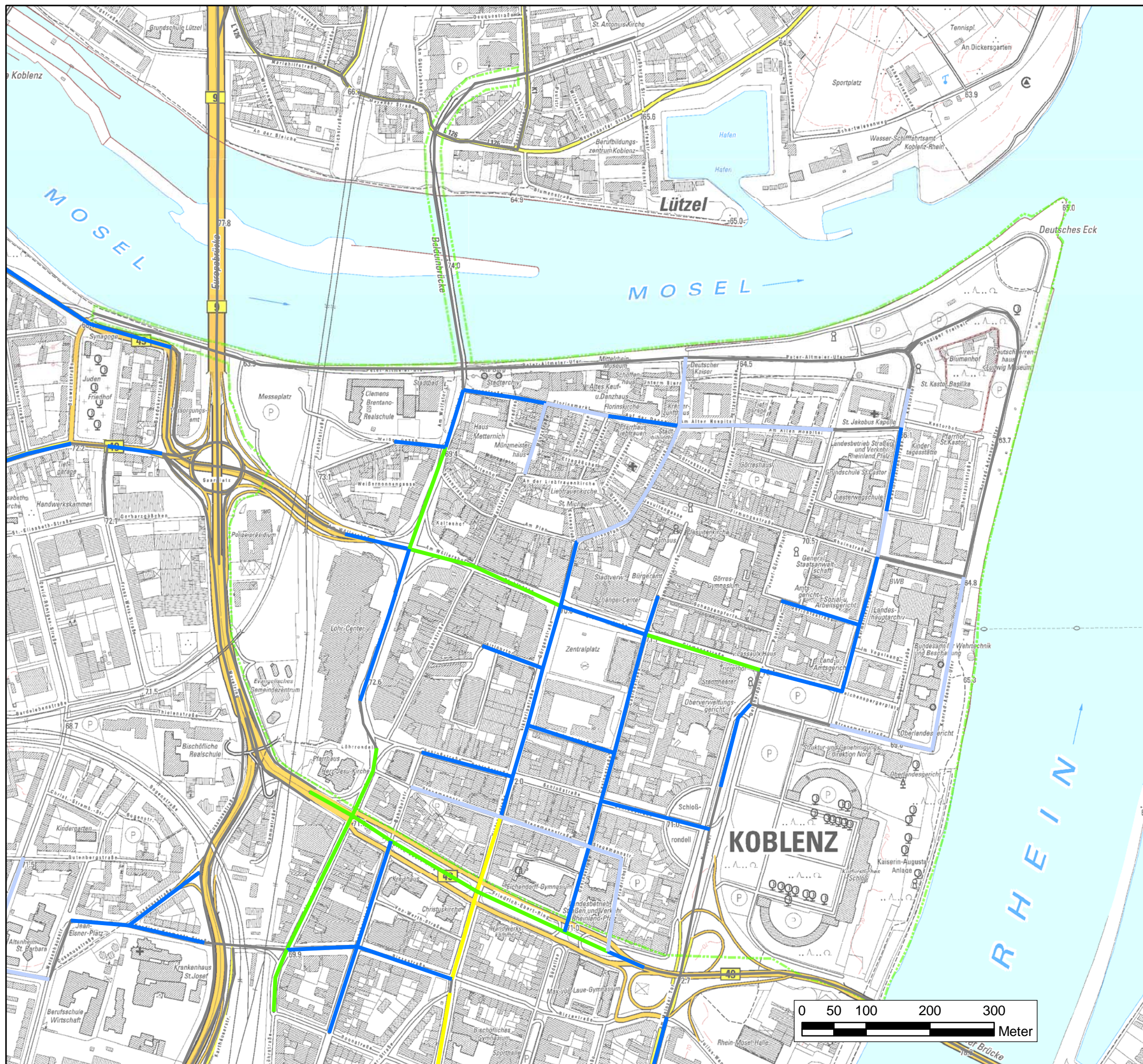
Auftraggeber:

Stadtverwaltung Koblenz
Stadtplanungsamt
Bahnhofstraße 47
56068 Koblenz

Berechnung Kfz-bedingter
Schadstoffemissionen und
-immissionen Koblenz, Screening

