



Luftreinhalte-/Aktionsplan für den Regierungsbezirk Stuttgart Teilplan Leonberg

Anhang

**Berechnung der immissionsseitigen Auswirkungen
von verkehrlichen Maßnahmen des
Luftreinhalte-/Aktionsplans Leonberg
Ingenieurbüro Lohmeyer, Karlsruhe, Juli 2006**



Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRASIDIUM STUTTGART



**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

**BERECHNUNG DER IMMISSIONS-
SEITIGEN AUSWIRKUNGEN VON
VERKEHRLICHEN MASSNAHMEN DES
LUFTREINHALTE-/AKTIONSPLANS
LEONBERG**

Auftraggeber: Regierungspräsidium Stuttgart
Postfach 800709
70507 Stuttgart

Dipl.-Geogr. T. Nagel

Dr.-Ing. A. Lohmeyer

Juli 2006
Projekt 60555LEO-05-01
Berichtsumfang 55 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	1
1 ZUSAMMENFASSUNG	4
2 AUFGABENSTELLUNG	4
3 EINGANGSDATEN UND EMISSIONSFAKTOREN.....	8
3.1 Lagedaten.....	8
3.2 Verkehr	8
3.3 Fahrzeugflotte.....	15
3.4 Emissionsfaktoren	18
3.4.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren	19
3.4.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren	20
3.4.3 Emissionsfaktoren mit möglichen technischen Minderungen	20
3.5 Meteorologische Daten.....	22
4 AUSWIRKUNGEN DER MASSNAHMEN	26
4.1 Auswirkungen auf Emissionen der Straßenabschnitte.....	26
4.2 Auswirkungen auf Immissionen an den Hauptverkehrsstraßen.....	29
5 LITERATUR	37
A1 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS- ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION.....	41
A2 IMMISSIONSDARSTELLUNGEN FÜR DAS HAUPTVERKEHRSSTRASSEN- NETZ	47

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.

Emissionsgrenzwerte für Partikel und NO_x mit Geltungsjahr

		Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5
PKW	Jahr	1993	1996/97	2000	2005	
	Partikel [g/km]	0.14	0.08	0.05	0.025	-
	Jahr	1992	1996	2000	2005	-
	NO _x Diesel [g/km]	-	-	0.50	0.25	-
	NO _x Benzin [g/km]	-	-	0.15	0.08	-
LKW	Jahr	1992/93	1995/96	2000/01	2005	2008
	Partikel [g/kWh]	0.4	0.15	0.10	0.02	0.02
	Jahr	1992	1998	2000	2005	2008
	NO _x [g/kWh]	9.0	7.0	5.0	3.5	2.0

1 ZUSAMMENFASSUNG

Der kombinierte Luftreinhalte-/Aktionsplan für den Regierungsbezirk Stuttgart, Teilplan Leonberg, nennt Maßnahmen zur Verringerung der Luftschadstoffbelastungen. Für folgende Maßnahmen wurden Berechnungen der zu erwartenden Minderungen der Immissionen im Rahmen der vorliegenden Untersuchung durchgeführt:

- M1** Ganzjähriges Fahrverbot im Stadtgebiet von Leonberg ab dem 01.07.2007 für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppe 1 nach der Kennzeichnungsverordnung
- M2** Ganzjähriges Fahrverbot im Stadtgebiet von Leonberg ab dem 01.01.2012 für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppen 1 und 2 nach der Kennzeichnungsverordnung
- M13** Westanschluss Leonberg an die A 8

Für die Hauptverkehrsstraßen in Leonberg werden die Auswirkungen der oben genannten Maßnahmen auf die Immissionen berechnet. Aus den verfügbaren Verkehrsdaten des Straßennetzes von Leonberg und Umgebung werden unter Berücksichtigung der aktuellen Emissionsdatenbank des UBA (Auspuffemissionen), d.h. HBEFA – Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 2.1 und mit den neuesten Erkenntnissen bezüglich Anteilen von Abrieb und Aufwirbelung an PM₁₀ die Änderungen der Emissionen und darauf basierend der Immissionen gegenüber dem Referenzfall aufgezeigt. Betrachtet werden die Schadstoffe NO₂ und PM₁₀, ergänzend auch die Rußbelastungen.

Für die Prognose der Auswirkungen der Maßnahmen werden im ersten Schritt die Änderungen der Emissionen, d.h. der Schadstofffreisetzungen in den Straßenabschnitten, und im zweiten Schritt die Änderungen der Immissionen berechnet. Da sich die Maßnahmen auf unterschiedliche Jahre beziehen, werden zusätzlich die jeweiligen Jahre ohne berücksichtigte Maßnahmen betrachtet. Die Auswertungen beziehen sich im Wesentlichen auf den Straßenabschnitt an der Messstation.

Für die NO_x-Emissionen sind in der Grabenstraße gegenüber dem Referenzzustand, d.h. dem Nullfall 2007, mit der Maßnahme M1 ca. 98 %, mit dem Westanschluss im Jahr 2007 ca. 77 %, mit dem Westanschluss und M1 ca. 76%, im Nullfall 2012 (inklusive Westanschluss) ca. 65 % und mit der Maßnahme M2 (inklusive Westanschluss) ca. 62 % der Emissionen zu erwarten. Die Maßnahmen mit dem geplanten Westanschluss an die A 8 führen zu einer deutlichen Verringerung der NO_x-Emissionen an der SPOT-Messstelle,

während die Maßnahmen entsprechend der Kennzeichnungsverordnung kleinere Verringerungen erwarten lassen.

Die PM10-Emissionen weisen in der Grabenstraße gegenüber dem Referenzzustand mit der Maßnahme M1 ca. 95 %, mit dem Westanschluss im Jahr 2007 ca. 77 %, mit dem Westanschluss und M1 ca. 73%, im Nullfall 2012 (inklusive Westanschluss) ca. 78 % und mit der Maßnahme M2 (inklusive Westanschluss) ca. 75 % der Emissionen auf. Die Maßnahmen mit dem geplanten Westanschluss an die A 8 führen zu einer deutlichen Verringerung der PM10-Emissionen an der SPOT-Messstelle, während die Maßnahmen entsprechend der Kennzeichnungsverordnung kleine Verringerungen erwarten lassen.

Die Rußemissionen beschreiben überwiegend einen Teil der motorbedingten Partikelemissionen. Sie weisen in dem betrachteten Straßenabschnitt gegenüber dem Referenzzustand mit der Maßnahme M1 ca. 90 %, mit dem Westanschluss im Jahr 2007 ca. 77 %, mit dem Westanschluss und M1 ca. 69%, im Nullfall 2012 (inklusive Westanschluss) ca. 71 % und mit der Maßnahme M2 (inklusive Westanschluss) ca. 66 % der Emissionen auf.

Die relativen Auswirkungen auf die Immissionen sind im Vergleich zu den Auswirkungen auf die Emissionen geringer, da auch nicht verkehrsbedingte und von außerhalb herangetragene Beiträge in den Luftschadstoffbelastungen enthalten sind. Entsprechend der Randbebauung wird der Bereich um die Messpunkte in der Grabenstraße in zwei Teilbereiche untergliedert.

Die berechneten NO₂-Immissionen verringern sich am Standort der SPOT-Messstelle an der Grabenstraße Nord ausgehend vom Nullfall 2007 mit 54 µg/m³ durch die weitestgehende Maßnahme bis auf ca. 47 µg/m³ und an der Grabenstraße Süd ausgehend von 69 µg/m³ durch die weitestgehende Maßnahme bis auf ca. 59 µg/m³. Gegenüber dem Referenzzustand, dem Nullfall 2007, weisen die NO₂-Belastungen mit der Maßnahme M1 praktisch unveränderte Belastungen, mit dem Westanschluss im Jahr 2007 ca. 93 %, mit dem Westanschluss und M1 ca. 92%, im Nullfall 2012 (inklusive Westanschluss) ca. 88 % und mit der Maßnahme M2 (inklusive Westanschluss) ca. 86 % der Gesamtbelastungen auf. Deutliche Minderungen der verkehrsbedingten NO₂-Beiträge können durch den geplanten Westanschluss an die A 8 mit einhergehender Verringerung des Kfz- und LKW-Verkehrs in der innerstädtischen, nord-südlich gerichteten Durchfahrt im Zuge der B 295 in Leonberg erzielt werden.

Die berechneten PM10-Immissionen verringern sich an der Grabenstraße Nord ausgehend vom Nullfall 2007 mit $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durch die weitestgehende Maßnahme bis auf ca. $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und an der Grabenstraße Süd von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durch die weitestgehende Maßnahme bis auf ca. $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Gegenüber dem Referenzzustand weisen die PM10-Belastungen mit der Maßnahme M1 praktisch unveränderte Belastungen, mit dem Westanschluss im Jahr 2007 ca. 88 % bis 93 %, mit dem Westanschluss und M1 ca. 86 % bis 92%, im Nullfall 2012 (inklusive Westanschluss) ca. 89 % bis 93 % und mit der Maßnahme M2 (inklusive Westanschluss) ca. 88 % bis 92 % der Gesamtbelastungen auf. Minderungen der verkehrsbedingten PM10-Beiträge werden durch den geplanten Westanschluss an die A 8 mit einhergehender Verringerung des Kfz- und LKW-Verkehrs in der innerstädtischen, nord-südlich gerichteten Durchfahrt in Leonberg erzielt.

Aus den berechneten PM10-Jahresmittelwerten an den Hauptverkehrsstraßen in Leonberg werden mehr als 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Grenzwert) ab PM10-Jahresmittelwerten von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ abgeleitet. Danach ist im nördlichen Bereich der Grabenstraße eine Einhaltung des PM10-Kurzzeitbelastungswertes zu erwarten. Im südlichen Bereich der Grabenstraße werden aufgrund der dichten Randbebauung höhere PM10-Belastungen berechnet, die bei allen betrachteten Varianten über dem genannten Schwellenwert liegen.

Gegenüber dem Referenzzustand weisen die Rußbelastungen mit der Maßnahme M1 ca. 93 % bis 95 %, mit dem Westanschluss im Jahr 2007 ca. 85 % bis 89 %, mit dem Westanschluss und M1 ca. 79% bis 85 %, im Nullfall 2012 (inklusive Westanschluss) ca. 80 % bis 86 % und mit der Maßnahme M2 (inklusive Westanschluss) ca. 76 % bis 83 % der Gesamtbelastungen auf. Der motorbedingte Anteil der Rußpartikelbelastungen wird gegenüber den PM10-Immissionen intensiver durch die Maßnahmen verringert.

Insgesamt ist aus den Ergebnissen der Berechnungen zu schließen, dass der geplante Westanschluss zu deutlichen Verringerungen der verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastungen entlang der innerstädtischen, nord-südlich gerichteten Durchfahrt in Leonberg führen kann. Damit ist diese Maßnahme geeignet, die bestehenden hohen Luftschadstoffbelastungen an der Hauptdurchfahrtsstraße in Leonberg zu verringern. Im nördlichen Abschnitt der Grabenstraße ist die Einhaltung des Grenzwertes der PM10-Kurzzeitbelastung zu erwarten, wobei die genannten Maßnahmen zu verringerten PM10-Belastungen führen.

2 AUFGABENSTELLUNG

Für den Entwurf des Luftreinhalteplans für den Regierungsbezirk Stuttgart, Teilplan Leonberg (Stand August 2005), wurde eine Maßnahmenliste in Abstimmung mit Fachgremien erarbeitet, für die teilweise qualitative Einschätzungen der immissionsseitigen Auswirkungen vorliegen. Aktuelle Messdaten führten dazu, einen kombinierten Luftreinhalte-/Aktionsplan aufzustellen. Für folgende verkehrliche Maßnahmen sind immissionsseitige Berechnungen der zu erwartenden Minderungen der Immissionen durchzuführen.

- M1** Ganzjähriges Fahrverbot im Stadtgebiet von Leonberg ab dem 01.07.2007 für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppe 1 nach der Kennzeichnungsverordnung

- M2** Ganzjähriges Fahrverbot im Stadtgebiet von Leonberg ab dem 01.01.2012 für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppen 1 und 2 nach der Kennzeichnungsverordnung

- M13** Westanschluss Leonberg an die A 8

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Maßnahmen M1 und M2 gegenüber dem Entwurf des Luftreinhalteplans für Leonberg (Stand August 2005) entsprechend dem aktuell vorliegenden Entwurf der Kennzeichnungsverordnung abgeändert wurden. Die Bundesregierung hat im Februar 2006 den Entwurf einer Kennzeichnungsverordnung vorgelegt, die über die Ausgabe von Plaketten die Kfz hinsichtlich dem Schadstoffausstoß kennzeichnet.

Für die Hauptverkehrsstraßen in Leonberg werden die Auswirkungen der oben genannten Maßnahmen auf die Immissionen berechnet. Aus den verfügbaren Verkehrsdaten des Straßennetzes von Leonberg und Umgebung werden unter Berücksichtigung der aktuellen Emissionsdatenbank des UBA (Auspuffemissionen), d.h. HBEFA – Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 2.1 und mit den neuesten Erkenntnissen bezüglich Anteilen von Abrieb und Aufwirbelung an PM10 die Änderungen der Emissionen und darauf basierend der Immissionen gegenüber dem Referenzfall aufgezeigt.

Betrachtet werden die Schadstoffe NO₂ und PM10 und ergänzend auch die Rußbelastungen.

3 EINGANGSDATEN UND EMISSIONSFAKTOREN

Für die immissionsseitige Berechnung der Auswirkungen der Maßnahmen werden basierend auf den Verkehrsbelegungsdaten die auf den einzelnen Abschnitten freigesetzten Emissionen bestimmt und der Ausbreitungsrechnung zugeführt.

3.1 Lagedaten

Die Stadt Leonberg liegt im westlichen Bereich des Ballungsgebietes der Region Stuttgart im Übergangsbereich des Glemswaldes zum Strohgäu. Der überwiegende Bereich der Siedlungsfläche ist in den durch das Glemstal geprägten niederen Bereichen gelegen. Das Relief steigt nach Nordosten zum Engelberg und zur Gerlinger Heide an. Das Stadtgebiet wird von der Bundesstraße B 295 in nord-südlicher Richtung durchquert. Überregionale Verkehrsströme verlaufen über die Autobahnen A 8 und A 81, die das Stadtgebiet von Leonberg im Süden und Osten tangieren bzw. durchfahren.

Die Lage des Betrachtungsgebietes mit dem Stadtgebiet von Leonberg ist in **Abb. 3.1** aufgezeigt. In den Plan ist auch die Lage des bestehenden Engelbergtunnels im Zuge der A 81 eingetragen.

3.2 Verkehr

Für die Betrachtungen der verkehrsbedingten Maßnahmen zum Luftreinhalte-/Aktionsplan Leonberg wurden durch den Auftraggeber Verkehrsdaten zur Verfügung gestellt. Das sind für das Plangebiet mit direkter Umgebung Angaben der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV) und des LKW-Anteils. Die Verkehrsbelegungsdaten basieren für den derzeitigen Zustand auf aktuellen Ergebnissen von Verkehrszählungen an der Grabenstraße und für das gesamte Straßennetz aus verschiedenen Verkehrsgutachten. Diese Verkehrsdaten wurden durch das Regierungspräsidium Stuttgart zusammengefasst und für die beiden Bezugsjahre 2008 und 2012 und unter Berücksichtigung des geplanten Westanschlusses an die A 8 aufbereitet.

Die Verkehrsbelegungsdaten für den Nullfall ohne Maßnahmen und die Maßnahmen mit geplantem Westanschluss sind in **Abb. 3.2** bis **Abb. 3.4** aufgezeigt. Die Verkehrsstärke im Tunnel ist gestrichelt eingetragen.

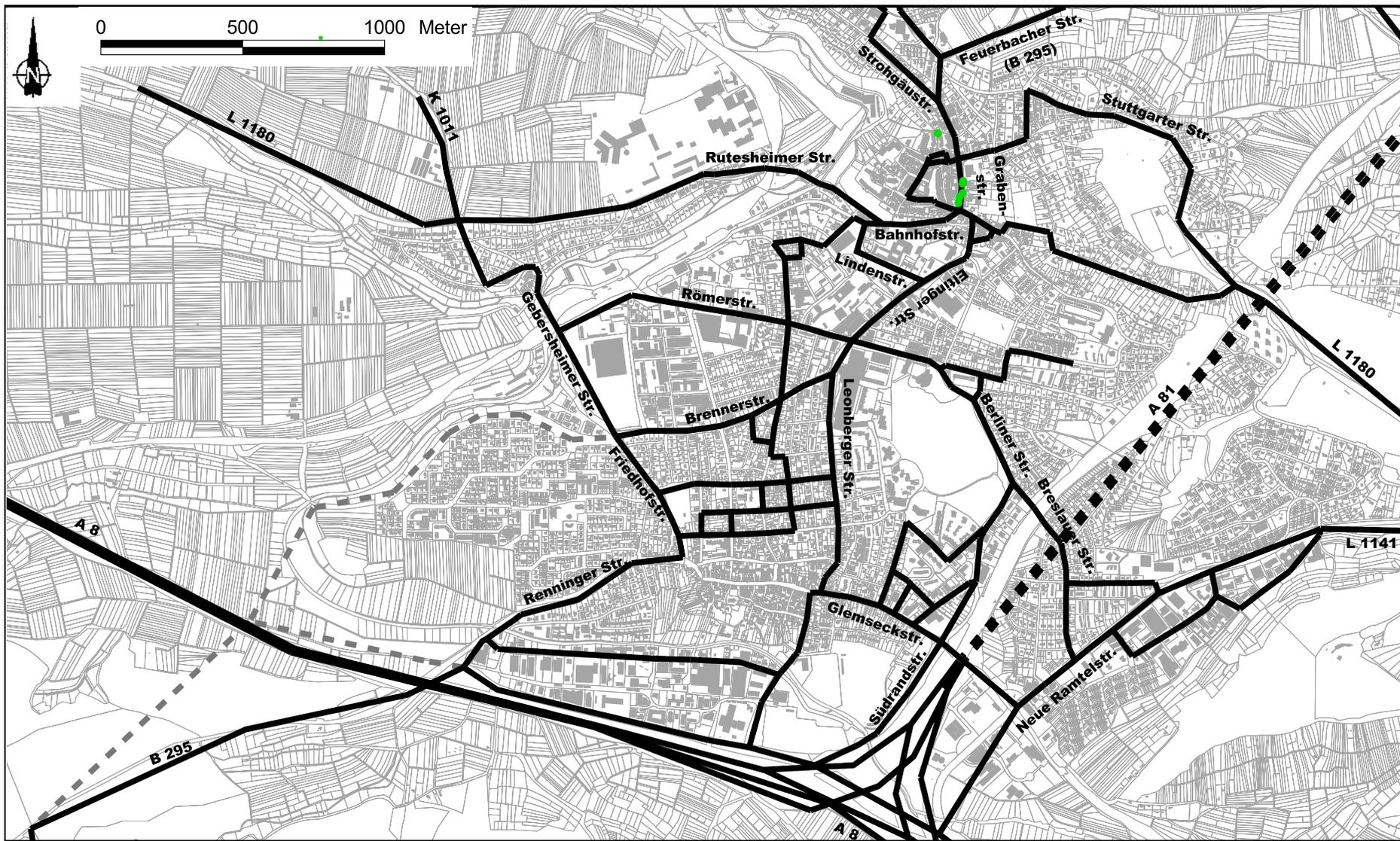


Abb. 3.1: Lageplan des Untersuchungsgebietes mit Standorten der Messtationen.
Die bestehenden Straßen sind schwarz, der bestehende Engelbergtunnel im Zuge der A 81 schwarz gestrichelt und geplante Straßen grau gestrichelt eingezeichnet.
Die Messpunkte sind durch grüne Punkte dargestellt



