

**BESTIMMUNG DER EMISSIONS- UND IMMISSIONSSEITIGEN AUSWIRKUNGEN  
MEHRERER MASSNAHMEN IM RAHMEN DER AUFSTELLUNG EINES LUFT-  
REINHALTEPLANS FÜR SCHRAMBERG**

Auftraggeber: Regierungspräsidium Freiburg  
Schwendistraße 12  
79102 Freiburg

Durchführung: Ingenieurbüro Rau (Federführung)  
Bottwarbahnstraße 4  
74081 Heilbronn

AVISO GmbH  
Am Hasselholz 15  
52074 Aachen

12.03.2011

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	I
Abbildungsverzeichnis .....	III
Tabellenverzeichnis .....	IV
1 Aufgabenstellung, Einleitung .....	1
2 Maßnahmen zur Reduzierung der Luftschadstoffbelastung in Schramberg .....	2
2.1 Maßnahme Umweltzone .....	3
2.2 Maßnahme Talstadumfahrung .....	4
3 Verkehrliche Grundlagedaten .....	5
4 Grundlagen der Emissionsberechnung (HBEFA3.1) .....	8
4.1 Flottenzusammensetzung 2010, 2012, 2013 und 2015 .....	8
4.2 Verkehrssituation nach HBEFA3.1 .....	11
4.3 Emissionsfaktoren NO <sub>x</sub> .....	11
5 Schadstoffemissionen des Kfz-Verkehrs .....	13
6 Immissionsberechnung .....	15
6.1 Das Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM .....	15
6.2 Untersuchungsgebiet und Modellvorgaben .....	15
6.3 Umfang der Berechnungen .....	17
6.4 Bestimmung statistischer Kenngrößen für NO <sub>2</sub> .....	17
6.4.1 Windstatistik .....	18
6.4.2 Hintergrundbelastung .....	20
6.4.3 Bestimmung der Gesamtbelastung .....	21
7 Ergebnisse und Bewertung der Immissionsberechnungen .....	22
7.1 Beurteilungsgrundlagen .....	22
7.2 Immissionskonzentrationen im Untersuchungsgebiet für alle untersuchten Szenarien .....	22
7.2.1 Analyse-Nullfall 2010 .....	22
7.2.2 Prognose-Nullfall (Trendprognose 2012) .....	23
7.2.3 Prognose-Nullfall (Trendprognose) 2013 .....	23
7.2.4 Maßnahme Umweltzone 2012 ohne Ausnahme .....	23
7.2.5 Maßnahme Umweltzone 2012 mit Ausnahme .....	23
7.2.6 Maßnahme Umweltzone 2013 ohne Ausnahme .....	24
7.2.7 Maßnahme Umweltzone 2013 mit Ausnahme .....	24

---

7.2.8	Maßnahme Talstadumfahrung 2015.....	24
7.3	Vergleich der immissionsseitigen Maßnahmenwirkung im Bereich des Messpunktes.....	25
8	Literaturverzeichnis .....	35

## Abbildungsverzeichnis

Bild 4.1: Flottenzusammensetzung auf Innerortsstraßen für Schramberg für die Fahrzeuggruppen Pkw, INfz und sNfz, alle 8 Szenarien.....	11
Bild 4.2: NO <sub>x</sub> -Emissionsfaktoren für PKW, INfz und sNfz, Schramberg Analyse-Nullfall 2010 .....	12
Bild 5.1: NO <sub>x</sub> -Emissionsanteile verschiedener Fahrzeugarten für den Belastungsschwerpunkt Oberndorfer Straße.....	14
Bild 6.1: Lageplan (Landesvermessungsamt Baden-Württemberg) des Untersuchungsgebietes Oberndorfer Straße in Schramberg mit MISKAM-Rechnengebiet (rot) sowie Hot Spot .....	146
Bild 6.2: Typische Häufigkeitsverteilungen (% der Jahresstunden) der Windrichtungen (°) im Umkreis von Schramberg; Basis: synthetische Ausbreitungsklassenstatistiken. Die Markierung zeigt die Windrichtungsverteilung im Bereich der ehemaligen LUBW-Messstelle (blau) sowie die als Basis für die Bestimmung der Windverteilung in dem Untersuchungsgebiet gewählte Windverteilung (gelb).....	19
Bild 6.3: Die für die Immissionsberechnungen gewählte Häufigkeitsverteilung (% der Jahresstunden) der Windrichtungen (30°-Schritte); Basis: synthetische Ausbreitungsklassenstatistik .....	20
Bild 7.1: NO <sub>2</sub> -Jahresmittelwerte für den Analyse-Nullfall 2012.....	26
Bild 7.2: NO <sub>2</sub> -Jahresmittelwerte für die Trendprognose 2012 .....	27
Bild 7.3: NO <sub>2</sub> -Jahresmittelwerte für die Trendprognose 2013 .....	28
Bild 7.4: NO <sub>2</sub> -Jahresmittelwerte für die Maßnahme Umweltzone 2012 (ohne Ausnahme.) .....	29
Bild 7.5: NO <sub>2</sub> -Jahresmittelwerte für die Maßnahme Umweltzone 2012 (mit Ausnahme) .....	30
Bild 7.6: NO <sub>2</sub> -Jahresmittelwerte für die Maßnahme Umweltzone 2013 (ohne Ausnahme) .....	31
Bild 7.7: NO <sub>2</sub> -Jahresmittelwerte für die Maßnahme Umweltzone 2013 (mit Ausnahme) .....	32
Bild 7.8: NO <sub>2</sub> -Jahresmittelwerte für die Maßnahme Talstadumfahrung 2015.....	33

## Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1:	Kennzeichnungsverordnung Stand 10. Okt. 2006 mit Änderung Nov. 2007 .....	4
Tab. 3.1:	Gegenüberstellung der jahresmittleren durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV) für den Hotspot Oberndorfer Straße für alle 8 Szenarien, differenziert nach Fahrzeugarten .....	6
Tab. 4.1:	Flottenzusammensetzung auf Innerortsstraßen für Schramberg für die Fahrzeuggruppen Pkw, INfz und sNfz, alle 8 Szenarien .....	10
Tab. 5.1:	Gegenüberstellung der NO <sub>x</sub> -Gesamtemissionen für den Hotspot Oberndorfer Straße für alle 8 Szenarien, differenziert nach Fahrzeugarten .....	14
Tab. 7.1:	Lufthygienische Grenzwerte der EU-Richtlinie (39. BImSchV) für den verkehrsrelevanten Luftschadstoff NO <sub>2</sub> .....	22
Tab. 7.2:	Gemessene und berechnete Immissionsgesamtbelastung von NO <sub>2</sub> im Bereich der Messstelle in der Oberndorfer Straße (Hotspot) .....	25

# 1 Aufgabenstellung, Einleitung

Die EU-Richtlinie 2008/50/EG, die mit der /39. BImSchV/ in deutsches Recht umgesetzt wurde, ist am 06.08.2010 in Kraft getreten. Gleichzeitig wurden die 22. BImSchV und die 33. BImSchV aufgehoben. In der /22. BImSchV/ waren zuvor die Umsetzungen der Luftqualitätsrahmenrichtlinie 96/62/EG, der Richtlinie 1999/30/EG und der Richtlinie 2000/69/EG geregelt worden.

In der 39. BImSchV sind die bisherigen Regeln aus der 22. BImSchV im Wesentlichen weiter enthalten. Neu hinzugekommen sind Begrenzungen für PM<sub>2,5</sub>.

Die Immissionsgrenzwerte der 39. BImSchV führen bei einer Überschreitung dieser Grenzwerte gemäß §47 BImSchG zwingend zur Aufstellung eines Luftqualitätsplans (LQP) für das betreffende Gebiet.

Das Land Baden-Württemberg hat in den vergangenen Jahren Messungen und Berechnungen der relevanten Luftschadstoffe für ausgewählte Gebiete durchgeführt und eine Bewertung der Ergebnisse unter Anwendung der Immissionsgrenzwerte der 22. BImSchV bzw. 39. BImSchV vorgenommen.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse von Messungen in Schramberg an der Oberndorfer Straße ergab sich auch für die Stadt Schramberg die Notwendigkeit, einen Luftqualitätsplan zu erstellen.

Der hier vorliegende Bericht beschreibt die Ergebnisse der Untersuchungen für verschiedene geplante Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität in Schramberg. Ziel ist die Abschätzung der Wirkungen der betrachteten Maßnahmen.

Im Folgenden werden die Datengrundlagen sowie die Vorgehensweise zur Ermittlung der emissions- und immissionsseitigen Wirkungen der Maßnahmen erläutert und die Ergebnisse der Emissions- und Immissionsberechnungen beschrieben.

Der Bericht ist folgendermaßen gegliedert:

In Kapitel 2 werden die angedachten Maßnahmen vorgestellt. In Kapitel 3 wird die verkehrlichen Datengrundlage diskutiert. Kapitel 4 umfasst die Grundlagen der Emissionsermittlung, Kapitel 5 die Emissionsbestimmung. In Kapitel 6 wird die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Immissionsgesamtbelastung für NO<sub>2</sub> erläutert. Kapitel 7 umfasst die Darstellung der Ergebnisse der Immissionsberechnungen und die Bewertung der Ergebnisse. Die für die Bearbeitung eingesetzte Literatur ist in Kapitel 8 zusammengestellt.

Die in den Kapiteln 2 bis 5 dargestellten Ergebnisse wurden von unserem Kooperationspartner AVISO GmbH, Aachen, im Unterauftrag erarbeitet.

## 2 Maßnahmen zur Reduzierung der Luftschadstoffbelastung in Schramberg

Der Straßenverkehr ist hauptsächlich für die hohe Schadstoffbelastung an der Oberndorfer Straße in Schramberg verantwortlich, deshalb liegt der Fokus der Maßnahmen zur Reduzierung der Luftschadstoffbelastung auf dem Straßenverkehr. Im Prinzip stellt die geplante „Talstadumfahrung“ eine Lösung des Problems dar. Diese ist jedoch kurzfristig nicht zu erwarten. Daher soll auch in Schramberg, wie in anderen Kommunen in Deutschland, eine Umweltzone ausgewiesen werden.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden ausgehend vom Analyse-Nullfall 2010 folgende Planfälle hinsichtlich ihrer emissions- und immissionsseitigen Wirkungen an der Oberndorfer Straße (Standort der Messstelle) untersucht:

- Umweltzone (ohne Ausnahmen)
  - Verkehrsverbot Stufe 2 (Kfz ohne oder mit roter Plakette, SG1,2) ab 01.01.2012
  - Verkehrsverbot Stufe 3 (Kfz ohne, mit roter oder gelber Plakette, SG1,2,3 ) ab 01.01.2013
- Umweltzone (Ausnahmen für Lieferverkehr)
  - Verkehrsverbot Stufe 2 (Kfz ohne oder mit roter Plakette, SG1,2) ab 01.01.2012
  - Verkehrsverbot Stufe 3 (Kfz ohne, mit roter oder gelber Plakette, SG1,2,3 ) ab 01.01.2013
- Talstadumfahrung (Annahme: Realisierung bis 2015)

Die Ausnahmeregelung ermöglicht innerhalb der Umweltzone freie Fahrt des Ziel-/Quellverkehrs und Binnenverkehrs der INfz und sNoB (Lieferverkehr). Lediglich der Durchgangsverkehr ist von den Fahrverboten betroffen.

Zusätzlich wurden zwei weitere Berechnungsfälle berücksichtigt:

- Trendprognose 2012 ohne Umweltzone (Prognose-Nullfall 2012)
- Trendprognose 2013 ohne Umweltzone (Prognose-Nullfall 2013)

Insgesamt wurden in dieser Arbeit somit 8 Szenarien (1 Analyse-Nullfall, 2 Trendprognose-Nullfälle und 5 Maßnahmenfälle) hinsichtlich ihrer emissions- und immissionsseitigen Wirkungen untersucht.

## 2.1 Maßnahme Umweltzone

Mit der vorliegenden Kennzeichnungsverordnung (10. Oktober 2006, am 01.03.2007 in Kraft getreten) kann in einem Gebiet (Umweltzone) eine Durchfahrtsbeschränkung für Kraftfahrzeuge, die die Anforderungen für bestimmte Schadstoffgruppen nicht erfüllen, umgesetzt werden. Im November 2007 wurde eine Änderung der Kennzeichnungsverordnung vom Bundeskabinett beschlossen. Dies betrifft zum Einen die Nachrüstung der Dieselfahrzeuge mit Partikelfiltern, die jetzt sowohl für Pkw als auch für Nutzfahrzeuge umfassend in der Straßenverkehrsordnung (StVZO Anlage XXVI und Anlage XXVII) geregelt ist. Zum Anderen wurden die Pkw mit Gkat nach US-Norm den Otto-Pkw Euro1 hinsichtlich ihrer Eingruppierung in die Schadstoffgruppe 4 gleichgestellt.