	Datum	Zeichen
gezeichnet	14.12.09	HL
geprüft	18.01.10	HL
Projekt	60262-04-01	

Abb. 6.10



7 LITERATUR

22. BImSchV (2007): 22. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft - 22. BImSchV). Bundesgesetzblatt Jahrgang 2007 Teil I Nr. 25, ausgegeben zu Bonn am 12.06.2007.
35. BImSchV (2006): 35. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung - 35. BImSchV). Bundesgesetzblatt Jahrgang 2006 Teil I Nr. 46, ausgegeben zu Bonn am 16. Oktober 2006 sowie Änderungsverordnungen.
- BAST (2005): PM10-Emissionen an Außerortsstraßen – mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM10-Konzentrationen aus Messungen an der A 1 Hamburg und Ausbreitungsrechnungen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 125, Bergisch-Gladbach, Juni 2005.
- Düring, I., Lohmeyer, A. (2004): Modellierung nicht motorbedingter PM10-Emissionen von Straßen. KRdL-Experten-Forum „Staub und Staubinhaltsstoffe“, 10./11. November 2004, Düsseldorf. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL, KRdL-Schriftenreihe Band 33.
- Esser, J. (1992): Ausbreitung und Zusammensetzung von Stickoxiden des Kraftfahrzeugverkehrs, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.
- Esser, J. (1995): Persönliche Mitteilung.
- Kolb, H. (1976): Vergleich verschiedener Methoden der Übertragung von Statistiken der Ausbreitungsverhältnisse in orographisch modifiziertem Gelände. Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser. B, 24, 57-68.
- Kutzner, K., Diekmann, H. und Reichenbacher, W. (1995): Luftverschmutzung in Straßenschluchten - erste Meßergebnisse nach der 23. BImSchV in Berlin. VDI-Bericht 1228, VDI-Verlag, Düsseldorf.
- LfU (1993): Die Luft in Baden-Württemberg, Jahresbericht 1992. Karlsruhe: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg.
- LfU Bayern (2003): Erkenntnisse des Projektes WIME – Wirksamkeit von verkehrsbezogenen Maßnahmen auf die Emissionen von Partikeln, Benzol und Stickstoffdioxid, Luft-

- reinhaltepläne in Bayern (Vollzug §47 BImSchG). Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Juli 2003.
- LfUG-RP (2000a): Klimagutachten Koblenz - Ergebnisse des Mess- und Untersuchungsprogramms. Bearbeitung: Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht, Rheinland-Pfalz, im Auftrag der Stadtverwaltung Koblenz.
- LIS (1985 bis 1991): TEMES-Monats- und Jahresberichte, Hrsg.: Landesanstalt für Immissionsschutz, Nordrhein-Westfalen, Essen.
- Lohmeyer, A., Nagel, T., Clai, G., Düring, I., Öttl, D. (2000): Bestimmung von Kurzzeitbelastungswerten - Immissionen gut vorhergesagt. In: Umwelt (kommunale ökologische Briefe) Nr. 01/05.01/2000.
- LUA NRW (2006): Jahresbericht 2005, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, seit 01.01.2007 Landesamt für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW), Februar 2006, www.lanuv.nrw.de.
- LUWG (2008): Luftqualitätsplan Koblenz 2008-2015. LUWG - Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz. Mainz 2008.
- Statistische Berichte BW (1985-1991): Immissions-Konzentrationsmessungen. Hrsg.: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart.
- TA Luft (1986): Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 27. Februar 1986 (GMBI., 37. J., Nr. 7, S. 95-143).
- UBA (1991) (Ahrens, G. A., Becker, E. C. et al.): Verkehrsbedingte Luft- und Lärmbelastungen - Emissionen, Immissionen, Wirkungen - (UBA Texte 40/91). Beilage: Emissions-szenarien für den PKW- und Nutzfahrzeugverkehr in Deutschland 1988-2005. Berlin: Umweltbundesamt, 1991.
- UBA (1995) (Hassel, D., Jost, P., Weber, F.J., Dursbeck, F.): Abgas-Emissionsfaktoren von Nutzfahrzeugen in der Bundesrepublik Deutschland für das Bezugsjahr 1990. Abschlussbericht. Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit - Luftreinhaltung. UBA-FB 95-049. UBA-Berichte 5/1995.

- UBA (2004): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 2.1/April 2004. Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS AG Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit IFEU Heidelberg. Hrsg: Umweltbundesamt Berlin. Herunterladbar unter <http://www.hbefa.net/>.
- UMK (2004): Partikelemissionen des Straßenverkehrs. Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“. Oktober 2004.
- VDI (2003): Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung – Luftbeimengungen. VDI-Richtlinie VDI 3782 Blatt 7. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, November 2003.
- VDI 3782, Blatt 1 (1992): Ausbreitung von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre - Gaußsches Ausbreitungsmodell für Luftreinhaltepläne.

