



**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

AKTUALISIERUNG DER BERECHNUNGEN DER LUFTSCHADSTOFFBELASTUNGEN IM ZUSAMMENHANG MIT STUTTGART 21 UND NEUEN VERKEHRSDATEN

Auftraggeber: Landeshauptstadt Stuttgart
Amt für Umweltschutz
Gaisburgstraße 4
70182 Stuttgart

Dipl.-Geogr. T. Nagel

Dr.-Ing. W. Bächlin

Februar 2006
Projekt 60385-05-01
Berichtsumfang 85 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	1
1 ZUSAMMENFASSUNG	3
2 AUFGABENSTELLUNG	7
3 VORGEHENSWEISE	8
3.1 Zusammenfassung der Beurteilungswerte	8
3.2 Berechnungsverfahren PROKAS.....	10
3.3 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte.....	11
4 EINGANGSDATEN	13
4.1 Straßennetz, Verkehrsdaten	13
4.2 Meteorologische Daten	18
4.3 Schadstoffvorbelastung	23
5 EMISSIONEN	27
5.1 Betrachtete Schadstoffe	27
5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	27
5.2.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren	27
5.2.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren	29
5.3 Emissionen des untersuchten Straßennetzes	30
6 ERGEBNISSE	35
6.1 Berechnete Immissionen	35
6.2 Vergleich der berechneten Immissionen mit Messdaten	56
7 LITERATUR	62

A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN.....	67
A2 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION	71
A3 EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE	77

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.

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Emission / Immission

Als Emission bezeichnet man die von einem Fahrzeug oder anderen Emittenten ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Gramm Schadstoff 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.

Vorbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung

Als Vorbelastung 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 Vorbelastung 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 Immissionskenngrößen 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 weitere Kurzzeitwerte in Form des Stundenmittelwertes der NO₂ Konzentrationen von 200 µg/m³, der in 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 hängen in hohem Maße vom Fahrverhalten der Kfz ab, die sich in unterschiedlichen Betriebszuständen wie Leerlauf im Stand, Beschleunigung, Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit, Bremsverzögerung etc. befinden. Das typische Fahrverhalten der Kfz kann zu so genannten Verkehrssituationen zusammengefasst werden. Diese wurden vom Umweltbundesamt definiert und es wurden dafür die Emissionen gegeben. Verkehrssituationen sind durch die Merkmale eines Straßenabschnitts wie Geschwindigkeitsbeschränkung, Ausbaugrad, Vorfahrtregelung etc. charakterisiert.

Feinstaub / PM10

Mit Feinstaub bzw. PM10 werden alle Partikel bezeichnet, die einen größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist.

1 ZUSAMMENFASSUNG

Für das Stadtgebiet von Stuttgart wird hiermit eine Aktualisierung der Darstellung der von Straßen ausgehenden Luftschadstoffbelastungen im Zusammenhang mit Stuttgart 21 unter Berücksichtigung der aktualisierten Verkehrsbelegungsdaten vorgelegt. Seit der letzten Untersuchung vom September 2003 (Lohmeyer, 2003) wurden insbesondere die Verkehrsdaten des Wirtschaftsverkehrs überarbeitet bzw. erstmals in hohem Detaillierungsgrad erarbeitet. Die Verkehrsbelegungsdaten liegen damit für das Jahr 2005 als Bestandsdaten und für das Jahr 2010 als Prognosedaten unter Berücksichtigung von wesentlichen Änderungen im Straßennetz vor, z.B. der Inbetriebnahme des Pragsatteltunnels.

Betrachtet werden die Jahre 2005 und 2010 sowie ein Ausblick auf das Jahr 2015 für die Schadstoffe NO₂, PM10 und Benzol entsprechend den Anforderungen der 22. BImSchV. sowie ergänzend Ruß.

Diese Untersuchung stellt eine Fortführung der Betrachtungen der Berichte "Verkehrsbedingte Schadstoffbelastungen im Zusammenhang mit der Planung 'Stuttgart 21'" (Nagel et al., 1996), "Prognosen der verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastungen im Zusammenhang mit der Planung 'Stuttgart 21'" (Nagel et al., 1998) und „Luftschadstoffbelastungen an Stuttgarter Hauptverkehrsstraßen für die Jahre 2005 und 2010“ (Lohmeyer, 2003) dar. Zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit der Ergebnisse wird in diesem Gutachten die gleiche Vorgehensweise wie in den früheren Untersuchungen gewählt.

Aus den Verkehrsbelegungsdaten werden unter Berücksichtigung der vom Umweltbundesamt veröffentlichten Emissionsfaktoren und aktualisierten Erkenntnissen im Hinblick auf die NO_x-Emissionen des LKW-Verkehrs die Emissionen auf allen Straßenabschnitten berechnet. Für die Ermittlung der verkehrsbedingten Luftschadstoffe werden die Schadstoffaufkommen durch den Verkehr auf Hauptverkehrsstraßen mit dem Straßennetzmodell PROKAS und unter Berücksichtigung der topographischen Gegebenheiten mit gebietsbezogenen repräsentativen Windstatistiken betrachtet. Entlang den Straßen werden die Einflüsse der Randbebauung typisiert berücksichtigt.

Für das Stadtgebiet von Stuttgart liegen an einigen Punkten Luftschadstoffmessungen basierend auf stationären Messstellen (UMEG und Stadt Stuttgart) vor, aus denen eine einheitliche Vorbelastung für das Untersuchungsgebiet abgeleitet wird. Teilweise liegen auch Messdaten befristeter Messkampagnen (z.B. im Zusammenhang mit der 23. BImSchV) und für die letzten beiden Jahre Messdaten der verkehrsnahen SPOT-Messstellen vor. Vergleiche

che der Modellrechnungen mit den Messdaten ergeben zufriedenstellende Übereinstimmungen.

Die NO₂-Belastungen (Jahresmittelwerte) sind im Hinblick auf den Grenzwert von herausragender Bedeutung. In den dicht bebauten Bereichen des Stadtgebietes von Stuttgart sind insbesondere im Talkessel an den stark befahrenen Stadtdurchfahrten für das Jahr 2005 Überschreitungen des Übergangsbeurteilungswertes (Grenzwert plus Toleranzmarge, vgl. Kap. 3.2) von 50 µg/m³ berechnet. Die durch das Stadtgebiet führenden, sehr stark befahrenen Hauptverkehrsstraßen weisen damit sehr hohe NO₂-Belastungen auf. Außerhalb der Innenstadt sind entlang den Autobahnen und den Hauptverkehrsstraßen im Neckartal, in Bad Cannstatt, Zuffenhausen und Feuerbach sehr hohe Belastungen prognostiziert.

Trotz der für das Prognosejahr 2010 angesetzten Verkehrszunahme zeigen sich gegenüber dem Jahr 2005 geringere NO₂-Belastungen. Die Schwerpunkte der hohen NO₂-Belastungen bleiben weitgehend erhalten. Entlang den Hauptverkehrsstraßen im Talkessel von Stuttgart, im Neckartal, in Bad Cannstatt, Zuffenhausen und Feuerbach sind weiterhin hohe NO₂-Belastungen zu erwarten, die den Grenzwert von 40 µg/m³ teilweise deutlich überschreiten.

Für das Jahr 2015 führen die Berechnungen unter Berücksichtigung gleicher Verkehrsleistungsdaten wie im Jahr 2010 zu verringerten NO₂-Belastungen. Dennoch sind an den stark frequentierten städtischen Hauptverkehrsstraßen an den innerstädtischen Abschnitten der B 14 und der B 27 sowie an den Hauptdurchfahrtsstrecken von Feuerbach und Zuffenhausen NO₂-Immissionen über 40 µg/m³ zu erwarten.

Die intensivsten NO₂-Kurzzeitbelastungen (98-Perzentilwerte) sind für das Jahr 2005 im Nahbereich der Autobahn, vereinzelt an innerstädtischen Straßenabschnitten und an Tunnelportalen berechnet. Der Kurzzeitgrenzwert der 22. BImSchV für NO₂ wird im Innenstadtbereich an innerstädtischen Abschnitten der B 14 und der B 27, an der Hauptdurchfahrtsstrecke von Zuffenhausen und im Neckartal überschritten.

Für das Jahr 2010 sind die intensivsten Kurzzeitbelastungen im Nahbereich der Autobahn, vereinzelt an innerstädtischen Straßenabschnitten und an Tunnelportalen berechnet, wobei die Belastungen gegenüber dem Jahr 2005 deutlich geringer sind. An innerstädtischen Straßenabschnitten sind nur erhöhte NO₂-Kurzzeitbelastungen über 130 µg/m³ an den Hauptverkehrsachsen der B 10, B 14 und B 27 innerhalb des Stadtgebietes prognostiziert.

Im Prognosejahr 2015 sind noch geringere NO₂-Kurzzeitbelastungen prognostiziert, die nur in vereinzelt Abschnitten der innerstädtischen Hauptverkehrsachsen im Zuge der B 10, B 14 und B 27 zu Überschreitungen des Kurzzeitbelastungswertes führen.

Im Betrachtungsgebiet überwiegen im Jahr 2005 die Straßenabschnitte mit berechneten Benzolbelastungen unter 2.5 µg/m³. An den innerstädtischen Hauptverkehrsstraßen im Talkessel von Stuttgart sowie an den sehr stark befahrenen Hauptverkehrsachsen sind Benzolbelastungen über 2.5 µg/m³ und teilweise über dem zukünftigen Grenzwert von 5 µg/m³ berechnet. Der Übergangsbeurteilungswert von 10 µg/m³ wird entsprechend den Berechnungen nicht überschritten.

Im Prognosejahr 2010 wirken sich die technischen Minderungsmaßnahmen der Kfz deutlich aus, sodass gegenüber dem Jahr 2005 geringere Benzolbelastungen zu erwarten sind. Nur an wenigen sehr stark befahrenen Hauptverkehrsachsen sind Benzolbelastungen über 2.5 µg/m³ berechnet. Überschreitungen des Grenzwertes von 5 µg/m³ sind nur vereinzelt an Kreuzungsbereichen sehr stark befahrener Hauptverkehrsstraßen im Talkessel von Stuttgart bzw. an Tunnelportalen prognostiziert.

Im Prognosejahr 2015 sind noch geringere Benzolbelastungen prognostiziert, die nur vereinzelt an Tunnelportalen zu Überschreitungen des Grenzwertes von 5 µg/m³ führen.

Erhöhte Rußbelastungen sind teilweise an den innerstädtischen Hauptverkehrsstraßen im Talkessel von Stuttgart, an den sehr stark befahrenen Hauptverkehrsachsen und an den Autobahnen im Jahr 2005 berechnet. Gegenüber dem Jahr 2005 ist für das Prognosejahr 2010 ein Rückgang der Rußbelastungen zu erwarten. Innerhalb des Stadtgebietes von Stuttgart zeigen sich vereinzelt Straßenabschnitte (B 10, B 14, B 27, Tunnelportale) mit erhöhten Rußbelastungen. Im Prognosejahr 2015 sind noch geringere Rußbelastungen prognostiziert.

An den innerstädtischen Hauptverkehrsstraßen im Talkessel von Stuttgart, an den sehr stark befahrenen Hauptverkehrsachsen (B 10, B 14, B 27), an den Autobahnen und an Tunnelportalen sind für das Jahr 2005 hohe PM₁₀-Belastungen mit über 40 µg/m³ berechnet. Damit wird an diesen Hauptverkehrsstraßen der Grenzwert von 40 µg/m³ überschritten; an der überwiegenden Anzahl der innerstädtischen Straßenabschnitte wird der Grenzwert eingehalten. Weiterhin sind entsprechend den Berechnungen an der Randbebauung der Straßen

überwiegend PM10-Belastungen unter $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet; dort wird der Grenzwert der PM10-Kurzzeitbelastung eingehalten.

Gegenüber dem Jahr 2005 sind im Prognosejahr 2010 nur geringe Änderungen der PM10-Belastungen zu erwarten.

Im Prognosejahr 2015 sind etwas geringere PM10-Belastungen prognostiziert, die dennoch vereinzelt an innerstädtischen Straßenabschnitten (B 10, B 14, B 27) zu hohen Feinstaubkonzentrationen führen.

Insgesamt zeigen die Berechnungen für die Hauptverkehrsstraßen von Stuttgart, dass sich aufgrund der zeitlichen Entwicklung der Zusammensetzung der Kfz-Flotte und der damit verbundenen technischen Entwicklungen Verringerungen der verkehrsbedingten Emissionen erwarten lassen. Damit sind auch Verringerungen der Immissionen verbunden, die aber aufgrund der nicht verkehrsbedingten Beiträge gegenüber den Emissionsminderungen geringer ausfallen. Entsprechend den Berechnungen für die Prognosejahre ist zu erwarten, dass weiterhin an der Randbebauung einiger Hauptverkehrsstraßen Konflikte mit den Grenzwerten bestehen bleiben.

2 AUFGABENSTELLUNG

Für das Stadtgebiet von Stuttgart ist die Aktualisierung der Darstellung der von Straßen ausgehenden Luftschadstoffbelastungen im Zusammenhang mit Stuttgart 21 unter Berücksichtigung der aktualisierten Verkehrsbelegungsdaten erforderlich. Seit der letzten Untersuchung vom September 2003 (Lohmeyer, 2003) wurden insbesondere die Verkehrsdaten des Wirtschaftsverkehrs überarbeitet bzw. erstmals in hohem Detaillierungsgrad erarbeitet. Die Verkehrsbelegungsdaten liegen damit für das Jahr 2005 als Bestandsdaten und für das Jahr 2010 als Prognosedaten unter Berücksichtigung von wesentlichen Änderungen im Straßennetz vor, z.B. der Inbetriebnahme des Pragsatteltunnels. Mit diesen Daten und im Zusammenhang mit neuen Erkenntnissen aus Messdaten der letzten Jahre sowie unter Berücksichtigung der neuen Emissionsdaten sind Aktualisierungen erforderlich. Dafür sind Modellrechnungen durchzuführen.

Zu betrachten sind die Jahre 2005 und 2010 sowie ein Ausblick auf das Jahr 2015 für die Schadstoffe NO₂, PM10 und Benzol entsprechend den Anforderungen der 22. BImSchV. Weiterhin sind die Rußimmissionen ergänzend zu betrachten.

Diese Untersuchung stellt eine Fortführung der Betrachtungen der Berichte "Verkehrsbedingte Schadstoffbelastungen im Zusammenhang mit der Planung 'Stuttgart 21'" (Nagel et al., 1996), "Prognosen der verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastungen im Zusammenhang mit der Planung 'Stuttgart 21'" (Nagel et al., 1998) und „Luftschadstoffbelastungen an Stuttgarter Hauptverkehrsstraßen für die Jahre 2005 und 2010“ (Lohmeyer, 2003) dar. Zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit der Ergebnisse wird in diesem Gutachten die gleiche Vorgehensweise wie in den aufgeführten Studien gewählt.

3 VORGEHENSWEISE

Bei der Verbrennung des Kfz-Kraftstoffes wird eine Vielzahl von Schadstoffen freigesetzt, die die menschliche Gesundheit gefährden können. Im Rahmen der vorliegenden Luftschadstoffuntersuchung ist zu prüfen, ob die durch die geplanten Baumaßnahmen verursachten Auswirkungen die Luftkonzentrationen der Schadstoffe (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Vorbelastung in gesetzlich unzulässigem Maße erhöhen. Der Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z.B. Grenzwerten, die vom Gesetzgeber zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt werden, lässt Rückschlüsse auf die Luftqualität zu. Für den Kfz-Verkehr relevant ist v.a. die 22. BImSchV.

Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich unter Berücksichtigung der o.g. Grenzwerte und der derzeitigen Konzentrationsniveaus auf die v.a. vom Straßenverkehr erzeugten Schadstoffe Stickoxide, Benzol und Feinstaubpartikel PM10. Nach Aufhebung der 23. BImSchV durch die 33. BImSchV (2004) liegen keine Grenzwerte für Ruß mehr vor. Im Zusammenhang mit Beiträgen durch den Kfz-Verkehr sind die Schadstoffe Blei, Schwefeldioxid SO₂ und Kohlenmonoxid CO aufgrund der Emissionswerte und der derzeitigen Luftkonzentrationen von untergeordneter Bedeutung. Für Stickstoffmonoxid NO gibt es keine Beurteilungswerte. Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch Vergleich relativ zum entsprechenden Grenzwert.

3.1 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 (2002)

Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch den Vergleich relativ zum jeweiligen Grenzwert. Bislang genannte Vorsorgewerte für Benzol des LAI (1992) wurden im Rahmen einer Aktualisierung im Hinblick auf die 22. BImSchV aufgehoben (LAI, 2004).

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)

Die 22. BImSchV sieht für die Jahre zwischen dem Inkrafttreten und dem Jahr der Geltung des jeweiligen Grenzwertes Toleranzmargen vor. Grenzwert plus Toleranzmarge wird Übergangsbeurteilungswert genannt. Bei Überschreitung des Übergangsbeurteilungswertes entsteht die Erfordernis der Erstellung eines Luftreinhalteplans. Für den Jahresmittelwert von

NO₂ bedeutet die Toleranzmarge beispielsweise eine Anhebung des Übergangsbeurteilungswertes gegenüber dem Grenzwert um 2 µg/m³ pro Jahr vor 2010.

Die Übergangsbeurteilungswerte aller hier relevanten Luftschadstoffe betragen für das Jahr 2005 für NO₂ 50 µg/m³ im Jahresmittel und 250 µg/m³ für die Kurzzeitbelastung und für Benzol 10 µg/m³ im Jahresmittel.

3.2 Berechnungsverfahren PROKAS

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen werden für den derzeitigen Zustand 2005 und die Prognosejahre 2010 und 2015 die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen und -immissionen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mithilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 2.1 (UBA, 2004) bestimmt. Die Emissionen der Feinstaubpartikel (PM10) des Straßenverkehrs aufgrund von Abrieb und Aufwirbelung werden im HBEFA 2.1 nicht behandelt. Die PM10-Emissionsbestimmung für Abrieb und Aufwirbelung erfolgt auf der Grundlage neuester Ergebnisse aktueller Forschungsarbeiten (BASt, 2005). Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht somit dem aktuellen Stand der Technik.

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 im Untersuchungsgebiet auftretenden Immissionen berechnet. Das verwendete Berechnungsverfahren PROKAS (siehe Anhang A2) ist in der Lage, sämtliche in **Abb. 4.1** dargestellten Straßenzüge gleichzeitig für jede Stunde der Woche mit ihrer jeweiligen Emission emittieren zu lassen. An den innerörtlichen Straßenabschnitten wird die Randbebauung nach Straßenraumbreite, Bebauungshöhe und Lückigkeit der Randbebauung typisiert und in den Immissionsberechnungen berücksichtigt.

Aus der Häufigkeitsverteilung der berechneten verkehrsbedingten Schadstoffkonzentrationen (Zusatzbelastung) werden die statistischen Immissionskenngrößen des untersuchten Luftschadstoffes ermittelt. Dieser Zusatzbelastung, verursacht vom Verkehr innerhalb des Untersuchungsgebietes, wird die großräumig vorhandene Vorbelastung überlagert.

3.3 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte

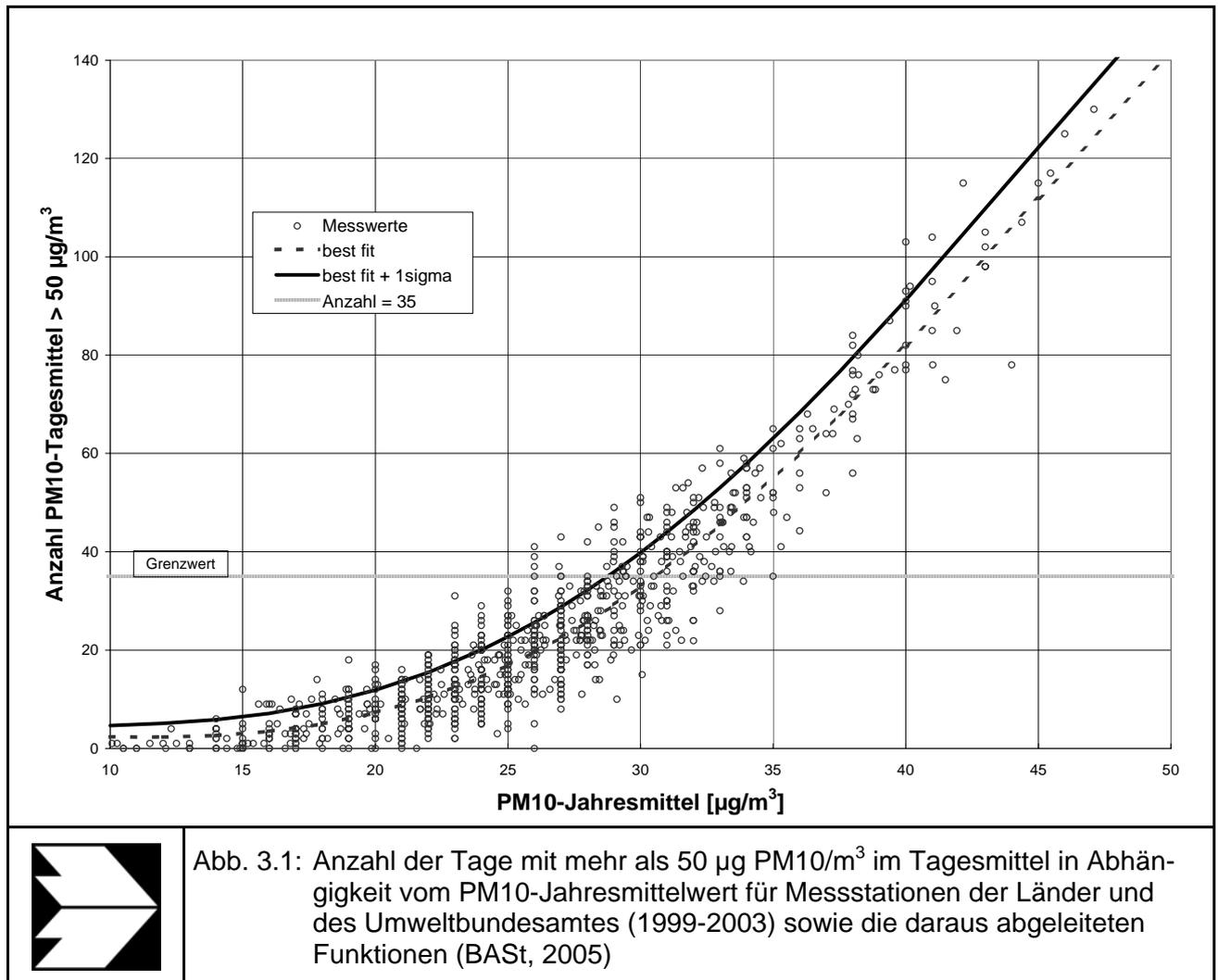
Die 22. BImSchV definiert u.a. als Kurzzeitgrenzwert für NO_2 einen Stundenmittelwert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der nur 18 mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend einem einfachen praktikablen Ansatz basierend auf Auswertungen von Messdaten (Lohmeyer et al., 2000) kann abgeschätzt 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. Für den o.g. Übergangsbeurteilungswert ergibt die analoge Betrachtung einen Äquivalentwert von $175 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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. 3.1**). 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. 3.1** 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.



Die Vorgehensweise der Modellberechnungen entspricht den Anforderungen der 22. BImSchV an die Ziele der Datenqualität hinsichtlich der erforderlichen Genauigkeit.

4 EINGANGSDATEN

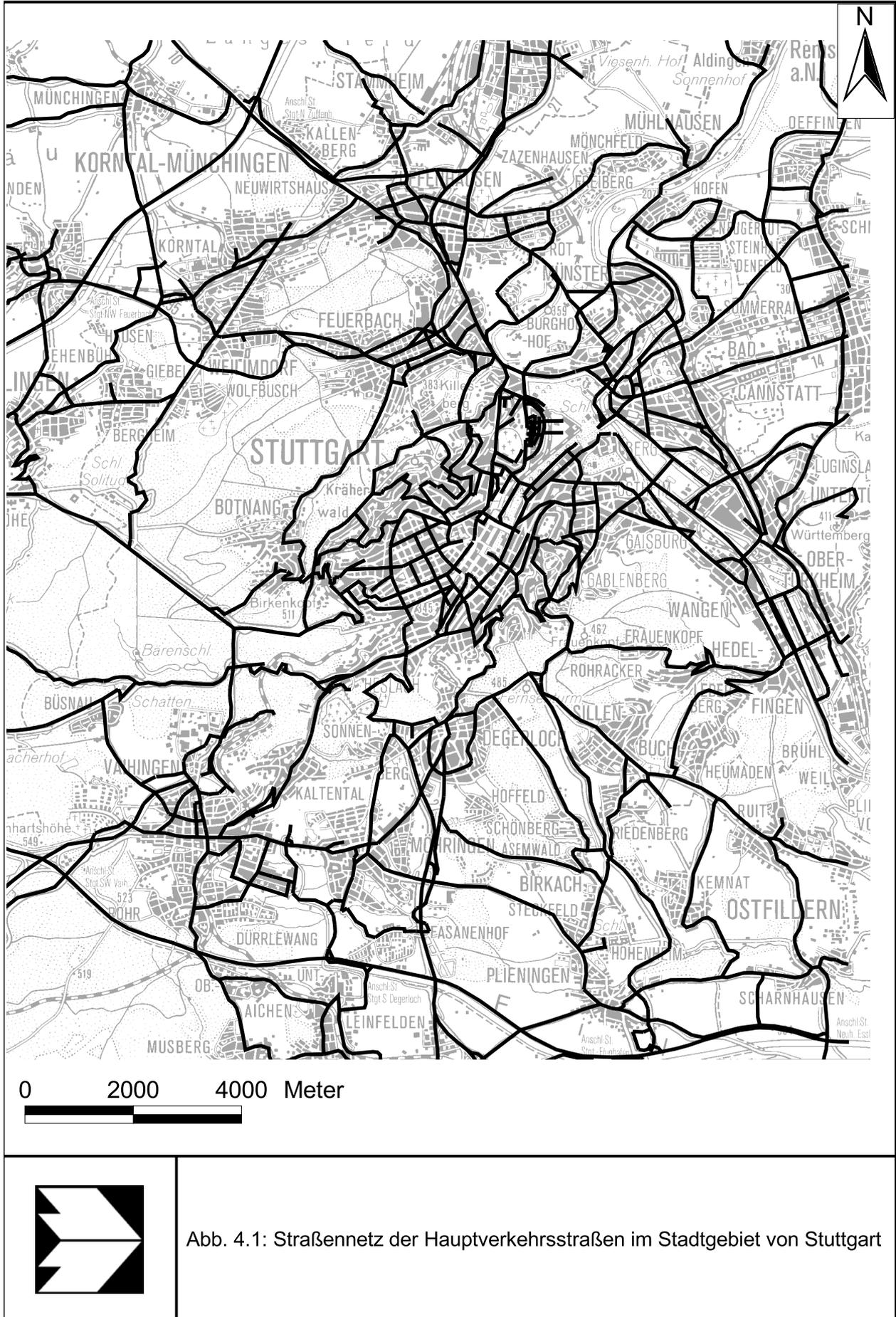
Für die Emissions- bzw. Immissionsberechnungen sind als Eingangsgrößen die Lage des Straßennetzes im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet, verkehrsspezifische Informationen, Daten über die Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung sowie die Vorbelastung von Bedeutung. Im Folgenden werden die verwendeten Grundlagen erläutert.

Die Lage des Untersuchungsgebietes mit dem bestehenden Hauptverkehrsstraßennetz ist als Übersichtsdarstellung in **Abb. 4.1** aufgezeigt. Die Lage der Straßen bezieht sich auf die digitalen Kartengrundlagen des Stadtvermessungsamtes Stuttgart in einer feinen Auflösung. Die generalisierte Hintergrundkarte weist gegenüber der Stadtkarte leichte Abweichungen auf, sodass sie nur zur groben Orientierung hinterlegt wurde.

4.1 Straßennetz, Verkehrsdaten

Beim Stadtplanungsamt der Landeshauptstadt Stuttgart liegen die Verkehrsdaten des gesamten Hauptverkehrsstraßennetzes in digitaler Form vor. Mit der Erarbeitung des Luftreinhalte-/Aktionsplans für die Landeshauptstadt Stuttgart wurden auch aktualisierte Verkehrsbelegungsdaten vorgelegt, insbesondere über den Wirtschaftsverkehr in der Region Stuttgart. Die Verkehrsbelegungsdaten liegen damit für das Stadtgebiet von Stuttgart für das Jahr 2005 als Bestandsdaten und für das Jahr 2010 als Prognosedaten unter Berücksichtigung von wesentlichen Änderungen im Straßennetz vor, z.B. der Inbetriebnahme des Pragsatteltunnels (PTV, 2005). Aus den Daten der vorangegangenen Untersuchungen liegen für jeden Streckenabschnitt die erlaubte Höchstgeschwindigkeit sowie eine mittlere tatsächliche Fahrgeschwindigkeit basierend auf Berechnungen des Verkehrsumlegungsmodells vor. Die raumbezogenen Daten bestehen aus Straßenknoten (z.B. Kreuzungen) im Gauß-Krüger-Format. Diese wurden an den Verlauf des Straßennetzes angepasst. Für die Betrachtungen im Prognosejahr 2015 wird angesetzt, dass sich die Verkehrsbelegungen in Stuttgart gegenüber 2010 nicht wesentlich ändern. **Abb. 4.2** und **Abb. 4.3** zeigen die Verkehrsbelegungen des Hauptverkehrsstraßennetzes für die Jahre 2005 und 2010.