In der Kennzeichnungsverordnung ist die Einteilung der Fahrzeuge in vier Schadstoffgruppen (SG) und die Vergabe von drei verschiedenen Plaketten geregelt (vgl. Tab. 2.1). Demnach erhalten Diesel-Fahrzeuge mit der Schadstoffnorm Euro 1/I und schlechter und Otto-Fahrzeuge vor Euro 1 (Ausnahme Gkat nach US-Norm (Anlage XXIII)) keine Plakette. Für die übrigen Fahrzeuge werden bei Diesel-Fahrzeugen in Abhängigkeit der eingehaltenen Euro-Norm drei verschiedene Plaketten vergeben.

Durch erfolgreiche Nachrüstung eines Partikelfilters können Autofahrer die Eingruppierung in eine bessere Schadstoffgruppe erreichen. Die Nachrüstung von Diesel-Pkw mit einem Partikelfilter wurde steuerlich gefördert (im Zeitraum vom 01.01.2006 bis 31.12.2009), während Besitzer von Diesel-Pkw ohne Partikelfilter ab April 2007 bis März 2011 einen Steueraufschlag erhielten. Gemäß der Entscheidung des Bundeskabinetts vom 16.12.2009 wurde diese staatliche Förderung der Rußfilter-Nachrüstung für Diesel-Pkw um ein Jahr, d.h. bis Ende 2010, verlängert. Neu hinzugekommen war, dass auch die leichten Nutzfahrzeuge mit einer zulässigen Gesamtmasse von bis zu 3,5 Tonnen gefördert wurden.

Wenn von der Durchfahrtsbeschränkung in der geplanten Umweltzone z. B. alle Fahrzeuge, die nicht der Schadstoffgruppe 3 oder einer höheren Klasse zugeordnet werden, betroffen sein sollen, sind dies gemäß der Kennzeichnungsverordnung alle Dieselfahrzeuge schlechter als Euro 3 (ausschließlich Diesel, die mit Partikelfilter nachgerüstet sind und dadurch den Standard Euro 3 erfüllen) und alle Otto-Fahrzeuge schlechter Euro 1.

Tab. 2.1: Kennzeichnungsverordnung Stand 10. Okt. 2006 mit Änderung Nov. 2007

KennzeichnungsVO vom 10. Oktober 2006 mit Änderung Stand November 2007		SG 1 <sup>3)</sup> ohne Plakette	SG 2 <sup>3)</sup> rot mit Ziffer 2	SG 3 <sup>3)</sup> gelb mit Ziffer 3	SG 4 <sup>3)</sup> grün mit Ziffer 4
Pkw /INfz	sNfz				
Diesel Euro 1 <sup>1)</sup> und davor	Diesel Euro I <sup>1)</sup> und davor				
Diesel Euro 2 <sup>1)</sup>	Diesel Euro II <sup>1)</sup>				
Diesel Euro 3 <sup>1)</sup>	Diesel Euro III <sup>1)</sup>				
Diesel Euro 4	Diesel Euro IV, V, EEV <sup>2)</sup>				
Otto vor Euro 1 (ohne Gkat Anlage XXIII <sup>4)</sup> )					
Otto ab Euro 1, Gkat Anlage XXIII <sup>4)</sup> , Elektro-, Brennstoffzellenfahrzeug					

<sup>1)</sup> Die Ausrüstung mit einem Partikelminderungssystem entsprechend der StVZO kann zu einer Heraufsetzung der Schadstoffgruppe führen (Anlage XXVI für Pkw und Anlage XXVII für INfz und sNfz)

<sup>2)</sup> EEV = Enhanced Environmentally Friendly Vehicle

<sup>3)</sup> Schadstoffgruppe

<sup>4)</sup> Nachträglich wurden Fahrzeuge, die von der Anlage XXIII erfasst werden (Emissionsschlüsselnr. 01, 02), und Fahrzeuge, die durch die 52. Ausnahmereverordnung zur StVZO erfasst werden (Emissionsschlüsselnr. 77) den Euro1-Fzgen gleichgestellt.

Um die emissionsseitige Wirkung einer Umweltzone zu ermitteln, werden die Emissionen für das Gebiet bzw. ausgewählte Straßenzüge in dem Gebiet der Umweltzone berechnet.

## 2.2 Maßnahme Talstadturnfahung

Die Maßnahme Talstadturnfahung sieht eine Umgehungsstraße im Zuge der B 462 nördlich der Talstadt (ein Stadtteil der Stadt Schramberg) vor. Durch den Bau der Talstadturnfahung können die vorhandenen innerörtlichen Ost-West-Querungen (B462, Oberndorfer Straße) teilweise erheblich entlastet werden.

### 3 Verkehrliche Grundlagedaten

Zur Ermittlung der Emissionen des Straßenverkehrs sind die Informationen zur Verkehrsstärke und Zusammensetzung notwendig. In den vorliegenden Betrachtungen werden die Fahrzeugarten Pkw (Personenkraftwagen), INfz (leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t zul. GG), sNfz (schwere Nutzfahrzeuge > 3,5 t zul. GG mit Busse) und Krad (Krafträder) unterschieden.

Vom Regierungspräsidium Freiburg wurden die folgenden Verkehrsdaten für den Querschnitt in der Oberndorfer Straße in Höhe der Messstelle der LUBW und weitere 6 Querschnitte in der Umgebung zur Verfügung gestellt. Diese Daten wurden durch die Firma MODUS CONSULT ULM GmbH ermittelt /MODUS CONSULT ULM 2010/:

- Durchschnittliche werktägliche Verkehrsstärken (DTV<sub>w</sub>) der Pkw, INfz und sNoB (schwere Nutzfahrzeuge > 3,5 t zul. GG ohne Busse) für den Analyse-Nullfall 2010, den Maßnahmenfall Talstadumfahrung und alle Maßnahmenfälle der Umweltzone, differenziert nach dem Durchgangsverkehr, dem Quell-/Zielverkehr und dem Binnenverkehr.

Diese vorliegenden DTV<sub>w</sub>-Werte, die auf Berechnungen mit einem Verkehrsmodell basieren, wurden anhand eines Umrechnungsfaktors auf die für die Emissionsberechnung benötigten jahresmittleren durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV), die Wochenend- und Urlaubszeiten berücksichtigen, umgerechnet. Der verwendete Faktor wurde aus den Ergebnissen der aktuellen Straßenverkehrszählung SVZ 2005 abgeleitet.

Für die Belastungen durch (Linien-)Busse wurde der aktuelle Fahrplan ausgewertet. Die Verkehrsbelastungen der Kräder wurden dem landesweiten Emissionskataster BW /AVISO 2009/ entnommen.

Eine Gegenüberstellung der ermittelten Verkehrsbelastungen für alle betrachteten Szenarien ist in Tab. 3.1 aufgeführt.

**Tab. 3.1: Gegenüberstellung der jahresmittleren durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV) für den Hotspot Oberndorfer Straße für alle 8 Szenarien, differenziert nach Fahrzeugarten**

Oberndorfer Straße (Standort der Messstelle LUBW)		Pkw	INfz	sNfz	Krad	Kfz	
DTV kfz/24h	2010 Nullfall (10N)	13.356	320	1.260	356	15.292	
	2012 Nullfall (12N)	13.356	320	1.260	356	15.292	
	2012 SG1,2 ohne Ausn. (12sg12oA)	12.800	320	1.180	356	14.656	
	2012 SG1,2 mit Ausn. (12sg12mA)	12.800	320	1.180	356	14.656	
	2013 Nullfall (13N)	13.356	320	1.260	356	15.292	
	2013 SG1,2,3 ohne Ausn. (13sg123oA)	11.964	320	1.018	356	13.658	
	2013 SG1,2,3 mit Ausn. (13sg123mA)	11.964	320	1.098	356	13.738	
	2015 Umf. (15U)	9.090	240	536	356	10.222	
	<i>Diff % 12N/10N</i>		<i>0,0%</i>	<i>0,0%</i>	<i>0,0%</i>	<i>0,0%</i>	<i>0,0%</i>
	<i>Diff % 12sg12oA/12N</i>		<i>-4,2%</i>	<i>0,0%</i>	<i>-6,3%</i>	<i>0,0%</i>	<i>-4,2%</i>
<i>Diff % 12sg12mA/12N</i>		<i>-4,2%</i>	<i>0,0%</i>	<i>-6,3%</i>	<i>0,0%</i>	<i>-4,2%</i>	
<i>Diff % 12sg12oA/10N</i>		<i>-4,2%</i>	<i>0,0%</i>	<i>-6,3%</i>	<i>0,0%</i>	<i>-4,2%</i>	
<i>Diff % 12sg12mA/101N</i>		<i>-4,2%</i>	<i>0,0%</i>	<i>-6,3%</i>	<i>0,0%</i>	<i>-4,2%</i>	
<i>Diff % 13N/10N</i>		<i>0,0%</i>	<i>0,0%</i>	<i>0,0%</i>	<i>0,0%</i>	<i>0,0%</i>	
<i>Diff % 13sg123oA/13N</i>		<i>-10,4%</i>	<i>0,0%</i>	<i>-19,2%</i>	<i>0,0%</i>	<i>-10,7%</i>	
<i>Diff % 13sg123mA/13N</i>		<i>-10,4%</i>	<i>0,0%</i>	<i>-12,9%</i>	<i>0,0%</i>	<i>-10,2%</i>	
<i>Diff % 13sg123oA/10N</i>		<i>-10,4%</i>	<i>0,0%</i>	<i>-19,2%</i>	<i>0,0%</i>	<i>-10,7%</i>	
<i>Diff % 13sg123mA/10N</i>		<i>-10,4%</i>	<i>0,0%</i>	<i>-12,9%</i>	<i>0,0%</i>	<i>-10,2%</i>	
<i>Diff % 15U/10N</i>		<i>-31,9%</i>	<i>-25,0%</i>	<i>-57,5%</i>	<i>0,0%</i>	<i>-33,2%</i>	

Da keine wesentlichen Veränderungen im Straßennetz bis zum Prognosejahr 2012 bzw. 2013 zu erwarten sind, wurde hier von einer Stagnation der Fahrleistung für die Prognose-Nullfälle 2012 und 2013 gegenüber dem Analyse-Nullfall 2010 ausgegangen.

Für den Maßnahmenfall Umweltzone Stufe 2 (SG 1,2) mit/ohne Ausnahmeregelung wird jeweils eine Reduktion der Kfz-Belastung von -4,2% gegenüber dem Prognose-Nullfall 2012 prognostiziert, für die sNfz von -6,3%. Anzumerken ist hier, dass im Rahmen der Modellgenauigkeit und den definierten Rundungen der absoluten Zahlen die Entlastungswerte für die Maßnahmenfälle Umweltzone Stufe 2 mit und ohne Ausnahmen gleich ausfallen /MCU 2011/.

Für die noch verschärfte grüne Umweltzone 2013 (Stufe 3, SG 1,2,3) werden Reduktionen der sNfz-Fahrleistung für den Fall ohne Ausnahmen und den Fall mit Ausnahmen von -19,2% und -12,9% im Vergleich zum Prognose-Nullfall 2013 prognostiziert. Die Entlastungen der Kfz-Verkehrsbelastung belaufen sich hier auf -10,7% und -10,2%.

Durch den Bau einer neuen Umgehungsstraße werden sich die Verkehrsbelastungen der Kfz im Vergleich zum Analyse-Nullfall 2010 um -33,2% verringern, die für die sNfz sogar um über

---

-57%. Das Entlastungspotenzial ist in diesem Fall deutlich höher als bei allen betrachteten Maßnahmenfällen Umweltzone.

## 4 Grundlagen der Emissionsberechnung (HBEFA3.1)

Wesentliche Datengrundlage zur Ermittlung der Emissionen stellt das aktuelle Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs dar (HBEFA3.1, Version 3.1) /HBEFA 2010/.

Die HBEFA3.1-Datenbank enthält pro Fahrzeugart für jede einzelne Fahrzeugschicht (unterschieden nach Motorkonzept, Euronormstufe, Hubraum, Gewichtsklasse, etc.) pro Verkehrssituation so genannte Schichtemissionsfaktoren für verschiedene Abgaskomponenten. Die Schichtemissionsfaktoren geben die charakteristischen spezifischen Abgasemissionen für die betrachtete Verkehrssituation in  $g/(Fz \cdot km)$  an. Diese Schichtemissionsfaktoren wurden im Rahmen umfangreicher europäischer Projekte ermittelt, wobei zunächst typische Real-World-Fahrzyklen definiert und daraus die sogenannten Verkehrssituationen abgeleitet worden waren (vgl. z.B. /HAUSBERGER 2010/).

