



Luftreinhalte-/Aktionsplan für den Regierungsbezirk Stuttgart Teilplan Schwäbisch Gmünd

Anhang

**Berechnung der immissionsseitigen Auswirkungen
von verkehrlichen Maßnahmen des
Luftreinhalte-/Aktionsplans Schwäbisch Gmünd
Ingenieurbüro Lohmeyer, Karlsruhe, März 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 VER-
KEHRLICHEN MASSNAHMEN DES
LUFTREINHALTE-/AKTIONSPLANS
SCHWÄBISCH GMÜND**

Auftraggeber: Regierungspräsidium Stuttgart
Postfach 800709
70507 Stuttgart

Dipl.-Geogr. T. Nagel
Dipl.-Ing. S. Drautz

Dr.-Ing. W. Bächlin

März 2006
Projekt 60555SHG-05-01
Berichtsumfang 52 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	1
1 ZUSAMMENFASSUNG	4
2 AUFGABENSTELLUNG	7
3 EINGANGSDATEN UND EMISSIONSFAKTOREN.....	8
3.1 Lagedaten.....	8
3.2 Verkehr	8
3.3 Fahrzeugflotte.....	13
3.4 Emissionsfaktoren	17
3.4.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren	18
3.4.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren	19
3.4.3 Emissionsfaktoren mit möglichen technischen Minderungen	20
3.5 Meteorologische Daten.....	21
4 AUSWIRKUNGEN DER MASSNAHMEN	24
4.1 Auswirkungen auf Emissionen der Straßenabschnitte.....	24
4.2 Auswirkungen auf Immissionen an den Hauptverkehrsstraßen.....	26
5 LITERATUR	34
A1 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS- ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION.....	38
A2 IMMISSIONSDARSTELLUNGEN FÜR DAS HAUPTVERKEHRSSTRASSEN- NETZ	44

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 Luftreinhalte-/Aktionsplan für den Regierungsbezirk Stuttgart, Teilplan Schwäbisch Gmünd, nennt Maßnahmen zur Verringerung der Luftschadstoffbelastungen. Für folgende Maßnahmen wurden Berechnungen der zu erwartenden Minderungen der Immissionen im Rahmen der vorliegenden Untersuchung durchgeführt, wobei die Maßnahmen M1 und M2 gegenüber der Entwurfsfassung des Luftreinhalte-/Aktionsplans für Schwäbisch Gmünd (Stand August 2005) entsprechend dem aktuell vorliegenden Entwurf der Kennzeichnungsverordnung abgeändert wurden:

- M1** Ganzjähriges Fahrverbot in der Kernstadt von Schwäbisch Gmünd ab dem 01.07.2007 für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppe 1 nach der Kennzeichnungsverordnung

- M2** Ganzjähriges Fahrverbot in der Kernstadt von Schwäbisch Gmünd ab dem 01.01.2012 für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppen 1 und 2 nach der Kennzeichnungsverordnung

- M9** Neubau des B 29-Tunnels in Schwäbisch Gmünd

Für die Hauptverkehrsstraßen in Schwäbisch Gmünd werden die Auswirkungen der oben genannten Maßnahmen auf die Immissionen berechnet. Aus den verfügbaren Verkehrsdaten des Straßennetzes von Schwäbisch Gmünd und Umgebung werden unter Berücksichtigung der aktuellen Emissionsdatenbank des UBA (Auspuffemissionen), d.h. HBEFA – Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 2.1, Stand 2004 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 Lorcher Straße gegenüber dem Referenzzustand, d.h. dem Nullfall 2007, mit der Maßnahme M1 ca. 98 %, im Nullfall 2012 ca. 71 %, mit der

Maßnahme M2 ca. 66 %, mit der Maßnahme M9 im Jahr 2012 ca. 30 % und mit der Kombination der Maßnahmen M9 und M2 im Jahr 2012 ca. 28 % der Emissionen zu erwarten. Die Maßnahmen mit dem geplanten B 29-Tunnel in Schwäbisch Gmünd führen zu einer deutlichen Verringerung der NO_x-Emissionen an der innerstädtischen west-östlichen Durchfahrt im Zuge der B 29, während die Maßnahmen entsprechend der Kennzeichnungsverordnung geringere Verringerungen erwarten lassen.

Die PM10-Emissionen weisen in der Lorcher Straße gegenüber dem Referenzzustand mit der Maßnahme M1 ca. 94 %, im Nullfall 2012 ca. 88 %, mit der Maßnahme M2 ca. 86 %, mit der Maßnahme M9 im Jahr 2012 ca. 44 % und mit der Kombination der Maßnahme M9 und M2 im Jahr 2012 ca. 43 % der Emissionen auf. Die Maßnahmen mit dem geplanten B 29-Tunnel in Schwäbisch Gmünd führen zu einer deutlichen Verringerung der PM10-Emissionen an der innerstädtischen west-östlichen Durchfahrt im Zuge der B 29, während die Maßnahmen entsprechend der Kennzeichnungsverordnung geringe 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. 88 %, im Nullfall 2012 ca. 75 %, mit der Maßnahme M2 ca. 70 %, mit der Maßnahme M9 im Jahr 2012 ca. 39 % und mit der Kombination der Maßnahme M9 und M2 im Jahr 2012 ca. 36 % der Emissionen auf.

Die relativen Auswirkungen auf die Immissionen sind gegenüber den Emissionen geringer, da auch nicht verkehrsbedingte Beiträge in den Luftschadstoffbelastungen enthalten sind.

Die berechneten NO₂-Immissionen verringern sich am Standort der SPOT-Messstelle an der Lorcher Straße ausgehend vom Nullfall 2007 mit 69 µg/m³ durch die weitestgehende Maßnahme bis auf ca. 48 µg/m³. Gegenüber dem Referenzzustand, dem Nullfall 2007, weisen die NO₂-Belastungen mit der Maßnahme M1 praktisch unveränderte Belastungen, im Jahr 2012 ohne Maßnahmen ca. 90 %, mit der Maßnahme M2 ca. 88 %, mit der Maßnahme M9 im Jahr 2012 ca. 72 % und mit der Kombination der Maßnahme M9 und M2 im Jahr 2012 ca. 70 % der Gesamtbelastungen auf. Deutliche Minderungen der verkehrsbedingten NO₂-Beiträge können durch den geplanten B 29-Tunnel mit einhergehender Verringerung des Kfz- und LKW-Verkehrs in der innerstädtischen, west-östlich gerichteten Durchfahrt in Schwäbisch Gmünd erzielt werden.

Die berechneten PM10-Immissionen verringern sich an der Lorcher Straße ausgehend vom Nullfall 2007 mit $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durch die weitestgehende Maßnahme bis auf ca. $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Gegenüber dem Referenzzustand weisen die PM10-Belastungen mit der Maßnahme M1 ca. 97 %, im Jahr 2012 ohne Maßnahmen ca. 93 %, mit der Maßnahme M2 ca. 92 %, mit der Maßnahme M9 im Jahr 2012 ca. 71 % und mit der Kombination der Maßnahme M9 und M2 im Jahr 2012 ca. 71 % der Gesamtbelastungen auf. Deutliche Minderungen der verkehrsbedingten PM10-Beiträge können durch den geplanten B 29-Tunnel mit einhergehender Verringerung des Kfz- und LKW-Verkehrs in der innerstädtischen, west-östlich gerichteten Durchfahrt in Schwäbisch Gmünd erzielt werden. Die beschriebenen Maßnahmen der Fahrverbote nach der Kennzeichnungsverordnung führen zu einer leichten Verringerung und die Entwicklung der Fahrzeugflotte bis 2012 zu einer mittleren Verringerung der PM10-Gesamtbelastungen.

Aus den berechneten PM10-Jahresmittelwerten an den Hauptverkehrsstraßen in Schwäbisch Gmünd 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 nur mit der Maßnahme M9, d.h. mit geplantem B 29-Tunnel, eine Einhaltung des PM10-Kurzzeitbelastungswertes zu erwarten.

Gegenüber dem Referenzzustand weisen die Rußbelastungen mit der Maßnahme M1 ca. 92 %, im Jahr 2012 ohne Maßnahmen ca. 83 %, mit der Maßnahme M2 ca. 80 %, mit der Maßnahme M9 im Jahr 2012 ca. 61 % und mit der Kombination der Maßnahme M9 und M2 im Jahr 2012 ca. 59 % 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 B 29-Tunnel zu deutlichen Verringerungen der verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastungen entlang der innerstädtischen, west-östlich gerichteten Durchfahrt in Schwäbisch Gmünd führen kann. Damit ist diese Maßnahme geeignet, die bestehenden hohen Luftschadstoffbelastungen an der Hauptdurchfahrtsstraße in Schwäbisch Gmünd wesentlich zu verringern. Mit der Maßnahme M9, B 29-Tunnel, ist die Einhaltung des Grenzwertes der PM10-Kurzzeitbelastung zu erwarten.

2 AUFGABENSTELLUNG

Für den Luftreinhalte-/Aktionsplan für den Regierungsbezirk Stuttgart, Teilplan Schwäbisch Gmünd, wurde eine Maßnahmenliste in Abstimmung mit Fachgremien erarbeitet, für die teilweise qualitative Einschätzungen der immissionsseitigen Auswirkungen vorliegen. Für einige der genannten Maßnahmen sind immissionsseitige Berechnungen der zu erwartenden Minderungen der Immissionen durchzuführen.

Das sind folgend genannte Maßnahmen des Luftreinhalte-/Aktionsplans Schwäbisch Gmünd. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Maßnahmen M1 und M2 gegenüber der Entwurfsfassung des Luftreinhalte-/Aktionsplans für Schwäbisch Gmünd (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.

- M1** Ganzjähriges Fahrverbot in der Kernstadt von Schwäbisch Gmünd ab dem 01.07.2007 für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppe 1 nach der Kennzeichnungsverordnung
- M2** Ganzjähriges Fahrverbot in der Kernstadt von Schwäbisch Gmünd ab dem 01.01.2012 für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppen 1 und 2 nach der Kennzeichnungsverordnung
- M9** Neubau des B 29-Tunnels in Schwäbisch Gmünd

Für die Hauptverkehrsstraßen in Schwäbisch Gmünd werden die Auswirkungen der oben genannten Maßnahmen auf die Immissionen berechnet. Aus den verfügbaren Verkehrsdaten des Straßennetzes von Schwäbisch Gmünd und Umgebung werden unter Berücksichtigung der aktuellen Emissionsdatenbank des UBA (Auspuffemissionen), d.h. HBEFA – Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 2.1, Stand 2004 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.

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 Schwäbisch Gmünd liegt östlich des Ballungsgebietes der Region Stuttgart im Übergangsbereich des Schwäbischen Albvorlandes und des Welzheimer Waldes. Der überwiegende Bereich der Siedlungsfläche ist im Tal der Rems gelegen, das dort eine Orientierung von Osten nach Westen aufweist. Der Stadtkern von Schwäbisch Gmünd liegt in dem Bereich, in dem das eingeschnittene Tal der Rems durch das von Südosten kommende Tal des Waldstetter Bachs eine Aufweitung aufweist. Die übergeordneten Verkehrsverbindungen verlaufen entlang den Talbereichen, wie die B 29 entlang dem Remstal in ost-westlicher Orientierung und die L 1160 in südöstlicher Richtung.

Die Lage des Betrachtungsgebietes mit dem Stadtgebiet von Schwäbisch Gmünd ist in **Abb. 3.1** aufgezeigt. In den Plan ist auch die Lage des geplanten B 29-Tunnels zwischen den Portalen zur Information eingetragen; ein zentraler Abluftkamin ist nördlich des Remstals im Kuppenbereich der Randhöhe vorgesehen.

3.2 Verkehr

Für die Betrachtungen der verkehrsbedingten Maßnahmen zum Luftreinhalte-/Aktionsplan Schwäbisch Gmünd 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 Ergebnissen von Verkehrszählungen der letzten Jahre, die durch die Stadtverwaltung aufbereitet und übergeben wurden. Für das Prognosejahr 2010 basieren die Verkehrsdaten für den Prognose Nullfall und den Zustand mit geplantem B 29-Tunnel auf dem Verkehrsgutachten „Gesamtverkehrsplan Raum Schwäbisch Gmünd“ (Brenner + Münnich, 1998) mit Aktualisierungen für den LKW-Verkehr.

Die Verkehrsbelegungsdaten für den Nullfall ohne Maßnahmen und die Maßnahmen M9 sind in **Abb. 3.2** und **Abb. 3.3** aufgezeigt. Die Verkehrsstärke im Tunnel ist gestrichelt eingetragen.