Zur Berechnung der zeitlichen Verteilung der Emissionen werden zusätzlich zu den Verkehrsstärken und LKW-Anteilen die Verkehrstagesganglinien an Werktagen, Samstagen und Sonntagen benötigt, die insbesondere der Ermittlung der Kurzzeitbelastungen dienen.



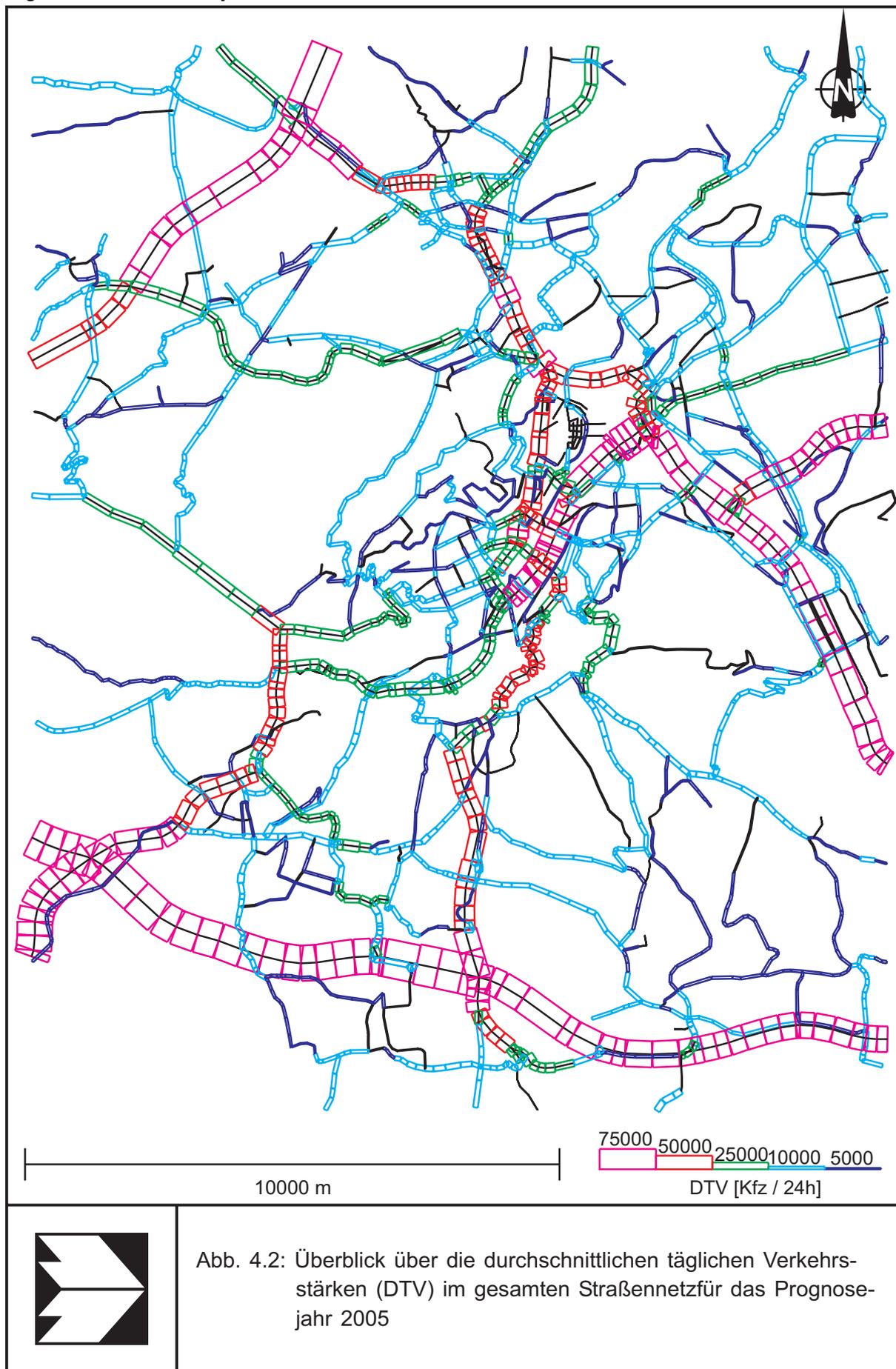


Abb. 4.2: Überblick über die durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV) im gesamten Straßennetz für das Prognosejahr 2005

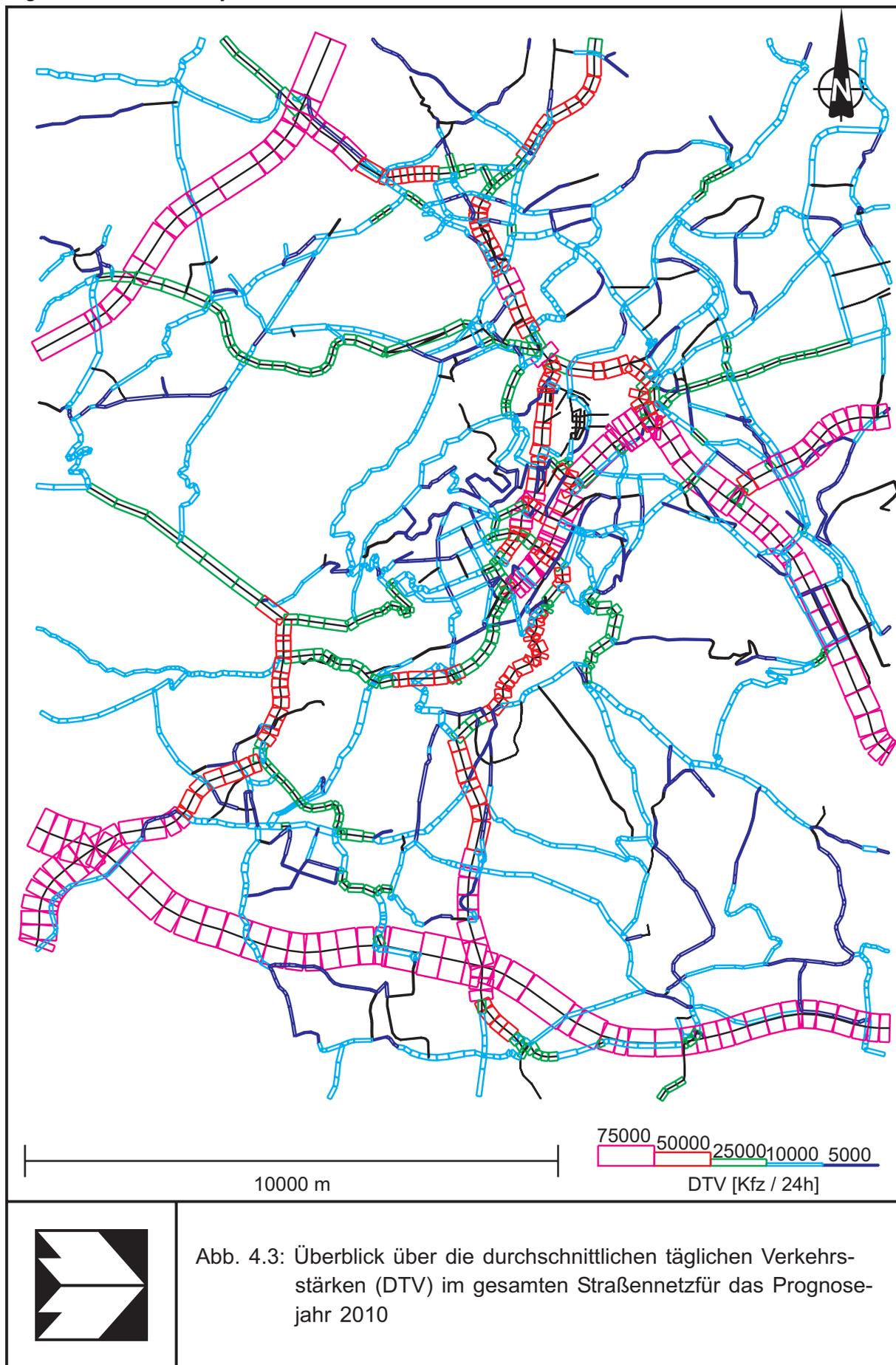


Abb. 4.3: Überblick über die durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV) im gesamten Straßennetz für das Prognosejahr 2010

Diese sind den Verkehrszählungen an der Heilbronner Straße am Kesselrand von Stuttgart entnommen und wurden für Samstage und Sonntage mit typischen Verkehrstagesganglinien aus der Fachliteratur (BASt, 1997 bzw. Schmidt, 1996) ergänzt.

Für die Berechnung der Schadstoffbelastung innerhalb der Straßenräume, d.h. im Gehwegbereich bzw. in 1 m Abstand vor den Randgebäuden und mindestens 1.5 m über Grund, wurde die Straßenrandbebauung in den vorangegangenen Untersuchungen mittels Durchführung und Auswertung einer Videobefahrung erfasst. Die Datengrundlage wurde anhand von Karten, Luftbildern und Fotos aktualisiert bzw. ergänzt. Die Bebauungsdaten setzen sich aus Straßenraumbreite, Gebäudehöhe, Lückigkeit der Gebäude und dem Vorhandensein einer beidseitigen, einseitigen oder keiner Randbebauung zusammen. Bei einseitiger Bebauung wird die Straßenraumbreite aus dem doppelten Abstand der Straßenmitte zur Bebauung abgeleitet. Die Daten führen zu der Typisierung entsprechend der **Tab. 4.1**.

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

Tab. 4.1: Typisierung der Straßenrandbebauung

4.2 Meteorologische Daten

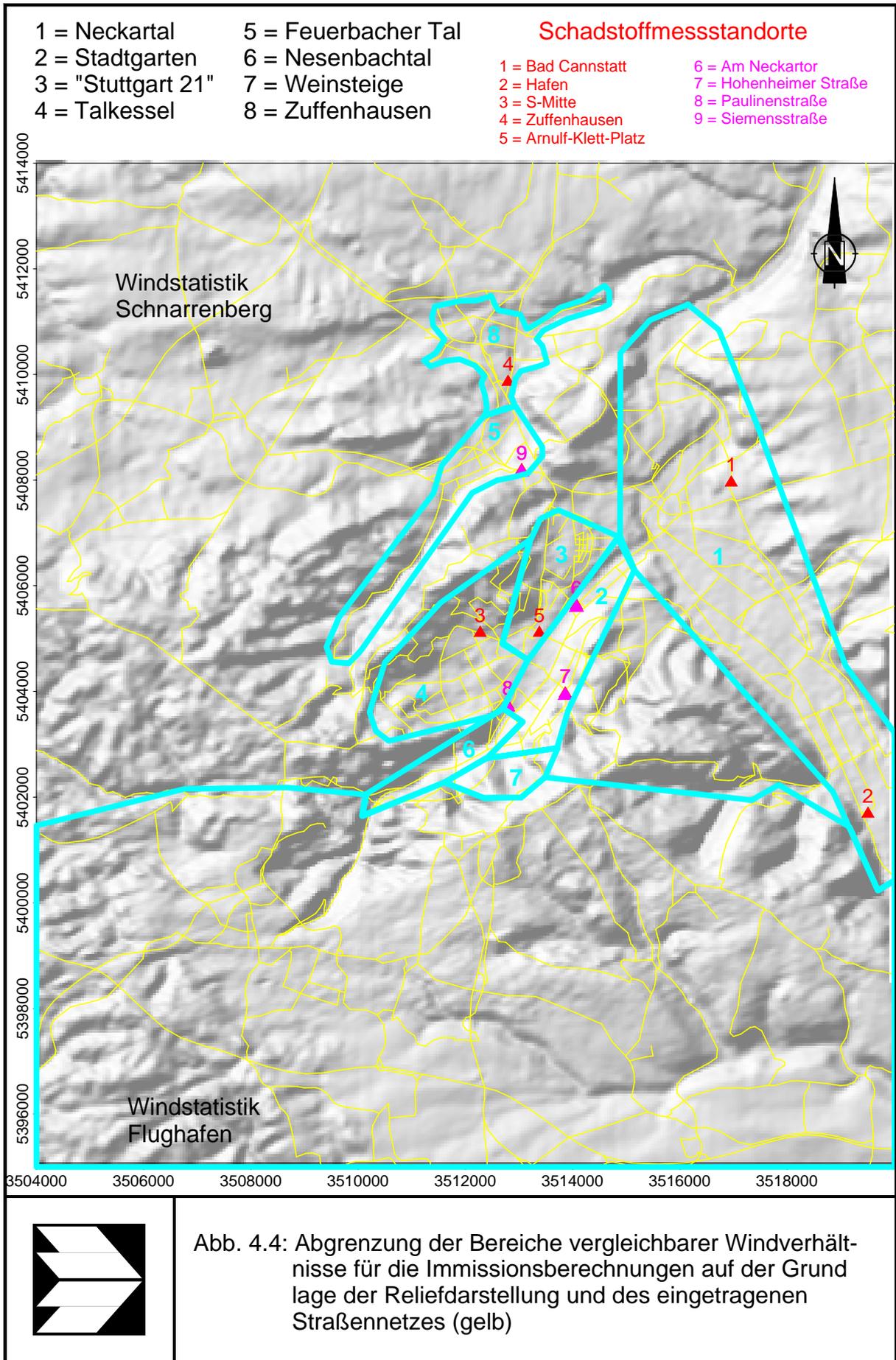
Für die Berechnung der Schadstoffimmissionen werden so genannte Ausbreitungsklassenstatistiken benötigt. Das sind Angaben über die Häufigkeit verschiedener Ausbreitungsverhältnisse in den unteren Luftschichten, die durch Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Stabilität der Atmosphäre definiert sind.

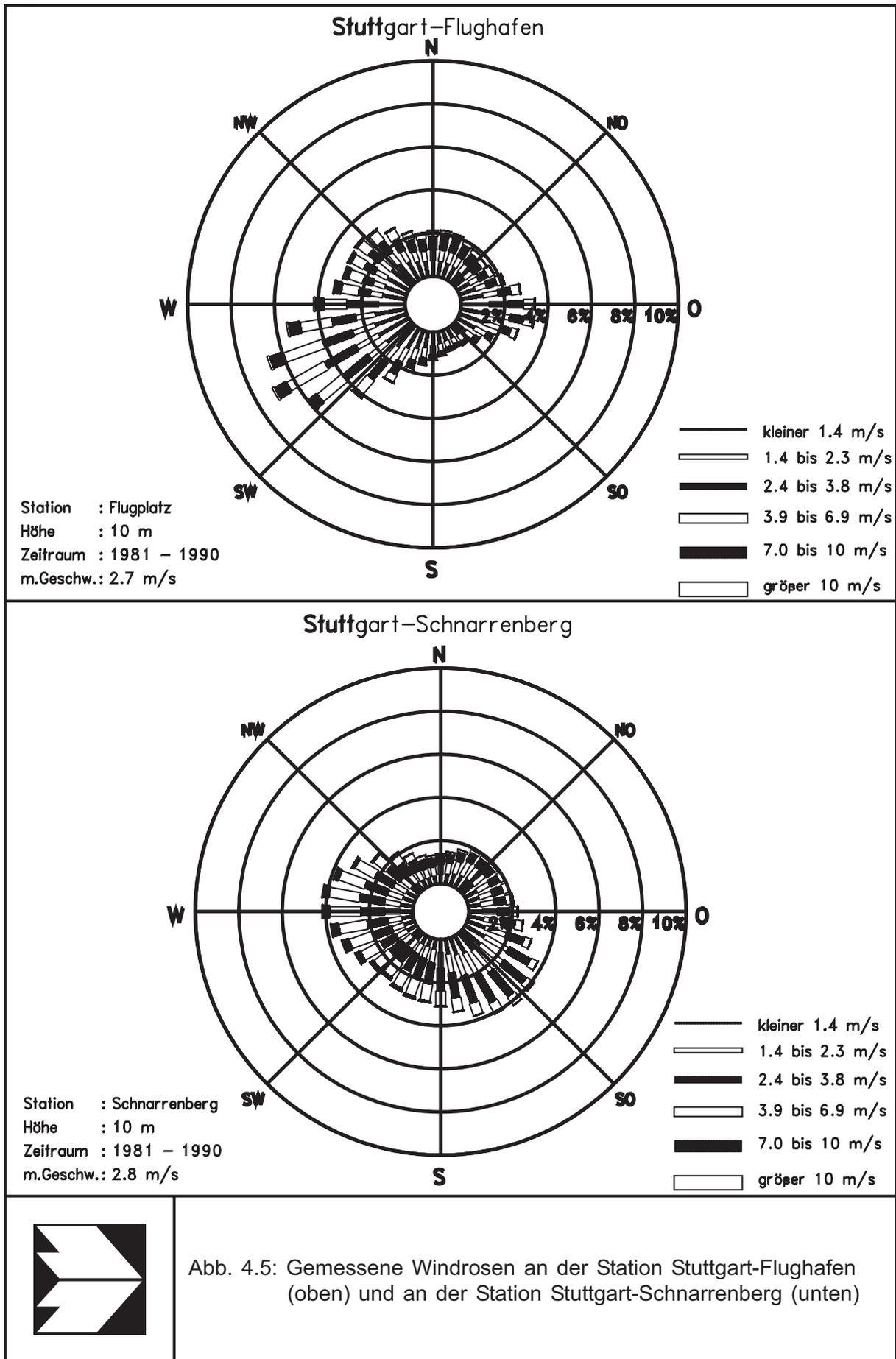
Basierend auf den Windmessungen der Messstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) am Flughafen Leinfelden-Echterdingen und am Schnarrenberg in Stuttgart wurden für das gesamte Stadtgebiet von Stuttgart synthetische Windrosen berechnet (Schädler, et al., 1996). Bei diesen Berechnungen wurden die topographischen Verhältnisse von Stuttgart berücksichtigt. Das sind insbesondere das Relief und die Landnutzung mit unterschiedlich intensiver Bebauung. Die synthetischen Windrosen repräsentieren die Windverhältnisse in 10 m über Grund.

Für die Immissionsberechnungen werden gebietsbezogen repräsentative Windrosen benötigt. Dementsprechend wurden im Stadtgebiet überschlüssig Bereiche abgegrenzt, in denen ähnliche Windverhältnisse vorherrschen. Diese Bereiche sind in **Abb. 4.4** dargestellt. Die Windverhältnisse für diese Bereiche werden im folgenden kurz beschrieben. Graphische Darstellungen der Windrosen sind in dem Gutachten "Verkehrsbedingte Schadstoffbelastungen im Zusammenhang mit der Planung 'Stuttgart 21'" (Nagel et al., 1996) enthalten. Die synthetischen Windrosen innerhalb des Stadtgebietes weisen aufgrund der berücksichtigten Bebauung geringere mittlere Windgeschwindigkeiten auf. Exemplarisch werden die Windrosen für die nördlichen und südlichen Bereiche von Stuttgart dargestellt.

Die auf der Höhe gelegenen Bereiche südlich des Stadtkerns werden den Windverhältnissen des Flughafens zugeordnet. Am Flughafen sind, wie in **Abb. 4.5** (oben) aufgezeigt, südwestliche bis westliche sowie östliche Winde am häufigsten. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt ca. 2.7 m/s.

In den anderen hochgelegenen Bereichen des Stadtgebietes von Stuttgart und im nördlichen Bereich des Untersuchungsgebietes werden ähnliche Windverhältnisse wie am Schnarrenberg vorausgesetzt. Am Schnarrenberg machen sich Einflüsse des Neckartals bemerkbar. Damit sind insbesondere Winde aus westlichen und südöstlichen Richtungen am häufigsten (**Abb. 4.5 unten**). Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt ca. 2.8 m/s.





Das Neckartal im Osten des Talkessels von Stuttgart ist in dem Plan (**Abb. 4.4**) mit der Ziffer 1 gekennzeichnet. Die dazugehörige Windstatistik weist eine Kanalisierung der Winde durch das Neckartal auf. Die Hauptwindrichtung ist Südsüdost sowie Nordwest bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von ca. 1.1 m/s.

Der Bereich um den Stadtgarten und das südlich anschließende Gebiet ist durch den Bereich 2 gekennzeichnet. Die Windverhältnisse weisen im wesentlichen südwestliche und nordöstliche Winde auf. Die mittlere Windgeschwindigkeit ist mit ca. 1.2 m/s angegeben.

Die Windverhältnisse für das Planungsgebiet von "Stuttgart 21" sind für das in **Abb. 4.4** eingetragene Gebiet Nr. 3 repräsentativ. Durch die Lage am nördlichen Rand des Talkessels sind nahezu alle Windrichtungen häufig vertreten. Die höchsten Windgeschwindigkeiten treten bei westlichen bis südlichen Winden auf, nördliche Winde sind relativ selten (**Abb. 4.6** oben). Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt ca. 1.4 m/s.

Die Windverhältnisse des Talkessels (Bereich Nr. 4) sind durch geringe Windgeschwindigkeiten mit ca. 1.1 m/s im Mittel geprägt. Bis auf nördliche und östliche Winde treten alle Windrichtungen ähnlich häufig auf.

Das Feuerbacher Tal (Bereich Nr. 5) führt zu einer Kanalisierung des Windes entsprechend der Ausrichtung von Südsüdwest nach Nordnordost. In diesen Richtungen sind auch die höchsten Windgeschwindigkeiten zu beobachten. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt ca. 1.7 m/s.

Das Nesenbachtal im Südwesten von Stuttgart (Bereich 6) bewirkt ebenfalls eine Kanalisierung der Winde in südwestliche und nordöstliche Winde. Die teilweise dichte Bebauung führt zu einer geringen mittleren Geschwindigkeit von ca. 1.1 m/s.

Im Süden von Stuttgart führt die neue Weinsteige den Hang hinauf nach Degerloch. In diesem Gebiet (Bereich Nr. 7) sind überwiegend südwestliche bis südliche sowie nordöstliche Winde vorherrschend. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt ca. 1.3 m/s.

Im nördlichen Bereich von Stuttgart führt die dichte Bebauung in Zuffenhausen zu Beeinflussungen der Windverhältnisse. In diesem Gebiet (Bereich Nr. 8) sind überwiegend südliche bis westliche sowie nordöstliche bis östliche Winde vorherrschend (**Abb. 4.6** unten). Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt ca. 1.6 m/s.

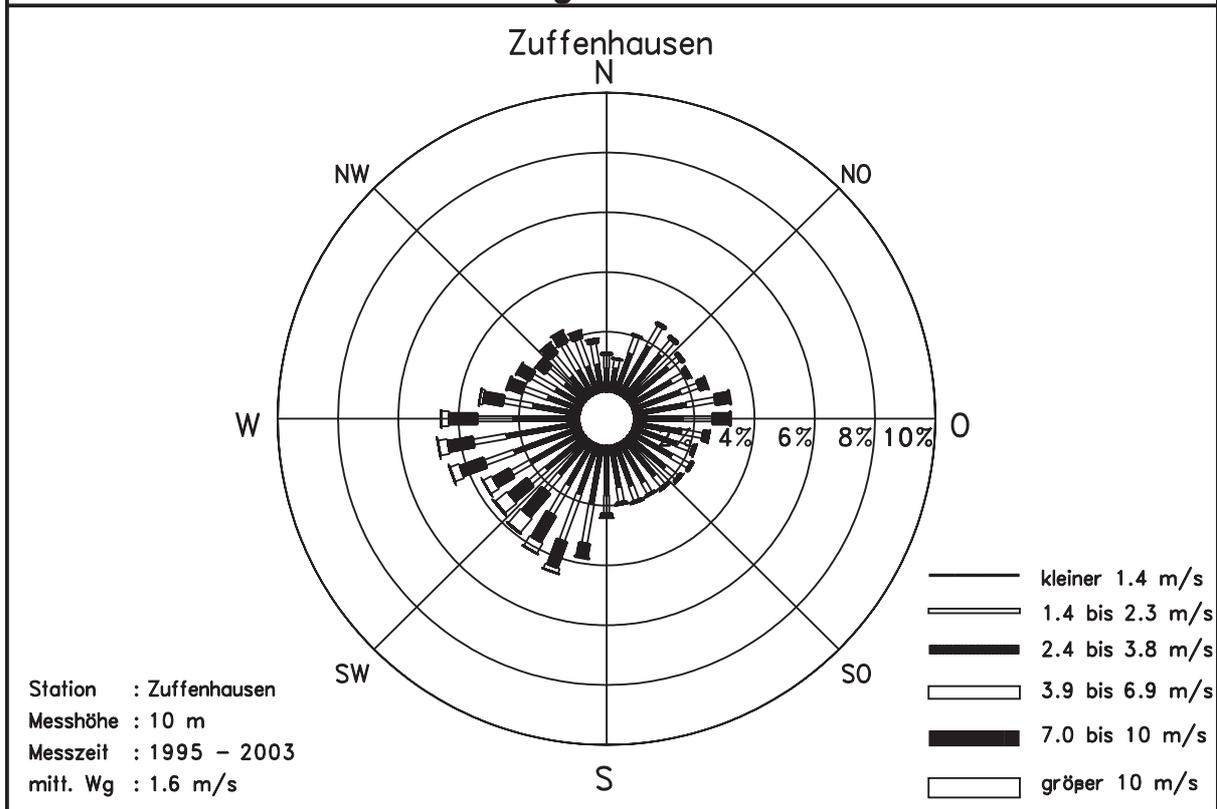
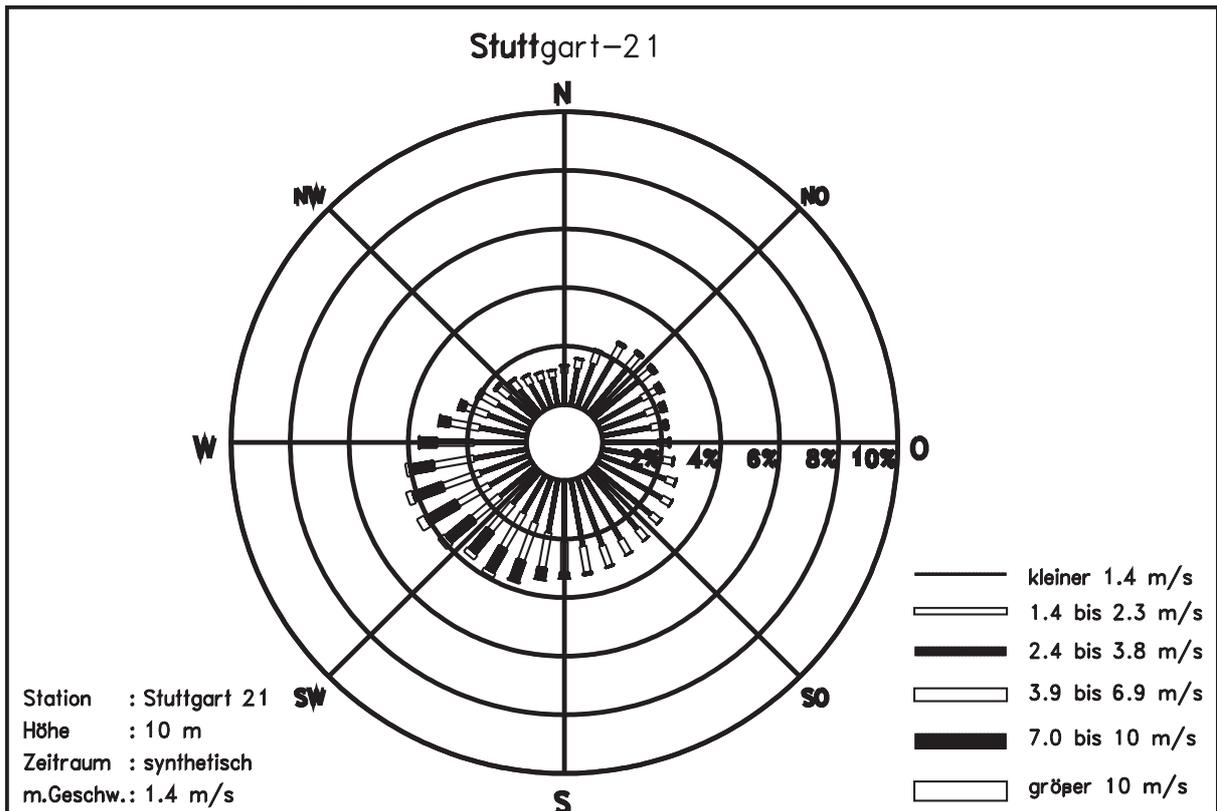


Abb. 4.6: Gemessene Windrosen an der Station Stuttgart-21(oben) und an der Station Stuttgart-Zuffenhausen (unten)

Die der Ausbreitungsrechnung zugrunde gelegten Ausbreitungsklassenstatistiken enthalten neben den Häufigkeiten von Windrichtung und Windgeschwindigkeit auch Informationen über die Verdünnungsfähigkeit der Atmosphäre (= Ausbreitungsklassen). Dieser Parameter Verdünnungsfähigkeit der Atmosphäre berücksichtigt, dass für eine gegebene Windrichtung und Windgeschwindigkeit die Verdünnung der Abgase auch noch vom Sonnenstand (der Tageszeit) und der Bewölkung abhängt. So werden z.B. bei niedrigen Windgeschwindigkeiten tagsüber bei Sonneneinstrahlung Abgase besser verdünnt als nachts bzw. bei bewölktem Himmel. Diese Angaben sind den Informationen der Stationen Stuttgart-Flughafen und Stuttgart-Schnarrenberg entnommen und wurden auf die Windstatistiken der anderen Standorte übertragen.