In HBEFA3.1 sind zur Ermittlung der Emissionsfaktoren je Fahrzeugart typische bundesmittlere Flottenzusammensetzungen für Autobahn, Außerortsstraßen oder Innerortsstraßen hinterlegt.

Da aber die Flottenzusammensetzung sich regional insbesondere für die Pkw und INfz durchaus von der bundesmittleren Flottenzusammensetzung unterscheiden kann, wurde im Rahmen der vorliegenden Untersuchung für die Pkw und INfz eine regionale Flottenzusammensetzung berücksichtigt.

### 4.1 Flottenzusammensetzung 2010, 2012, 2013 und 2015

Die Daten zur Flottenzusammensetzung (dynamischer Bestand) basieren auf der Datengrundlage des landesweiten Emissionskatasters Straßenverkehr /AVISO 2009/, die pro Zulassungsbereich und Bezugsjahr Daten zum dynamischen Bestand enthält.

Für Schramberg sind dort für die Fahrzeuggruppen Pkw und INfz die Bestandsdaten des Zulassungsbezirks Schramberg berücksichtigt, aus denen mittels einer Fahrleistungsge-  
wichtung die Flottenzusammensetzung für Innerortsstraßen abgeleitet worden war.

Das Emissionsverhalten von schweren Nutzfahrzeugen wird stärker vom überregionalen als vom regionalen Bestand bestimmt, daher wurde für die schweren Nutzfahrzeuge die aktuelle bundesmittlere Flottenzusammensetzung aus HBEFA3.1 für das Bezugsjahr 2010, 2012, 2013 und 2015 verwendet.

Bei der Ermittlung der Flottenzusammensetzung für die Maßnahmenfälle Umweltzone wurde die Flottenzusammensetzung des betrachteten Bezugsjahres entsprechend modifiziert. Es wurden die Fahrzeuge, die nicht in die Umweltzone einfahren dürfen, aus der Flotte entfernt und die verbleibenden Fahrzeuge wieder auf 100% normiert (d.h. die verbleibenden Flottenanteile wurden entsprechend ihrem Anteil an der Gesamtflotte umgeschichtet).

Im Fall „Umweltzone ohne Ausnahmen o.A.“ wurden alle Fahrzeuge ausgesperrt, die die Anforderungen an die Schadstoffgruppe nicht erreichen.

Im Fall „Umweltzonen mit Ausnahmen m.A.“ wird freie Fahrt für den Quell/Zielverkehr der INfz und sNfz unterstellt. Entsprechend wurde der Anteil der Fahrzeuge mit Ausnahmege-  
nehmigung unter Berücksichtigung von 30% Quell/Zielverkehr bei den sNfz und 50% Quell/Zielverkehr bei den INfz ermittelt.

In der nachfolgenden Tabelle und Diagramm ist die prognostizierte Entwicklung der Bestandszusammensetzung für Pkw, leichte Nutzfahrzeuge (INfz) und schwere Nutzfahrzeuge (sNfz) auf Innerortsstraßen für alle 8 betrachteten Szenarien dargestellt.

Grundsätzlich zeigt sich bei allen Fahrzeuggruppen, dass sich die Bestandszusammensetzung schon in der Trendentwicklung weiter kontinuierlich zu Fahrzeugen hin verändern wird, die die strengeren Abgasnormen (Euro 4, Euro 5, Euro 6) erfüllen.

Aufgrund der vorgesehenen Umweltzone Stufe 2 ohne Ausnahmen (Einfahrverbot für Fahrzeuge Schadstoffgruppe 1 und 2) sind keine Diesel-Fahrzeuge Euro 0/1/2 und keine Otto-Fahrzeuge vor Euro 1 in der Flottenzusammensetzung 2012 SG 1,2oA vorhanden. In der Flottenzusammensetzung 2013 SG1,2,3oA sind zusätzlich die Dieselfahrzeuge Euro 3 ausgesperrt.

Betrachtet man die Maßnahmenfälle Umweltzone mit Ausnahmeregelung, ist ersichtlich, dass beim Lieferverkehr Fahrzeuge, die die Anforderungen für die einzelnen Schadstoffgruppen nicht erfüllen, in der Flottenzusammensetzung verbleiben. Die Pkw sind von der Ausnahmeregelung nicht betroffen.

Für die Kräder gibt es keine Beschränkungen.

**Tab. 4.1: Flottenzusammensetzung auf Innerortsstraßen für Schramberg für die Fahrzeuggruppen Pkw, Infz und sNfz, alle 8 Szenarien**

	2010	2012 Trend	2012 SG1,2 oA*	2012 SG1,2 mA*	2013 Trend	2013 SG1,2,3 oA*	2013 SG1,2,3 mA*	2015 Trend
<b>Pkw</b> Otto vor E1	0,7%	0,4%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,2%
Otto E1	3,5%	2,3%	2,4%	2,4%	1,9%	2,2%	2,2%	1,4%
Otto E2	6,6%	4,1%	4,3%	4,3%	3,3%	3,8%	3,8%	2,3%
Otto E3	20,5%	16,7%	17,4%	17,4%	14,4%	16,4%	16,4%	10,6%
Otto E4	29,0%	25,1%	26,1%	26,1%	23,2%	26,3%	26,3%	18,6%
Otto E5	1,2%	9,3%	9,7%	9,7%	12,1%	13,7%	13,7%	12,1%
Otto E6	0,0%	0,2%	0,2%	0,2%	1,4%	1,6%	1,6%	8,9%
Gas/Alternativ	0,4%	0,5%	0,5%	0,5%	0,6%	0,7%	0,7%	0,9%
Ds vor E1	0,4%	0,3%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,2%
Ds E1	1,1%	0,7%	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%	0,0%	0,4%
Ds E2	3,2%	2,5%	0,0%	0,0%	2,2%	0,0%	0,0%	1,6%
Ds E3	13,2%	10,0%	10,4%	10,4%	8,6%	0,0%	0,0%	6,5%
Ds E4	19,2%	16,7%	17,4%	17,4%	15,1%	17,1%	17,1%	11,7%
Ds E5	1,1%	10,9%	11,3%	11,3%	15,3%	17,4%	17,4%	21,5%
Ds E6	0,1%	0,3%	0,3%	0,3%	0,7%	0,8%	0,8%	3,0%
<b>Infz</b> Otto vor E1	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Otto E1	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Otto E2	0,6%	0,3%	0,3%	0,3%	0,2%	0,2%	0,2%	0,1%
Otto E3	0,6%	0,4%	0,4%	0,4%	0,3%	0,3%	0,3%	0,2%
Otto E4	2,0%	1,7%	1,8%	1,8%	1,3%	1,7%	1,5%	0,9%
Otto E5	0,0%	0,6%	0,7%	0,6%	1,1%	1,3%	1,2%	1,1%
Otto E6	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%
Gas/Alternativ	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%
Ds vor E1	0,7%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Ds E1	2,1%	0,5%	0,0%	0,3%	0,2%	0,0%	0,1%	0,0%
Ds E2	12,3%	6,2%	0,0%	3,1%	4,8%	0,0%	2,4%	2,3%
Ds E3	28,2%	19,0%	20,4%	19,7%	14,0%	0,0%	7,0%	8,8%
Ds E4	52,5%	51,0%	54,8%	52,9%	40,9%	50,6%	45,8%	28,4%
Ds E5	0,7%	19,6%	21,0%	20,3%	36,0%	44,5%	40,2%	53,0%
Ds E6	0,0%	0,6%	0,6%	0,6%	1,0%	1,3%	1,2%	4,6%
<b>sNfz</b> Ds vor E I	5,4%	3,1%	0,0%	0,9%	2,4%	0,0%	0,7%	1,5%
DS E I	3,0%	1,8%	0,0%	0,5%	1,4%	0,0%	0,4%	0,9%
Ds E II	12,1%	8,1%	0,0%	2,4%	6,6%	0,0%	2,0%	4,2%
Ds E III	27,5%	17,9%	20,6%	19,8%	15,3%	0,0%	4,6%	10,8%
Ds E IV	15,5%	11,3%	12,9%	12,4%	9,2%	12,4%	11,5%	6,4%
Ds E V	36,6%	57,5%	66,1%	63,5%	62,1%	83,6%	77,2%	49,8%
Ds E VI	0,0%	0,4%	0,4%	0,4%	2,9%	3,9%	3,6%	26,3%

oA: ohne Ausnahmeregelung

mA: mit Ausnahmeregelung

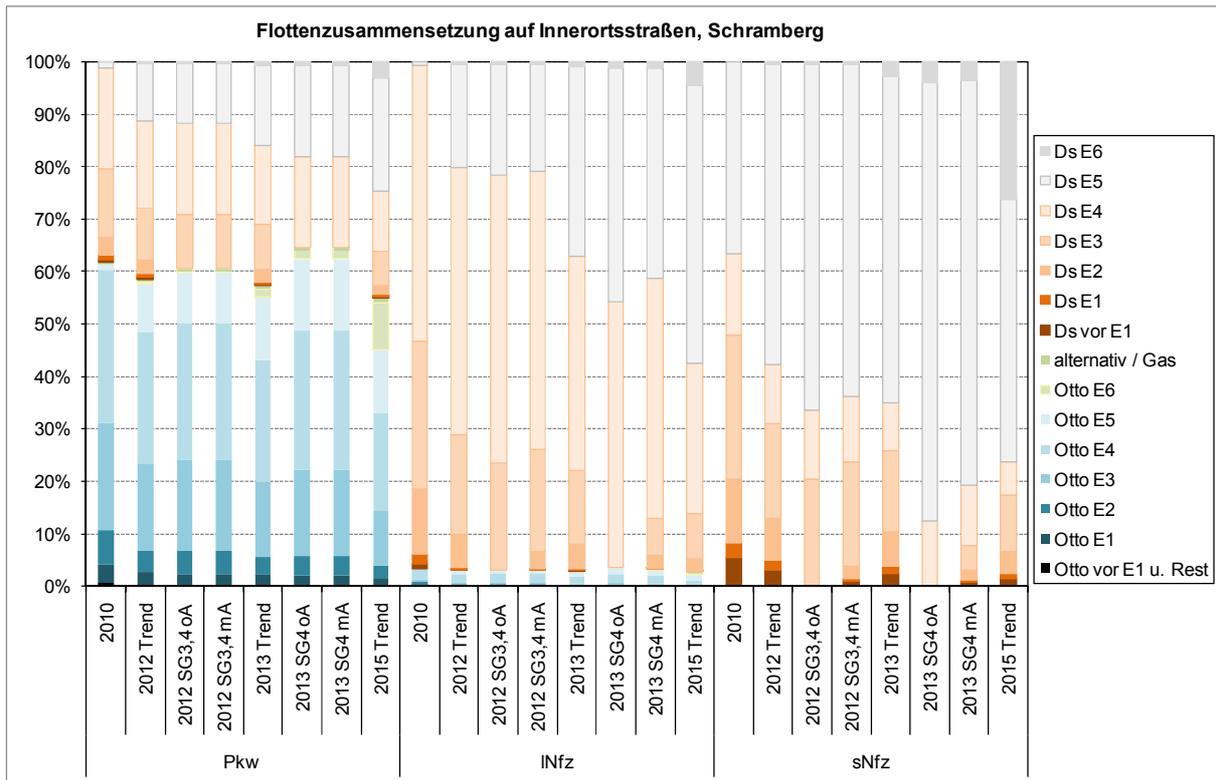


Bild 4.1: Flottenzusammensetzung auf Innerortsstraßen für Schramberg für die Fahrzeuggruppen Pkw, INfz und sNfz, alle 8 Szenarien

## 4.2 Verkehrssituation nach HBEFA3.1

Die Schichtemissionsfaktoren sind in HBEFA3.1 für unterschiedliche Fahr-/Straßen- und Verkehrszustände angegeben. Diese wurden in einem Schema von Verkehrssituationen kategorisiert.

Dem Streckenabschnitt Oberndorfer Straße (Standort der Messstelle) wurde die Hauptverkehrssituation „Distributor/Speed Limit 50km/h“ zugewiesen, da es sich um eine verkehrlich stark belastete innerörtliche Hauptverkehrsstraße mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h handelt.

Neben der Hauptverkehrssituation ist der Störungsgrad im Verkehrsablauf (Level of Service) zur vollständigen Bestimmung der Verkehrssituation notwendig. Dieser wurde aus dem Tagesgang der Verkehrsstärken und dem stündlichen Auslastungsgrad abgeleitet.