A N H A N G A 1:
BERECHNUNGSVERFAHREN PROKAS

A1 BERECHNUNGSVERFAHREN PROKAS

A1.1 PROKAS - Berechnungsverfahren zur Bestimmung verkehrserzeugter Schadstoffbelastungen

Für die Berechnung der Immission an einem Untersuchungspunkt wird das mathematische Modell PROKAS verwendet, welches den Einfluss des umgebenden Straßennetzes bis in eine Entfernung von mehreren Kilometern vom Untersuchungspunkt berücksichtigt. Damit werden zum Beispiel die NO₂-Konzentrationen als Folge des Betriebs des Netzes errechnet. Schadstoffbelastungen durch Ferntransport und andere Quellen (zum Beispiel Industrie) werden in der Vorbelastung berücksichtigt.

Das Straßennetz besteht aus einer Vielzahl von "Emissionsbändern", so genannten "Linienquellen", welche die Schadstoffe emittieren. Die Ausbreitung wird mit einem Gaußfahnenmodell oder dem Lagrange'schen Partikelmodell LASAT simuliert. Für die Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung wird ein integriertes Bebauungsmodul eingesetzt (siehe Abschnitt A4.3), in das Ergebnisse einfließen, die auf Berechnungen mit dem mikroskaligen Ausbreitungsmodell MISKAM sowie Ergebnissen aus Windkanalversuchen und Feldexperimenten basieren.

Der Gaußansatz entspricht dem "Ausbreitungsmodell für Luftreinhaltepläne", Richtlinie VDI 3782 Blatt 1 (1992). Die Luftschadstoffe in der Abgasfahne werden mit einer repräsentativen Geschwindigkeit u_t transportiert, die sich durch die gewichtete Mittelung des Windprofils $u(z)$ über die Konzentrationsverteilung in der Abgasfahne ergibt. Da sich das vertikale Konzentrationsprofil mit der Entfernung zur Quelle ändert, wird auch u_t eine Funktion des Quellabstandes. Dadurch ist gewährleistet, dass die Kontinuitätsgleichung für die Schadstoffmasse in jeder betrachteten Entfernung von der Straße eingehalten wird.

Für die Rechnung wird das gesamte Straßennetz in kurze Linienquellen zerlegt und die Emission jeder der Linienquellen auf mehrere Punktquellen verteilt. Der Abstand zwischen den zu einer Linienquelle gehörenden Punktquellen beträgt maximal 1/5 der Entfernung der Punktquelle zum Untersuchungspunkt. Insgesamt wird somit ein Straßennetz je nach seiner Dichte durch einige 1 000 Punktquellen angenähert. Sensitivitätsuntersuchungen haben gezeigt, dass das Rechenergebnis bei einer weiteren Verkürzung der Abstände zwischen den Punktquellen unbeeinflusst bleibt. Mit diesem Aufteilen in Einzelquellen ist zum Beispiel auch der Fall berücksichtigbar, wenn sich die Emissionen im Verlauf einer Straße ändern, zum

Beispiel bei Geschwindigkeitsbeschränkung auf einem Teil einer Straße. Dann emittieren die Punktquellen, die dieses Straßenstück repräsentieren, mit einer anderen Quellstärke als die Quellen auf dem Straßenstück ohne Geschwindigkeitsbegrenzung.

Mit Hilfe der oben aufgeführten Vorgehensweise ist gewährleistet, dass jeder der Straßenzüge gleichzeitig emittieren kann, das heißt, dass jeweils das gesamte Straßennetz emittiert. Damit können auch die Verhältnisse im Nahbereich von Kreuzungen realistisch nachgebildet werden, wo es Aufpunkte gibt, die bei einigen Windrichtungen gleichzeitig von Schadstoffen von mehreren Straßen beaufschlagt werden. Bei der Bestimmung der 98-Perzentilwerte (= Konzentrationen, die in 98 % der Zeit erreicht oder unterschritten werden) ist es in solchen Fällen nicht korrekt, den Einfluss jedes Straßenzuges einzeln zu berechnen und dann später zusammenzufassen.