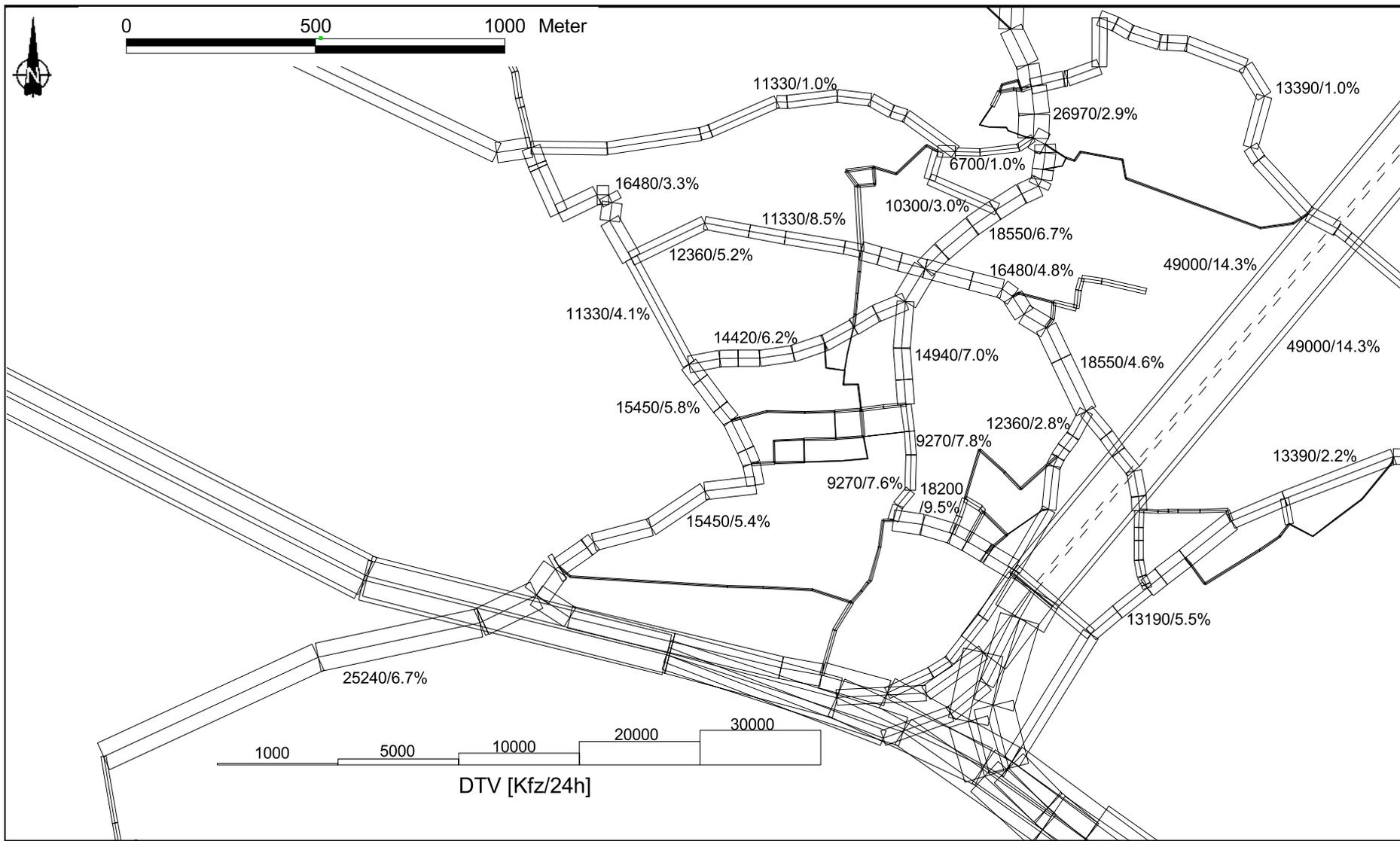
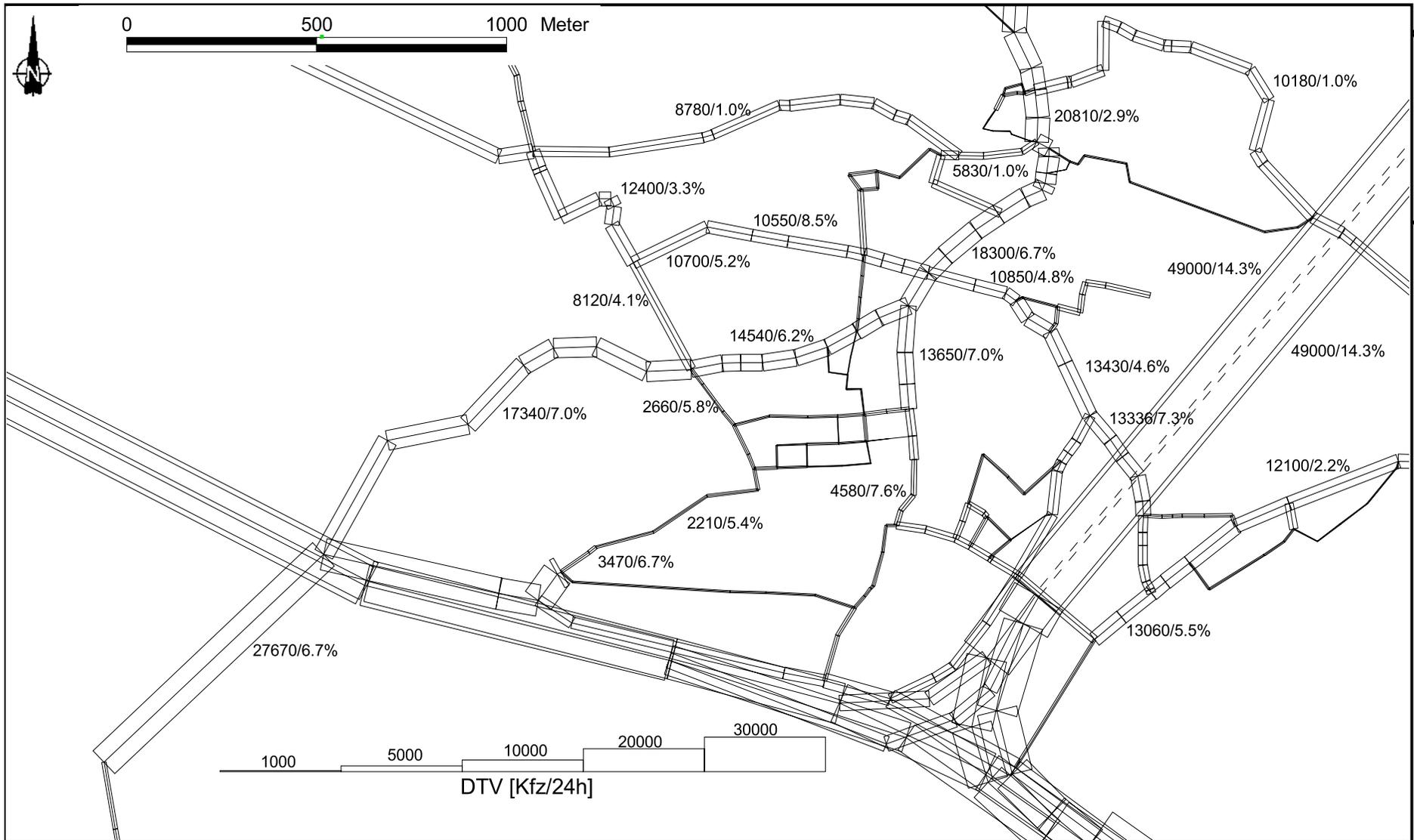


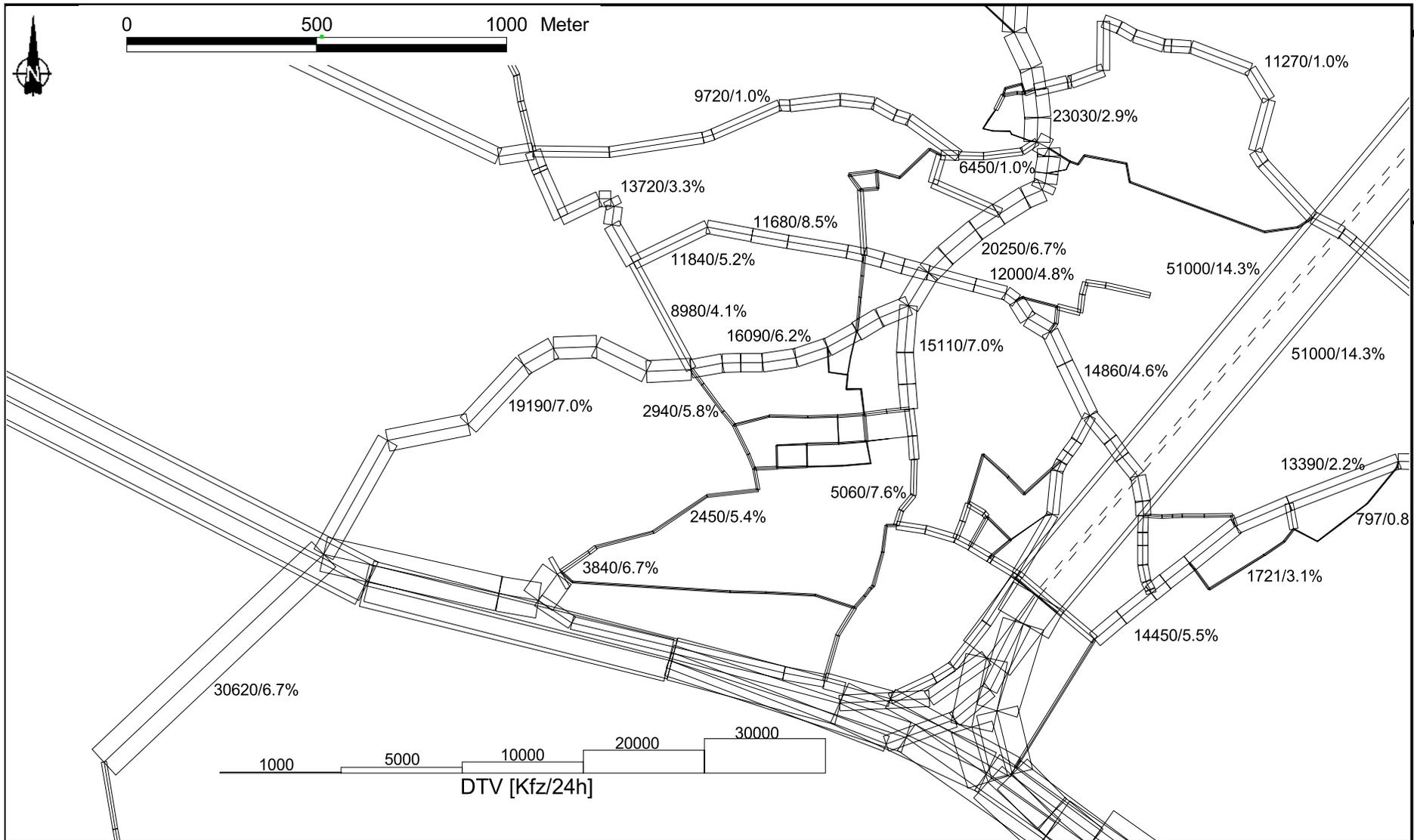
Abb. 3.2: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [Kfz/24h] und LKW-Anteil [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Nullfall



Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG



Abb. 3.3: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [Kfz/24h] und LKW-Anteil [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet mit geplantem Westanschluss



Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG



Abb. 3.4: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [Kfz/24h] und LKW-Anteil [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet mit geplantem Westanschluss im Jahr 2012

Die oben erwähnten Verkehrsdaten für den derzeitigen Zustand werden nur zur Kontrolle verwendet, d.h. mit den Verkehrsdaten und den berechneten Emissionen für das Jahr 2005 werden die Immissionen an den Standorten der Messstationen berechnet und mit den Messdaten verglichen.

Alle betrachteten Maßnahmen und Nullfälle basieren auf den prognostizierten Verkehrsbelegungsdaten, d.h. gegenüber dem derzeitigen Zustand wird eine allgemeine Erhöhung der Verkehrsstärken berücksichtigt. Der Prognosehorizont der Verkehrsbetrachtungen wird mit 2008 und 2012 angegeben, diese Daten werden hier für die Bezugsjahre 2007 und 2012 angesetzt. Die beiden Nullfälle werden als Vergleichszustände angesehen und dienen dem relativen Vergleich zur Beschreibung der Wirkung der Maßnahmen.

Die Maßnahmen **M1** - Ganzjähriges Fahrverbot im Stadtgebiet von Leonberg ab dem 01.07.2007 für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppe 1 nach der Kennzeichnungsverordnung- und **M2** – Ganzjähriges Fahrverbot im Stadtgebiet von Leonberg ab dem 01.01.2012 für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppen 1 und 2 nach der Kennzeichnungsverordnung – werden auf der Grundlage der Verkehrsdaten des jeweiligen Nullfalles berechnet. Dabei wird in dieser Untersuchung davon ausgegangen, dass mit den Maßnahmen M1 und M2 die Anzahl der Fahrten nicht verändert wird, sondern nur die Fahrzeugflotte variiert.

Für die Maßnahme Westanschluss an die A 8 wird die Inbetriebnahme des geplanten und derzeit in Bau befindlichen Westanschlusses mit dessen Auswirkungen auf den innerstädtischen Verkehr berücksichtigt.

Für den Standort der SPOT-Messstation in der Grabenstraße in Leonberg sind die Verkehrsbelegungsdaten ausgedrückt als Anzahl der Fahrzeuge pro Tag in **Abb. 3.5** (oben) aufgezeigt. Die Angabe der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke (DTV) beinhaltet alle Kfz; ergänzend ist die durchschnittliche tägliche Anzahl der LKW-Fahrten aufgeführt. In **Abb. 3.5** (unten) ist die relative Änderung bezogen auf den jeweiligen Nullfall aufgeführt, um die Auswirkungen der Maßnahmen aufzuzeigen. Die Maßnahme Westanschluss führt entsprechend den Angaben der Verkehrsuntersuchung an der innerstädtischen Grabenstraße in Leonberg gegenüber dem Nullfall im Jahr 2007 zu einer deutlichen Verringerung der Kfz-Fahrten auf ca. 77 %. Im Bezugsjahr 2012 wird der Westanschluss für den Nullfall und die Maßnahme M2 berücksichtigt; aufgrund des angesetzten allgemeinen Verkehrszuwachses sind gegenüber dem Nullfall 2007 an der Grabenstraße ca. 85 % der Fahrten zu erwarten.

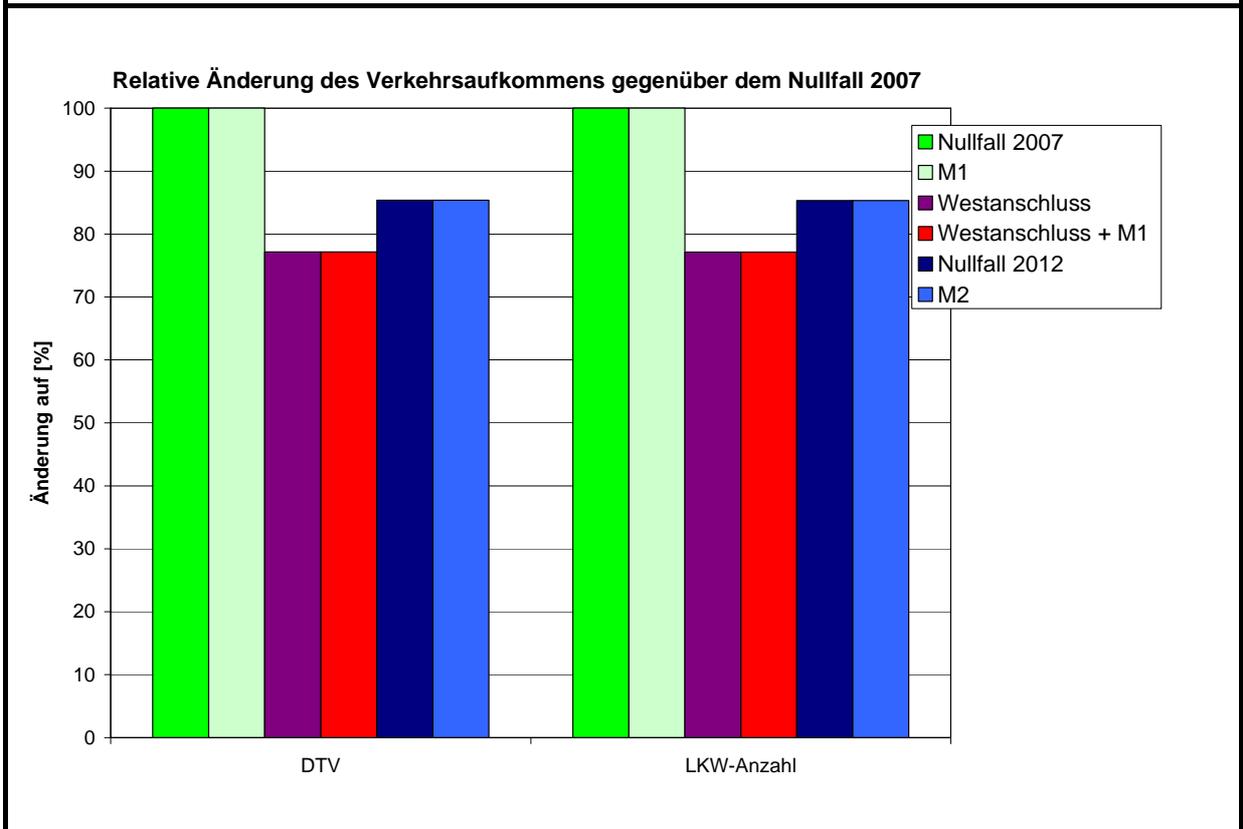
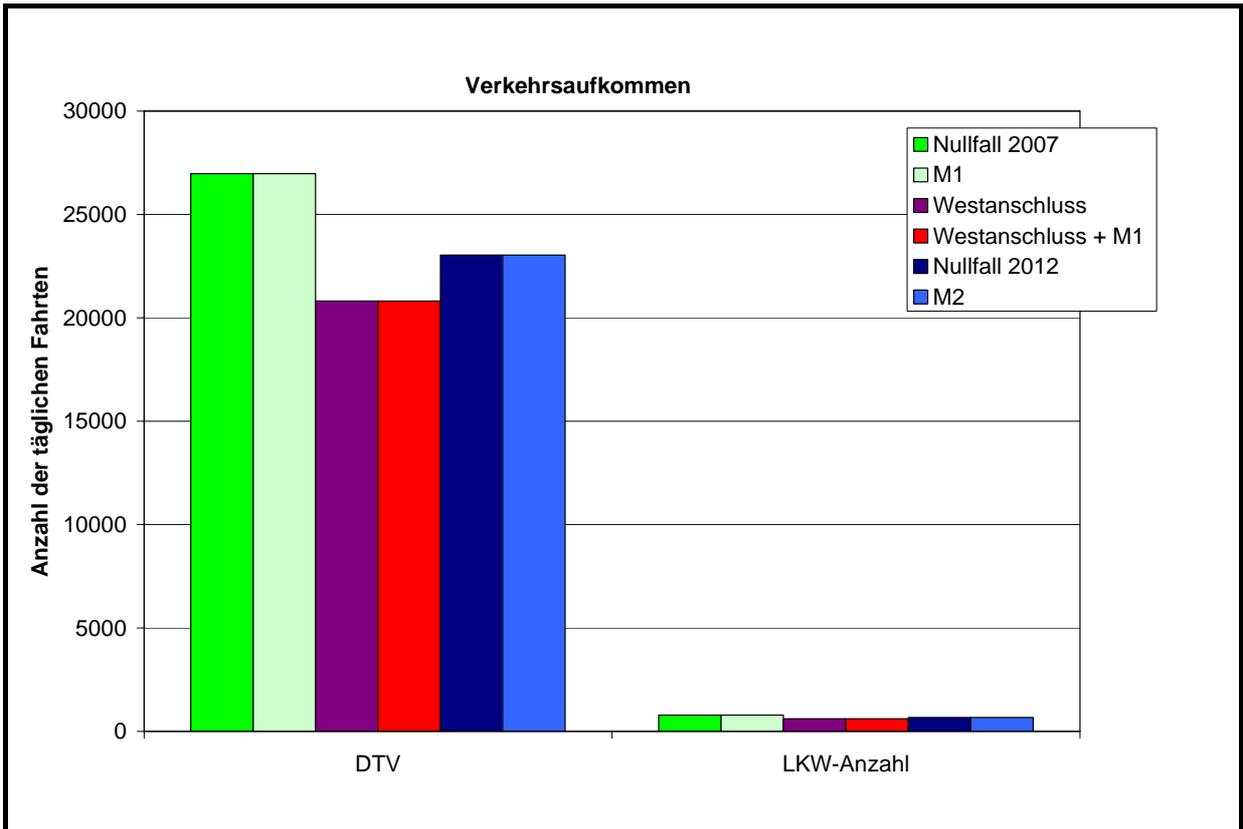