4.3 Schadstoffvorbelastung

Die Immission eines Schadstoffes im Nahbereich von Straßen setzt sich aus der großräumig vorhandenen Vorbelastung und der straßenverkehrsbedingten Zusatzbelastung zusammen. Die Vorbelastung entsteht durch Überlagerung von Immissionen aus Industrie, Hausbrand, nicht detailliert betrachtetem Nebenstraßenverkehr und weiter entfernt fließendem Verkehr sowie überregionalem Ferntransport von Schadstoffen. Es ist die Schadstoffbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne Verkehr auf den explizit in die Untersuchung einbezogenen Straßen vorliegen würde.

Im Stadtgebiet von Stuttgart sind einige Dauermessstationen des Landesmessnetzes Baden-Württemberg gelegen, die in Berichten der Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg (LfU) und der UMEG mbH veröffentlicht werden.

Dies sind:

- Stuttgart-Mitte, im Stadtzentrum
- Stuttgart-Bad Cannstatt, im Randbereich des Neckartals (Stadtrandbereich), straßennah
- Stuttgart-Hafen, im Neckartal und im Gewerbegebiet
- Stuttgart-Zuffenhausen, Stadtgebiet, straßennah
- Stuttgart-Mitte, Straßenmessstation, Arnulf-Klett-Platz direkt an einer Hauptverkehrsstraße

Weiterhin liegen jahresbezogene Messdaten einiger straßennaher Sondermessstellen vor, die im Zusammenhang mit den Anforderungen der 23. BImSchV erhoben wurden und als SPOT-Messstellen im Zusammenhang mit der 22. BImSchV weiter betrieben werden.

Die an diesen Stationen gemessenen Schadstoffbelastungen wurden in der vorhergehenden Studie ausgewertet und im Rahmen dieser Untersuchung aktualisiert. **Tab. 4.2** zeigt die erfassten Messwerte an den Stationen für die Schadstoffe NO₂, Benzol, Ruß und Feinstaub (PM10).

Nachdem in dieser Untersuchung das gesamte Hauptverkehrsstraßennetz von Stuttgart berücksichtigt wird, setzt sich die Vorbelastung aus den Beiträgen von Gewerbe, Industrie, Hausbrand und Nebenstraßen sowie dem Ferntransport zusammen. Die Ermittlung der für die Berechnungen anzusetzenden Vorbelastungen erfolgte sukzessive im Vergleich mit den Messwerten an den Stationen von Stuttgart. Danach sind die in **Tab. 4.3** aufgezeigten Werte als Vorbelastungen ermittelt worden.

Unter Berücksichtigung einer einheitlichen Vorbelastung ergeben sich im Vergleich der berechneten Konzentrationen an den Standorten der Messstationen mit den gemessenen Werten gute Übereinstimmungen, auf die in Kap 6.1 näher eingegangen wird.

Mit Hilfe von technischen Maßnahmen und politischen Vorgaben wird angestrebt, die Emissionen der o.a. Schadstoffe in den kommenden Jahren in Deutschland zu reduzieren. Deshalb wird erwartet, dass auch die großräumig vorliegenden Luftschadstoffbelastungen im Mittel im Gebiet von Deutschland absinken. Für das zu betrachtende Prognosejahr 2010 zeigen Abschätzungen (MLuS 02, 2005) bezogen auf die Messdaten von 2004 Reduktionen der Immissionen von NO₂ um ca. 7 %, Benzol um ca. 11 % und PM10 um ca. 6 %, für das Prognosejahr 2015 NO₂ um ca. 10 %, Benzol um ca. 16 % und PM10 um ca. 8 %. Diese Abschätzungen beziehen sich auf das Gebiet von Deutschland; im Einzelfall kann die Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen aufgrund regionaler Emissionsentwicklungen davon abweichen. Weiterhin zeigen die Vergleiche der oben abgeleiteten Vorbelastungswerte mit denen der vorangegangenen Untersuchungen geringe Änderungen, sodass eine generelle Reduzierung der Vorbelastungswerte nicht eindeutig angesetzt werden kann. Im Sinne einer pessimistischen Betrachtung werden in der vorliegenden Studie die in **Tab. 4.3** genannten Vorbelastungswerte für die Prognosejahre angesetzt.

Schadstoff		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Bad Cannstatt	NO ₂ -I1	44	39	37	31	33	35	33	-
Hafen	NO ₂ -I1	42	40	38	37	37	-	-	-
Zuffenhausen	NO ₂ -I1	48	46	43	43	40	50	40	-
Arnulf-Klett-Platz	NO ₂ -I1	77	68	72	73	66	80	77	74
Am Neckartor	NO ₂ -I1	-	-	-	90	-	105	106	119
Hohenheimer Str.	NO ₂ -I1	-	-	-	98	-	109	89	96
Paulinenstraße	NO ₂ -I1	-	-	-	51	-	80	62	-
Siemensstraße	NO ₂ -I1	-	-	74	91	-	97	97	97
Waiblinger Straße	NO ₂ -I1	-	-	-	-	-	-	66	-
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Bad Cannstatt	NO ₂ -I2	95	88	82	72	65	85	79	-
Hafen	NO ₂ -I2	99	85	81	81	73	-	-	-
Zuffenhausen	NO ₂ -I2	106	101	89	91	79	117	104	-
Arnulf-Klett-Platz	NO ₂ -I2	142	122	135	139	153	165	156	150
Am Neckartor	NO ₂ -I2	-	-	-	198	-	231	243	252
Hohenheimer Str.	NO ₂ -I2	-	-	-	216	-	240	196	201
Paulinenstraße	NO ₂ -I2	-	144	-	113	-	176	149	-
Siemensstraße	NO ₂ -I2	-	202	162	185	-	213	215	210
Waiblinger Straße	NO ₂ -I2	-	-	-	185	-	-	138	-
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Bad Cannstatt	Benzol	2.5	2.3	2.0	1.8	1.8	1.8	1.4	-
Hafen	Benzol	2.5	2.3	2.0	1.8	1.8	-	-	-
Zuffenhausen	Benzol	3.8	3.5	2.3	1.3	2.0	2.4	2.2	-
Arnulf-Klett-Platz	Benzol	7.5	6.4	4.9	4.3	3.6	2.8	2.7	-
Am Neckartor	Benzol	-	-	-	5.0	-	3.9	4.3	-
Hohenheimer Str.	Benzol	-	-	-	4.4	-	3.4	2.8	-
Paulinenstraße	Benzol	-	8.1	-	4.4	-	3.4	2.7	-
Siemensstraße	Benzol	-	9.4	7.0	5.1	-	3.7	3.0	-
Waiblinger Straße	Benzol	-	-	-	-	-	-	3.3	-
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Bad Cannstatt	Ruß	5.1	4.3	4.5	3.4	3.3	3.5	2.8	-
Hafen	Ruß	5.6	4.9	5.1	3.9	3.8	-	-	-
Zuffenhausen	Ruß	6.6	5.7	5.9	4.5	4.3	4.5	3.8	-
Arnulf-Klett-Platz	Ruß	-	8.8	9.8	7.7	7.0	6.5	6.2	-
Am Neckartor	Ruß	-	-	-	11.2	-	10.8	12.4	-
Hohenheimer Str.	Ruß	-	-	-	11.1	-	10.4	8.3	-
Paulinenstraße	Ruß	-	10.1	-	6.3	-	5.9	-	-
Siemensstraße	Ruß	-	15.4	17.8	10.4	-	9.2	8.6	-
Waiblinger Straße	Ruß	-	-	-	-	-	-	6.7	-
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Bad Cannstatt	PM10-I1	-	27	24	24	26	28	23	-
Hafen	PM10-I1	-	28	25	24	26	-	-	-
Zuffenhausen	PM10-I1	-	31	29	26	28	30	27	-
Arnulf-Klett-Platz	PM10-I1	43	39	38	35	37	39	34	35
Am Neckartor	PM10-I1	-	-	-	-	-	-	51	55
Hohenheimer Str.	PM10-I1	-	-	-	-	-	-	36	38
Paulinenstraße	PM10-I1	-	-	-	-	-	-	-	-
Siemensstraße	PM10-I1	-	-	-	-	-	-	37	37
Waiblinger Straße	PM10-I1	-	-	-	-	-	-	36	-
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Bad Cannstatt	PM10-Über	-	-	6	6	23	23	14	-
Hafen	PM10-Über	-	-	6	4	20	-	-	-
Zuffenhausen	PM10-Über	-	-	11	10	32	40	29	-
Arnulf-Klett-Platz	PM10-Über	-	-	33	27	52	60	42	37
Am Neckartor	PM10-Über	-	-	-	-	-	-	160	187
Hohenheimer Str.	PM10-Über	-	-	-	-	-	-	58	62
Paulinenstraße	PM10-Über	-	-	-	-	-	-	-	-
Siemensstraße	PM10-Über	-	-	-	-	-	-	63	51
Waiblinger Straße	PM10-Über	-	-	-	-	-	-	65	-

Tab. 4.2: Messwerte an den Stationen in Stuttgart des Landesmessnetzes und der Straßenmessstationen (SPOT-Messstellen): Am Neckartor, Hohenheimer Straße, Paulinenstraße, Siemensstraße, Waiblinger Straße ausgedrückt in µg/m³. I1 = Jahresmittelwert, I2 = 98-Perzentilwert, PM10-Über = Anzahl der Tage über 50 µg/m³.

Schadstoff	Vorbelastung in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO ₂ -I1	20
NO ₂ -I2	50
Benzol-I1	1.0
Ruß-I1	2.0
PM10-I1	16

Tab. 4.3: Vorbelastungswerte im Untersuchungsgebiet im Bezugsjahr (2004). I1 = Jahresmittelwert, I2 = 98-Perzentilwert.

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, PM10 und Benzol erreicht, deshalb werden diese Stoffe im vorliegenden Gutachten detailliert betrachtet. Die Konzentrationen für andere Luftschadstoffe wie SO₂, CO, Blei etc. sind im Vergleich zu ihren gesetzlichen Immissionsgrenzwerten deutlich geringer, deshalb werden sie hier nicht betrachtet. Ruß wird hier ergänzend betrachtet, obwohl nach Aufhebung der 23. BImSchV durch die 33. BImSchV (2004) keine Beurteilungswerte für Ruß mehr vorliegen.

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 und LKW 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 und LKW 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	mittl. Fahrge- schwindigkeit	Beschreibung
AB>120	130.0	Autobahn ohne Tempolimit
AB_120	120.0	Autobahn Tempolimit 120
AB_100	110.0	Autobahn Tempolimit 100
AB_80	95.0	Autobahn Tempolimit 80
AB_60	80.0	Autobahn Tempolimit 60
AB_Bau1	95.0	Autobahn Baustelle zweistreifig
AB_Bau2	74.9	Autobahn Baustelle eng bzw. einstreifig
AB_StGo	9.5	Autobahn Stop and Go
AO1	76.7	Außerortsstraße, guter Ausbaugrad, gerade
AO2	67.6	Außerortsstraße, guter Ausbaugrad, gleichmäßig kurvig
AO3	60.6	Außerortsstraße, guter Ausbaugrad, ungleichmäßig kurvig
HVS1>50	58.4	HVS, Tempolimit >50 km/h, geringe Störungen
HVS2>50	48.0	HVS, Tempolimit >50 km/h, mittlere Störungen
HVS3>50	37.7	HVS, Tempolimit >50 km/h, starke Störungen
HVS1	58.4	Ortsdurchfahrt, vorfahrtsberechtigt, ohne Störungen
HVS2	46.2	HSV, vorfahrtsberechtigt, geringe Störungen
HVS3	39.1	HSV, vorfahrtsberechtigt, mittlere Störungen
HVS4	32.0	HSV, vorfahrtsberechtigt, starke Störungen
Kern	19.9	Innerortsstraßen im Stadtkern
LSA1	39.1	HSV mit Lichtsignalanlage, geringe Störungen
LSA2	28.0	HSV mit Lichtsignalanlage, mittlere Störungen
LSA3	23.0	HSV mit Lichtsignalanlage, starke Störungen
NS_D	18.6	Nebenstraßen, geschlossene Bebauung
NS_L	32.0	Nebenstraßen, locker bebaut
StGo	5.3	Innerortsstraßen 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.

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. Die Längsneigung der Straßen ist aus Höhenplänen oder Lageplänen des Untersuchungsgebietes bekannt, 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.

In der Studie „Auswirkungen neuer Erkenntnisse auf die Berechnungen der Partikel- und NO_x-Emissionen des Straßenverkehrs“ (IFEU, 2004) wird u.a. auf aktualisierte Entwicklungen der dynamischen Fahrzeugflotte eingegangen. Danach werden im PKW-Verkehr verstärkt Fahrten mit Dieselmotoren durchgeführt. Die Autoren der Studie beziffern die Auswirkungen auf die NO_x-Emissionen der PKW und der leichten Nutzfahrzeuge für das Jahr 2005 mit einem Zuwachs um ca. 18 % und für das Jahr 2010 um ca. 21 %. Diese aktualisierten Informationen werden hier bei der Emissionsberechnung berücksichtigt.

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 in Anlehnung an die 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 eingetragendem Straßenstaub die in der **Tab. 5.2** aufgeführten Emissionsfaktoren verwendet.

Die Bildung von so genannten sekundären Partikeln wird im vorliegenden Fall nicht berücksichtigt, da dieser Prozess nur in großen Entfernungen (10 km bis 50 km) von den Schadstoffquellen relevant wird (Filliger et al., 1999).

5.3 Emissionen des untersuchten Straßennetzes

Die im vorliegenden Fall angesetzten Verkehrssituationen sowie die Längsneigungen der betrachteten Straßen (falls ungleich Null durch Unterstrich von den Verkehrssituationen getrennt) sind der **Abb. 5.1** zu entnehmen, klassifiziert wie im HBEFA (UBA, 2004) für Längsneigungsklassen in 2 %-Stufen. Die Längsneigungen der Straßenabschnitte wurden aus den digitalen Geländehöhendaten der Stadt Stuttgart abgeleitet.

Tab. 5.2 bis **Tab. 5.4** geben einen Überblick über die zu diesen Verkehrssituationen gehörenden Emissionsfaktoren in den zu betrachtenden Bezugsjahren. Bei den Emissionsberechnungen werden für Straßenabschnitte mit Längsneigungen die entsprechenden Zuschläge des HBEFA berücksichtigt. Aufgrund der Übersichtlichkeit der Tabellendarstellung wurde von einer Auflistung der Emissionsfaktoren für Strecken mit Längsneigungen abgesehen.

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe NO_x, Benzol, Ruß und PM10 werden für jeden der betrachteten Straßenabschnitte ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und LKW-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus. Im Anhang A3 sind die räumlichen Verteilungen der Emissionen dargestellt. Die Emissionsbestimmung erfolgt für die Prognosejahre 2005, 2010 und 2015.

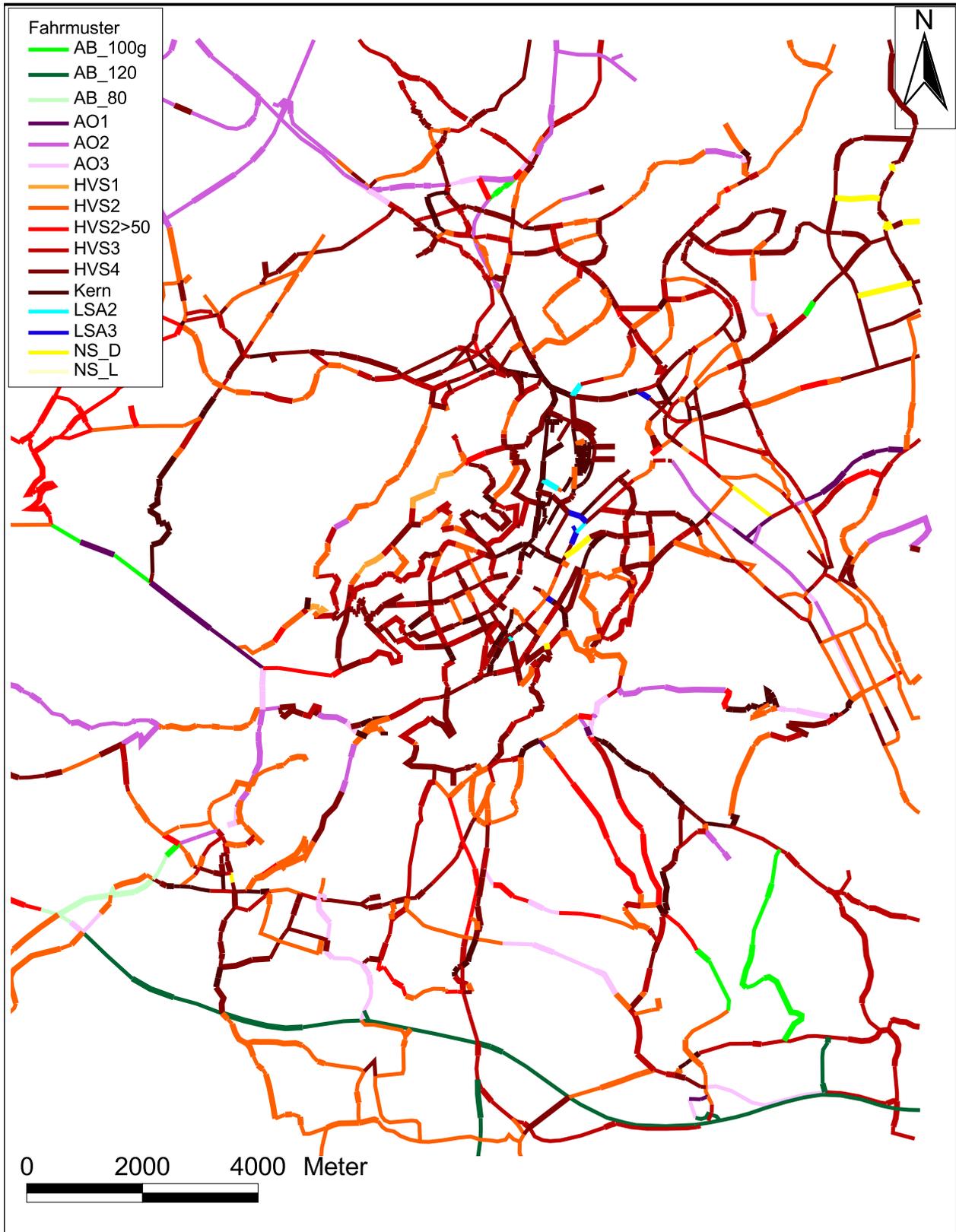


Abb. 5.1: Verkehrssituationen im Hauptverkehrsstraßennetz von Stuttgart. Straßenabschnitte mit Längsneigungen über 2% sind dicker eingezeichnet

Verkehrssituation (Kürzel)	Spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] für das Bezugsjahr 2005									
	Benzol		NO _x		Ruß		Partikel (Auspuff)		Partikel (Aufwirb.)	
	PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW
AB_100g	0.0021	0.0048	0.294	6.425	0.0084	0.0660	0.0111	0.1425	0.022	0.2
AB_120	0.0030	0.0050	0.439	6.325	0.0123	0.0607	0.0176	0.1292	0.022	0.2
AB_80	0.0023	0.0049	0.332	6.372	0.0095	0.0633	0.0131	0.1359	0.022	0.2
AO1	0.0029	0.0046	0.287	5.970	0.0062	0.0629	0.0075	0.1349	0.022	0.2
AO2	0.0029	0.0046	0.277	6.168	0.0066	0.0639	0.0081	0.1372	0.022	0.2
AO3	0.0036	0.0055	0.302	6.552	0.0073	0.0690	0.0093	0.1500	0.022	0.2
HVS2>50	0.0116	0.0085	0.341	7.189	0.0124	0.1152	0.0107	0.2080	0.03	0.3
HVS1	0.0118	0.0058	0.345	6.011	0.0129	0.0941	0.0115	0.1552	0.022	0.2
HVS2	0.0116	0.0086	0.341	7.315	0.0123	0.1170	0.0106	0.2125	0.03	0.3
HVS3	0.0130	0.0101	0.357	8.050	0.0126	0.1310	0.0109	0.2474	0.04	0.38
HVS4	0.0145	0.0141	0.373	9.695	0.0128	0.1653	0.0113	0.3333	0.05	0.45
Kern	0.0179	0.0173	0.424	9.965	0.0140	0.1900	0.0134	0.3951	0.05	0.45
Kern-Stau	0.0275	0.0212	0.524	11.047	0.0160	0.2219	0.0167	0.4748	0.05	0.45
LSA2	0.0156	0.0153	0.390	9.771	0.0132	0.1744	0.0120	0.3560	0.06	0.6
LSA3	0.0167	0.0167	0.407	9.921	0.0136	0.1849	0.0127	0.3823	0.09	0.8
NS_D	0.0478	0.0189	0.568	10.938	0.0170	0.2068	0.0183	0.4369	0.09	0.8
NS_L	0.0256	0.0141	0.425	9.695	0.0141	0.1653	0.0135	0.3333	0.09	0.8

Tab. 5.2: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2005 nach HBEFA.

Verkehrssituation (Kürzel)	Spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] für das Bezugsjahr 2010									
	Benzol		NO _x		Ruß		Partikel (Auspuff)		Partikel (Aufwirb.)	
	PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW
AB_100g	0.0012	0.0053	0.234	4.128	0.0068	0.0405	0.0084	0.0788	0.022	0.2
AB_120	0.0016	0.0055	0.318	3.908	0.0094	0.0379	0.0128	0.0722	0.022	0.2
AB_80	0.0013	0.0054	0.258	4.015	0.0075	0.0392	0.0097	0.0755	0.022	0.2
AO1	0.0012	0.0046	0.199	4.147	0.0054	0.0404	0.0062	0.0785	0.022	0.2
AO2	0.0011	0.0045	0.199	4.476	0.0056	0.0419	0.0065	0.0823	0.022	0.2
AO3	0.0012	0.0053	0.215	4.831	0.0060	0.0455	0.0072	0.0911	0.022	0.2
HVS2>50	0.0058	0.0076	0.233	5.328	0.0111	0.0817	0.0085	0.1243	0.03	0.3
HVS1	0.0065	0.0053	0.243	4.419	0.0114	0.0691	0.0089	0.0927	0.022	0.2
HVS2	0.0057	0.0076	0.231	5.426	0.0111	0.0825	0.0084	0.1263	0.03	0.3
HVS3	0.0062	0.0089	0.244	5.976	0.0113	0.0905	0.0089	0.1464	0.04	0.38
HVS4	0.0068	0.0123	0.258	7.220	0.0116	0.1103	0.0093	0.1957	0.05	0.45
Kern	0.0079	0.0149	0.291	7.505	0.0122	0.1232	0.0103	0.2280	0.05	0.45
Kern-Stau	0.0137	0.0181	0.389	8.425	0.0139	0.1402	0.0132	0.2706	0.05	0.45
LSA2	0.0071	0.0133	0.269	7.310	0.0118	0.1150	0.0096	0.2076	0.06	0.6
LSA3	0.0075	0.0144	0.280	7.456	0.0120	0.1205	0.0100	0.2212	0.09	0.8
NS_D	0.0280	0.0162	0.418	8.282	0.0154	0.1324	0.0156	0.2509	0.09	0.8
NS_L	0.0125	0.0123	0.292	7.220	0.0128	0.1103	0.0113	0.1957	0.09	0.8

Tab. 5.3: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2010 nach HBEFA.

Verkehrssituation (Kürzel)	Spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] für das Bezugsjahr 2015									
	Benzol		NO _x		Ruß		Partikel (Auspuff)		Partikel (Aufwirb.)	
	PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW
AB_100g	0.0010	0.0057	0.218	2.529	0.0060	0.0256	0.0072	0.0415	0.022	0.2
AB_120	0.0013	0.0060	0.292	2.325	0.0082	0.0244	0.0109	0.0384	0.022	0.2
AB_80	0.0011	0.0059	0.240	2.423	0.0067	0.0250	0.0083	0.0399	0.022	0.2
AO1	0.0008	0.0049	0.182	2.692	0.0051	0.0267	0.0057	0.0442	0.022	0.2
AO2	0.0007	0.0047	0.184	3.025	0.0052	0.0286	0.0059	0.0491	0.022	0.2
AO3	0.0007	0.0055	0.197	3.310	0.0055	0.0310	0.0064	0.0549	0.022	0.2
HVS2>50	0.0041	0.0076	0.205	3.646	0.0106	0.0609	0.0077	0.0723	0.03	0.3
HVS1	0.0047	0.0053	0.215	3.006	0.0107	0.0537	0.0079	0.0543	0.022	0.2
HVS2	0.0039	0.0076	0.203	3.721	0.0106	0.0613	0.0076	0.0733	0.03	0.3
HVS3	0.0042	0.0089	0.215	4.101	0.0108	0.0658	0.0081	0.0846	0.04	0.38
HVS4	0.0045	0.0122	0.227	4.960	0.0111	0.0765	0.0085	0.1113	0.05	0.45
Kern	0.0050	0.0146	0.252	5.187	0.0114	0.0820	0.0090	0.1250	0.05	0.45
Kern-Stau	0.0091	0.0175	0.359	5.877	0.0130	0.0900	0.0117	0.1450	0.05	0.45
LSA2	0.0046	0.0131	0.235	5.034	0.0112	0.0785	0.0087	0.1162	0.06	0.6
LSA3	0.0048	0.0141	0.244	5.147	0.0113	0.0809	0.0089	0.1221	0.09	0.8
NS_D	0.0212	0.0158	0.377	5.756	0.0148	0.0867	0.0147	0.1369	0.09	0.8
NS_L	0.0083	0.0122	0.253	4.960	0.0123	0.0765	0.0105	0.1113	0.09	0.8

Tab. 5.4: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2015 nach HBEFA.

6 ERGEBNISSE

Im Untersuchungsgebiet wurden für ca. 5 000 Straßenabschnitte Schadstoffimmissionen in Bodennähe und in Straßennähe bestimmt. In die Berechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge (Kap. 5) auf den berücksichtigten Straßen ein. Diese Emissionen verursachen die verkehrsbedingte Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet. Die Beurteilungswerte beziehen sich immer auf die Gesamtbelastung. Es wird daher nur die Gesamtbelastung diskutiert, welche sich aus Zusatzbelastung und großräumig vorhandener Vorbelastung zusammensetzt. Die Berechnungen erfolgen an den Straßenabschnitten mit bestehender Randbebauung für Bereiche vor der zur Fahrbahn nächstgelegenen Bebauung und für Straßenabschnitte ohne Randbebauung für einen Immissionsort in ca. 10 m Abstand zur Straße.

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen werden grafisch aufbereitet und als farbige Abbildungen dargestellt. Die grafische Umsetzung der Immissionen erfolgt in Form von farbigen Linien entsprechend den Straßenabschnitten, deren Farbe bestimmten Konzentrationsintervallen zugeordnet ist. Die Zuordnung zwischen Farbe und Konzentrationsintervall ist jeweils in einer Legende angegeben. Die Skalierung der Farbstufen für die Immissionen beginnt mit der angesetzten Vorbelastung. Beurteilungsrelevante Kenngrößen sind einheitlichen Farben zugeordnet. Damit werden derzeit geltende Grenzwerte mit gelben, bzw. roten bis violetten Farben belegt.