Auch der Einfluss von Lärmschutzmaßnahmen endlicher Länge kann so berücksichtigt werden. Der Einfluss von Lärmschutzmaßnahmen wird den Arbeiten von Romberg et al. (1986) für die Bundesanstalt für Straßenwesen entnommen. Die Wirkung der Lärmschutzwand wird als Anfangsverdünnung interpretiert, indem dem vertikalen Ausbreitungsparameter σ_z ein Wert σ_{z0} als additiver Term zugeschlagen wird. Das Ausbreitungsmodell ist in der Lage, für jede der Linienquellen einen eigenen Wert für σ_{z0} zu berücksichtigen.

Die Ausbreitungsparameter σ_y und σ_z der Richtlinie VDI 3782 Blatt 1 entsprechen denen der TA Luft 86.

Für eine korrekte Bestimmung des 98-Perzentilwertes ist es wichtig, die mit der Tageszeit veränderliche Verkehrsstärke zu berücksichtigen. Dabei kommt es auch auf die korrekte Erfassung der Verkehrs- und damit Emissionsspitzen an. Das Modell berücksichtigt deshalb die Eingabe von 5 verschiedenen Emissionsniveaus und deren Auftretenshäufigkeit.

Bezüglich der Meteorologie wird mit 36 verschiedenen Windrichtungsklassen, 9 verschiedenen Windgeschwindigkeitsklassen und 6 verschiedenen Ausbreitungsklassen gerechnet. Die Ausbreitungsklassen berücksichtigen, dass die Verdünnung der Abgase für eine gegebene Windrichtung und Windgeschwindigkeit auch noch von der Stabilität der Atmosphäre abhängt. So ist z. B. die Verdünnung bei "Inversionswetterlagen" schlechter als bei sonnigen "Normalwetterlagen". Insgesamt werden also $36 \times 9 \times 6 = 1\,944$ Wetterlagen mit den jeweiligen Häufigkeiten berücksichtigt.

Wie oben erwähnt, werden bei der Berechnung der Konzentrationen am Aufpunkt 1 944 Wetterlagen und 5 Emissionsklassen berücksichtigt. Als Rechenergebnis erhält man somit für jeden betrachteten Punkt $1\,944 \times 5 = 9\,720$ unterschiedliche Konzentrationswerte mit der zugehörigen Häufigkeit, also der Angabe darüber, wie häufig die jeweiligen Konzentrationen pro Jahr auftreten. Aus diesen Ergebnissen wird dann eine Häufigkeitsverteilung hergestellt und es wird derjenige Wert bestimmt, der in 98 % der Zeit unterschritten wird. Dies ist der gesuchte 98-Perzentilwert der Zusatzbelastung.

Die Ermittlung der Immissionskenngrößen für die Gesamtbelastung aus den Kenngrößen für die Vorbelastung (Grundbelastung) und die Zusatzbelastung (infolge Verkehrsemissionen auf der betrachteten Straße) erfolgt nach dem in der TA Luft 86 in Anhang D angegebenen Verfahren.

Das Straßennetz und die zu betrachtenden Aufpunkte werden über ein geografisches Informationssystem in den Rechner eingelesen oder aus Verkehrsflussmodellen oder Schallberechnungsprogrammen übertragen. Zur Kontrolle der korrekten Eingabe gibt das Programm anschließend eine maßstabsgetreue Grafik mit dem Straßennetz und der Lage der Untersuchungspunkte aus sowie zur genaueren Kontrolle eine Liste mit den (vom Programm errechneten) Abständen der Aufpunkte zu jeder Linienquelle und zusätzlich die Quellstärke, Anzahl der Punktquellen und Länge jeder Linienquelle.

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen (Jahresmittelwerte und 98-Perzentilwerte für NO_2 und Jahresmittelwerte für zwei inerte Schadstoffe, zum Beispiel Benzol und PM_{10}) werden als Datei tabellarisch für jeden Untersuchungspunkt abgespeichert. Die grafische Darstellung ist sowohl in Form von Zahlenwerten an den jeweiligen Untersuchungspunkten möglich als auch mit farbigen Symbolen, wobei die Farbe entsprechend den Konzentrationen gesetzt wird.