## 4.3 Emissionsfaktoren NO<sub>x</sub>

Die Abgas-Emissionsfaktoren wurden für die Schadstoffe NO<sub>x</sub> unter Berücksichtigung der oben aufgeführten Annahmen zur Bestands- und Flottenzusammensetzung und der Schicht-

emissionsfaktoren aus HBEFA3.1 für die Fahrzeugarten Pkw, Infz, sNfz für alle 8 Szenarien ermittelt.

In Bild 4.2 sind für die Stadt Schramberg für ausgewählte Hauptverkehrssituationen die Abgas-Emissionsfaktoren für NO<sub>x</sub> für den Analyse-Nullfall 2010 dargestellt. Diese spezifischen Emissionsfaktoren geben die emittierte Schadstoffmenge in g pro Fahrzeug und km an.

Deutlich zu erkennen ist, dass die NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktoren der schweren Nutzfahrzeuge (sNfz) teilweise um einen Faktor 10 höher sind als die der Pkw.

Für die Trendprognose 2012, 2013 und 2015 sowie die Prognose mit 2-stufiger Umweltzone ohne/mit Ausnahmen ergeben sich aufgrund der verbesserten Flottenzusammensetzung hin zu emissionsärmeren Fahrzeugen im Prinzip ähnliche Verhältnisse wie in Bild 4.2 für 2010 dargestellt auf einem jeweils etwas geringem Niveau.

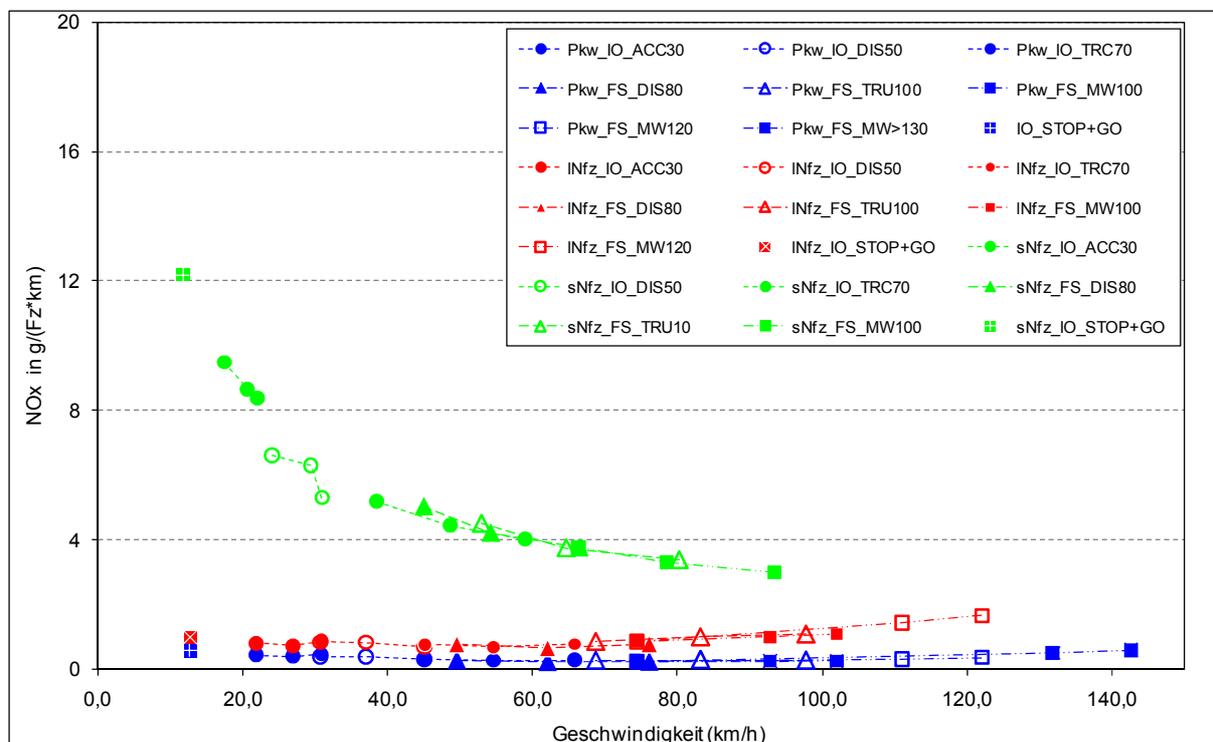


Bild 4.2: NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktoren für PKW, Infz und sNfz, Schramberg, Analyse-Nullfall 2010

## 5 Schadstoffemissionen des Kfz-Verkehrs

Unter Verwendung der in Kap. 3 dargestellten Verkehrsdatenbasis und der in Kap. 4 beschriebenen  $\text{NO}_x$ -Emissionsfaktoren wurden die Emissionen für alle 8 Szenarien berechnet.

Die pro Tagesgruppe ermittelten stündlichen Emissionen wurden zu Jahreswerten aggregiert.

Nachfolgend sind die berechneten Emissionen für den Belastungsschwerpunkt Oberndorfer Straße mit Überschreitung des Grenzwertes tabellarisch und grafisch aufgeführt.

In Tab. 5.1 und Bild 5.1 sind die Emissionen für alle 8 betrachteten Szenarien gegenübergestellt.

Bei der Gegenüberstellung der Prognose-Nullfälle 2012/2013 mit dem Analyse-Nullfall 2010 werden Reduktionen der  $\text{NO}_x$ -Gesamtemission der Kfz von ca. 15%/19% bei einer Stagnation der Fahrleistung prognostiziert. Der Grund hierfür ist, dass die spezifischen Abgas-Emissionen der Fahrzeugflotte schon in der Trendentwicklung kontinuierlich aufgrund der weiter verbesserten Fahrzeug- und Abgasreinigungstechnik sinken werden.

Für die Maßnahmenfälle 2012 SG 1,2 mit und ohne Ausnahmeregelung werden gegenüber dem Trend 2012 ca. 13% und ca. 15% weniger  $\text{NO}_x$ -Emissionen der Kfz prognostiziert.

Für die noch verschärfte grüne Umweltzone 2013 werden noch etwas höhere Emissionsreduktionen im Vergleich zu 2013 Trend ermittelt, da noch mehr ältere Fahrzeuge aus der Flotte ausgeschlossen sind. Für  $\text{NO}_x$  liegen die Reduktionen bei -40% beim Fall ohne Ausnahmen und -32% beim Fall mit Ausnahmen.

Neben der verkehrlichen Entlastung durch die Maßnahmenfälle der 2-stufigen Umweltzone gegenüber dem Analyse-Nullfall 2010 und der Trendprognose 2012/2013 (jeweils -4% bzw. -10%/11% vgl. Tab. 3.1) sind vor allem die Verbesserungen der Flotte für die Reduktionen der Emissionen dieser Maßnahmenfälle verantwortlich.

Der Maßnahmenfall Talstadumfahrung bewirkt im Vergleich zu allen Maßnahmenfällen „Umweltzone“ deutlich höhere Reduktionen gegenüber dem Nullfall 2010 von ca. 63% für die  $\text{NO}_x$ -Emissionen der gesamten Kfz. Diese starken Reduktionen sind auf die deutlich reduzierten Verkehrsstärken (ca. -33%, siehe Tab. 3.1) und die zukünftige Verbesserung der Fahrzeug- und Abgasreinigungstechnik zurückzuführen.

Tab. 5.1: Gegenüberstellung der NO<sub>x</sub>-Gesamtemissionen für den Hotspot Oberndorfer Straße für alle 8 Szenarien, differenziert nach Fahrzeugarten

Oberndorfer Straße (Standort der Messstelle LUBW)		Pkw	INfz	sNfz	Krad	Kfz
NO <sub>x</sub> kg/km*a	2010 Nullfall (10N)	2.019,1	123,0	3.009,1	12,6	5.163,7
	2012 Nullfall (12N)	1.889,4	112,5	2.393,4	12,0	4.407,3
	2012 SG1,2 ohne Ausn. (12sg12oA)	1.703,9	109,4	1.901,4	12,0	3.726,7
	2012 SG1,2 mit Ausn. (12sg12mA)	1.703,9	110,9	1.998,2	12,0	3.825,0
	2013 Nullfall (13N)	1.842,4	108,5	2.201,0	11,7	4.163,8
	2013 SG1,2,3 ohne Ausn. (13sg123oA)	1.298,5	97,5	1.110,4	11,7	2.518,1
	2013 SG1,2,3 mit Ausn. (13sg123mA)	1.308,3	103,3	1.406,4	11,8	2.829,8
	2015 Umf. (15U)	1.124,6	75,5	684,0	11,6	1.895,8
	Diff % 12N/10N	-6,4%	-8,5%	-20,5%	-4,3%	-14,6%
	Diff % 12sg12oA/12N	-9,8%	-2,7%	-20,6%	0,3%	-15,4%
Diff % 12sg12mA/12N	-9,8%	-1,3%	-16,5%	0,3%	-13,2%	
Diff % 12sg12oA/10N	-15,6%	-11,0%	-36,8%	-4,1%	-27,8%	
Diff % 12sg12mA/101N	-15,6%	-9,8%	-33,6%	-4,1%	-25,9%	
Diff % 13N/10N	-8,7%	-11,7%	-26,9%	-6,5%	-19,4%	
Diff % 13sg123oA/13N	-29,5%	-10,2%	-49,6%	-0,1%	-39,5%	
Diff % 13sg123mA/13N	-29,0%	-4,8%	-36,1%	0,3%	-32,0%	
Diff % 13sg123oA/10N	-35,7%	-20,7%	-63,1%	-6,6%	-51,2%	
Diff % 13sg123mA/10N	-35,2%	-16,0%	-53,3%	-6,1%	-45,2%	
Diff % 15U/10N	-44,3%	-38,6%	-77,3%	-7,3%	-63,3%	

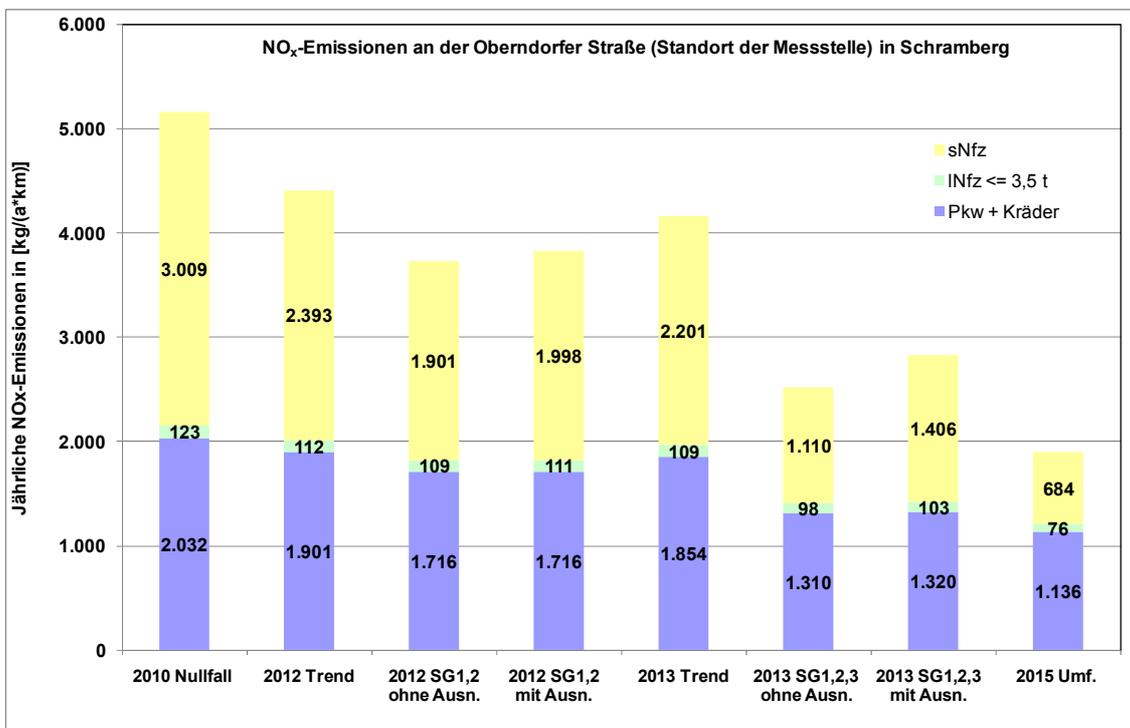


Bild 5.1: NO<sub>x</sub>-Emissionsanteile verschiedener Fahrzeugarten für den Belastungsschwerpunkt Oberndorfer Straße

## 6 Immissionsberechnung

In diesem Kapitel erfolgt die Darstellung der Vorgehensweise bei der Immissionsberechnung. Des Weiteren werden die zu Grunde gelegten Eingangsdaten beschrieben.