Abb. 3.5: Verkehrsbelegung an der Grabenstraße in Leonberg für die betrachteten Maßnahmen und Fälle
 oben: Anzahl der täglichen Fahrten
 unten: Relative Änderung gegenüber dem Nullfall 2007

3.3 Fahrzeugflotte

Die Zusammensetzungen der dynamischen Fahrzeugflotten, d.h. die Zusammensetzung der auf den Straßen verkehrenden Fahrzeuge, sind dem HBEFA für die zu betrachtenden Bezugsjahre 2007 und 2012 entnommen und für den innerörtlichen Bereich in **Abb. 3.6** aufgezeigt. Dabei ist zu beachten, dass die dynamische Fahrzeugflotte nicht direkt vergleichbar ist mit den Bestandszahlen für eine Region, die die statische Flottenzusammensetzung basierend auf den Zulassungszahlen angibt. Für Baden-Württemberg wurden durch das Regierungspräsidium Stuttgart Bestandszahlen für die Jahre 2005, 2007 und 2012 zur Verfügung gestellt, die verglichen mit den dynamischen Fahrzeugflotten im HBEFA für innerörtliche Bereiche sehr geringe Abweichungen aufweisen. Dementsprechend werden die Emissionsberechnungen auf der Grundlage der Daten und Flottenzusammensetzungen des HBEFA durchgeführt.

Der Anteil der dieselbetriebenen PKW-Fahrten umfasst im Jahr 2005 ca. 26.2 %, im Jahr 2007 ca. 29.7 % und im Jahr 2012 ca. 38.1 %; der Anteil der dieselbetriebenen leichten Nutzfahrzeugfahrten umfasst im Jahr 2005 ca. 85.8 %, im Jahr 2007 ca. 86.8 % und im Jahr 2012 ca. 88 %; bei den Bussen und schweren Nutzfahrzeugen setzen sich die Fahrten ausschließlich aus dieselbetriebenen zusammen.

Für die Maßnahmen **M1** und **M2** werden die in der Datengrundlage (HBEFA) beschriebenen Zusammensetzungen der Fahrzeugflotten verändert, indem die vom Fahrverbot betroffenen Fahrzeugarten aus der Fahrzeugflotte ausgeschlossen werden. In **Abb. 3.7** sind die prozentualen Anteile der Fahrten im Innerortsverkehr aufgezeigt, die von dem Fahrverbot betroffen sind.

Von den PKW-Fahrten sind im Jahr 2007 durch die Maßnahme **M1** ca. 2.1 % der Fahrten vom Fahrverbot betroffen, die sich zu ca. 0.5 % der Fahrten mit Ottomotoren und zu ca. 1.6 % der Fahrten mit Dieselmotoren zusammensetzen. Der Wirtschaftsverkehr wird überwiegend mit dieselbetriebenen Kfz durchgeführt; durch das Fahrverbot sind ca. 14.6 % der Lieferwagenfahrten und ca. 13.5 % der LKW-Fahrten betroffen. Für die rechnerische Umsetzung der Maßnahme wird berücksichtigt, dass im Wirtschaftsverkehr nur notwendige Fahrten durchgeführt werden und deshalb eine vollständige Verlagerung der Fahrten auf Fahrzeuge erfolgt, die nicht vom Fahrverbot betroffen sind. Damit ist eine Änderung der Zusammensetzung der Fahrzeugflotte des Wirtschaftsverkehrs verbunden. Bei den PKW-

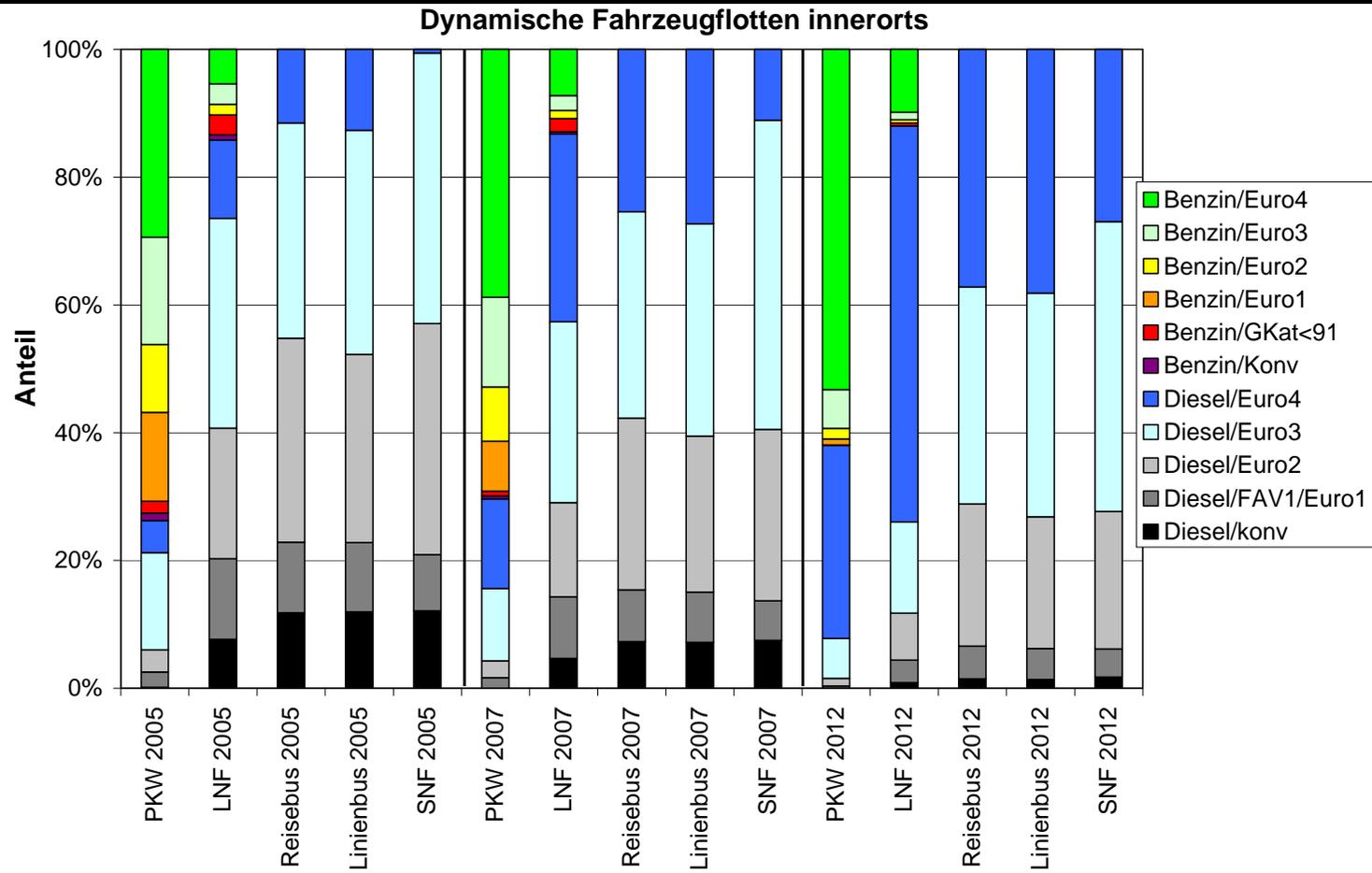


Abb. 3.6: Zusammensetzung der dynamischen Kfz-Flotte für die Jahre 2005, 2007 und 2012 entsprechend HBEFA, unterteilt nach PKW, leichte Nutzfahrzeuge (LNF), Reisebusse, Linienbusse und schwere Nutzfahrzeuge (SNF)

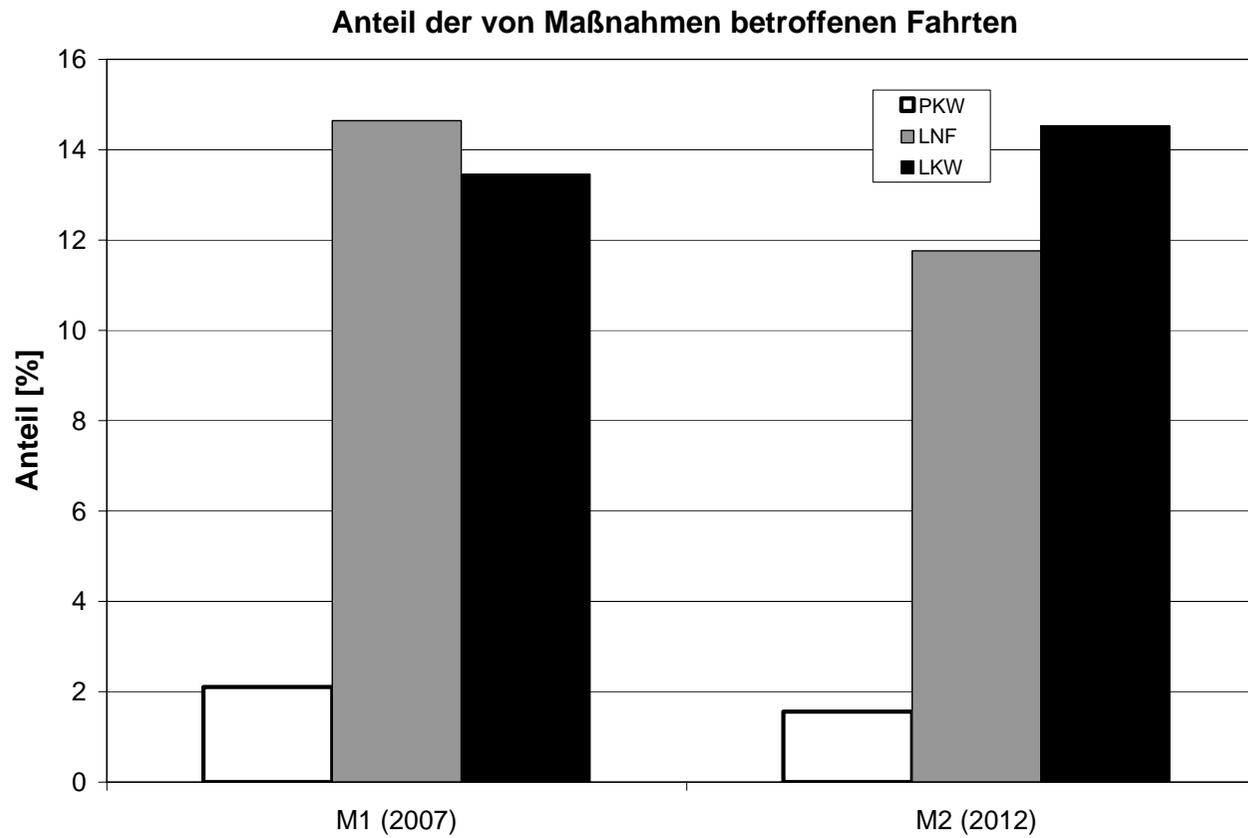


Abb. 3.7: Anteil der von den Fahrverboten der Maßnahmen M1 und M2 betroffenen Fahrten getrennt für PKW, Lieferwagen (LNF) und LKW

Fahrten ist nur ein kleiner Anteil der Fahrten vom Fahrverbot betroffen. Hier kann angenommen werden, dass diese Fahrten zum Teil durch Fahrten mit Fahrzeugen ersetzt werden, die nicht vom Fahrverbot betroffen sind oder ganz entfallen. Aufgrund des geringen Anteils der möglicherweise entfallenden Fahrten wurde keine erneute Verkehrsumlegung durchgeführt. Für den PKW-Verkehr wird ebenfalls rechnerisch eine Änderung der Fahrzeugflotte durchgeführt.

Von den PKW-Fahrten sind im Jahr 2012 durch die Maßnahme **M2** ca. 1.6 % der Fahrten vom Fahrverbot betroffen, die sich zu unter 0.1 % der Fahrten mit Ottomotoren und zu unter 1.6 % der Fahrten mit Dieselmotoren zusammensetzen. Der Wirtschaftsverkehr wird überwiegend mit dieselbetriebenen Kfz durchgeführt; durch das Fahrverbot sind ca. 11.8 % der Lieferwagenfahrten und ca. 14.5 % der LKW-Fahrten betroffen. Für die rechnerische Umsetzung der Maßnahme wird berücksichtigt, dass im Wirtschaftsverkehr nur notwendige Fahrten durchgeführt werden und deshalb eine vollständige Verlagerung der Fahrten auf Fahrzeuge erfolgt, die nicht vom Fahrverbot betroffen sind. Damit ist eine Änderung der Zusammensetzung der Fahrzeugflotte des Wirtschaftsverkehrs verbunden. Bei den PKW-Fahrten ist nur ein kleiner Anteil der Fahrten vom Fahrverbot betroffen. Hier kann angenommen werden, dass diese Fahrten zum Teil durch Fahrten mit Fahrzeugen ersetzt werden, die nicht vom Fahrverbot betroffen sind oder ganz entfallen. Aufgrund des geringen Anteils der möglicherweise entfallenden Fahrten wurde keine erneute Verkehrsumlegung durchgeführt. Für den PKW-Verkehr wird ebenfalls rechnerisch eine Änderung der Fahrzeugflotte durchgeführt.

3.4 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“ (Reifenantrieb, Staubaufwirbelung etc.) Emissionsfaktoren zusammen. Die Ermittlung der motorbedingten Emissionen erfolgt entsprechend der VDI-Richtlinie „Kfz-Emissionsbestimmung“ (VDI, 2003).

Im Folgenden werden Grundlagen der „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ Emissionsfaktoren beschrieben, dann erfolgt die Anwendung für Leonberg im Zusammenhang mit möglichen Emissionsminderungen.

3.4.1 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
- 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 Längsneigungen der Straßen sind den Lagedaten entnommen, der Kaltstarteinfluss innerorts für PKW wird entsprechend HBEFA angesetzt, der Kaltstarteinfluss für LKW wird aus UBA (1995) entnommen.

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.

3.4.2 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) beschriebene Vorgehensweise angesetzt. Es werden zur Berechnung der Emissionen für die Summe aus Reifen-, Brems-, Kupplungs- und Straßenabrieb sowie Wiederaufwirbelung von eingetragenem Straßenstaub die in **Tab. 3.1** und **Tab. 3.2** exemplarisch für die innerörtlichen Verkehrssituationen im Zuge der B 295 in Leonberg aufgeführten Emissionsfaktoren verwendet.

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

3.4.3 Emissionsfaktoren mit möglichen technischen Minderungen

Für die Maßnahmen **M1** und **M2** werden für die Bezugsjahre 2007 und 2012 die Emissionsfaktoren geändert, indem die Fahrzeugflottenzusammensetzung variiert wird. Dabei wurden die Anteile der Fahrten herausgenommen, die vom jeweiligen Fahrverbot betroffen sind. Die entfallenen Fahrten werden anteilmäßig auf die restlichen Fahrten entsprechend der

bestehenden Verteilung auf die Fahrzeugkonzepte verteilt. Damit wird die Fahrzeugflotte erneuert; durch die anteilmäßige Aufteilung entsprechend der vorliegenden Verteilung wird berücksichtigt, dass auch gebrauchte Fahrzeuge die entfallenen ersetzen, also nicht immer die neuste verfügbare Technik eingesetzt wird.

Verkehrssituation (Kürzel)	Geschwindigkeit [km/h]	Spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] für das Bezugsjahr 2007							
		NO _x		Partikel (nur Abgas)		Partikel (nur Abrieb und Aufwirb.)		Ruß	
		PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW
HVS3	39.1	0.296	7.451	0.0097	0.2095	0.04	0.38	0.0118	0.1158
HVS4	32.0	0.311	8.986	0.0100	0.2820	0.05	0.45	0.0120	0.1448
HVS4_2	32.0	0.299	9.217	0.0105	0.2806	0.05	0.45	0.0123	0.1443
HVS4_4	32.0	0.364	9.898	0.0127	0.2873	0.05	0.45	0.0136	0.1469
HVS4_6	32.0	0.373	11.038	0.0155	0.3158	0.05	0.45	0.0153	0.1583
LSA2	28.0	0.325	9.076	0.0106	0.3008	0.05	0.45	0.0123	0.1523
LSA2_2	28.0	0.313	9.341	0.0110	0.3003	0.05	0.45	0.0126	0.1521
LSA3_6S	20.2	0.491	12.940	0.0182	0.4207	0.05	0.45	0.0169	0.2003
M1-HVS3	39.1	0.283	7.369	0.0085	0.1725	0.04	0.38	0.0111	0.1010
M1-HVS4	32.0	0.298	8.908	0.0090	0.2297	0.05	0.45	0.0114	0.1239
M1-HVS4_2	32.0	0.286	9.127	0.0094	0.2290	0.05	0.45	0.0116	0.1236
M1-HVS4_4	32.0	0.349	9.760	0.0113	0.2346	0.05	0.45	0.0128	0.1258
M1-HVS4_6	32.0	0.357	10.841	0.0137	0.2586	0.05	0.45	0.0142	0.1354
M1-LSA2	28.0	0.311	9.011	0.0093	0.2432	0.05	0.45	0.0116	0.1293
M1-LSA2_2	28.0	0.298	9.263	0.0097	0.2437	0.05	0.45	0.0118	0.1295
M1-LSA3_6S	20.2	0.475	12.844	0.0158	0.3392	0.05	0.45	0.0155	0.1677

Tab. 3.1: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz an der innerstädtischen Stadtdurchfahrt von Leonberg im Zuge der B 295 für das Bezugsjahr 2007 nach HBEFA und für die Maßnahme M1

Die in der innerstädtischen Stadtdurchfahrt von Leonberg im Zuge der B 295 und an den Messstationen angesetzten Verkehrssituationen sowie die Längsneigungen der betrachteten Straßen (falls ungleich Null durch Unterstrich von den Verkehrssituationen getrennt) sind in **Tab. 3.1** und **Tab. 3.2** aufgeführt, klassifiziert wie im HBEFA (UBA, 2004) für Längsneigungsklassen in 2 %-Stufen. In diesen Tabellen ist ein Überblick über die zu diesen Verkehrssituationen gehörenden Emissionsfaktoren in den zu betrachtenden Bezugsjahren gegeben.

