



**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

**FORTSCHREIBUNG DES AKTIONS-
PLANS STUTTGART - BERECHNUNG
DER AUSWIRKUNGEN VON VERKEHR-
LICHEN MASSNAHMEN AUF DIE
EMISSIONEN UND IMMISSIONEN VON
LUFTSCHADSTOFFEN**

Auftraggeber: Regierungspräsidium Stuttgart
Postfach 800709
70507 Stuttgart

Dipl.-Geogr. T. Nagel
Dipl.-Geoökol. H. Lauerbach

Dr.-Ing. W. Bächlin

Dezember 2009/Januar 2010
Projekt 61477-09-01
Berichtsumfang 67 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	1
1 ZUSAMMENFASSUNG	4
2 AUFGABENSTELLUNG	8
3 VERKEHR, FAHRZEUGFLOTTEN UND EMISSIONSFAKTOREN	10
3.1 Verkehr	10
3.2 Fahrzeugflotte.....	14
3.3 Emissionsfaktoren	17
3.3.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren	18
3.3.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren	19
3.3.3 Emissionsfaktoren mit möglichen technischen Minderungen	19
4 AUSWIRKUNGEN DER MASSNAHMEN	22
4.1 Auswirkungen auf Emissionen der Straßenabschnitte.....	22
4.2 Auswirkungen auf Immissionen an den Hauptverkehrsstraßen.....	25
5 BETRACHTUNGEN AUSSERHALB DES STADTGEBIETES VON STUTTGART	31
6 LITERATUR	43
A1 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS- ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION.....	47
A2 IMMISSIONSDARSTELLUNGEN FÜR DAS HAUPTVERKEHRSSTRASSEN- NETZ STUTTGART.....	55
A3 EMISSIONSDARSTELLUNGEN FÜR DAS WEITREICHENDE STRASSENNETZ.....	63

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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder mg/m^3).

Hintergrundbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung

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

Grenzwerte / Vorsorgewerte

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

Jahresmittelwert / 98-Perzentilwert / Kurzzeitwert (Äquivalentwert)

An den betrachteten Untersuchungspunkten unterliegen die Konzentrationen der Luftschadstoffe in Abhängigkeit von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Verkehrsaufkommen etc. ständigen Schwankungen. Die 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 die Einhaltung weiterer Kurzzeitwerte in Form des Stundenmittelwertes der NO₂-Konzentrationen von 200 µg/m³, der nicht mehr als 18 Stunden pro Jahr überschritten werden darf, und des Tagesmittelwertes der PM10-Konzentration von 50 µg/m³, der maximal an 35 Tagen überschritten werden darf. Da diese Werte derzeit nicht direkt berechnet werden können, erfolgt die Beurteilung hilfsweise anhand von abgeleiteten Äquivalentwerten auf Basis der 98-Perzentil- bzw. Jahresmittelwerte. Diese Äquivalentwerte sind aus Messungen abgeleitete Kennwerte, bei deren Unterschreitung auch eine Unterschreitung der Kurzzeitwerte erwartet wird.

Verkehrssituation

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

Feinstaub / PM10

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	Euro 6
PKW	Jahr	1993	1996/97	2000	2005	2009	2014
	Partikel [g/km]	0.14	0.08	0.05	0.025	0,005	0,005
	Jahr	1992	1996	2000	2005	2009	2014
	NO _x Diesel [g/km]	-	-	0.50	0.25	0,18	0,08
	NO _x Benzin [g/km]	-	-	0.15	0.08	0,06	0,06
LKW	Jahr	1992/93	1995/96	2000/01	2005	2008	2012
	Partikel [g/kWh]	0.4	0.15	0.10	0.02	0.02	0.01
	Jahr	1992	1998	2000	2005	2008	2012
	NO _x [g/kWh]	9.0	7.0	5.0	3.5	2.0	0.4

1 ZUSAMMENFASSUNG

Der Luftreinhalte- und Aktionsplan für die Landeshauptstadt Stuttgart aus dem Jahr 2005 wird derzeit durch das Regierungspräsidium Stuttgart mit weitergehenden Aktionsplanmaßnahmen fortgeschrieben. Für folgende Maßnahmen wurden Berechnungen der zu erwartenden Minderungen der Immissionen im Rahmen der vorliegenden Untersuchung durchgeführt:

- M1** Ganzjähriges Lkw-Durchfahrtsverbot (ab 3,5 t; Lieferverkehr frei) im Stadtgebiet Stuttgart - erweitert um das Stadtgebiet Ostfildern und das Gebiet bis zur B313 im Osten - ab dem 01.03.2010. Ausgenommen ist in Stuttgart die B10 mit den Abzweigen B14 Richtung Waiblingen und B27/B27a Richtung Kornwestheim.
- M2, Stufe 2** Ganzjähriges Fahrverbot in der Umweltzone Stuttgart für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppen 1 und 2 nach der Kennzeichnungsverordnung ab 01.07.2010, d.h. Kraftfahrzeuge mit gelber und grüner Plakette frei.
- M2, Stufe 3** Ganzjähriges Fahrverbot in der Umweltzone Stuttgart für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppen 1, 2 und 3 nach der Kennzeichnungsverordnung ab 01.01.2012, d.h. Kraftfahrzeuge mit grüner Plakette frei.

Als Referenzzustand wird in Stuttgart die derzeitige Regelung der Umweltzone, ganzjähriges Fahrverbot für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppe 1 nach der Kennzeichnungsverordnung ab 01.03.2008, d.h. Kraftfahrzeuge mit roter, gelber und grüner Plakette frei, für das Jahr 2010 angesetzt.

Für die Erarbeitung des aktualisierten Luftreinhalte- und Aktionsplans für die Landeshauptstadt Stuttgart werden auch aktualisierte Verkehrsbelegungsdaten vorgelegt, die durch den Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik der Universität Stuttgart mit dem Netzmodell der Region Stuttgart für den Referenzzustand und für die Maßnahme M1 berechnet wurden.

Für die Standorte der verkehrsbezogenen Luftmessstationen in Stuttgart werden jeweils die Auswirkungen der oben genannten Maßnahmen auf die Immissionen berechnet. Aus den verfügbaren Verkehrsdaten des Stuttgarter Straßennetzes werden unter Berücksichtigung der aktuellen Emissionsdatenbank des UBA (Auspuffemissionen), d.h. HBEFA – Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 2.1, Stand 2004 auf der Grundlage der für Stuttgart ermittelten Fahrzeugflotte und mit den aktuellen Erkenntnissen bezüglich nicht

motorbedingter PM10-Beiträge die Änderungen der Emissionen und darauf basierend der Immissionen gegenüber dem Referenzfall aufgezeigt. Betrachtet werden die Schadstoffe NO₂ und PM10.

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.

Für NO_x-Freisetzungen sind auf den Straßenabschnitten an den Luftmessstationen in Stuttgart gegenüber dem Referenzzustand 2010 mit der Maßnahme M1 ca. 85 %-99 %, mit der Maßnahme M1 und M2, Stufe 2 ca. 82 %-95 % und im Jahr 2012 mit der Maßnahme M1 und M2, Stufe 3 ca. 67 %-78 % der NO_x-Emissionen zu erwarten. Alle genannten Maßnahmen tragen zur Minderung der verkehrsbedingten NO_x-Emissionen bei, wobei an den Straßenabschnitten der Luftmessstationen durch das LKW-Durchfahrtsverbot (M1) und mit der Maßnahme M2, Stufe 3 im Jahr 2012 die intensivsten Verringerungen zu erwarten sind.

Die PM10-Emissionen weisen auf den Straßenabschnitten an den Luftmessstationen gegenüber dem Referenzzustand 2010 mit der Maßnahme M1 ca. 91 %-99 %, mit der Maßnahme M1 und M2, Stufe 2 ca. 90 %-98 % und im Jahr 2012 mit der Maßnahme M1 und M2, Stufe 3 ca. 83 %-91 % auf. Alle genannten Maßnahmen tragen zur Minderung der verkehrsbedingten Partikel-Emissionen bei, wobei an den Straßenabschnitten der Luftmessstationen durch das LKW-Durchfahrtsverbot (M1) und mit der Maßnahme M2, Stufe 3 im Jahr 2012 die intensivsten Verringerungen zu erwarten sind.

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 hinsichtlich der Verringerung der motorbedingten PM10-Emissionen werden durch die gleich bleibenden Anteile der nicht motorbedingten Beiträge deutlich abgeschwächt, da auch PKW und leichte Nutzfahrzeuge ohne Dieselmotor zu den Aufwirbelungen beitragen.

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

Die PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) weisen an den Luftmessstationen gegenüber dem Referenzzustand 2010 mit der Maßnahme M1 ca. 94 %-99 %, mit der Maßnahme M1 und M2, Stufe 2 ca. 93 %-99 % und im Jahr 2012 mit der Maßnahme M1 und M2, Stufe 3 ca.

89 %-96 % der Gesamtbelastungen des Jahres 2010 auf. An den Luftmessstationen sind durch die Kombination des LKW-Durchfahrtsverbots (M1) mit der Maßnahme M2, Stufe 3 im Jahr 2012 die intensivsten Verringerungen zu erwarten.

Für Feinstaub werden auch die Auswirkungen auf die Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Messdaten betrachtet. Gegenüber dem Referenzzustand 2010 sind mit der Maßnahme M1 ca. 92 %-99 %, mit der Maßnahme M1 und M2, Stufe 2 ca. 91 %-97 % und im Jahr 2012 mit der Maßnahme M1 und M2, Stufe 3 ca. 80 %-88 % der Überschreitungstage abgeleitet.

Die NO_2 -Jahresmittelwerte weisen an den Luftmessstationen gegenüber dem Referenzzustand 2010 mit der Maßnahme M1 ca. 90 %-99 %, mit der Maßnahme M1 und M2, Stufe 2 ca. 88 %-97 % und im Jahr 2012 mit der Maßnahme M1 und M2, Stufe 3 ca. 77 %-88 % auf. An den Luftmessstationen sind durch die Kombination des LKW-Durchfahrtsverbots (M1) mit der Maßnahme M2, Stufe 3 im Jahr 2012 die intensivsten Verringerungen zu erwarten.

Insgesamt ist aus den Ergebnissen der Berechnungen zu schließen, dass mit dem LKW-Durchfahrtsverbot und der durch die verschärfte Umweltzone vorgezogenen Erneuerung der Kfz-Fahrzeugflotte deutliche Verringerungen der motorbedingten Schadstofffreisetzungen verbunden sind, die auch zu deutlichen Verringerungen der NO_2 -Belastungen führen. Da an den Hauptverkehrsstraßen der verkehrsbedingte Anteil an diesen Immissionen hoch ist, werden die Gesamtbelastungen durch Verringerungen der Zusatzbelastungen des Kfz-Verkehrs auch deutlich reduziert. Allerdings zeigen die Berechnungen, dass die Reduzierung der Feinstaubbelastungen durch die zeitliche Entwicklung der Fahrzeugflotte und die betrachteten Maßnahmen einen geringeren Umfang aufweisen, was an den nicht motorbedingten PM_{10} -Beiträgen des Kfz-Verkehrs und dem insgesamt geringeren Anteil der verkehrsbedingten Beiträge an der PM_{10} -Gesamtbelastung liegt.

Entsprechend den Ergebnissen der Verkehrsberechnungen führt die Maßnahme M1 außerhalb des Stadtgebietes von Stuttgart u.a. zu veränderten Verkehrsbelegungen. Deshalb werden für die Bereiche außerhalb des Stadtgebietes von Stuttgart die Emissionen und Immissionen an ausgewählten Ortsdurchfahrten für die Maßnahme M1 dargestellt.

Für die Ortsbereiche innerhalb des Geltungsbereichs des LKW-Durchfahrtsverbots und außerhalb des Stadtgebietes von Stuttgart sind an drei der betrachteten Ortsdurchfahrten Erhöhungen der NO_x -Emissionen auf 106 % bis 110 % und an den anderen fünf betrachte-

ten Ortsdurchfahrten Verringerungen auf 90 % bis 99 % zu erwarten. Die Änderungen der Partikelemissionen umfassen an drei der betrachteten Ortsdurchfahrten Erhöhungen auf 110 % bis 115 % und an fünf der betrachteten Ortsdurchfahrten Verringerungen auf 93 % bis 99 %. Für NO₂-Immissionen sind an drei der betrachteten Ortsdurchfahrten Erhöhungen bis auf 101 % und an den anderen fünf betrachteten Ortsdurchfahrten Verringerungen auf 97 % bis 99% zu erwarten. Danach führen in den Ortsdurchfahrten mit Zunahmen der verkehrsbedingten Beiträge diese nicht zu einer zusätzlichen Überschreitung von 40 µg/m³, wobei auch mit der Maßnahme M1 an einigen Ortsdurchfahrten eine Überschreitung nicht auszuschließen ist. Für PM10-Immissionen sind an drei der betrachteten Ortsdurchfahrten Erhöhungen bis auf 102 % und an den anderen fünf betrachteten Ortsdurchfahrten Verringerungen bis auf 99% zu erwarten. Danach sind an den betrachteten Ortsdurchfahrten keine Überschreitungen der PM10-Kurzzeitbelastung, die aus dem Schwellenwert des PM10-Jahresmittelwertes von 29 µg/m³ abgeleitet wird (siehe Kap. A1.4), berechnet.

Für die Ortsbereiche außerhalb des Geltungsbereichs des LKW-Durchfahrtsverbots sind an zwei der betrachteten Ortsdurchfahrten Verringerungen der NO_x-Emissionen auf 61 % und 88 % und an den anderen zehn betrachteten Ortsdurchfahrten Erhöhungen auf 103 % bis 118% zu erwarten. Die Änderungen der Partikelemissionen umfassen an zwei der betrachteten Ortsdurchfahrten Verringerungen auf 61 % bzw. 91 % und an zehn der betrachteten Ortsdurchfahrten Erhöhungen auf 102 % bis 115 %. Für NO₂-Immissionen sind an zwei der betrachteten Ortsdurchfahrten Verringerungen auf 91 % bzw. 98 % und an den anderen zehn betrachteten Ortsdurchfahrten Erhöhungen auf 101 % bis 105 % zu erwarten. An drei Ortsdurchfahrten sind mit der Maßnahme M1 Überschreitungen von 40 µg/m³ nicht auszuschließen. Für PM10-Immissionen sind an zwei der betrachteten Ortsdurchfahrten Verringerungen auf 94 % bzw. 99 % und an den anderen zehn betrachteten Ortsdurchfahrten Erhöhungen bis auf 102% zu erwarten. An der Ortsdurchfahrt von Leonberg sind Überschreitungen der PM10-Kurzzeitbelastung berechnet; an den anderen Ortsdurchfahrten sind geringere Immissionen zu erwarten.

2 AUFGABENSTELLUNG

Der Luftreinhalte- und Aktionsplan für die Landeshauptstadt Stuttgart aus dem Jahr 2005 wird derzeit durch das Regierungspräsidium Stuttgart mit weitergehenden Aktionsplanmaßnahmen fortgeschrieben. Wie für den bestehenden Luftreinhalte- und Aktionsplan sind die immissionsseitigen Auswirkungen der Maßnahmen zu prognostizieren. Dementsprechend sind immissionsseitige Berechnungen der zu erwartenden Minderungen der Immissionen durchzuführen. Betrachtet werden die Schadstoffe NO₂ und PM10.

Zu betrachten sind folgend genannte Maßnahmen des Luftreinhalte- und Aktionsplans für die Landeshauptstadt Stuttgart:

- M1** Ganzjähriges Lkw-Durchfahrtsverbot (ab 3,5 t; Lieferverkehr frei) im Stadtgebiet Stuttgart - erweitert um das Stadtgebiet Ostfildern und das Gebiet bis zur B313 im Osten - ab dem 01.03.2010. Ausgenommen ist in Stuttgart die B10 mit den Abzweigen B14 Richtung Waiblingen und B27/B27a Richtung Kornwestheim.
- M2, Stufe 2** Ganzjähriges Fahrverbot in der Umweltzone Stuttgart für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppen 1 und 2 nach der Kennzeichnungsverordnung ab 01.07.2010, d.h. Kraftfahrzeuge mit gelber und grüner Plakette frei.
- M2, Stufe 3** Ganzjähriges Fahrverbot in der Umweltzone Stuttgart für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppen 1, 2 und 3 nach der Kennzeichnungsverordnung ab 01.01.2012, d.h. Kraftfahrzeuge mit grüner Plakette frei.

Als Referenzzustand wird in Stuttgart die derzeitige Regelung der Umweltzone, ganzjähriges Fahrverbot für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppe 1 nach der Kennzeichnungsverordnung ab 01.03.2008, d.h. Kraftfahrzeuge mit roter, gelber und grüner Plakette frei, für das Jahr 2010 angesetzt.

Für die Erarbeitung des aktualisierten Luftreinhalte- und Aktionsplans für die Landeshauptstadt Stuttgart werden auch aktualisierte Verkehrsbelegungsdaten vorgelegt, die durch den Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik der Universität Stuttgart mit dem Netzmodell der Region Stuttgart für den Referenzzustand und für die Maßnahme M1 berechnet wurden.

Für die Standorte der verkehrsbezogenen Messstationen in Stuttgart werden die Auswirkungen der oben genannten Maßnahmen auf die Immissionen berechnet. Aus den verfügbaren Verkehrsdaten des Stuttgarter Straßennetzes werden unter Berücksichtigung der aktuellen Emissionsdatenbank des UBA (Auspuffemissionen), d.h. HBEFA – Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 2.1, Stand 2004 auf der Grundlage der für Stuttgart ermittelten Fahrzeugflotte und mit den aktuellen Erkenntnissen bezüglich nicht motorbedingter PM10-Beiträge die Änderungen der Emissionen und darauf basierend der Immissionen gegenüber dem Referenzfall aufgezeigt.

Für die Bereiche außerhalb des Stadtgebietes von Stuttgart werden die Emissionen und Immissionen an ausgewählten Ortsdurchfahrten für die Maßnahme M1 dargestellt, da entsprechend den Ergebnissen der Verkehrsberechnungen dort u.a. veränderte Verkehrsbelastungen zu erwarten sind.

3 VERKEHR, FAHRZEUGFLOTTEN 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.

Im April 2004 wurde das Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs – HBEFA –, Version 2.1 veröffentlicht. Derzeit wird das Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs überarbeitet, liegt jedoch noch nicht in einer anwendbaren Form für die Arbeiten zum Luftreinhalte- und Aktionsplan Stuttgart vor. Damit stellt die Datenbasis des HBEFA –, Version 2.1 die aktuelle Emissionsdatenbasis für den Kfz-Verkehr dar.

Die Informationen der fahrzeugflottenspezifischen Emissionsfaktoren im Handbuch basieren auf Emissionsmessungen an unterschiedlichen, repräsentativen Kfz mit den entsprechenden Motorenkonzepten sowie einer angesetzten Flottenzusammensetzung der Kfz in Deutschland. Für Stuttgart wurden auf der Grundlage der gemeldeten Kfz auch für die hier zu betrachtenden Jahre 2010 und 2012 die dynamischen Flottenzusammensetzungen prognostiziert (Aviso, 2009) und zur Verfügung gestellt.

Für das verkehrsbedingte Feinstaubaufkommen sind neben den „motorbedingten“ Emissionen auch „nicht motorbedingte“ (Reifenabrieb, Staubaufwirbelung etc.) Beiträge zu berücksichtigen. Dies basiert auf aktuellen Angaben der Fachliteratur.