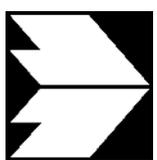
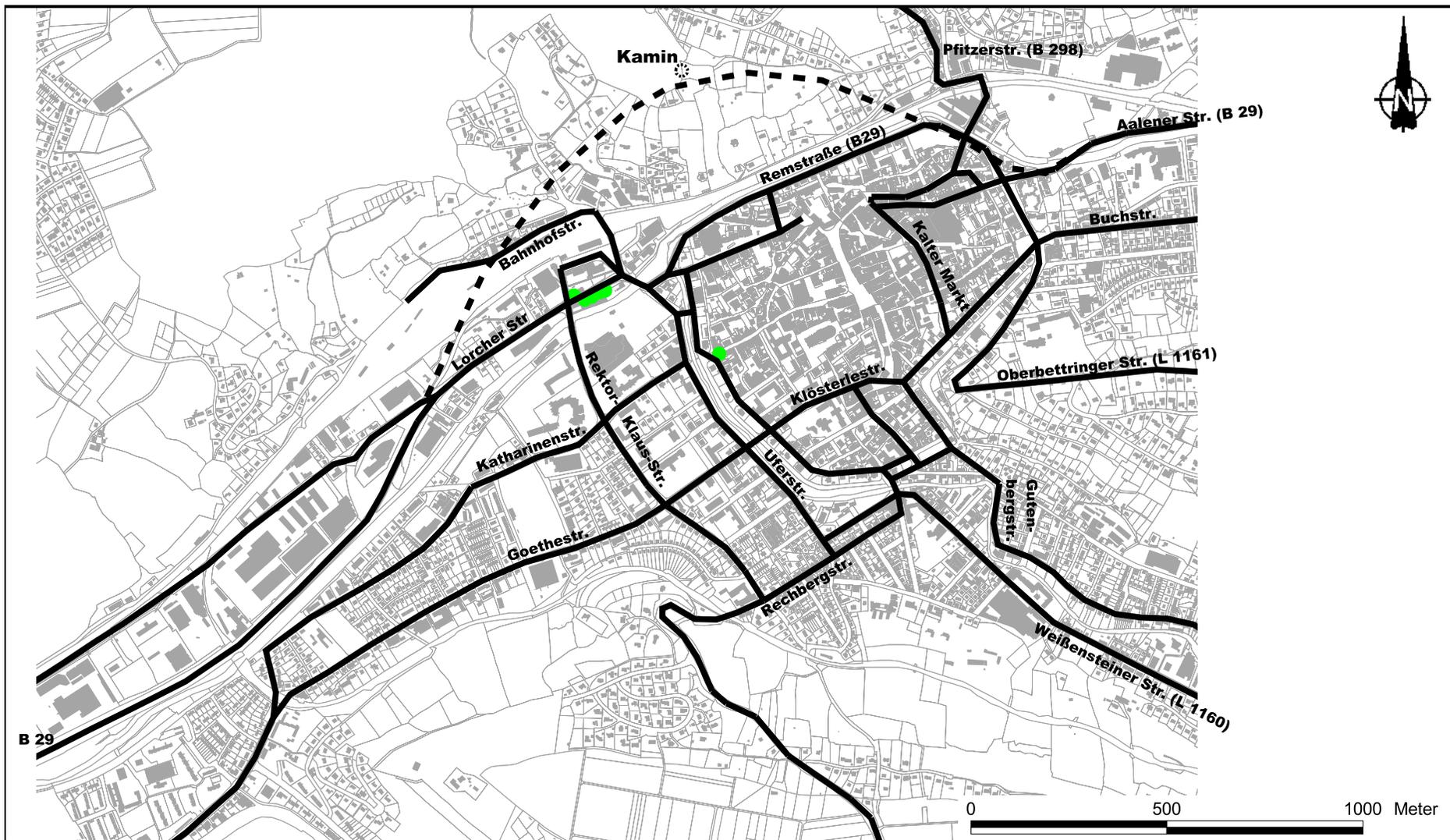


Abb. 3.1: Lageplan des Untersuchungsgebietes mit Standorten der Messstationen. Der geplante B 29-Tunnel ist gestrichelt eingezeichnet. Die Messstandorte sind durch grüne Kreise dargestellt

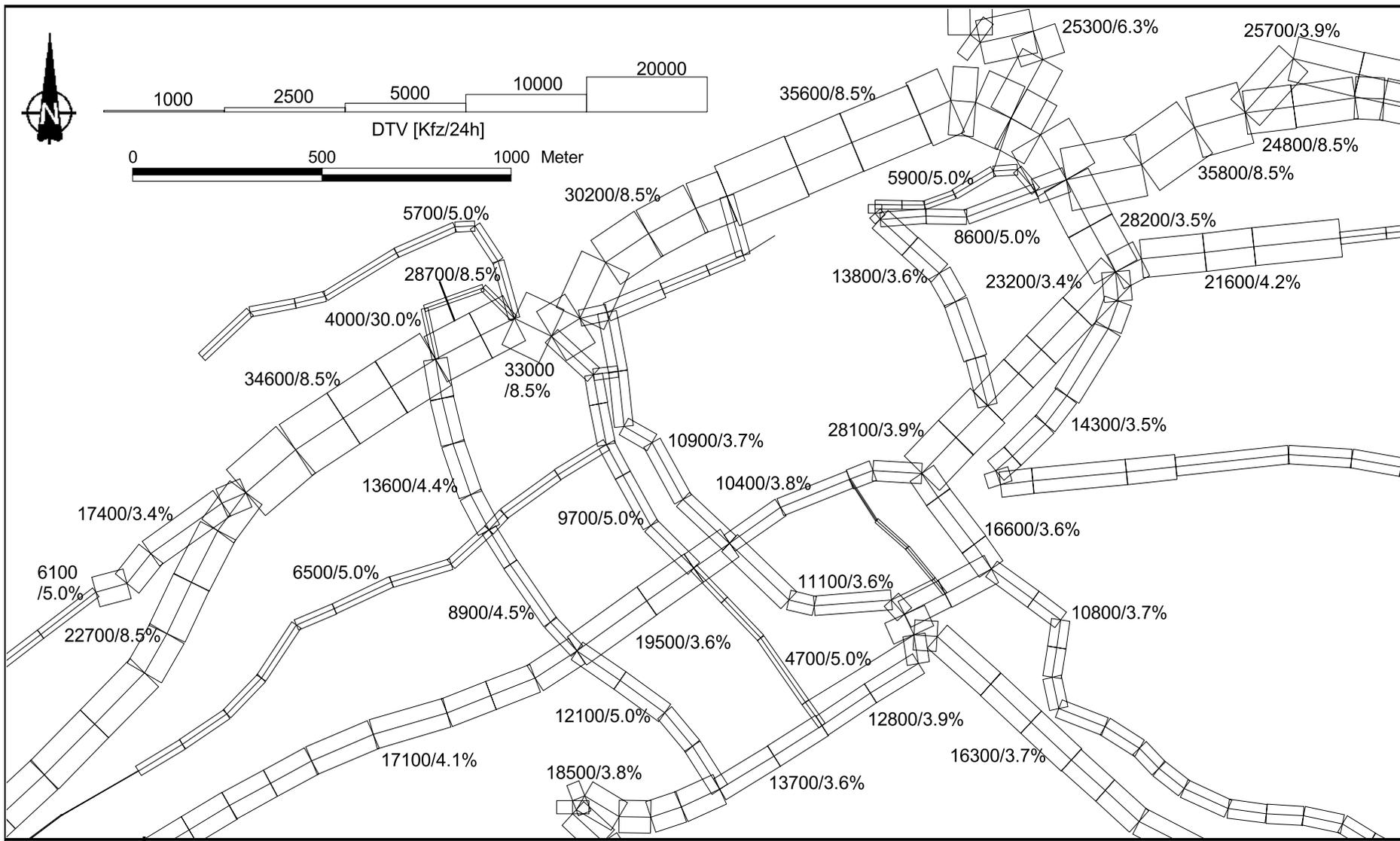
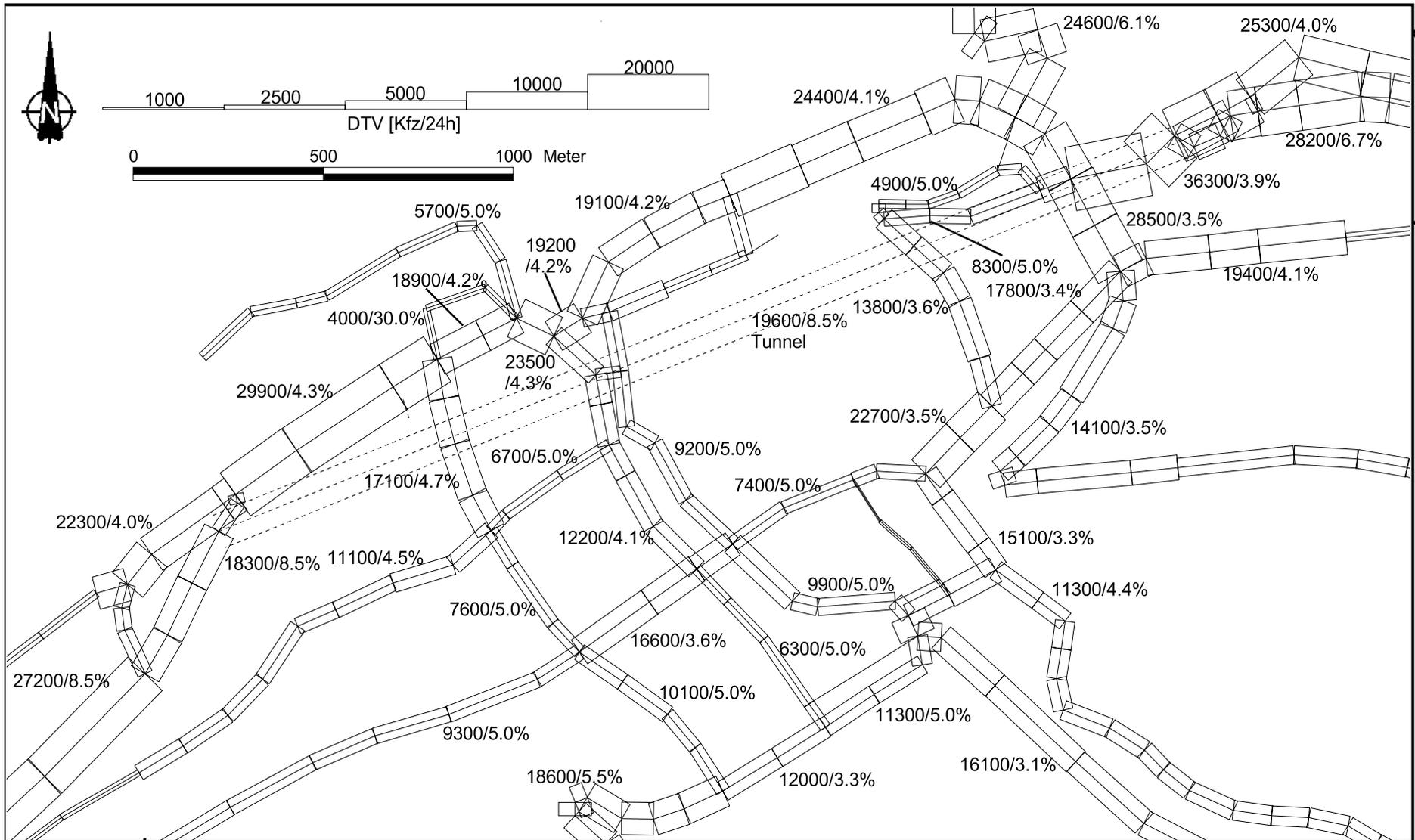


Abb. 3.2: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [Kfz/24h] und LKW-Anteil in [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Nullfall.





Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG



Abb. 3.3: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [Kfz/24h] und LKW-Anteil in [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für die Maßnahme M 9 mit B 29-Tunnel. Die Tunnelstrecke ist gestrichelt eingezeichnet

Die oben angesprochenen 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 2010 angegeben, diese Daten werden hier auch für die Bezugsjahre 2007 und 2012 angesetzt. Dementsprechend werden der Nullfall 2007 und der Nullfall 2012 mit gleichen Verkehrsbelegungsdaten angesetzt unter der Annahme, dass keine der genannten Maßnahmen umgesetzt wäre. Diese beiden Nullfälle werden als Vergleichszustände angesehen und dienen dem relativen Vergleich zur Beschreibung der Wirkung der Maßnahmen.

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

Für die Maßnahme **M9** wird die Umsetzung des geplanten B 29-Tunnels für den innerstädtischen Bereich von Schwäbisch Gmünd berücksichtigt. Diese Maßnahme wird für das Jahr 2012 betrachtet. Zusätzlich erfolgt eine Betrachtung von M9 auch mit Berücksichtigung von M2 (nachfolgend als M9 + M2 bezeichnet). Die emissionsseitige Berücksichtigung des Tunnelabschnittes erfolgt als Umsetzung der Informationen des Tunnellüftungsgutachtens (HBI, 2006). Danach ist eine zentrale Absaugung der Tunnelfortluft über einen Kamin vorgesehen, sodass an den Tunnelportalen nur geringe Anteile der Tunnelfortluft ausgetragen werden. Im Rahmen dieser Berechnungen wird angenommen, dass an jedem Tunnelportal ca. 10 % der Tunnelabluft und Tunnelemissionen freigesetzt werden und der größte Anteil über den Abluftkamin nördlich des Remstals im Kuppenbereich der Randhöhe (Lindenfirst) in ca. 33 m über Grund ausgeblasen wird.

Für den Standort der SPOT-Messstation in der Lorcher Straße in Schwäbisch Gmünd sind die Verkehrsbelegungsdaten ausgedrückt als Anzahl der Fahrzeuge pro Tag in **Abb. 3.4** (oben) aufgezeigt. Die Angabe der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke (DTV) beinhaltet alle Kfz; ergänzend ist die durchschnittliche tägliche Anzahl der LKW-Fahrten aufgeführt. In **Abb. 3.4** (unten) ist die relative Änderung bezogen auf den Nullfall aufgeführt, um die Auswirkungen der Maßnahmen aufzuzeigen. Die Maßnahme M9 mit dem geplanten B 29-Tunnel führt entsprechend den Angaben der Verkehrsuntersuchung an der innerstädtischen Lorcher Straße in Schwäbisch Gmünd gegenüber dem Nullfall zu einer deutlichen Verringerung der Kfz-Fahrten auf 66 % und der LKW-Fahrten auf 33 %.

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. 3.5** 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. 3.6** sind die prozentualen Anteile der Fahrten im Innerortsverkehr aufgezeigt, die von dem Fahrverbot betroffen sind.