### 6.1 Das Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM

Zur Bestimmung der zu erwartenden Immissionsbelastungen für die insgesamt 8 Szenarien wurden Immissionsberechnungen mit den für diese Szenarien prognostizierten Emissionen (s. Kapitel 3-5) durchgeführt. Für die Immissionsberechnungen wurde das nichthydrostatische, prognostische Strömungsmodell MISKAM eingesetzt, das am Institut für Physik der Atmosphäre Mainz entwickelt wurde /Eichhorn, 1989/ und in der Version 6.00 (2010) vorliegt. Eine ausführliche Beschreibung des Modells ist in der zitierten Arbeit von Eichhorn gegeben. MISKAM gilt in seiner heutigen Version als Standardmodell und dient für andere Modellentwicklungen als Referenz- und Vergleichsmaßstab. Es handelt sich um ein dreidimensionales Strömungsmodell, das, gekoppelt mit einem entsprechenden Ausbreitungsmodell, die Berechnung der Ausbreitung auch in komplex bebautem Gelände erlaubt. Das Windfeld wird durch die numerische Lösung der Erhaltungsgleichungen für Impuls, Masse und Energie berechnet. Einzelne Gebäude und Hindernisse können somit explizit in ihrer Form aufgelöst werden. Als Turbulenzmodell wird ein Standard-k, $\epsilon$ -Modell eingesetzt.

### 6.2 Untersuchungsgebiet und Modellvorgaben

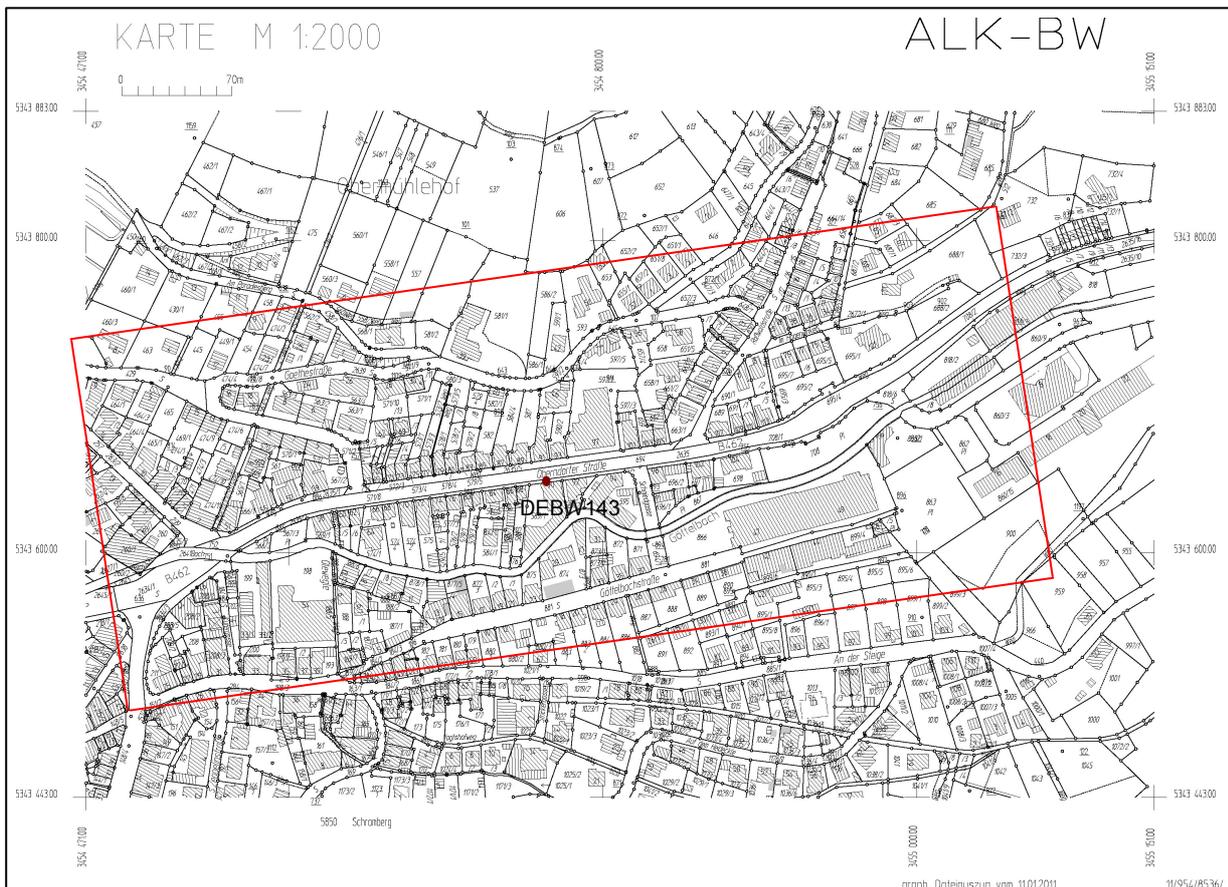
Im Rahmen des Spottmessprogramms 2009 /LUBW, 2010/ wurden in der Oberndorfer Straße in Schramberg Immissionsmessungen zur Erfassung der NO<sub>2</sub>-Schadstoffkonzentrationen durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass die Gesamtlänge des Straßenabschnitts, in dem mit Überschreitungen gerechnet werden muss, ca. 300 m beträgt. Die Oberndorfer Straße ist Teil der B 462 und verläuft in etwa von Ortsmitte in östliche Richtung und steigt dabei kontinuierlich an. Die Bebauung hat über weite Strecken Straßenschluchtcharakter. Der Messpunkt in der Oberndorfer Straße liegt auf der südlichen Straßenseite auf Höhe von Gebäude Nr. 90.

Für die Untersuchung wurde das in Bild 6.1 dargestellte MISKAM-Rechengebiet (rot umrandet) mit einer Ausdehnung von ca. 590 m in Ost-West-Richtung und ca. 240 m in Nord-Süd-Richtung festgelegt.

Das Rechengebiet hat im Bereich der Oberndorfer Straße quer zur Straßenachse eine horizontale Gitterauflösung von 1,0 m. Die feine Auflösung des Straßenraumes ist erforderlich, um zum einen die Turbulenzstrukturen abbilden zu können und zum anderen die in dem VDI-Richtlinienentwurf /VDI 3783, Blatt 9/ angegebenen Mindestabstände zwischen Immissionsort, Beurteilungsort und Quelle einhalten zu können. Außerhalb dieser Kernbereiche

nehmen die Maschenweiten bis zum Rand des Rechengebietes kontinuierlich bis auf 2 m zu. In Straßenlängsachse, also in Ost-West-Richtung, wurde eine konstante Maschenweite von 2 m gewählt. In der Vertikalen wurde bis in 2 m Höhe eine Gittermaschenweite von 0,4 m angesetzt. Von dieser Höhe an erfolgt bis etwa mittlerer Gebäudehöhe der Bebauung in der Oberndorfer Straße, eine kontinuierliche Spreizung der Maschenweite auf 1,0 m. Von da an bis zum oberen Modellrand, der mit etwa der 4-fachen Höhe des höchsten Gebäudes im Modellgebiet festgesetzt wurde, um eine Beeinflussung des Modelloberrandes durch das höchste Gebäude des Untersuchungsgebietes auszuschließen, erfolgt eine weitere kontinuierliche Spreizung des Gitters. Die Gebäudeumrisse wurden aus Katasterplänen entnommen. Die Gebäudehöhen wurden im Zuge einer intensiven Ortsbesichtigung sowie auf Basis von Luftbildaufnahmen ermittelt.

Die Kfz-Emissionen der innerhalb des festgelegten Untersuchungsgebietes liegenden Straßenabschnitte mit relevanter Emissionsbelastung wurden als horizontale bodennahe Linienquellen definiert. Die Emissionsfreisetzung erfolgt in einer mittleren Höhe von 0,6 m.



**Bild 6.1:** Lageplan (Landesvermessungsamt Baden-Württemberg) des Untersuchungsgebietes Oberndorfer Straße in Schramberg mit MISKAM-Rechengebiet (rot) sowie Hot Spot

## 6.3 Umfang der Berechnungen

Die Berechnung der Immissionsbelastung durch die Kfz-Emissionen für die drei Szenarien wurde für 12 Windrichtungen bei einer Referenzgeschwindigkeit durchgeführt. Die Konzentrationswerte bei anderen Windgeschwindigkeiten lassen sich unter der Annahme berechnen, dass sie in erster Näherung umgekehrt proportional zur Windgeschwindigkeit sind. Bei niedrigen Windgeschwindigkeiten führt diese Annahme eher zu einer Überschätzung der Immissionskonzentrationen durch den Straßenverkehr, da die Kfz-erzeugte Turbulenz zunehmend an Einfluss gewinnt. Allerdings ist die Bestimmung des Einflusses fahrzeuginduzierter Turbulenz und deren Berücksichtigung in Ausbreitungsmodellen zurzeit noch Gegenstand der Forschung. Durch die Nichtberücksichtigung der Kfz-erzeugten Turbulenz liegt man somit auf der sicheren Seite.

## 6.4 Bestimmung statistischer Kenngrößen für NO<sub>2</sub>

Die 39. BImSchV, deren Grenzwerte für die Immissionsbeurteilung relevant sind, enthält neben den Immissionsgrenzwerten für den Jahresmittelwert von NO<sub>2</sub> auch Immissionsgrenzwerte für den Kurzzeitwert (Mittelungszeit 1 Stunde) von NO<sub>2</sub>, der nicht öfter als 18 mal im Kalenderjahr überschritten werden darf (entspricht einem 99,8%-Wert). Eine korrekte Berechnung eines 1-h-Kurzzeitwertes erfordert für denselben Zeitraum eine meteorologische Zeitreihe, Zeitreihen der Stundenmittelwerte der Hintergrundbelastung sowie detaillierte, möglichst stundenfeine Information bzgl. des Verkehrsablaufs. Diese Datengrundlage ist wenn dann nur für einen zurückliegenden Zeitraum vorhanden. Eine Prognose dieser zeitabhängigen Parameter für einen zukünftigen Zeitraum ist eher spekulativ. Allerdings ist es durchaus möglich, auf Basis der Höhe der Jahresmittelwerte Rückschlüsse auf eine mögliche Überschreitung des NO<sub>2</sub>-Kurzzeitwertes zu ziehen. Die sehr umfangreichen Messergebnisse der letzten Jahre in Baden-Württemberg im Rahmen von Spotmessungen an stark verkehrsbelasteten Straßen zeigen, dass die maximal zulässigen 18 Überschreitungen des 1-h-Wertes mit hoher Wahrscheinlichkeit dann nicht eingehalten werden, wenn der Jahresmittelwert über 80 µg/m<sup>3</sup> liegt /LUBW, 2011/. Dieses Niveau wird im Untersuchungsgebiet, wie die Ergebnisse in Kapitel 7.2 zeigen werden, nicht erreicht. In Baden-Württemberg wurden in den letzten Jahren bis auf zwei verkehrsnahen Messstellen in Stuttgart keine Überschreitungen des 99,8%-Grenzwertes für NO<sub>2</sub> festgestellt. Die maximal zulässigen 18 Überschreitungen des Kurzzeitwertes können offensichtlich selbst an verkehrsreichen Straßen mit hoher Emissionsbelastung derzeit durchgängig eingehalten werden. Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich daher auf die Ermittlung der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte.