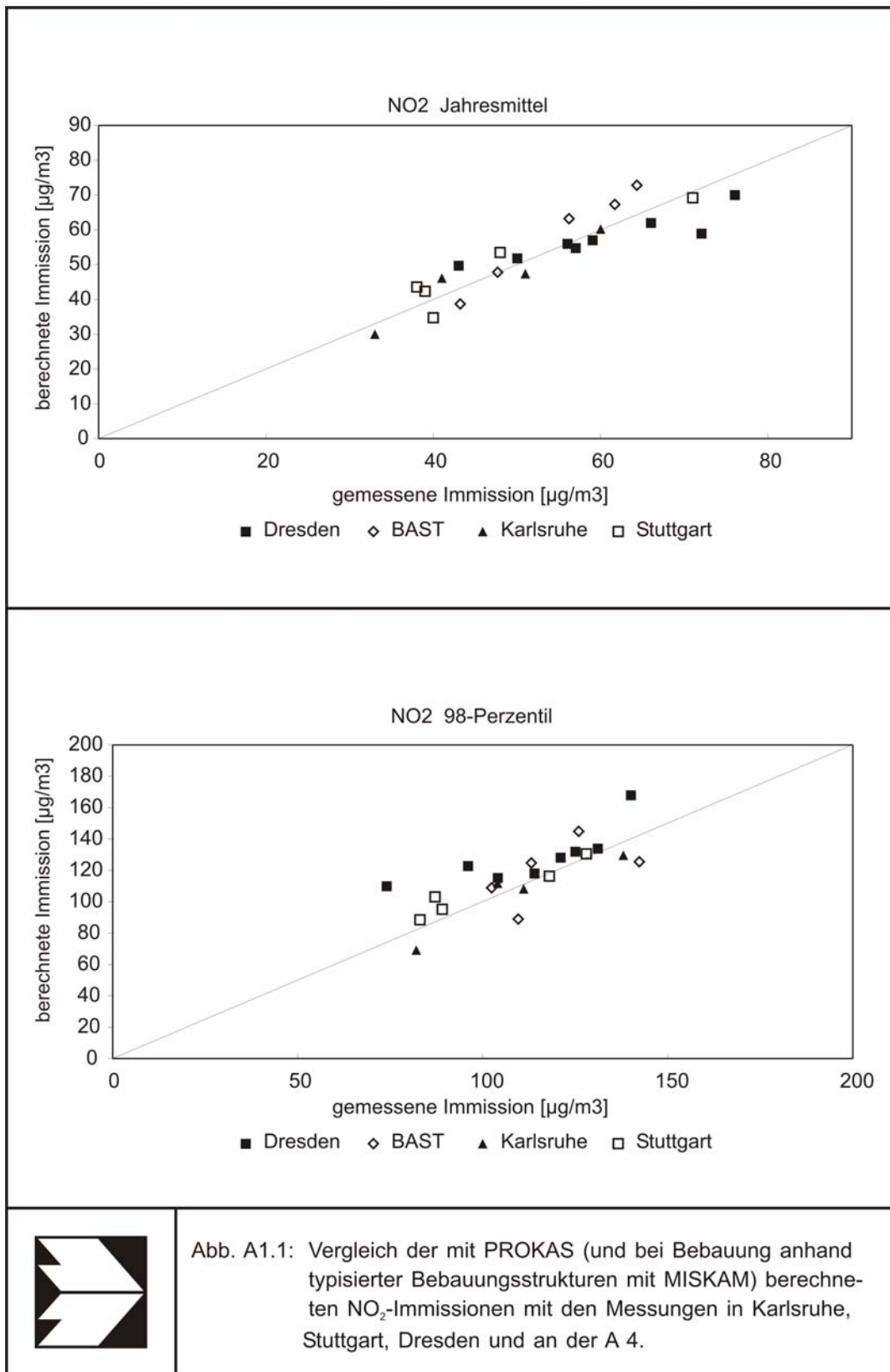
Zur Überprüfung der Plausibilität der Ergebnisse wurden die Abgaskonzentrationen an Dauermessstellen in Karlsruhe sowie Messungen in Dresden, an den Autobahnen A 8 (Stuttgart, Fasanenhof), A 4 [bei der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)] und A 9 bei Garching (Rabl et al., 1989) mit den jeweiligen Berechnungen nach PROKAS verglichen. Die Übereinstimmung kann als gut bezeichnet werden (siehe z. B. **Abb. A1.1**).