3.1 Verkehr

Für die rechnerische Umsetzung der Maßnahmen wird die für das Jahr 2010 vom Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik der Universität Stuttgart prognostizierte Verkehrsbelegung herangezogen. Diese Verkehrsdaten sind als Übersichtsdarstellung in **Abb. 3.1** aufgezeigt. Mit der selben Vorgehensweise wurden durch den Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik der Universität Stuttgart Verkehrsumlegungen unter Berücksichtigung der Maßnahme **M1** – Ganzjähriges Lkw-Durchfahrtsverbot (ab 3,5 t; Lieferverkehr frei) im Stadtgebiet Stuttgart durchgeführt. Dabei wurde der Bereich mit einem LKW-Durchfahrtsverbot um das Stadtgebiet Ostfildern und das Gebiet bis zur B313 im Osten erweitert. Ausgenommen ist in Stuttgart die B10 mit den Abzweigen B14 Richtung Waiblingen und B27/B27a Richtung Kornwestheim. Diese Verkehrsbelegungsdaten wurden für die Emissions- und Immissionsberechnungen zur Verfügung gestellt. In **Abb. 3.2** sind die Verkehrsbelegungsdaten und in **Abb. 3.3** die relativen Änderungen des Kfz- und LKW-

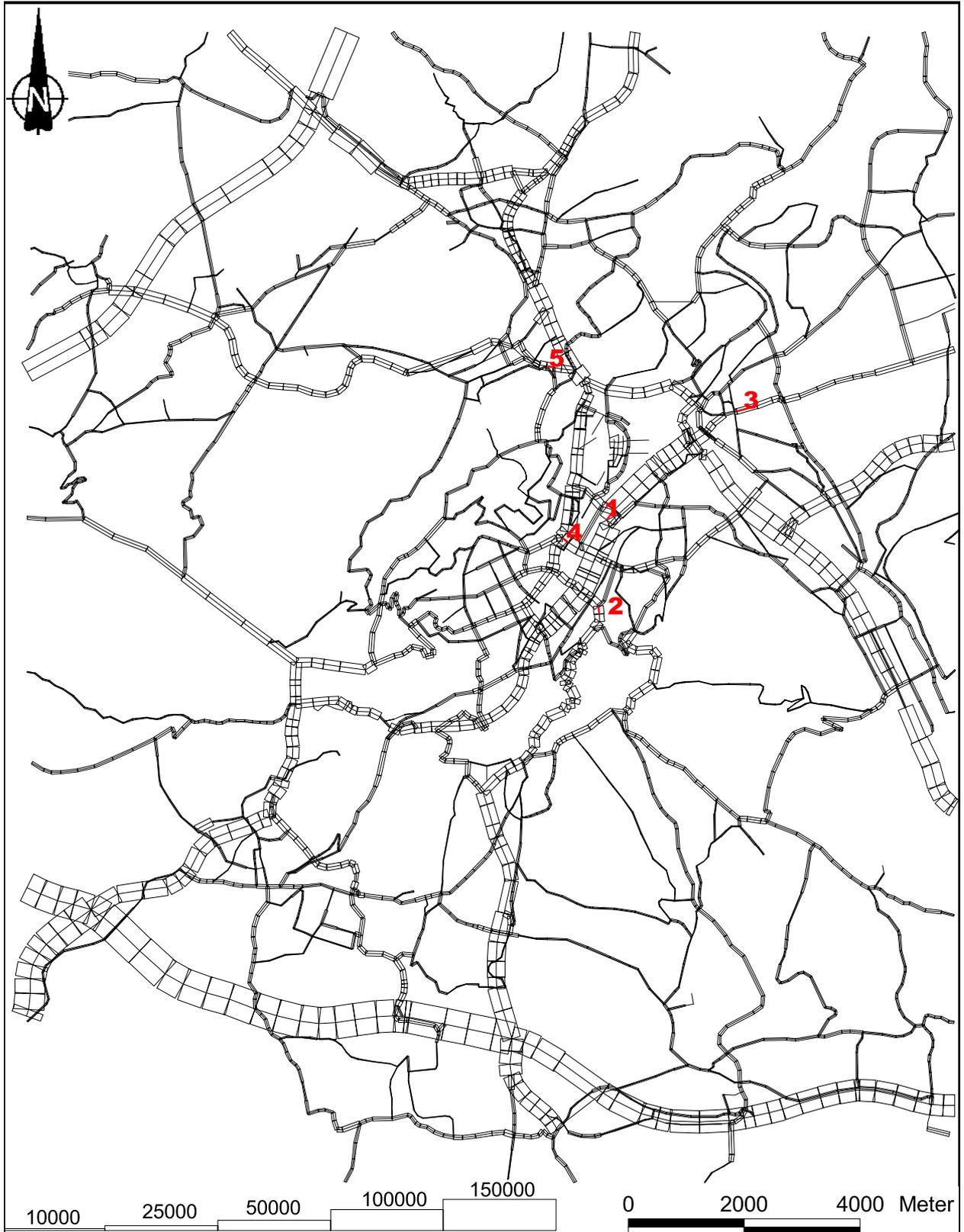


Abb. 3.1: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [Kfz/24h] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet.
Lage der Messstationen: 1 = Neckartor, 2 = Hohenheimstr.,
3 = Waiblingerstr., 4 = S-Arnulf-Klett-Platz und 5 = Siemensstr.

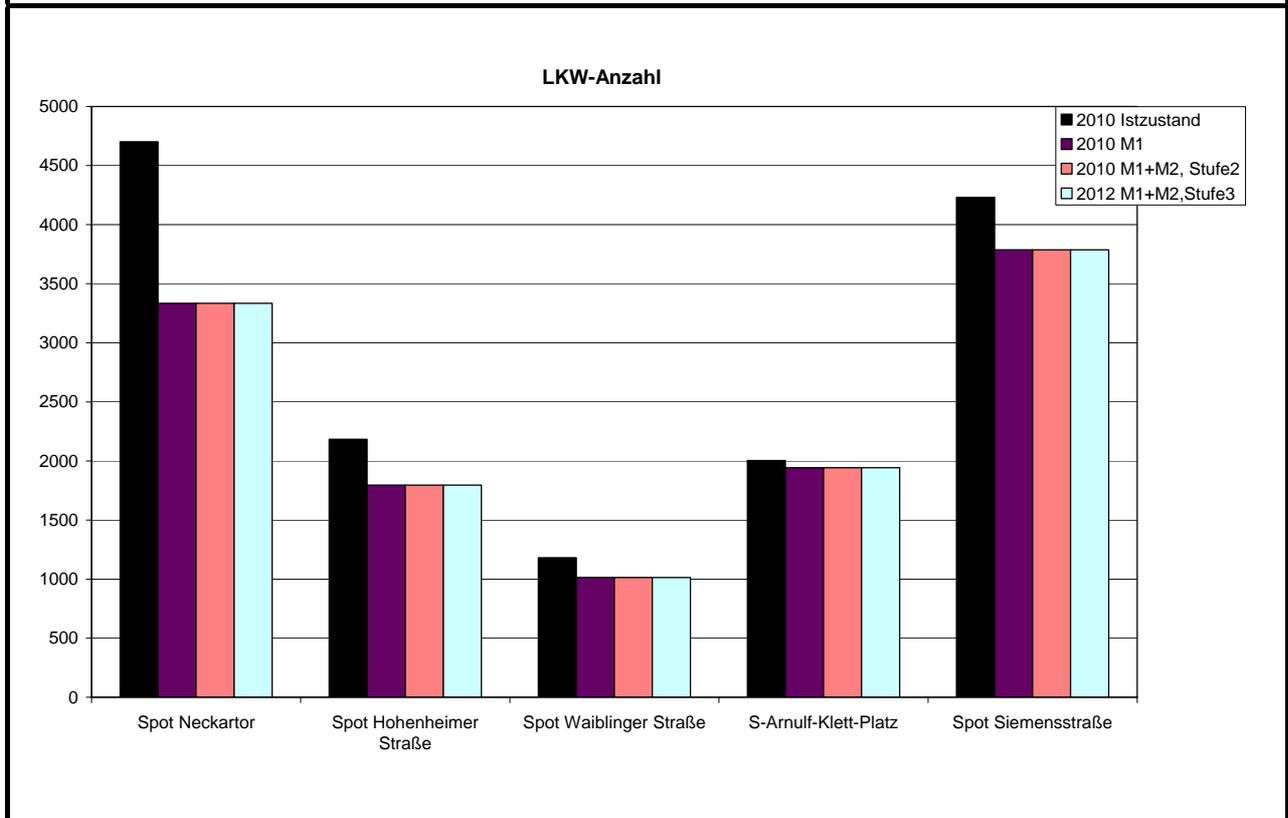
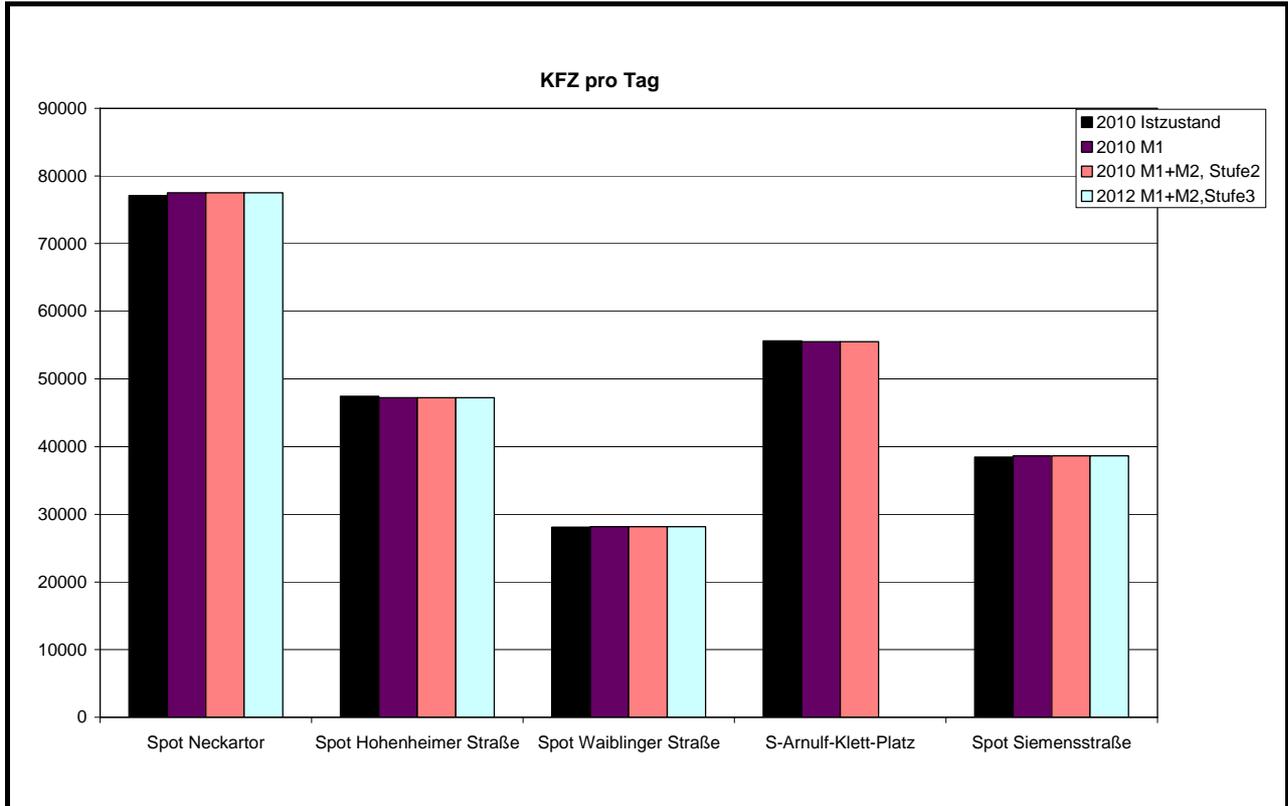


Abb. 3.2: Verkehrsbelastungen an den Messstellen für den Istzustand und die Maßnahmen
 oben: KFZ pro Tag
 unten: LKW-Anzahl pro Tag

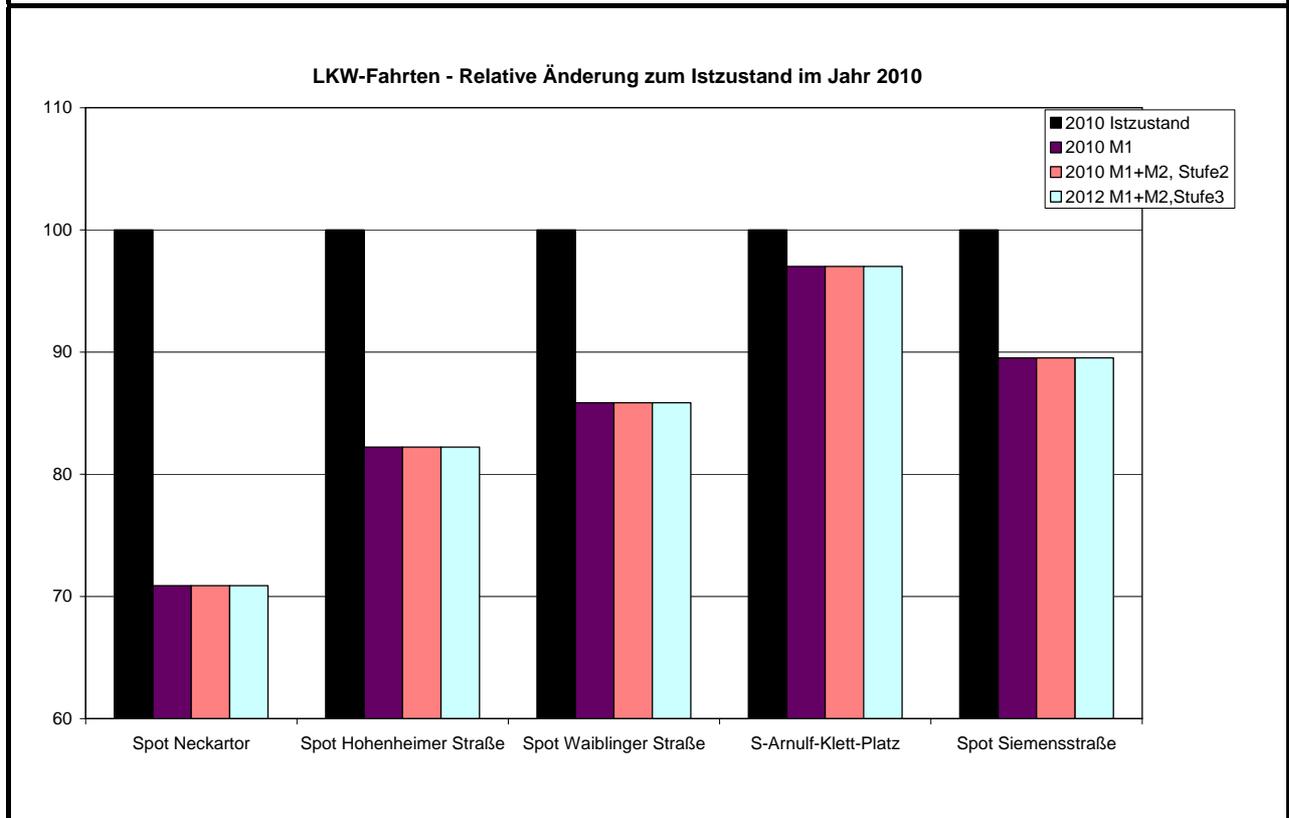
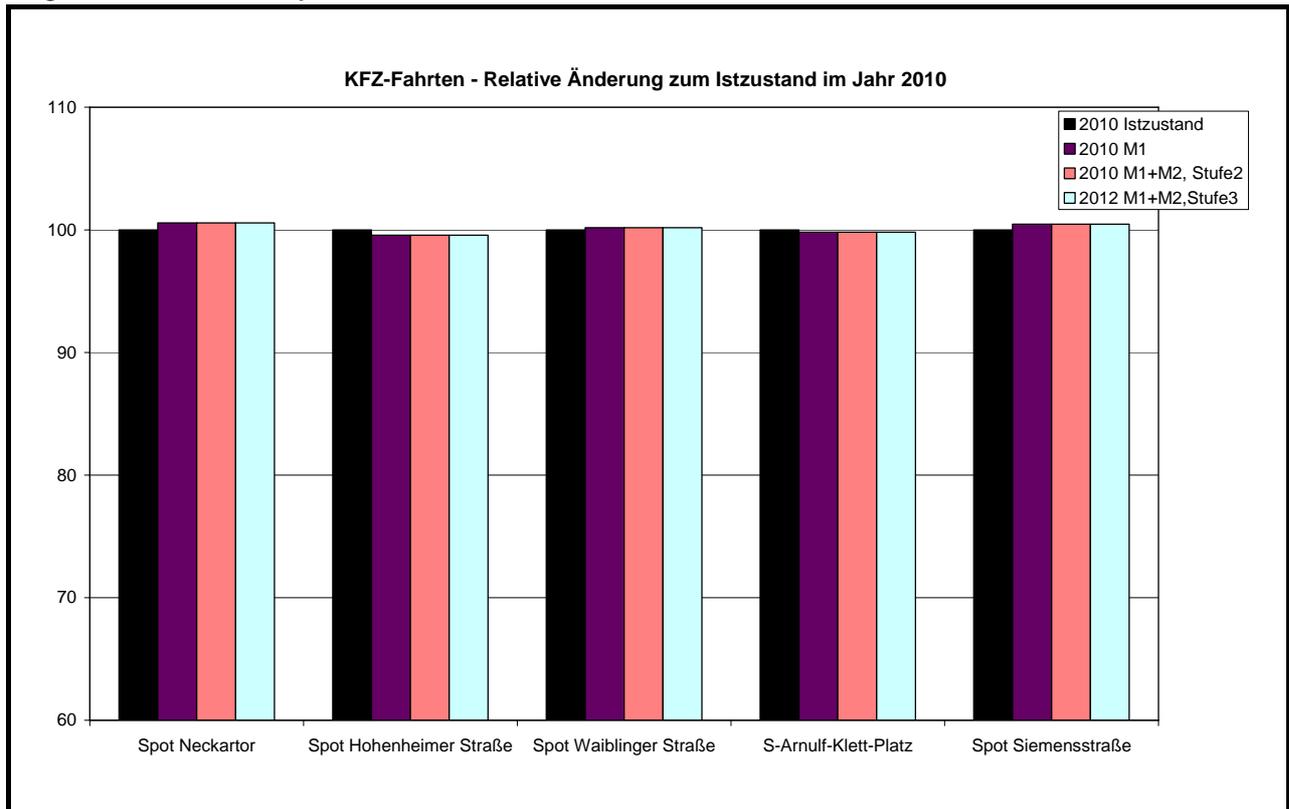


Abb. 3.3: Relative Änderung der KFZ- und LKW-Fahrten zum Istzustand im Jahr 2010 an den Messstellen
oben: KFZ [%]
unten: LKW [%]

Aufkommens an den betrachteten Straßenabschnitten der Messstationen bedingt durch die Maßnahme M1 dargestellt.

Für die Maßnahmen **M2, Stufe 2**, ganzjähriges Fahrverbot in der Umweltzone Stuttgart für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppen 1 und 2 nach der Kennzeichnungsverordnung ab 01.07.2010, d.h. Kraftfahrzeuge mit gelber und grüner Plakette frei und **M2, Stufe 3**, ganzjähriges Fahrverbot in der Umweltzone Stuttgart für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppen 1, 2 und 3 nach der Kennzeichnungsverordnung ab 01.01.2012, d.h. Kraftfahrzeuge mit grüner Plakette frei, wird die Verkehrsbelegung des Netzes für das Jahr 2010 inklusive LKW-Durchfahrtsverbot vorausgesetzt.

3.2 Fahrzeugflotte

Die Zusammensetzungen der dynamischen Fahrzeugflotten, d.h. die Zusammensetzung der auf den Straßen verkehrenden Fahrzeuge, sind für innerstädtische Bereiche der dynamischen Flottenzusammensetzung für Stuttgart (Aviso, 2009) für die zu betrachtenden Bezugsjahre 2010 und 2012 entnommen und in **Abb. 3.4** 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.

Der Anteil der dieselbetriebenen PKW-Fahrten umfasst im Jahr 2010 ca. 39.1 % und im Jahr 2012 ca. 42.7 %; der Anteil der dieselbetriebenen leichten Nutzfahrzeugfahrten umfasst im Jahr 2010 ca. 95.3 % und im Jahr 2012 ca. 94.4 %; bei den Bussen und schweren Nutzfahrzeugen setzen sich die Fahrten ausschließlich aus Dieselbetriebenen zusammen.

Für die Maßnahmen **M2, Stufe 2** und **M2, Stufe 3** werden die in der Datengrundlage (HBEFA) beschriebenen Zusammensetzungen der Fahrzeugflotten verändert, indem die vom Fahrverbot betroffenen Fahrzeugarten aus der Fahrzeugflotte ausgeschlossen werden, wobei berücksichtigt wird, dass ein Anteil von 20 % dieser Fahrten aufgrund von Ausnahmegenehmigungen dennoch erfolgt. In **Abb. 3.5** sind die prozentualen Anteile der Fahrten im Innenstadtverkehr aufgezeigt, die von dem Fahrverbot betroffen sind.