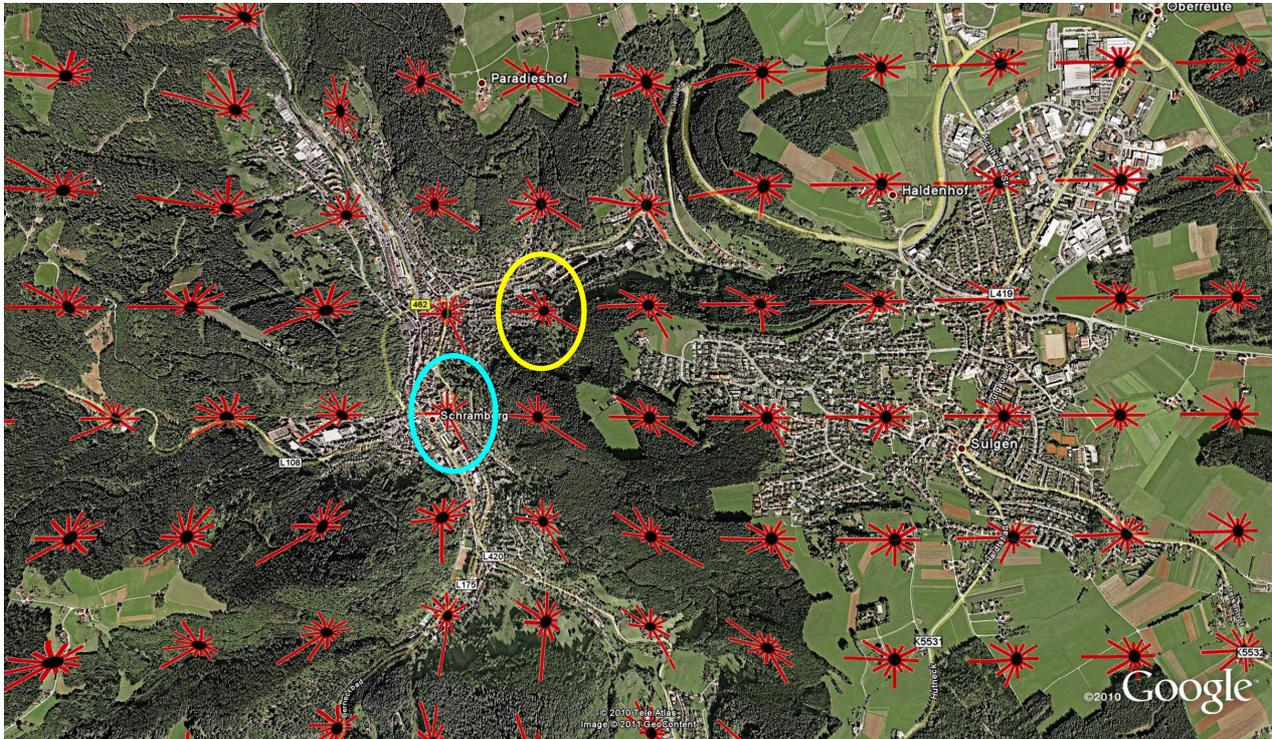
## 6.4.1 Windstatistik

Für die Bestimmung der Jahresmittelwerte wird eine für das Untersuchungsgebiet repräsentative Windstatistik mit den Parametern Windrichtung und Windgeschwindigkeit benötigt. Durch Gewichtung der für jede Anströmrichtung und Windgeschwindigkeitsklasse bestimmten Immissionskonzentrationsfelder mit der prozentualen Häufigkeit der entsprechenden Ausbreitungssituation werden die Jahresmittelwerte bestimmt.

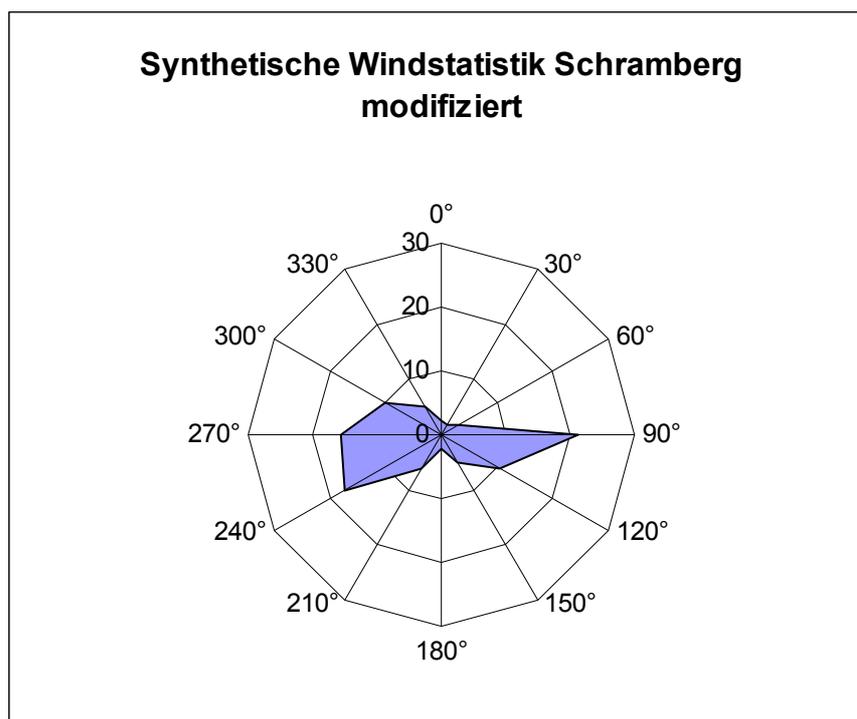
Auf Grund der starken topographischen Gliederung sowie der ausgeprägten Talverläufe im Bereich von Schramberg variieren die Verteilungen der Windrichtungen sowie die mittleren Windgeschwindigkeiten kleinräumig sehr stark. Dies zeigen berechnete Windstatistiken, die von der ARGE IB Rau/METCON im Auftrag der LUBW Karlsruhe flächendeckend in einem Raster von 500 m x 500 m für das ganze Land Baden-Württemberg erstellt wurden. Bild 6.2 zeigt die synthetischen Windrosen für den Großraum Oberndorf. Beispielsweise zeigt die blau umrandete Windrose sehr gut den Einfluss des südsüdöstlich und westlich einmündenden Tales sowie des sich nach Nord/Nordost öffnenden breiteren Talkessel. Im Jahre 1993 bis Mitte 1994 wurde nahezu an derselben Stelle von der LUBW eine Messstelle betrieben. Diese Messungen zeigen ebenfalls den Einfluss des südsüdöstlich einmündenden Tales. Das sekundäre Maximum dieser Messung zeigt allerdings Winde aus Nordnordwest und somit den Verlauf des Haupttales an. Ein Einfluss des westlich einmündenden Tales ist in den Messergebnissen nicht zu sehen. Dies zeigt die Komplexität dieser Situation. Die Messung ist sicherlich lokal geprägt und somit nicht für eine Übertragung in den Bereich Oberndorfer Straße, die in dem nach Südsüdost ansteigenden Tal verläuft, geeignet. Aber auch die synthetisch berechneten Windrosen, die auf einem Rechenraster von 500 m beruhen, geben die sich in den einzelnen engen Tälern ausbildenden Strömungen nur bedingt wieder. Man ist in diesem Fall gezwungen, aus der Gesamtsituation die wahrscheinlichste und damit repräsentative Verteilung für das Untersuchungsgebiet abzuleiten.

Die berechneten Windrosen auf den Anhöhen im Bereich des nach Ostnordost verlaufenden Tales entlang der Oberndorfer Straße zeigen alle ausgeprägte Winde aus Ostsüdost. Dieser Wind aus Ostsüdost greift in das Tal hinein und wird dort kanalisiert. Auf Grund des im Vergleich zum sanfteren südlichen Talhang steileren Nordhangs ist eine Drehung der südöstlichen Winde in Richtung Ost wahrscheinlich. Die großräumig im Untersuchungsgebiet ankommenden Westwinde führen je nach Strömung in den Nachbartälern in dem Osttal zu Winden aus Südsüdwest bis Nordnordwest. Dreht man die in Bild 6.2 gelb umkreiste Windrose um 30 Grad gegen den Uhrzeigersinn, dann spiegelt die Windrichtungsverteilung die in dem Osttal auf Grund der großräumigen Windverhältnisse und ausgeprägten Talgeometrien zu erwartenden Windverhältnisse am Besten wieder. Für die vorliegende Untersuchung wurde aus den oben diskutierten Gründen die in Bild 6.3 dargestellte Windrose gewählt, die auf der in Bild 6.2 gelb umrahmten Windrose, um 30 Grad gegen den Uhrzeigersinn gedreht, basiert.

Die jahresmittlere Windgeschwindigkeit der synthetischen Windrose, bezogen auf 10 m Höhe, liegt bei etwa 1,1 m/s und somit auf dem niedrigen Niveau, das auch an der Messstelle der LUBW beobachtet wurde.



**Bild 6.2:** *Typische Häufigkeitsverteilungen (% der Jahresstunden) der Windrichtungen (°) im Umkreis von Schramberg; Basis: synthetische Ausbreitungsklassenstatistiken. Die Markierung zeigt die Windrichtungsverteilung im Bereich der ehemaligen LUBW-Messstelle (blau) sowie die als Basis für die Bestimmung der Windverteilung in dem Untersuchungsgebiet gewählte Windverteilung (gelb)*



*Bild 6.3: Die für die Immissionsberechnungen gewählte Häufigkeitsverteilung (% der Jahresstunden) der Windrichtungen (30°-Schritte); Basis: synthetische Ausbreitungsklassenstatistik*

## 6.4.2 Hintergrundbelastung

Die Berechnungen mit MISKAM liefern als Ergebnis die durch die Straßenemissionen verursachten Immissionszusatzbelastungen. Die Immissionsgesamtbelastung an einem Ort ergibt sich durch Überlagerung der berechneten Zusatzbelastung mit der Hintergrundbelastung, die durch Gewerbe, Hausbrand und Industrie sowie die Kfz-Immissionen außerhalb des Untersuchungsgebietes bestimmt wird.

In dem Bericht „Luftreinhalte- und Aktionspläne für Baden-Württemberg, Grundlagenband 2009“ der LUBW /LUBW, 2010/ wird für Schramberg für die NO<sub>2</sub>-Hintergrundbelastung von NO<sub>2</sub> für das Jahresmittel ein Wert von 20µg/m<sup>3</sup> angegeben. Dieser Wert wird für den Analyse-Nullfall mit Bezugsjahr 2010 zu Grunde gelegt. Zur Berücksichtigung eines Rückgangs der Hintergrundbelastung bis zu den hier zu betrachtenden Jahren 2012, 2013 und 2015 werden die Hintergrundbelastungswerte in Anlehnung an die in der /MLuS 2002/ gegebenen gebietstypischen Reduktionsfaktoren für Hintergrundbelastungswerte abgemindert. Danach ist in den Prognosejahren 2012, 2013 und 2015 von einer Reduzierung des Hintergrundniveaus auf 19,6 µg/m<sup>3</sup> (2012), 19,4 µg/m<sup>3</sup> (2013) bzw. 19 µg/m<sup>3</sup> (2015) auszugehen. Hierbei handelt es sich eher um eine konservativ abgeschätzte Reduktion.

### 6.4.3 Bestimmung der Gesamtbelastung

Mit den charakteristischen Werten für die Hintergrundbelastung wird durch Überlagerung mit den berechneten Zusatzbelastungswerten die statistische Kenngröße (Jahresmittelwert für  $\text{NO}_2$ ) der Gesamtbelastung zum Vergleich mit dem Grenzwert berechnet. Die Überlagerung der Hintergrundbelastungswerte mit den Zusatzbelastungswerten erfolgt durch Addition der Jahresmittelwerte.

Da mit den derzeit verfügbaren mikroskaligen Modellen, so auch mit MISKAM, nur die Ausbreitung inerter Schadstoffe simuliert werden kann, andererseits jedoch die Konzentrationen des reaktiven Schadstoffs  $\text{NO}_2$  bestimmt und beurteilt werden muss, muss bei der Berechnung der statistischen Kenngrößen für  $\text{NO}_2$  die  $\text{NO-NO}_2$ -Konversion berücksichtigt werden. Die chemische Umwandlung von  $\text{NO}_x$  nach  $\text{NO}_2$  ist äußerst komplex und von einer Reihe von Parametern wie UV-Strahlung, Ozonwert, Temperatur, um nur einige zu nennen, abhängig. Bisher gibt es noch kein hinreichend validiertes Chemiemodell, mit dem die sehr schnelle Umwandlung auf kleinem Raum in bebauten Gebieten hinreichend genau beschrieben werden könnte. Stand der Technik ist es derzeit, die Umwandlung mittels des empirischen Modells von Romberg /Romberg 1996/, das den  $\text{NO-NO}_2$ -Umwandlungsgrad als Funktion der  $\text{NO}_x$ -Gesamtimmission beschreibt, zu bestimmen. Diese empirische Beziehung wurde aus Messdaten Mitte der 90er Jahre abgeleitet. Es ist mittlerweile bekannt, dass sich emissionsseitig das  $\text{NO-NO}_2$ -Verhältnis verändert hat und vermutlich im Zuge weiterer Verbesserungen bei der Abgastechnik weiter verändern wird. Ein Indiz dafür ist unter anderem, dass in den letzten Jahren Messungen an verkehrsreichen Straßen einen Rückgang bei den  $\text{NO}_x$ -Immissionen, nicht aber bei den  $\text{NO}_2$ -Immissionen gezeigt haben. Diese Verschiebung zu einer höheren  $\text{NO}_2$ -Emission wird auch Auswirkungen auf die Umwandlung von  $\text{NO}_x$  zu  $\text{NO}_2$  haben. Wie sich die Umwandlung zukünftig ändern wird, ist allerdings zum jetzigen Zeitpunkt nicht vorherzusagen. Neuere Untersuchungen zeigen, dass der Romberg-Ansatz für Immissionskonzentrationen im Bereich des Grenzwertes (dies ist im Vorgriff auf Kapitel 7.2 hier gegeben) die Umwandlung der  $\text{NO}_x$ -Jahresmittelwerte zu  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerten noch befriedigend genau wiedergibt.