Verkehrssituation (Kürzel)	Geschwindigkeit [km/h]	Spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] für das Bezugsjahr 2012							
		NO _x		Partikel (nur Abgas)		Partikel (nur Abrieb und Aufwirb.)		Ruß	
		PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW
HVS3	39.1	0.227	5.059	0.0085	0.1139	0.04	0.38	0.0111	0.0776
HVS4	32.0	0.239	6.116	0.0090	0.1515	0.05	0.45	0.0114	0.0926
HVS4_2	32.0	0.235	6.249	0.0094	0.1511	0.05	0.45	0.0116	0.0924
HVS4_4	32.0	0.286	6.633	0.0112	0.1536	0.05	0.45	0.0127	0.0934
HVS4_6	32.0	0.294	7.293	0.0137	0.1659	0.05	0.45	0.0142	0.0984
LSA2	28.0	0.249	6.200	0.0092	0.1598	0.05	0.45	0.0115	0.0959
LSA2_2	28.0	0.244	6.357	0.0096	0.1603	0.05	0.45	0.0118	0.0961
LSA3_6S	20.2	0.407	8.820	0.0157	0.2218	0.05	0.45	0.0154	0.1207
M2-HVS3	39.1	0.219	4.625	0.0077	0.1007	0.04	0.38	0.0106	0.0723
M2-HVS4	32.0	0.231	5.602	0.0081	0.1339	0.05	0.45	0.0109	0.0856
M2-HVS4_2	32.0	0.227	5.719	0.0085	0.1334	0.05	0.45	0.0111	0.0854
M2-HVS4_4	32.0	0.276	6.046	0.0102	0.1342	0.05	0.45	0.0121	0.0857
M2-HVS4_6	32.0	0.284	6.616	0.0124	0.1437	0.05	0.45	0.0134	0.0895
M2-LSA2	28.0	0.240	5.688	0.0083	0.1404	0.05	0.45	0.0110	0.0882
M2-LSA2_2	28.0	0.235	5.827	0.0087	0.1409	0.05	0.45	0.0112	0.0884
M2-LSA3_6S	20.2	0.393	8.122	0.0140	0.1934	0.05	0.45	0.0144	0.1094

Tab. 3.2: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz an der innerstädtischen Stadtdurchfahrt von Leonberg im Zuge der B 295 für das Bezugsjahr 2012 nach HBEFA und für die Maßnahme M2

3.5 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.

Für das Stadtgebiet von Leonberg liegen Windmessdaten vor, die im Rahmen der klimaökologischen Analyse (Ökoplana, 1993) erhoben wurden. Mehrjährige Messreihen für die Jahre 1989 bis 1992 liegen für die über dem Stadtgebiet gelegene Station „Engelberg“ und die städtische Station „Feuerwehr“ in der Stadtverwaltung Leonberg vor.

Die Station „Feuerwehr“ liegt innerhalb des Stadtgebietes von Leonberg am Rand des Stadtparks und ca. 600 m südlich des Plangebietes. Die Windrose ist in **Abb. 3.8** (oben) dargestellt. Die Hauptwindrichtung wird durch südwestliche bis südliche Winde geprägt, als häufige Nebenwindrichtungen wurden nordöstliche sowie nordwestliche Winde erfasst. Die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit beträgt für den gesamten Erfassungszeitraum ca. 2.7 m/s.

Im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) werden zur Zeit synthetische Windrosen im 500 m Raster für Baden-Württemberg berechnet und in das Expertensystem Windstatistik eingegliedert. In der Version WSExpert 1.3 ist auch der Bereich von Leonberg enthalten, für den Windstatistiken vorliegen. Für den Standort „Feuerwehr“ in Leonberg ist diese Windrose in **Abb. 3.8** (unten) aufgezeigt und zeigt eine gute Übereinstimmung mit den Messdaten. Die Hauptwindrichtung wird durch südwestliche bis südliche Winde geprägt, als häufige Nebenwindrichtungen sind nordöstliche bis nördliche Winde ermittelt. Die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit wird unter Berücksichtigung der städtischen Bebauung mit ca. 2. m/s angegeben.

Weiterhin liegt für den Standort „Grabenstraße“ eine synthetische Windstatistik vor, die in **Abb. 3.9** aufgezeigt ist. Die Hauptwindrichtung wird durch südwestliche bis südliche Winde geprägt, als häufige Nebenwindrichtungen sind nordöstliche bis nördliche Winde aufgezeigt. Die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit wird unter Berücksichtigung der städtischen Bebauung mit ca. 2.3 m/s angegeben.

Für die Ausbreitungsrechnungen werden die berechneten Winddaten für den Standort Grabenstraße in Leonberg herangezogen und auf eine 10-Grad Einteilung übertragen. Diese Daten werden für die Ausbreitungsrechnung angesetzt, wobei die Ausbreitungsklassen aus den Bewölkungsangaben der Wetterstation Stuttgart-Flughafen abgeleitet werden.

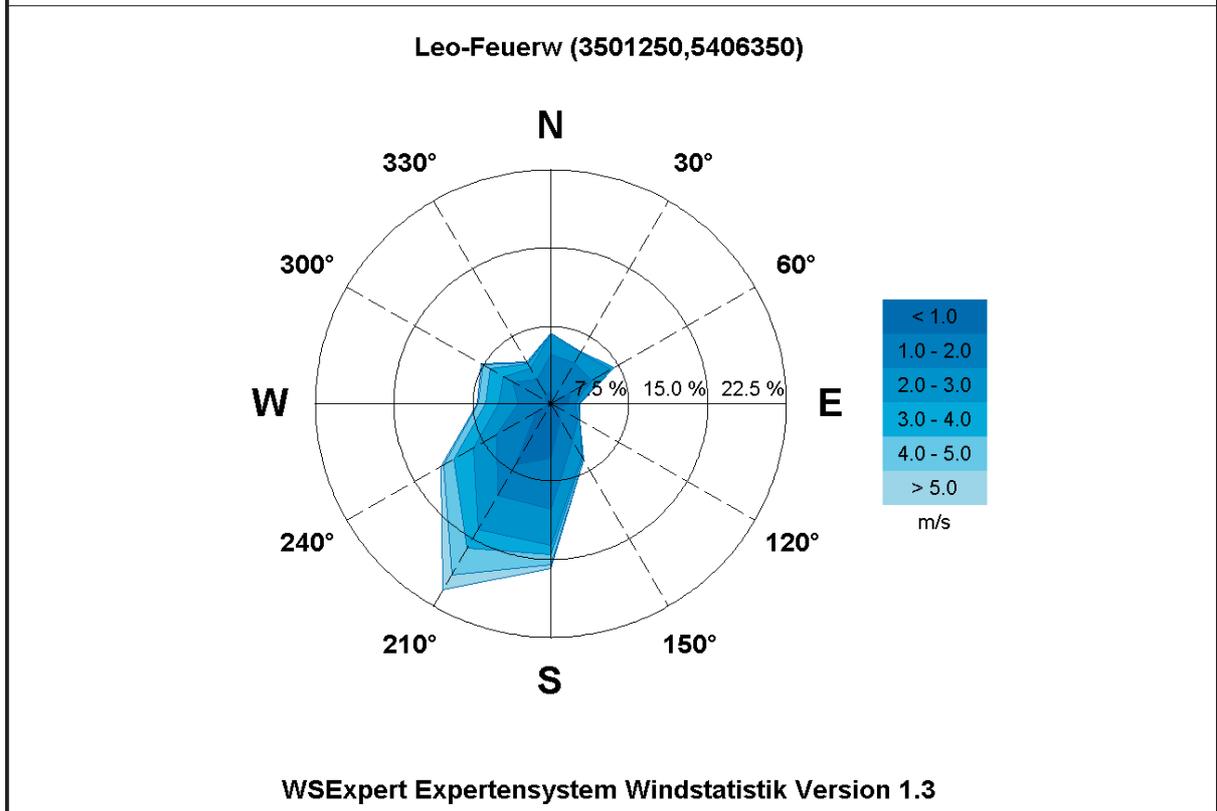
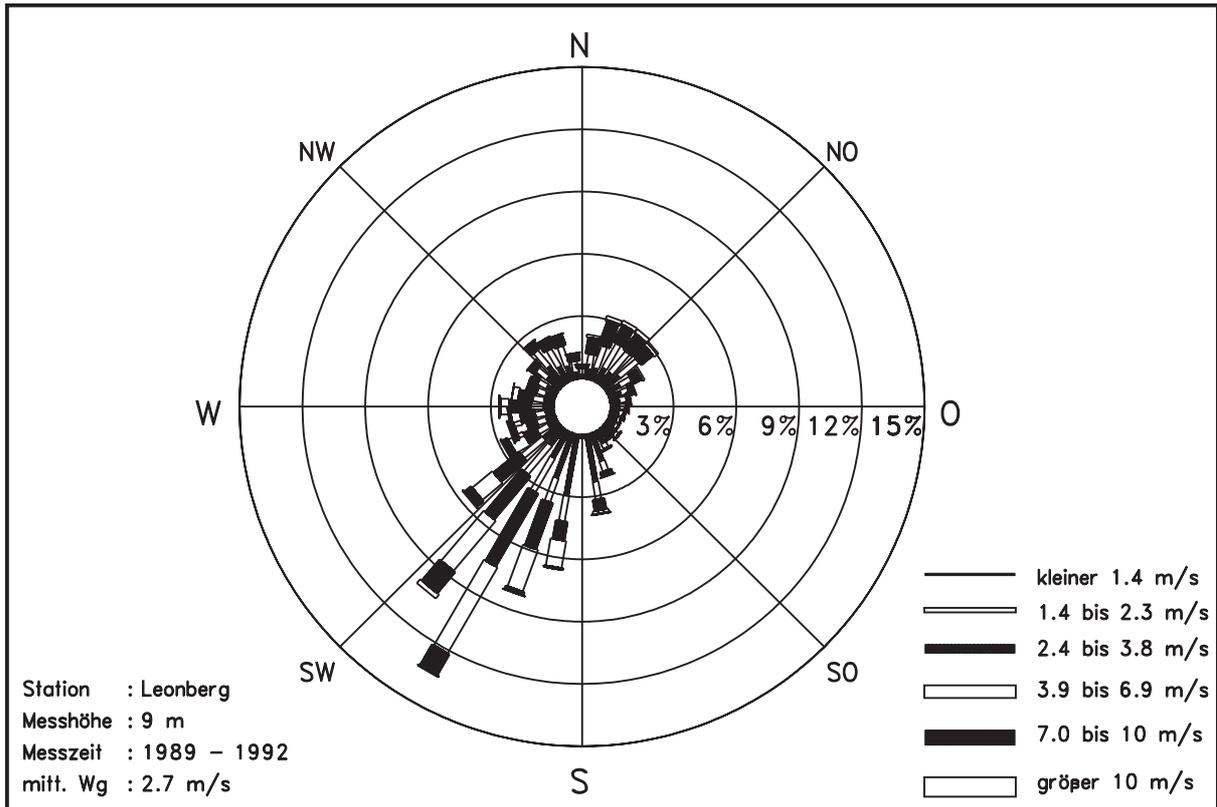


Abb. 3.8: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung an der Station Leonberg-Feuerwehr.
 Oben: Gemessen, Quelle: Ökoplane (1993)
 Unten: synthetisch, Quelle: WSExpert

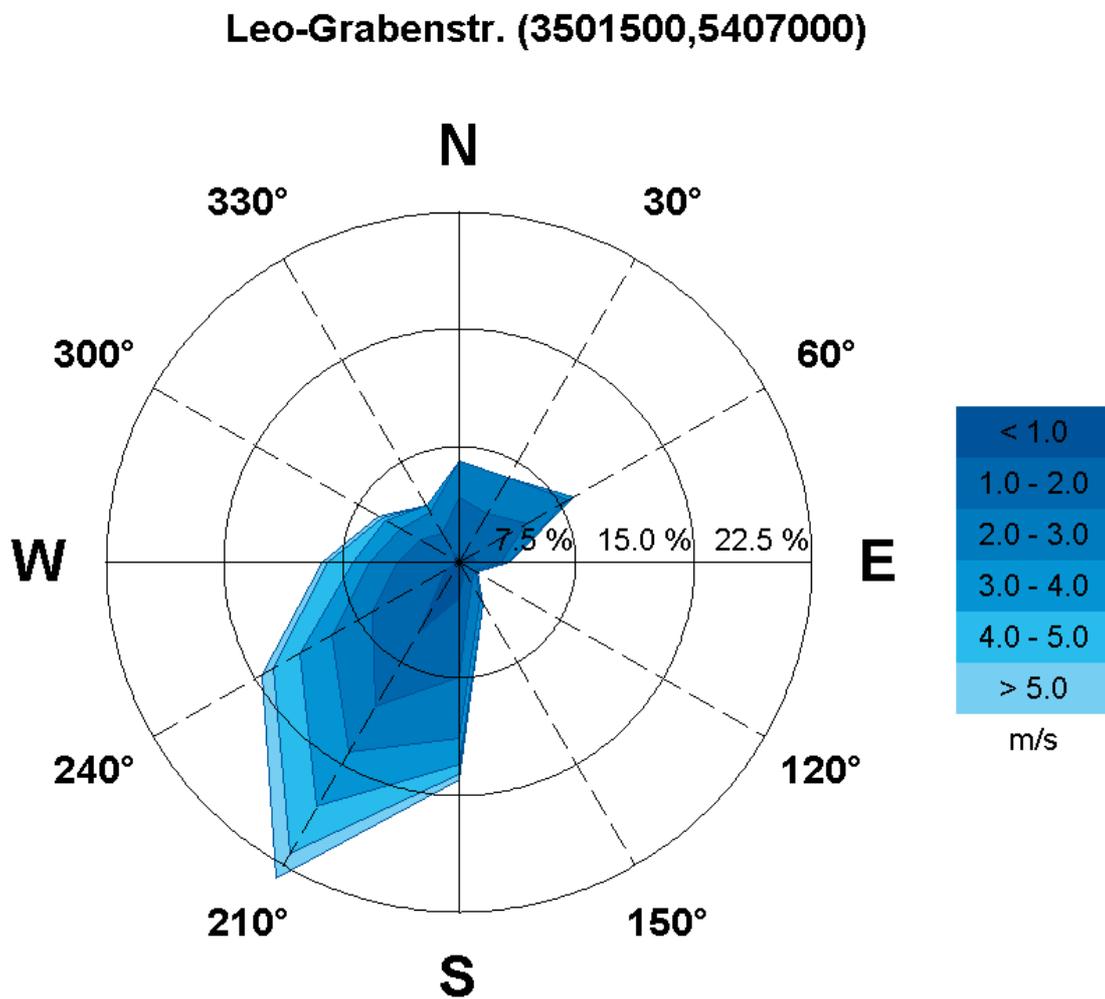


Abb. 3.9: Windstatistik für den Standort Grabenstraße in Leonberg (Quelle: WSExpert, Version 1.3, 2005)

4 AUSWIRKUNGEN DER MASSNAHMEN

4.1 Auswirkungen auf Emissionen der Straßenabschnitte

Basierend auf den o.g. Flotten- und spezifischen Emissionsdaten werden die Emissionen für die Hauptverkehrsstraßen in Leonberg berechnet. Die Darstellung der Berechnungsergebnisse konzentriert sich im Folgenden auf den Straßenabschnitt der Grabenstraße, an dem Immissionsmessdaten der SPOT-Messung vorliegen.

Mit den in Kap. 3 aufgeführten Auswertungen der Emissionsfaktoren durch Modifizierungen der Flotte werden folgend die Emissionen der genannten Streckenabschnitte für die Bezugsjahre 2007 und 2012 jeweils ohne und mit Maßnahmen aufgeführt.

Die berechneten mittleren täglichen Emissionen sind in **Abb. 4.1** (oben) und als relative Darstellungen bezogen auf die Emissionsmodellierung des Referenzzustandes, d.h. den Nullfall im Jahr 2007, in **Abb. 4.1** (unten) aufgezeigt. Bei den Darstellungen sind die Summe aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ Partikelemissionen, Rußemissionen sowie NO_x-Emissionen betrachtet.

Entsprechend der Verkehrsbelegung und dem LKW-Anteil zeigen sich bei den betrachteten Fällen deutliche Variationen der Emissionen. Gegenüber dem Nullfall 2007 nehmen die Emissionen von NO_x und Ruß im Jahr 2012 aufgrund der zeitlichen Entwicklung der Flottenzusammensetzung deutlich ab. Mit der Maßnahme Westanschluss sind deutliche Verringerungen der Emissionen zu erwarten.

Für die NO_x-Emissionen sind in der Grabenstraße gegenüber dem Referenzzustand, d.h. dem Nullfall 2007, mit der Maßnahme M1 ca. 98 %, mit dem Westanschluss im Jahr 2007 ca. 77 %, mit dem Westanschluss und M1 ca. 76%, im Nullfall 2012 (inklusive Westanschluss) ca. 65 % und mit der Maßnahme M2 (inklusive Westanschluss) ca. 62 % der Emissionen zu erwarten. Die Maßnahmen mit dem geplanten Westanschluss an die A 8 führen zu einer deutlichen Verringerung der NO_x-Emissionen an der SPOT-Messstelle und der innerstädtischen nord-südlichen Durchfahrt im Zuge der B 295, während die Maßnahmen entsprechend der Kennzeichnungsverordnung geringere Verringerungen erwarten lassen; ohne Maßnahmen sind im Jahr 2012 allein durch die Flottenumstellungen deutliche Verringerungen der NO_x-Emissionen abgeleitet.