Von den PKW-Fahrten sind im Jahr 2010 durch die Maßnahme **M2, Stufe 2** ca. 4 % der Fahrten vom Fahrverbot betroffen. Der Wirtschaftsverkehr wird überwiegend mit dieselbetriebenen Kfz durchgeführt; durch das Fahrverbot sind ca. 12 % der Lieferwagenfahrten und ca. 18 % der LKW-Fahrten betroffen. Für die rechnerische Umsetzung der Maßnahme wird

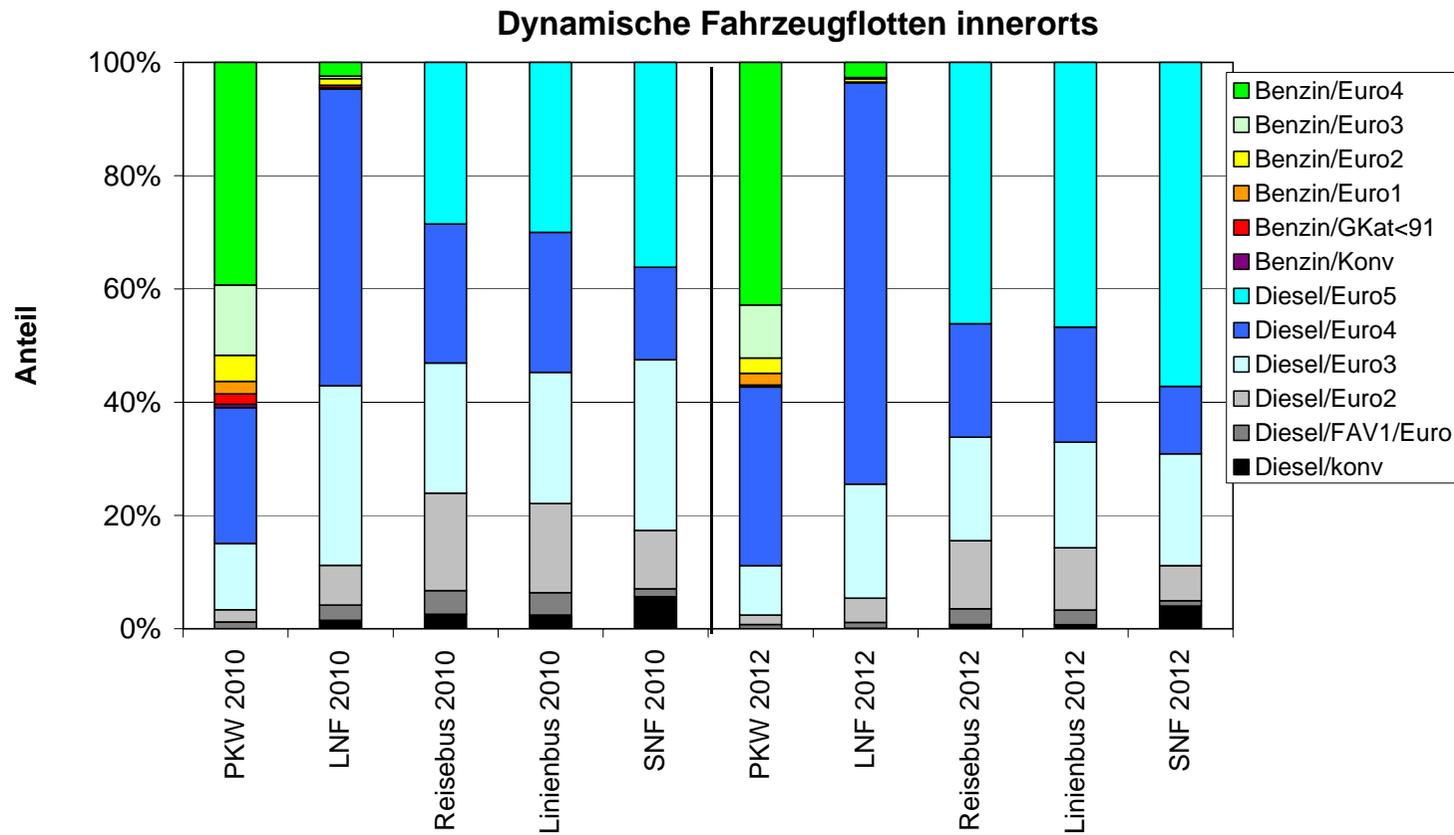


Abb. 3.4: Zusammensetzung der dynamischen Kfz-Flotte für die Jahre 2010 und 2012 entsprechend HBEFA, unterteilt nach PKW, leichte Nutzfahrzeuge (LNF), Reisebusse, Linienbusse und schwere Nutzfahrzeuge (SNF)

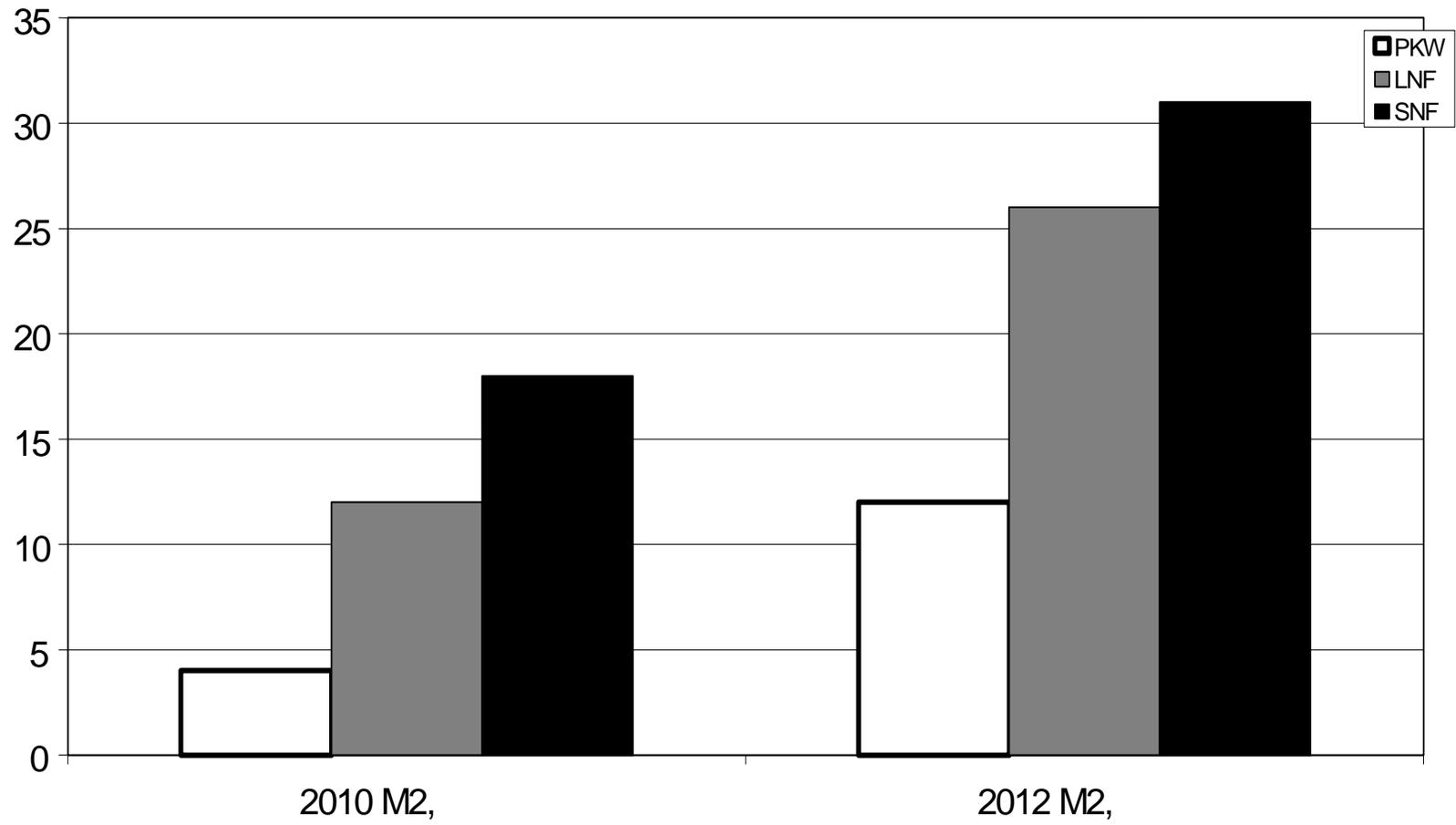


Abb. 3.5: Betroffene Fahrten, Innerorts in [%]

berücksichtigt, dass im Wirtschaftsverkehr nur notwendige Fahrten durchgeführt werden und deshalb eine vollständige Verlagerung der Fahrten ohne Ausnahmegenehmigungen 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, Stufe 3** ca. 12 % der Fahrten vom Fahrverbot betroffen. Der Wirtschaftsverkehr wird überwiegend mit dieselbetriebenen Kfz durchgeführt; durch das Fahrverbot sind ca. 26 % der Lieferwagenfahrten und ca. 31 % der LKW-Fahrten betroffen. Für die rechnerische Umsetzung der Maßnahme wird auch hier berücksichtigt, dass im Wirtschaftsverkehr nur notwendige Fahrten durchgeführt werden und deshalb eine vollständige Verlagerung der Fahrten ohne Ausnahmegenehmigungen auf Fahrzeuge erfolgt, die nicht vom Fahrverbot betroffen sind. Damit ist eine Änderung der Zusammensetzung der Fahrzeugflotte des Wirtschaftsverkehrs verbunden. Diese Annahme wurde auch auf den PKW-Verkehr übertragen und ebenfalls rechnerisch eine Änderung der Fahrzeugflotte durchgeführt.

3.3 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.

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

3.3.1 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) unter Berücksichtigung der dynamischen Kfz-Flottenzusammensetzung für Stuttgart 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 Längsneigung der Straßen und die Verkehrssituationen sind den Festlegungen eines vorangegangenen Gutachtens (Lohmeyer, 2003) entnommen, der Kaltstarteinfluss innerorts für PKW wird entsprechend HBEFA angesetzt, der Kaltstarteinfluss für LKW wird aus UBA (1995) entnommen.

3.3.2 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 zufrieden stellender Aussagegüte zu bestimmen. Die Ursache hierfür liegt in der Vielfalt der Einflussgrößen, die bisher noch nicht systematisch parametrisiert wurden und für die es derzeit auch keine verlässlichen Aussagen gibt.

In der vorliegenden Untersuchung werden die PM10-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen, Kupplung und Straßenbelag) und infolge der Wiederaufwirbelung (Resuspension) von Straßenstaub entsprechend der in BASt (2005) sowie Düring und Lohmeyer (2004) beschriebenen Vorgehensweise angesetzt. Es werden zur Berechnung der Emissionen für die Summe aus Reifen-, Brems-, Kupplungs- und Straßenabrieb sowie Wiederaufwirbelung von eingetragenem Straßenstaub die in **Tab. 3.1** und **Tab. 3.2** exemplarisch für die innerstädtischen Verkehrssituationen an den verkehrsnahen Messstellen in Stuttgart aufgeführten Emissionsfaktoren verwendet. Vergleiche der berechneten Immissionen mit Messdaten an sehr stark befahrenen Straßenabschnitten in Stuttgart zeigen, dass auch bei Verkehrssituationen für Innerortsstraßen im Stadtkern die Aufwirbelungsbeiträge der Verkehrssituation HVS4 heranzuziehen sind.

Die Bildung von so genannten sekundären Partikeln aus heißen Abgasen während der Abkühlung und Ausbreitung 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).

3.3.3 Emissionsfaktoren mit möglichen technischen Minderungen

Für die Maßnahmen **M2, Stufe 2** und **M2, Stufe 3** werden für die Bezugsjahre 2010 und 2012 die Emissionsfaktoren geändert, indem die Fahrzeugflottenzusammensetzung variiert wird. Dabei wurden die Anteile der Fahrten herausgenommen, die vom jeweiligen Fahrverbot unter Berücksichtigung von Ausnahmegenehmigungen 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 neueste verfügbare Technik eingesetzt wird.

Verkehrssituation (Kürzel)	Spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] für das Bezugsjahr 2010					
	NO _x		Partikel (nur Abrieb und Aufwirb.)		Partikel (nur Abgas)	
	PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW
HVS3-Stau	0.329	6.748	0.04	0.38	0.0132	0.1719
Kern-Stau	0.361	7.909	0.05	0.45	0.0143	0.2244
KernStau_6	0.408	9.415	0.05	0.45	0.0178	0.2457
HVS3_6	0.280	7.089	0.04	0.38	0.0153	0.1394
Kern_2	0.260	7.236	0.05	0.45	0.0114	0.1927
M2-HVS3-Stau	0.317	6.444	0.04	0.38	0.0122	0.1698
M2-Kern-Stau	0.348	7.562	0.05	0.45	0.0131	0.2221
M2-KernStau_6	0.408	9.415	0.05	0.45	0.0178	0.2457
M2-HVS3_6	0.271	6.695	0.04	0.38	0.0141	0.1338
M2-Kern_2	0.251	6.894	0.05	0.45	0.0105	0.1900

Tab. 3.1: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz an den verkehrsnahen Messstellen für das Bezugsjahr 2010 nach HBEFA unter Berücksichtigung der Flotte für Stuttgart und der geltenden Umweltzone sowie für die Maßnahme **M2, Stufe 2**

Verkehrssituation (Kürzel)	Spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] für das Bezugsjahr 2012					
	NO _x		Partikel (nur Abrieb und Aufwirb.)		Partikel (nur Abgas)	
	PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW
HVS3-Stau	0.317	5.707	0.04	0.38	0.0130	0.1361
Kern-Stau	0.346	6.694	0.05	0.45	0.0139	0.1763
KernStau_6	0.392	7.926	0.05	0.45	0.0172	0.1934
HVS3_6	0.265	5.869	0.04	0.38	0.0149	0.1093
Kern_2	0.243	6.096	0.05	0.45	0.0110	0.1530
M2-HVS3-Stau	0.273	4.839	0.04	0.38	0.0097	0.0959
M2-Kern-Stau	0.299	5.695	0.05	0.45	0.0104	0.1224
M2-KernStau_6	0.392	7.926	0.05	0.45	0.0172	0.1934
M2-HVS3_6	0.232	4.812	0.04	0.38	0.0111	0.0756
M2-Kern_2	0.214	5.148	0.05	0.45	0.0083	0.1083

Tab. 3.2: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz an den verkehrsnahen Messstellen für das Bezugsjahr 2012 nach HBEFA unter Berücksichtigung der Flotte für Stuttgart und der geltenden Umweltzone sowie für die Maßnahme **M2, Stufe 3**

Entsprechend der Kennzeichnungsverordnung besteht für Dieselfahrzeuge auch die Möglichkeit der Nachrüstung mit Partikelfiltern für einen Teil der Fahrzeuge. Mit Berücksichtigung der möglichen Partikelfilternachrüstung ergeben sich für PKW und leichte Nutzfahrzeuge gegenüber der Verteilung auf die nicht vom Verbot betroffenen Fahrzeugkonzepte geringere Minderungen der Emissionsfaktoren der Fahrzeugflotte, bei schweren Nutzfahrzeugen zeichnen sich geringere Minderungen der NO_x-Emissionsfaktoren aber leicht höhere Minderungen der Partikel-Emissionsfaktoren ab. Die rechnerische Umsetzung der Maßnahmen erfolgt in dieser Untersuchung entsprechend der Verteilung auf die nicht vom Verbot betroffenen Fahrzeugkonzepte.

Die an den verkehrsnahen Messstellen in Stuttgart 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. Mit diesen Tabellen ist ein Überblick über die zu diesen Verkehrssituationen gehörenden Emissionsfaktoren in den zu betrachtenden Bezugsjahren gegeben.

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 Stuttgart berechnet. Die Darstellung der Berechnungsergebnisse konzentriert sich im Folgenden auf die Straßenabschnitte, an denen Immissionsmessdaten in den letzten Jahren vorliegen. Seit Januar 2004 werden in Stuttgart neben der verkehrsbezogenen Messstation Stuttgart-Mitte Straße, Arnulf-Klett-Platz, auch so genannte Spot-Messungen an vier weiteren Hauptverkehrsstraßen durch die LUBW durchgeführt. Damit werden folgende Straßenabschnitte in Stuttgart im Hinblick auf die Emissionen und Immissionen betrachtet:

- Am Neckartor,
- Hohenheimer Straße,
- Waiblinger Straße,
- Stuttgart-Mitte Straße (Arnulf-Klett-Platz) und
- Siemensstraße (Messung bis 2007).

Mit den in Kap. 3 aufgeführten Auswertungen der Emissionsfaktoren durch Modifizierungen der Flotte werden folgend die Emissionen der genannten Streckenabschnitte für die Bezugsjahre 2010 und 2012 jeweils mit den jeweiligen Maßnahmen aufgeführt.

Die berechneten Emissionen sind in **Tab. 4.1** und als relative Darstellungen, bezogen auf die Emissionsmodellierung des Ausgangszustandes im Bezugsjahr 2010, in **Abb. 4.1** aufgezeigt, wobei zur Verdeutlichung der Änderungen nur ein Ausschnitt der vertikalen Achse (Prozente) gewählt wurde. Bei den Darstellungen sind die Summe aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ Partikelemissionen sowie die NO_x-Emissionen betrachtet.

Entsprechend den Zusammensetzungen der Verkehrsbelegungsdaten und der Verkehrssituationen zeigen sich an den fünf Straßenabschnitten deutlich unterschiedliche Emissionen (**Tab. 4.1**). Die relativen Änderungen bezogen auf den Ausgangszustand weisen zwischen den dargestellten Abschnitten nur leichte Variationen auf (**Abb. 4.1**). In den betrachteten Straßenabschnitten sind gegenüber dem Referenzzustand 2010 mit der Maßnahme M1 ca. 85 %-99 %, mit der Maßnahme M1 und M2, Stufe 2 ca. 82 %-95 % und im Jahr 2012 mit der Maßnahme M1 und M2, Stufe 3 ca. 67 %-78 % der NO_x-Emissionen zu erwarten. Alle genannten Maßnahmen tragen zur Minderung der verkehrsbedingten NO_x-Emissionen bei, wobei an den genannten Hauptverkehrsstraßen durch das LKW-Durchfahrtsverbot (M1) und mit der Maßnahme M2, Stufe 3 im Jahr 2012 die intensivsten Verringerungen zu erwarten sind.

NO_x in [g/(km d)]				
	2010 Istzustand	2010 M1	2010 M1+M2, Stufe2	2012 M1+M2, Stufe 3
Spot Neckartor	60 843	51 918	49 870	40 496
Spot Hohenheimer Straße	37 904	34 741	33 342	27 043
Spot Waiblinger Straße	15 025	14 014	13 452	10 817
S-Arnulf-Klett-Platz	30 784	30 413	29 203	23 941
Spot Siemensstraße	36 806	34 206	32 547	24 805
Partikel in [g/(km d)]				
	2010 Istzustand	2010 M1	2010 M1+M2, Stufe2	2012 M1+M2, Stufe 3
Spot Neckartor	7 797	7 092	6 993	6 486
Spot Hohenheimer Straße	4 628	4 399	4 322	3 987
Spot Waiblinger Straße	2 443	2 360	2 330	2 195
S-Arnulf-Klett-Platz	4 029	3 997	3 934	3 665
Spot Siemensstraße	3 991	3 820	3 756	3 451

Tab. 4.1: Berechnete Emissionen für die Bezugsjahre 2010, 2012 und den jeweiligen Maßnahmen in Gramm pro km und Tag

Die PM10-Emissionen weisen in den betrachteten Straßenabschnitten gegenüber dem Referenzzustand 2010 mit der Maßnahme M1 ca. 91 %-99 %, mit der Maßnahme M1 und M2, Stufe 2 ca. 90 %-98 % und im Jahr 2012 mit der Maßnahme M1 und M2, Stufe 3 ca. 83 %-91 % auf. Alle genannten Maßnahmen tragen zur Minderung der verkehrsbedingten Partikel-Emissionen bei, wobei an den genannten Hauptverkehrsstraßen durch das LKW-Durchfahrtsverbot (M1) mit der Maßnahme M2, Stufe 3 im Jahr 2012 die intensivsten Verringerungen zu erwarten sind. 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 hinsichtlich der Verringerung der motorbedingten PM10-Emissionen werden durch die gleich bleibenden Anteile der nicht motorbedingten Beiträge deutlich 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.

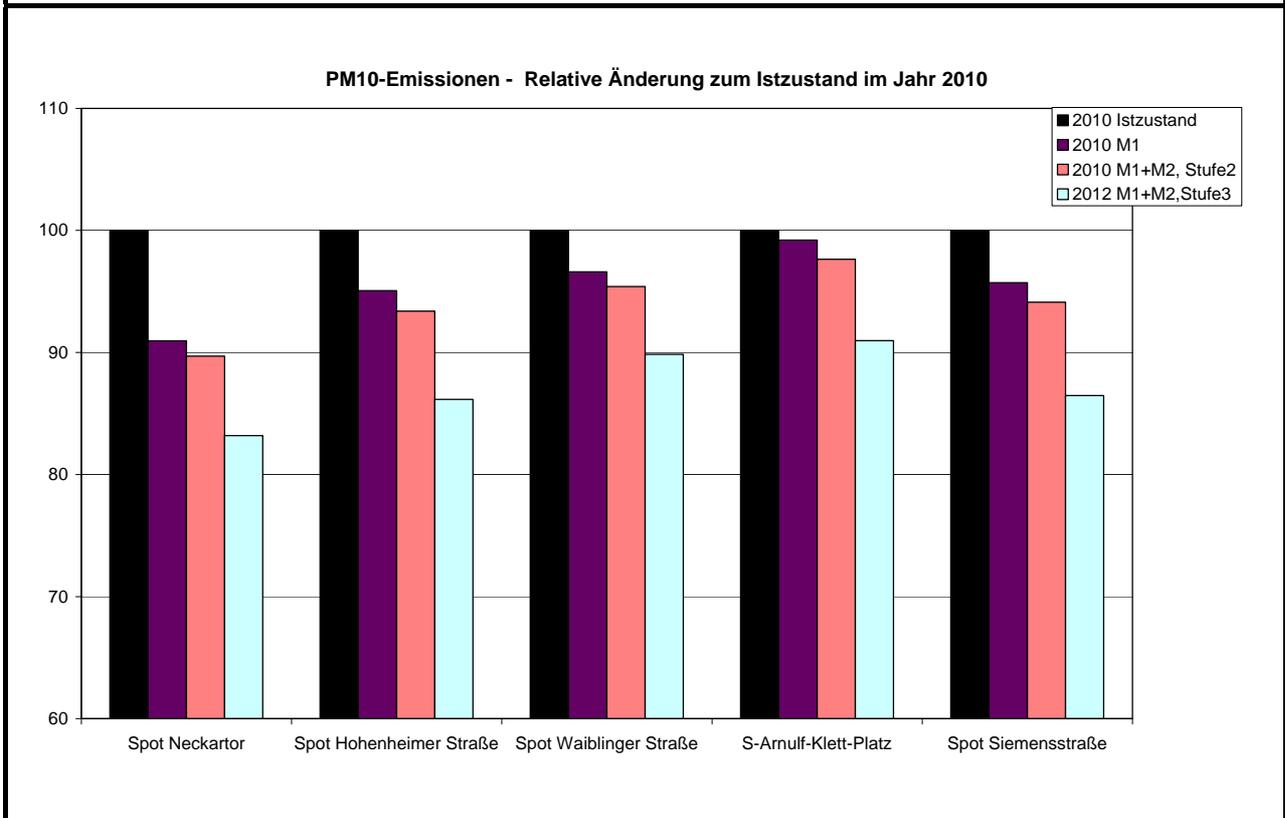
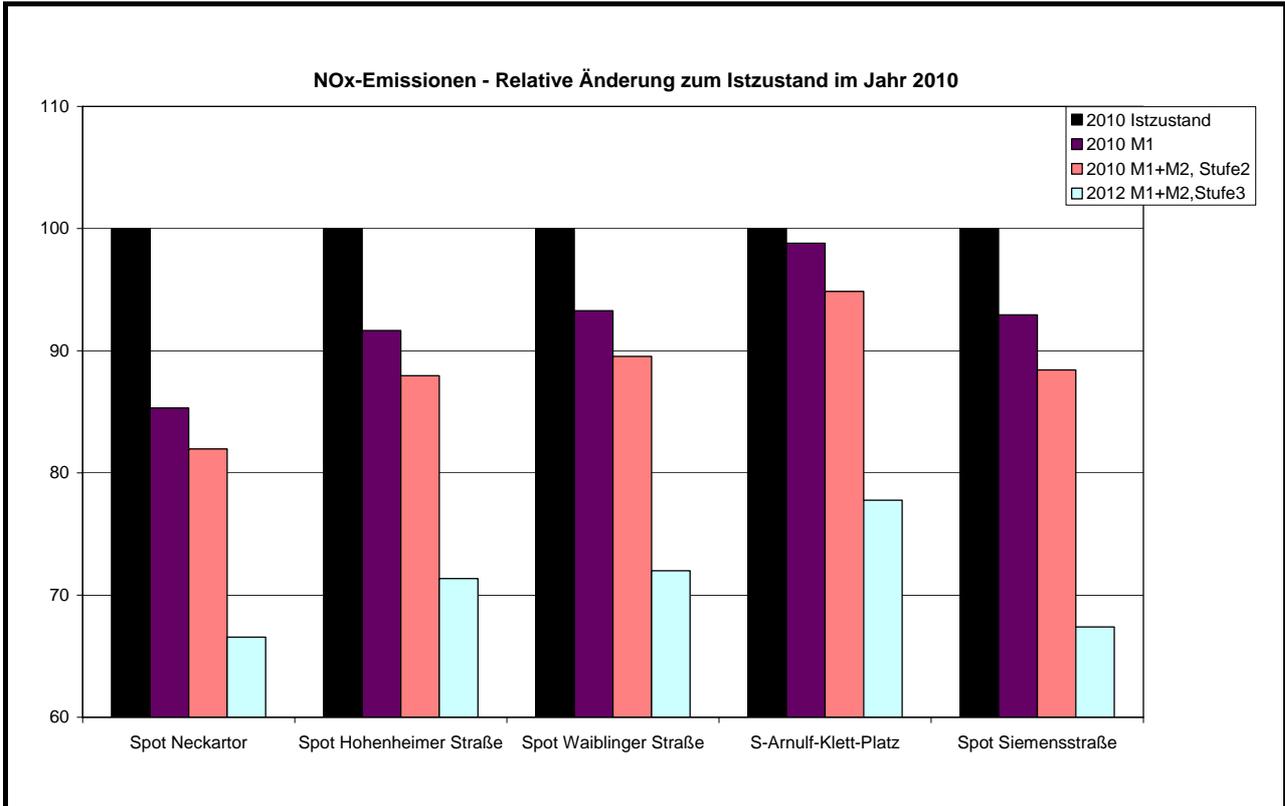