## 7 Ergebnisse und Bewertung der Immissionsberechnungen

### 7.1 Beurteilungsgrundlagen

Für die Beurteilung der Immissionskonzentrationen von NO<sub>2</sub> werden die Grenzwerte der EU-Richtlinie 2008/50/EG herangezogen, die mit der 39. BImSchV in deutsches Recht umgesetzt wurde und seit 06.08.2010 in Kraft getreten ist. Die Grenzwerte sind in Tab. 7.1 zusammengestellt. Wie aus Tabelle 7.1 zu entnehmen ist, müssen die Grenzwerte für NO<sub>2</sub> seit Beginn des Jahres 2010 eingehalten werden.

Tab. 7.1: Lufthygienische Grenzwerte der EU-Richtlinie (39. BImSchV) für den verkehrsrelevanten Luftschadstoff NO<sub>2</sub>

Luftschadstoff	Immissionswert	Statistische Definition	Zeitpunkt, seit dem der Grenzwert eingehalten werden muss
NO <sub>2</sub>	40 µg/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert (Kalenderjahr)	gültig seit 01.01.2010
	200 µg/m <sup>3</sup>	1 Stunde; 200 µg/m <sup>3</sup> dürfen bis zu 18 mal im Kalenderjahr überschritten werden	gültig seit 01.01.2010

### 7.2 Immissionskonzentrationen im Untersuchungsgebiet für alle untersuchten Szenarien

Die flächig berechneten Jahresmittelwerte der Gesamtbelastung für NO<sub>2</sub> für das Untersuchungsgebiet Oberndorfer Straße sind für alle acht untersuchten Szenarien in den Bildern 7.1 bis 7.8 dargestellt. Die Farbskala ist so gewählt, dass Überschreitungen des geltenden Grenzwertes für den Jahresmittelwert rot erscheinen. Die Bezugshöhen in den Abbildungen entsprechen mit 1,4 m über Grund etwa der Atemzone nach 39. BImSchV.

#### 7.2.1 Analyse-Nullfall 2010

Der Analyse-Nullfall beschreibt emissionsseitig den Fahrzeugbestand und die Fahrleistung des Jahres 2010.

Bild 7.1 zeigt, dass auf beiden Straßenseiten in etwa ab der Bachquerung das NO<sub>2</sub>-Jahresmittel von 40 µg/m<sup>3</sup> deutlich überschritten wird. Dabei liegen die Werte auf der Süd-

Seite mit 52 bis maximal 68  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  deutlich höher als die Werte auf der Nordseite mit 40-46  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 7.2.2 Prognose-Nullfall (Trendprognose 2012)

Bei der Trendprognose 2012 wird emissionsseitig die Entwicklung des Fahrzeugbestandes und der Fahrleistung bis zum Jahr 2012 berücksichtigt.

Das Ergebnis der Immissionsberechnung (Bild 7.2) zeigt auf beiden Seiten gegenüber dem Analyse-Nullfall eine leichte Reduktion. So liegen die Werte auf der Südseite in einem Bereich von 50-64  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , auf der Nordseite zwischen 40-43  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , lokal bereits unter dem Grenzwert.

### 7.2.3 Prognose-Nullfall (Trendprognose) 2013

Bei der Trendprognose 2013 wird emissionsseitig die Entwicklung des Fahrzeugbestandes und der Fahrleistung bis zum Jahr 2013 berücksichtigt.

Bild 7.3 zeigt gegenüber Bild 7.2 nur geringfügig lokale Konzentrationsabnahmen in einer Größenordnung von etwa 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 7.2.4 Maßnahme Umweltzone 2012 ohne Ausnahme

Bei der Maßnahme Umweltzone 2012 wird emissionsseitig die Entwicklung des Fahrzeugbestandes und der Fahrleistung bis zum Jahr 2012 berücksichtigt. Auf den Straßenabschnitten innerhalb der Umweltzone werden alle Fahrzeuge der Schadstoffgruppe 1 und 2 ausgeschlossen (Umweltzone gelb).

Bild 7.4 zeigt im Vergleich zur Trendprognose 2012 (Bild 7.2) eine Abnahme. Auf der Südseite liegen die Konzentrationen zwischen 46-60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Auf der nördlichen Straßenseite wird bei vielen Gebäuden der Grenzwert bereits eingehalten. Bei einigen Gebäuden ist mit Werten zwischen 40 und 43  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  zu rechnen.

### 7.2.5 Maßnahme Umweltzone 2012 mit Ausnahme

Bei der Maßnahme Umweltzone 2012 wird emissionsseitig die Entwicklung des Fahrzeugbestandes und der Fahrleistung bis zum Jahr 2012 berücksichtigt. Auf den Straßenabschnitten innerhalb der Umweltzone werden alle Fahrzeuge der Schadstoffgruppe 1 und 2 **mit Ausnahme des Lieferverkehrs** ausgeschlossen (Umweltzone gelb).

Durch die Ausnahmeregelung (Bild 7.5) verschlechtert sich die Situation gegenüber Bild 7.4 geringfügig um etwa 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## 7.2.6 Maßnahme Umweltzone 2013 ohne Ausnahme

Bei der Maßnahme Umweltzone 2013 wird emissionsseitig die Entwicklung des Fahrzeugbestandes und der Fahrleistung bis zum Jahr 2013 berücksichtigt. Auf den Straßenabschnitten innerhalb der Umweltzone werden nun die Fahrzeuge der Schadstoffgruppe 1, 2 und 3 ausgeschlossen (Umweltzone grün).

Durch die Umweltzone „grün“ (Bild 7.6) ist gegenüber der Trendprognose 2013 (Bild 7.3) eine deutliche Verbesserung zu beobachten. Die Werte variieren auf der Südseite nun zwischen Grenzwert ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und maximal etwa  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Auf der Nordseite wird im Bereich der Gebäude der Grenzwert durchgehend unterschritten.

## 7.2.7 Maßnahme Umweltzone 2013 mit Ausnahme

Bei der Maßnahme Umweltzone 2013 wird emissionsseitig die Entwicklung des Fahrzeugbestandes und der Fahrleistung bis zum Jahr 2013 berücksichtigt. Auf den Straßenabschnitten innerhalb der Umweltzone werden alle Fahrzeuge der Schadstoffgruppe 1, 2 und 3 **mit Ausnahme des Lieferverkehrs** ausgeschlossen (Umweltzone grün).

Durch die Ausnahmeregelung (Bild 7.7) verschlechtert sich die Situation gegenüber Bild 7.6 um etwa  $1\text{-}2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## 7.2.8 Maßnahme Talstadumfahrung 2015

Bei der Maßnahme Talstadumfahrung 2015 wird neben der starken Verkehrsreduktion infolge der Verkehrsumlenkung emissionsseitig die Entwicklung des Fahrzeugbestandes und der Fahrleistung bis zum Jahr 2015 berücksichtigt. Dementsprechend wirksam ist diese Maßnahme.

Bild 7.8 zeigt deutliche Immissionsreduktionen auf beiden Straßenseiten gegenüber allen vorab betrachteten Szenarien. Auf der Südseite liegen vor allem im westlichen Teil des untersuchten Straßenabschnitts die Werte noch um den Grenzwert, im östlichen Verlauf wird dagegen der Grenzwert deutlich unterschritten. Auf der Nordseite wird bereits großräumig ein Konzentrationsniveau um die  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  erreicht.

### 7.3 Vergleich der immissionsseitigen Maßnahmenwirkung im Bereich des Messpunktes

In Tab. 7.2 sind die Immissionskonzentrationen, die im Bereich des Messpunktes in der Oberndorfer Straße auf Höhe des Gebäudes Nr. 90 berechnet wurden, für alle Szenarien zusammengestellt.

Tab 7.2: Gemessene und berechnete Immissionsgesamtbelastung von  $\text{NO}_2$  im Bereich der Messstelle in der Oberndorfer Straße (Hot Spot)

Szenarien	Immissionskonzentrationen am Hot Spot [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Analyse-Nullfall 2010	53,6
Trendprognose 2012	50,2
Trendprognose 2013	49,0
U-Zone 2012 SG1,2 ohne Ausnahme	46,9
U-Zone 2012 SG1,2 mit Ausnahme	47,5
U-Zone 2013 SG1,2,3 ohne Ausnahme	40,0
U-Zone 2013 SG1,2,3 mit Ausnahme	42,0
Talstadumfahrung 2015	35,9

Die grün unterlegten Maßnahmen führen am Hot Spot zu Immissionskonzentrationen im Bereich des Grenzwertes bzw. darunter.

Die Tabelle zeigt in Ergänzung zu den Abbildungen, dass die Emissionsänderung infolge der Änderung der Flottenzusammensetzung bis zu den Jahren 2012 und 2013 bereits eine Minderung der Gesamtbelastung gegenüber der heutigen Situation bringt. Mit der Maßnahme Umweltzone 2012 kann die Belastung um etwa weitere  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gegenüber der entsprechenden Trendprognose gesenkt werden. Mit der Maßnahme Umweltzone „grün“ 2013 wird eine sehr deutliche Immissionsminderung gegenüber der entsprechenden Trendprognose von nahezu  $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  erzielt. Die Ausnahmen reduzieren in beiden Fällen diese Minderungen wieder etwas. Herausragend in ihrer Wirkung ist verständlicherweise die Talstadumfahrung mit

---

gleichzeitiger Wirkung von Verkehrsreduktion und Emissionsminderung in Folge der motor-technischen Weiterentwicklung des Fahrzeugbestandes.

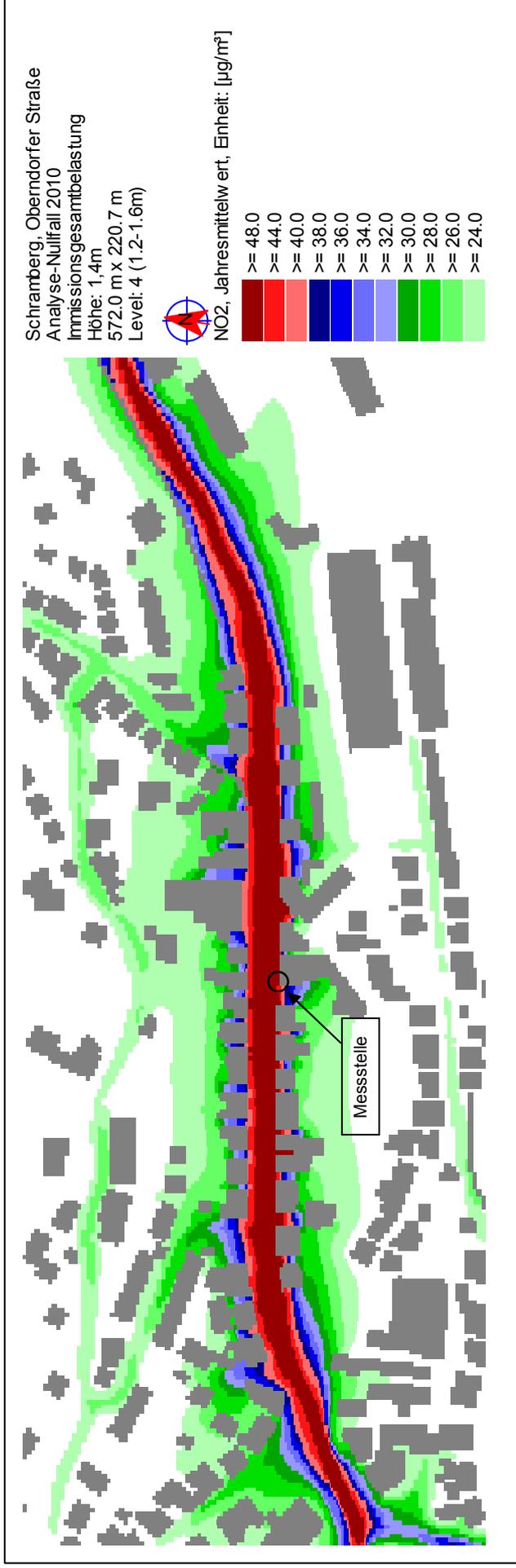


Bild 7.1: NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte für den Analyse-Nullfall 2010