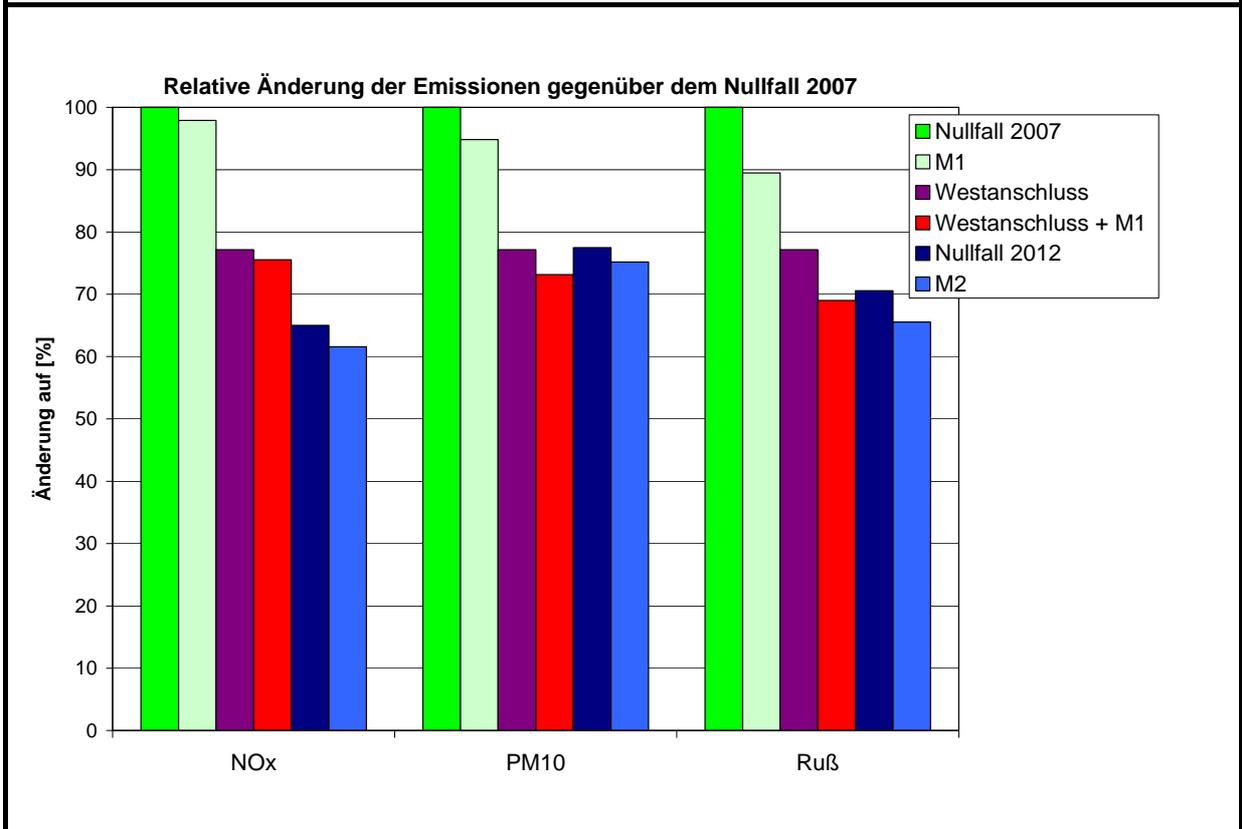
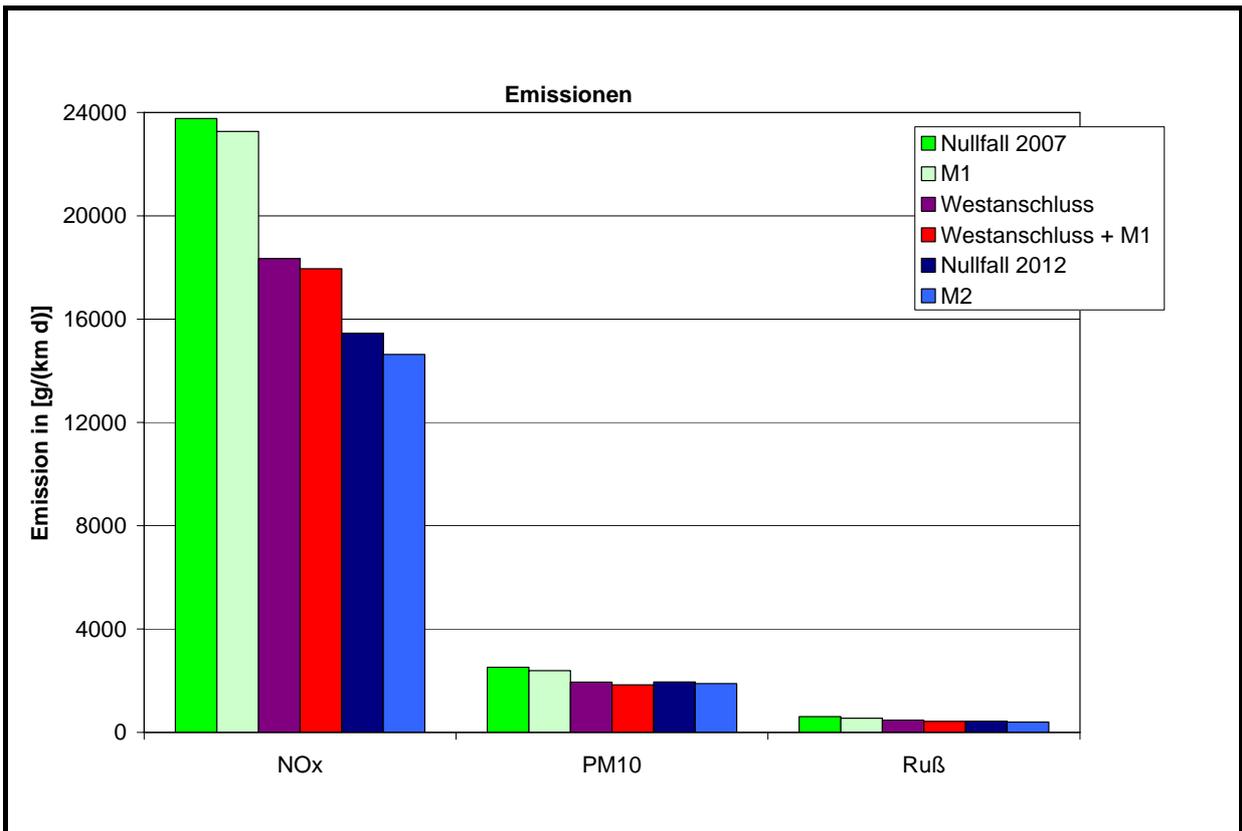


Abb. 4.1: Emissionen an der Grabenstraße in Leonberg für die betrachteten Maßnahmen und Fälle.
 oben: Emission in [g/(km d)]
 unten: Relative Änderung gegenüber dem Nullfall 2007 in %

Die PM10-Emissionen weisen in der Grabenstraße gegenüber dem Referenzzustand, d.h. dem Nullfall 2007, mit der Maßnahme M1 ca. 95 %, mit dem Westanschluss im Jahr 2007 ca. 77 %, mit dem Westanschluss und M1 ca. 73 %, im Nullfall 2012 (inklusive Westanschluss) ca. 78 % und mit der Maßnahme M2 (inklusive Westanschluss) ca. 75 % der Emissionen auf. Die Maßnahmen mit dem geplanten Westanschluss an die A 8 führen zu einer deutlichen Verringerung der PM10-Emissionen an der SPOT-Messstelle und der innerstädtischen nord-südlichen Durchfahrt im Zuge der B 295, während die Maßnahmen entsprechend der Kennzeichnungsverordnung geringe Verringerungen erwarten lassen. Hinsichtlich der Partikelemissionen kompensiert die berücksichtigte allgemeine Verkehrszunahme im Jahr 2012 gegenüber dem Jahr 2007 die Auswirkungen der veränderten Flottenzusammensetzung. Bei den PM10-Emissionen ist zu beachten, dass der nicht motorbedingte Anteil durch die betrachteten Maßnahmen nur dann verringert wird, wenn auch die Verkehrsbelastung verringert wird; die Auswirkungen der Maßnahmen der Fahrverbote entsprechend der Kennzeichnungsverordnung wirken nur hinsichtlich der Verringerung der motorbedingten PM10-Emissionen und werden durch gleich bleibende Anteile der nicht motorbedingten Beiträge abgeschwächt, da auch PKW und leichte Nutzfahrzeuge ohne Dieselmotor zu den Aufwirbelungen beitragen. Die „nicht motorbedingten“ Beiträge der PM10-Belastungen sind überwiegend der gröberen Fraktion zuzuschreiben und damit gegenüber den sehr feinen motorbedingten Partikeln weniger lungengängig.

Zusätzlich werden auch die Rußemissionen betrachtet, da nur ein geringer Anteil dem Reifenabrieb zuzuordnen ist und der überwiegende Emissionsbeitrag des Kfz-Verkehrs durch die Motoremissionen verursacht wird. Die Rußemissionen weisen in dem betrachteten Straßenabschnitt gegenüber dem Referenzzustand, dem Nullfall 2007, mit der Maßnahme M1 ca. 90 %, mit dem Westanschluss im Jahr 2007 ca. 77 %, mit dem Westanschluss und M1 ca. 69 %, im Nullfall 2012 (inklusive Westanschluss) ca. 71 % und mit der Maßnahme M2 (inklusive Westanschluss) ca. 66 % der Emissionen auf. Die Maßnahmen mit dem geplanten Westanschluss an die A 8 führen zu einer deutlichen Verringerung der Rußemissionen an der SPOT-Messstelle und der innerstädtischen nord-südlichen Durchfahrt im Zuge der B 295, während die Maßnahmen entsprechend der Kennzeichnungsverordnung geringere Verringerungen erwarten lassen; ohne Maßnahmen sind im Jahr 2012 allein durch die Flottenumstellungen deutliche Verringerungen der Rußemissionen abgeleitet.

4.2 Auswirkungen auf Immissionen an den Hauptverkehrsstraßen

In den Jahren 2004 und 2005 wurden in Leonberg Messdaten an der innerstädtischen nord-südlichen Durchfahrt im Zuge der B 295, der Grabenstraße, erfasst. **Tab. 4.1** zeigt eine Zusammenstellung der Messdaten in Leonberg für die Straßenmesspunkte an der Grabenstraße und die Messung im Stadtbereich, am Müllergässle in größerem Abstand zu den Hauptverkehrsstraßen. Die Messpunkte MP1 und MP2 liegen am westlichen Straßenrand, wobei M1 vor einem lang gestreckten Gebäuderiegel angeordnet ist und M2 auf einem städtischen Platz steht. Die Messpunkte MP3 und MP4 liegen am östlichen Straßenrand im Nahbereich bestehender Bebauung. Der Messpunkt MP4 unterlag von 2004 zu 2005 einer Änderung der örtlichen Gegebenheiten, da das nächstgelegene Gebäude abgerissen und der Messpunkt etwas verlagert wurde. Damit liegt dieser Messpunkt in einem Bereich der Grabenstraße, in dem die Randbebauung am östlichen Straßenrand zurückgesetzt ist. Der Messpunkt MP5 am Müllergässle weist einen größeren Abstand zur B 295 auf und wird als Hintergrund-Messpunkt bezeichnet.

Im Jahr 2006 wurden bis Anfang Juni am SPOT-Messpunkt (MP4) Grabenstraße 32 Überschreitungstage mit einem Tagesmittelwert über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erfasst (LUBW, 2006).

2004	NO₂-I1 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	PM10-I1 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	PM10-Über- schreitung [Anzahl]	Ruß-I1 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Grabenstraße-MP1	83	-	-	5.9
Grabenstraße -MP2	65	-	-	-
Grabenstraße -MP3	77	-	-	-
Grabenstraße -MP4	62	-	-	-
Leonberg-MP5-Hint.	33	-	-	2.2
2005	NO₂-I1 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	PM10-I1 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	PM10-Über- schreitung [Anzahl]	Ruß-I1 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Grabenstraße-MP1	85	-	-	8.6
Grabenstraße -MP2	67	-	-	-
Grabenstraße -MP3	76	-	-	-
Grabenstraße -MP4	52	27	16	5.1
Leonberg-MP5-Hint.	36	-	-	2.7

Tab. 4.1: Messdaten 2004 und 2005 an den Messspunkten in Leonberg. I1 = Jahresmittelwert, PM10-Überschreitung = Anzahl der Tage über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Hint. = Hintergrund.

Für die Anwendung der vorgestellten Emissionsermittlung und der darauf aufbauenden möglichen Maßnahmen werden Ausbreitungsrechnungen mit dem Berechnungsverfahren PROKAS und dem Bebauungsmodul PROKAS_B durchgeführt. Die in den Berechnungen anzusetzende Hintergrundbelastung wird aus dem Vergleich der Berechnungs- und Messergebnisse des Stadtbereichs bzw. umliegender Stationen (z.B. Stuttgart-Zuffenhausen, Stuttgart-Bad Cannstatt, Pforzheim, Ludwigsburg, Leonberg BAB) abgeleitet und dann auf den verkehrsbeeinflussten Stationsstandort angewendet, um einen Vergleich zwischen den Mittelwerten der Messdaten und den Berechnungsergebnissen zu erhalten. Bei den Berechnungen wird die Randbebauung typisiert nach Straßenraumbreite, Höhe der Randbebauung und Lückigkeit der Randbebauung für einzelne Straßenabschnitte mit einer Länge von ca. 100 m berücksichtigt. Innerhalb dieser Straßenabschnitte wird eine einheitliche Immission berechnet; mit diesem Berechnungsverfahren kann keine weitere örtliche Differenzierung erfolgen. Der Straßenabschnitt der Grabenstraße an den Messpunkten wird in den Berechnungen in zwei Teilabschnitte mit unterschiedlicher Randbebauungstypisierung unterteilt, sodass zwei Rechenwerte erzeugt werden. Das sind Grabenstraße Süd (vergleichbar mit MP1) und Grabenstraße Nord (vergleichbar mit dem neuen MP4). Für feinere räumliche Auflösungen der berechneten Immissionen wäre der Einsatz eines mikroskaligen Rechenverfahrens mit Berücksichtigung von Gebäudeumströmungen erforderlich.

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen für die Stationen in Leonberg sind für den derzeitigen Zustand in **Tab. 4.2** aufgeführt.

Die berechneten Belastungen weisen an den Messstationen gute Übereinstimmungen mit den Messdaten auf. Entsprechend den Anforderungen der 22. BImSchV an die Genauigkeit der Modellrechnungen wird für die Messstationen in Leonberg diese Anforderung eingehalten.

	NO₂-I1 [µg/m³]	PM10-I1 [µg/m³]	Ruß-I1 [µg/m³]
Grabenstraße Nord (MP4)	56	29	4.7
Grabenstraße Süd (MP1)	71	-	7.6
Stadtbereich (MP5-Hint.)	36	-	2.7

Tab. 4.2: Berechnete Immissionen an den Messstationen in Leonberg

Mit der selben Vorgehensweise werden basierend auf den prognostizierten Verkehrsbelegungsdaten für die zu betrachtenden Jahre 2007 und 2012 Immissionsberechnungen für die genannten Maßnahmen und Jahre durchgeführt. Die Ergebnisse werden zusammenfassend für die Grabenstraße als Konzentrationen und als relative Änderungen für den Südabschnitt und Nordabschnitt dargestellt, um die Auswirkungen der Maßnahmen und zeitlichen Entwicklungen der Kfz-Flotte auf die Gesamtbelastungen zu beschreiben.

In **Abb. 4.2** (oben) sind die berechneten Jahresmittelwerte für NO₂, PM10 und Ruß sowie in **Abb. 4.2** (unten) die relativen Änderungen der berechneten Belastungen für die Grabenstraße Nord für das Jahr 2007 und die Maßnahmen M1, Westanschluss, Westanschluss mit M1 sowie für das Jahr 2012 (mit Westanschluss) und M2 (mit Westanschluss) bezogen auf den Nullfall 2007 aufgezeigt. Im Anhang A2 sind die berechneten Immissionen für die betrachteten Straßen in Leonberg grafisch dargestellt.

Die berechneten NO₂-Immissionen verringern sich am Standort der SPOT-Messstelle an der Grabenstraße Nord ausgehend vom Nullfall 2007 mit 54 µg/m³ durch die weitestgehende Maßnahme bis auf ca. 47 µg/m³. Gegenüber dem Referenzzustand, dem Nullfall 2007, weisen die NO₂-Belastungen mit der Maßnahme M1 praktisch unveränderte Belastungen, mit dem Westanschluss im Jahr 2007 ca. 93 %, mit dem Westanschluss und M1 ca. 92 %, im Nullfall 2012 (inklusive Westanschluss) ca. 88 % und mit der Maßnahme M2 (inklusive Westanschluss) ca. 86 % der Gesamtbelastungen auf (**Abb. 4.2**).

Am Standort der SPOT-Messstelle an der Grabenstraße Süd verringern sich entsprechend den Berechnungen die NO₂-Immissionen ausgehend vom Nullfall 2007 mit 69 µg/m³ durch die weitestgehende Maßnahme bis auf ca. 59 µg/m³. Gegenüber dem Referenzzustand, dem Nullfall 2007, weisen die NO₂-Belastungen mit der Maßnahme M1 praktisch unveränderte Belastungen, mit dem Westanschluss im Jahr 2007 ca. 93 %, mit dem Westanschluss und M1 ca. 92 %, im Nullfall 2012 (inklusive Westanschluss) ca. 88 % und mit der Maßnahme M2 (inklusive Westanschluss) ca. 86 % der Gesamtbelastungen auf (**Abb. 4.3**).

Deutliche Minderungen der verkehrsbedingten NO₂-Beiträge werden durch den geplanten Westanschluss an die A 8 mit einhergehender Verringerung des Kfz- und LKW-Verkehrs in der innerstädtischen, nord-südlich gerichteten Durchfahrt im Zuge der B 295 in Leonberg erzielt. Die beschriebenen Maßnahmen der Fahrverbote nach der Kennzeichnungsverordnung und die Entwicklung der Fahrzeugflotte bis 2012 führen auch zu einer Verringerung der NO₂-Gesamtbelastungen.