Abb. 4.1: Relative Änderung der Emissionen zum Istzustand im Jahr 2010 an den Messstellen
oben: NO_x [%]
unten: PM₁₀ [%]

4.2 Auswirkungen auf Immissionen an den Hauptverkehrsstraßen

Seit Januar 2004 werden in Stuttgart neben der verkehrsbezogenen Messstation Stuttgart-Mitte Straße, Arnulf-Klett-Platz, auch so genannte Spot-Messungen an vier weiteren Hauptverkehrsstraßen durch die LUBW durchgeführt. Damit liegen für folgende Stationen deutlich vom Kfz-Verkehr beeinflusste Immissionsmessdaten vor:

- Am Neckartor,
- Hohenheimer Straße,
- Waiblinger Straße,
- Stuttgart-Mitte Straße (Arnulf-Klett-Platz) und
- Siemensstraße (Messung bis 2007).

Weiterhin liegen Messdaten der städtischen Stationen Stuttgart Bad-Cannstatt und Stuttgart-Zuffenhausen vor. Die Messdaten der von der Stadt Stuttgart betriebenen Station Schwabenzentrum, die Immissionen über dem innerstädtischen Dachniveau erfasst, werden ebenfalls einbezogen.

Tab. 4.2 zeigt eine Zusammenstellung der Messdaten in Stuttgart der letzten Jahre. An den Messdaten ist zu erkennen, dass die höchsten Immissionen an der Station Am Neckartor erfasst werden und dass auch an den anderen Straßenmessstationen teilweise hohe Belastungen auftreten. Die Messdaten der Station Stuttgart-Bad Cannstatt liegen unter denen der anderen Stuttgarter Messstationen.

Die Station Stuttgart-Bad Cannstatt wird als städtische Hintergrundstation (UBA-Katalog) eingestuft, obwohl eine Straße (Gnesener Straße) mit über 20 000 Kfz pro Tag wenige Meter daran vorbeiführt. Die Station Stuttgart-Zuffenhausen ist als städtisches Gebiet mit Verkehrseinfluss eingestuft und repräsentiert damit nicht die städtische Hintergrundbelastung.

Für die Anwendung der vorgestellten Emissionsermittlung und der darauf aufbauenden Maßnahmen werden entsprechend der Vorgehensweise der vorangegangenen Gutachten (Lohmeyer, 2003, 2005) 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 der städtischen Stationen Stuttgart-Bad Cannstatt und Stuttgart-Zuffenhausen abgeleitet und dann auf die verkehrsbeeinflussten Stationsstandorte angewendet, um einen Vergleich zwischen den Mittelwerten der Messdaten und den Berechnungsergebnissen zu erhalten.

Schadstoffkomponente	Stationen	2004	2005	2006	2007	2008	2009
NO ₂ -Jahresmittel	Bad Cannstatt	33	33	34	33	33	-
	Zuffenhausen	40	42	46	43	42	-
	Stuttgart Zentrum	43	50	53	28	26	32
	Arnulf-Klett-Platz	77	74	83	75	74	76
	Am Neckartor	106	119	121	106	106	112
	Hohenheimer Str.	89	96	104	97	98	109
	Siemensstraße	97	97	93	90	-	-
	Waiblingerstraße	66	82	-	68	-	67
NO ₂ -98-Perzentil	Bad Cannstatt	79	79	89	80	78	-
	Zuffenhausen	104	101	116	106	105	-
	Stuttgart Zentrum	-	-	-	-	-	-
	Arnulf-Klett-Platz	156	150	173	153	149	152
	Am Neckartor	243	252	254	226	221	235
	Hohenheimer Str.	196	201	242	220	217	241
	Siemensstraße	213	210	198	201	-	-
PM10-Jahresmittel	Bad Cannstatt	23	24	26	23	19	-
	Zuffenhausen	27	28	29	23	21	-
	Stuttgart Zentrum	22	24	25	21	19	19
	Arnulf-Klett-Platz	34	35	37	31	27	26
	Am Neckartor	51	55	55	44	41	45
	Hohenheimer Str.	36	38	40	35	30	32
	Siemensstraße	37	37	42	36	-	-
	Waiblingerstraße	36	-	40	32	30	31
PM10-Überschreitungen (Anzahl der Tage über 50 µg/m ³)	Bad Cannstatt	14	12	30	16	11	-
	Zuffenhausen	29	26	35	21	11	-
	Stuttgart Zentrum	7	7	21	6	-	-
	Arnulf-Klett-Platz	42	37	47	32	14	19
	Am Neckartor	160	187	175	110	89	112
	Hohenheimer Str.	58	62	86	52	21	43
	Siemensstraße	63	51	81	60	-	-
	Waiblingerstraße	65	-	76	40	33	38

Tab. 4.2: Messdaten an den Messstationen in Stuttgart. Quelle LUBW (2005 bis 2010), Stadt Stuttgart (2005 bis 2010)

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen für die Stationen in Stuttgart sind basierend auf den Verkehrsbelegungsdaten für das Netz 2010 und den Emissionsfaktoren für das Jahr 2010 in **Tab. 4.3** aufgeführt. Die berechneten NO₂-Belastungen weisen an den städtischen Stationen und an den Straßenmessstationen überwiegend gute Übereinstimmungen mit den Messdaten auf; an einigen Straßenmessstationen sind Abweichungen zu den Messdaten berechnet. Für die NO₂-Jahresmittel sind an allen Straßenmessstellen Überschreitungen des zukünftigen Grenzwertes von 40 µg/m³ berechnet; dort weisen auch die Messdaten Überschreitungen aus. Entsprechend den Anforderungen der 22. BImSchV an die Genauigkeit der Modellrechnungen wird für die Station Spot-Hohenheimer Straße diese Anforderung nicht ganz eingehalten.

Die berechneten PM10-Jahresmittelwerte weisen an den Straßenmessstellen eher eine Überschätzung der Messwerte auf. Während an einer der Messstationen eine Überschreitung des Grenzwertes von 40 µg/m³ gemessen ist, weisen die Berechnungen für zwei der PM10-Messstationen Überschreitungen aus. Entsprechend den Anforderungen der 22. BImSchV an die Genauigkeit der Modellrechnungen werden diese an allen betrachteten Standorten eingehalten.

	NO ₂ - Jahresmittelwert [µg/m ³]	NO ₂ -98- Perzentilwert [µg/m ³]	PM10- Jahresmittelwert [µg/m ³]	PM10-Über- schreitungstage [Anzahl]
S-Bad Cannstatt	31	69	20	11
S-Zuffenhausen	42	100	24	20
SPOT-Neckartor	99	264	57	186
SPOT-Hohenheimerstr.	63	160	34	59
SPOT-Waiblingerstr.	50	96	30	39
S-Arnulf-Klett-Platz	65	153	37	75
SPOT-Siemensstr.	89	208	45	119

Tab. 4.3: Berechnete Immissionen an den Messstationen in Stuttgart.

Mit der selben Vorgehensweise wurden basierend auf den prognostizierten Verkehrsbelegungsdaten für das Jahr 2010 Immissionsberechnungen für die genannten Maßnahmen und Jahre durchgeführt. Die Ergebnisse werden zusammenfassend für die genannten Straßenabschnitte als relative Änderungen dargestellt, um die Auswirkungen der Maßnahmen und der zeitlichen Entwicklungen der Kfz-Flotte auf die Gesamtbelastungen zu beschreiben.

In **Abb. 4.2** (oben) ist der relative Vergleich der an den Messstellen berechneten PM10-Belastungen für das Jahr 2010 sowie für die Maßnahmen aufgezeigt. Die PM10-Immissionen

weisen in den betrachteten Straßenabschnitten gegenüber dem Referenzzustand 2010 mit der Maßnahme M1 ca. 94 %-99 %, mit der Maßnahme M1 und M2, Stufe 2 ca. 93 %-99 % und im Jahr 2012 mit der Maßnahme M1 und M2, Stufe 3 ca. 89 %-96 % auf. An den genannten Hauptverkehrsstraßen sind durch das LKW-Durchfahrtsverbot (M1) mit der Maßnahme M2, Stufe 3 im Jahr 2012 die intensivsten Verringerungen zu erwarten. Im Anhang A2 sind die berechneten PM10-Immissionen für die Maßnahmen für alle Hauptverkehrsstraßen grafisch dargestellt.

Die Betrachtungen für Feinstaub werden hinsichtlich der Auswirkungen auf die Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auch auf die Messdaten übertragen. **Abb. 4.2** (unten) zeigt die relative Änderung der Tage der Überschreitungen. Gegenüber dem Referenzzustand 2010 sind mit der Maßnahme M1 ca. 92 %-99 %, mit der Maßnahme M1 und M2, Stufe 2 ca. 91 %-97 % und im Jahr 2012 mit der Maßnahme M1 und M2, Stufe 3 ca. 80 %-88 % der Überschreitungstage abgeleitet.

In **Abb. 4.3** ist der relative Vergleich der berechneten NO_2 -Belastungen für das Jahr 2010 sowie für die Maßnahmen aufgezeigt. Die NO_2 -Jahresmittelwerte weisen in den betrachteten Straßenabschnitten an den Messstellen gegenüber dem Referenzzustand 2010 mit der Maßnahme M1 ca. 90 %-99 %, mit der Maßnahme M1 und M2, Stufe 2 ca. 88 %-97 % und im Jahr 2012 mit der Maßnahme M1 und M2, Stufe 3 ca. 77 %-88 % auf. An den genannten Hauptverkehrsstraßen sind durch das LKW-Durchfahrtsverbot (M1) mit der Maßnahme M2, Stufe 3 im Jahr 2012 die intensivsten Verringerungen zu erwarten. Im Anhang A2 sind die berechneten NO_2 -Immissionen für die Maßnahmen für alle Hauptverkehrsstraßen grafisch dargestellt.

Insgesamt ist aus den Ergebnissen der Berechnungen zu schließen, dass mit dem LKW-Durchfahrtsverbot und der durch die verschärfte Umweltzone vorgezogenen Erneuerung der Kfz-Fahrzeugflotte deutliche Verringerungen der motorbedingten Schadstofffreisetzungen verbunden sind, die auch zu deutlichen Verringerungen der NO_2 -Belastungen führen. Da an den Hauptverkehrsstraßen der verkehrsbedingte Anteil an diesen Immissionen hoch ist, werden die Gesamtbelastungen durch Verringerungen der Zusatzbelastungen des Kfz-Verkehrs auch deutlich reduziert. Allerdings zeigen die Berechnungen, dass die Reduzierung der Feinstaubbelastungen durch die zeitliche Entwicklung der Fahrzeugflotte und die betrachteten Maßnahmen einen geringeren Umfang aufweisen, was an den nicht motorbedingten PM10-Beiträgen des Kfz-Verkehrs und dem insgesamt geringeren Anteil der verkehrsbedingten Beiträge an der PM10-Gesamtbelastung liegt. Wirkungsvolle Verringerungen sind für PM10 durch Reduzierungen des Kfz-Verkehrs erreichbar, wie die Ausführungen in der vorangegangenen Studie „Maßnahmenbetrachtungen zu PM10 in Zusammenhang mit Luftreinhalteplänen“ (Lohmeyer, 2004) belegen.

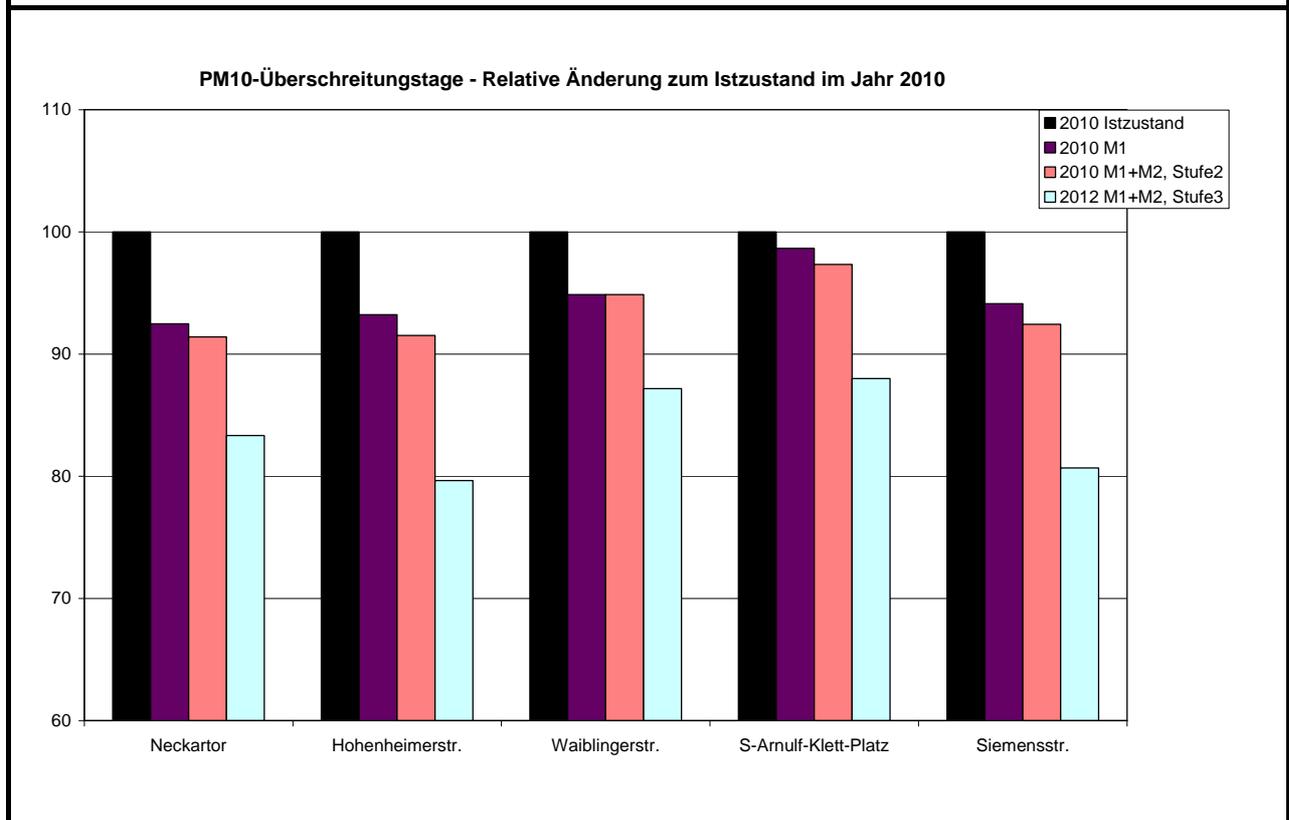
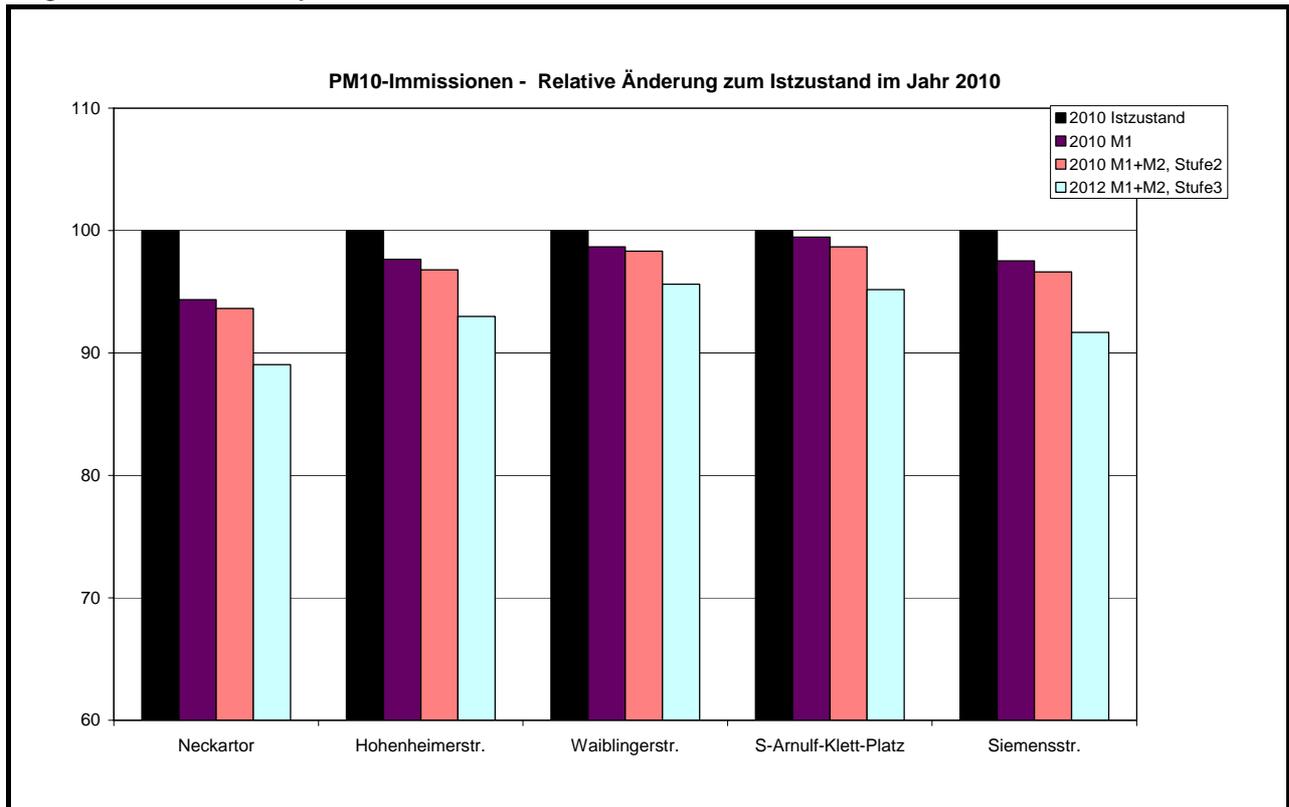


Abb. 4.2: Relative Änderung der PM10-Immissionen zum Istzustand im Jahr 2010 an den Messstellen
 oben: Jahresmittelwert [%]
 unten: Überschreitungstage [%]