6.1 Berechnete Immissionen

Die **Abb. 6.1** bis **Abb. 6.6** zeigen die berechneten NO₂-Immissionen. Bei den Ergebnisgrafiken der berechneten NO₂-Jahresmittelwerte sind mit gelben Farben die Straßenabschnitte dargestellt, bei denen der zukünftige Grenzwert für das Jahr 2010 von 40 µg/m³ erreicht und überschritten ist. Zusätzlich ist das Erreichen und Überschreiten des Übergangsbeurteilungswertes für das Jahr 2005 mit 50 µg/m³ in der Farbe Rot eingetragen. Entsprechend den Ergebnisdarstellungen für das Jahr 2005 (**Abb. 6.1**) sind in den dicht bebauten Bereichen des Stadtgebietes von Stuttgart, insbesondere im Talkessel, an den Hauptverkehrsstraßen Überschreitungen des zukünftigen Grenzwertes und an den stark befahrenen Stadtdurchfahrten auch des Übergangsbeurteilungswertes berechnet. Die durch das Stadtgebiet führenden Hauptverkehrsstraßen, wie die Bundesstraßen B 10 (u.a. Pragstraße, Uferstraße), B 14 (u.a. Neckartor, Willi-Brandt-Straße, Hauptstätter Straße), B 27 (u.a. Heilbronnerstraße) weisen hohe NO₂-Belastungen auf. Außerhalb der Innenstadt sind entlang den Autobahnen hohe Belastungen berechnet. Das trifft auch auf die Hauptverkehrsstraßen im Neckartal, in Bad Cannstatt, Zuffenhausen und Feuerbach zu. An den zentralen Hauptverkehrsstraßen

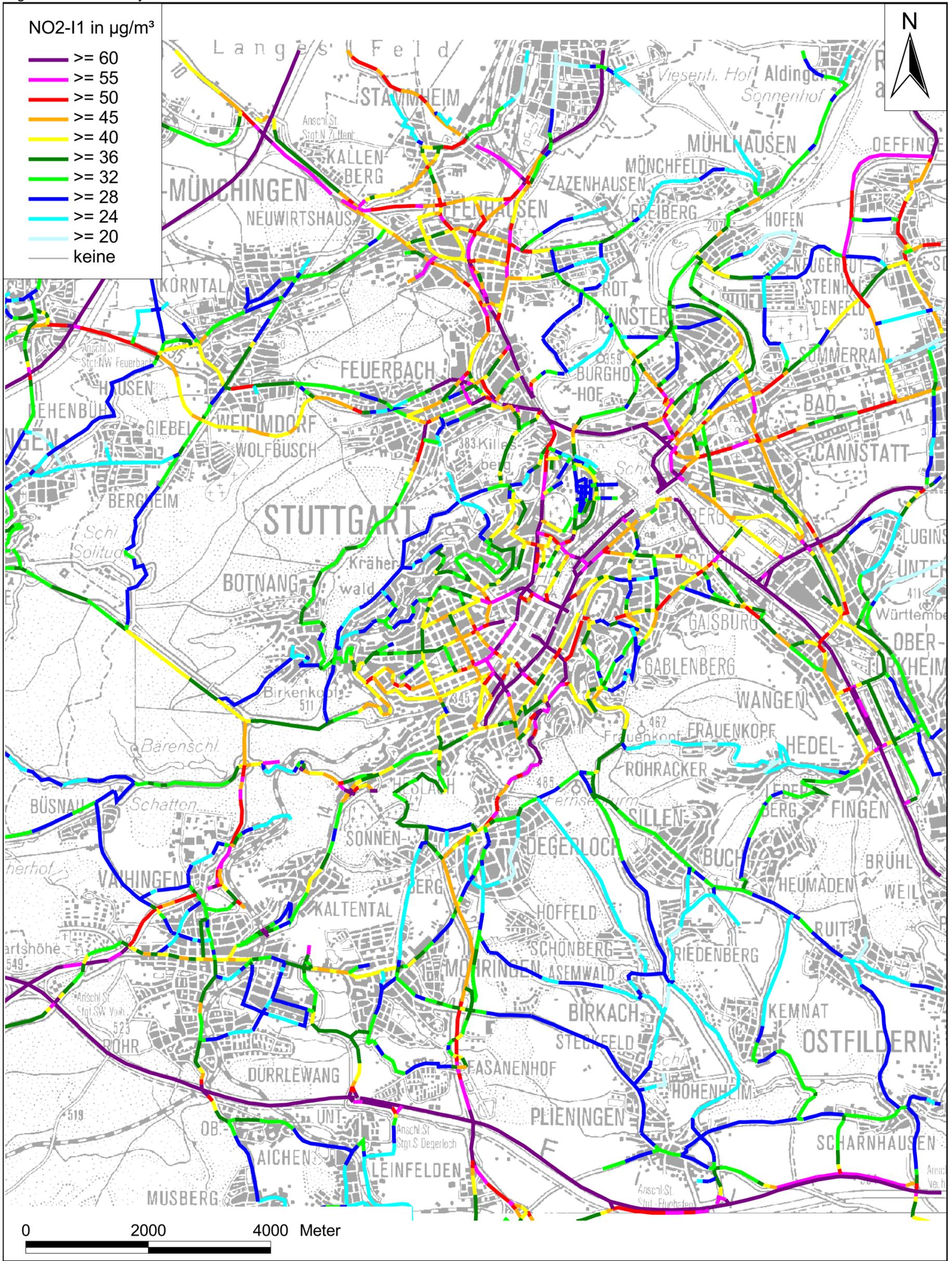


Abb. 6.1: NO₂-Belastung (Jahresmittelwerte) auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2005. Ermittelt mit Screeningverfahren PROKAS. Zur Orientierung ist eine grobe Übersichtskarte unterlegt

der äußeren Stadtteile, wie z.B. Vaihingen, Möhringen, Degerloch sind intensive NO₂-Belastungen berechnet, die an bestehender Randbebauung jedoch überwiegend nicht zur Überschreitung des Übergangsbeurteilungswertes führen. Teilweise sind in den Ergebnisdarstellungen einzelne, kurze Abschnitte mit intensiven Belastungen zu erkennen; das trifft überwiegend auf Portalbereiche von Tunnelabschnitten zu.

In **Abb. 6.2** sind die berechneten NO₂-Jahresmittelwerte für das Jahr 2010 aufgezeigt. Trotz der angesetzten Verkehrszunahme zeigen sich insgesamt gegenüber dem Jahr 2005 geringere NO₂-Belastungen. Die Schwerpunkte der hohen NO₂-Belastungen bleiben weitgehend erhalten. Entlang den Hauptverkehrsstraßen im Talkessel von Stuttgart, im Neckartal, in Bad Cannstatt, Zuffenhausen und Feuerbach sind weiterhin hohe NO₂-Belastungen zu erwarten, die den Grenzwert von 40 µg/m³ teilweise deutlich überschreiten. Die Anzahl der Straßenabschnitte mit Überschreitung des Grenzwertes ist gegenüber den Betrachtungen für das Jahr 2005 zurückgegangen. Das betrifft den westlichen Bereich der Innenstadt von Stuttgart und die höher gelegenen Stadtteile wie Vaihingen und Möhringen.

Für das Jahr 2015 führen die Berechnungen unter Berücksichtigung gleicher Verkehrsbelegungsdaten wie im Jahr 2010 zu verringerten NO₂-Belastungen (Jahresmittelwerte). Dennoch sind an den stark frequentierten städtischen Hauptverkehrsstraßen NO₂-Immissionen über 40 µg/m³ zu erwarten (**Abb. 6.3**). Das betrifft insbesondere den Innenstadtbereich mit den innerstädtischen Abschnitten der B 14 und der B 27 sowie die Hauptdurchfahrtsstrecken von Feuerbach und Zuffenhausen. In den randlichen Stadtteilen wie Vaihingen, Möhringen, Degerloch, Weilimdorf sind überwiegend NO₂-Belastungen unter 40 µg/m³ prognostiziert.

Die berechneten NO₂-Kurzzeitbelastungen (98-Perzentilwerte) sind für das Jahr 2005 in **Abb. 6.4** dargestellt. Die intensivsten Kurzzeitbelastungen sind im Nahbereich der Autobahn, vereinzelt an innerstädtischen Straßenabschnitten und an Tunnelportalen berechnet, teilweise mit NO₂-Kurzzeitbelastungen über 200 µg/m³. Der Kurzzeitgrenzwert für NO₂ der 22. BImSchV mit einem Stundenmittelwert von 200 µg/m³, der nur 18 mal im Jahr überschritten werden darf, wird entsprechend Kap. 3.1 aus dem 98-Perzentilwert mit einer Schwelle von 130 µg/m³ (= Äquivalentwert) abgeleitet. Danach sind im Innenstadtbereich an innerstädtischen Abschnitten der B 14 und der B 27, an der Hauptdurchfahrtsstrecke von Zuffenhausen und im Neckartal Überschreitungen der NO₂-Kurzzeitbelastungen berechnet. Dabei ist festzuhalten, dass die an den SPOT-Messstellen in Stuttgart erfassten Werte durch die Berechnungen nicht ganz erreicht werden.

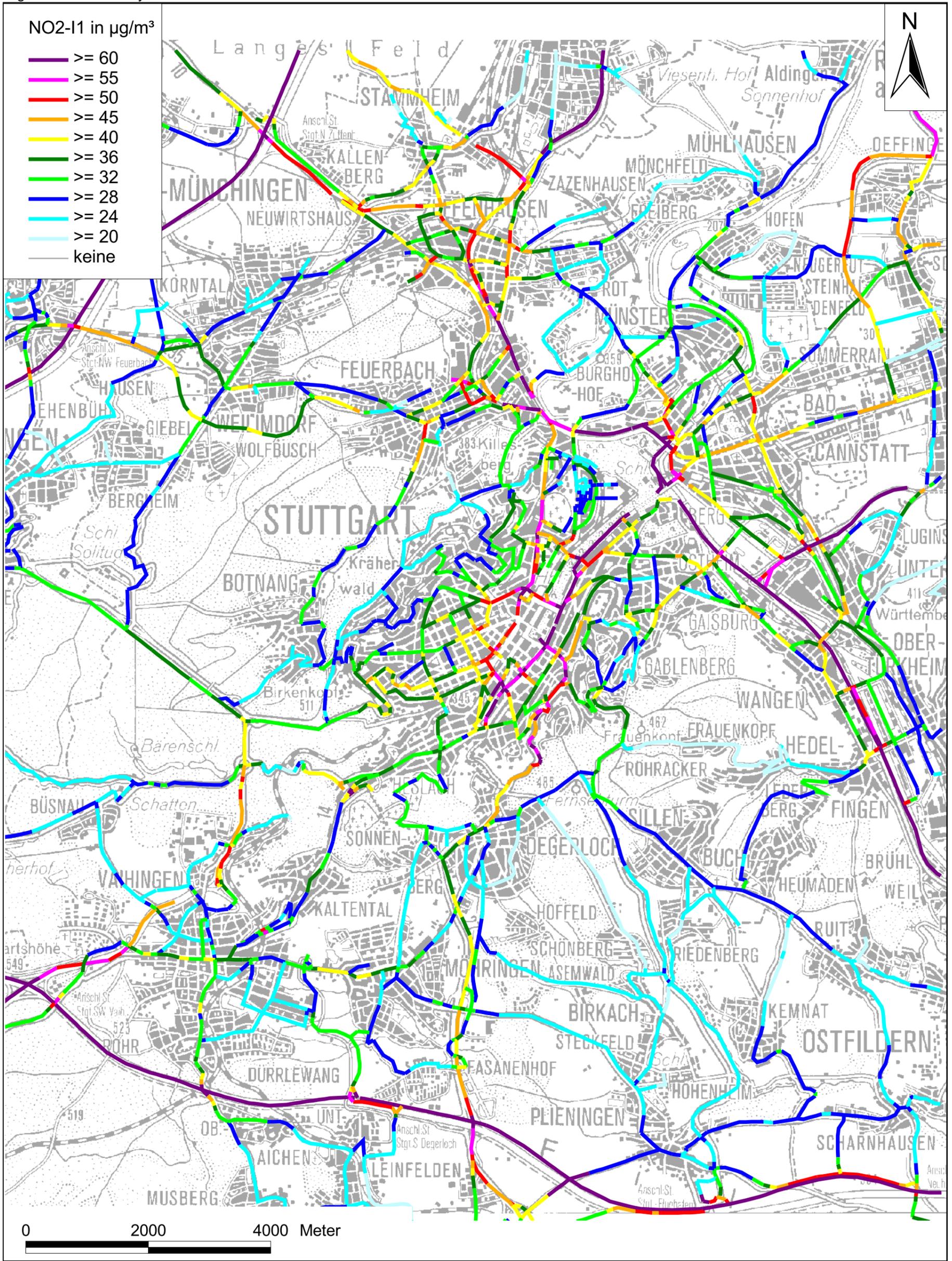


Abb. 6.2: NO₂-Belastung (Jahresmittelwerte) auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2010. Ermittelt mit Screeningverfahren PROKAS. Zur Orientierung ist eine grobe Übersichtskarte unterlegt

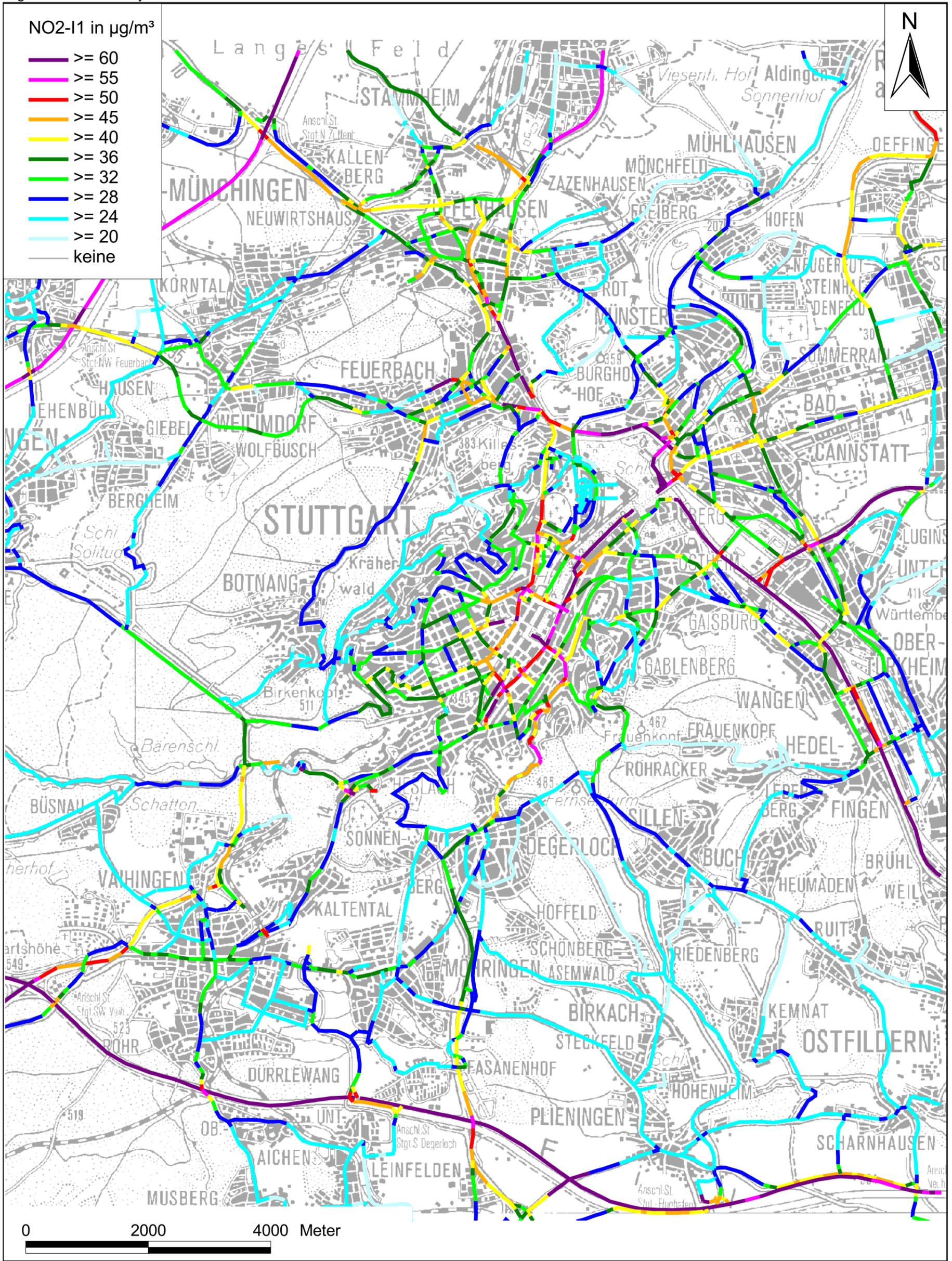


Abb. 6.3: NO₂-Belastung (Jahresmittelwerte) auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2015. Ermittelt mit Screeningverfahren PROKAS. Zur Orientierung ist eine grobe Übersichtskarte unterlegt

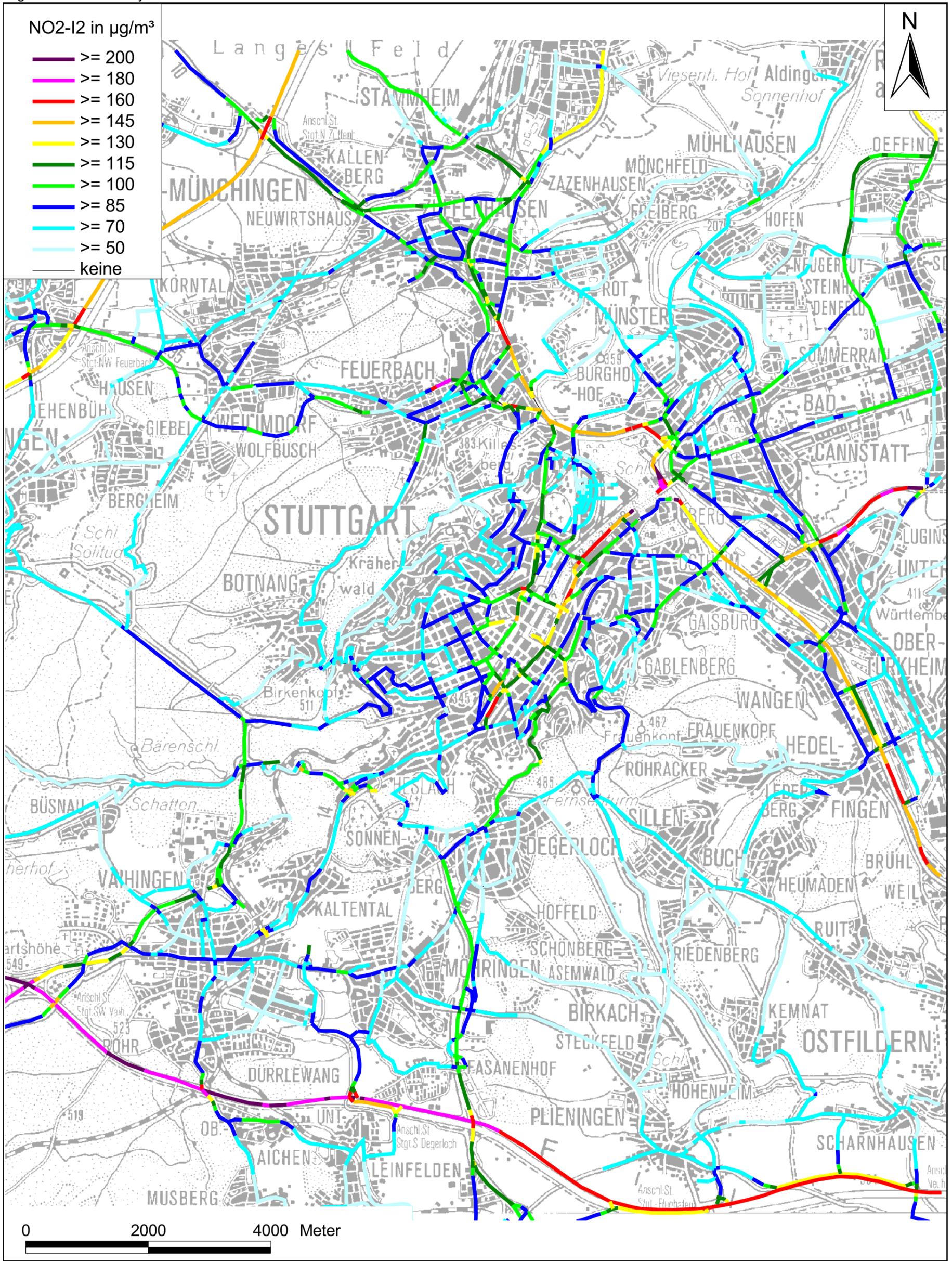


Abb. 6.4: NO₂-Belastung (98-Perzentilwerte) auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2005. Ermittelt mit Screeningverfahren PROKAS. Zur Orientierung ist eine grobe Übersichtskarte unterlegt

Für das Planjahr 2010 sind die berechneten NO₂-Kurzzeitbelastungen (98-Perzentilwerte) in **Abb. 6.5** aufgezeigt. Danach sind die intensivsten Kurzzeitbelastungen im Nahbereich der Autobahn, vereinzelt an innerstädtischen Straßenabschnitten und an Tunnelportalen zu erkennen, wobei die Belastungen gegenüber dem Jahr 2005 deutlich geringer sind. An innerstädtischen Straßenabschnitten sind nur erhöhte NO₂-Kurzzeitbelastungen über 130 µg/m³ an den Hauptverkehrsachsen der B 10, B 14 und B 27 innerhalb des Stadtgebietes prognostiziert. An der überwiegenden Anzahl der betrachteten Straßenabschnitte sind Kurzzeitbelastungen deutlich unter 130 µg/m³ berechnet, woraus eine Einhaltung des Grenzwertes der NO₂-Kurzzeitbelastungen der 22. BImSchV abgeleitet wird.

Im Prognosejahr 2015 sind noch geringere NO₂-Kurzzeitbelastungen prognostiziert, die nur in vereinzelten Abschnitten der innerstädtischen Hauptverkehrsachsen im Zuge der B 10, B 14 und B 27 zu Überschreitungen des Schwellenwertes von 130 µg/m³ führen (**Abb. 6.6**). Entsprechend den Berechnungen ist zu erwarten, dass der Grenzwert der NO₂-Kurzzeitbelastungen der 22. BImSchV auch an der Randbebauung der Hauptverkehrsstraßen in Stuttgart überwiegend eingehalten wird.

Die Benzolbelastungen (Jahresmittelwerte) sind für das Jahr 2005 in **Abb. 6.7** dargestellt. Im Betrachtungsgebiet überwiegen die Straßenabschnitte mit berechneten Benzolbelastungen unter 2.5 µg/m³; damit wird in weiten Bereichen des Stadtgebietes der ehemalige LAI-Vorsorgewert von 2.5 µg/m³ eingehalten. An den innerstädtischen Hauptverkehrsstraßen im Talkessel von Stuttgart sowie an den sehr stark befahrenen Hauptverkehrsachsen (B 10, B 14, B 27) sind Benzolbelastungen über 2.5 µg/m³ und teilweise über 5 µg/m³ berechnet. Der zukünftige Grenzwert von 5 µg/m³ wird damit nur vereinzelt an den Straßenabschnitten überschritten. Dabei ist festzuhalten, dass die an den SPOT-Messstellen in Stuttgart erfassten Werte den Grenzwert nicht überschreiten und durch die Berechnungen damit überschätzt werden.

Im Prognosejahr 2010 wirken sich die technischen Minderungsmaßnahmen der Kfz deutlich aus, sodass gegenüber dem Jahr 2005 noch geringere Benzolbelastungen zu erwarten sind. In **Abb. 6.8** ist zu erkennen, dass nur an einigen innerstädtischen Straßenabschnitten im Talkessel von Stuttgart sowie an sehr stark befahrenen Hauptverkehrsachsen (B 10, B 14, B 27) Benzolbelastungen über 2.5 µg/m³ berechnet sind. Überschreitungen des Grenzwertes von 5 µg/m³ sind nur vereinzelt an Kreuzungsbereichen sehr stark befahrener Hauptverkehrsstraßen im Talkessel von Stuttgart bzw. an Tunnelportalen prognostiziert.

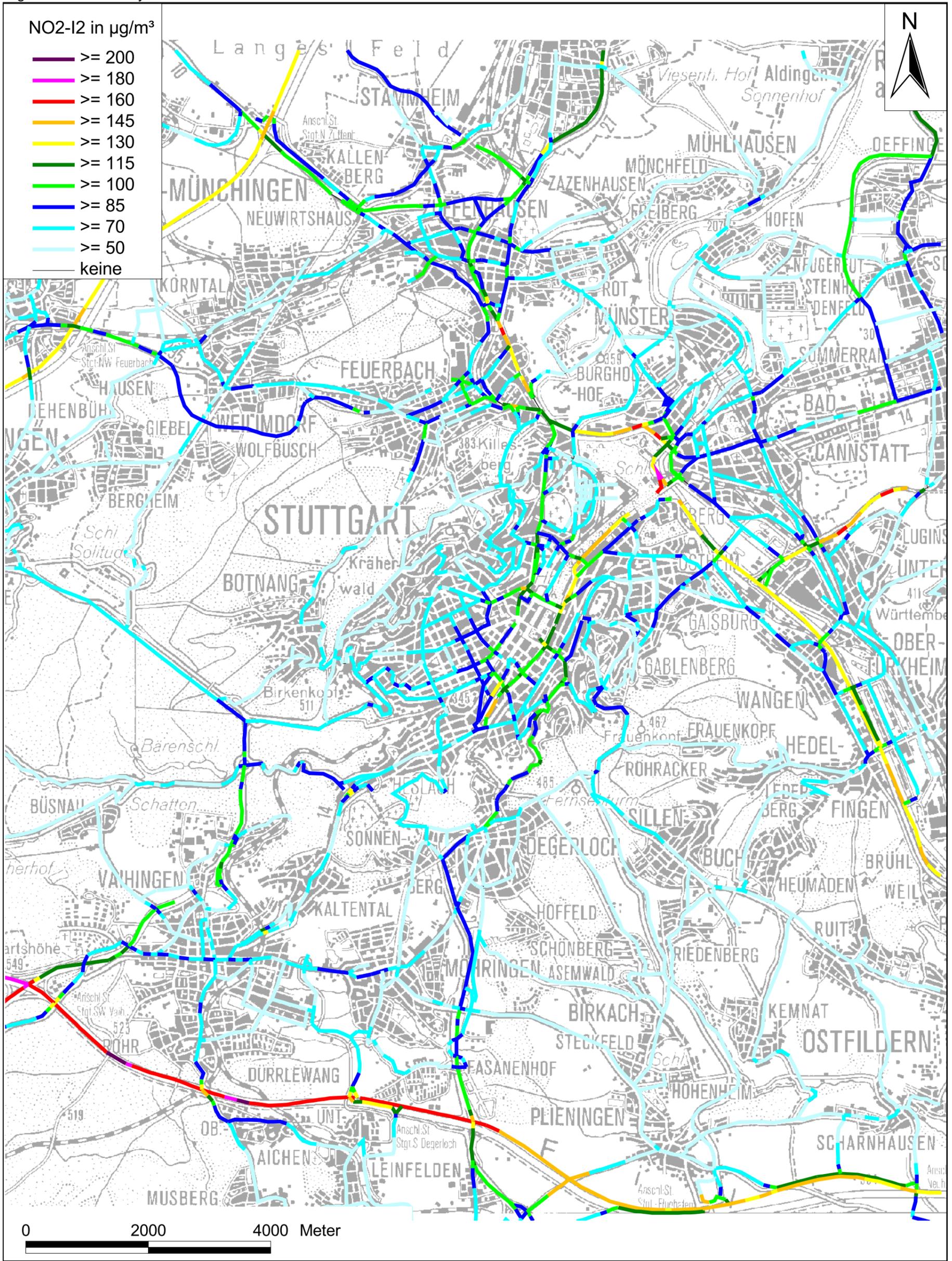


Abb. 6.5: NO₂-Belastung (98-Perzentilwerte) auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2010. Ermittelt mit Screeningverfahren PROKAS. Zur Orientierung ist eine grobe Übersichtskarte unterlegt

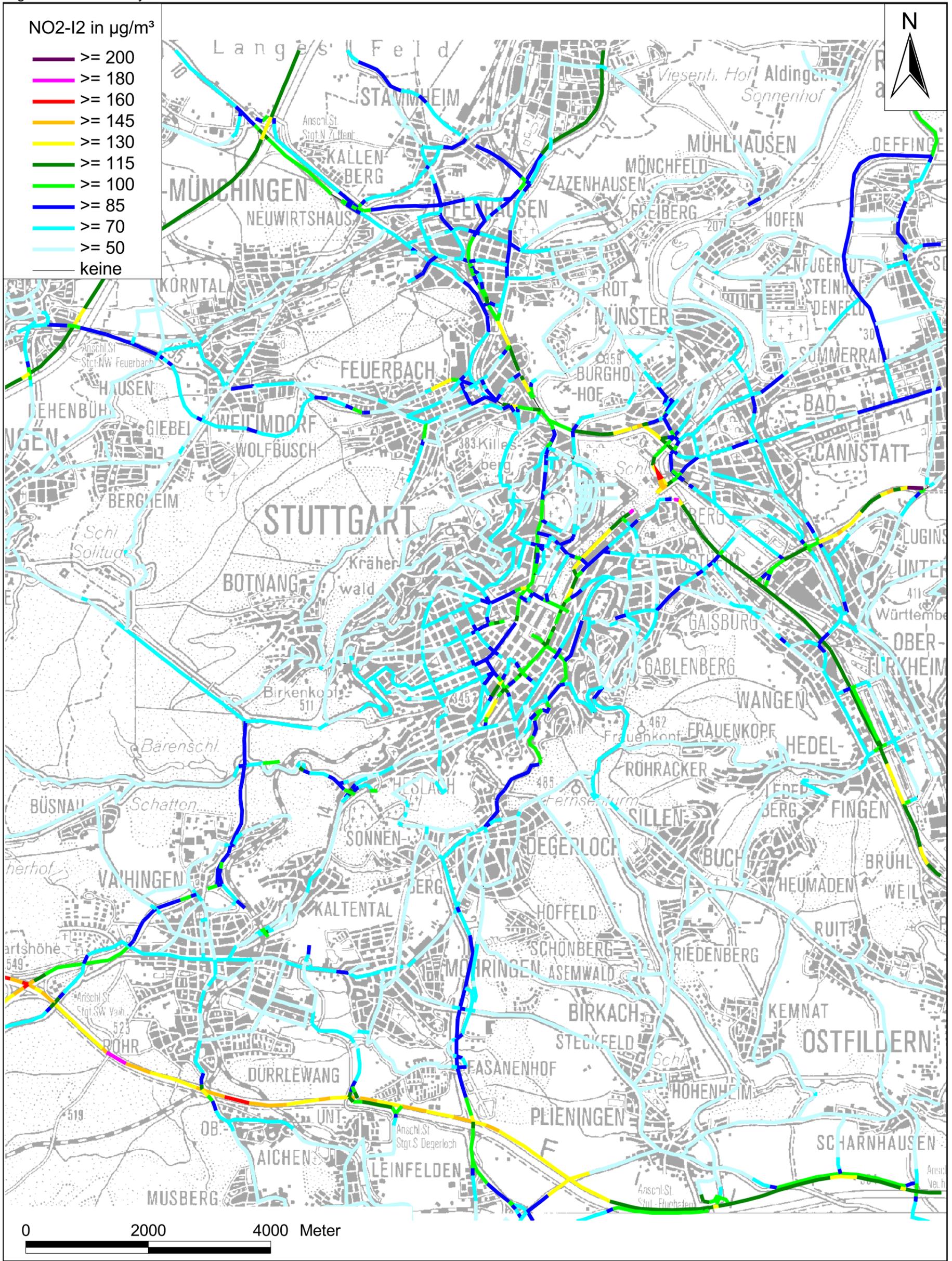


Abb. 6.6: NO₂-Belastung (98-Perzentilwerte) auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2015. Ermittelt mit Screeningverfahren PROKAS. Zur Orientierung ist eine grobe Übersichtskarte unterlegt