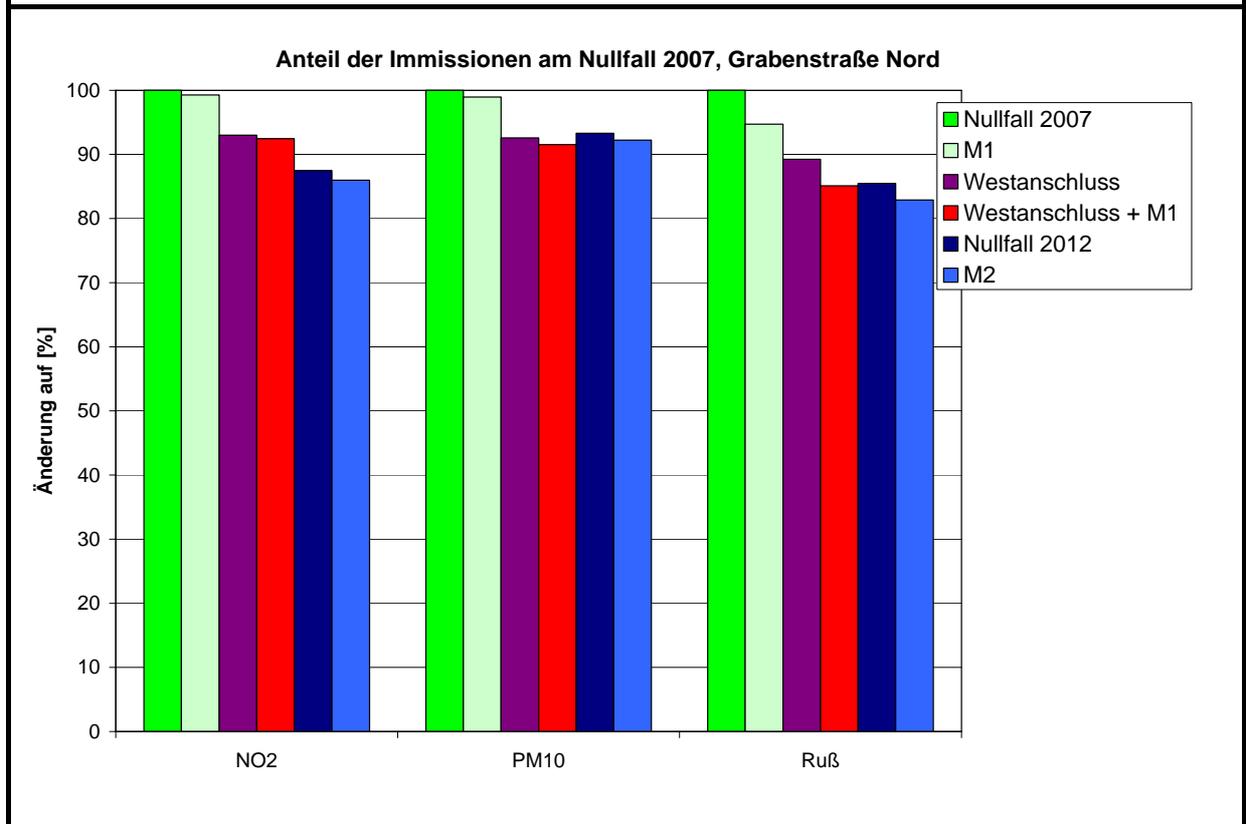
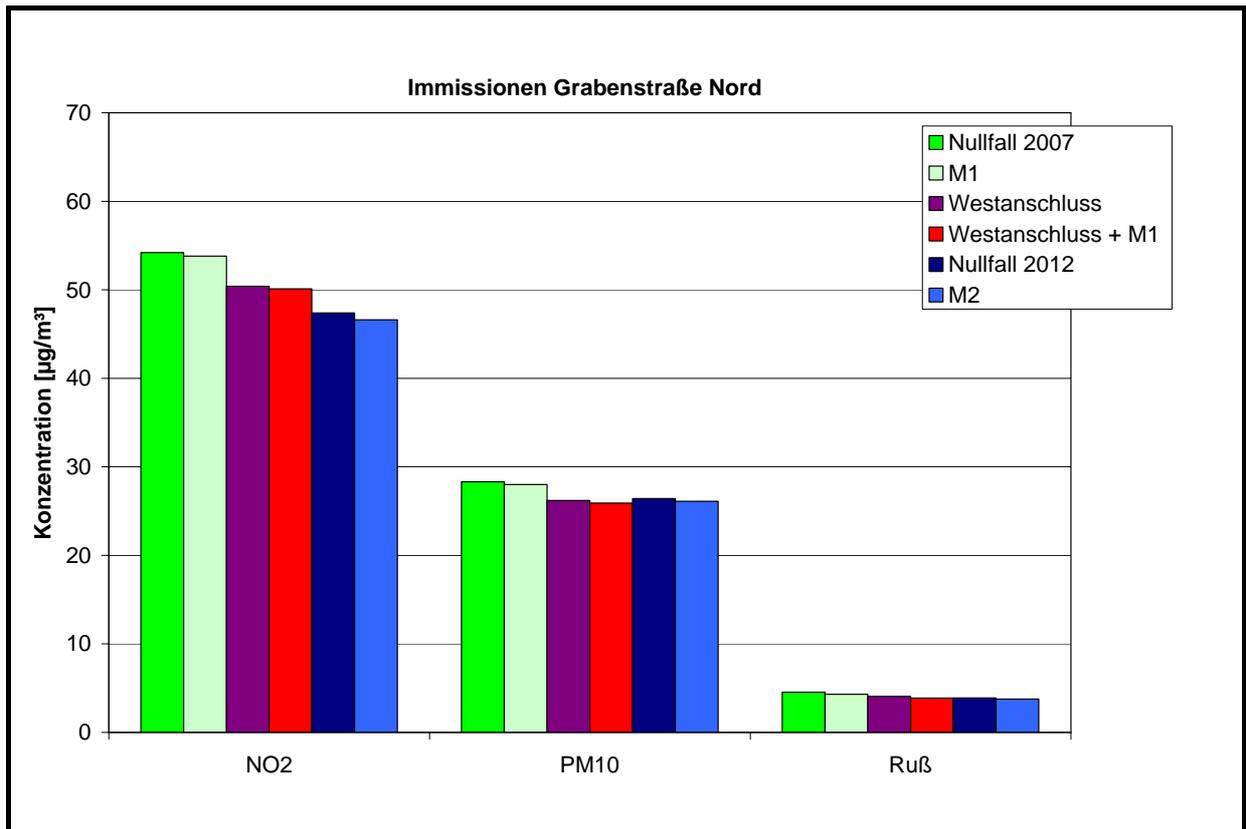


Abb. 4.2: Immissionen an der Grabenstraße Nord in Leonberg für die betrachteten Maßnahmen und Fälle.
 oben: Konzentration in [µg/m³]
 unten: Änderung gegenüber Nullfall 2007 in %

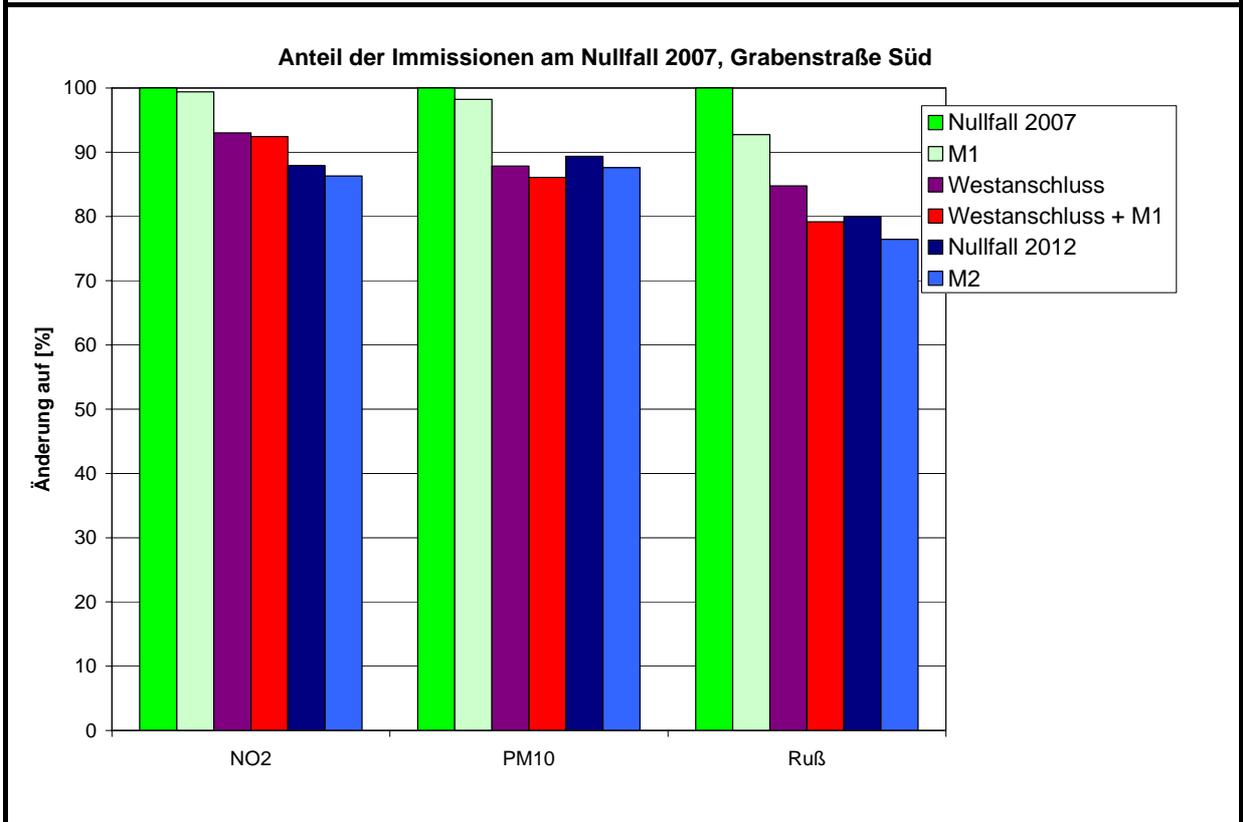
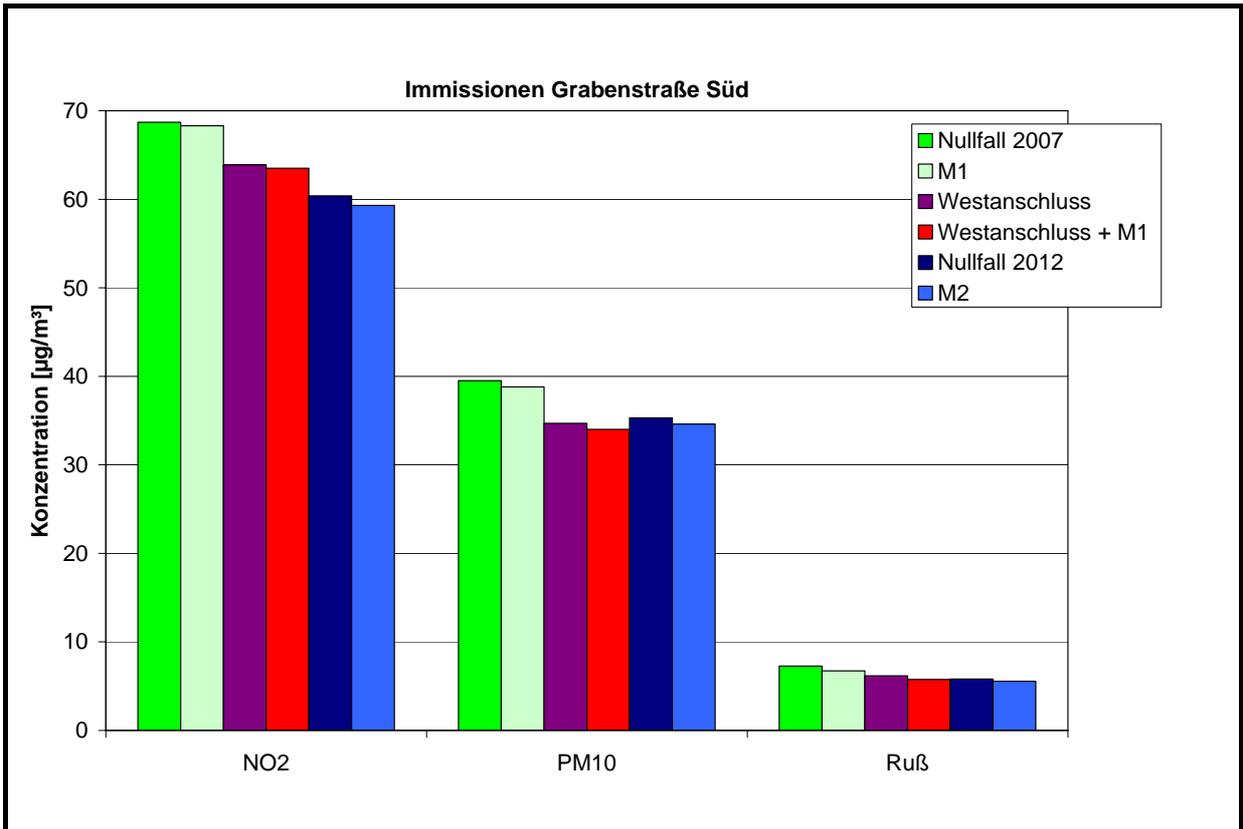
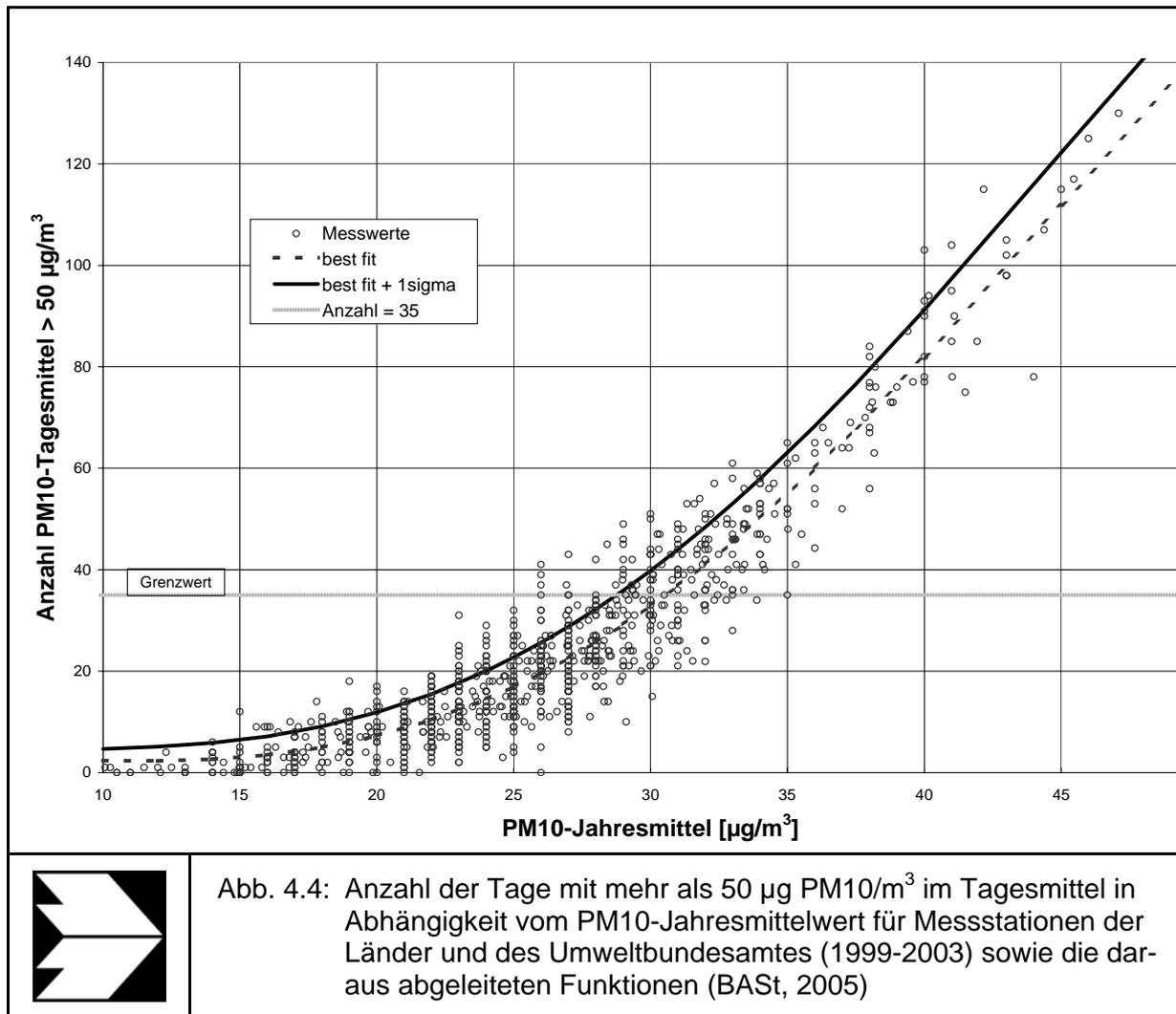


Abb. 4.3: Immissionen an der Grabenstraße Süd in Leonberg für die betrachteten Maßnahmen und Fälle.
 oben: Konzentration in [µg/m³]
 unten: Änderung gegenüber Nullfall 2007 in %

Die berechneten PM10-Immissionen verringern sich an der Grabenstraße Nord ausgehend vom Nullfall 2007 mit $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durch die weitestgehende Maßnahme bis auf ca. $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Gegenüber dem Referenzzustand, dem Nullfall 2007, weisen die PM10-Belastungen mit der Maßnahme M1 praktisch unveränderte Belastungen, mit dem Westanschluss im Jahr 2007 ca. 93 %, mit dem Westanschluss und M1 ca. 92 %, im Nullfall 2012 (inklusive Westanschluss) ca. 93 % und mit der Maßnahme M2 (inklusive Westanschluss) ca. 92 % der Gesamtbelastungen auf (**Abb. 4.2**). Am Standort der SPOT-Messstelle an der Grabenstraße Süd verringern sich entsprechend den Berechnungen die PM10-Immissionen ausgehend vom Nullfall 2007 mit $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durch die weitestgehende Maßnahme bis auf ca. $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Gegenüber dem Referenzzustand, dem Nullfall 2007, weisen die PM10-Belastungen mit der Maßnahme M1 ca. 98 %, mit dem Westanschluss im Jahr 2007 ca. 88 %, mit dem Westanschluss und M1 ca. 86 %, im Nullfall 2012 (inklusive Westanschluss) ca. 89 % und mit der Maßnahme M2 (inklusive Westanschluss) ca. 88 % der Gesamtbelastungen auf (**Abb. 4.3**). Minderungen der verkehrsbedingten PM10-Beiträge werden durch den geplanten Westanschluss an die A 8 mit einhergehender Verringerung des Kfz- und LKW-Verkehrs in der innerstädtischen, nord-südlich gerichteten Durchfahrt in Leonberg erzielt, wobei dieser Effekt durch die allgemeine Verkehrszunahme bis zum Jahr 2012 etwas abgeschwächt wird. Die beschriebenen Maßnahmen der Fahrverbote nach der Kennzeichnungsverordnung führen zu einer leichten Verringerung der PM10-Gesamtbelastungen; die Auswirkungen der Entwicklung der Fahrzeugflotte bis 2012 auf die PM10-Gesamtbelastungen werden durch die allgemeine Verkehrszunahme praktisch kompensiert.

Für die Auswertungen der PM10-Kurzzeitbelastungen, d.h. die Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, liegen in Leonberg keine Messdaten vor, aus denen direkt der verkehrsbedingte Anteil ableitbar ist. Zur Ableitung des PM10-Kurzzeitbelastungswertes, d.h. der Überschreitung eines PM10-Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an mehr als 35 Tagen pro Jahr, werden in der Fachliteratur Schwellenwerte der PM10-Jahresmittelwerte genannt. So wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Bundesanstalt für Straßenwesen aus 914 Messdatensätzen aus den Jahren 1999 bis 2003 eine gute Korrelation zwischen der Anzahl der Tage mit PM10-Tagesmittelwerten größer als $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und dem PM10-Jahresmittelwert gefunden (**Abb. 4.4**). Daraus wurde eine funktionale Abhängigkeit der PM10-Überschreitungshäufigkeit vom PM10-Jahresmittelwert abgeleitet (BASt, 2005). Die Regressionskurve nach der Methode der kleinsten Quadrate („best fit“) und die mit einem Sicherheitszuschlag von einer Standard-Abweichung erhöhte Funktion („best fit + 1 sigma“) sind ebenfalls in der **Abb. 4.4** dargestellt.



Mehr als 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ (Grenzwert) werden mit diesem Ansatz unter Berücksichtigung des Sicherheitszuschlags für PM10-Jahresmittelwerte ab 29 µg/m³ abgeleitet.

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 µg/m³ einen nahezu identischen Verlauf wie der o.g. „best fit“ nach BAST (2005). Im statistischen Mittel wird somit bei beiden Datenauswertungen die Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes bei einem PM10-Jahresmittelwert von 31 µg/m³ erwartet.

Weiterhin liegen Auswertungen durch die UMEG mbH für die Stationen in Baden-Württemberg und für das Jahr 2004 vor, die ab einem PM10-Jahresmittelwert von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf eine Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes schließen lassen.