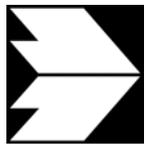
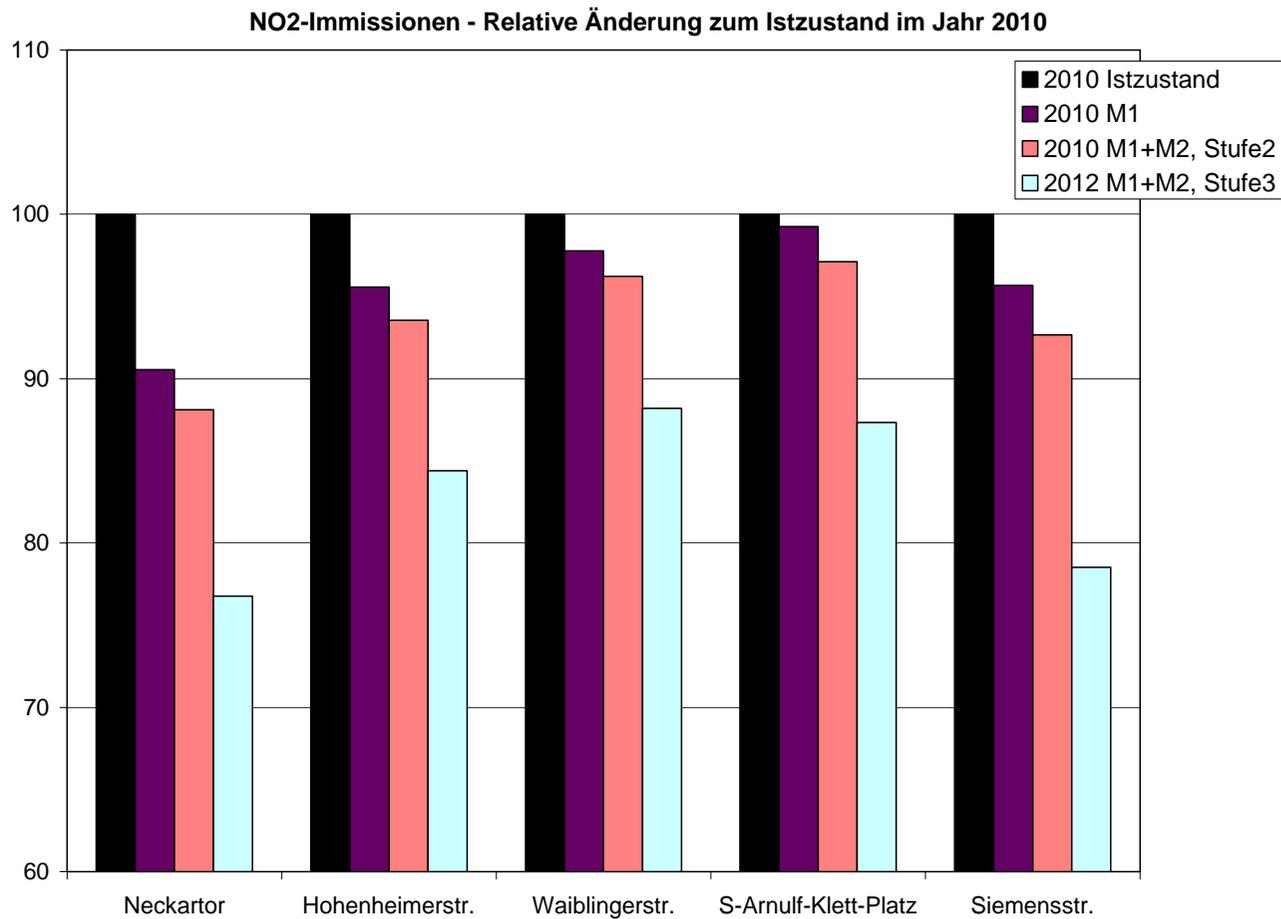


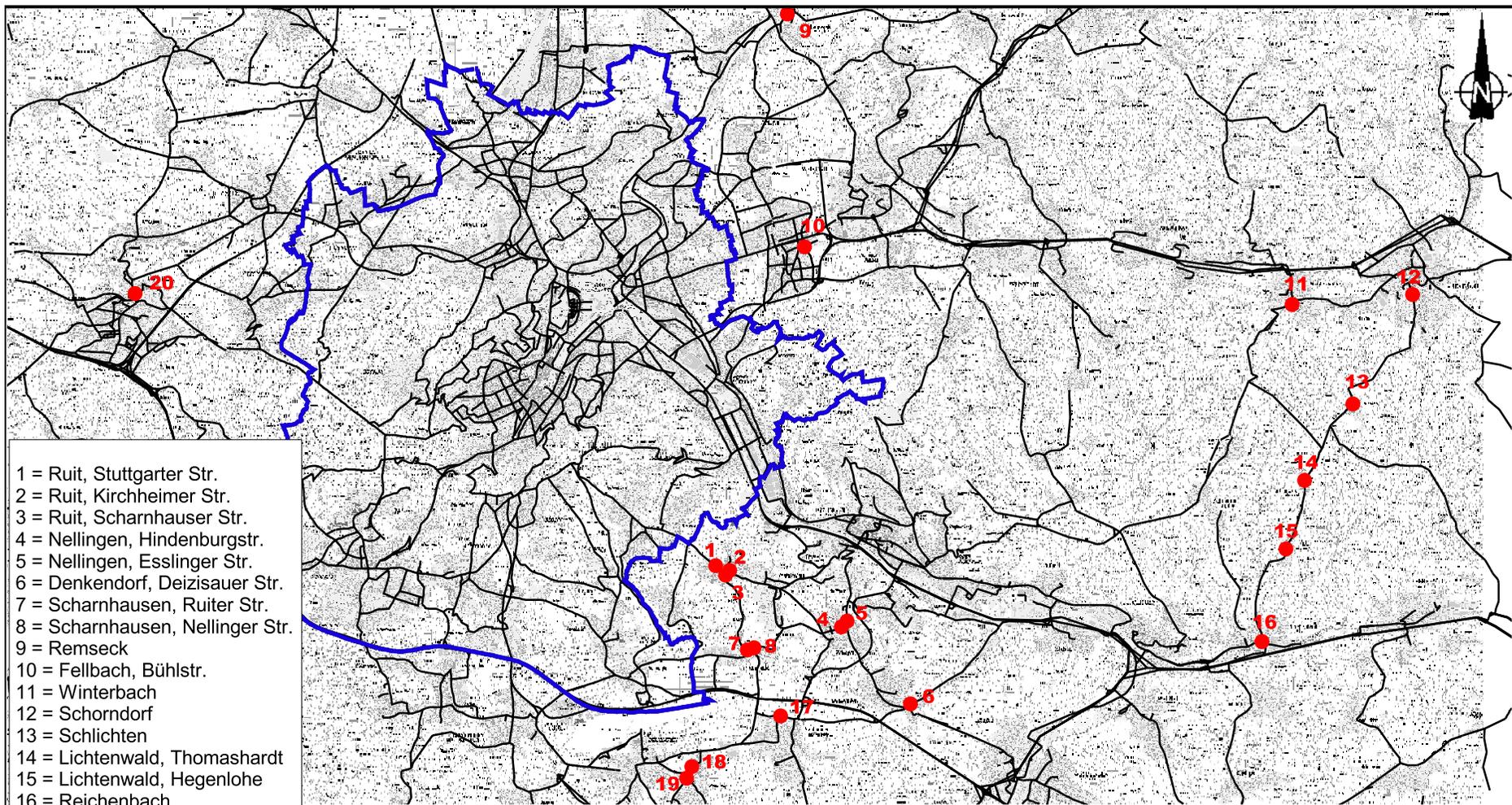
Abb. 4.3: Relative Änderung der NO₂-Immissionen (Jahresmittelwerte) zum Istzustand im Jahr 2010 an den Messstellen in %

5 BETRACHTUNGEN AUSSERHALB DES STADTGEBIETES VON STUTTART

Entsprechend der Maßnahmenbeschreibung musste das Plangebiet nach Osten erweitert werden, um unzumutbare Verlagerungseffekte in die Nachbarkommunen zu vermeiden. Damit umfasst der Geltungsbereich des LKW-Durchfahrtsverbots neben dem Stadtgebiet Stuttgart zusätzlich das Stadtgebiet Ostfildern und das Gebiet bis zur B313 zwischen dem Kreuz Wendlingen (A 8) und dem Dreieck Plochingen (B 10). Im Zusammenhang mit den Verkehrsberechnungen des Lehrstuhls für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik der Universität Stuttgart wurde das Straßennetz weiträumig erfasst, damit die möglichen Verkehrsverlagerungen durch die Maßnahme abgebildet werden können.

Basierend auf den Verkehrsbelegungsdaten wurden damit auch für Bereiche außerhalb des Stadtgebietes der Landeshauptstadt Stuttgart die Emissionen für NO_x und Partikel für den Referenzzustand und die Maßnahme M1 – LKW-Durchfahrtsverbot – berechnet. In dem Straßennetz für M1 ist eine neue Autobahnanschlussstelle bei Neuhausen/Scharnhausen enthalten. Für ausgewählte Ortsdurchfahrten wurden auf dieser Grundlage die Immissionen an der Randbebauung entsprechend oben beschriebener Vorgehensweise prognostiziert. In **Abb. 5.1** ist der Ausschnitt des Straßennetzes mit den betrachteten Ortsdurchfahrten als Übersichtsdarstellung aufgezeigt.

Für die Ortsbereiche innerhalb des Geltungsbereichs des LKW-Durchfahrtsverbots und außerhalb des Stadtgebietes von Stuttgart sind die berechneten verkehrsbedingten Emissionen für NO_x und Partikel in **Abb. 5.2** dargestellt. Daran ist einerseits abzulesen, dass sich aufgrund der Verkehrsstärke zwischen den Ortsdurchfahrten deutliche Unterschiede der Schadstofffreisetzungen ergeben und andererseits ist der zu erwartende Einfluss der Maßnahme M1 „LKW-Durchfahrtsverbot“ auf die Emissionen der dargestellten Ortsdurchfahrten abzulesen. Dies wird verdeutlicht mit der Darstellung der relativen Änderung zum Referenzzustand (**Abb. 5.3**), wobei darin die Auswirkungen der neuen Autobahnanschlussstelle bei Neuhausen/Scharnhausen enthalten sind. Danach sind an drei der betrachteten Ortsdurchfahrten Erhöhungen der NO_x -Emissionen auf 106 % bis 110 % und den anderen fünf betrachteten Ortsdurchfahrten Verringerungen auf 90 % bis 99 % zu erwarten. Die Änderungen der Partikelemissionen umfassen an drei der betrachteten Ortsdurchfahrten Erhöhungen auf 110 % bis 115 % und an fünf der betrachteten Ortsdurchfahrten Verringerungen auf 93 % bis 99 %.



- 1 = Ruit, Stuttgarter Str.
- 2 = Ruit, Kirchheimer Str.
- 3 = Ruit, Scharnhauser Str.
- 4 = Nellingen, Hindenburgstr.
- 5 = Nellingen, Esslinger Str.
- 6 = Denkendorf, Deizisauer Str.
- 7 = Scharnhausen, Ruiter Str.
- 8 = Scharnhausen, Nellinger Str.
- 9 = Remseck
- 10 = Fellbach, Bühlstr.
- 11 = Winterbach
- 12 = Schorndorf
- 13 = Schlichten
- 14 = Lichtenwald, Thomashardt
- 15 = Lichtenwald, Hegenlohe
- 16 = Reichenbach
- 17 = Neuhausen, Plieninger Str.
- 18 = Siemlingen, Bahnhofstr.
- 19 = Siemlingen, Reutlinger Str.
- 20 = Leonberg, Grabenstr.

0 3000 6000 9000 Meter

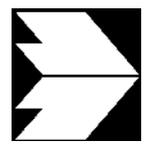


Abb. 5.1: Lageplan des Untersuchungsgebietes mit Lage der Ortsdurchfahrten.

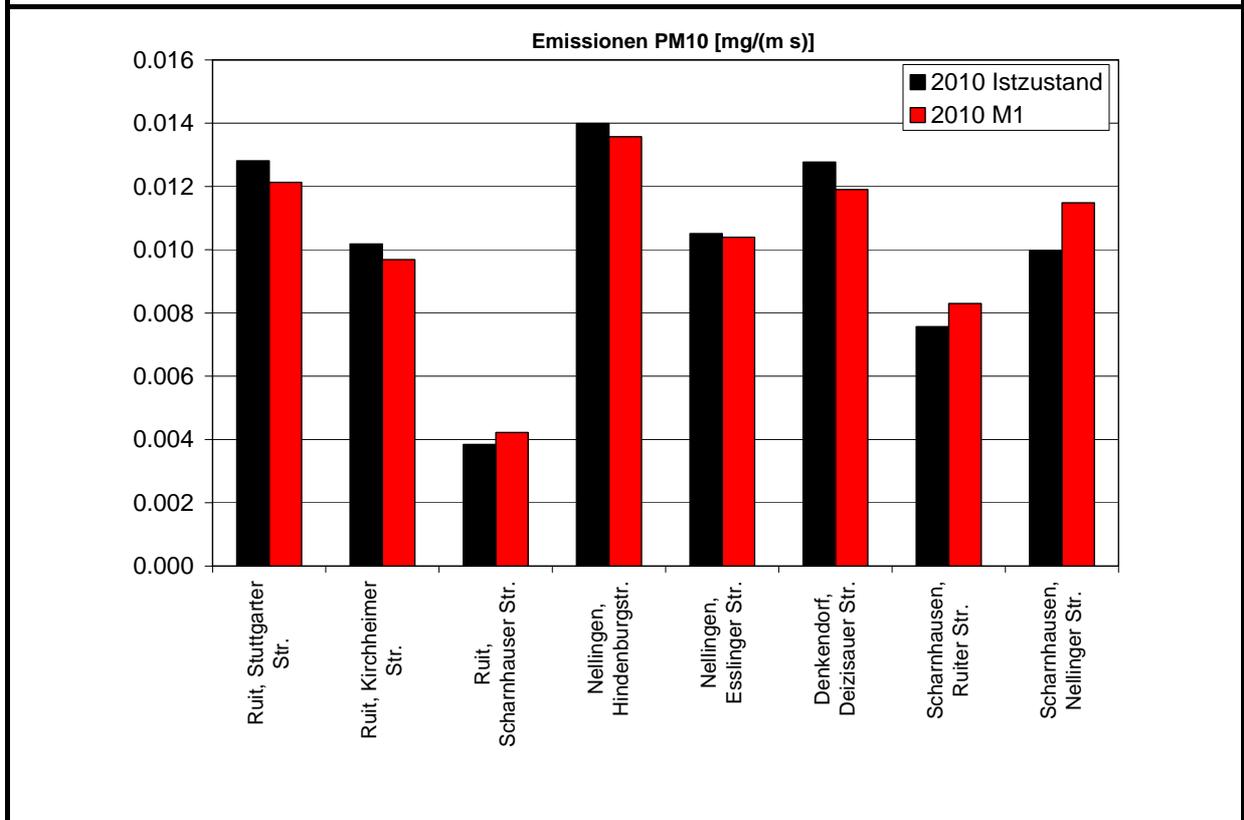
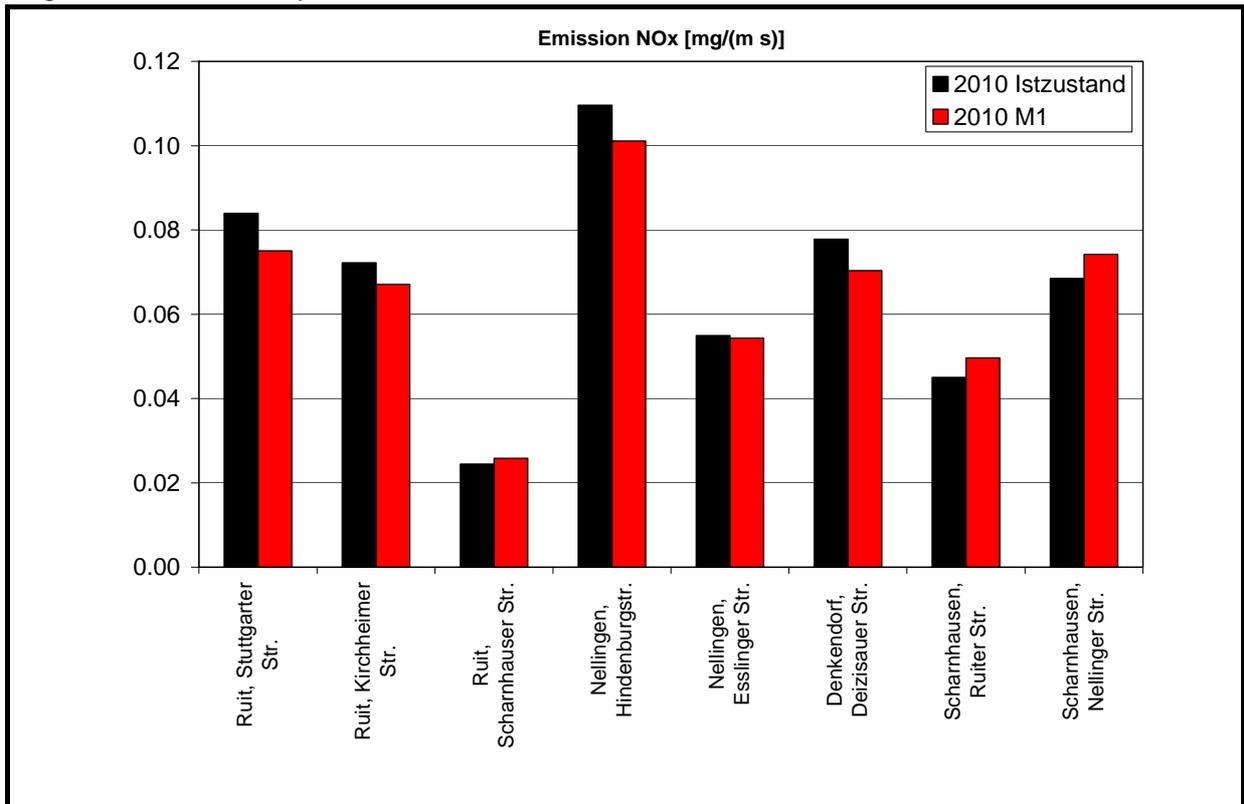


Abb. 5.2: Emissionen an den Ortsdurchfahrten im Plangebiet und außerhalb der Umweltzone Stuttgart für den Istzustand und die Maßnahme M1 im Jahr 2010
 oben: NOx [mg/(m s)]
 unten: PM10 [mg/(m s)]

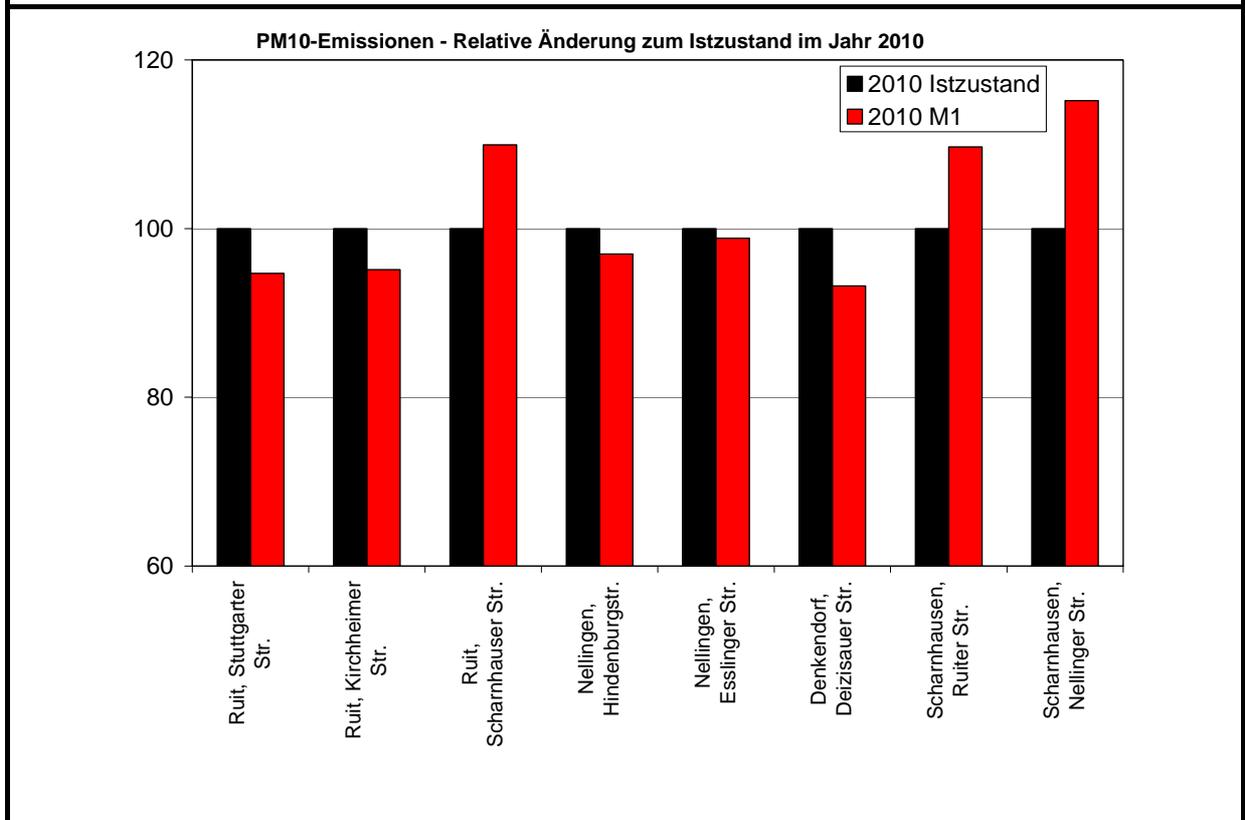
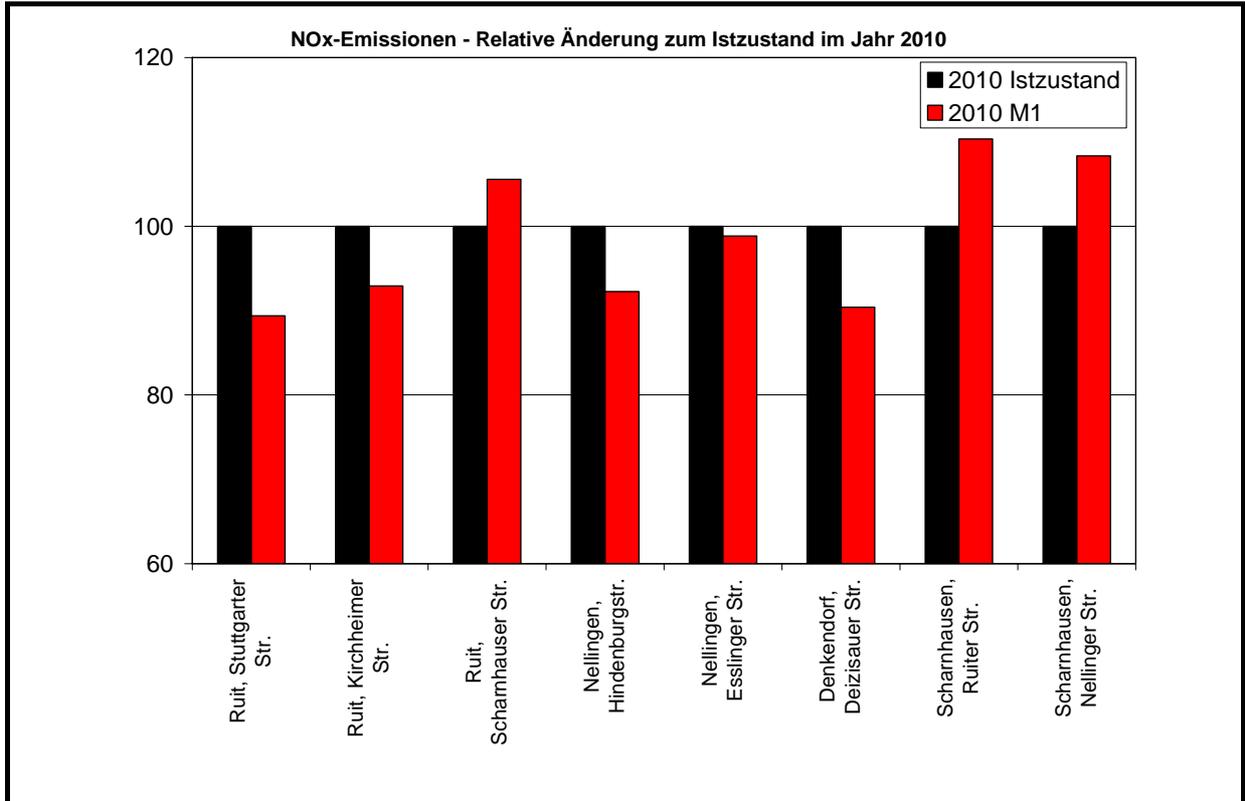