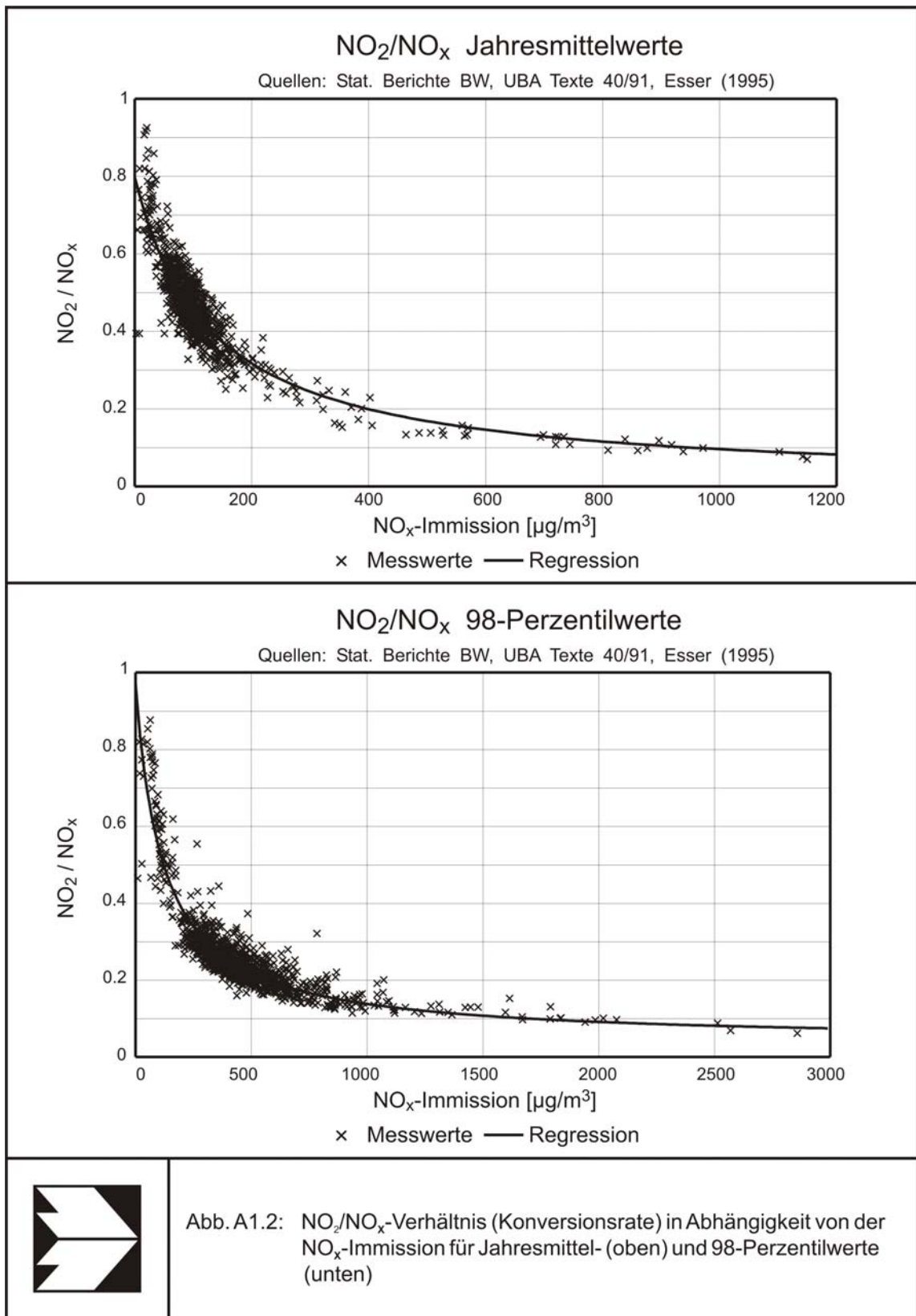
A1.2 Stickoxid-Konversion

Von den Fahrzeugen werden die Stickoxide hauptsächlich als NO und nur zu geringen Teilen als NO₂ abgegeben. Auf dem Ausbreitungspfad wandelt sich das NO zu NO₂ um. Die Umwandlungsrate ist zeitabhängig. Mit zunehmendem Abstand von der Straße wird ein immer größerer Anteil des NO in NO₂ umgewandelt.

Diese Umwandlungsrate wird anhand einer Vielzahl von Messungen der Stickoxide NO und NO₂ an Messstationen in den alten Bundesländern der Bundesrepublik Deutschland mit dem Verhältnis NO₂/NO_x parametrisiert (Romberg et al., 1996 - siehe **Abb. A1.2**). NO_x ist die Summe von NO und NO₂, ausgewiesen als NO₂, d. h. jedes Mol (auch von NO) wird mit einer Masse von 46 g gerechnet. Unter den Messstationen sind sowohl stark vom Straßenverkehr beeinflusste, wie z. B. Frankfurt City oder Köln-Neumarkt, als auch solche in gering belasteten Gebieten, wie z. B. Villingen-Schwenningen im Schwarzwald. Die Messwerte sind Veröffentlichungen des Umweltbundesamtes in Berlin (UBA, 1991), des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg in Stuttgart (Statistische Berichte BW, 1985 bis 1991), der Landesanstalt für Immissionsschutz, Nordrhein-Westfalen (LIS, 1985 bis 1991) und der Bundesanstalt für Straßenwesen (Esser, 1992 und 1995) entnommen. Es handelt sich jeweils um Jahreswerte der Jahre 1985 bis 1989 bzw. 1990.