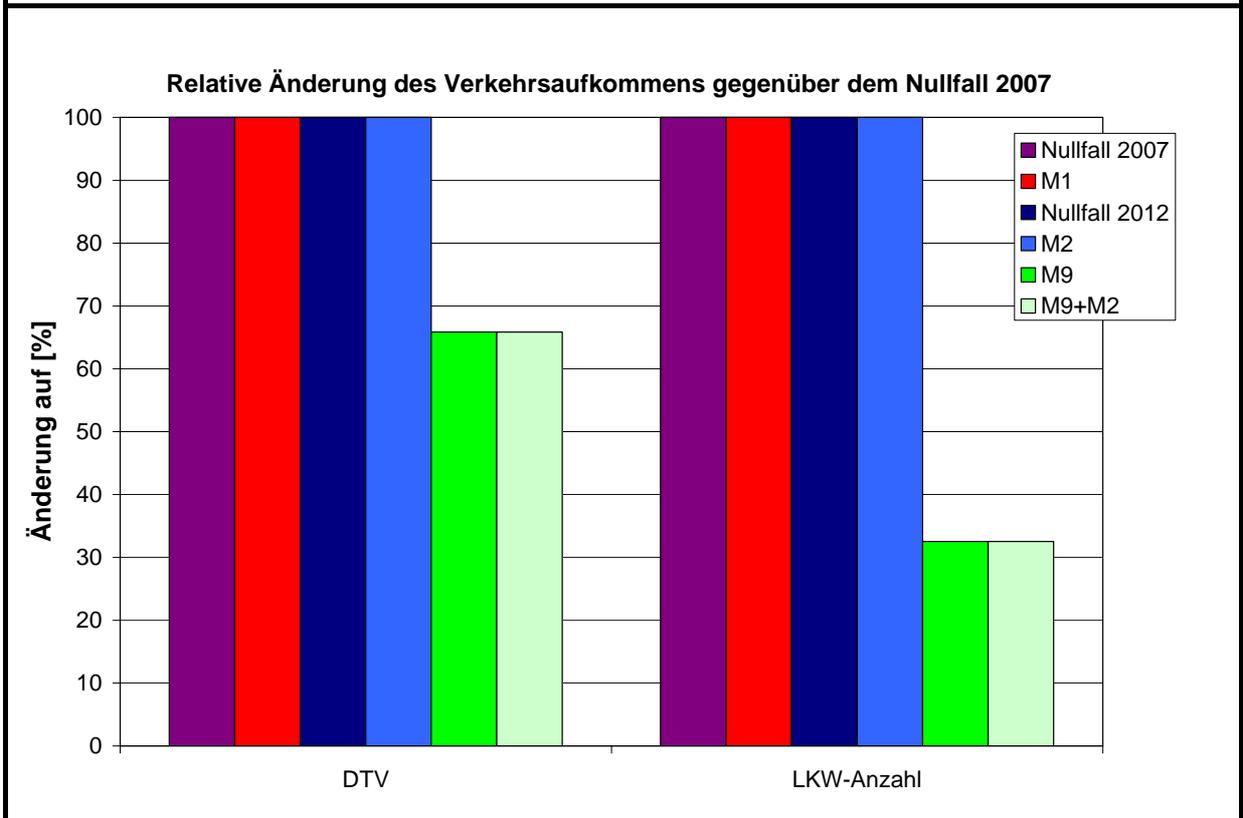
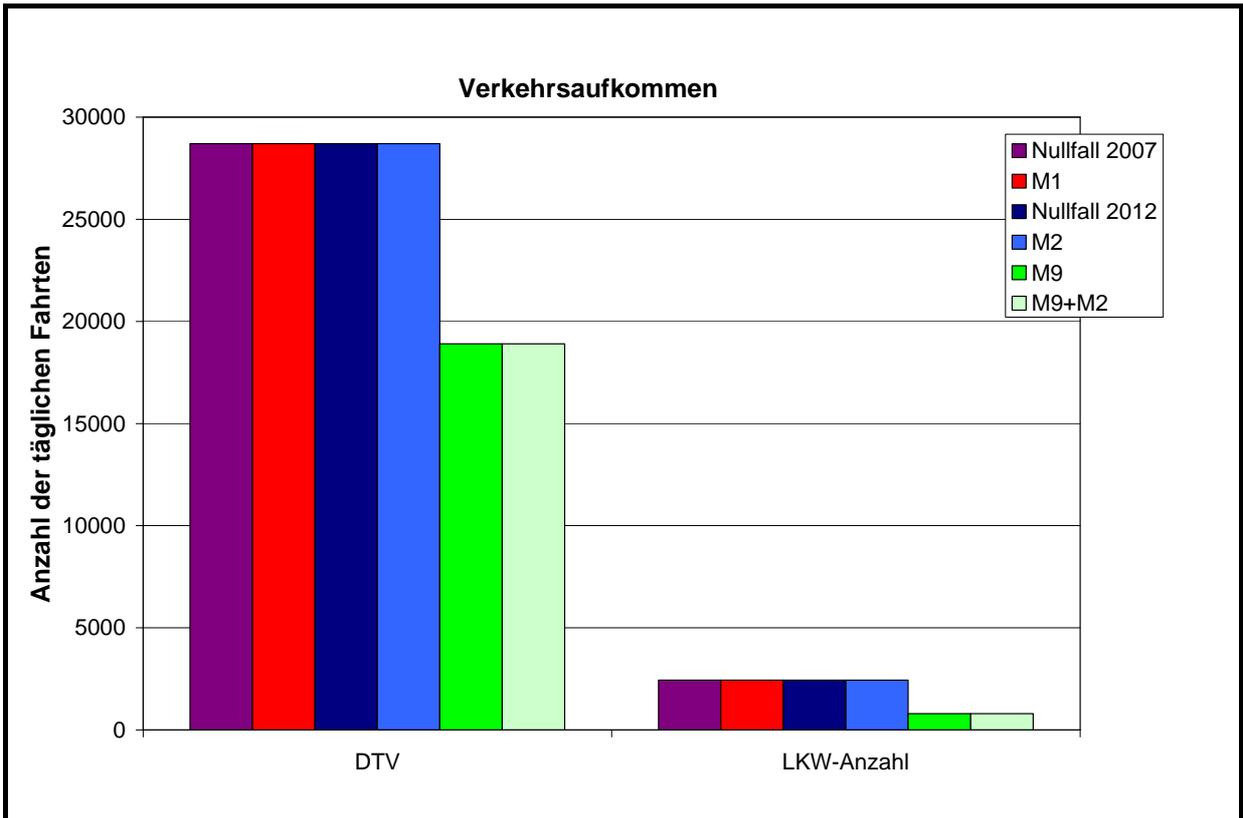


Abb. 3.4: Verkehrsbelegung an der Lorcher Straße in Schwäbisch Gmünd für die betrachteten Maßnahmen und Fälle
 oben: Anzahl der täglichen Fahrten
 unten: Relative Änderung gegenüber dem Nullfall 2007

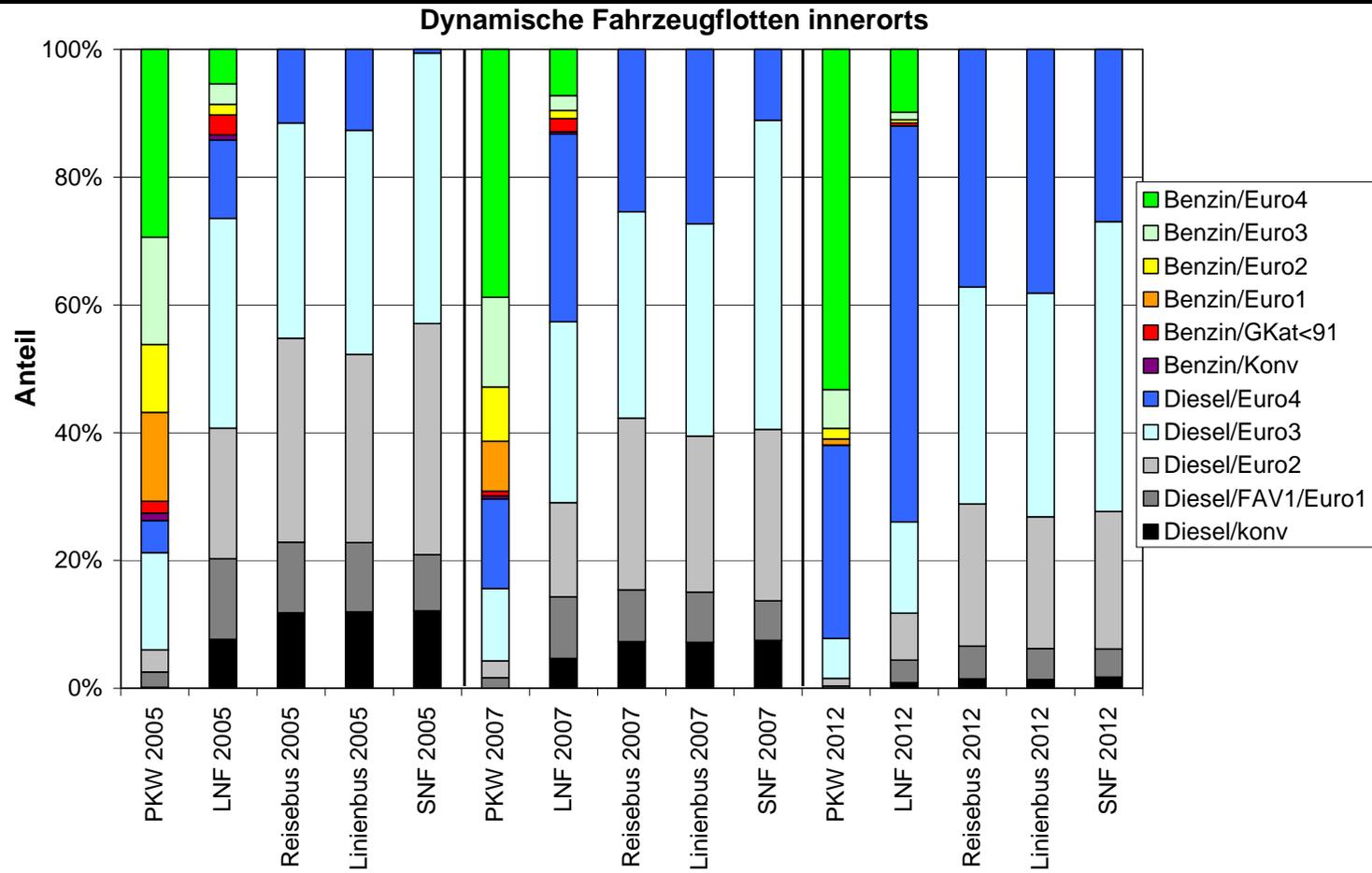


Abb. 3.5: Zusammensetzung der dynamischen Kfz-Flotte für die Jahre 2005, 2007 und 2012 entsprechend HBEFA, unterteilt nach PKW, leichte Nutzfahrzeuge (LNF), Reisebusse, Linienbusse und schwere Nutzfahrzeuge (SNF)

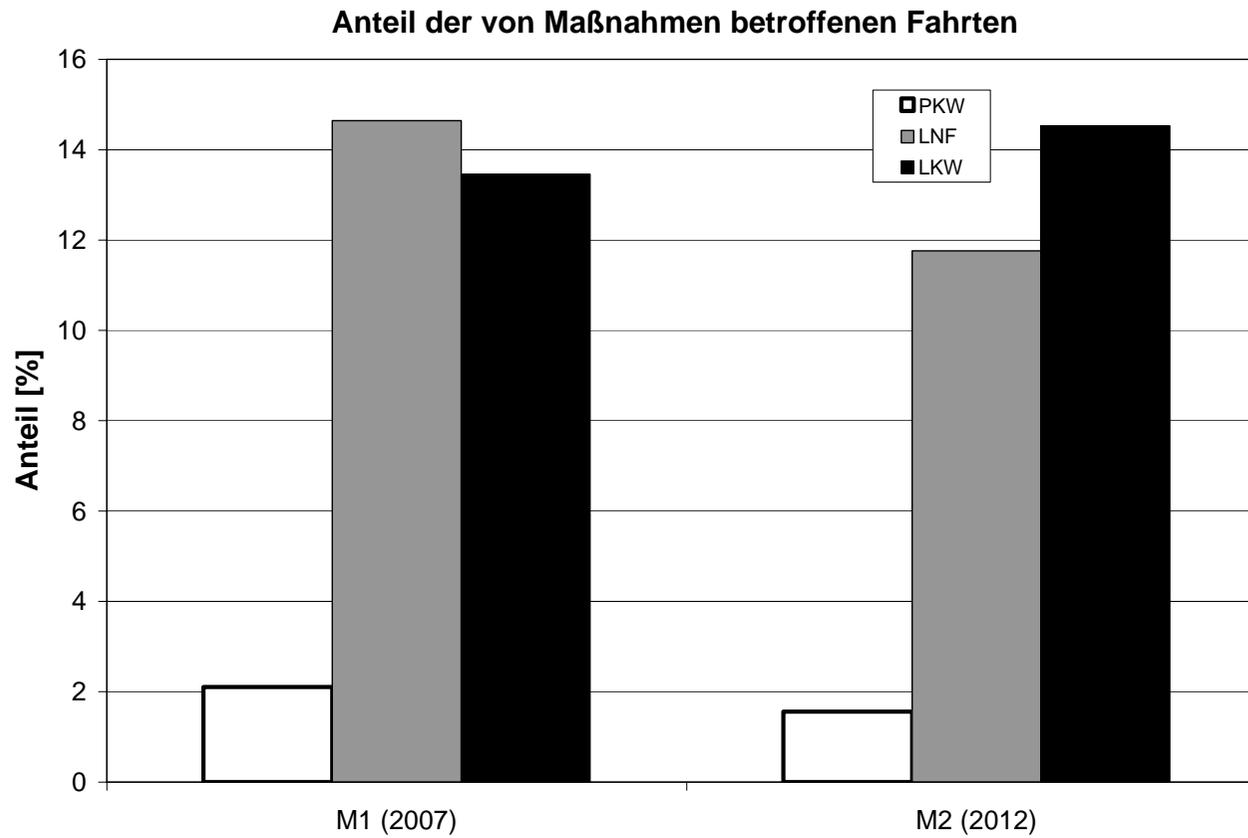


Abb. 3.6: Anteil der von den Fahrverboten der Maßnahmen M1 und M2 betroffenen Fahrten getrennt für PKW, Lieferwagen (LNF) und LKW

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-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“ (Reifenabrieb, 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 Schwäbisch Gmünd 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 eingetragenen Straßenstaub die in **Tab. 3.1** und **Tab. 3.2** exemplarisch für die innerörtlichen Verkehrssituationen in Schwäbisch Gmünd 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 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.