Abb. 5.3: Relative Änderung der Emissionen zum Istzustand für die Maßnahme M1 an den Ortsdurchfahrten im Plangebiet und außerhalb der Umweltzone Stuttgart
oben: NOx [%]
unten: PM10 [%]

Für die genannten Ortsdurchfahrten wurden unter Berücksichtigung der örtlichen Windverhältnisse, die durch nahe gelegene Windmessdaten bzw. die synthetischen Windstatistiken für Baden-Württemberg (www.LUBW.baden-wuerttemberg.de) vorliegen, und der typisierten Straßenrandbebauung die Immissionen berechnet. In **Abb. 5.4** (oben) sind die durch die Maßnahme M1 bedingten relativen Änderungen der NO₂-Immissionen (Jahresmittelwerte) dargestellt, wobei darin die Auswirkungen der neuen Autobahnanschlussstelle bei Neuhausen/Scharnhausen enthalten sind. Danach sind an drei der betrachteten Ortsdurchfahrten Erhöhungen der NO₂-Immissionen bis auf 101 % und an den anderen fünf betrachteten Ortsdurchfahrten Verringerungen auf 97 % bis 99% zu erwarten. Ergänzend sind in **Abb. 5.4** (unten) die berechneten Konzentrationen aufgezeigt. Danach führt in den Ortsdurchfahrten mit Zunahmen der verkehrsbedingten Beiträge diese nicht zu einer zusätzlichen Überschreitung von 40 µg/m³, wobei auch mit der Maßnahme M1 an einigen Ortsdurchfahrten eine Überschreitung nicht auszuschließen ist.

In **Abb. 5.5** (oben) sind die durch die Maßnahme M1 bedingten relativen Änderungen der PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) aufgezeigt, wobei darin die Auswirkungen der neuen Autobahnanschlussstelle bei Neuhausen/Scharnhausen enthalten sind. An drei der betrachteten Ortsdurchfahrten sind Erhöhungen der PM10-Immissionen bis auf 102 % und an den anderen fünf betrachteten Ortsdurchfahrten Verringerungen bis auf 99% zu erwarten. In **Abb. 5.5** (unten) sind die berechneten Konzentrationen aufgezeigt. Danach sind an den betrachteten Ortsdurchfahrten keine Überschreitungen der PM10-Kurzzeitbelastung, die aus dem Schwellenwert des PM10-Jahresmittelwertes von 29 µg/m³ abgeleitet wird (siehe Kap. A1.4), berechnet.

Für die Ortsbereiche außerhalb des Geltungsbereichs des LKW-Durchfahrtsverbots sind die berechneten verkehrsbedingten Emissionen für NO_x und Partikel in **Abb. 5.6** dargestellt. An den Ortsdurchfahrten variieren die auf der Grundlage der Verkehrsstärken berechneten Schadstofffreisetzungen und bewirken einen unterschiedlichen Einfluss der Maßnahme M1 „LKW-Durchfahrtsverbot“ auf die Emissionen der dargestellten Ortsdurchfahrten. Dies wird verdeutlicht mit der Darstellung der relativen Änderung zum Referenzzustand (**Abb. 5.7**). Danach sind an zwei der betrachteten Ortsdurchfahrten Verringerungen der NO_x-Emissionen auf 61 % und 88 % und an den anderen zehn betrachteten Ortsdurchfahrten Erhöhungen auf 103 % bis 118% zu erwarten. Die Änderungen der Partikelemissionen umfassen an zwei der betrachteten Ortsdurchfahrten Verringerungen auf 61 % bzw. 91 % und an zehn der betrachteten Ortsdurchfahrten Erhöhungen auf 102 % bis 115 %.

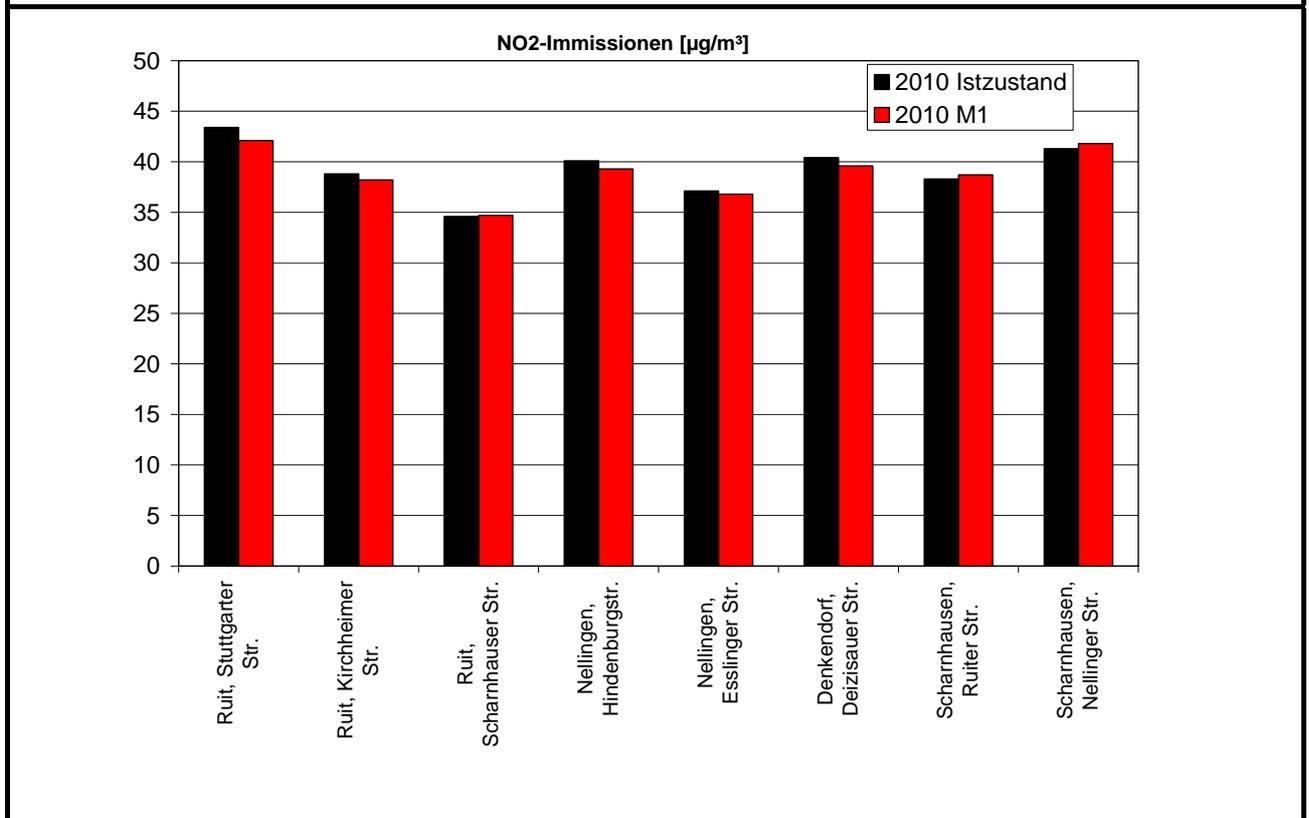
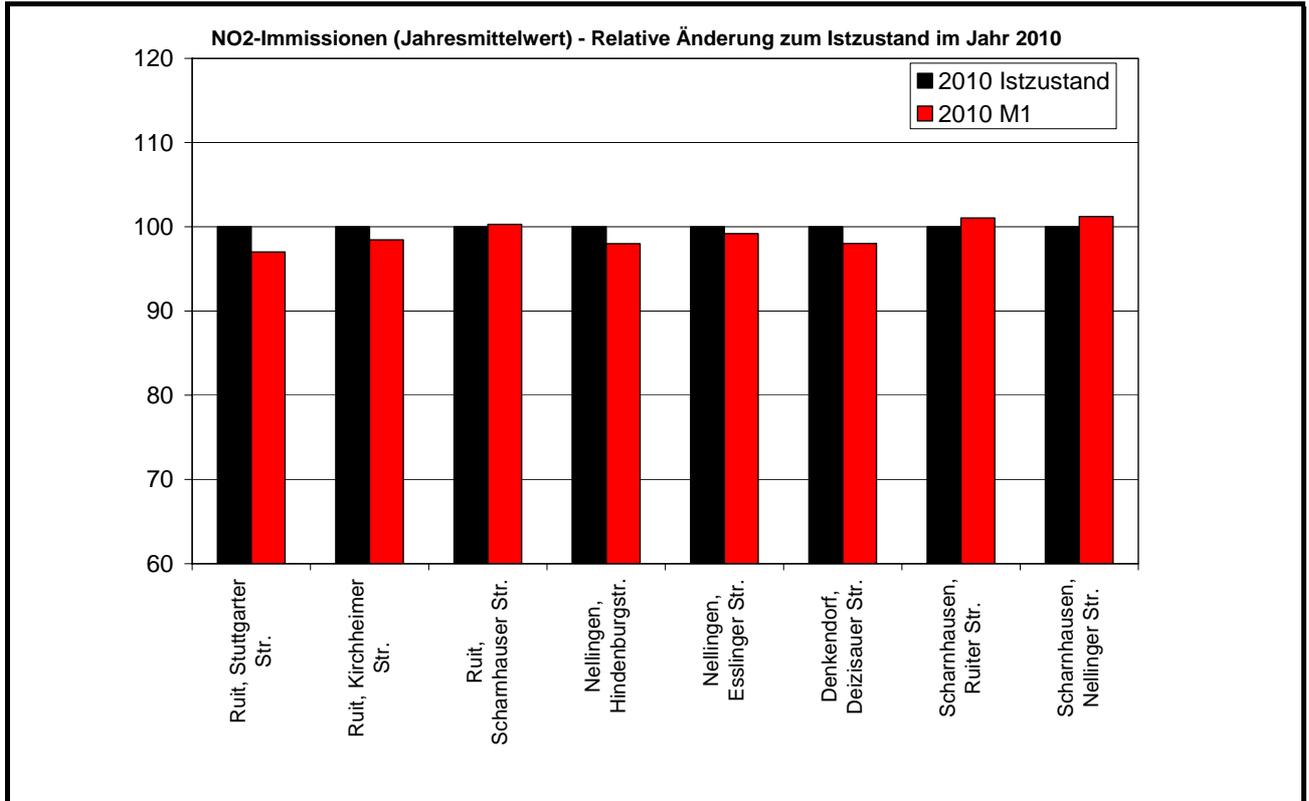


Abb. 5.4: NO₂-Immissionen an den Ortsdurchfahrten im Plangebiet und außerhalb der Umweltzone Stuttgart für den Istzustand und die Maßnahme M1 im Jahr 2010
oben: Relative Änderung [%] der NO₂-Immissionen
unten: NO₂-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

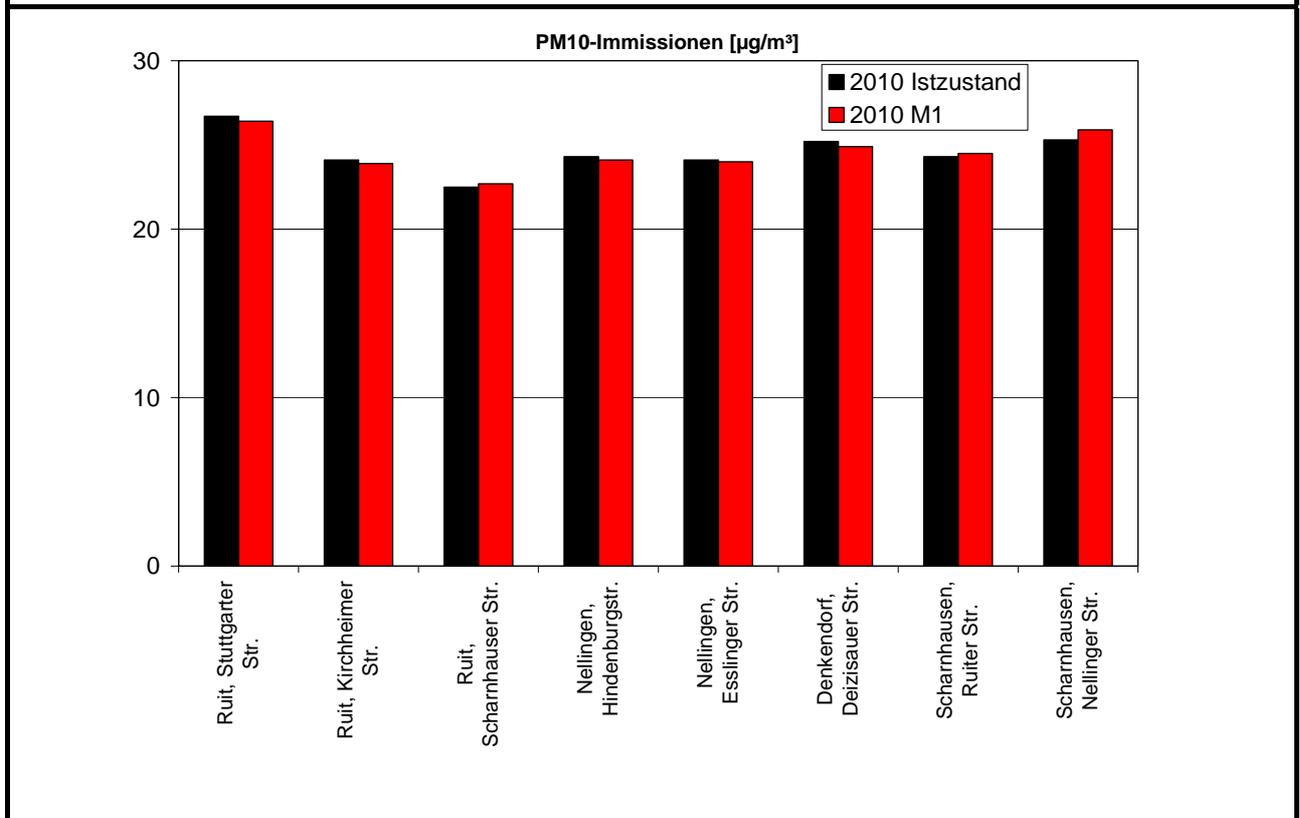
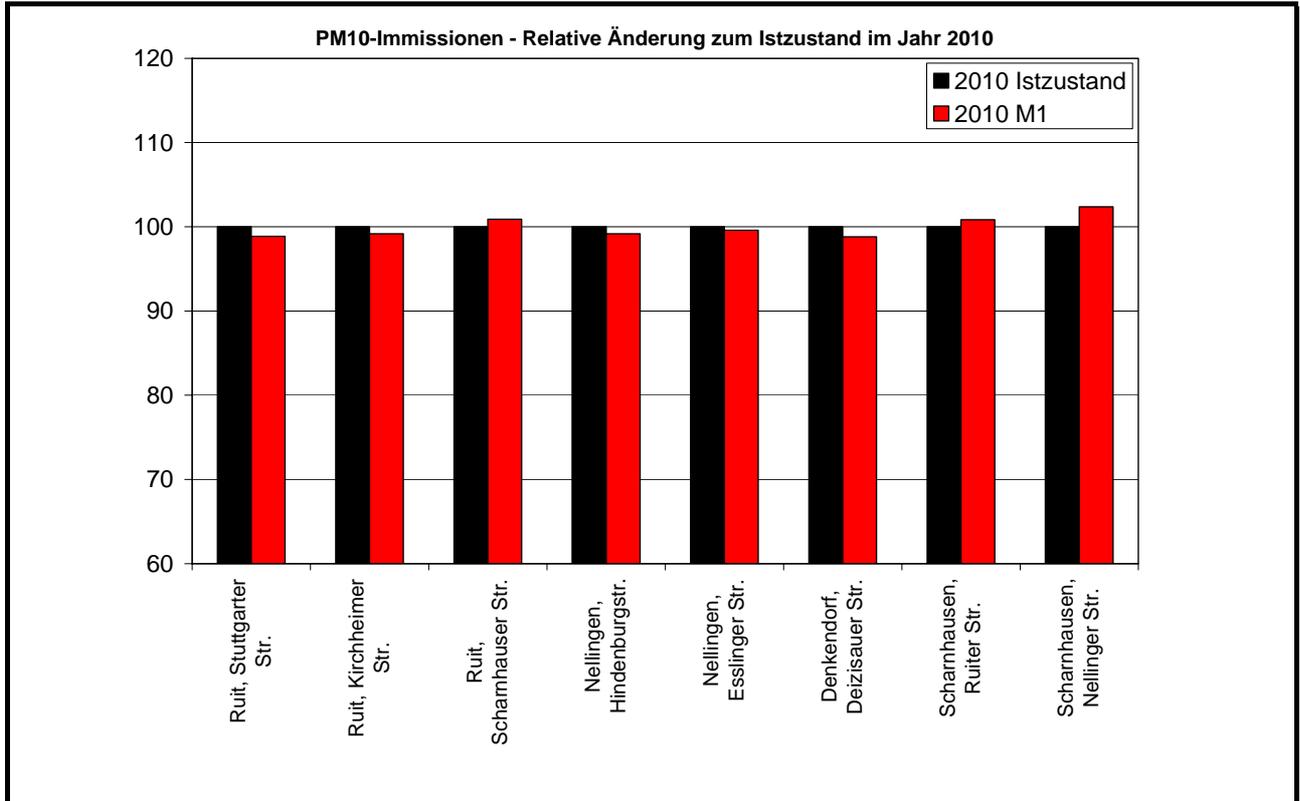


Abb. 5.5: PM10-Immissionen an den Ortsdurchfahrten im Plangebiet und außerhalb der Umweltzone Stuttgart für den Istzustand und die Maßnahme M1 im Jahr 2010
 oben: Relative Änderung [%] der PM10-Immissionen
 unten: PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