Aus den berechneten PM10-Jahresmittelwerten werden im Rahmen dieser Ausarbeitung mehr als 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Grenzwert) ab PM10-Jahresmittelwerten von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ angesetzt. Danach ist im nördlichen Bereich der Grabenstraße eine Einhaltung des PM10-Kurzzeitbelastungswertes zu erwarten. Im südlichen Bereich der Grabenstraße werden aufgrund der dichten Randbebauung höhere PM10-Belastungen berechnet, die bei allen betrachteten Varianten über dem genannten Schwellenwert liegen.

Ergänzend zu den Feinstaubbelastungen werden auch die Auswirkungen auf die Rußbelastungen in **Abb. 4.2** und **Abb. 4.3** aufgezeigt. Die berechneten Rußimmissionen verringern sich an der Grabenstraße Nord ausgehend vom Nullfall 2007 mit $4.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durch die weitestgehende Maßnahme bis auf ca. $3.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, an der Grabenstraße Süd ausgehend vom Nullfall 2007 mit $7.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durch die weitestgehende Maßnahme bis auf ca. $5.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Gegenüber dem Referenzzustand, dem Nullfall 2007, weisen die Rußbelastungen mit der Maßnahme M1 ca. 93 % bis 95 %, mit dem Westanschluss im Jahr 2007 ca. 85 % bis 89 %, mit dem Westanschluss und M1 ca. 79% bis 85 %, im Nullfall 2012 (inklusive Westanschluss) ca. 80 % bis 86 % und mit der Maßnahme M2 (inklusive Westanschluss) ca. 76 % bis 83 % der Gesamtbelastungen auf (**Abb. 4.2** und **Abb. 4.3**). Deutliche Minderungen der verkehrsbedingten Rußbeiträge werden durch den geplanten Westanschluss mit einhergehender Verringerung des Kfz- und LKW-Verkehrs in der innerstädtischen, nord-südlich gerichteten Durchfahrt in Leonberg erzielt. Die beschriebenen Maßnahmen der Fahrverbote nach der Kennzeichnungsverordnung und die Entwicklung der Fahrzeugflotte bis 2012 führen auch zu einer Verringerung der Rußgesamtbelastungen.

Insgesamt ist aus den Ergebnissen der Berechnungen zu schließen, dass der geplante Westanschluss zu deutlichen Verringerungen der verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastungen entlang der innerstädtischen, nord-südlich gerichteten Durchfahrt in Leonberg führen kann. Damit ist diese Maßnahme geeignet, die bestehenden hohen Luftschadstoffbelastungen an der Hauptdurchfahrtsstraße in Leonberg zu verringern. Im nördlichen Abschnitt der Grabenstraße ist die Einhaltung des Grenzwertes der PM10-Kurzzeitbelastung zu erwarten, wobei die genannten Maßnahmen zu verringerten PM10-Belastungen führen.

5 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.
- 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 (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.
- Filliger, P., Puybonnieux-Texier, 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 Eingangparameter 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.

- 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.
- LUBW (2006): Immissionsmessdaten. Herausgeber: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe. Im Internet unter www.lubw.baden-wuerttemberg.de.
- Regierungspräsidium Stuttgart (2005): Luftreinhalteplan für den Regierungsbezirk Stuttgart, Teilplan Leonberg. Maßnahmenplan zur Minderung der NO₂-Belastungen.
- Regierungspräsidium Stuttgart (2006): Maßnahmenkatalog - Entwurf – für den kombinierten Luftreinhalte-/Aktionsplan, Teilplan Leonberg.
- 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., Böisinger, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E. (1996): NO-NO₂-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für KFZ-Abgase. Hrsg.: Gefahrstoffe-Reinhalte 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).

- Ökoplane (1993): Klimaökologische Analyse im Stadtgebiet Leonberg unter besonderer Berücksichtigung des Strömungsgeschehens. Bearbeitung: Dr. Seitz – Ökoplane, Mannheim.
- UBA (1995) (Hassel, D., Jost, P., Weber, F.J., Dursbeck, F.): Abgas-Emissionsfaktoren von Nutzfahrzeugen in der Bundesrepublik Deutschland für das Bezugsjahr 1990. Abschlussbericht. Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit - Luftreinhaltung. UBA-FB 95-049. UBA-Berichte 5/1995.
- UBA (2004): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 2.1/April 2004. Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS AG Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit IFEU Heidelberg. Hrsg: Umweltbundesamt Berlin. Herunterladbar unter <http://www.hbefa.net/>.
- UMK (2004): Partikelemissionen des Straßenverkehrs. Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“. Oktober 2004.
- VDI (2003): Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung – Luftbeimengungen. VDI-Richtlinie VDI 3782 Blatt 7. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, November 2003.
- WSExpert (2005): WSExpert, Expertensystem Windstatistik, Version 1.3. Bearbeitung METCON Dr. Bigalke, Ingenieurbüro Rau im Auftrag der LfU Baden-Württemberg bzw. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW).

A N H A N G A 1:
BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS-
ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION

A1 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS- ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION

Für die Berechnung der Schadstoffimmission an einem Untersuchungspunkt wird 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.

A1.1 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).

A1.2 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. A1.1** 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 Vorbelastung 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. A1.1: Typisierung der Straßenrandbebauung

A1.3 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 prognostizierten Konzentrationen hat. Wesentliche Eingangsgrößen sind die Emissionen, die Bauungsstruktur, meteorologische Daten und die Vorbelastung.

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

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 Zählraten 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 entsprechender 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 Vorbelastung, d.h. dass die Auswirkungen auf die Gesamtmissionsbelastung geringer sind.

AN H A N G A 2:
IMMISSIONSDARSTELLUNGEN FÜR DAS HAUPTVERKEHRSSTRASSENNETZ

A2 IMMISSIONSDARSTELLUNGEN FÜR DAS HAUPTVERKEHRSSTRASSEN- NETZ

In Kap. 4 sind die relativen Änderungen der Immissionen an der Grabenstraße in Leonberg an der bestehenden verkehrsnahen Messstelle aufgeführt. Für den Nullfall 2007 und die Maßnahmen M1, Westanschluss mit M1 sowie M2 (2012) sind in **Abb. A2.1** bis **A2.4** die berechneten NO₂-Jahresmittelwerte für alle betrachteten Hauptverkehrsstraßen dargestellt. 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. In der Grafik sind Konzentrationswerte über 40 µg/m³, d.h. über dem ab 2010 gültigen NO₂-Grenzwert der 22. BImSchV, in gelben und roten Farben dargestellt. An stark frequentierten Straßenabschnitten sind teilweise weiterhin hohe NO₂-Belastungen prognostiziert, die bei entsprechenden Nutzungen zu Überschreitungen des Grenzwertes führen.

In **Abb. A2.5** bis **A2.8** sind die berechneten PM10-Jahresmittelwerte für den Nullfall 2007 und die Maßnahmen M1, Westanschluss mit M1 sowie M2 (2012) für alle betrachteten Hauptverkehrsstraßen in Leonberg aufgezeigt. In der Grafik sind Konzentrationswerte über 40 µg/m³, d.h. über dem PM10-Grenzwert der 22. BImSchV, in gelben und roten Farben dargestellt.

Aus den berechneten PM10-Jahresmittelwerten an den Hauptverkehrsstraßen in Leonberg werden für die grafischen Darstellungen des gesamten Hauptverkehrsstraßennetzes ab PM10-Jahresmittelwerten von 29 µg/m³ mehr als 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ (Grenzwert) angesetzt. Das Überschreiten dieses Schwellenwertes ist in **Abb. A2.5** bis **A2.8** ab der hellgrünen Farbdarstellung aufgezeigt, d.h. an allen hellgrün bis dunkelgrün gekennzeichneten Straßenabschnitten kann eine Überschreitung des PM10-Kurzzeitbelastungswertes bei entsprechenden Nutzungen erwartet werden. Insgesamt sind in Leonberg nur vereinzelt entlang den innerstädtischen Hauptverkehrsstraßen hohe PM10-Kurzzeitbelastungen berechnet.

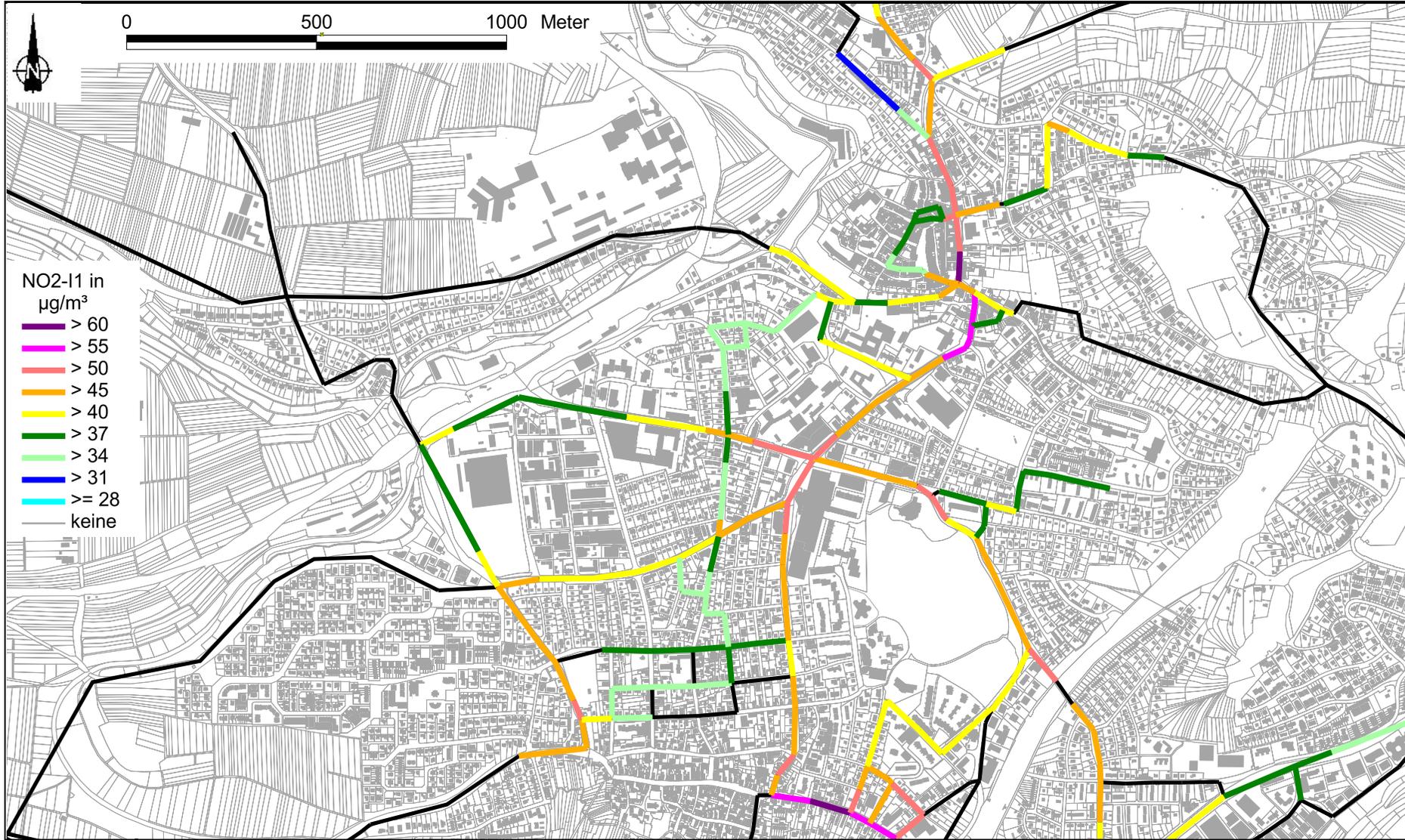


Abb. A2.1: NO2-Immissionen (Jahresmittelwert) für den Nullfall 2007

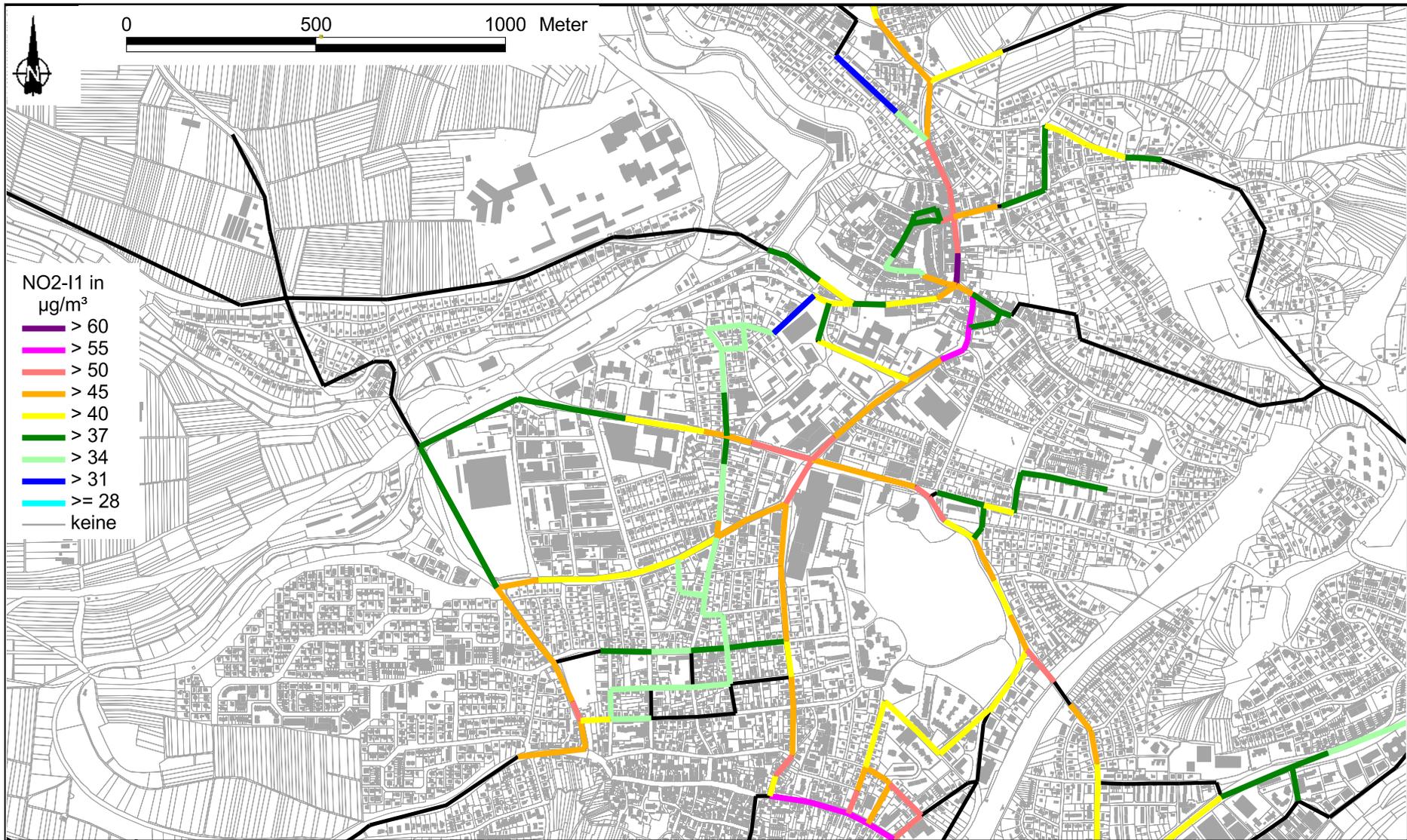


Abb. A2.2: NO2-Immissionen (Jahresmittelwert) für die Maßnahme M1 im Jahr 2007

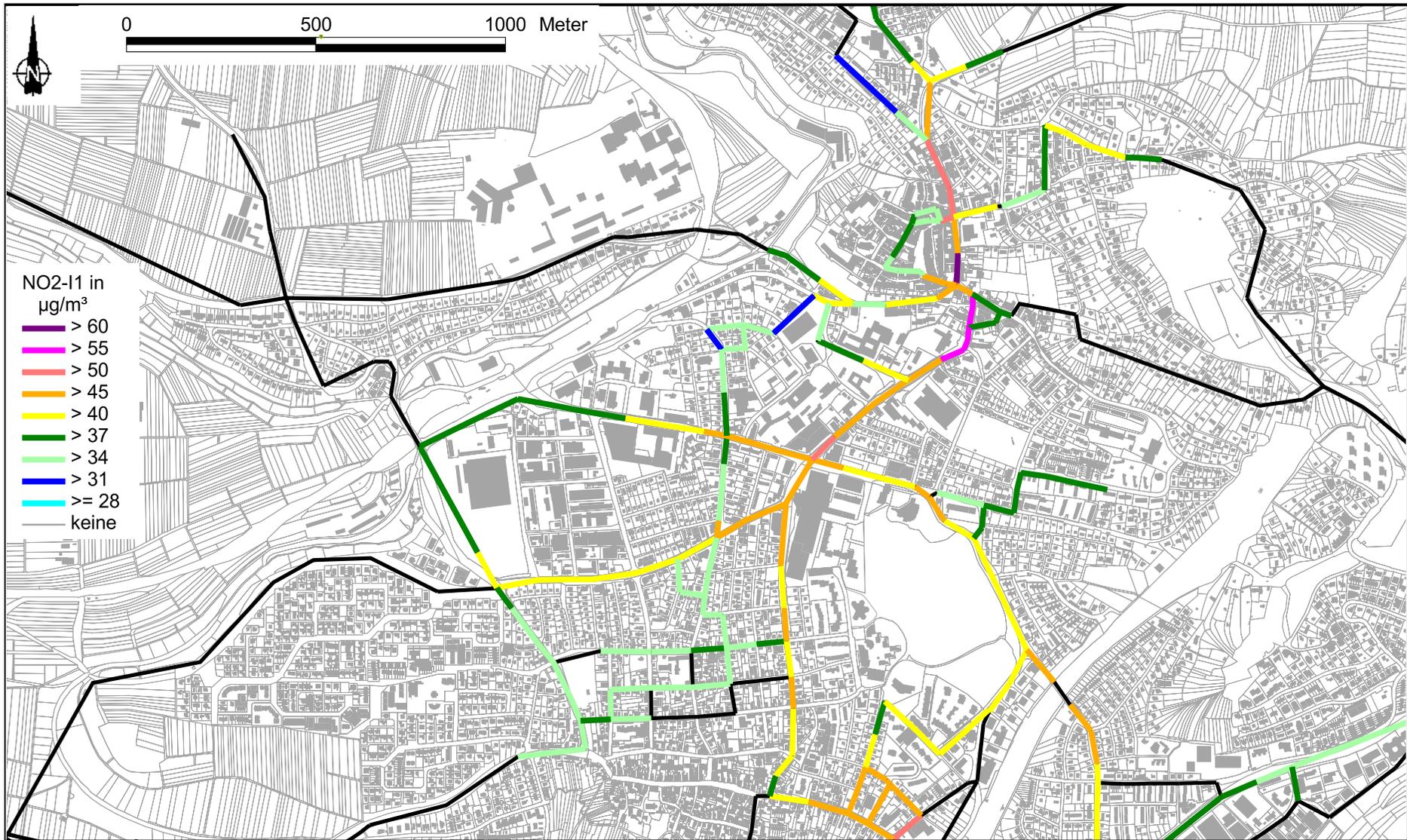


Abb. A2.3: NO₂-Immissionen (Jahresmittelwert) für den Westanschluss mit Maßnahme M1 im Jahr 2007