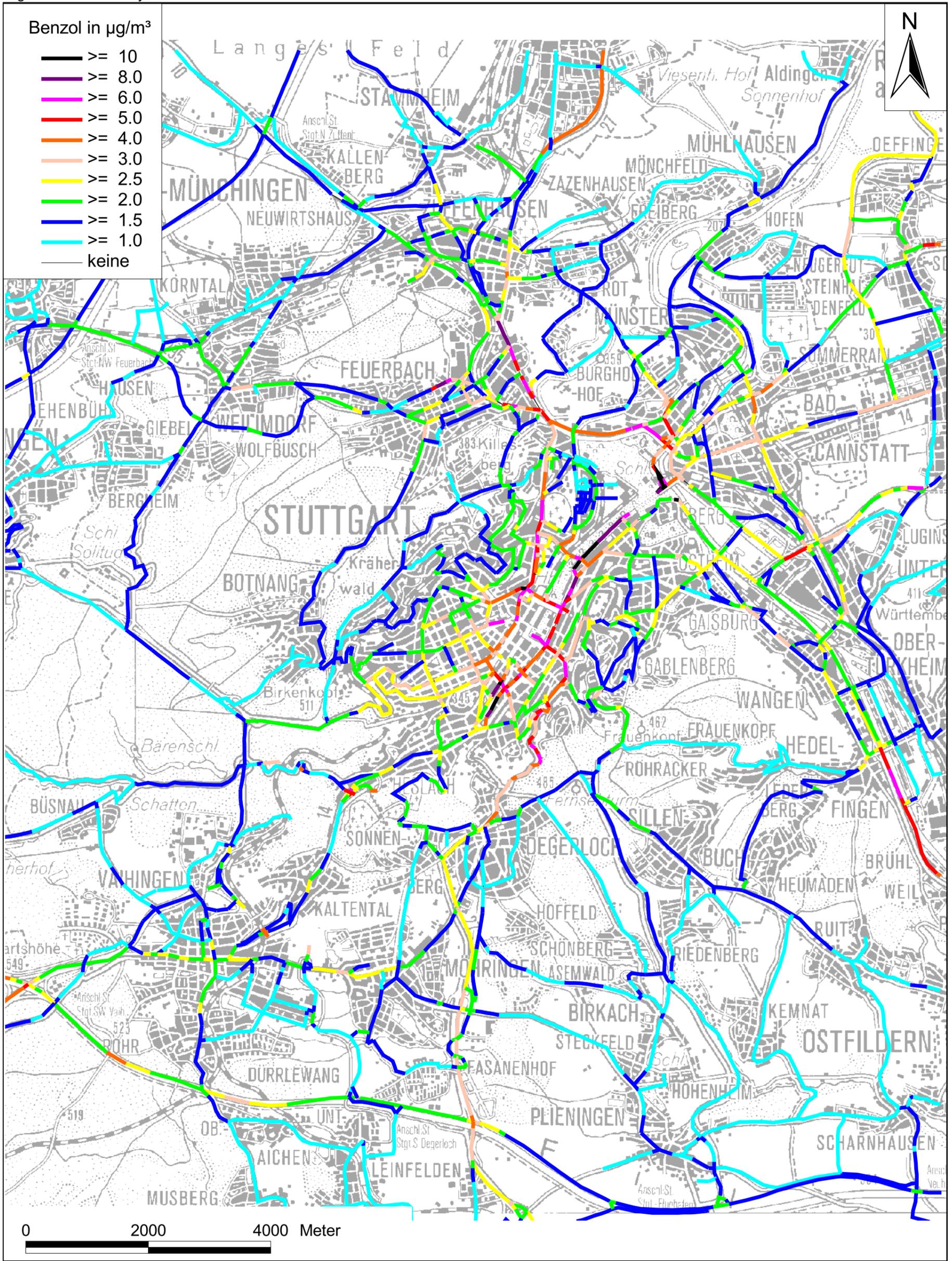


Abb. 6.7: Benzol-Belastung (Jahresmittelwerte) auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2005.
Ermittelt mit Screeningverfahren PROKAS.
Zur Orientierung ist eine grobe Übersichtskarte unterlegt



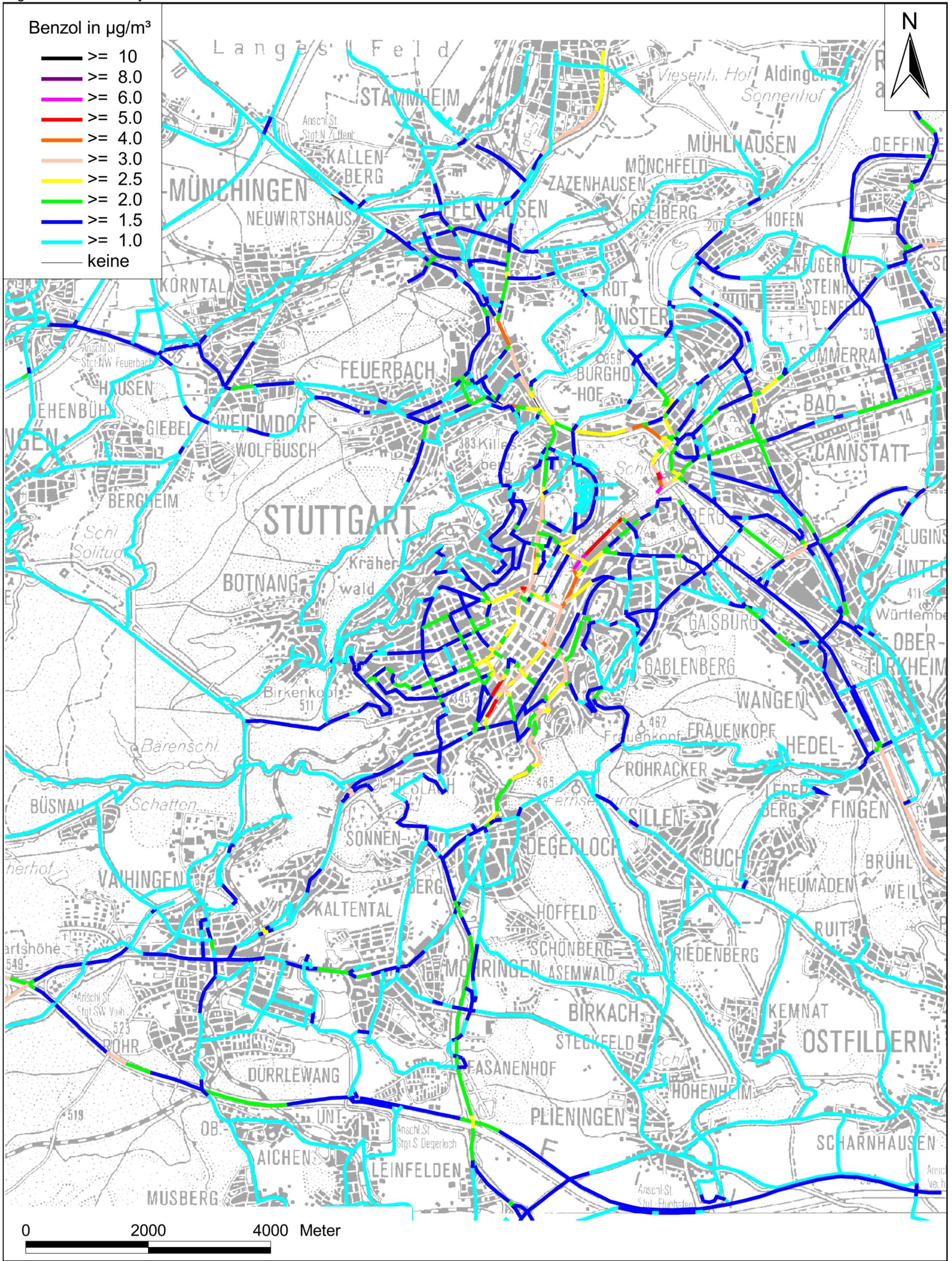


Abb. 6.8: Benzol-Belastung (Jahresmittelwerte) auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2010. Ermittelt mit Screeningverfahren PROKAS. Zur Orientierung ist eine grobe Übersichtskarte unterlegt

Im Prognosejahr 2015 sind noch geringere Benzolbelastungen prognostiziert, die nur vereinzelt an Tunnelportalen zu Überschreitungen des Grenzwertes von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ führen (**Abb. 6.9**). Entsprechend den Berechnungen sind auch an der Randbebauung der Hauptverkehrsstraßen in Stuttgart überwiegend Benzolbelastungen unter $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zu erwarten.

Die Ergebnisse der Rußberechnungen (Jahresmittelwerte) sind für das Jahr 2005 in **Abb. 6.10** dargestellt. Im Rahmen dieser Untersuchung werden auch die Rußbelastungen betrachtet, da nur ein geringer Anteil dem Reifenabrieb zuzuordnen ist und der überwiegende Emissionsbeitrag des Kfz-Verkehrs durch die Motoremissionen verursacht wird. An den innerstädtischen Hauptverkehrsstraßen im Talkessel von Stuttgart, an den sehr stark befahrenen Hauptverkehrsachsen (B 10, B 14, B 27) und an den Autobahnen sind teilweise erhöhte Rußbelastungen über $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. Der ehemalige Prüfwert der zurückgezogenen 23. BImSchV von $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird im Stadtgebiet von Stuttgart vereinzelt an einigen Abschnitten der sehr stark befahrenen Hauptverkehrsachsen (B 10, B 14, B 27) bzw. an Tunnelportalen überschritten.

Für das Prognosejahr 2010 sind die Rußbelastungen (Jahresmittelwerte) in **Abb. 6.11** aufgezeigt. Innerhalb des Stadtgebietes von Stuttgart zeigen sich vereinzelt Straßenabschnitte mit erhöhten Rußbelastungen. Diese sind überwiegend an den sehr stark befahrenen Hauptverkehrsachsen (B 10, B 14, B 27) bzw. an Tunnelportalen anzutreffen. Gegenüber dem Prognosejahr 2005 ist ein Rückgang der Rußbelastungen zu erwarten. Vereinzelt sind auch für das Prognosejahr 2010 Überschreitungen des ehemaligen Prüfwertes von $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an Tunnelportalen und sehr stark befahrenen Hauptverkehrsstraßen mit dichter Randbebauung zu erwarten.

Im Prognosejahr 2015 sind noch geringere Rußbelastungen prognostiziert, die nur vereinzelt an Tunnelportalen und sehr stark befahrenen Hauptverkehrsachsen (B 10, B 14, B 27) zu deutlichen Rußkonzentrationen führen (**Abb. 6.12**).

Die Ergebnisse der Berechnungen der Feinstaubbelastungen (Jahresmittelwerte) sind für das Jahr 2005 in **Abb. 6.13** abgebildet. An den innerstädtischen Hauptverkehrsstraßen im Talkessel von Stuttgart, an den sehr stark befahrenen Hauptverkehrsachsen (B 10, B 14, B 27), an den Autobahnen und an Tunnelportalen sind hohe PM10-Belastungen mit über $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. Damit wird an diesen Hauptverkehrsstraßen der Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten; an der überwiegenden Anzahl der innerstädtischen Straßenabschnitte wird der Grenzwert eingehalten. Weiterhin sind entsprechend den Berechnungen an der Randbebauung der Straßen überwiegend PM10-Belastungen unter $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet.

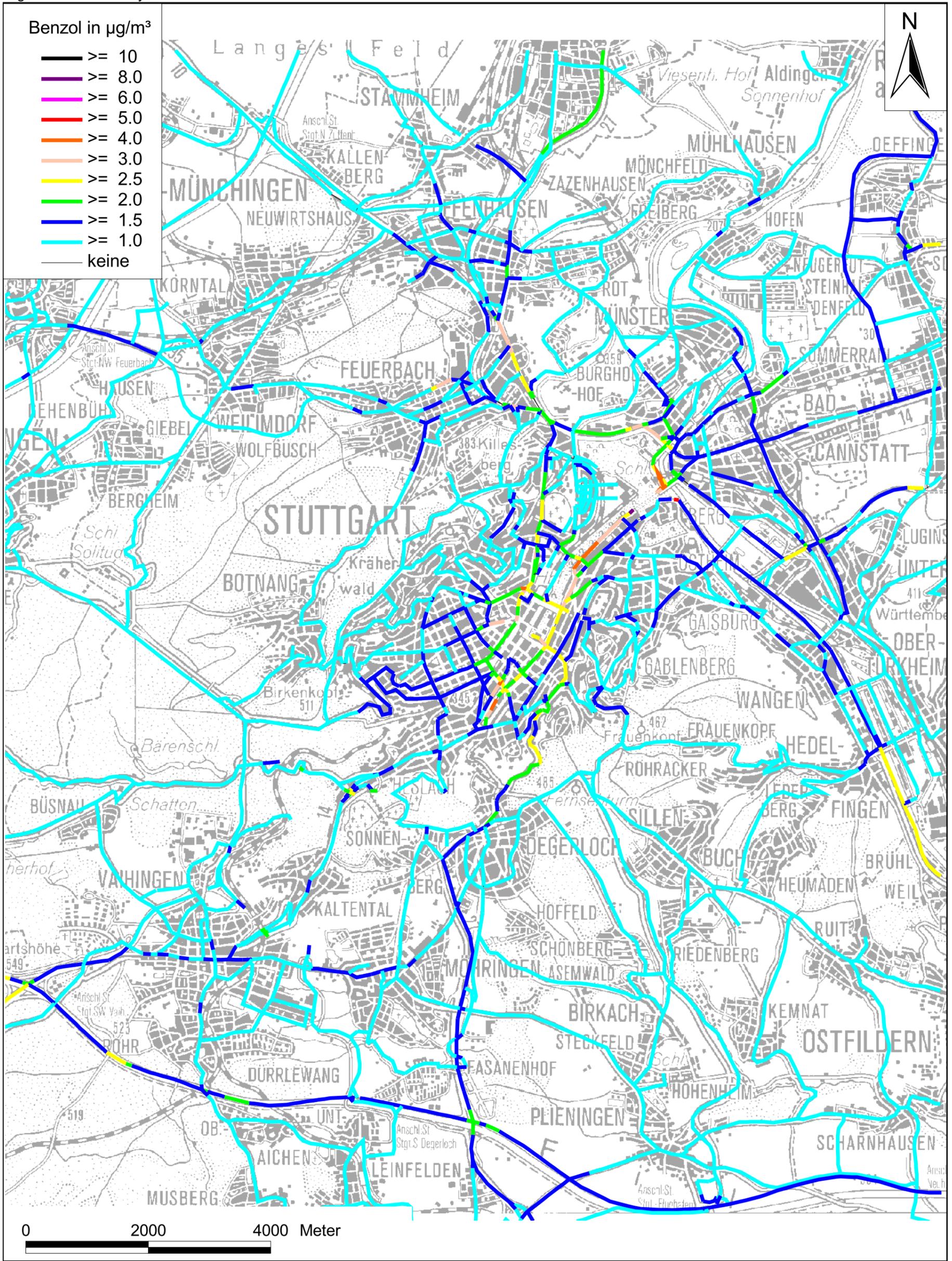


Abb. 6.9: Benzol-Belastung (Jahresmittelwerte) auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2015.
 Ermittelt mit Screeningverfahren PROKAS.
 Zur Orientierung ist eine grobe Übersichtskarte unterlegt

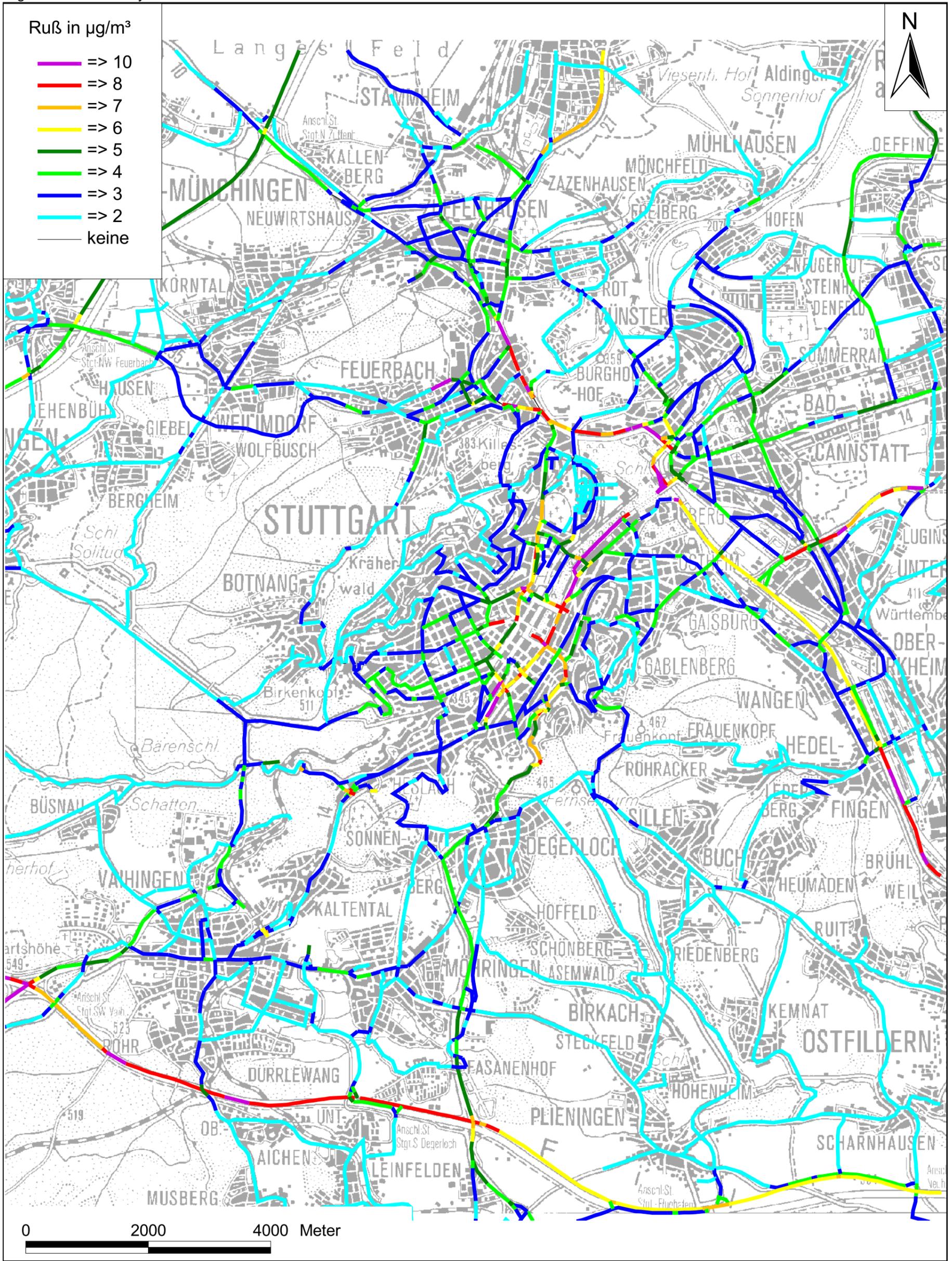


Abb. 6.10: Ruß-Belastung (Jahresmittelwerte) auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2005
Ermittelt mit Screeningverfahren PROKAS.
zur Orientierung ist eine grobe Übersichtskarte unterlegt

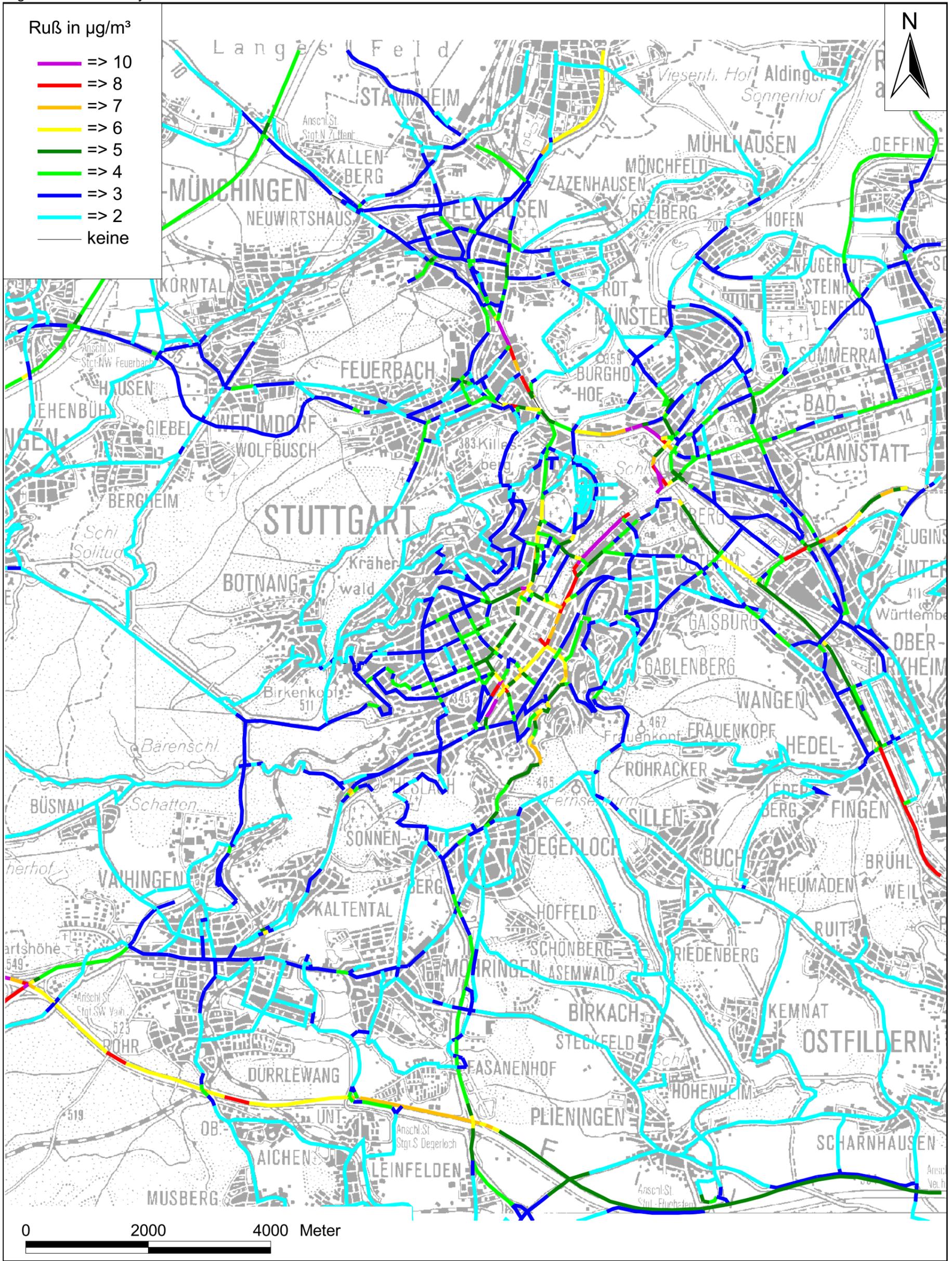


Abb. 6.11: Ruß-Belastung (Jahresmittelwerte) auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2010
Ermittelt mit Screeningverfahren PROKAS.
zur Orientierung ist eine grobe Übersichtskarte unterlegt

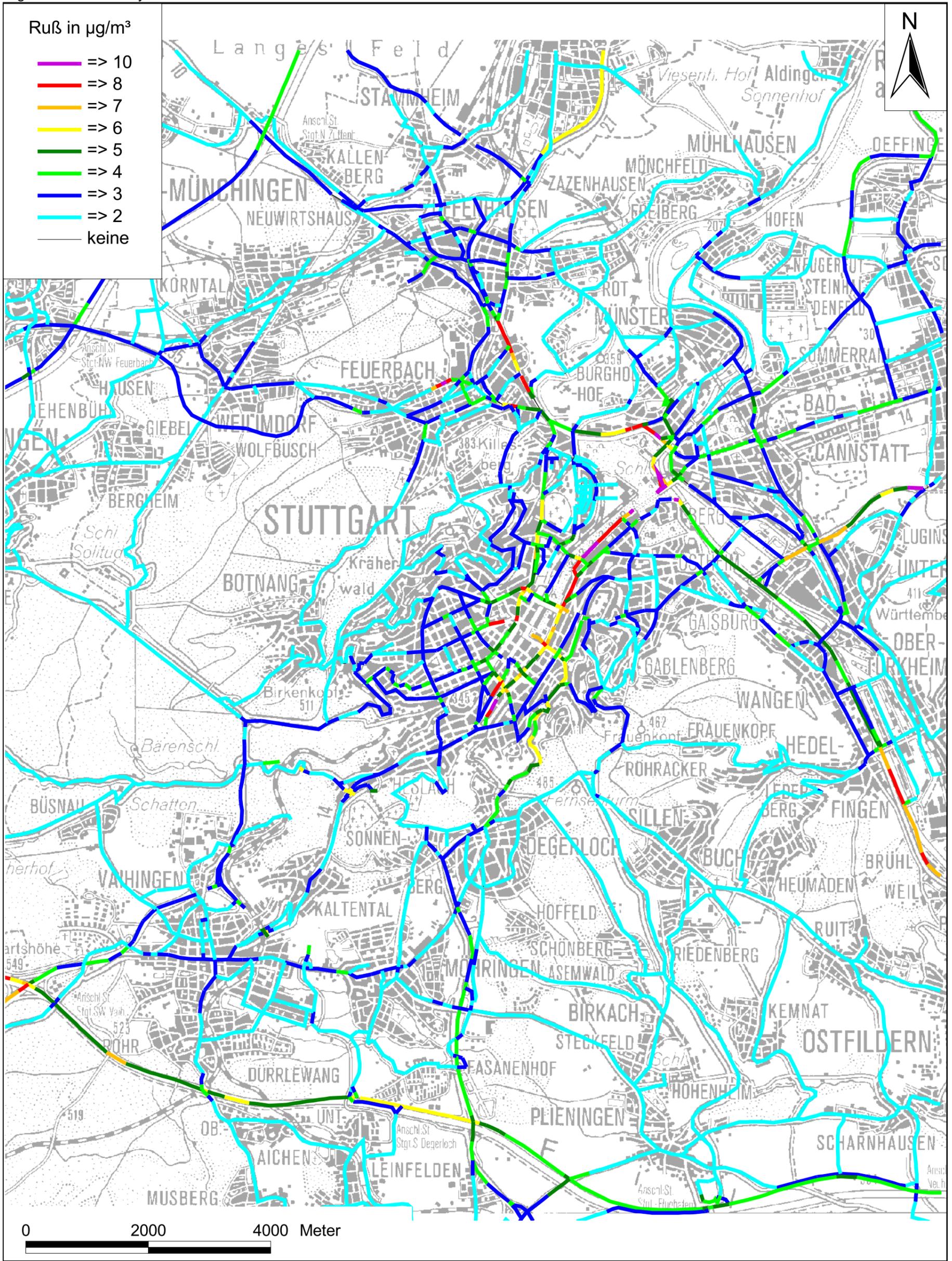


Abb. 6.12: Ruß-Belastung (Jahresmittelwerte) auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2015. Ermittelt mit Screeningverfahren PROKAS. zur Orientierung ist eine grobe Übersichtskarte unterlegt

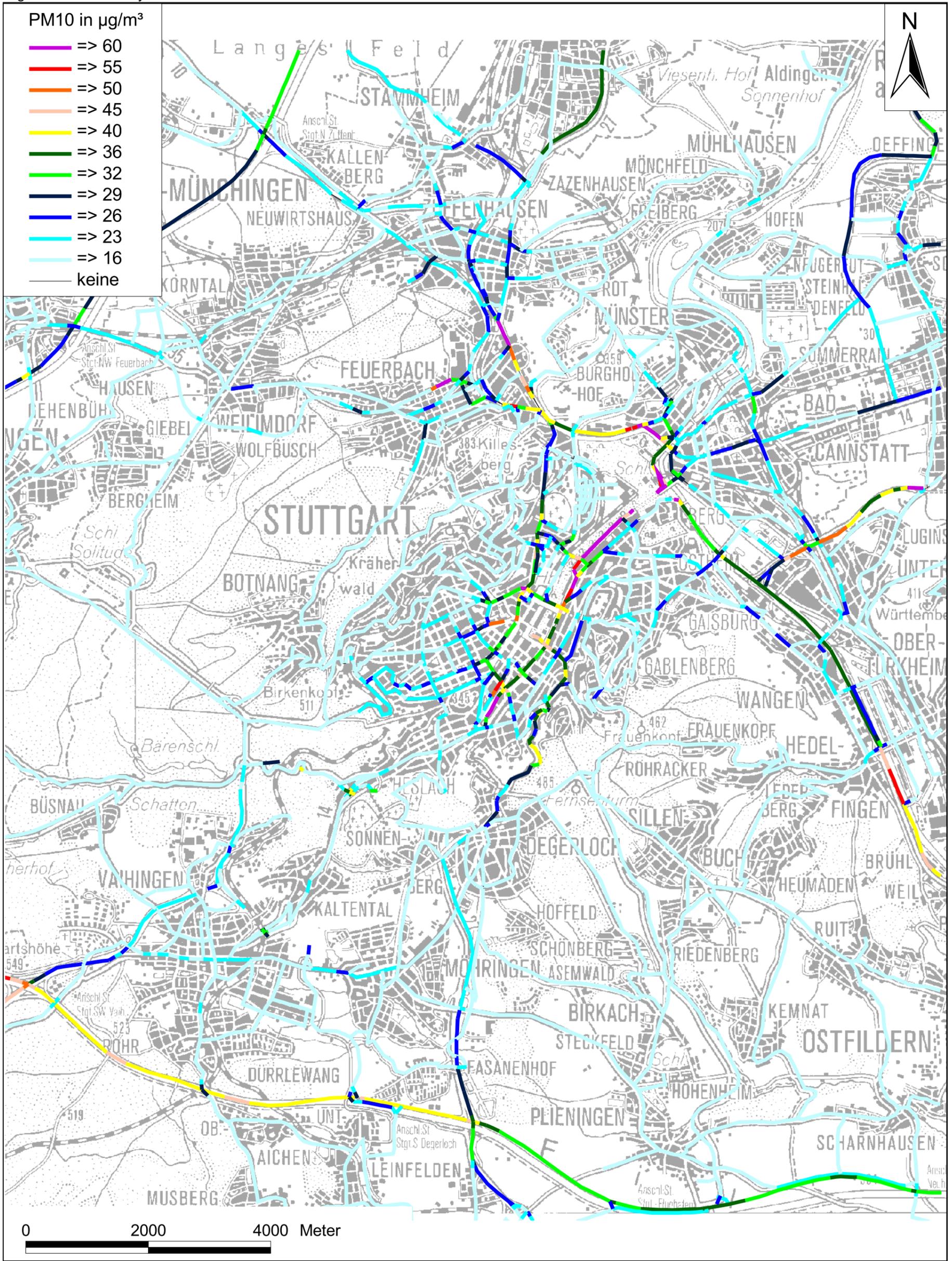


Abb. 6.13: PM10-Belastung (Jahresmittelwerte) auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2005. Ermittelt mit Screeningverfahren PROKAS. Zur Orientierung ist eine grobe Übersichtskarte unterlegt

Dabei ist festzuhalten, dass die an den SPOT-Messstellen in Stuttgart erfassten Werte den Grenzwert nur an der Messstelle Am Neckartor überschreiten und durch die Berechnungen damit überschätzt werden.