Die in der innerstädtischen Stadtdurchfahrt von Schwäbisch Gmünd im Zuge der B 29 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] PKW	Spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] für das Bezugsjahr 2007							
		NO _x		Partikel (nur Abgas)		Partikel (nur Abrieb und Aufwurb.)		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
LSA2	28.0	0.325	9.076	0.0106	0.3008	0.05	0.45	0.0123	0.1523
LSA3	23.9	0.339	9.235	0.0111	0.3222	0.05	0.45	0.0126	0.1609
LSA3_2	23.9	0.326	9.528	0.0116	0.3224	0.05	0.45	0.0129	0.1610
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-LSA2	28.0	0.311	9.011	0.0093	0.2432	0.05	0.45	0.0116	0.1293
M1-LSA3	23.9	0.323	9.180	0.0096	0.2584	0.05	0.45	0.0118	0.1354
M1-LSA3_2	23.9	0.309	9.461	0.0100	0.2599	0.05	0.45	0.0120	0.1360

Tab. 3.1: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz an der innerstädtischen Stadtdurchfahrt von Schwäbisch Gmünd im Zuge der B 29 für das Bezugsjahr 2007 nach HBEFA und für die Maßnahme M1

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
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	23.9	0.259	6.331	0.0095	0.1695	0.05	0.45	0.0117	0.0998
LSA3_2	23.9	0.252	6.510	0.0099	0.1708	0.05	0.45	0.0119	0.1003
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-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	23.9	0.249	5.817	0.0084	0.1481	0.05	0.45	0.0111	0.0912
M2-LSA3_2	23.9	0.242	5.976	0.0088	0.1494	0.05	0.45	0.0113	0.0918

Tab. 3.2: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz an der innerstädtischen Stadtdurchfahrt von Schwäbisch Gmünd im Zuge der B 29 für das Bezugsjahr 2012 nach HBEFA und für die Maßnahme M2

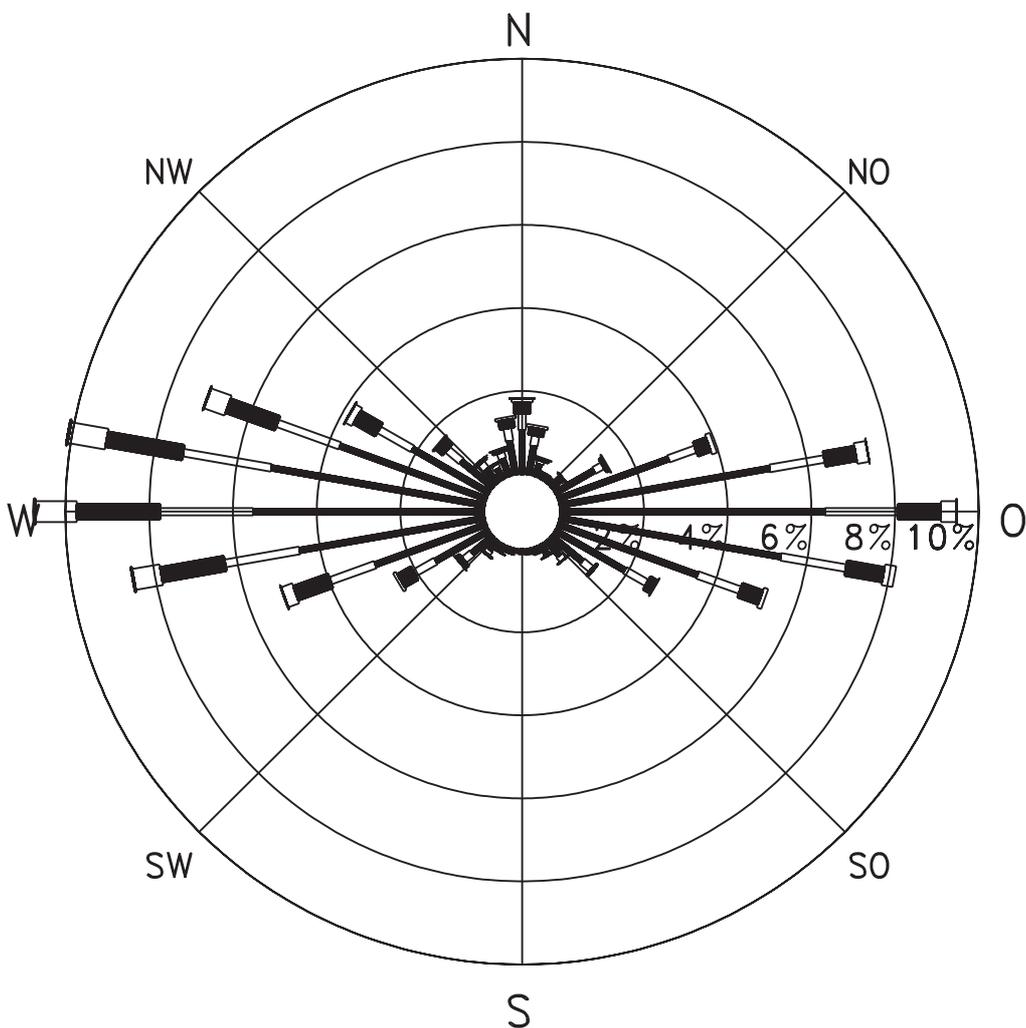
3.5 Meteorologische Daten

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 Schwäbisch Gmünd liegen Winddaten von zwei Messstationen vor. Das ist die Messstation Schwäbisch Gmünd des Deutschen Wetterdienstes im Remstal westlich des Siedlungsgebietes und die einjährig (1990-1991) betriebene Messstation der LfU-Baden-Württemberg innerhalb des Stadtgebietes.

Von der Station Schwäbisch Gmünd des DWD liegt eine Ausbreitungsklassenstatistik von den Jahren 1992 bis 1999 vor, die in **Abb. 3.7** aufgezeigt ist. Die Hauptwindrichtungen werden entsprechend der Ausrichtung des Remstals durch westliche sowie östliche Windrichtungen geprägt. Winde aus nördlicher Richtung weisen auch eine erwähnenswerte Häufigkeit auf. Die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit beträgt ca. 1.6 m/s.

Schwäbisch Gmünd



Station : Schwäb. Gmünd
 Messhöhe : 10 m
 Messzeit : 1992 – 1999
 mitt. Wg : 1.6 m/s

-  kleiner 1.4 m/s
-  1.4 bis 2.3 m/s
-  2.4 bis 3.8 m/s
-  3.9 bis 6.9 m/s
-  7.0 bis 10 m/s
-  größer 10 m/s



Abb. 3.7: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung an der Messstation Schwäbisch Gmünd. (Quelle: DWD)

Die einjährige Windrose der städtischen LfU-Station in Schwäbisch Gmünd weist deutliche Einflüsse durch die umliegenden baulichen Nutzungen auf, sodass dort eine mittlere jährliche Windgeschwindigkeit von ca. 1.1 m/s bei Hauptwindrichtungen aus südwestlicher sowie nordöstlicher Richtung erfasst wurde.

Für die Ausbreitungsrechnungen wird die Ausbreitungsklassenstatistik der Station Schwäbisch Gmünd des Deutschen Wetterdienstes unter Berücksichtigung der nutzungsbedingten Rauigkeiten herangezogen.

4 AUSWIRKUNGEN DER MASSNAHMEN

4.1 Auswirkungen auf Emissionen der Straßenabschnitte

Basierend auf den o.g. Flotten- und Emissionsdaten werden die Emissionen für die Hauptverkehrsstraßen in Schwäbisch Gmünd berechnet. Die Darstellung der Berechnungsergebnisse konzentriert sich im Folgenden auf den Straßenabschnitt der Lorcher Straße, 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 die 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 M9, dem geplanten B 29-Tunnel in Schwäbisch Gmünd, sind sehr deutliche Verringerungen der Emissionen zu erwarten.

Für die NO_x-Emissionen sind in der Lorcher Straße gegenüber dem Referenzzustand, d.h. dem Nullfall 2007, mit der Maßnahme M1 ca. 98 %, im Nullfall 2012 ca. 71 %, mit der Maßnahme M2 ca. 66 %, mit der Maßnahme M9 im Jahr 2012 ca. 30 % und mit der Kombination der Maßnahme M9 und M2 im Jahr 2012 ca. 28 % der Emissionen zu erwarten. Die Maßnahmen mit dem geplanten B 29-Tunnel in Schwäbisch Gmünd führen zu einer deutlichen Verringerung der NO_x-Emissionen an der SPOT-Messstelle und der innerstädtischen west-östlichen Durchfahrt im Zuge der B 29, 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.

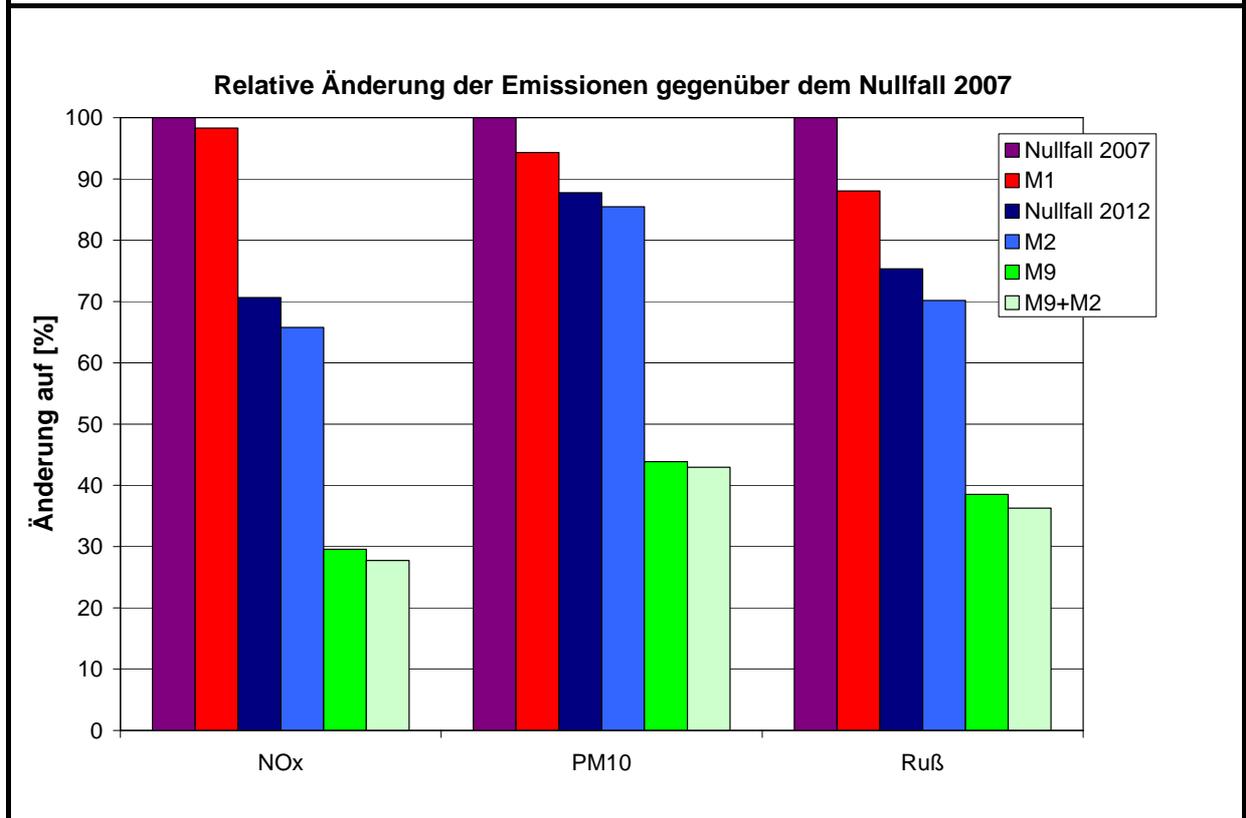
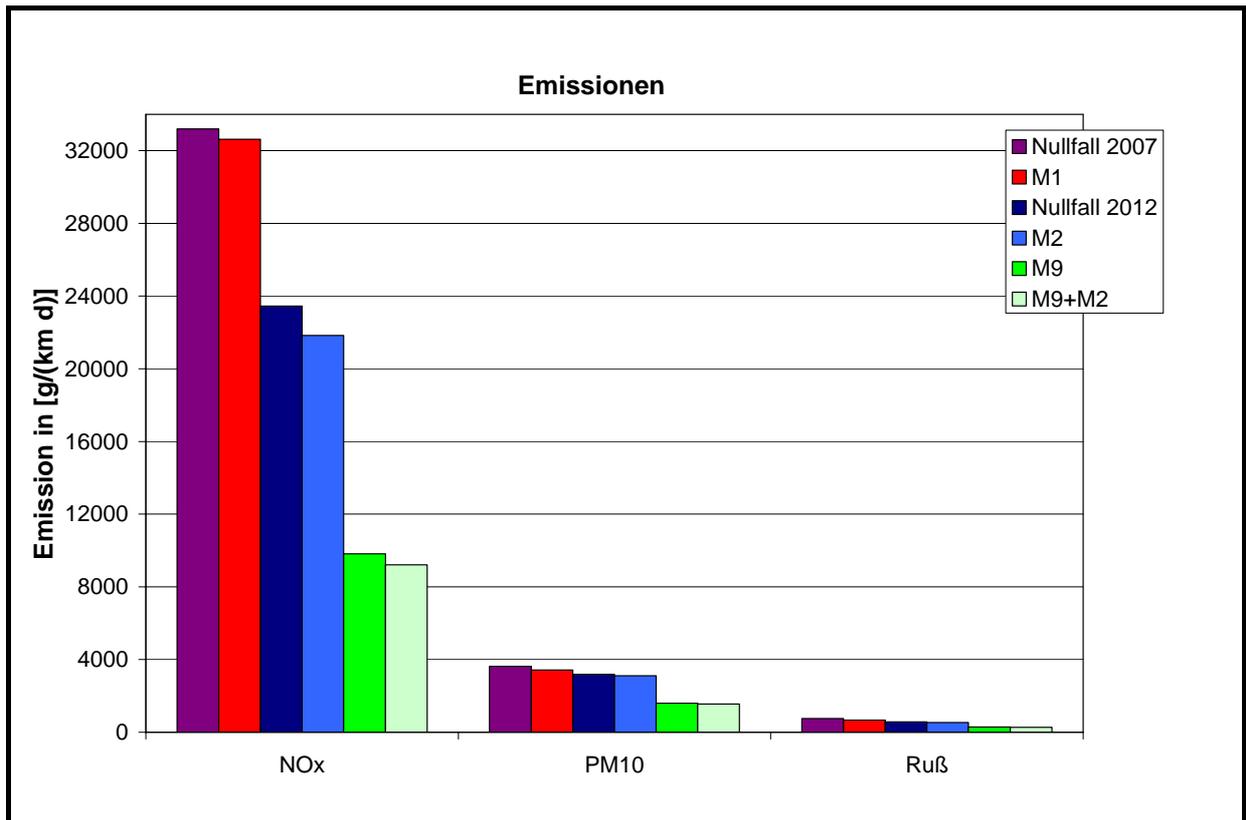