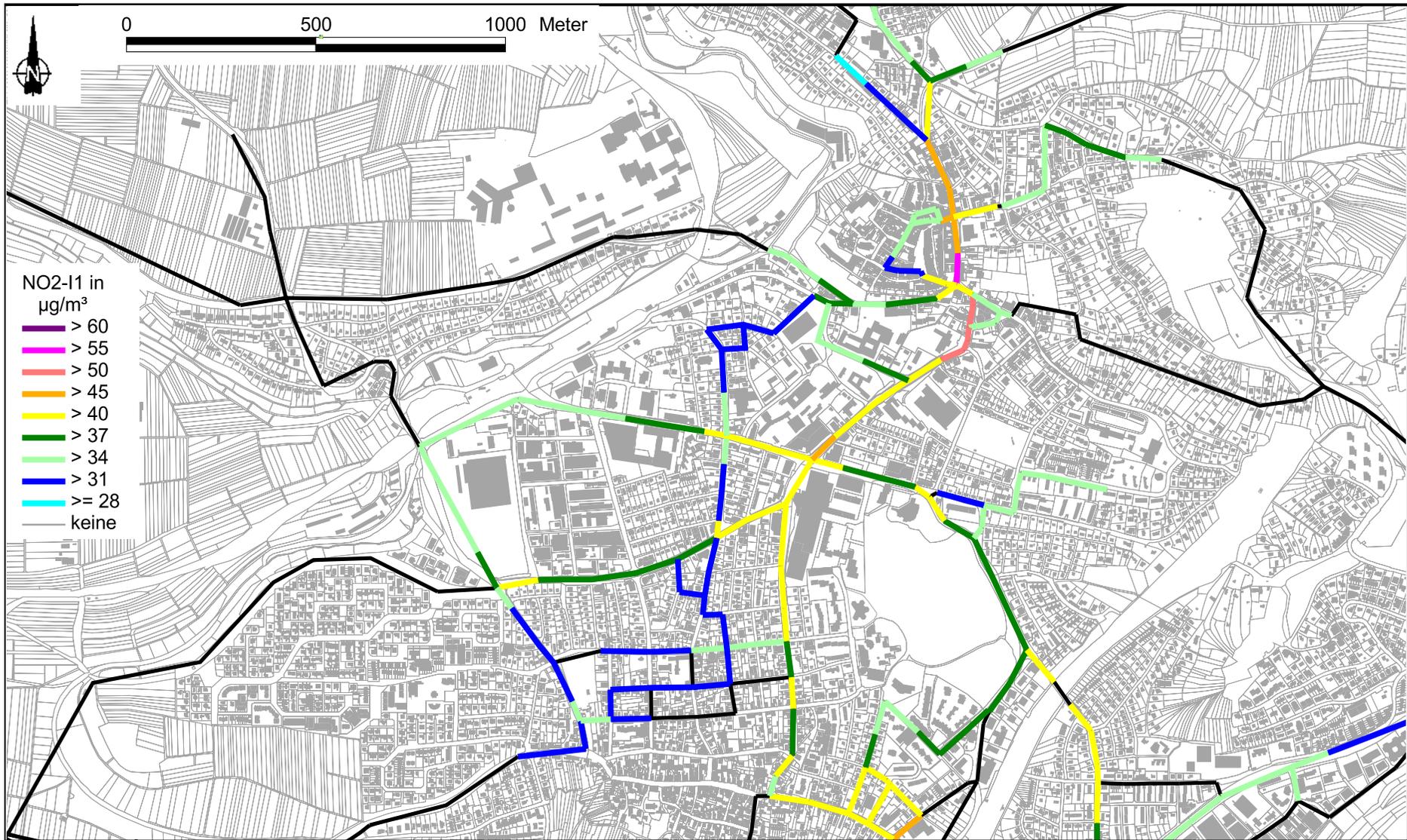


Abb. A2.4: NO₂-Immissionen (Jahresmittelwert) für die Maßnahme M2 im Jahr 2012

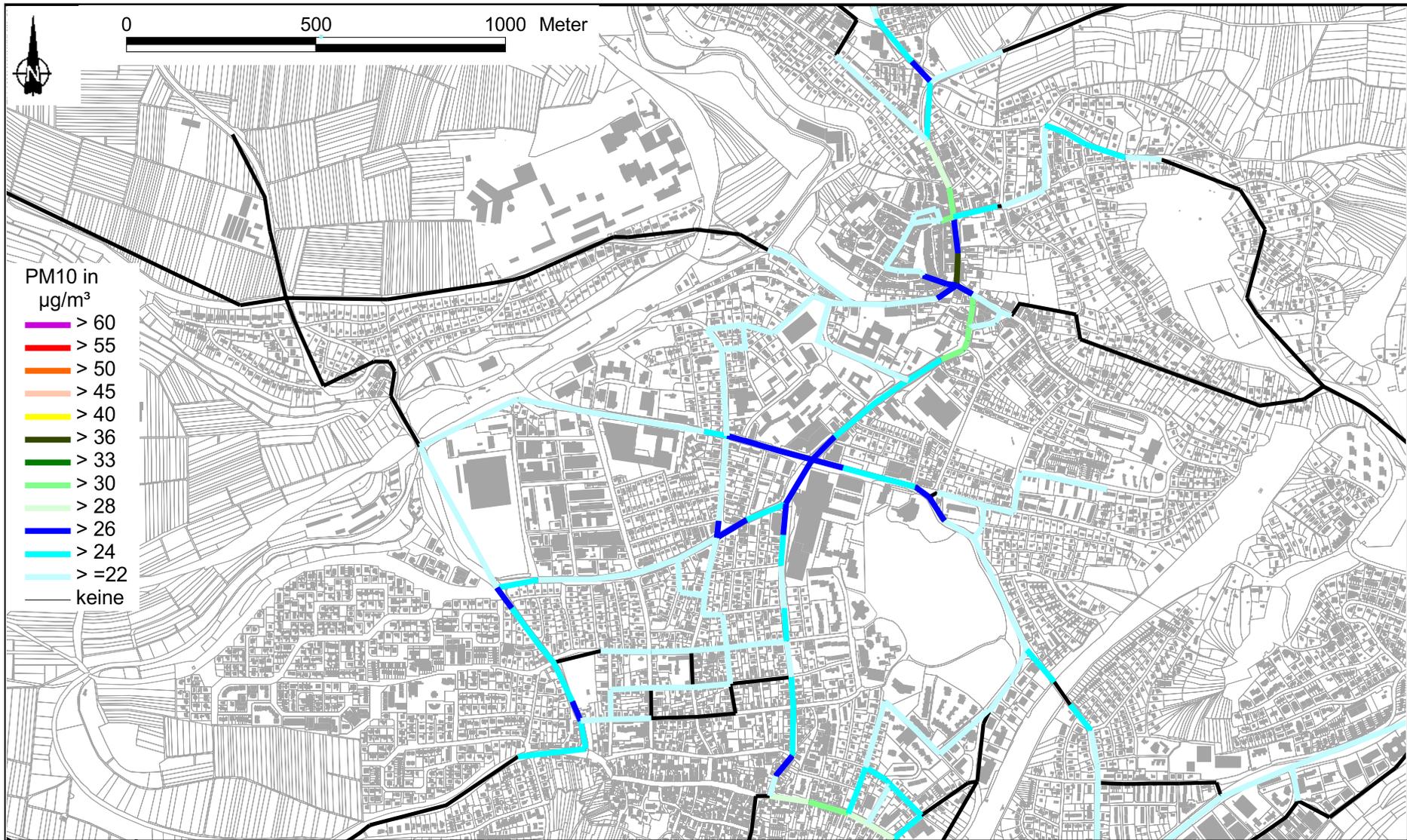


Abb. A2.5: PM10-Immissionen (Jahresmittelwert) für den Nullfall 2007

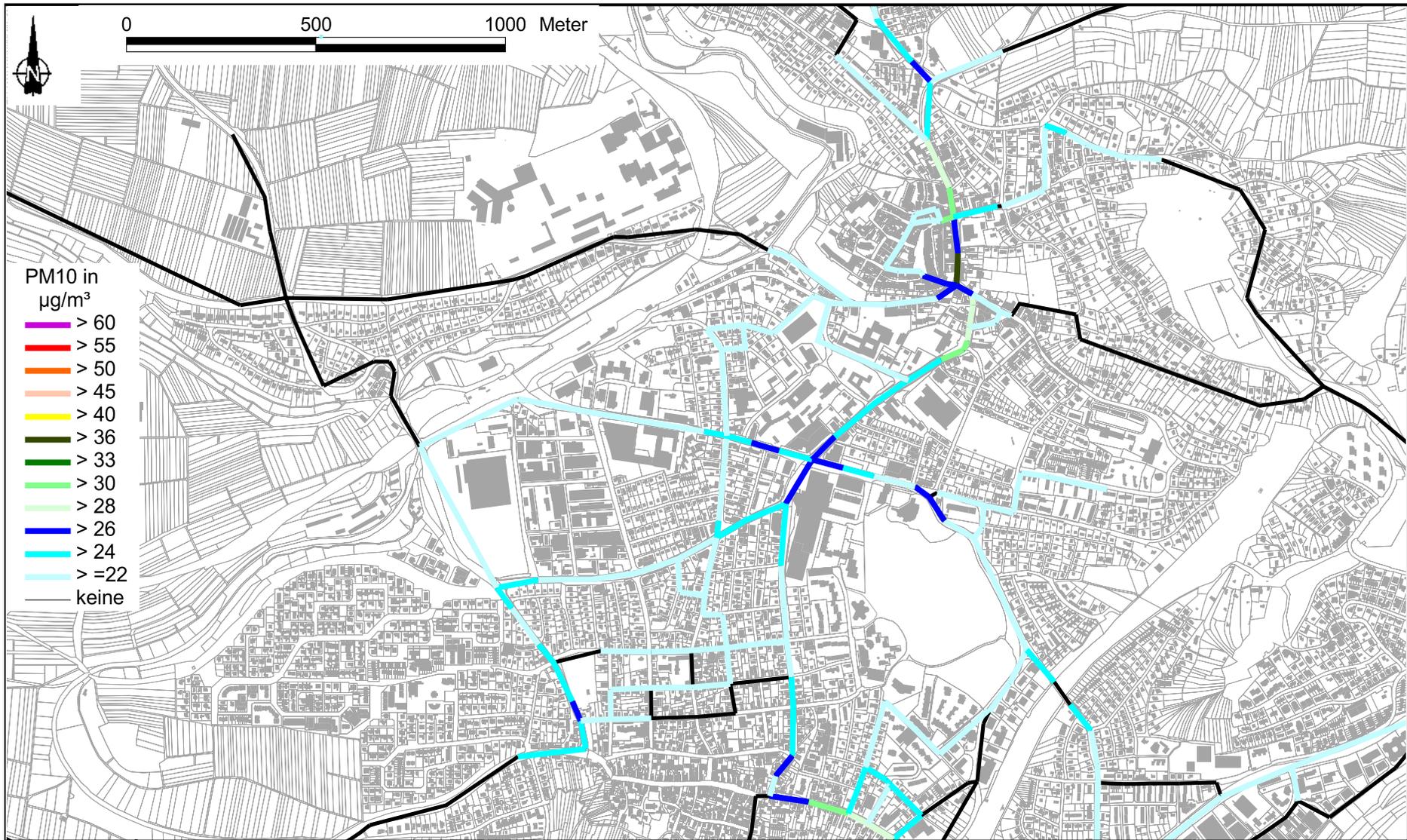


Abb. A2.6: PM10-Immissionen (Jahresmittelwert) für die Maßnahme M1 im Jahr 2007

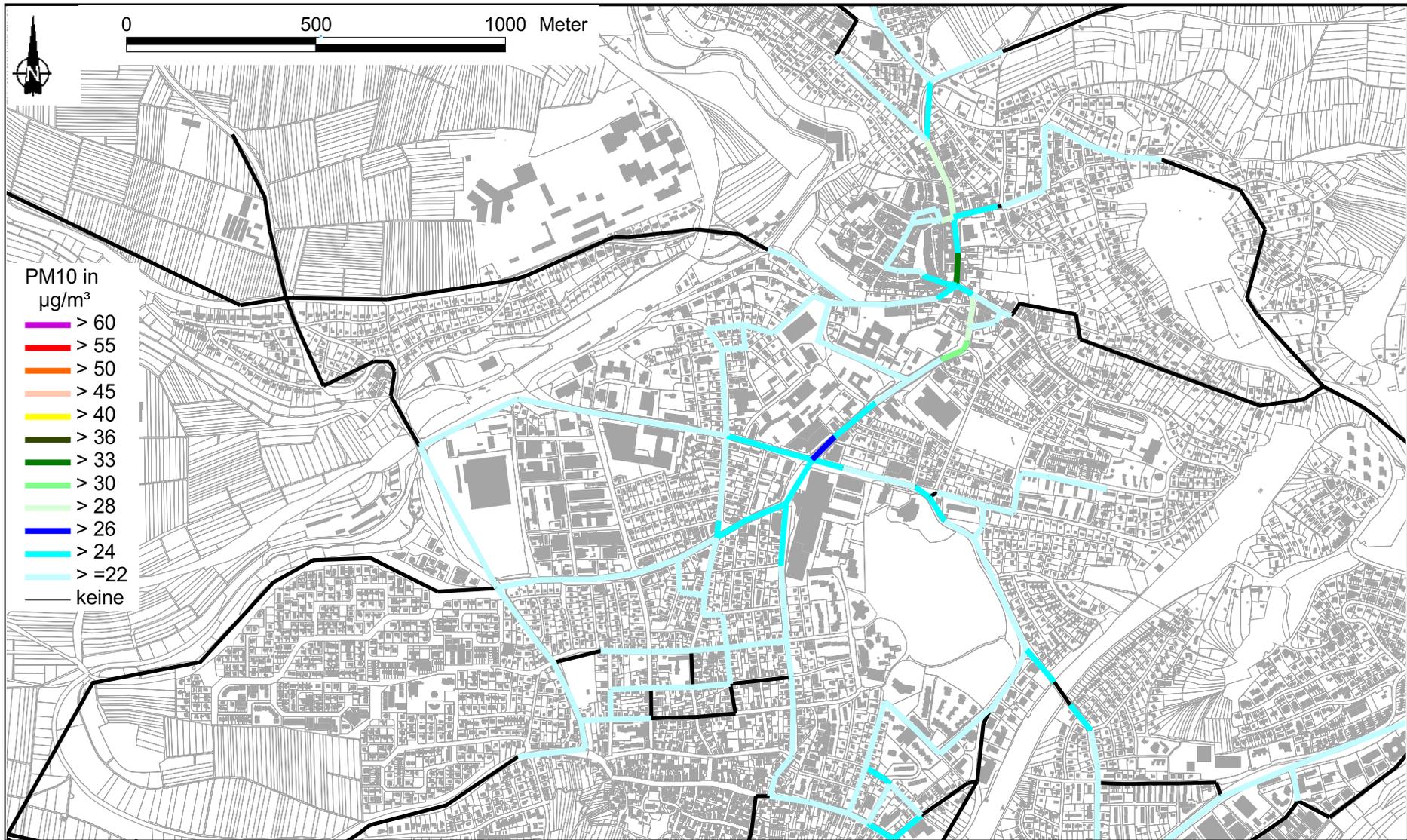


Abb. A2.7: PM10-Immissionen (Jahresmittelwert) für den Westanschluss mit Maßnahme M1 im Jahr 2007

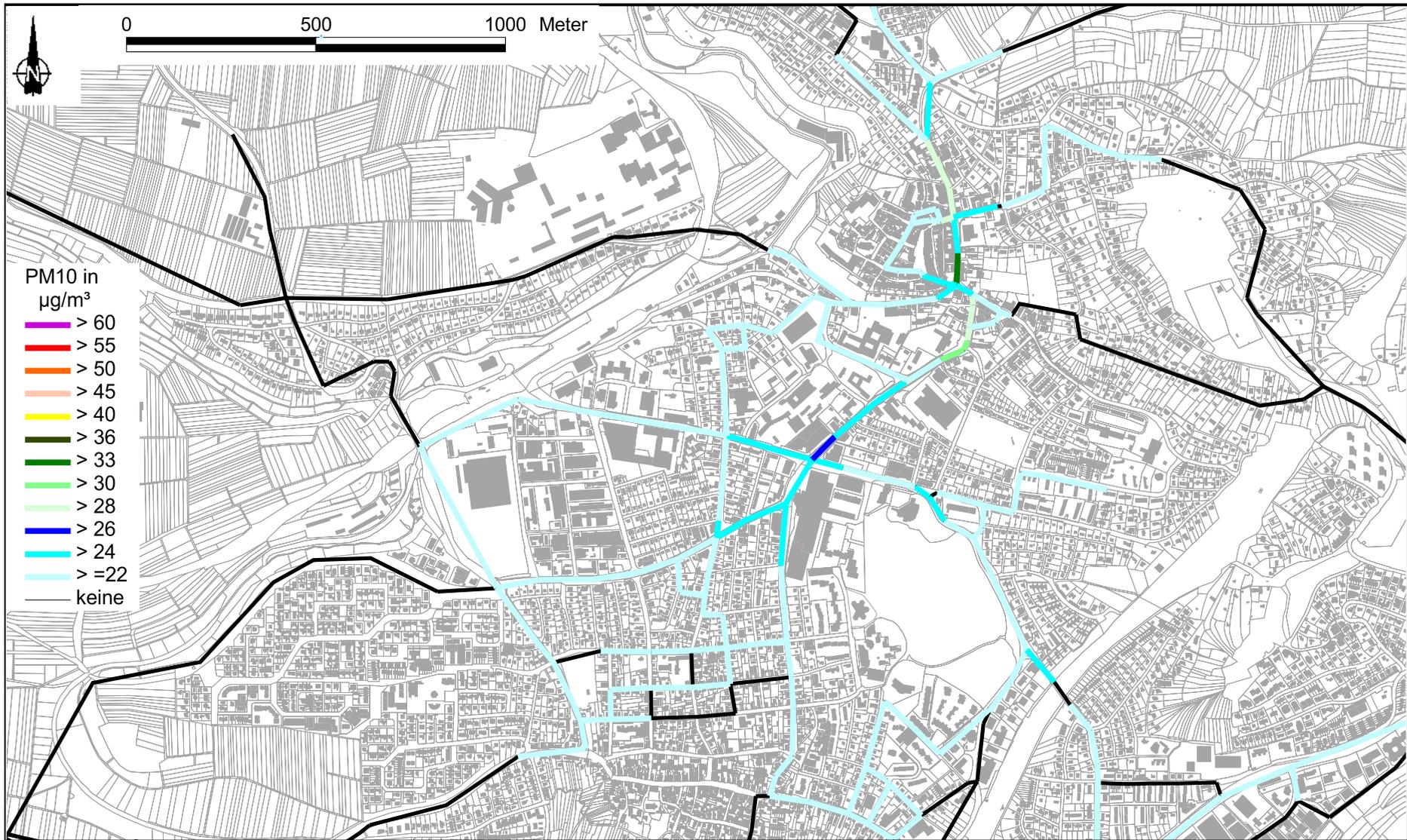


Abb. A2.8: PM10-Immissionen (Jahresmittelwert) für die Maßnahme M2 im Jahr 2012