Mit Hilfe der oben genannten Parametrisierung ist für jede NO_x-Immission die NO₂-Immission im Jahresmittel und für den 98-Perzentilwert bekannt. Nach dem zuvor erläuterten Verfahren erhält man die NO_x-Immissionen an den Untersuchungspunkten. Der Zusammenhang zwischen der NO₂- und der NO_x-Gesamtbelastung wird aus der Regressionskurve für die Umwandlungsrate NO₂/NO_x (**Abb. A1.2**) ermittelt. Aus dieser Regressionskurve erhält man den wahrscheinlichsten Wert der NO₂-Gesamtbelastung.





A1.3 Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung (PROKAS_B)

Im Falle von teilweise oder ganz geschlossener Randbebauung (etwa einer Straßenschlucht) ist die Immissionsberechnung nicht mit Hilfe der oben beschriebenen Methode durchführbar. Hier wird ein ergänzendes Bauungsmodul verwendet. Es basiert auf Modellrechnungen mit dem mikroskaligen Ausbreitungsmodell MISKAM für idealisierte Bauungstypen. Dabei wurden für 20 Bauungstypen und jeweils 36 Anströmrichtungen maximale dimensionslose Abgaskonzentrationen c^* in 1.5 m Höhe und 1 m Abstand zum nächsten Gebäude bestimmt. Für die Bewertung der Qualität der mit dem Modell MISKAM erzielten Ergebnisse wurden diese für ausgewählte Situationen mit Ergebnissen aus Windkanalversuchen und Feldexperimenten verglichen.

Die Bauungstypen werden unterschieden in Straßenschluchten mit ein- oder beidseitiger Randbebauung mit verschiedenen Gebäudehöhe-zu-Straßenschluchtbreite-Verhältnissen und unterschiedlichen Lückenanteilen in der Randbebauung. Unter Lückigkeit ist der Anteil nicht überbauter Flächen am Straßenrand mit (einseitiger oder beidseitiger) Randbebauung zu verstehen. Die Straßenschluchtbreite ist jeweils definiert als der zweifache Abstand zwischen Straßenmitte und straßennächster Randbebauung. Die **Tab. A1.1** beschreibt die Einteilung der einzelnen Bauungstypen. Straßenkreuzungen werden aufgrund der Erkenntnisse aus Naturmessungen (Kutzner et al., 1995) und Modellsimulationen nicht berücksichtigt. Danach treten an Kreuzungen trotz höheren Verkehrsaufkommens um 10 % bis 30 % geringere Konzentrationen als in den benachbarten Straßenschluchten auf.

Aus den dimensionslosen Konzentrationen errechnen sich die vorhandenen Abgaskonzentrationen c zu

$$c = \frac{c^* \cdot Q}{B \cdot u'}$$

wobei:	c	=	Abgaskonzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
	c^*	=	dimensionslose Abgaskonzentration [-]
	Q	=	emittierter Schadstoffmassenstrom [$\mu\text{g}/\text{m s}$]
	B	=	Straßenschluchtbreite [m]
	u'	=	Windgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der fahrzeuginduzierten Turbulenz [m/s]

Die verwendeten c^* -Werte wurden mit Ergebnissen von Windkanaluntersuchungen der Ausbreitungsvorgänge in idealisierten Straßenschluchten verglichen. Weiterhin wurden zur Verifikation Naturmessungen in Hannover herangezogen. Die Übereinstimmung der im Bebauungsmodul verwendeten c^* -Werte mit den oben genannten Daten kann als gut bezeichnet werden.

Entsprechend dem anfangs beschriebenen Verfahren werden für jede Meteorologie/Emissions-Konstellation (max. 9 720) die Beiträge der anderen Straßen hinzuaddiert. Vorbelastung und NO-Konversion werden ebenfalls wie oben beschrieben berücksichtigt.