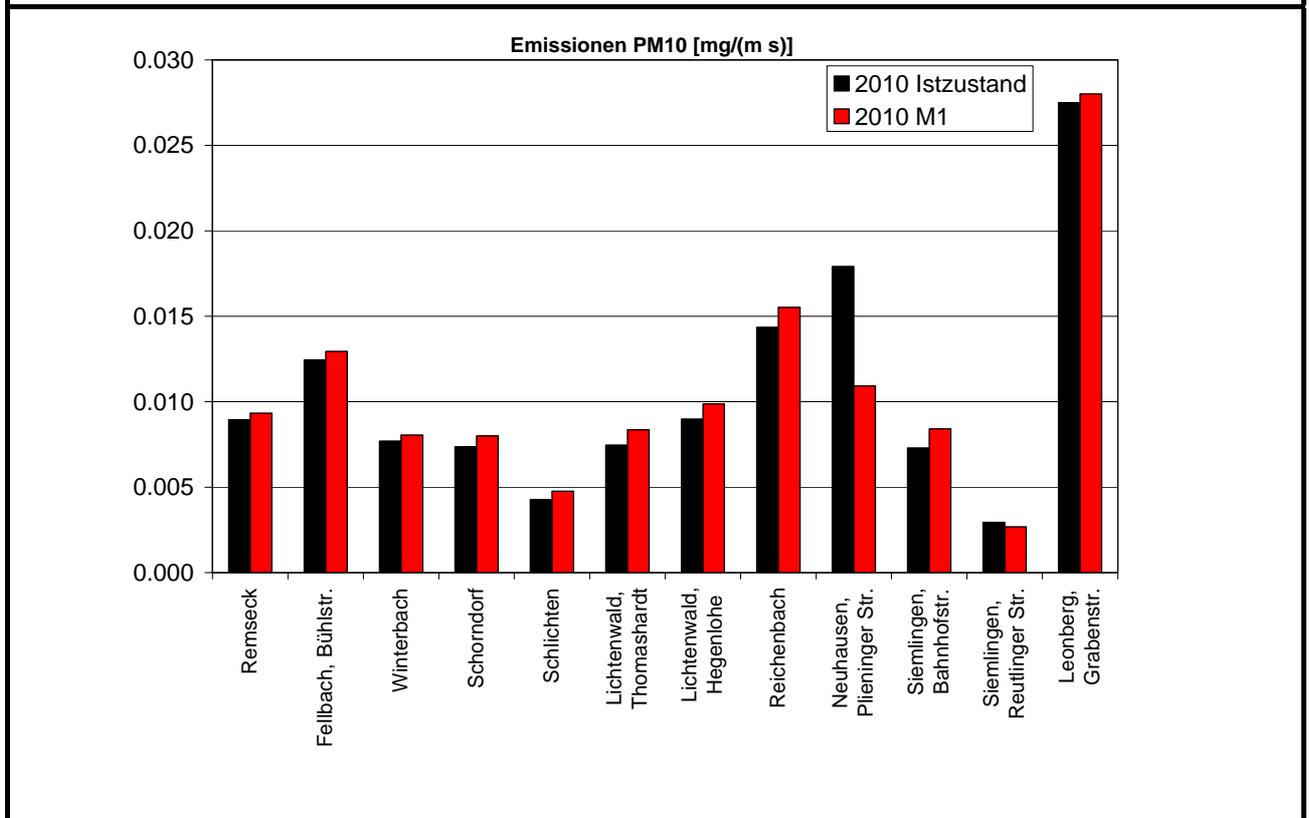
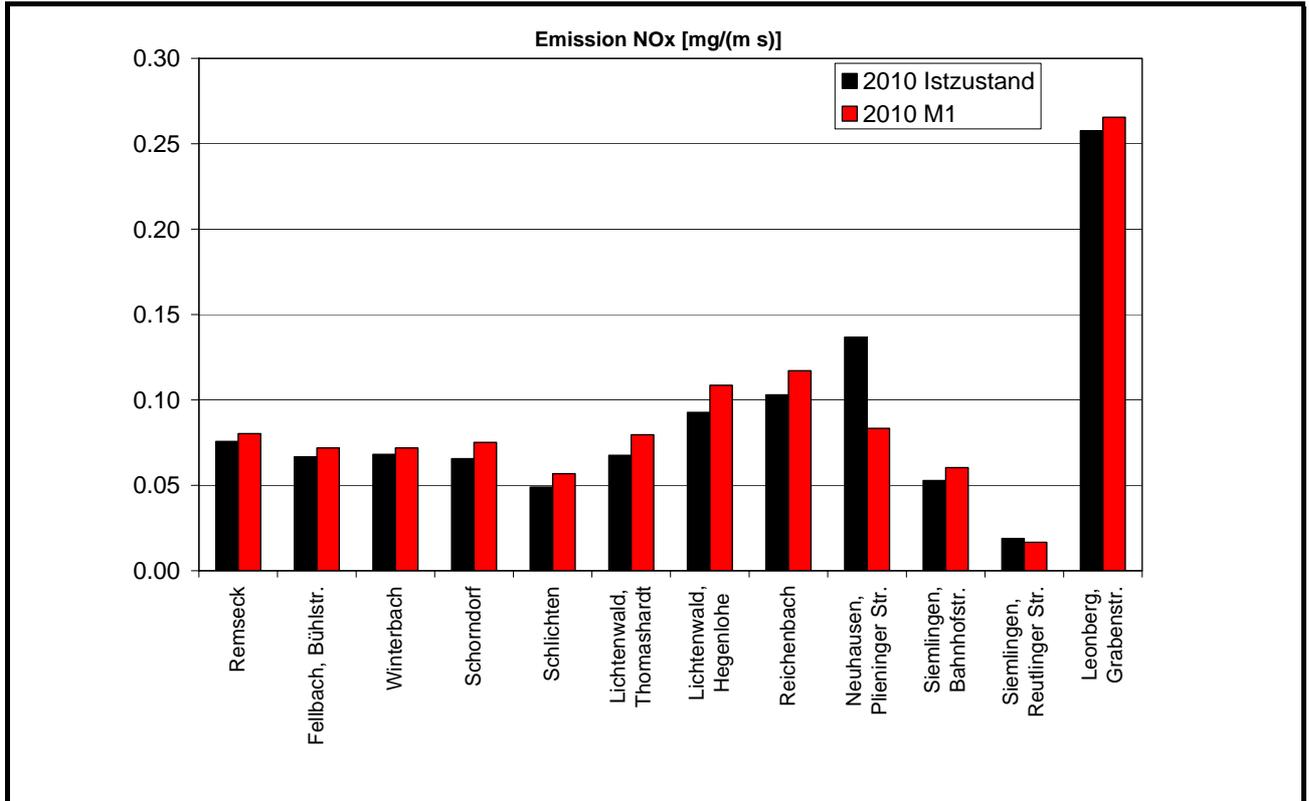


Abb. 5.6: Emissionen an den Ortsdurchfahrten außerhalb des Plangebietes für den Istzustand und die Maßnahme M1 im Jahr 2010
oben: NOx [mg/(m s)]
unten: PM10 [mg/(m s)]

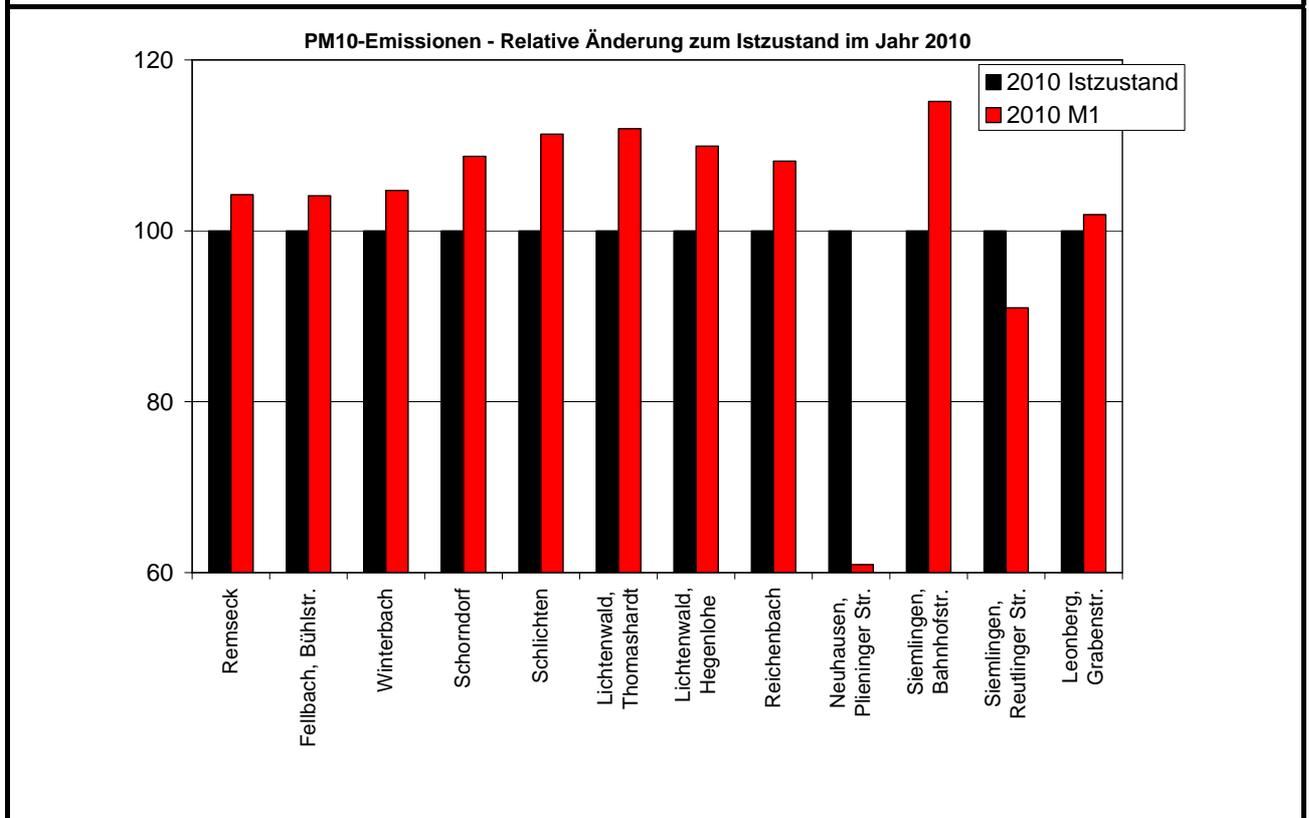
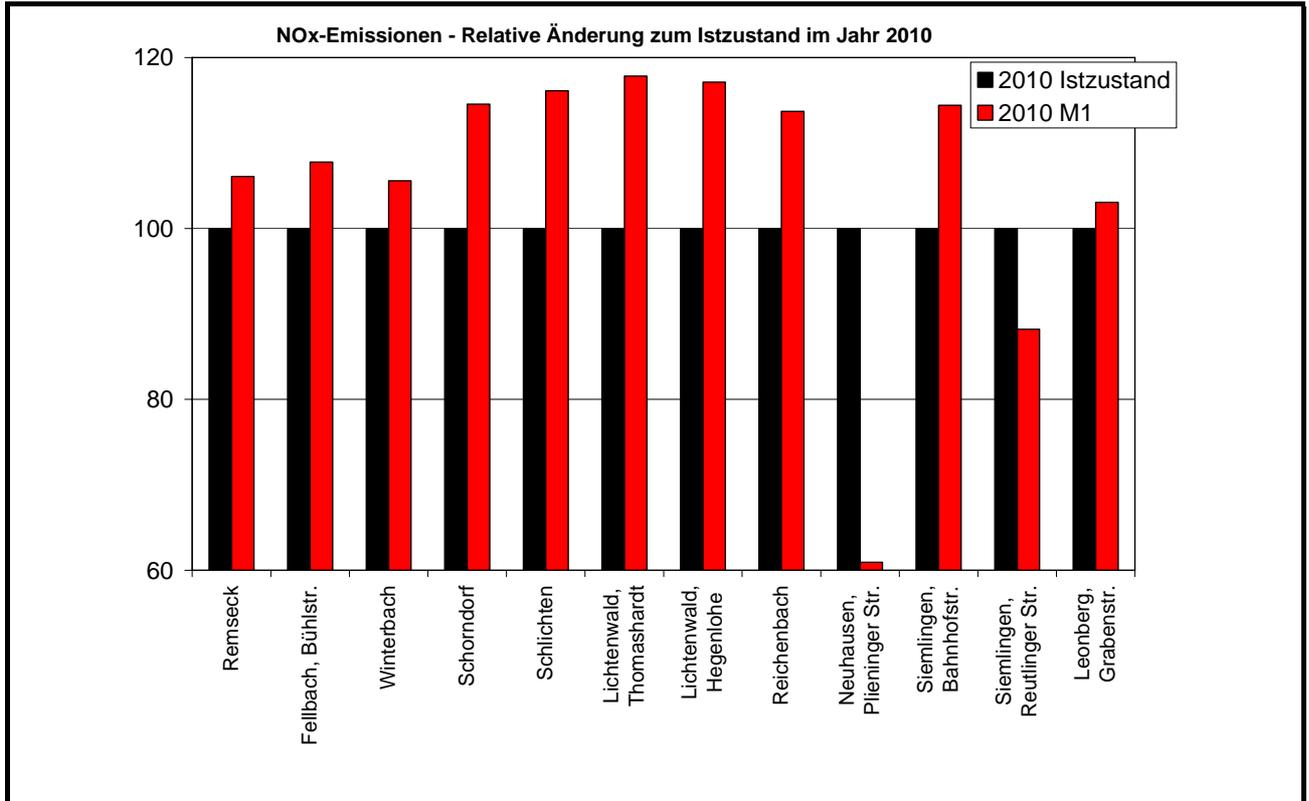


Abb. 5.7: Relative Änderung der Emissionen zum Istzustand im Jahr 2010 für die Maßnahme M1 im Jahr 2010 an den Ortsdurchfahrten außerhalb des Plangebietes
oben: NOx [%]
unten: PM10 [%]

Für die genannten Ortsdurchfahrten wurden ebenfalls unter Berücksichtigung der örtlichen Windverhältnisse, die durch nahe gelegene Windmessdaten bzw. die synthetischen Windstatistiken für Baden-Württemberg (www.LUBW.baden-wuerttemberg.de) vorliegen, und der typisierten Straßenrandbebauung die Immissionen berechnet. In **Abb. 5.8** (oben) sind die durch die Maßnahme M1 bedingten relativen Änderungen der NO₂-Immissionen (Jahresmittelwerte) dargestellt. Danach sind an zwei der betrachteten Ortsdurchfahrten Verringerungen der NO₂-Immissionen auf 91 % bzw. 98 % und an den anderen zehn betrachteten Ortsdurchfahrten Erhöhungen auf 101 % bis 105 % zu erwarten. In **Abb. 5.8** (unten) sind die berechneten Konzentrationen aufgezeigt. Danach sind an drei Ortsdurchfahrten mit der Maßnahme M1 Überschreitungen von 40 µg/m³ nicht auszuschließen.

In **Abb. 5.9** (oben) sind die durch die Maßnahme M1 bedingten relativen Änderungen der PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) aufgezeigt. An zwei der betrachteten Ortsdurchfahrten sind Verringerungen der PM10-Immissionen auf 94 % bzw. 99 % und an den anderen zehn betrachteten Ortsdurchfahrten Erhöhungen bis auf 102% zu erwarten. In **Abb. 5.9** (unten) sind die berechneten Konzentrationen aufgezeigt. Danach sind an der Ortsdurchfahrt von Leonberg Überschreitungen der PM10-Kurzzeitbelastung berechnet, die aus dem Schwellenwert des PM10-Jahresmittelwertes von 29 µg/m³ abgeleitet wird (siehe Kap. A1.4); an den anderen Ortsdurchfahrten sind geringere Immissionen zu erwarten.

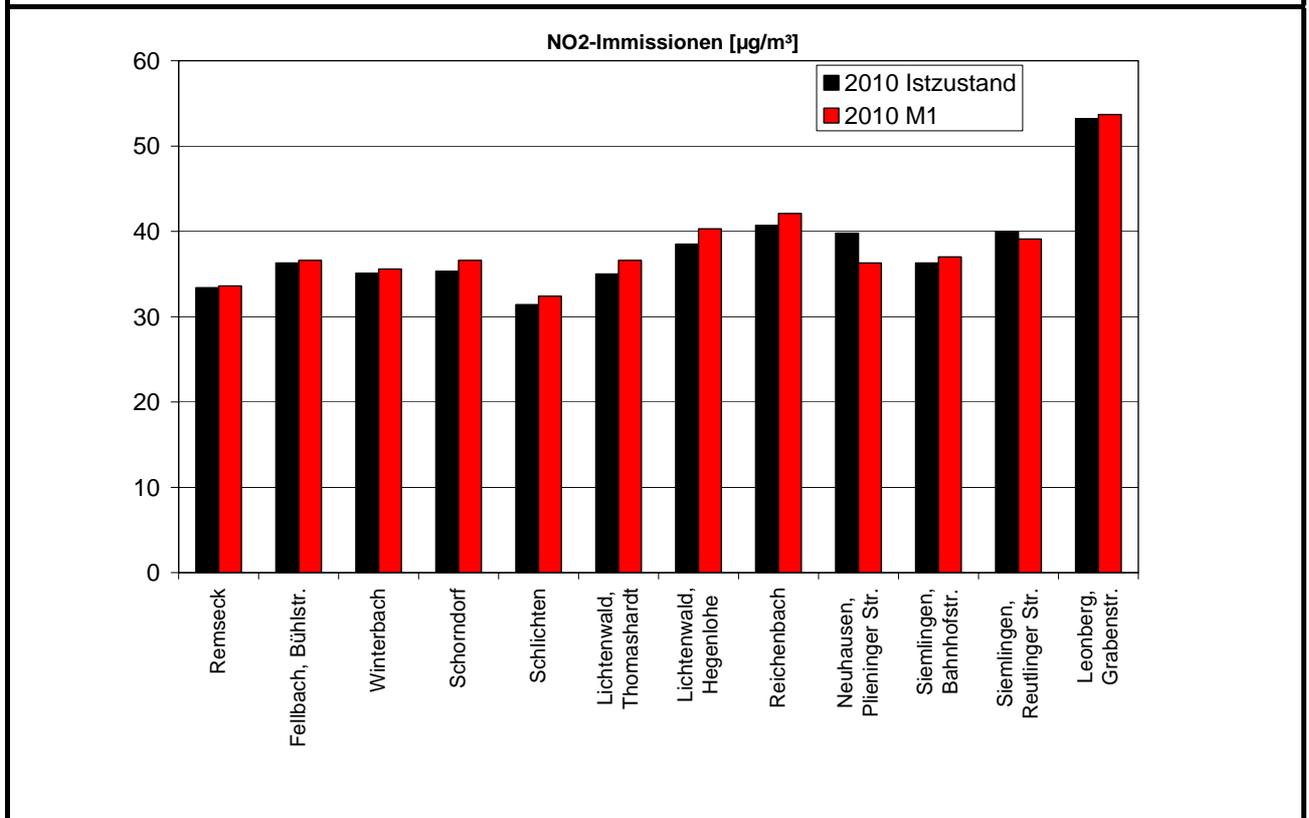
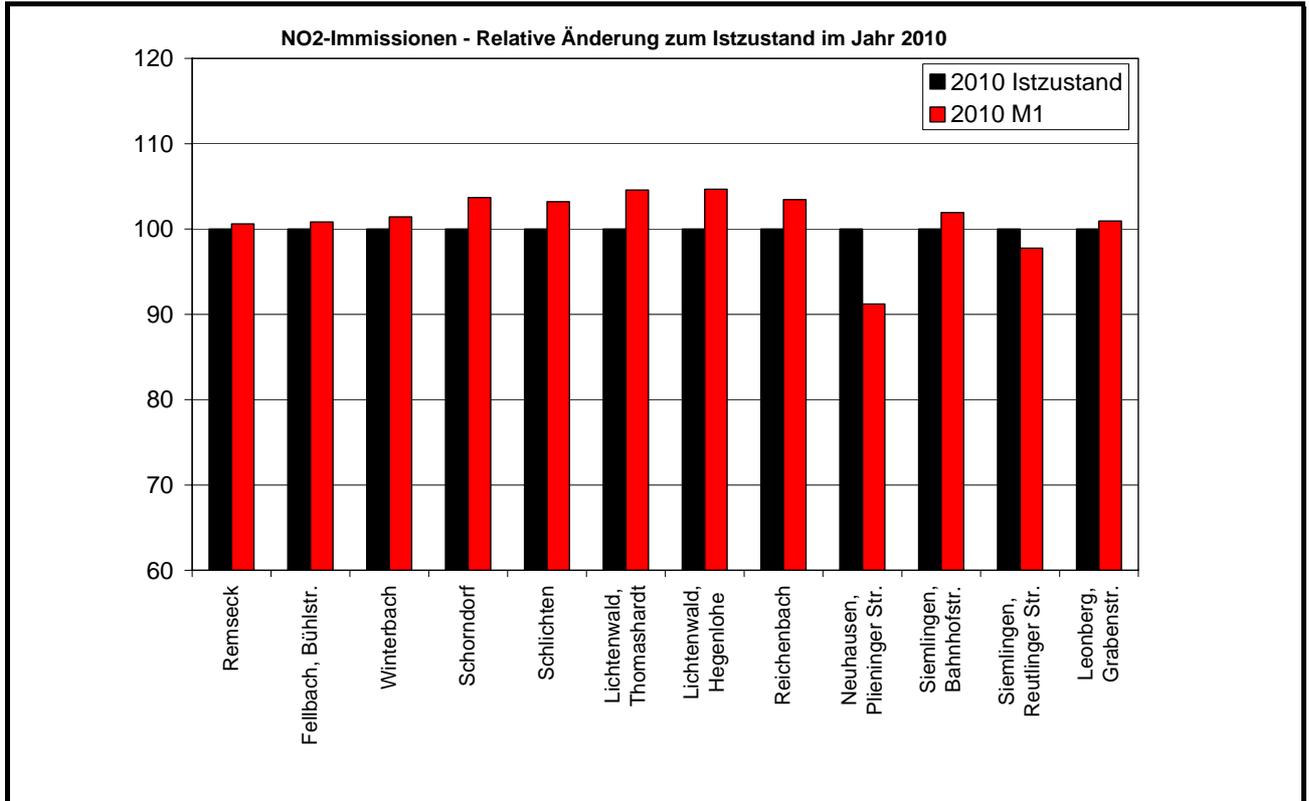


Abb. 5.8: NO₂-Immissionen an den Ortsdurchfahrten außerhalb des Plangebietes für den Istzustand und die Maßnahme M1 im Jahr 2010
 oben: Relative Änderung [%] der NO₂-Immissionen
 unten: NO₂-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