Abb. 4.1: Emissionen an der Lorcher Straße in Schwäbisch Gmünd für die betrachteten Maßnahmen und Fälle.
 oben: Emission in [g/(km d)]
 unten: Relative Änderung gegenüber dem Nullfall 2007 in %

Die PM10-Emissionen weisen in der Lorcher Straße gegenüber dem Referenzzustand, d.h. dem Nullfall 2007, mit der Maßnahme M1 ca. 94 %, im Nullfall 2012 ca. 88 %, mit der Maßnahme M2 ca. 86 %, mit der Maßnahme M9 im Jahr 2012 ca. 44 % und mit der Kombination der Maßnahme M9 und M2 im Jahr 2012 ca. 43 % der Emissionen auf. Die Maßnahmen mit dem geplanten B 29-Tunnel in Schwäbisch Gmünd führen zu einer deutlichen Verringerung der PM10-Emissionen an der SPOT-Messstelle und der innerstädtischen west-östlichen Durchfahrt im Zuge der B 29, während die Maßnahmen entsprechend der Kennzeichnungsverordnung geringe Verringerungen erwarten lassen. 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. 88 %, im Nullfall 2012 ca. 75 %, mit der Maßnahme M2 ca. 70 %, mit der Maßnahme M9 im Jahr 2012 ca. 39 % und mit der Kombination der Maßnahme M9 und M2 im Jahr 2012 ca. 36 % der Emissionen auf. Die Maßnahmen mit dem geplanten B 29-Tunnel in Schwäbisch Gmünd führen zu einer deutlichen Verringerung der Rußemissionen an der SPOT-Messstelle und der innerstädtischen west-östlichen Durchfahrt im Zuge der B 29, während die Maßnahmen entsprechend der Kennzeichnungsverordnung geringe 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

Im Jahr 2004 wurden in Schwäbisch Gmünd Messdaten an innerstädtischen west-östlichen Durchfahrt im Zuge der B 29, der Lorcher Straße, erfasst. **Tab. 4.1** zeigt eine Zusammenstellung der Messdaten in Schwäbisch Gmünd im Jahr 2004 für die Straßenmessstationen an

der Lorcher Straße und die Messung im Stadtbereich, an der Kreuzung Bocksgasse/Parlerstraße in größerem Abstand zu den Hauptverkehrsstraßen. Die Messpunkte MP1, MP2 und MP6 liegen südlich der Lorcher Straße vor einem lang gestreckten Gebäuderiegel, der Messpunkt MP3 südlich der Lorcher Straße in einem unbebauten Hofbereich und MP4 nördlich der Lorcher Straße vor einem Gebäude am Kreuzungsbereich mit der Rektor-Klaus-Straße. Die Straßenmessstation MP6 in Schwäbisch Gmünd, an der NO₂, PM10 und Ruß gemessen wird, liegt damit vor einer dichten Randbebauung, aber nicht direkt am Kreuzungsbereich mit der auch stark befahrenen Rektor-Klaus-Straße.

Für das Jahr 2005 wurden an der SPOT-Station Lorcher Straße ein NO₂-Jahresmittelwert von 80 µg/m³, ein PM10-Jahresmittelwert von 36 µg/m³ und 51 Überschreitungstage erfasst (LUBW, 2006).

	NO₂-I1 [µg/m³]	PM10-I1 [µg/m³]	PM10-Überschreitung [Anzahl]	Ruß-I1 [µg/m³]
Lorcher Straße MP1	97	-	-	-
Lorcher Straße MP2	91	-	-	-
Lorcher Straße MP3	74	-	-	-
Lorcher Straße MP4	88	-	-	-
SHG MP5 Hint.	39	-	-	2.7
Lorcher Straße MP6	75	35	57	6.9

Tab. 4.1: Messdaten 2004 an den Messstationen in Schwäbisch Gmünd. I1 = Jahresmittelwert, PM10-Überschreitung = Anzahl der Tage über 50 µg/m³, 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. Aalen, Göppingen) 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 einheitli-

che Immission berechnet; mit diesem Berechnungsverfahren kann keine weitere örtliche Differenzierung erfolgen, sodass für den Straßenabschnitt der Lorcher Straße an den Messstationen ein Rechenwert erzeugt wird. 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 Schwäbisch Gmünd 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 Schwäbisch Gmünd diese Anforderung eingehalten.

	NO₂-I1 [µg/m ³]	PM10-I1 [µg/m ³]	Ruß-I1 [µg/m ³]
Lorcher Straße	70	38	6.8
Stadtbereich	39	-	2.8

Tab. 4.2: Berechnete Immissionen an den Messstationen in Schwäbisch Gmünd.

Mit der selben Vorgehensweise werden basierend auf den prognostizierten Verkehrsleistungsdaten für die zu betrachtenden Jahre 2007 und 2012 Immissionsberechnungen für die genannten Maßnahmen und Jahre durchgeführt. Die Ergebnisse werden zusammenfassend für die Lorcher Straße als Konzentrationen und als relative Änderungen 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 Jahre 2007 und 2012 sowie für die Maßnahmen M1, M2, M9 und M9 + M2 bezogen auf den Nullfall 2007 aufgezeigt. Im Anhang A2 sind die berechneten Immissionen für die betrachteten Straßen in Schwäbisch Gmünd grafisch dargestellt.

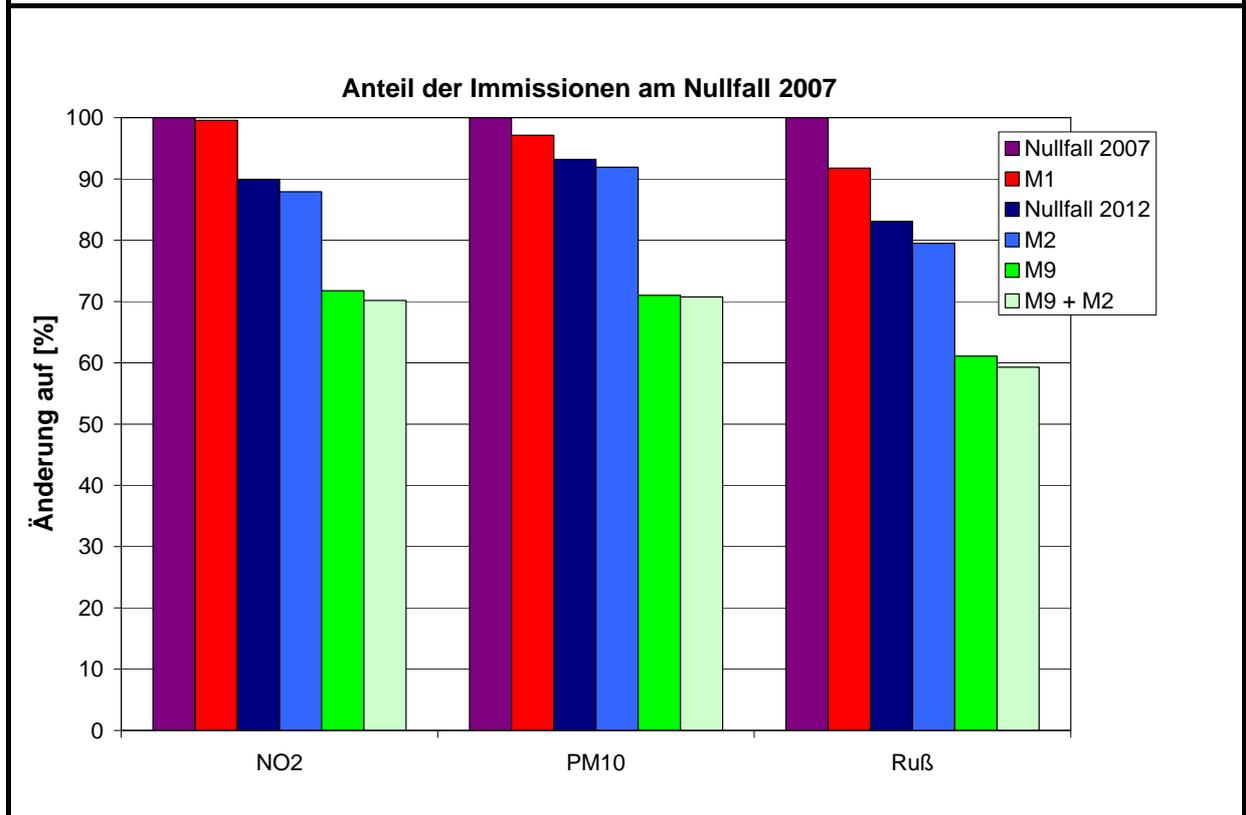
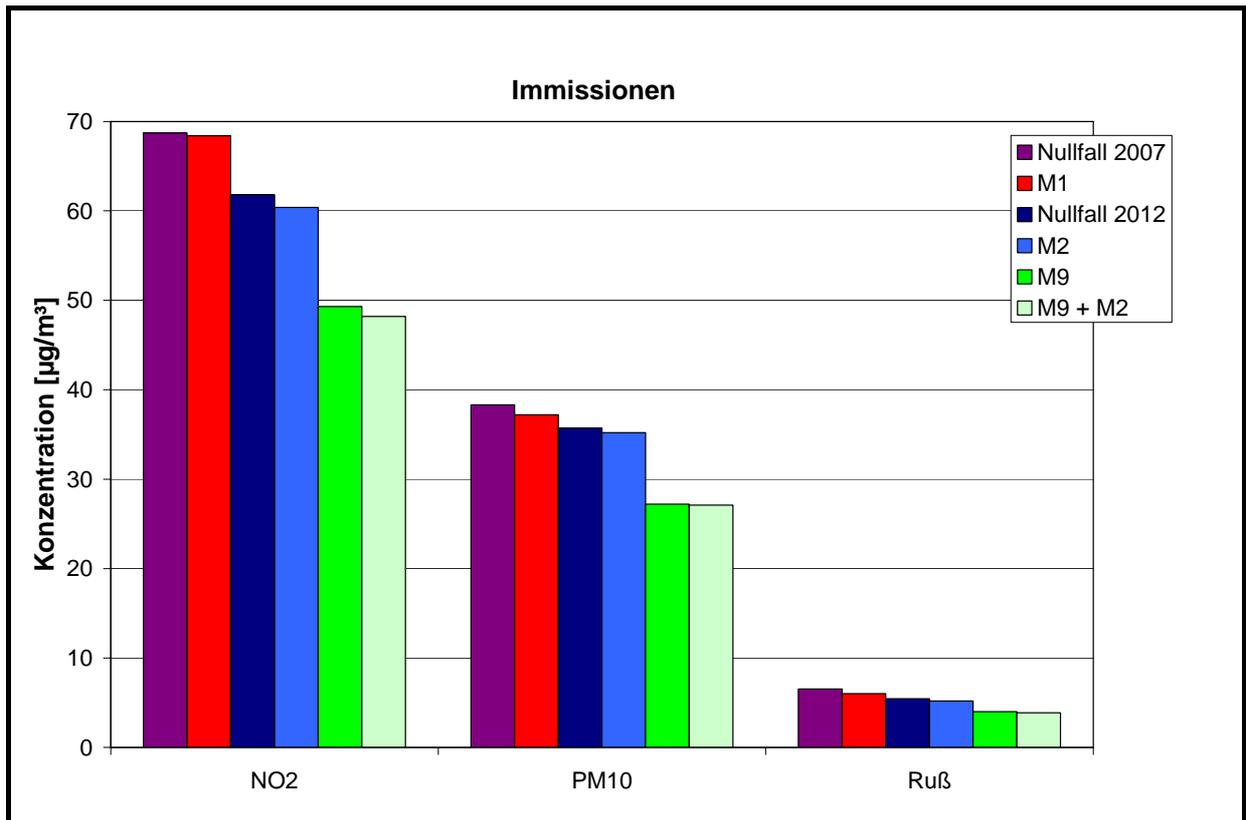


Abb. 4.2: Immissionen an der Lorcher Straße in Schwäbisch Gmünd für die betrachteten Maßnahmen und Fälle.
 oben: Konzentration in [µg/m³]
 unten: Änderung gegenüber Nullfall 2007 in %

Die berechneten NO₂-Immissionen verringern sich am Standort der SPOT-Messstelle an der Lorcher Straße ausgehend vom Nullfall 2007 mit 69 µg/m³ durch die weitestgehende Maßnahme bis auf ca. 48 µg/m³. Gegenüber dem Referenzzustand, dem Nullfall 2007, weisen die NO₂-Belastungen mit der Maßnahme M1 praktisch unveränderte Belastungen, im Jahr 2012 ohne Maßnahmen ca. 90 %, mit der Maßnahme M2 ca. 88 %, mit der Maßnahme M9 im Jahr 2012 ca. 72 % und mit der Kombination der Maßnahme M9 und M2 im Jahr 2012 ca. 70 % der Gesamtbelastungen auf (**Abb. 4.2**). Deutliche Minderungen der verkehrsbedingten NO₂-Beiträge werden durch den geplanten B 29-Tunnel mit einhergehender Verringerung des Kfz- und LKW-Verkehrs in der innerstädtischen, west-östlich gerichteten Durchfahrt in Schwäbisch Gmünd erzielt. Die beschriebenen Maßnahmen der Fahrverbote nach der Kennzeichnungsverordnung und die Entwicklung der Fahrzeugflotte bis 2012 führen auch zu einer Verringerung der NO₂-Gesamtbelastungen.