Typ	Randbebauung	Gebäudehöhe/ Straßenschluchtbreite	Lückenanteil [%]
0*	locker	-	61 - 100
101	einseitig	1:3	0 - 20
102	"	1:3	21 - 60
103	"	1:2	0 - 20
104	"	1:2	21 - 60
105	"	1:1.5	0 - 20
106	"	1:1.5	21 - 60
107	"	1:1	0 - 20
108	"	1:1	21 - 60
109	"	1.5:1	0 - 20
110	"	1.5:1	21 - 60
201	beidseitig	1:3	0 - 20
202	"	1:3	21 - 60
203	"	1:2	0 - 20
204	"	1:2	21 - 60
205	"	1:1.5	0 - 20
206	"	1:1.5	21 - 60
207	"	1:1	0 - 20
208	"	1:1	21 - 60
209	"	1.5:1	0 - 20
210	"	1.5:1	21 - 60

Tab. A1.1: Typisierung der Straßenrandbebauung

* Typ 0 wird angesetzt, wenn mindestens eines der beiden Kriterien (Straßenschluchtbreite >5 x Gebäudehöhe bzw. Lückenanteil ≥ 61 %) erfüllt ist.

A N H A N G A 2:
ÜBERSCHREITUNGSHÄUFIGKEIT DER STUNDEN- UND TAGESMITTELWERTE

A2 ÜBERSCHREITUNGSHÄUFIGKEIT DER STUNDEN- UND TAGESMITTELWERTE

Die 22. BImSchV definiert u.a. als Kurzzeitgrenzwert für NO_2 einen Stundenmittelwert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der nur 18 mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend einem einfachen praktikablen Ansatz basierend auf Auswertungen von Messdaten (Lohmeyer et al., 2000) kann abgeschätzt werden, dass dieser Grenzwert dann eingehalten ist, wenn der 98-Perzentilwert $115 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $170 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht überschreitet. Die genannte Spannbreite, abgeleitet aus der Analyse von Messdaten verschiedener Messstellen, ist groß; die Interpretationen der Messdaten deuten darauf hin, dass bei einer Unterschreitung des 98-Perzentilwertes von $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= Äquivalentwert) der genannte Grenzwert für die maximalen Stundenwerte eingehalten wird.

Zur Ermittlung der in der 22. BImSchV definierten Anzahl von Überschreitungen eines Tagesmittelwertes der PM_{10} -Konzentrationen von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird ein ähnliches Verfahren eingesetzt. Im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Bundesanstalt für Straßenwesen wurde aus 914 Messdatensätzen aus den Jahren 1999 bis 2003 eine gute Korrelation zwischen der Anzahl der Tage mit PM_{10} -Tagesmittelwerten größer als $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und dem PM_{10} -Jahresmittelwert gefunden (**Abb. A2.1**). Daraus wurde eine funktionale Abhängigkeit der PM_{10} -Überschreitungshäufigkeit vom PM_{10} -Jahresmittelwert abgeleitet (BASt, 2005). Die Regressionskurve nach der Methode der kleinsten Quadrate („best fit“) und die mit einem Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöhte Funktion („best fit + 1 sigma“) sind ebenfalls in der **Abb. A2.1** dargestellt.

Im Oktober 2004 stellte die Arbeitsgruppe „Umwelt und Verkehr“ der Umweltministerkonferenz (UMK) aus den ihr vorliegenden Messwerten der Jahre 2001 bis 2003 eine entsprechende Funktion für einen „best fit“ vor (UMK, 2004). Diese Funktion zeigt bis zu einem Jahresmittelwert von ca. $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ einen nahezu identischen Verlauf wie der o.g. „best fit“ nach BASt (2005). Im statistischen Mittel wird somit bei beiden Datenauswertungen die Überschreitung des PM_{10} -Kurzzeitgrenzwertes bei einem PM_{10} -Jahresmittelwert von $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erwartet.

Im vorliegenden Gutachten wird wegen der Unsicherheiten bei der Berechnung der PM_{10} -Emissionen sowie wegen der von Jahr zu Jahr an den Messstellen beobachteten meteorologisch bedingten Schwankungen der Überschreitungshäufigkeiten eine konservative Vorgehensweise gewählt. Dazu wird die in BASt (2005) angegebene „best fit“-Funktion um einen

Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöht. Mehr als 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Grenzwert) werden mit diesem Ansatz für PM10-Jahresmittelwerte ab $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ abgeleitet. Dieser Ansatz stimmt mit dem vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen vorgeschlagenen Vorgehen überein (LUA NRW, 2006).