Für das Prognosejahr 2010 sind die PM₁₀-Belastungen (Jahresmittelwerte) in **Abb. 6.14** aufgezeigt. Gegenüber dem Betrachtungsjahr 2005 sind wenig Änderungen prognostiziert; die Auswirkungen der Verringerung der motorbedingten Partikelbeiträge durch die Entwicklung der Fahrzeugflotte wird praktisch durch die Verkehrszunahme auf den Hauptverkehrsstraßen kompensiert. An den innerstädtischen Hauptverkehrsstraßen im Talkessel von Stuttgart, an den sehr stark befahrenen Hauptverkehrsachsen (B 10, B 14, B 27), an den Autobahnen und an Tunnelportalen sind hohe PM₁₀-Belastungen über 40 µg/m³ und somit Überschreitungen des Grenzwertes berechnet. An der überwiegenden Anzahl der innerstädtischen Straßenabschnitte wird der Grenzwert eingehalten. Gegenüber dem Prognosejahr 2005 sind nur geringe Änderungen zu erwarten. Entsprechend dem derzeitigen Kenntnisstand der Forschungen zu verkehrsbedingt freigesetzten PM₁₀-Emissionen dominieren die nicht motorbedingten Einflüsse. Technische Änderungen an den Motoren wirken sich auf die motorbedingten Freisetzungen aus; die nicht motorbedingten Beiträge bleiben erhalten. Damit sind die geringen Änderungen der berechneten PM₁₀-Belastungen zu erklären.

Im Prognosejahr 2015 sind etwas geringere PM₁₀-Belastungen prognostiziert, die dennoch vereinzelt an innerstädtischen Straßenabschnitten (B 10, B 14, B 27) zu hohen Feinstaubkonzentrationen führen (**Abb. 6.15**).

Neben dem Grenzwert für das Jahresmittel ist in der 22. BImSchV auch ein 24-Stunden-Grenzwert für Partikel (PM₁₀) von 50 µg/m³ definiert, der nicht öfter als 35-mal im Jahr überschritten werden darf und entsprechend Kap. 3 aus dem Jahresmittelwert mit einer Schwelle von 29 µg/m³ (= Äquivalentwert) abgeleitet wird. Dieser Schwellenwert ist in **Abb. 6.13** bis **Abb. 6.15** mit der dunkelblauen Farbgebung kenntlich gemacht. Ergänzend wurde eine Ableitung der jährlichen Anzahl der Tage mit einem PM₁₀-Tagesmittelwert über 50 µg/m³ gewünscht. Die Ableitung erfolgt nach der Kurve des „best-fit + 1 sigma“ der **Abb. 3.1** und ist als grobe Abschätzung aufzufassen. Für das Jahr 2005 ist die ermittelte Anzahl der Tage über 50 µg/m³ PM₁₀ (Tagesmittelwert) für die betrachteten Straßenabschnitte grafisch in **Abb. 3.16** dargestellt. Damit sind an einigen Hauptverkehrsstraßen im Innenstadtbereich, im Neckartal, an den Hauptdurchfahrten der Stadtteile Bad Cannstatt, Feuerbach und Zuffenhausen sowie an den Autobahnen Überschreitungen der PM₁₀-Kurzzeitbelastung zu erwarten.

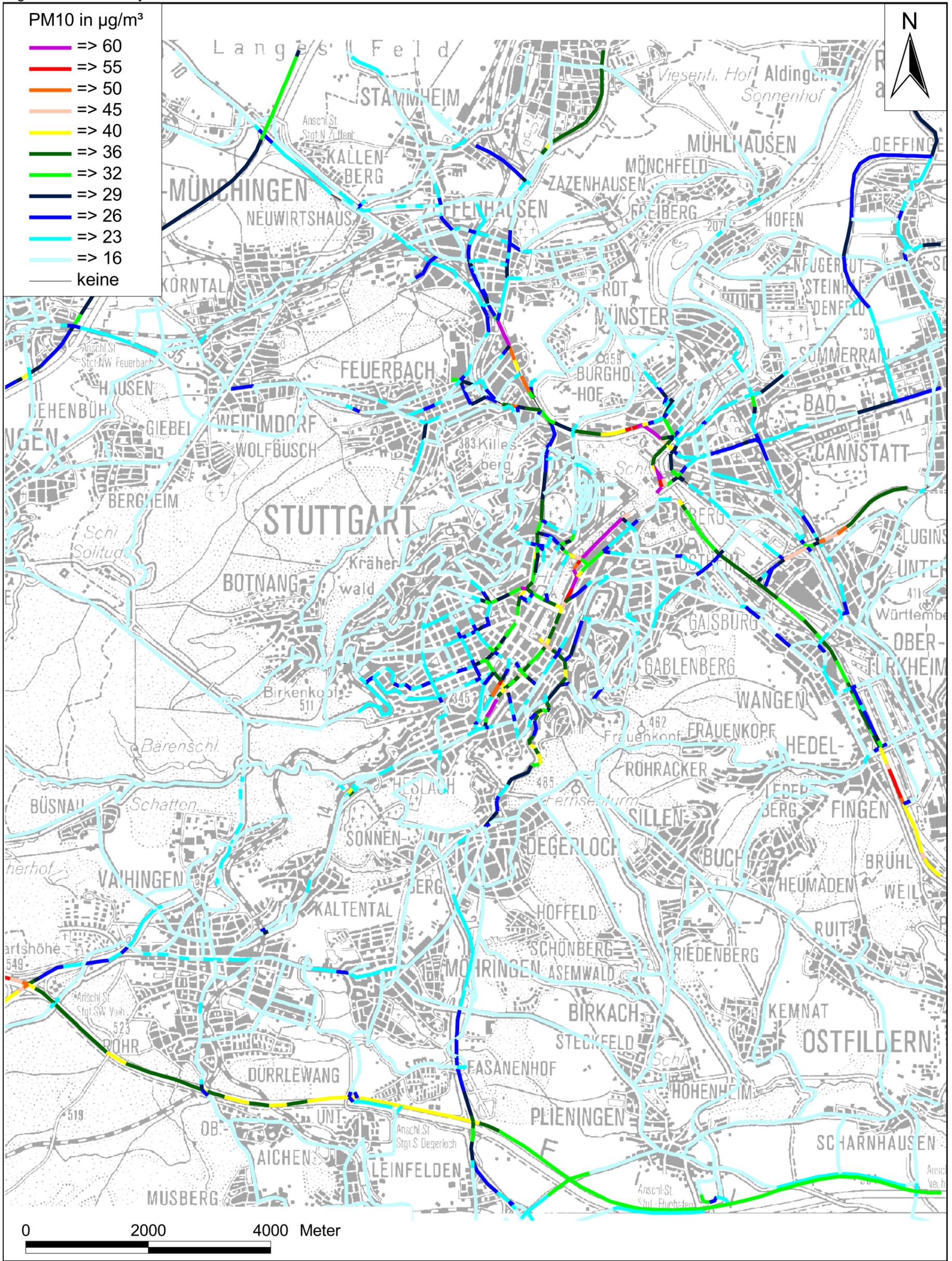


Abb. 6.14: PM10-Belastung (Jahresmittelwerte) auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2010.
 Ermittelt mit Screeningverfahren PROKAS.
 Zur Orientierung ist eine grobe Übersichtskarte unterlegt

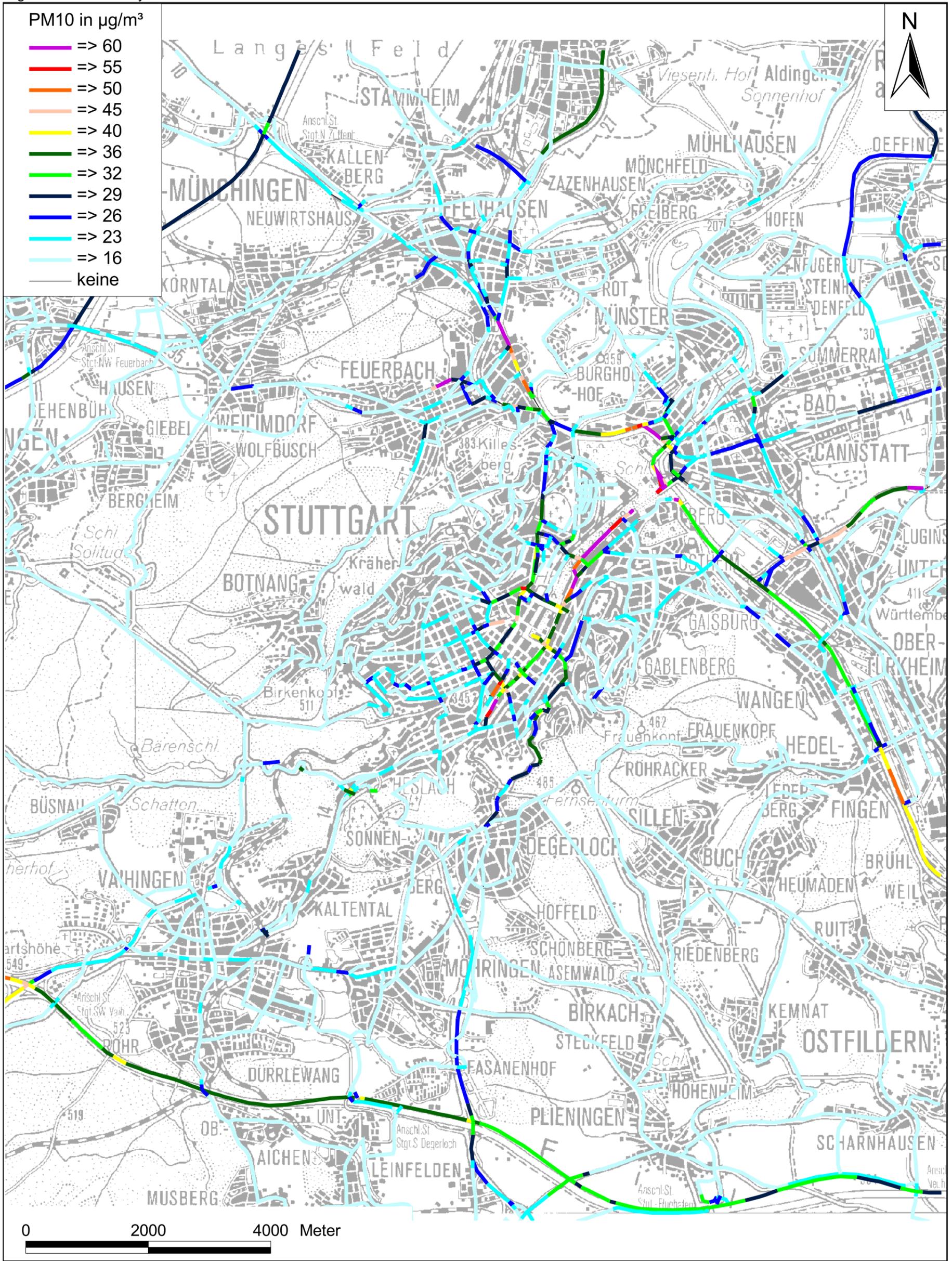


Abb. 6.15: PM10-Belastung (Jahresmittelwerte) auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2015. Ermittelt mit Screeningverfahren PROKAS. Zur Orientierung ist eine grobe Übersichtskarte unterlegt

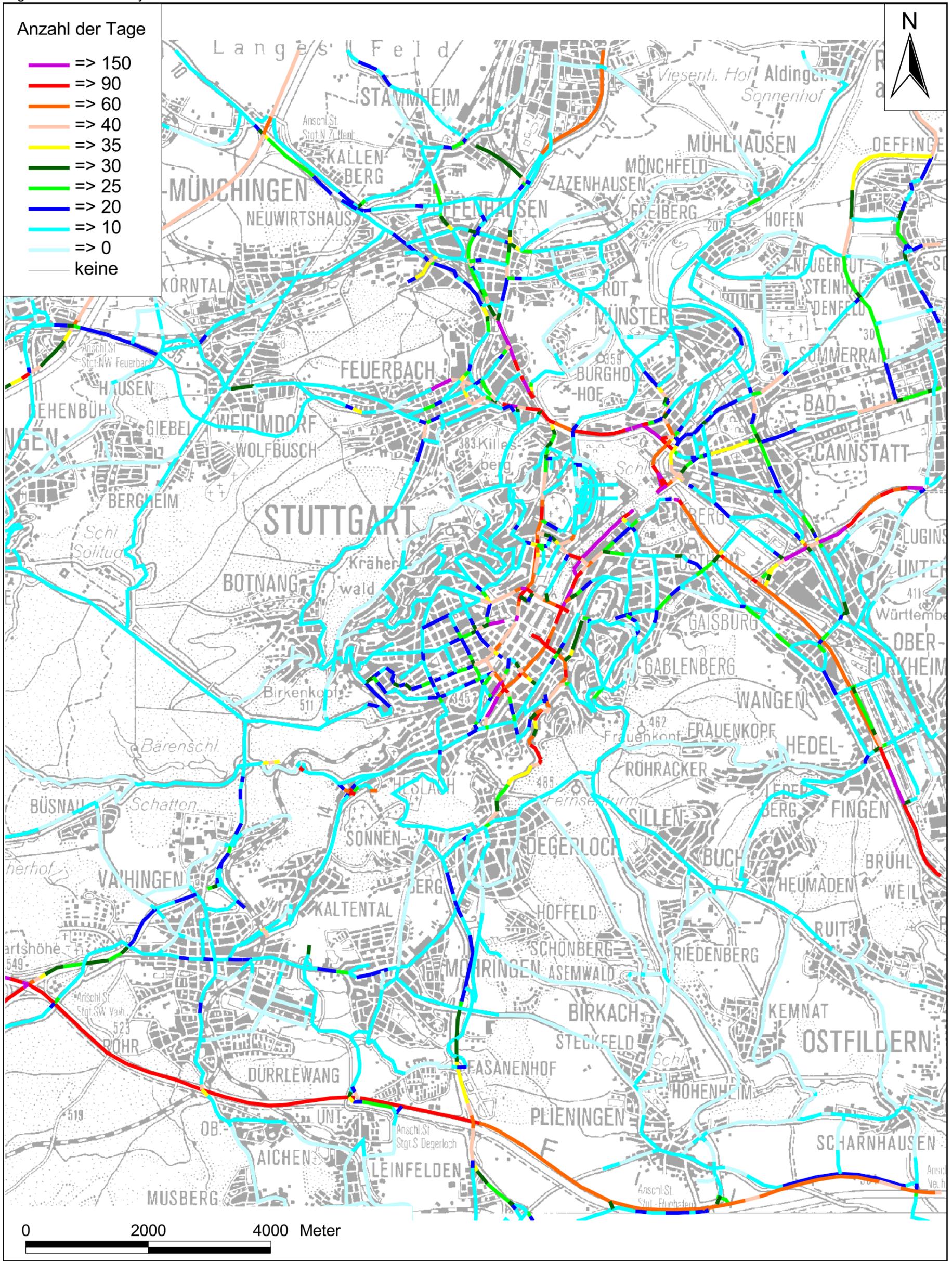


Abb. 6.16: Anzahl der Tage über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 (Tagesmittelwert) auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2005. Ermittelt mit Screeningverfahren PROKAS. Zur Orientierung ist eine grobe Übersichtskarte unterlegt



Für das Prognosejahr 2010 werden vergleichbare PM10-Kurzzeitbelastungen prognostiziert (**Abb. 6.17**); die Anzahl der Tage über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 (Tagesmittelwert) ändert sich gegenüber den Ergebnissen für das Jahr 2005 an den Hauptverkehrsstraßen von Stuttgart nicht wesentlich. Damit sind an einigen Hauptverkehrsstraßen im Innenstadtbereich, im Neckartal, an den Hauptdurchfahrten der Stadtteile Bad Cannstatt, Feuerbach und Zuffenhausen sowie an den Autobahnen an deutlich über 35 Tagen pro Jahr Überschreitungen von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert.

Für das Prognosejahr 2015 (siehe **Abb. 6.18**) ist an den Hauptverkehrsstraßen von Stuttgart überwiegend eine etwas geringere Anzahl von Tagen pro Jahr mit PM10-Tagesmittelwerten über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. Die Verringerung führt allerdings nicht dazu, dass damit auch die Schwelle der erlaubten 35 Tage unterschritten wird. Damit sind an einigen Hauptverkehrsstraßen im Innenstadtbereich, im Neckartal, an den Hauptdurchfahrten der Stadtteile Bad Cannstatt, Feuerbach und Zuffenhausen sowie an den Autobahnen weiterhin an deutlich über 35 Tagen pro Jahr Überschreitungen von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert.

Insgesamt zeigen die Berechnungen für die Hauptverkehrsstraßen von Stuttgart, dass sich aufgrund der zeitlichen Entwicklung der Zusammensetzung der Kfz-Flotte und der damit verbundenen technischen Entwicklungen Verringerungen der verkehrsbedingten Emissionen erwarten lassen. Damit sind auch Verringerungen der Immissionen verbunden, die aber aufgrund der nicht verkehrsbedingten Beiträge gegenüber den Emissionsminderungen geringer ausfallen. Entsprechend den Berechnungen für die Prognosejahre ist zu erwarten, dass weiterhin an der Randbebauung einiger Hauptverkehrsstraßen Konflikte mit den Grenzwerten bestehen bleiben.

6.2 Vergleich der berechneten Immissionen mit Messdaten

Entsprechend den Darstellungen in Kap. 4.3 werden im Stadtgebiet von Stuttgart an einigen Dauermessstationen des Landesmessnetzes Baden-Württemberg seit mehreren Jahren kontinuierlich Luftschadstoffbelastungen erfasst und in einem Sondermessprogramm für die Jahre 2004 und 2005 an verkehrsnahen Standorten, den SPOT-Messstellen, verkehrsbezogene Schadstoffe erhoben.

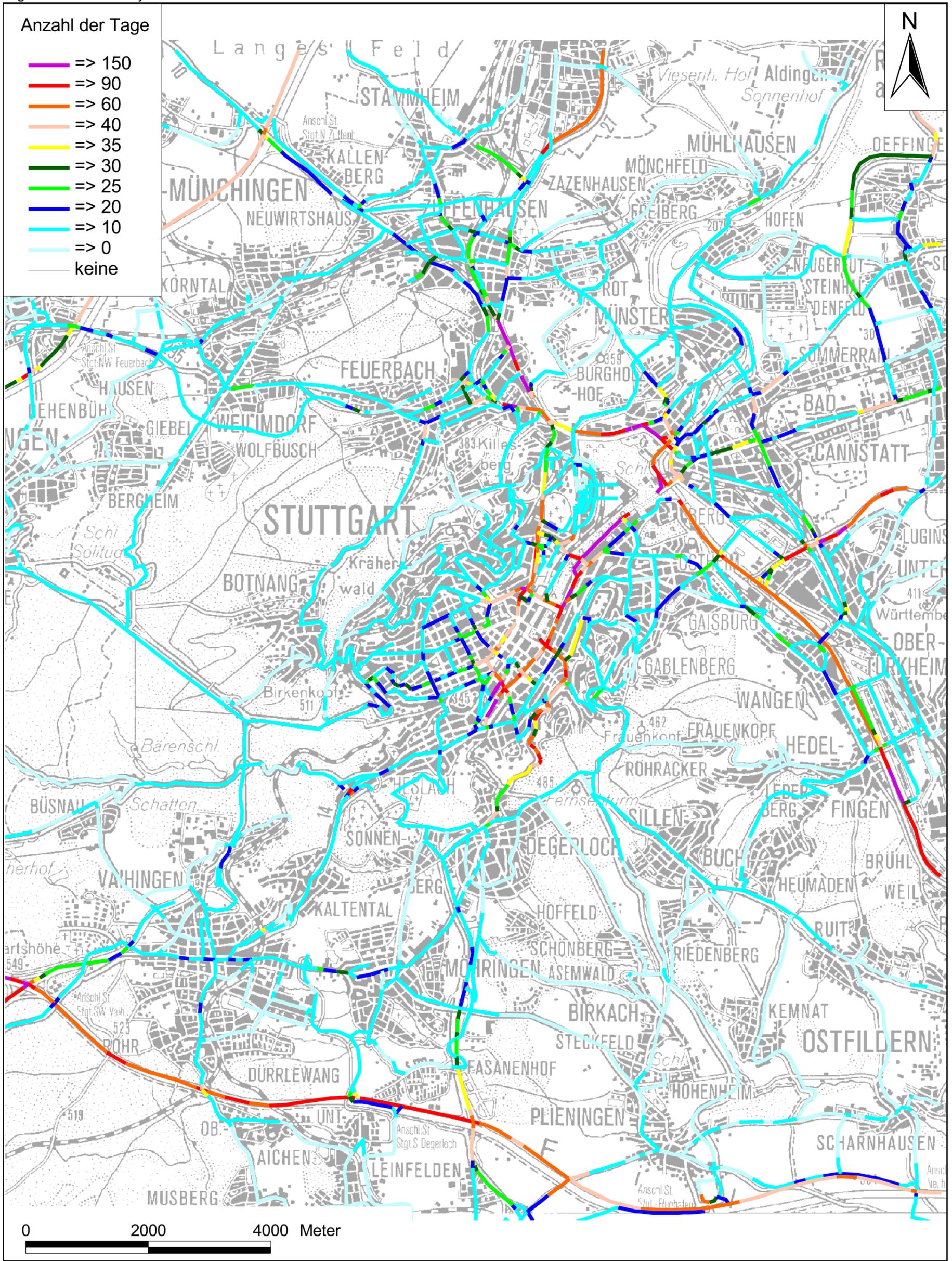


Abb. 6.17: Anzahl der Tage über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM₁₀ (Tagesmittelwert) auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2010. Ermittelt mit Screeningverfahren PROKAS. Zur Orientierung ist eine grobe Übersichtskarte unterlegt

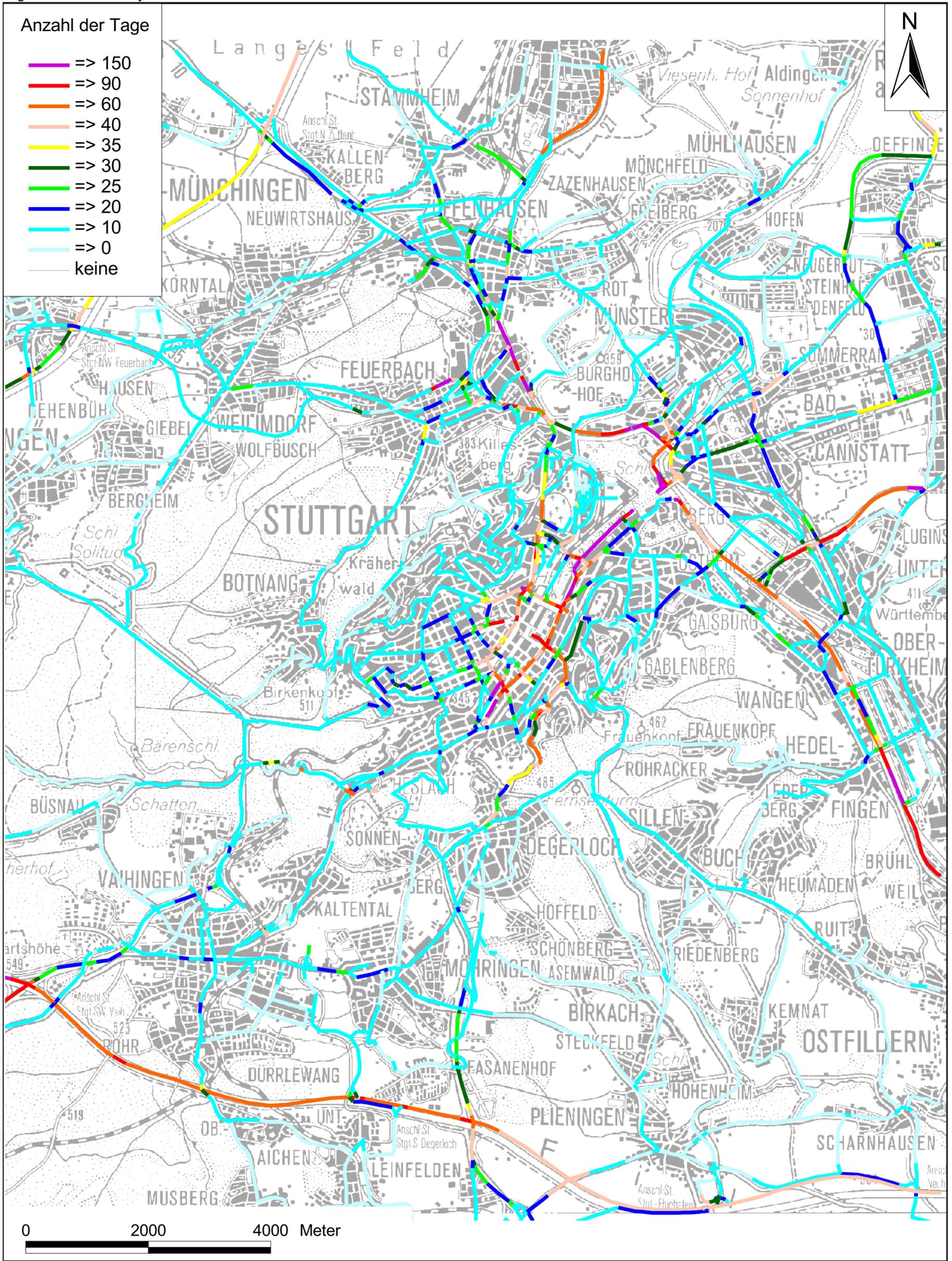


Abb. 6.18: Anzahl der Tage über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 (Tagesmittelwert) auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2015. Ermittelt mit Screeningverfahren PROKAS. Zur Orientierung ist eine grobe Übersichtskarte unterlegt

- Dies sind:
- Stuttgart-Bad Cannstatt, im Randbereich des Neckartals (Stadttrandbereich), straßennah
 - Stuttgart-Zuffenhausen, Stadtgebiet, straßennah
 - Stuttgart-Mitte, Straßenmessstation, Arnulf-Klett-Platz direkt an einer Hauptverkehrsstraße
 - SPOT Am Neckartor
 - SPOT Hohenheimer Straße
 - SPOT Siemensstraße
 - SPOT Waiblinger Straße und
 - SPOT Paulinenstraße (ohne PM10-Messungen).