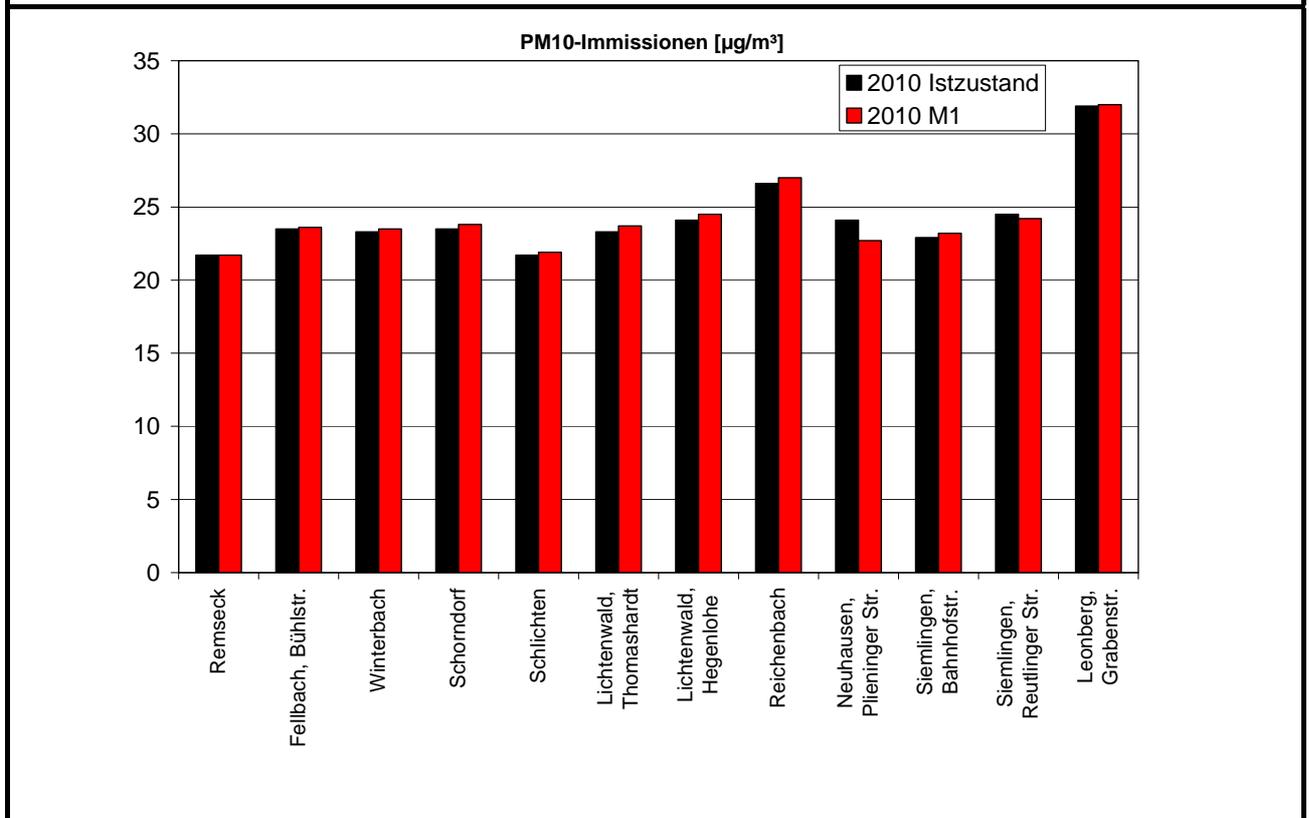
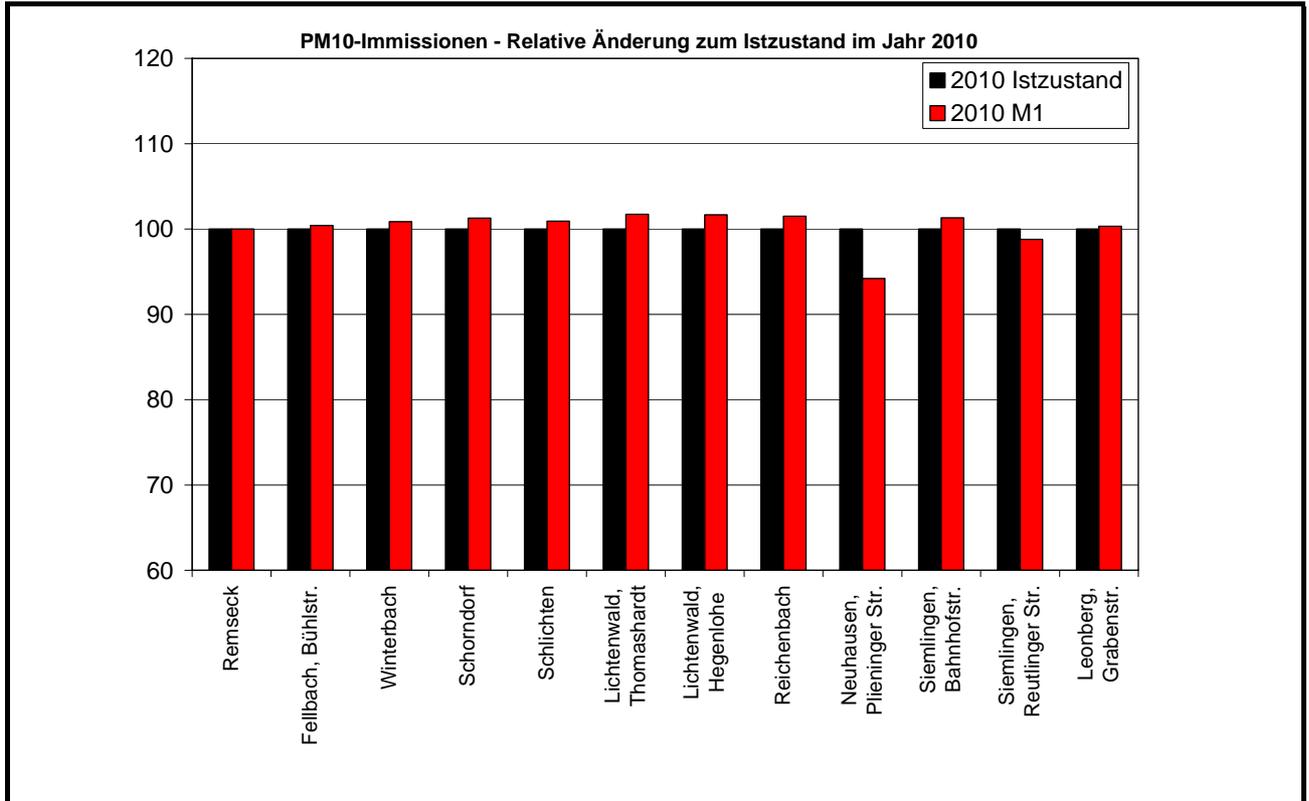


Abb. 5.9: PM10-Immissionen an den Ortsdurchfahrten außerhalb des Plangebietes für den Istzustand und die Maßnahme M1 im Jahr 2010
 oben: Relative Änderung [%] der PM10-Immissionen
 unten: PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

6 LITERATUR

22. BImSchV (2007): Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, 22. BImSchV, Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft vom 11. September 2002 (BGBl. I S. 3626), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S. 241).
- Aviso (2009): Prognose der dynamischen Kfz-Flotte für Stuttgart für die Jahre 2010 und 2012 im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg.
- Bächlin, W., Bösing, R. (2007): Aktualisierung des NO-NO₂-Umwandlungsmodells für die Anwendung bei Immissionsprognosen für bodennahe Stickoxidfreisetzung. Projekt 60976-04-01. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG. Gutachten im Auftrag des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen (unveröffentlicht).
- Bächlin, W., Bösing, R., Brandt, A., Schulz, T. (2006): Überprüfung des NO-NO₂-Umwandlungsmodells für die Anwendung bei Immissionsprognosen für bodennahe Stickoxidfreisetzung. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 66 (2006) Nr. 4 – April.
- 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-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 En-

vironment, 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 Eingangsparameter auf berechnete Immissionswerte für KFZ-Abgase - Sensitivitätsanalyse. In: FZKA PEF-Bericht 150, Forschungszentrum Karlsruhe.

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, A., Nagel, T., Clai, G., Düring, I., Öttl, D. (2000): Bestimmung von Kurzzeitbelastungswerten - Immissionen gut vorhergesagt. In: Umwelt (kommunale ökologische Briefe) Nr. 01/05.01/2000.

Lohmeyer (2003): Luftschadstoffbelastungen an Stuttgarter Hauptverkehrsstraßen für die Jahre 2005 und 2010. Ingenieurbüro Dr.-Ing. Achim Lohmeyer, Karlsruhe, Projekt 5261, September 2003. Gutachten im Auftrag der Landeshauptstadt Stuttgart.

Lohmeyer (2004): Maßnahmebetrachtungen zu PM10 im Zusammenhang mit Luftreinhalteplänen. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe, Projekt 60277, Dezember 2004. Gutachten im Auftrag des Regierungspräsidiums Stuttgart.

Lohmeyer (2005): Ergänzung zum Bericht Maßnahmebetrachtungen zu PM10 im Zusammenhang mit Luftreinhalteplänen. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe, Projekt 60277E, Januar 2005. Gutachten im Auftrag des Regierungspräsidiums Stuttgart.

LRP Stuttgart (2005): Luftreinhalte-/Aktionsplan für den Regierungsbezirk Stuttgart. Teilplan Landeshauptstadt Stuttgart. Maßnahmenplan zur Minderung der PM10- und NO₂-Belastungen. Gutachten im Auftrag des Regierungspräsidium Stuttgart.

LUA NRW (2006): Jahresbericht 2005, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, Februar 2006, www.lua.nrw.de bzw. www.lanuv.nrw.de

LUBW (2005-2009): Spotmessungen 2004 bis 2008 – Darstellung der Messergebnisse. Hrsg.: 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).
- Stadt Stuttgart (2005 bis 2010): Messdaten an den Stationen in Stuttgart (www.Stadtklima-Stuttgart.de)
- 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.

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

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) mit Aktualisierung für aktuelle Messdaten (Bächlin, 2007).

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 prognosti-

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

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

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 ent-

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

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

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

A1.4 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte

Die 22. BImSchV definiert u.a. als Kurzzeitgrenzwert für NO₂ einen Stundenmittelwert von 200 µg/m³, der nur 18 mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend einem einfachen praktikablen Ansatz basierend auf Auswertungen von Messdaten (Lohmeyer et al., 2000) kann abgeschätzt werden, dass dieser Grenzwert dann eingehalten ist, wenn der 98-Perzentilwert 115 µg/m³ bis 170 µg/m³ nicht überschreitet. Die genannte Spannweite, abgeleitet aus der Analyse von Messdaten verschiedener Messstellen, ist groß; die Interpretationen der Messdaten deuten darauf hin, dass bei einer Unterschreitung des 98-Perzentilwertes von 130 µg/m³ (= Äquivalentwert) der genannte Grenzwert für die maximalen Stundenwerte eingehalten wird.

Zur Ermittlung der in der 22. BImSchV definierten Anzahl von Überschreitungen eines Tagesmittelwertes der PM10-Konzentrationen von 50 µg/m³ wird ein ähnliches Verfahren eingesetzt. Im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Bundesanstalt für Straßenwesen wurde aus 914 Messdatensätzen aus den Jahren 1999 bis 2003 eine gute Korrelation zwischen der Anzahl der Tage mit PM10-Tagesmittelwerten größer als 50 µg/m³ und dem PM10-Jahresmittelwert gefunden (**Abb. A1.1**). 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. A1.1** dargestellt.

Im Oktober 2004 stellte die Arbeitsgruppe „Umwelt und Verkehr“ der Umweltministerkonferenz (UMK) aus den ihr vorliegenden Messwerten der Jahre 2001 bis 2003 eine entsprechende Funktion für einen „best fit“ vor (UMK, 2004). Diese Funktion zeigt bis zu einem Jahresmittelwert von ca. $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ einen nahezu identischen Verlauf wie der o.g. „best fit“ nach BAST (2005). Im statistischen Mittel wird somit bei beiden Datenauswertungen die Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes bei einem PM10-Jahresmittelwert von $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erwartet.

Im vorliegenden Gutachten wird wegen der Unsicherheiten bei der Berechnung der PM10-Emissionen sowie wegen der von Jahr zu Jahr an den Messstellen beobachteten meteorologisch bedingten Schwankungen der Überschreitungshäufigkeiten eine konservative Vorgehensweise gewählt. Dazu wird die in BAST (2005) angegebene „best fit“-Funktion um einen Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöht. Mehr als 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Grenzwert) werden mit diesem Ansatz für PM10-Jahresmittelwerte ab $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ abgeleitet. Die Berechnung der Anzahl der Überschreitungstage basiert auf dieser in **Abb. A1.1** dargestellten Funktion. Dieser Ansatz stimmt mit dem vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen vorgeschlagenen Vorgehen überein (LUA NRW, 2006).

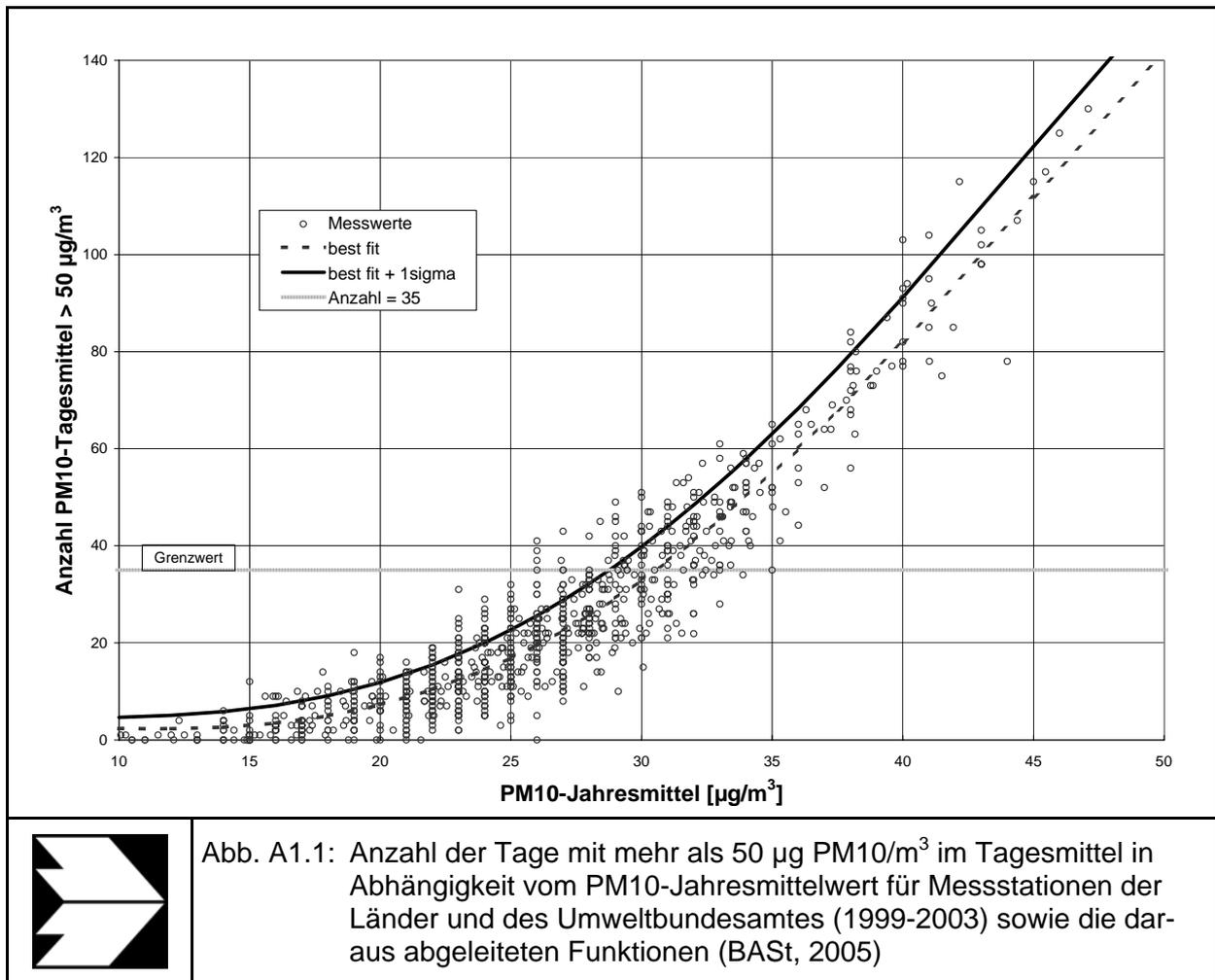


Abb. A1.1: Anzahl der Tage mit mehr als 50 µg PM10/m³ im Tagesmittel in Abhängigkeit vom PM10-Jahresmittelwert für Messstationen der Länder und des Umweltbundesamtes (1999-2003) sowie die daraus abgeleiteten Funktionen (BASt, 2005)

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

A2 IMMISSIONSDARSTELLUNGEN FÜR DAS HAUPTVERKEHRSSTRASSEN- NETZ STUTTGART

In Kap. 4 sind die relativen Änderungen der Immissionen an den betrachteten Straßenabschnitten der bestehenden verkehrsnahen Messstellen aufgeführt. Für das Jahr 2010, die Maßnahme M1 und für das Jahr 2012 mit der Maßnahme M1 und M2, Stufe 3 sind in **Abb. A2.1 bis Abb. A2.3** die berechneten NO_2 -Jahresmittelwerte für alle betrachteten Hauptverkehrsstraßen im Stadtgebiet von Stuttgart 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 $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, d.h. über dem NO_2 -Grenzwert der 22. BImSchV, in gelben und roten Farben dargestellt. An stark frequentierten Straßenabschnitten sind teilweise weiterhin hohe NO_2 -Belastungen prognostiziert, die bei entsprechenden Nutzungen zu Überschreitungen des Grenzwertes führen.

In **Abb. A2.4 bis Abb. A2.6** sind die berechneten PM_{10} -Jahresmittelwerte für das Jahr 2010, die Maßnahme M1 und für das Jahr 2012 mit der Maßnahme M1 und M2, Stufe 3 für alle betrachteten Hauptverkehrsstraßen im Stadtgebiet von Stuttgart aufgezeigt. In der Grafik sind Konzentrationswerte über $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, d.h. über dem PM_{10} -Grenzwert der 22. BImSchV, in violetter Farbe dargestellt. An wenigen sehr stark frequentierten Straßenabschnitten sind solch hohe PM_{10} -Belastungen berechnet, die bei entsprechenden Nutzungen im Sinne der 22. BImSchV zu Überschreitungen des Grenzwertes führen. Der Schwellenwert von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zur Ableitung der PM_{10} -Kurzzeitbelastung (siehe Kap. A1.4), d.h. mehr als 35 Überschreitungen pro Jahr eines PM_{10} -Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ist mit der gelben Farbe versehen. An allen gelb und in roten Farbtönen gekennzeichneten Straßenabschnitten kann eine Überschreitung des PM_{10} -Kurzzeitbelastungswertes bei entsprechenden Nutzungen erwartet werden. Damit sind an den stark frequentierten Straßenabschnitten weiterhin hohe PM_{10} -Kurzzeitbelastungen berechnet.

Abb. A2.1

Abb. A2.2

Abb. A2.3

Abb. A2.4

Abb. A2.5

Abb. A2.6

AN H A N G A3:
EMISSIONSDARSTELLUNGEN FÜR DAS WEITREICHENDE STRASSENNETZ

A3 EMISSIONSDARSTELLUNGEN FÜR DAS WEITREICHENDE STRASSEN- NETZ

Für das weitreichende Straßennetz mit den darin enthaltenen Ortsdurchfahrten außerhalb des Stadtgebietes von Stuttgart sind in **Abb. A3.1** die mittleren NO_x -Emissionen grafisch dargestellt. Außerhalb der Siedlungsbereiche sind die Straßenabschnitte teilweise generalisierend berücksichtigt und folgen damit nicht überall direkt der jeweiligen Trasse. Die Farblegende ist so aufgebaut, dass aus den Farben und der Strichdicke die Intensität der Emissionen ablesbar ist. Mit blauen Farben sind vergleichsweise geringe Emissionen dargestellt; gelbe und rote Farben zeigen mittlere bis hohe Emissionen auf den jeweiligen Straßenabschnitten. Ergänzend dazu zeigt **Abb. A3.2** die relative Änderung der Emissionen zum Referenzzustand für die Maßnahme M1, „LKW-Durchfahrtsverbot“ ausgedrückt in prozentualer Zu- oder Abnahme. In dieser Darstellung sind Straßenabschnitte ohne bzw. mit geringen Änderungen grün dargestellt. Zunahmen der Emissionen durch die Maßnahme sind in Rottönen gekennzeichnet, d.h. von Orange über Rot bis Violett. Verringerungen der Emissionen sind mit unterschiedlichen Blautönen dargestellt. Insgesamt überwiegen Straßenabschnitte mit geringen Änderungen in dem gesamten Betrachtungsgebiet. Innerhalb des Plangebietes mit Wirksamkeit des LKW-Durchfahrtsverbots sind zahlreiche Straßenabschnitte mit mittleren bis deutlichen Verringerungen der NO_x -Emissionen abzulesen und relativ wenig Straßenabschnitte mit Zunahmen. Am Rand außerhalb des Plangebietes zeichnen sich auf einigen Straßenabschnitten auch mittlere bis deutliche Zunahmen der NO_x -Emissionen im Vergleich zum Referenzzustand ab. Das betrifft teilweise auch Straßenabschnitte, die im Referenzzustand vergleichsweise geringe Emissionen aufweisen.

In **Abb. A3.3** sind die berechneten Partikelemissionen für das betrachtete weitreichende Straßennetz für den Referenzzustand im Jahr 2010 dargestellt. **Abb. A3.4** zeigt die relative Änderung der Emissionen zum Referenzzustand für die Maßnahme M1, „LKW-Durchfahrtsverbot“ ausgedrückt in prozentualer Zu- oder Abnahme. Die berechneten relativen Änderungen der Partikelemissionen sind gegenüber denen für NO_x geringer.

Abb. A3.1

Abb. A3.2

Abb. A3.3

Abb. A3.4