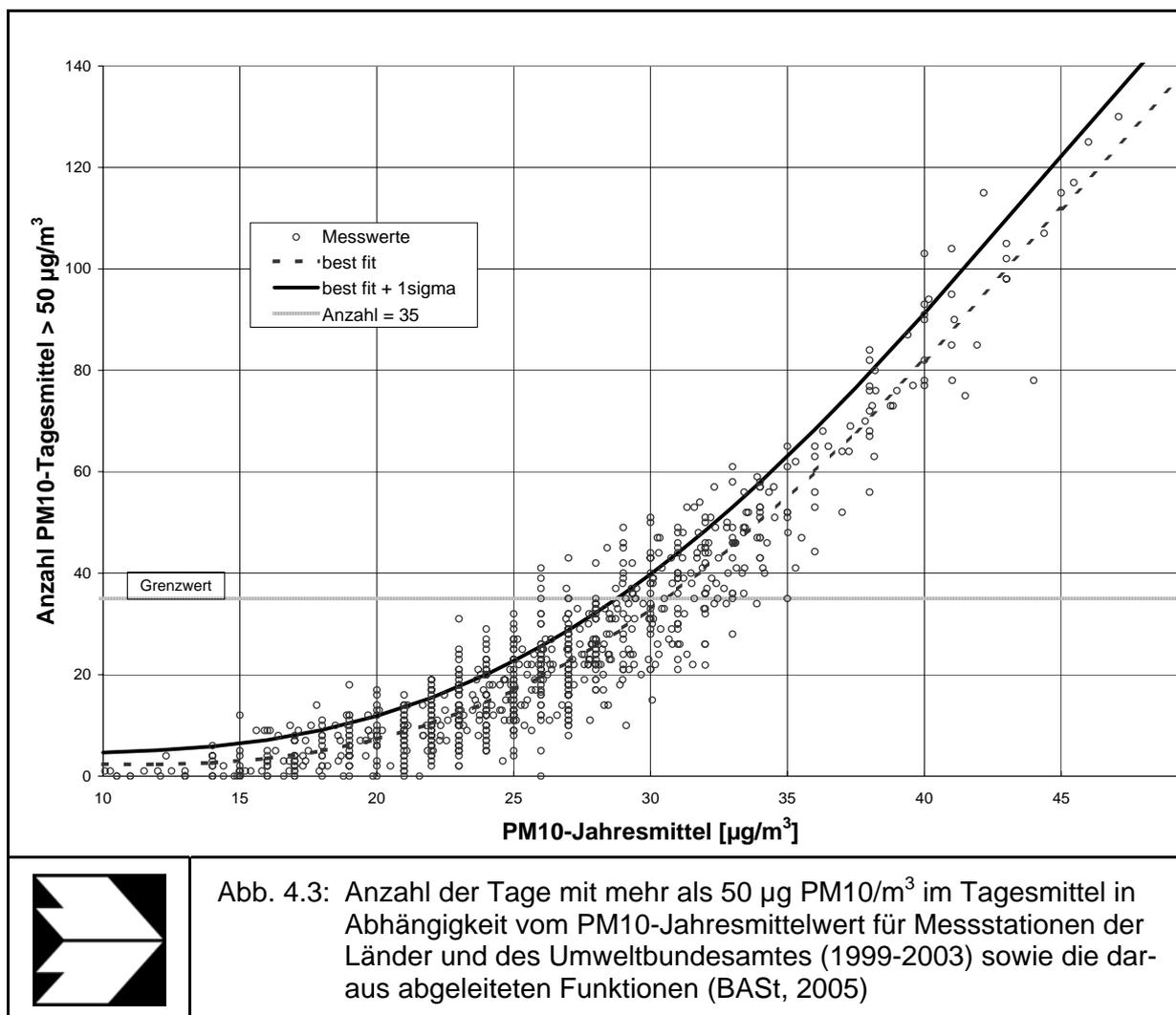
Im Hinblick auf die NO₂-Belastungen ist zu erwähnen, dass die Messwerte an der Lorcher Straße in Abhängigkeit von der kleinräumigen Positionierung deutlich variieren (vgl. **Tab. 4.1**). Die Immissionsberechnungen beschreiben die Belastungen an der nächstgelegenen Randbebauung zur Straße, sodass bei etwas abgerückter Bebauung geringere Immissionen zu erwarten sind und damit auch eine Einhaltung des Grenzwertes von 40 µg/m³ mit der Maßnahme M9 nicht auszuschließen ist.

Die berechneten PM10-Immissionen verringern sich an der Lorcher Straße ausgehend vom Nullfall 2007 mit 38 µg/m³ durch die weitestgehende Maßnahme bis auf ca. 27 µg/m³. Gegenüber dem Referenzzustand, dem Nullfall 2007, weisen die PM10-Belastungen mit der Maßnahme M1 ca. 97 %, im Jahr 2012 ohne Maßnahmen ca. 93 %, mit der Maßnahme M2 ca. 92 %, mit der Maßnahme M9 im Jahr 2012 ca. 71 % und mit der Kombination der Maßnahme M9 und M2 im Jahr 2012 ebenfalls ca. 71 % der Gesamtbelastungen auf (**Abb. 4.2**). Deutliche Minderungen der verkehrsbedingten PM10-Beiträge werden durch den geplanten B 29-Tunnel mit einhergehender Verringerung des Kfz- und LKW-Verkehrs in der innerstädtischen, west-östlich gerichteten Durchfahrt in Schwäbisch Gmünd erzielt.

Die beschriebenen Maßnahmen der Fahrverbote nach der Kennzeichnungsverordnung führen zu einer leichten Verringerung und die Entwicklung der Fahrzeugflotte bis 2012 zu einer mittleren Verringerung der PM10-Gesamtbelastungen.

Für die Auswertungen der PM10-Kurzzeitbelastungen, d.h. die Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittelwertes von 50 µg/m³, liegen in Schwäbisch Gmünd 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. 4.3**). 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 Standardabweichung erhöhte Funktion („best fit + 1 sigma“) sind ebenfalls in der **Abb. 4.3** dargestellt.



Mehr als 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Grenzwert) werden mit diesem Ansatz unter Berücksichtigung des Sicherheitszuschlags für PM10-Jahresmittelwerte ab $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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. $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ einen nahezu identischen Verlauf wie der o.g. „best fit“ nach BAST (2005). Im statistischen Mittel wird somit bei beiden Datenauswertungen die Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes bei einem PM10-Jahresmittelwert von $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 nur mit der Maßnahme M9, d.h. mit geplantem B 29-Tunnel, eine Einhaltung des PM10-Kurzzeitbelastungswertes zu erwarten.

Ergänzend zu den Feinstaubbelastungen werden auch die Auswirkungen auf die Rußbelastungen in **Abb. 4.2** aufgezeigt. Die berechneten Rußimmissionen verringern sich an der Lorcher Straße ausgehend vom Nullfall 2007 mit $6.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durch die weitestgehende Maßnahme bis auf ca. $3.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Gegenüber dem Referenzzustand, dem Nullfall 2007, weisen die Rußbelastungen mit der Maßnahme M1 ca. 92 %, im Jahr 2012 ohne Maßnahmen ca. 83 %, mit der Maßnahme M2 ca. 80 %, mit der Maßnahme M9 im Jahr 2012 ca. 61 % und mit der Kombination der Maßnahme M9 und M2 im Jahr 2012 ca. 59 % der Gesamtbelastungen auf. Deutliche Minderungen der verkehrsbedingten Rußbeiträge werden durch den geplanten B 29-Tunnel mit einhergehender Verringerung des Kfz- und LKW-Verkehrs in der innerstädtischen, west-östlich gerichteten Durchfahrt in Schwäbisch Gmünd 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 B 29-Tunnel zu deutlichen Verringerungen der verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastungen entlang der innerstädtischen, west-östlich gerichteten Durchfahrt in Schwäbisch Gmünd führen kann. Damit ist diese Maßnahme geeignet, die bestehenden hohen Luftschadstoffbelastungen an der Hauptdurchfahrtsstraße in Schwäbisch Gmünd wesentlich zu verringern. Mit der Maßnahme M9, B 29-Tunnel, ist die Einhaltung des Grenzwertes der PM10-Kurzzeitbelastung zu erwarten.

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.
- Brenner + Münnich (1998): Gesamtverkehrsplan Raum Schwäbisch Gmünd. Verkehrsgutachten im Auftrag der Stadtverwaltung Schwäbisch Gmünd. Ingenieurbüro Dr. Brenner + Münnich, Aalen.
- 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.
- Fahverbote 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., Bösing, 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.

- HBI (2006): Tunnel Schwäbisch Gmünd, Überarbeitung der Tunnellüftung nach RABT-2003. Erarbeitung durch HBI Haerter AG Beratende Ingenieure, Zürich, im Auftrag von BUNG Ingenieure AG.
- 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.
- LfU (2000): Windstatistiken in Baden-Württemberg. Interaktive Windrosenkarte (CD-ROM). Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe.
- 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 Regierungspräsidiums Stuttgart.
- LUBW (2006): Immissionsmessdaten. Herausgeber: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe. Im Internet unter www.lubw.baden-wuerttemberg.de.
- 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).
- 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.

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 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 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 Lorcher Straße in Schwäbisch Gmünd an der bestehenden verkehrsnahen Messstelle aufgeführt. Für den Nullfall 2007 und die Maßnahmen M1, M2 und M6 (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, M2 und M6 (2012) für alle betrachteten Hauptverkehrsstraßen in Schwäbisch Gmünd 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 Schwäbisch Gmünd werden für die grafischen Darstellungen des gesamten Hauptverkehrsstraßennetzes mehr als 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ (Grenzwert) ab PM10-Jahresmittelwerten von 29 µg/m³ angesetzt. Das Überschreiten dieses Schwellenwertes ist in **Abb. A2.5** bis **A2.8** ab der hellgrünen Farbdarstellung aufgezeigt, d.h. an allen grün, gelb und rot gekennzeichneten Straßenabschnitten kann eine Überschreitung des PM10-Kurzzeitbelastungswertes bei entsprechenden Nutzungen erwartet werden. Damit sind mit der Maßnahme M9 entlang den innerstädtischen Hauptverkehrsstraßen nur in vereinzelten Straßenabschnitten hohe PM10-Kurzzeitbelastungen berechnet.

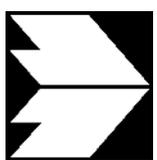
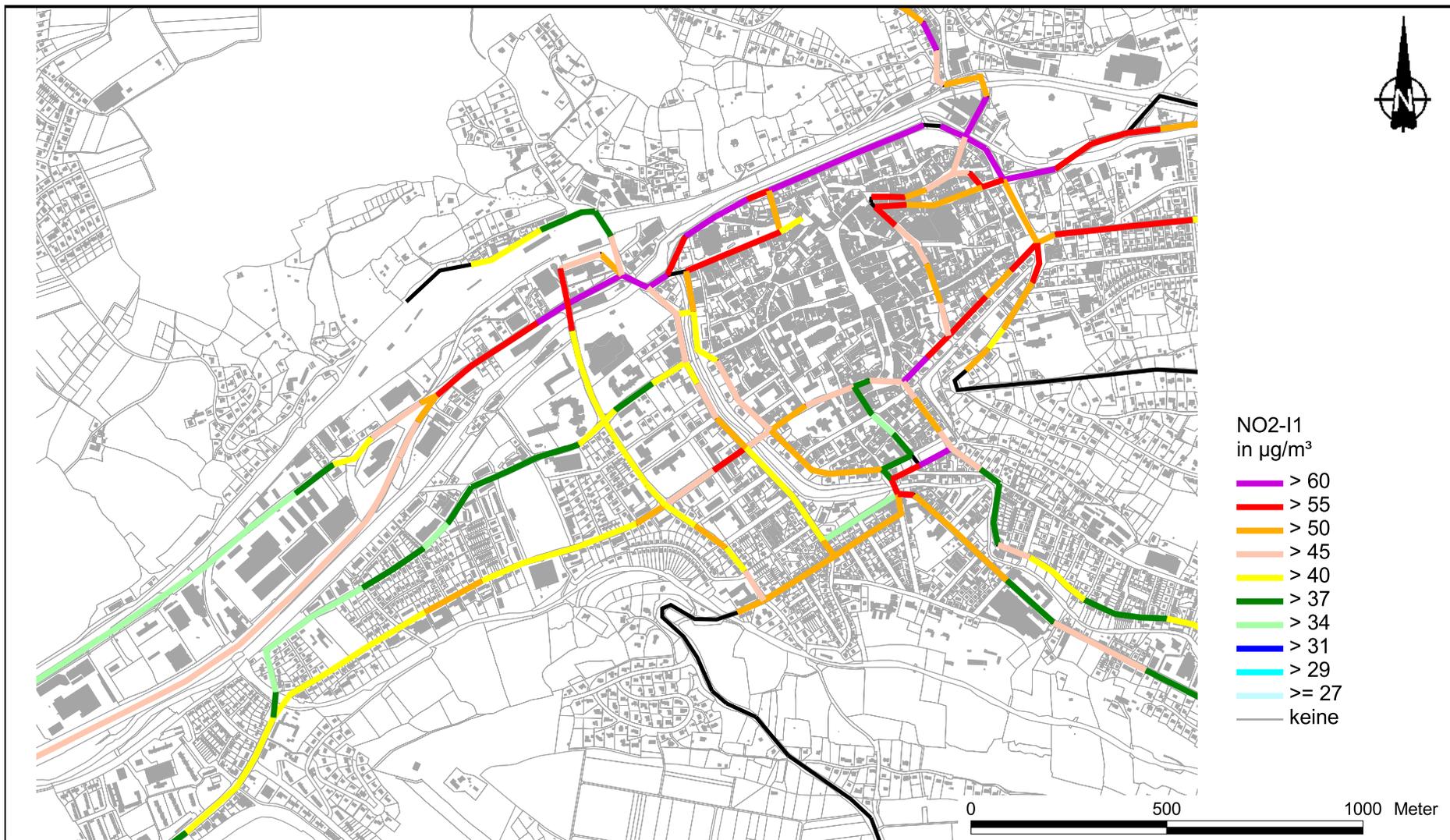