In **Tab. 6.1** sind die verfügbaren Messdaten für die Jahre 2004 und 2005 aufgeführt.

	Messungen 2004					
	NO ₂ -I1 µg/m ³	NO ₂ -I2 µg/m ³	Benzol µg/m ³	Ruß µg/m ³	PM10-I1 µg/m ³	PM10-Überschreitung (Anzahl der Tage)
Bad Cannstatt	33	79	1.4	2.8	23	14
Zuffenhausen	40	104	2.2	3.8	27	29
Arnulf-Klett-Platz	77	156	2.7	6.2	34	42
SPOT Am Neckartor	106	243	4.3	11.6	51	160
SPOT Hohenheimer	89	196	2.8	6.9	36	58
SPOT Siemensstraße	97	215	3.0	8.3	37	63
SPOT Waiblinger Str.	66	138	3.3	6.2	36	65
SPOT Paulinenstraße	78	149	2.7	4.3	-	-
	Messungen 2005					
Arnulf-Klett-Platz	74	150	-	-	35	37
SPOT Am Neckartor	119	252	-	-	55	187
SPOT Hohenheimer	96	201	-	-	38	61
SPOT Siemensstraße	97	210	-	-	37	51
SPOT Waiblinger Str.	-	-	-	-	-	-
SPOT Paulinenstraße	-	-	-	-	-	-

Tab. 6.1: Messdaten an den Messstationen in Stuttgart für die Jahre 2004 und 2005 (soweit verfügbar) in µg/m³

Mit den in Kap. 4.3 aufgeführten Vorbelastungen, die einheitlich für den gesamten Bereich des Untersuchungsgebietes angesetzt wurden, fanden die Ausbreitungsrechnungen statt. Die Berechnungen wurden für das Bezugsjahr 2005, d.h. mit den Emissionen der Fahrzeugflotte für das Jahr 2005 und den für das Jahr 2005 berechneten Verkehrsbelegungsdaten, durchgeführt. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in **Tab. 6.2** aufgeführt.

	NO₂-I1 µg/m ³	NO₂-I2 µg/m ³	Benzol µg/m ³	Ruß µg/m ³	PM10-I1 µg/m ³
Bad Cannstatt	36	80	1.9	3.1	24
Zuffenhausen	40	91	2.0	3.3	25
Arnulf-Klett-Platz	67	129	6.0	7.4	43
SPOT Am Neckartor	80	163	9.2	11.6	64
SPOT Hohenheimer	66	135	6.1	7.3	41
SPOT Siemensstraße	84	173	7.4	12.0	60
SPOT Waiblinger Straße	53	101	3.4	4.8	32
SPOT Paulinenstraße	54	114	3.9	5.1	33

Tab. 6.2: Berechnete Immissionen an den Messstandorten in Stuttgart in µg/m³ für das Jahr 2005

Bei den NO₂-Jahresmittelwerten zeigen sich an den Festmessstationen gute Übereinstimmungen mit den berechneten Immissionen. An den Straßenmessstationen, den SPOT-Messstellen, werden die erfassten NO₂-Jahresmittelwerte durch die Berechnungen nicht ganz erreicht. Allerdings führen die Berechnungen dort schon zur Überschreitung des entsprechenden Übergangsbeurteilungswertes von 50 µg/m³ und auch des zukünftigen Grenzwertes von 40 µg/m³.

Die berechneten NO₂-98-Perzentilwerte zeigen bei den Festmessstationen zufriedenstellende Übereinstimmungen. An den Straßenmessstationen werden die Messwerte mit den Berechnungen nicht ganz erreicht.

Die Benzolbelastungen zeigen an den Festmessstationen zufriedenstellende Übereinstimmungen zwischen Messwerten und Berechnungsergebnissen. An den SPOT-Messstellen werden die erfassten Benzolimmissionen durch die Berechnungen überschätzt. Die Messungen führen nicht zur Ausschöpfung des Übergangsbeurteilungswertes von 10 µg/m³ und nicht zur Überschreitung des zukünftigen Grenzwertes von 5 µg/m³. Die Berechnungen

führen ebenfalls nicht zum Überschreiten des Übergangsbeurteilungswertes, aber an den Straßenmessstationen teilweise zum Überschreiten des zukünftigen Grenzwertes.

Die Ergebnisse der Berechnungen der Russbelastungen zeigen eine zufrieden stellende Übereinstimmung mit den Messdaten.

Die PM₁₀-Immissionen zeigen an den Festmessstationen zufrieden stellende Übereinstimmungen zwischen Messwerten und Berechnungsergebnissen. An den SPOT-Messstellen werden die erfassten PM₁₀-Immissionen durch die Berechnungen überschätzt. Die Messungen führen nur an einer Station zur Überschreitung des Grenzwertes von 40 µg/m³ und an allen Stationen zur Überschreitung des in dieser Untersuchung angesetzten Schwellenwertes von 29 µg/m³ zur Ableitung der PM₁₀-Kurzzeitbelastung. Die Berechnungen führen an drei verkehrsnahen Standorten zum Überschreiten des Grenzwertes, und an allen Straßenmessstationen zum Überschreiten des Schwellenwertes zur Ableitung der PM₁₀-Kurzzeitbelastung.

7 LITERATUR

22. BImSchV (2002): Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte). In: BGBl. I, Nr. 66 vom 17.09.2002, S. 3626.
23. BImSchV (1996): Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten - 23. BImSchV). In: BGBl. I, Nr. 66, S. 1962 (mit Erscheinen der 33. BImSchV zurückgezogen).
33. BImSchV. (2004): Dreiunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen – 33. BImSchV). BGBl I, Nr. 36, S. 1612-1625 vom 20.07.2004.
- BAST (1986): Straßenverkehrszählungen 1985 in der Bundesrepublik Deutschland. Erhebungs- und Hochrechnungsmethodik. Schriftenreihe Straßenverkehrszählungen, Heft 36. Im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bergisch Gladbach, 1986. Hrsg.: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.
- BAST (1997): Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 1997, Ergebnisse der Jahresauswertung. In: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 61.
- 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.
- EG-Richtlinie 96/62/EG (1996): Richtlinie des Rates der Europäischen Union vom 27. September 1996 über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft vom 27.11.1996, Nr. L 296/55.
- EG-Richtlinie 99/30/EG (1999): Richtlinie des Rates vom 22. April 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft vom 29.06.1996, Nr. L 163/41.

- EG-Richtlinie 2000/69/EG (2000): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. November 2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft vom 13.12.2000, Nr. L 313/12 ff.
- EG-Richtlinie 2002/3/EG (2002): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Februar 2002 über den Ozongehalt der Luft. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft vom 09.03.2002, Nr. L 67/14.
- EG-Richtlinie 2004/107/EG (2005): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15.12.2004 über Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft vom 26.01.2005, Nr. L23/3.
- Fahrverbote nach IG-L (2004): Luftreinhaltemaßnahmen nach dem Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L): LKW-Nachtfahrverbot und sektorales Fahrverbot. Ausstattung von Baumaschinen mit Partikelfiltern. www.tirol.gv.at/Themen/Umwelt/Luft/nachtfahrverbot.shtml.
- Filliger, P., Puybonnieux-Textier, V., Schneider, J. (1999): PM10 Population Exposure - Technical Report on Air Pollution, Prepared for the WHO Ministerial Conference for Environment and Health, London, June 1999, Published by Federal Department of Environment, Transport, Energy and Communications Bureau for Transport Studies, Berne, Switzerland.
- Flassak, Th., Bächlin, W., Bössinger, R., Blazek, R., Schädler, G., Lohmeyer, A. (1996): Einfluss der Eingangsparameter auf berechnete Immissionswerte für KFZ-Abgase - Sensitivitätsanalyse. In: FZKA PEF-Bericht 150, Forschungszentrum Karlsruhe.
- IFEU (2004): Auswirkungen neuer Erkenntnisse auf die Berechnungen der Partikel- und NO_x-Emissionen des Straßenverkehrs. Kurzstudie im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr des Landes Baden-Württemberg.
- Kutzner, K., Diekmann, H., Reichenbacher, W. (1995): Luftverschmutzung in Straßenschluchten - erste Messergebnisse nach der 23. BImSchV in Berlin. VDI-Bericht 1228, VDI-Verlag, Düsseldorf.
- LAI (1992): Krebsrisiko durch Luftverunreinigungen. Entwicklung von Beurteilungsmaßstäben für kanzerogene Luftverunreinigungen im Auftrag der Umweltministerkonferenz. LAI Länderausschuss für Immissionsschutz, Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf.

- LAI (2004): Bewertung von Schadstoffen, für die keine Immissionswerte festgelegt sind - Orientierungswerte für die Sonderfallprüfung und für die Anlagenüberwachung sowie Zielwerte für die langfristige Luftreinhalteplanung unter besonderer Berücksichtigung der Beurteilung krebserzeugender Luftschadstoffe. Bericht des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI), September 2004.
- LfU (1993): Die Luft in Baden-Württemberg, Jahresbericht 1992. Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe.
- 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.
- Lohmeyer (2003): Luftschadstoffbelastungen an Stuttgarter Hauptverkehrsstraßen für die Jahre 2005 und 2010. Ingenieurbüro Dr.-Ing. Achim Lohmeyer, Karlsruhe, Projekt 5261, September 2003. Gutachten im Auftrag der Landeshauptstadt Stuttgart.
- Lohmeyer (2004): Maßnahmebetrachtungen zu PM10 im Zusammenhang mit Luftreinhalteplänen. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe, Projekt 60277, Dezember 2004. Gutachten im Auftrag des Regierungspräsidiums Stuttgart.
- Lohmeyer (2005): Ergänzung zum Bericht Maßnahmebetrachtungen zu PM10 im Zusammenhang mit Luftreinhalteplänen. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe, Projekt 60277E, Januar 2005. Gutachten im Auftrag des Regierungspräsidiums Stuttgart.
- LRP Stuttgart (2005): Luftreinhalte-/Aktionsplan für den Regierungsbezirk Stuttgart. Teilplan Landeshauptstadt Stuttgart. Maßnahmenplan zur Minderung der PM10- und NO₂-Belastungen. Gutachten im Auftrag des Regierungspräsidium Stuttgart.
- MLUS 02 (2005): Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln.
- Nagel, T., Lohmeyer, A., Bächlin, W. (1996): Verkehrsbedingte Schadstoffbelastungen im Zusammenhang mit der Planung "Stuttgart 21"; in: Untersuchungen zur Umwelt "Stuttgart 21", Heft 2, Hrsg.: Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz.
- Nagel, T., Lohmeyer, A., Bächlin, W. (1998): Prognosen der verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastung im Zusammenhang mit der Planung "Stuttgart 21", in: Untersuchungen zur Umwelt "Stuttgart 21", Heft 9, Hrsg.: Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz.

- PTV (2005): Aufbau eines Wirtschaftsverkehrsmodells für die Region Stuttgart zur Aufstellung von Luftreinhalte- und Aktionsplänen. Bearbeitung: PTV Planung Transport Verkehr AG, Karlsruhe. Im Auftrag der Stadt Stuttgart, Verband Region Stuttgart, IHK Region Stuttgart.
- Röckle, R., Richter, C.-J. (1995): Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen -. Abschlussbericht PEF 92/007/02, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Romberg, E., Bösing, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E. (1996): NO-NO₂-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für KFZ-Abgase. Hrsg.: Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, Band 56, Heft 6, S. 215-218.
- Schädler, G., Bächlin, W., Lohmeyer, A., van Wees, T. (1996): Vergleich und Bewertung derzeit verfügbarer mikroskaliger Strömungs- und Ausbreitungsmodelle. In: Berichte Umweltforschung Baden-Württemberg (FZKA-PEF 138).
- Schmidt, G., Thomas, B. (1996): Hochrechnungsfaktoren für manuelle und automatische Kurzzeitmessungen im Innerortsbereich. Bericht der Fa. Heusch Boesefeldt GmbH, Aachen an das Bundesministerium für Verkehr, Bonn.
- 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 - Luftreinhalte. 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.

A N H A N G A 1
BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN
KFZ-STRASSEN

A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN

A1.1 Grenzwerte

Durch den Betrieb von Kraftfahrzeugen entstehen eine Vielzahl von Schadstoffen, welche die menschliche Gesundheit gefährden können, z.B. Stickoxide (NO_x als Summe von NO und NO₂), Kohlenmonoxid (CO), Schwefeldioxid (SO₂), Benzol, Partikel, etc. Im vorliegenden Gutachten werden Konzentrationen bzw. Immissionen von Luftschadstoffen ermittelt. Deren Angabe allein vermittelt jedoch weder Informationen darüber, welche Schadstoffe die wichtigsten sind, noch einen Eindruck vom Ausmaß der Luftverunreinigung im Einflussbereich einer Straße. Erst ein Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z.B. Grenz- oder Vorsorgewerten lässt Rückschlüsse auf die Luftqualität zu. Darauf wird im Folgenden eingegangen.

Grenzwerte sind rechtlich verbindliche Beurteilungswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit, der Vegetation oder des Bodens, die einzuhalten sind und nicht überschritten werden dürfen. Die in Deutschland für den Einflussbereich von Straßen maßgebenden Grenzwerte sind in der 22. BImSchV (2002) benannt, dort als Immissionswert bezeichnet. Bezüglich verkehrsbedingter Luftschadstoffe sind derzeit NO₂, Benzol und PM10 von Bedeutung, gelegentlich werden zusätzlich noch die Schadstoffe Blei und Kohlenmonoxid betrachtet. Ruß wird nicht betrachtet, weil es nach Erscheinen der 33. BImSchV (2004) und dem damit erfolgten Zurückziehen der 23. BImSchV (1996) dafür keinen gesetzlichen Grenzwert mehr gibt. Ruß ist Bestandteil von PM10 und wird damit indirekt erfasst. Die Grenzwerte der 22. BImSchV sind in **Tab. A1.1** angegeben.

Ergänzend zu diesen Grenzwerten nennt die 22. BImSchV Toleranzmargen; das sind in jährlichen Stufen abnehmende Werte, um die der jeweilige Grenzwert innerhalb festgesetzter Fristen überschritten werden darf, ohne in Deutschland die Erstellung von Luftreinhalteplänen zu bedingen. Diese Werte werden als Übergangsbeurteilungswerte bezeichnet, sofern sie aufgrund der zeitlichen Zusammenhänge in den Betrachtungen der Planungen Berücksichtigung finden.

Zusätzliche Luftschadstoffe zu den genannten werden meist nicht betrachtet, da deren Immissionen in Deutschland typischerweise weit unterhalb der geltenden Grenzwerte liegen.

Stoff	Mittelungszeit	Grenzwert	Geltungszeitpunkt
NO ₂	98-Prozent-Wert des Stundenmittelwertes	200 µg/m ³	bis 2009
NO ₂	Stundenmittelwert	200 µg/m ³ maximal 18 Überschreitungen / Jahr	ab 2010
NO ₂	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	ab 2010
Partikel (PM10)	Tagesmittelwert	50 µg/m ³ maximal 35 Überschreitungen / Jahr	ab 2005
Partikel (PM10)	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	ab 2005
Blei	Jahresmittelwert	0.5 µg/m ³	ab 2005
Benzol	Jahresmittelwert	5 µg/m ³	ab 2010
Kohlenmonoxid (CO)	8 h gleitender Wert	10 µg/m ³	ab 2005

Tab. A1.1: Immissionsgrenzwerte nach 22. BImSchV (2002) für ausgewählte (verkehrsrelevante) Schadstoffe

A1.2 Vorsorgewerte

Da der Vergleich von Luftschadstoffkonzentrationen mit Grenzwerten allein noch nicht ausreichend ist, um eine Luftschadstoffkonzentration zu charakterisieren, gibt es zusätzlich zu den Grenzwerten so genannte Vorsorgewerte zur langfristigen Verbesserung der Luftqualität. Im Bericht des Länderausschusses für Immissionsschutz „Bewertung von Schadstoffen, für die keine Immissionswerte festgelegt sind“ (LAI, 2004) werden Orientierungswerte für Sonderfallprüfungen, Zielwerte für die langfristige Luftreinhalteplanung und Beurteilungswerte Krebs erzeugender Luftschadstoffe (z.B. Benzol) angegeben. Für Benzol wird dort der Immissionswert der 22. BImSchV übernommen, der einem Krebsrisiko von 4.5×10^{-5} entspricht.

A1.3 Zukünftige Tendenzen bei der Bewertung von Schadstoffimmissionen

Die Europäische Union ist derzeit dabei, die Beurteilungsmaßstäbe von Luftschadstoffimmissionen in einer zweiten Generation von Richtlinien neu zu definieren. Dazu gehört die

(Rahmen-) Richtlinie über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität (96/62/EG vom 27.09.1996) mit ihren Tochterrichtlinien. Während die Rahmenrichtlinie selbst keine Detailregelungen für einzelne Luftverunreinigungen, wie Grenzwerte oder Mess- und Überwachungsverfahren enthält, werden diese in Tochterrichtlinien festgelegt.

Die Erste dieser Tochterrichtlinien, die EG-Richtlinie 99/30/EG für die Schadstoffe SO₂, NO₂, NO_x, Partikel (PM10) und Blei, wurde am 28.06.1999 im Amtsblatt der EG veröffentlicht. Die zweite Tochterrichtlinie, die EG-Richtlinie 2000/69/EG für die Schadstoffe Benzol und Kohlenmonoxid, wurde am 13.12.2000 veröffentlicht, die dritte für den Ozongehalt in der Luft (2002/3/EG) am 12.02.2002. Die Inhalte dieser drei Tochterrichtlinien sind weitgehend mit der Novellierung der 22. BImSchV vom 11.09.2002 in nationales Recht überführt. Eine 4. Tochterrichtlinie (2004/107/EG) über Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft wurde am 15.12.2004 von der EU verabschiedet. Derzeit wird durch die Bundesregierung an einer „Ersten Verordnung zur Änderung der Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft“ gearbeitet, welche die o. g. neue EU-Richtlinie in deutsches Recht umsetzen soll.

Eine Abweichung zwischen den EG-Richtlinien und der 22. BImSchV zeigt sich beispielsweise bei PM10. Die in der EG-Richtlinie 99/30/EG genannten PM10-Werte der 2. Stufe für das Jahr 2010 mit einem Jahresmittelwert von 20 µg/m³ und pro Jahr 7 Überschreitungen eines Tagesmittels von 50 µg/m³ sind nicht in die 22. BImSchV übernommen. Laut EG-Richtlinie sind diese Werte der 2. Stufe als Richtgrenzwerte aufzufassen, die im Rahmen der Revision hinsichtlich Verbindlichkeit zu überprüfen sind. Neuere Diskussionen auf EU-Ebene lassen eine Aufhebung der o.g. Stufe 2 für die PM10-Grenzwerte sowie dafür die Einführung eines PM2.5-Grenzwertes wahrscheinlich erscheinen.

A N H A N G A 2
BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR -
IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION

A2 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION

Für die Berechnung der Schadstoffimmission an einem Untersuchungspunkt kommt das mathematische Modell PROKAS zur Anwendung, welches den Einfluss des umgebenden Straßennetzes bis in eine Entfernung von mehreren Kilometern vom Untersuchungspunkt berücksichtigt. Es besteht aus dem Basismodul PROKAS_V (Gaußfahnenmodell) und dem integrierten Bebauungsmodul PROKAS_B, das für die Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung eingesetzt wird.

A2.1 Berechnung der Immissionen mit PROKAS_V

Die Zusatzbelastung infolge des Straßenverkehrs in Gebieten ohne oder mit lockerer Randbebauung wird mit dem Modell PROKAS ermittelt. Es werden jeweils für 36 verschiedene Windrichtungsklassen und 9 verschiedene Windgeschwindigkeitsklassen die Schadstoffkonzentrationen berechnet. Die Zusatzbelastung wird außerdem für 6 verschiedene Ausbreitungsklassen ermittelt. Mit den berechneten Konzentrationen werden auf der Grundlage von Emissionsganglinien bzw. Emissionshäufigkeitsverteilungen und einer repräsentativen Ausbreitungsklassenstatistik die statistischen Immissionskenngrößen Jahresmittel- und 98-Perzentilwert ermittelt.

Die Parametrisierung der Umwandlung des von Kraftfahrzeugen hauptsächlich emittierten NO in NO₂ erfolgt nach Romberg et al. (1996).

A2.2 Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung mit PROKAS_B

Im Falle von teilweise oder ganz geschlossener Randbebauung (etwa einer Straßenschlucht) ist die Immissionsberechnung nicht mit PROKAS_V durchführbar. Hier wird das ergänzende Bebauungsmodul PROKAS_B verwendet. Es basiert auf Modellrechnungen mit dem mikroskaligen Ausbreitungsmodell MISKAM für idealisierte Bebauungstypen. Dabei wurden für 20 Bebauungstypen und jeweils 36 Anströmrichtungen die dimensionslosen Abgaskonzentrationen c^* in 1.5 m Höhe und 1 m Abstand zum nächsten Gebäude bestimmt.

Die Bebauungstypen 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 verbauter 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. A2.1** beschreibt die Einteilung der einzelnen Bebauungstypen. Straßenkreuzungen werden auf Grund 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] beziehungsweise doppelter Abstand von der Straßenmitte zur Randbebauung
	u'	=	Windgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der fahrzeug-induzierten Turbulenz [m/s]

Die Konzentrationsbeiträge von PROKAS_V für die Hintergrundbelastung und von PROKAS_B werden für jede Einzelsituation, also zeitlich korreliert, zusammengefasst.

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. A2.1: Typisierung der Straßenrandbebauung

A2.3 Fehlerdiskussion

Immissionsprognosen als Folge der Emissionen des Kfz-Verkehrs sind ebenso wie Messungen der Schadstoffkonzentrationen fehlerbehaftet. Bei der Frage nach der Zuverlässigkeit der Berechnungen und der Güte der Ergebnisse stehen meistens die Ausbreitungsmodelle im Vordergrund. Die berechneten Immissionen sind aber nicht nur abhängig von den Ausbreitungsmodellen, sondern auch von einer Reihe von Eingangsinformationen, wobei jede Einzelne dieser Größen einen mehr oder weniger großen Einfluss auf die prognosti-

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

zierten Konzentrationen hat. Wesentliche Eingangsgrößen sind die Emissionen, die Bebauungsstruktur, meteorologische Daten und die Hintergrundbelastung.

Es ist nicht möglich, auf Basis der Fehlerbandbreiten aller Eingangsdaten und Rechenschritte eine klassische Fehlerberechnung durchzuführen, da die Fehlerbandbreite der einzelnen Parameter bzw. Teilschritte nicht mit ausreichender Sicherheit bekannt sind. Es können jedoch für die einzelnen Modelle Vergleiche zwischen Naturmessungen und Rechnungen gezeigt werden, anhand derer der Anwender einen Eindruck über die Güte der Rechenergebnisse erlangen kann.

In einer Sensitivitätsstudie für das Projekt "Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung - PEF" (Flassak et al., 1996) wird der Einfluss von Unschärfen der Eingangsgrößen betrachtet. Einen großen Einfluss auf die Immissionskenngrößen zeigen demnach die Eingangsparameter für die Emissionsberechnungen sowie die Bebauungsdichte, die lichten Abstände zwischen der Straßenrandbebauung und die Windrichtungsverteilung.

Hinsichtlich der Fehlerabschätzung für die Kfz-Emissionen ist anzufügen, dass die Emissionen im Straßenverkehr bislang nicht direkt gemessen, sondern über Modellrechnungen ermittelt werden. Die Genauigkeit der Emissionen ist unmittelbar abhängig von den Fehlerbandbreiten der Basisdaten (d.h. Verkehrsmengen, Emissionsfaktoren, Fahrleistungsverteilung, Verkehrsablauf).

Nach BASt (1986) liegt die Abweichung von manuell gezählten Verkehrsmengen (DTV) gegenüber simultan erhobenen Zählwerten aus automatischen Dauerzählstellen bei ca. 10 %.

Für Emissionsfaktoren liegen derzeit noch keine statistischen Erhebungen über Fehlerbandbreiten vor. Deshalb wird vorläufig ein leicht erhöhter Schätzwert von ca. 20 % angenommen.

Weitere Fehlerquellen liegen in der Fahrleistungsverteilung innerhalb der nach Fahrzeugschichten aufgeschlüsselten Fahrzeugflotte, dem Anteil der mit nicht betriebswarmem Motor gestarteten Fahrzeuge (Kaltstartanteil) und der Modellierung des Verkehrsablaufs. Je nach betrachtetem Schadstoff haben diese Eingangsdaten einen unterschiedlich großen Einfluss auf die Emissionen. Untersuchungen haben beispielsweise gezeigt, dass die Emissionen, ermittelt über Standardwerte für die Anteile von leichten und schweren Nutzfahrzeugen und für die Tagesganglinien im Vergleich zu Emissionen, ermittelt unter Berücksichtigung ent-

sprechender Daten, die durch Zählung erhoben wurden, Differenzen im Bereich von +/-20 % aufweisen.

Die Güte von Ausbreitungsmodellierungen war Gegenstand weiterer PEF-Projekte (Röckle & Richter, 1995 und Schädler et al., 1996). Schädler et al. führten einen ausführlichen Vergleich zwischen gemessenen Konzentrationskenngrößen in der Göttinger Straße, Hannover, und MISKAM-Rechenergebnissen durch. Die Abweichungen zwischen Mess- und Rechenergebnissen lagen im Bereich von 10 %, wobei die Eingangsdaten im Fall der Göttinger Straße sehr genau bekannt waren. Bei größeren Unsicherheiten in den Eingangsdaten sind höhere Rechenunsicherheiten zu erwarten. Dieser Vergleich zwischen Mess- und Rechenergebnissen dient der Validierung des Modells, wobei anzumerken ist, dass sowohl Messung als auch Rechnung fehlerbehaftet sind.

Hinzuzufügen ist, dass der Fehler der Emissionen sich direkt auf die berechnete Zusatzbelastung auswirkt, nicht aber auf die Hintergrundbelastung, d.h. dass die Auswirkungen auf die Gesamtmissionsbelastung geringer sind.