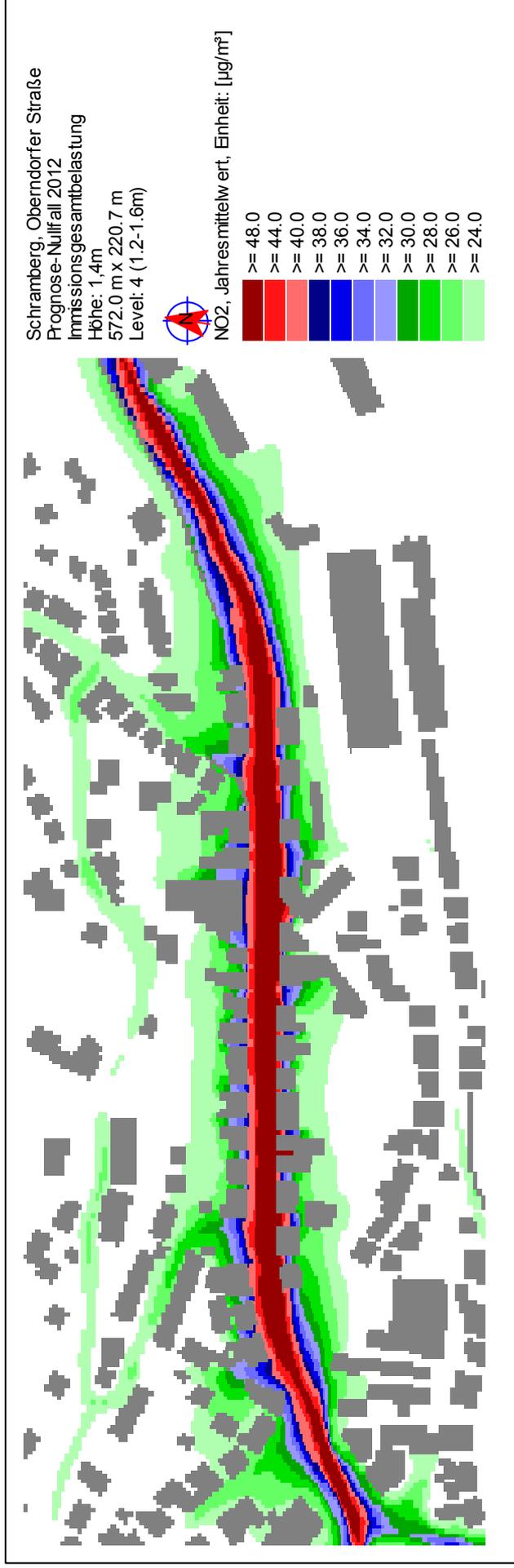


Bild 7.2: NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte für den Prognose-Nullfall (Trendprognose) 2012

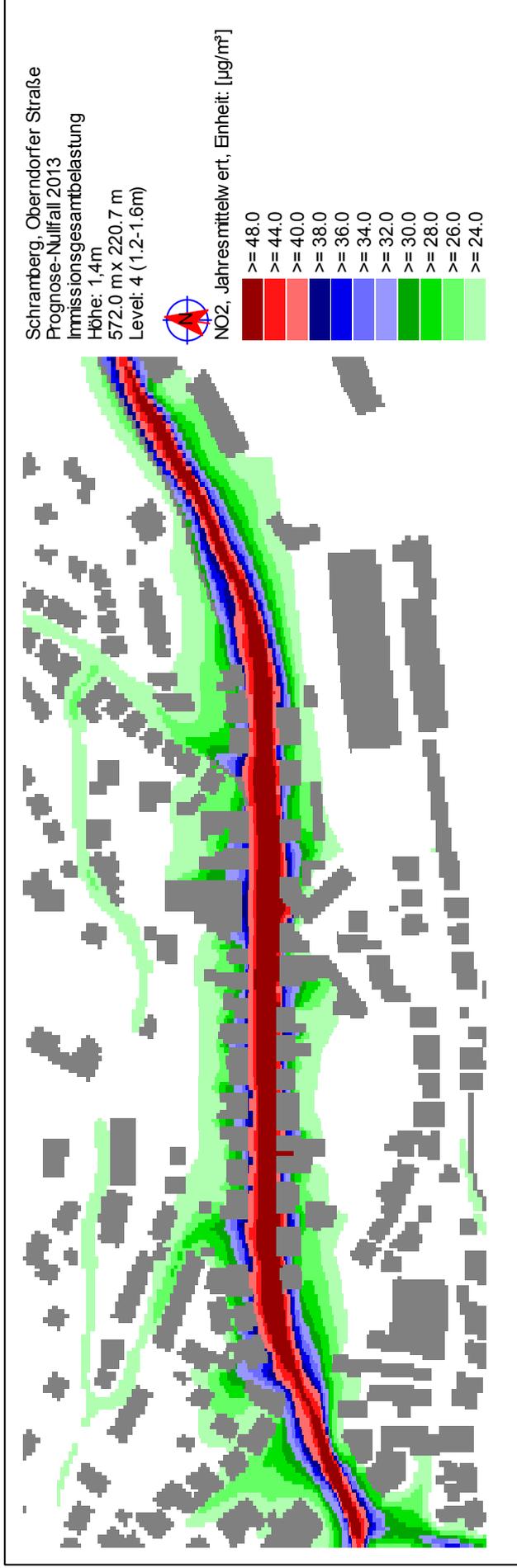


Bild 7.3: NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte für den Prognose-Nullfall (Trendprognose) 2013



Bild 7.4: NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte für die Maßnahme Umweltzone 2012 ohne Ausnahme

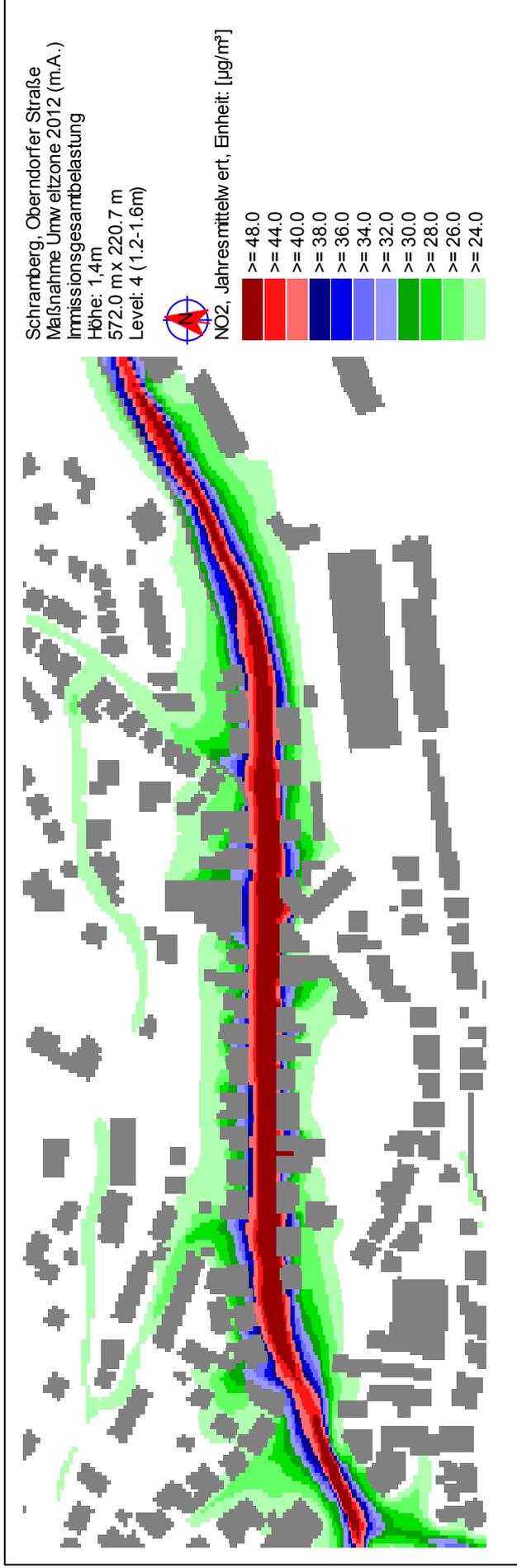


Bild 7.5: NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte für die Maßnahme Umweltzone 2012 mit Ausnahme



Bild 7.6: NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte für die Maßnahme Umweltzone 2013 ohne Ausnahme



Bild 7.7: NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte für die Maßnahme Umweltzone 2013 mit Ausnahme

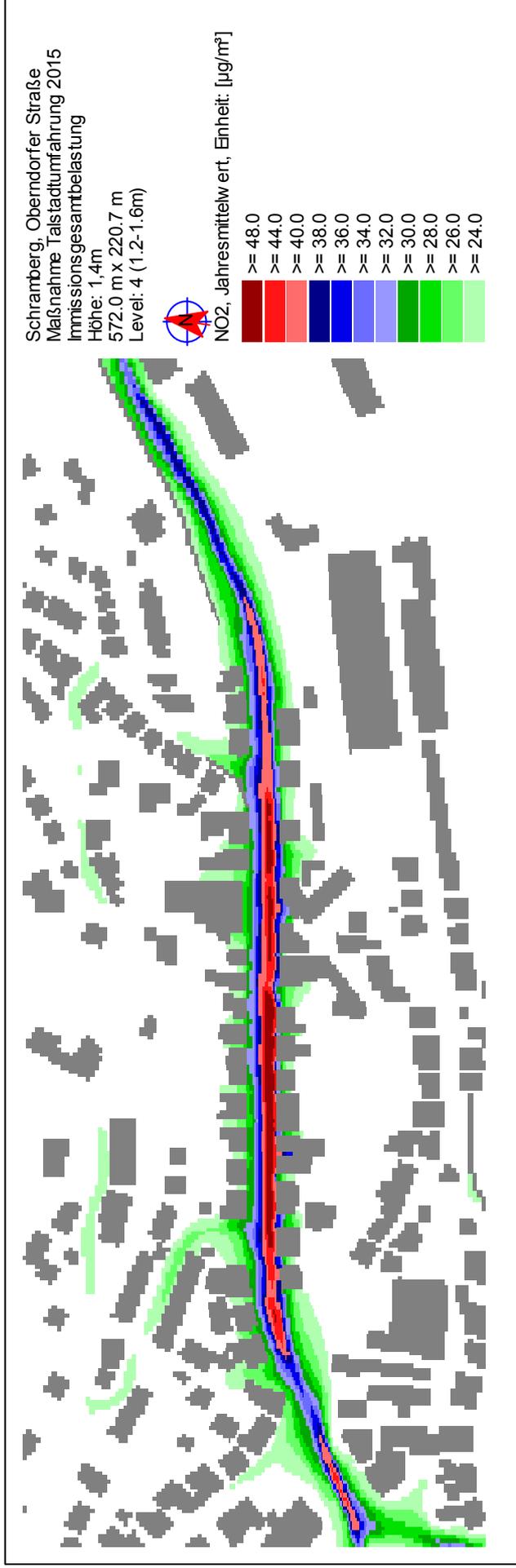


Bild 7.8: NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte für die Maßnahme Talstadtfahrt 2015

---

## 8 Literaturverzeichnis

### 39. BIMSCHV 2010

Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen). In: BGBl. I S. 1065 (Nr. 40) vom 02.08.2010

### 22. BIMSCHV 2002

Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte). In: BGBl I Nr. 66 vom 17.09.2002, S. 3626

### MODUS CONSULT ULM 2010

Verkehrsuntersuchung zu den Auswirkungen von Maßnahmen auf den Straßenverkehr. Im Auftrag des RP Freiburg 2010

### MODUS CONSULT ULM 2011

Mitteilung per E-Mail am 20.01.2011 von MODUS CONSULT ULM GmbH

### AVISO 2009

Erstellung eines zukunftsfähigen Emissionskatasters Straßenverkehr für Baden-Württemberg, AVISO GmbH, im Auftrag der LUBW; Aachen, 2009

### HBEFA 2010

[www.hbefa.net](http://www.hbefa.net)

### HAUSBERGER 2010

Hausberger, S., et al., Emission Factors from the Model PHEM for the HBEFA Version 3, TU Graz Institute for internal combustion engines and thermodynamics, Graz, December 2009

### EICHHORN 1989

Entwicklung und Anwendung eines dreidimensionalen mikroskaligen Stadtklima-Modells. Diss. Meteorol. Inst. Univ. Mainz

### VDI-Richtlinie 3783, BL. 9

Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle – Evaluierung für Gebäude- und Hindernisumströmung. Entwurfsfassung vom 31.12.2003

### LUBW 2011

Leitfaden: Modellierung verkehrsbedingter Immissionen – Anforderungen an die Eingangsdaten. LUBW Baden-Württemberg (Hrsg.)

### LUBW 2010

Luftreinhalte- /Aktionspläne für Baden-Württemberg. Grundlagenband 2009. LUBW Baden-Württemberg (Hrsg.)

### MLUS 2002

Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen ohne und mit lockerer Randbebauung. For-

---

schungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln. Ausgabe 2002, geänderte Fassung 2005

ROMBERG 1996

NO-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für KFZ-Abgase. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 56, pp. 215-218

Heilbronn, 12.03.2011



(Dipl.-Ing. M. Rau)