Abb. A2.1: NO2-Immissionen (Jahresmittelwert) für den Nullfall im Jahr 2007

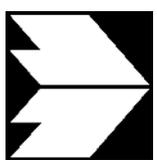
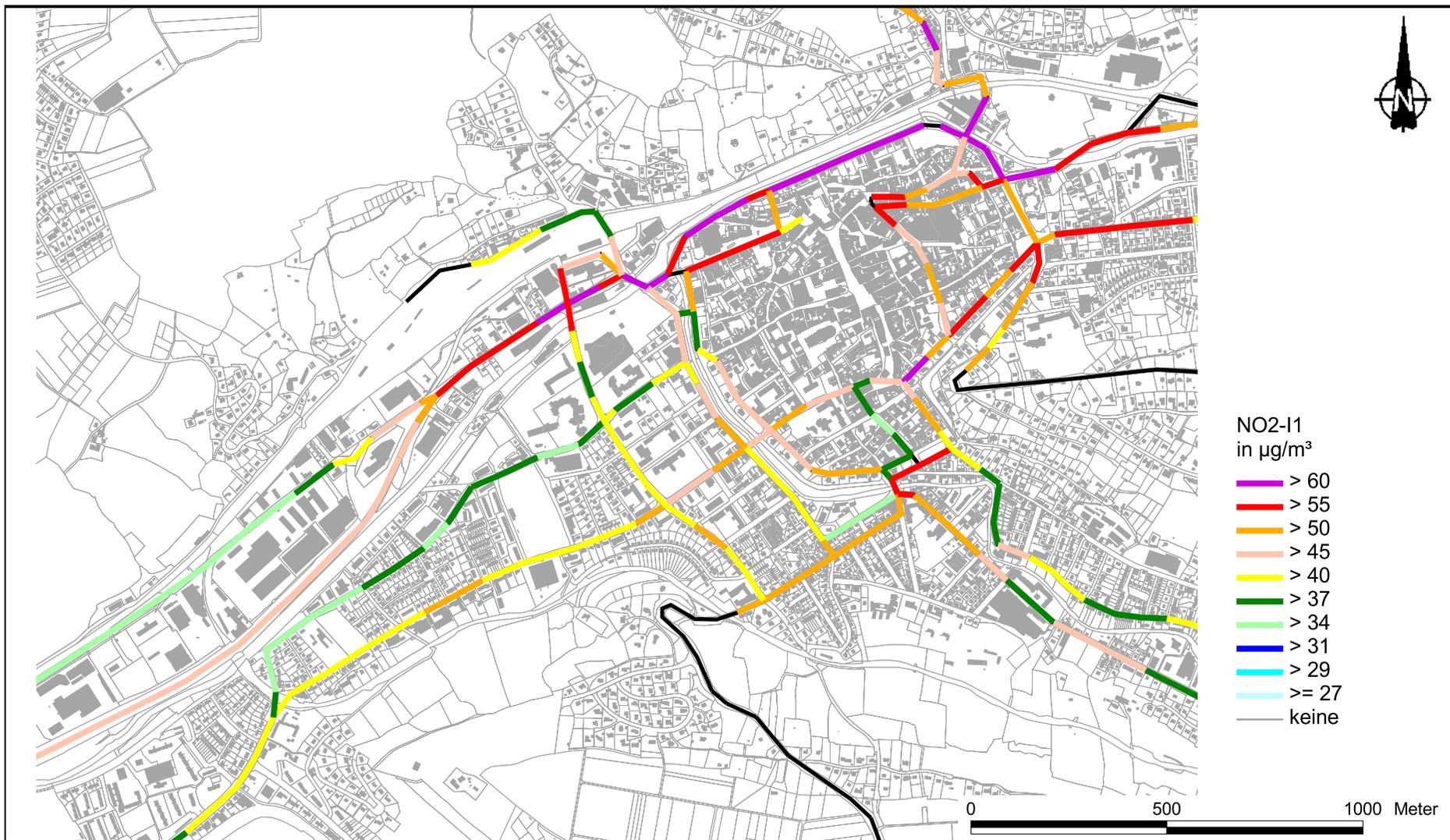


Abb. A2.2: NO2-Immissionen (Jahresmittelwert) für die Maßnahme M1 im Jahr 2007

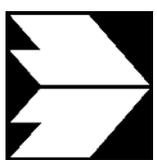
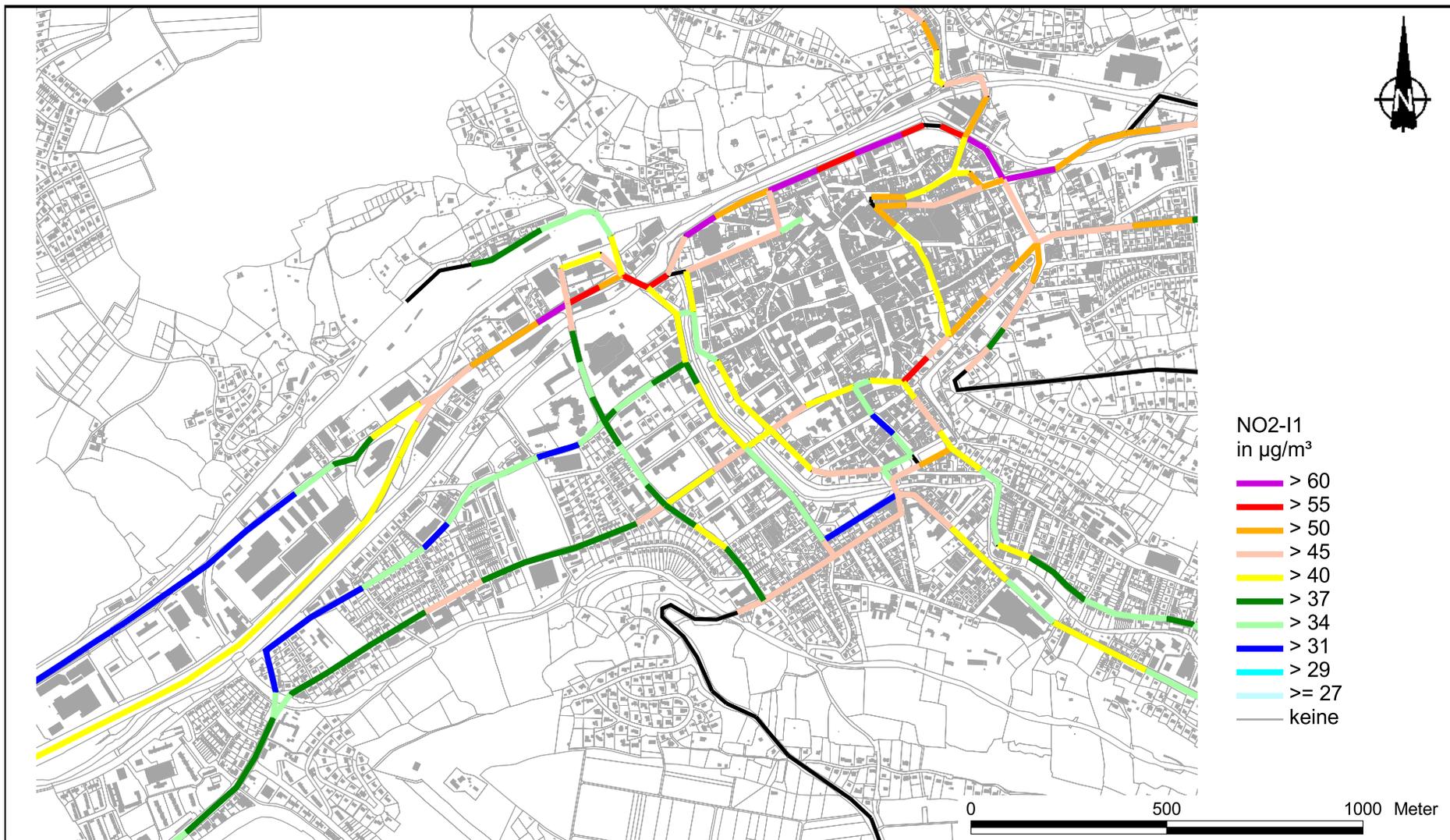


Abb. A2.3: NO2-Immissionen (Jahresmittelwert) für die Maßnahme M2 im Jahr 2012

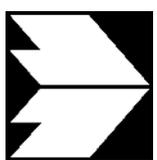
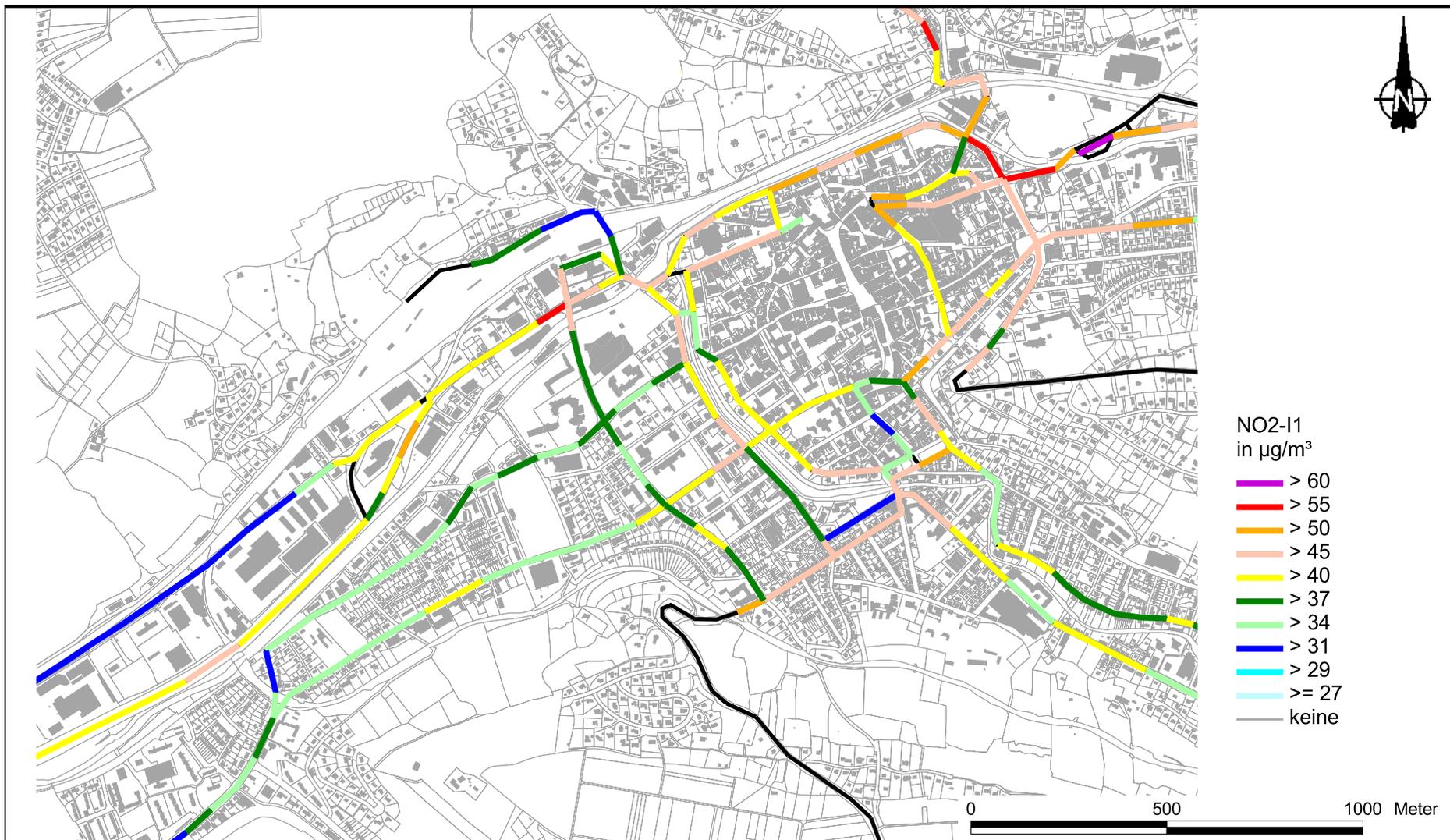