A N H A N G A 3
EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE

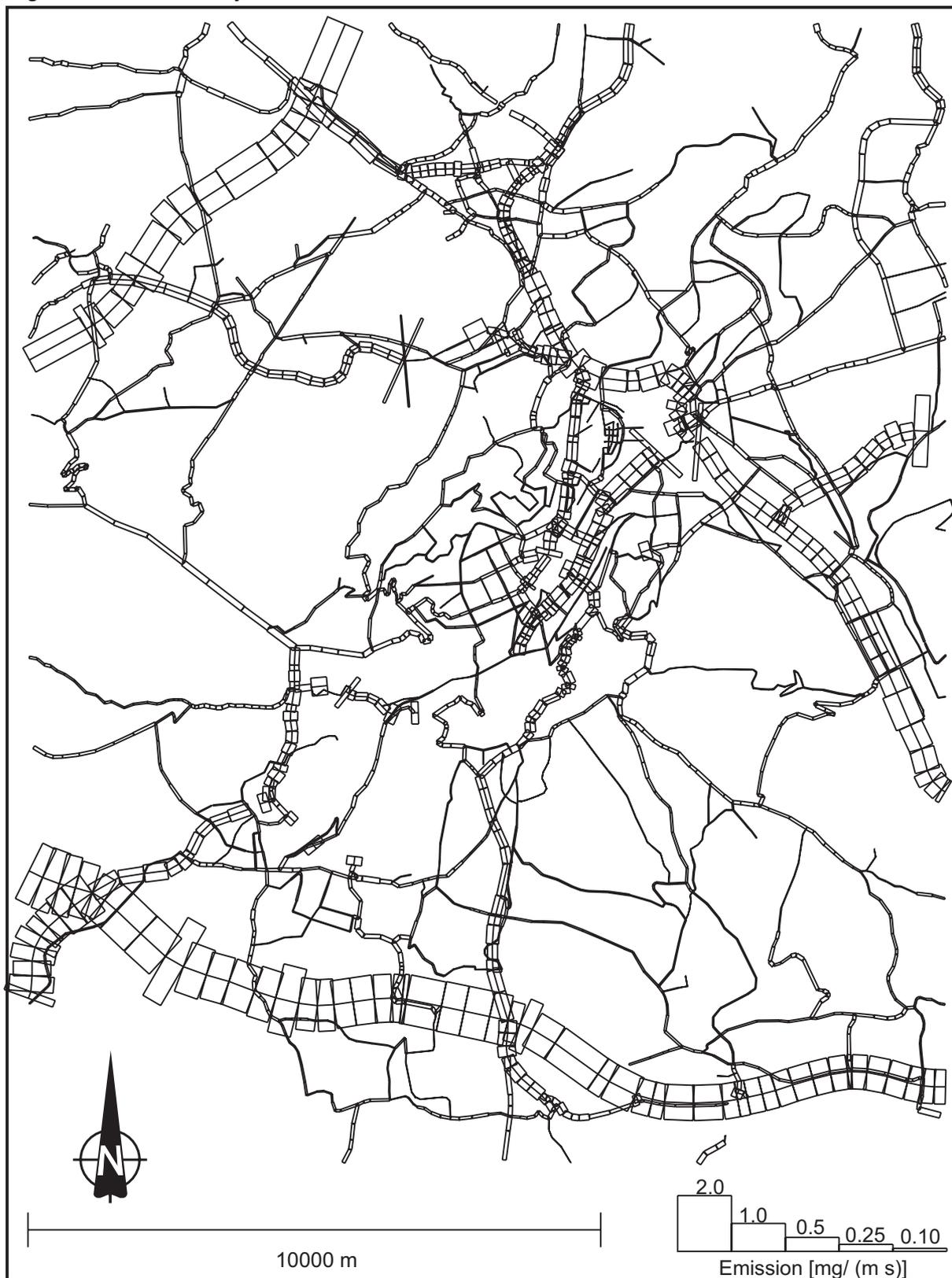


Abb. A3.1: Mittlere NOx-Emissionsdichte auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2005

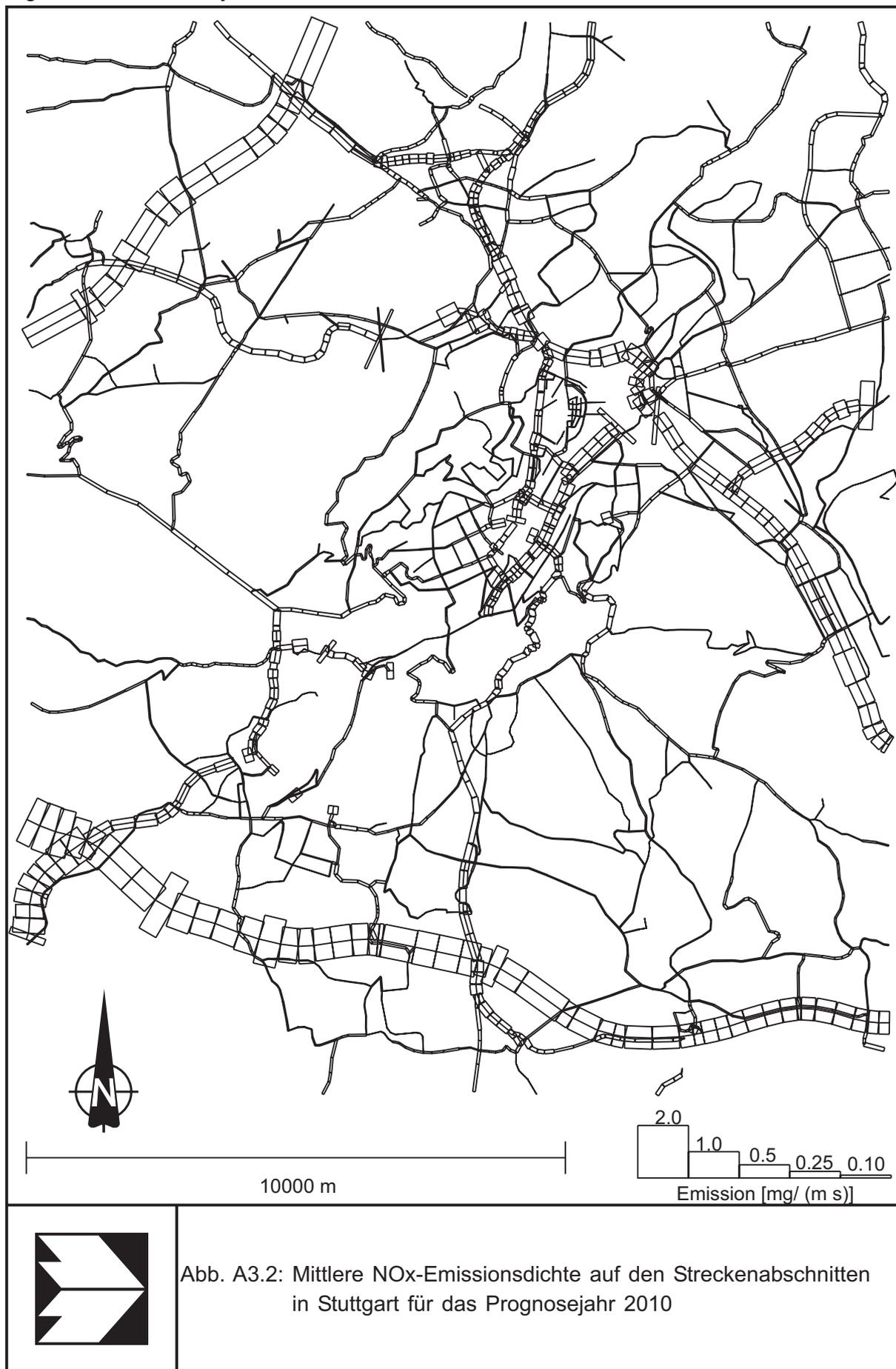


Abb. A3.2: Mittlere NOx-Emissionsdichte auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2010

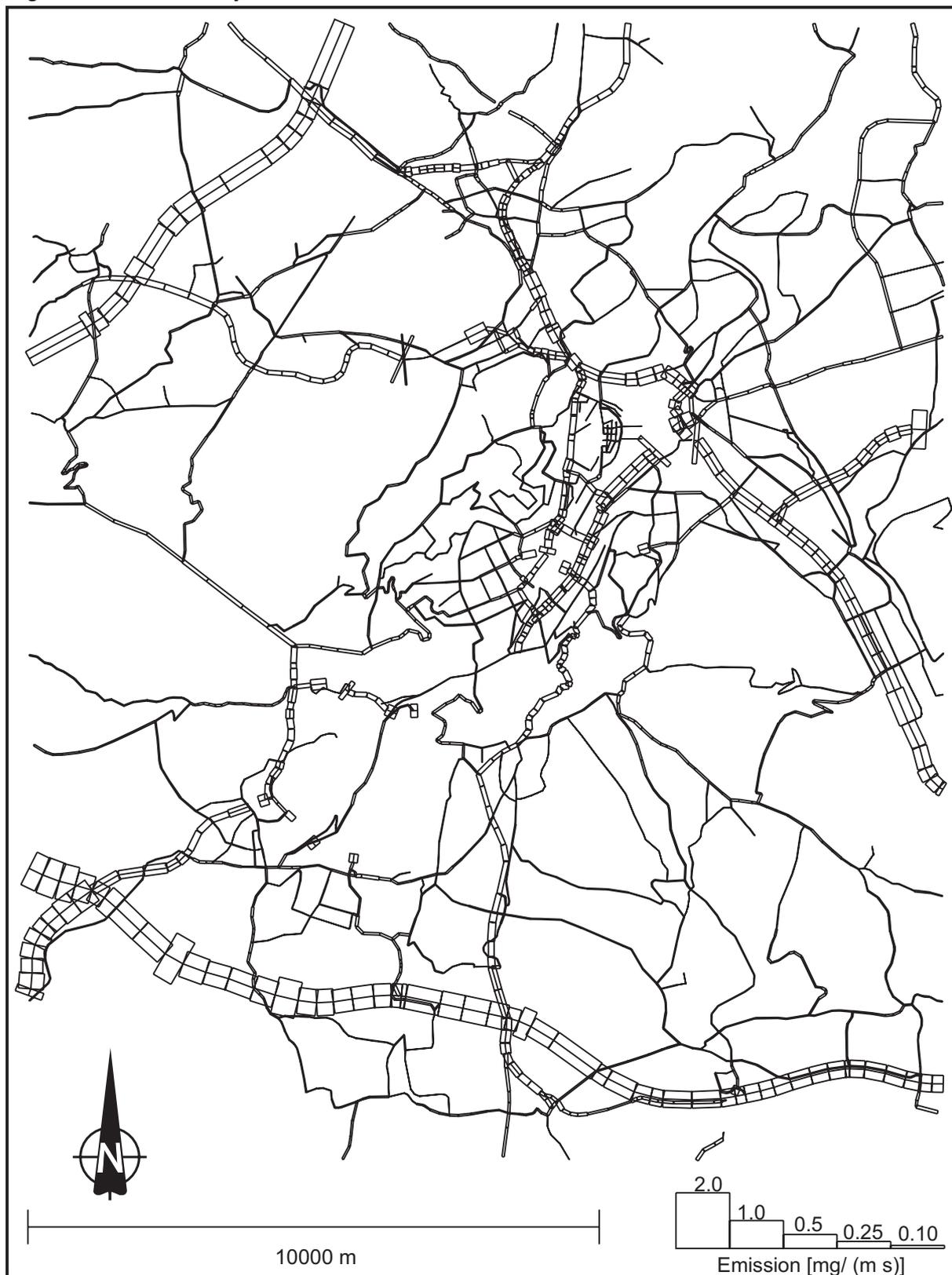


Abb. A3.3: Mittlere NOx-Emissionsdichte auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2015

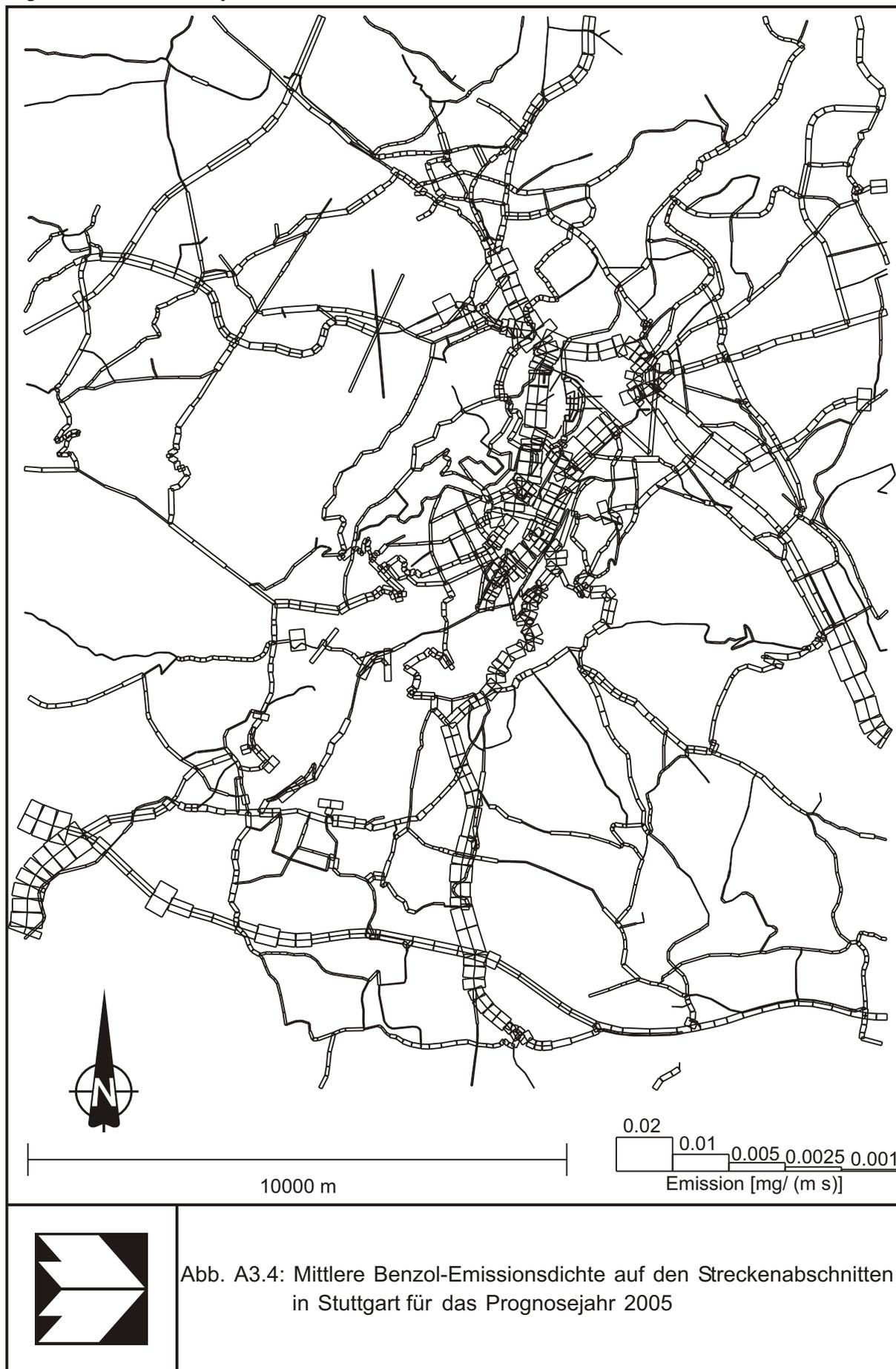


Abb. A3.4: Mittlere Benzol-Emissionsdichte auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2005

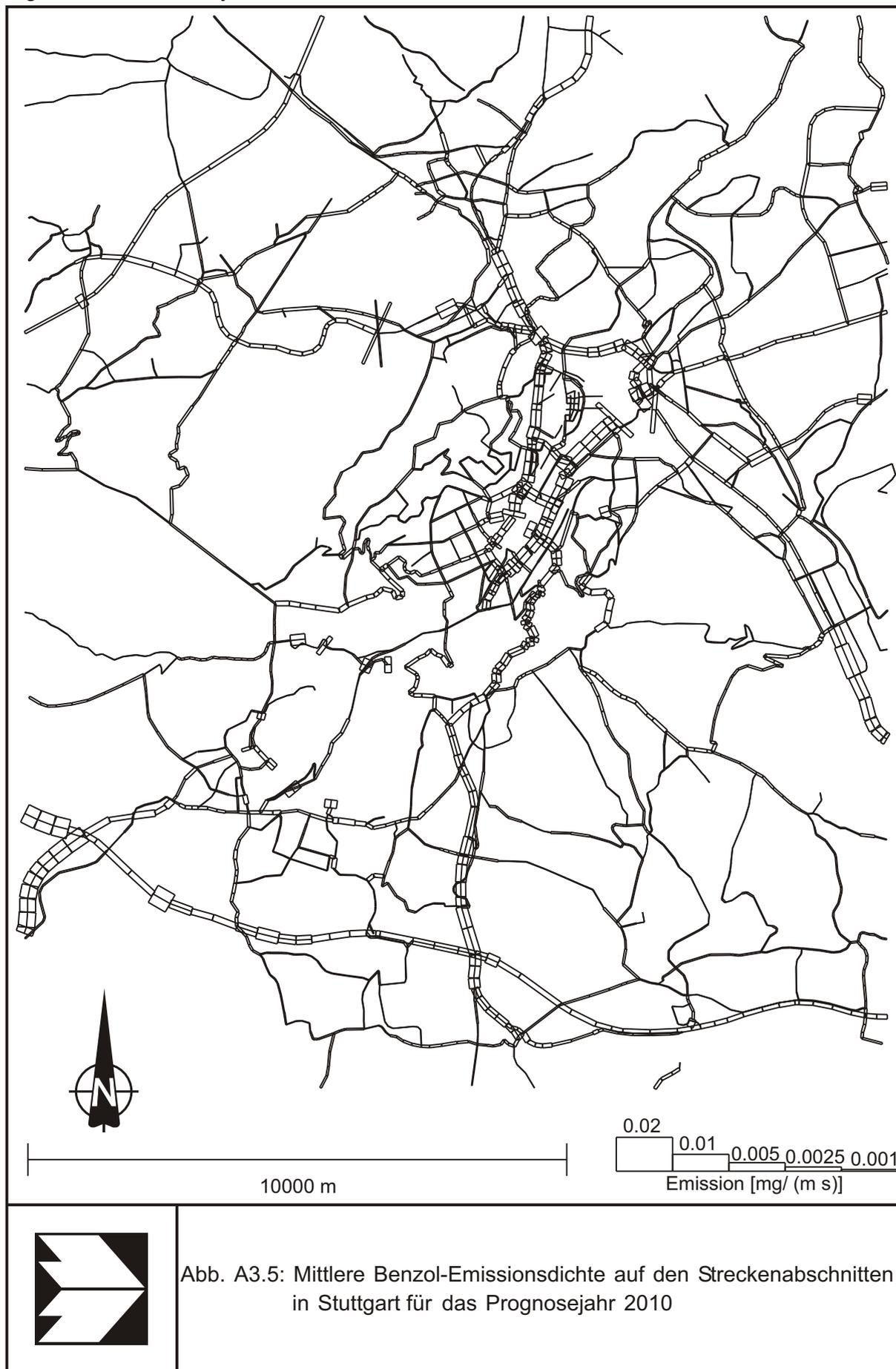


Abb. A3.5: Mittlere Benzol-Emissionsdichte auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2010

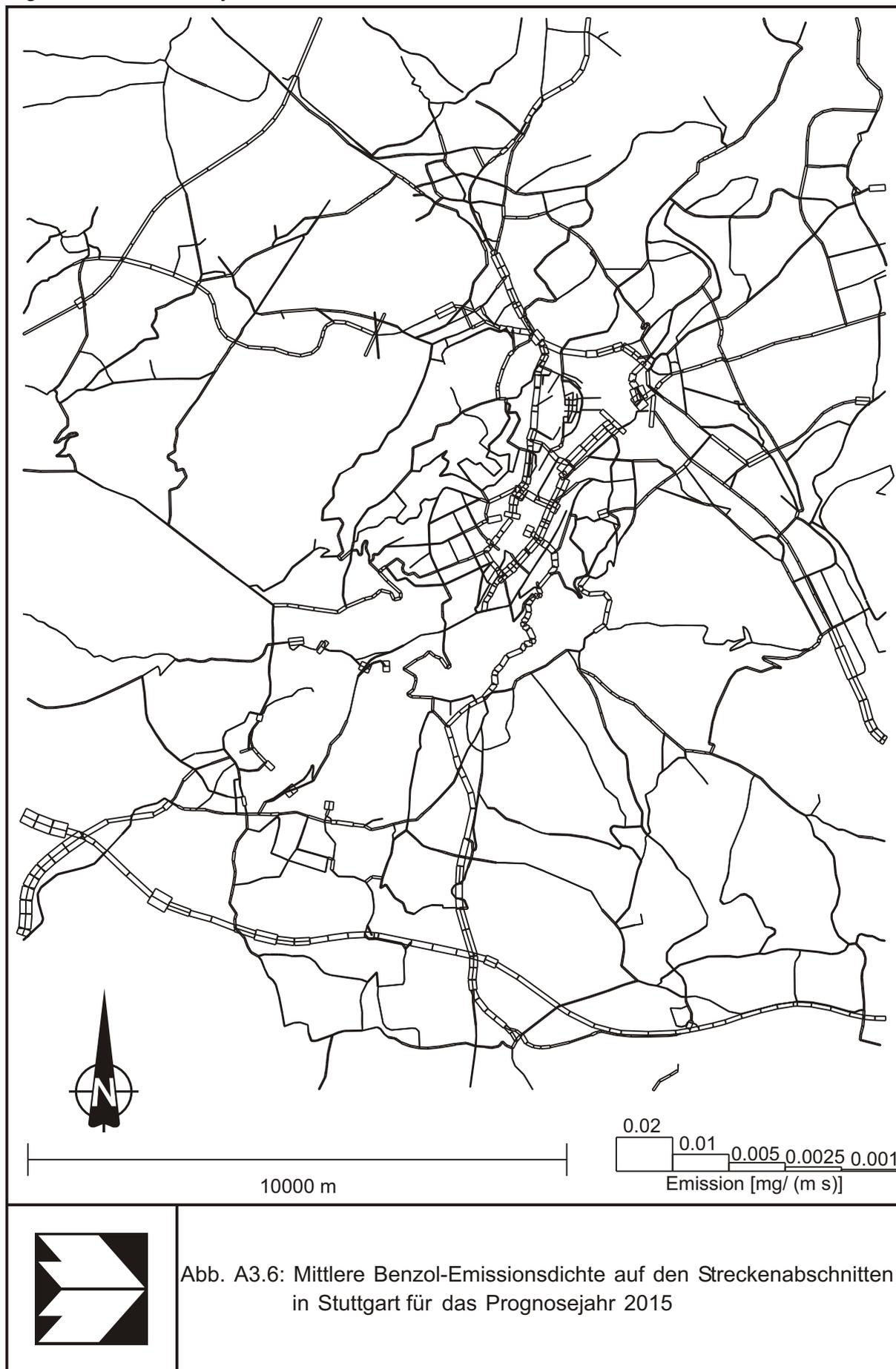


Abb. A3.6: Mittlere Benzol-Emissionsdichte auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2015

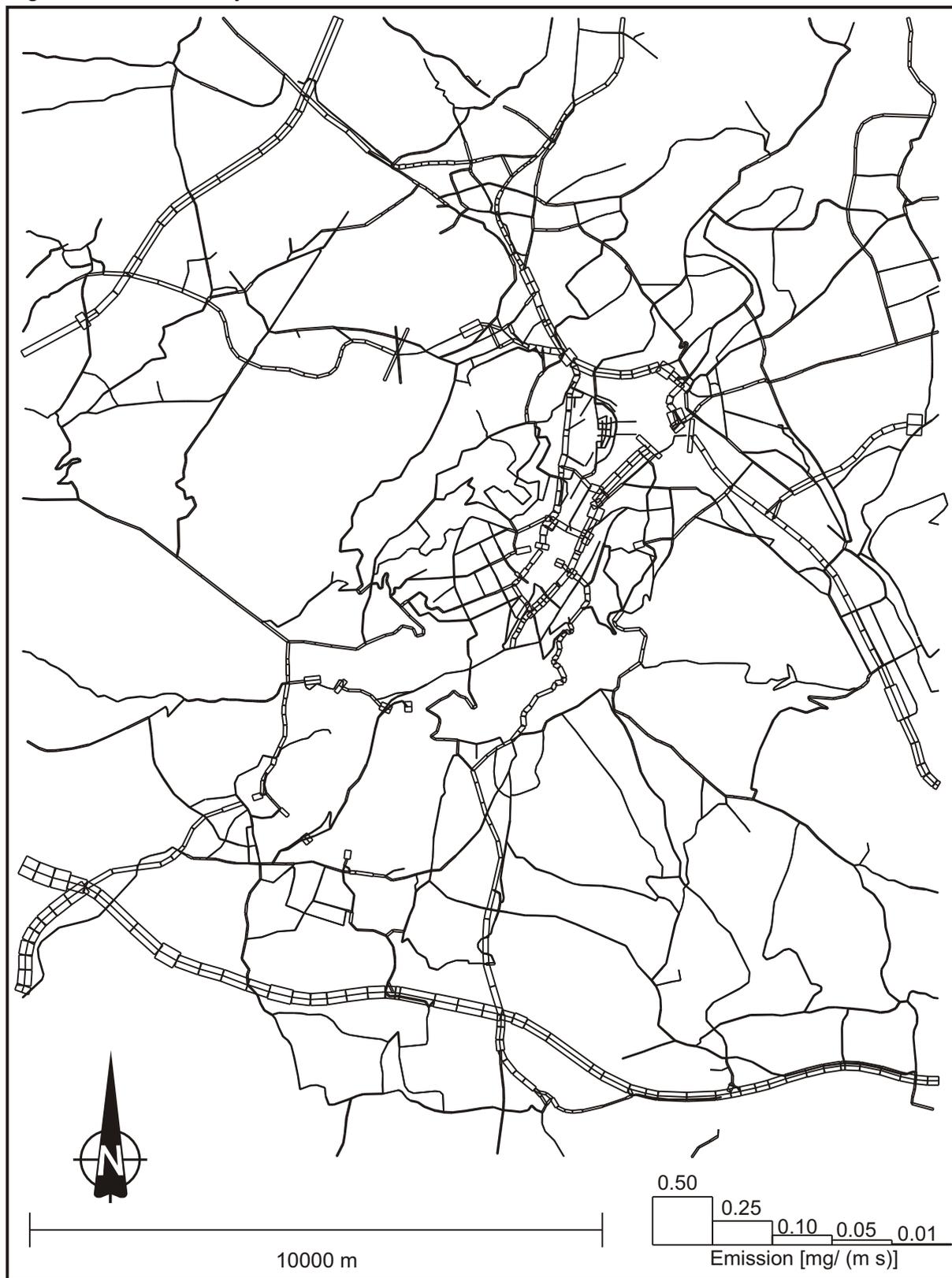


Abb. A3.7: Mittlere PM10-Emissionsdichte auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2005

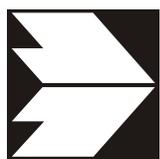


Abb. A3.8: Mittlere PM10-Emissionsdichte auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2010

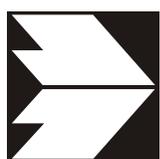
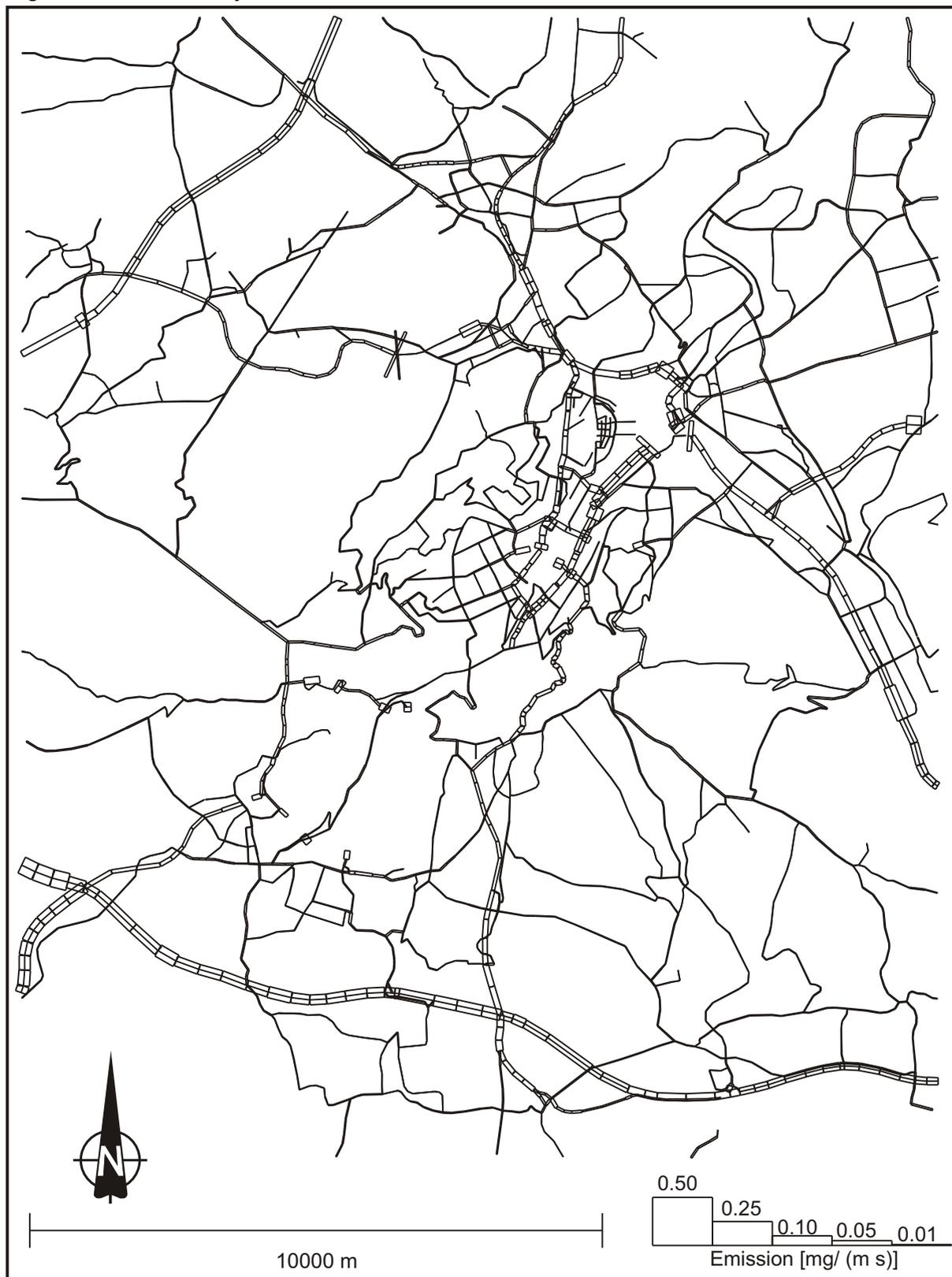


Abb. A3.9: Mittlere PM10-Emissionsdichte auf den Streckenabschnitten in Stuttgart für das Prognosejahr 2015