Abb. A2.4: NO2-Immissionen (Jahresmittelwert) für die Maßnahme M9 im Jahr 2012

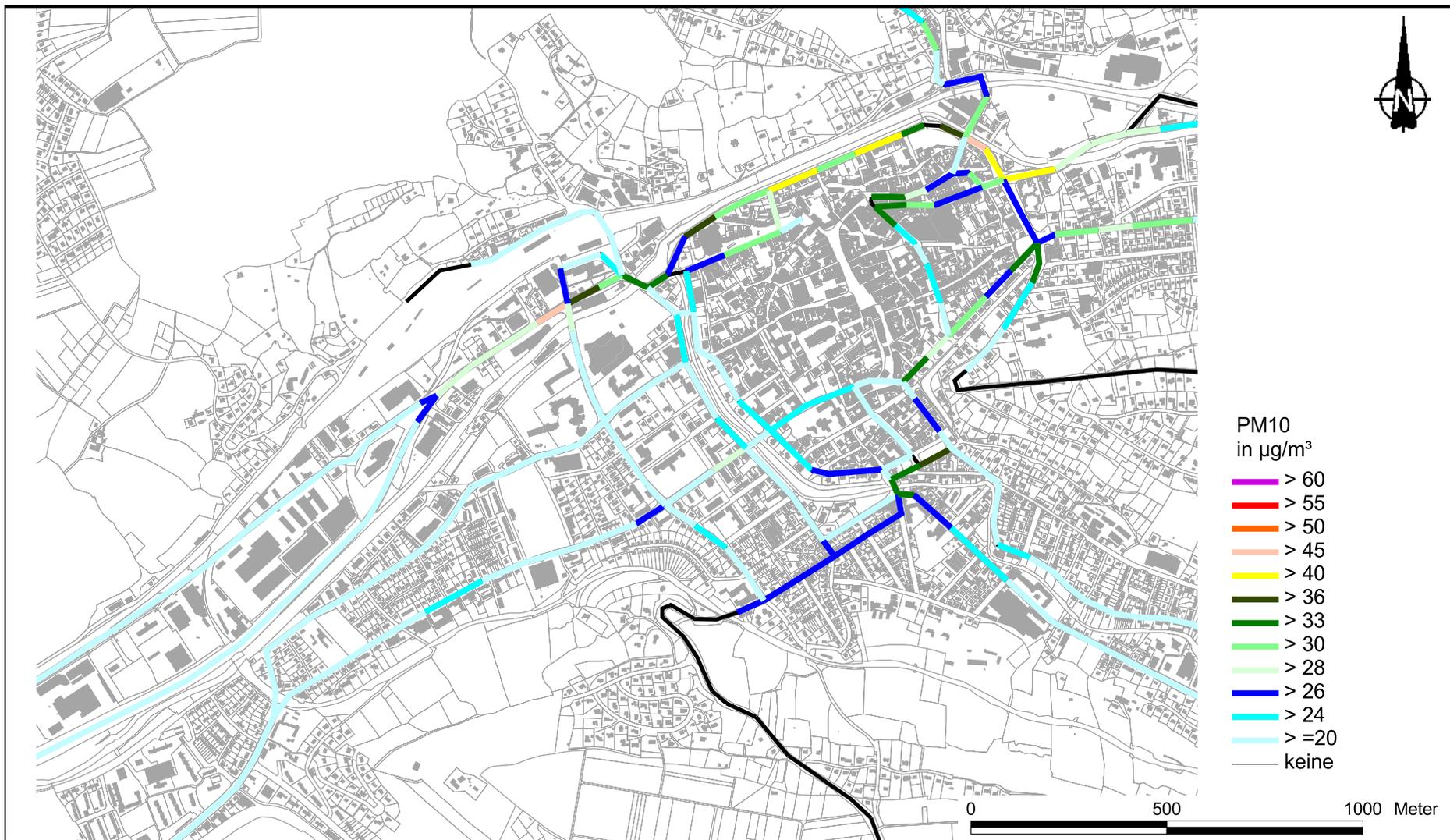


Abb. A2.5: PM10-Immissionen (Jahresmittelwert) für den Nullfall im Jahr 2007

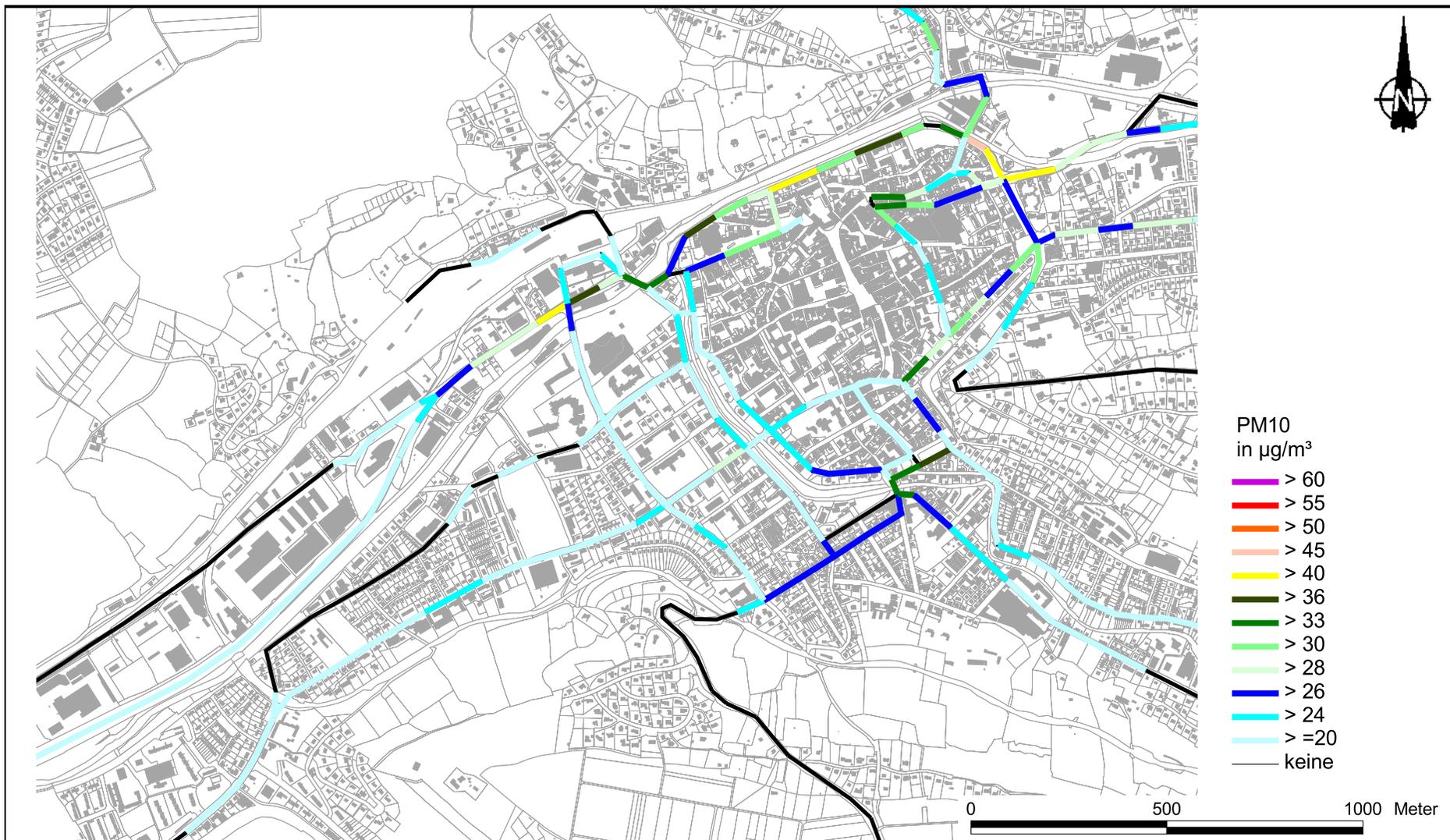


Abb. A2.6: PM10-Immissionen (Jahresmittelwert) für die Maßnahme M1 im Jahr 2007

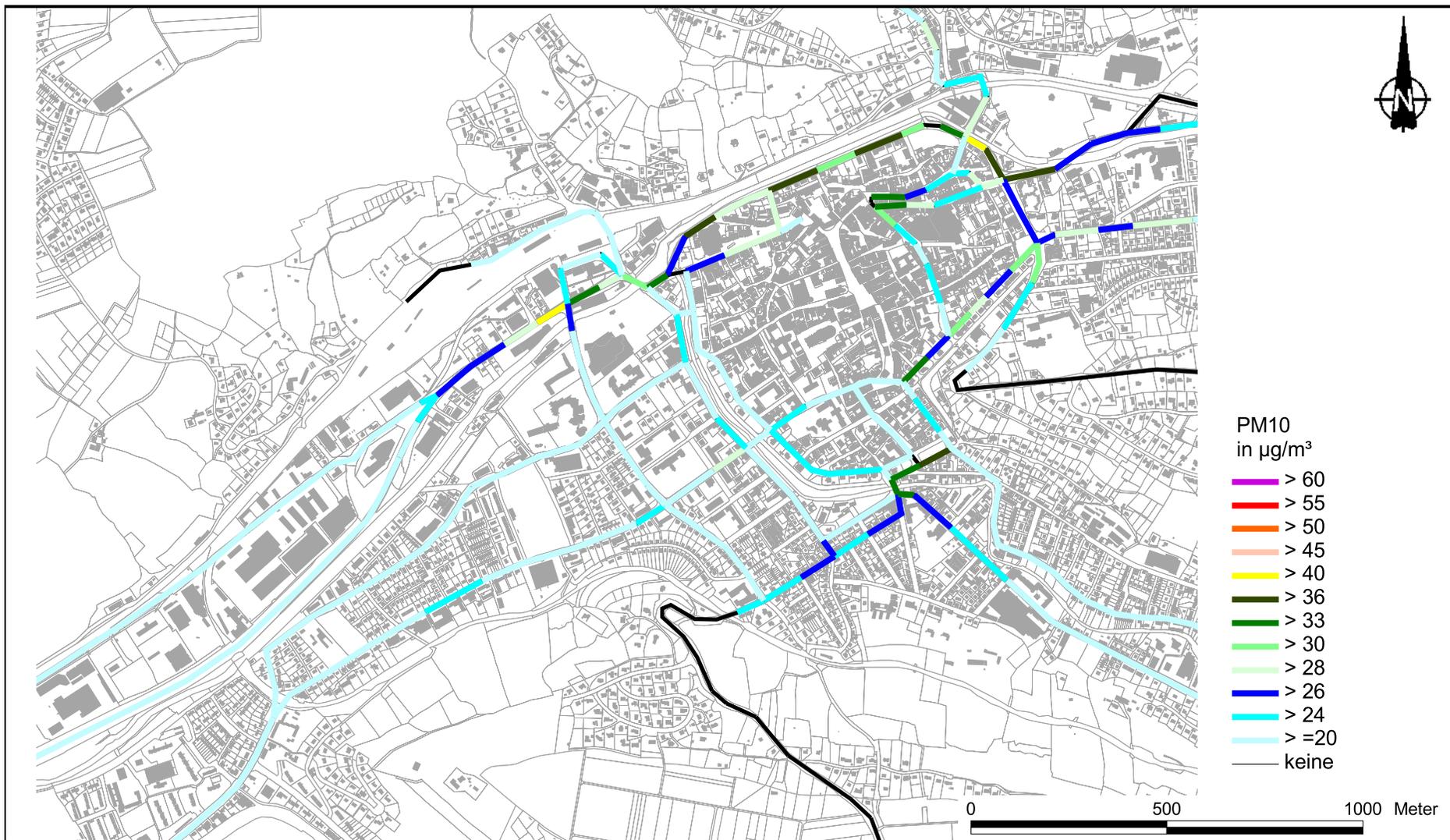


Abb. A2.7: PM10-Immissionen (Jahresmittelwert) für die Maßnahme M2 im Jahr 2012

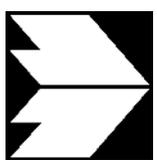
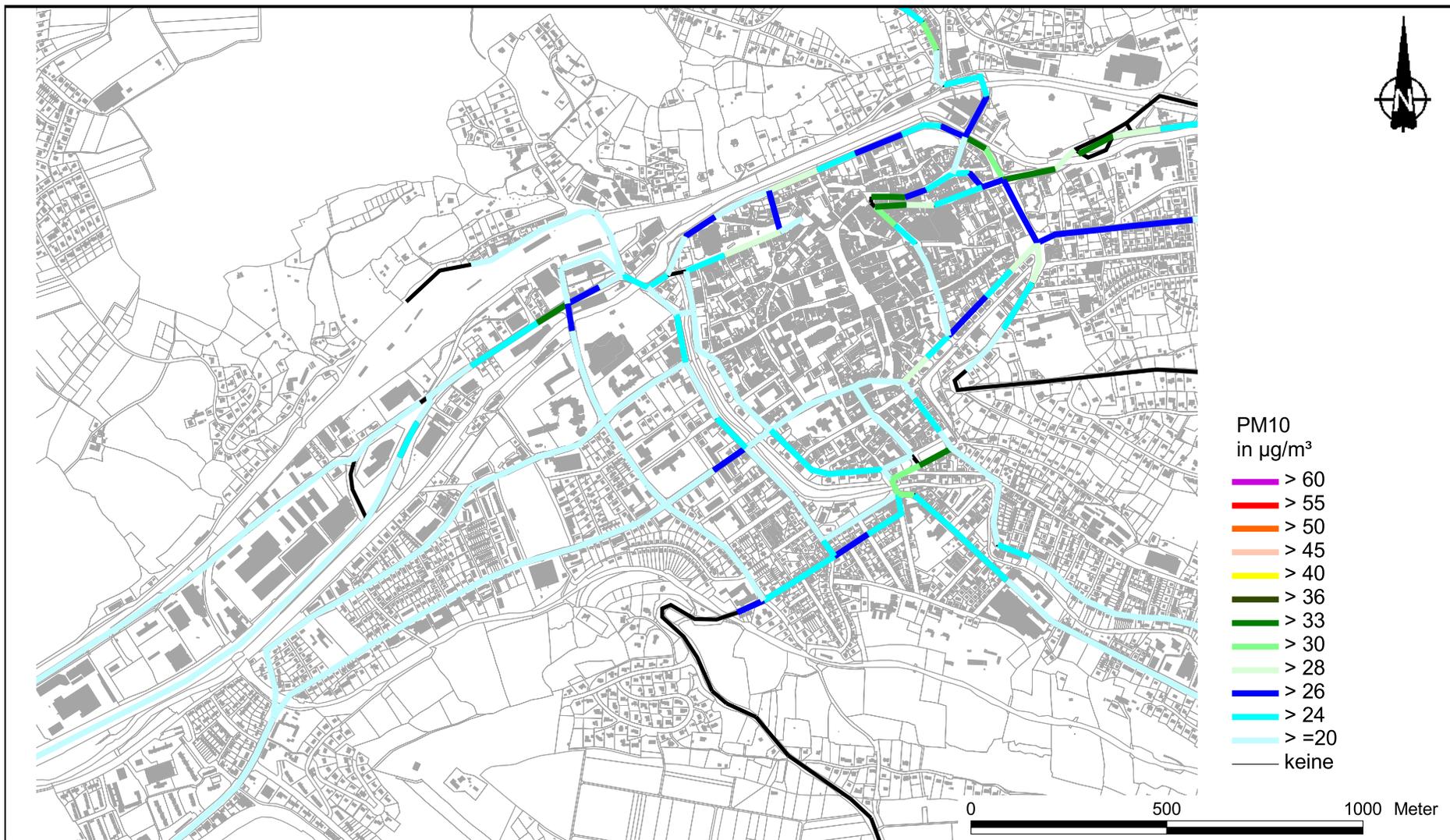


Abb. A2.8: PM10-Immissionen (Jahresmittelwert) für die Maßnahme M9 im Jahr 2012