AVISO
AACHENER - VERKEHRS - INGENIEUR - SOZIETÄT

Ingenieurbüro
Matthias Rau

Wind · Wasser · Umwelt

BESTIMMUNG DER EMISSIONS- UND IMISSIONSSEITIGEN AUSWIRKUNGEN VON MASSNAHMEN IM ZUSAMMENHANG MIT DEM LUFTREINHALTEPLAN DES REGIERUNGSPRÄSIDIUMS KARLSRUHE - TEILPLAN MÜHLACKER -

Auftraggeber: Regierungspräsidium Karlsruhe
Am Schlossplatz 1-3

76131 Karlsruhe

Durchführung: Ingenieurbüro Rau (Federführung)
Bottwarbahnstraße 4

74081 Heilbronn

AVISO GmbH
Adalbertsteinweg 34

52070 Aachen

14. Januar 2006

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis I

Abbildungsverzeichnis III

Tabellenverzeichnis IV

1 Aufgabenstellung, Einleitung 1

2 Verkehrliche Grundlagendaten 2

3 Grundlagen der Emissionsberechnung 4

3.1 Bestandszusammensetzung 2005, 2010 und 2012 5

3.2 Abgas-Emissionsfaktoren NO_X 7

3.3 Trendprognose der Abgas-Emissionsfaktoren bis 2012 8

4 Schadstoffemissionen des Kfz-Verkehrs Trend-prognose 2010 und 2012 9

5 Emissionsseitige Maßnahmenwirkungen am Hot-spot 11

5.1 Sperrung der Durchfahrt für Lkw > 7,5 t 12

5.2 Errichtung einer Umweltzone (Maximalabschätzung) 13

5.3 Zusammenfassende Gegenüberstellung der emissionsseitigen Maßnahmenwirkungen 16

5.4 Abschätzung der gesamtstädtischen emissionsseitigen Maßnahmenwirkungen 17

6 Immissionsberechnung 20

6.1 Das Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM 20

6.2 Modellvorgaben 20

6.3 Umfang der Berechnungen 22

6.4 Bestimmung statistischer Kenngrößen für NO_2 22

6.4.1 Windstatistik 23

6.4.2 Hintergrundbelastung 26

6.4.3 Bestimmung der Gesamtbelastung 26

7 Ergebnisse und Bewertung der Immissionsberechnungen 28

7.1 Beurteilungsgrundlagen..... 28

7.2 Immissionskonzentrationen an der B10 für die Trend-szenarien und die Maßnahmen 28

7.2.1 Trendprognose 2010..... 28

7.2.2 Maßnahme Umweltzone 2010 29

7.2.3 Maßnahme Sperrung B10 für LKW > 7,5 t..... 29

7.2.4 Trendprognose 2012..... 29

7.2.5 Maßnahme Umweltzone 2012 30

7.3 Zusammenfassende Gegenüberstellung der immissionsseitigen Maßnahmenwirkungen 30

8 Literaturverzeichnis 37

Anhang 1: Grundlagen zur Berechnung der Emissionen

Abbildungsverzeichnis

Bild 2.1: Untersuchungsgebiet Mühlacker mit dem Hotspot B10 Stuttgarter Straße 2

Bild 3.1: Entwicklung der Pkw-Flottenzusammensetzung auf Innerortsstraßen für das Untersuchungsgebiet 6

Bild 3.2: Entwicklung der lNfz-Flottenzusammensetzung auf Innerortsstraßen für das Untersuchungsgebiet 6

Bild 3.3: Entwicklung der sNfz-Flottenzusammensetzung auf Innerortsstraßen für das Untersuchungsgebiet 7

Bild 3.4: NO_x-Emissionsfaktoren für das Untersuchungsgebiet, Bezugsjahr 2010 (Längsneigungsklasse Ebene) 8

Bild 3.5: Entwicklung der spezifischen NO_x-Emissionsfaktoren 2005 bis 2012 für das Untersuchungsgebiet 9

Bild 4.1: Trendentwicklung (2010 bis 2012) der NO_X-Emissionen des Straßenverkehrs am Hotspot (B10, Stuttgarter Straße), differenziert nach Fahrzeuggruppen 11

Bild 5.1: Bereich der geplanten Umweltzone in der Stadt Mühlacker /REG.PRÄSID KARLSRUHE 2005/ 13

Bild 5.2: NO_x-Emissionen für den Hotspot (B10, Stuttgarter Straße), getrennt nach Fahrzeugarten für die Maßnahmen im Vergleich zur Trendprognose 2010 bzw. 2012 17

Bild 6.1: Lageplan des Untersuchungsgebietes B10, Mühlacker. Topografische Karte und Luftbilder, Umwelt-Daten und Karten online (UDO), Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de 21

Bild 6.2: Vergleich der drei für Mühlacker vorliegenden Stärkewindrosen. 25

Bild 6.3: Synthetische Windstatistik für das Untersuchungsgebiet in Mühlacker. 25

Bild 6.4: NO_2-NO_x-Umwandlungsrate in Abhängigkeit des NO_x-Jahresmittelwertes für mehrere Verkehrsstationen in Deutschland 27

Bild 7.1: NO2-Jahresmittelwerte im Untersuchungsgebiet Stuttgarter Straße, Mühlacker, für die Trendprognose 2010 32

Bild 7.2: NO2-Jahresmittelwerte im Untersuchungsgebiet Stuttgarter Straße, Mühlacker: Maßnahme LKW-Sperrung 33

Bild 7.3: NO2-Jahresmittelwerte im Untersuchungsgebiet Stuttgarter Straße, Mühlacker: Maßnahme Umweltzone 2010 34

Bild 7.4: NO2-Jahresmittelwerte im Untersuchungsgebiet Stuttgarter Straße, Mühlacker: Trendprognose 2012 35

Bild 7.5: NO2-Jahresmittelwerte im Untersuchungsgebiet Stuttgarter Straße, Mühlacker: Maßnahme Umweltzone 2012 36

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) in Kfz/24h sowie Schwerverkehrsanteile für das Prognosejahr 2010 für den Hotspot B10 (Stuttgarter Straße) und die angrenzenden Straßen in Mühlacker 3

Tab. 4.1: Jahresfahrleistungen und NO_X-Jahresemissionen für den Hotspot (B10, Stuttgarter Straße), differenziert nach Fahrzeugarten, 2010 10

Tab. 4.2: Vergleich der Jahresfahrleistung und NO_X-Emissionen (in kg/a*km) am Hotspot (B10, Stuttgarter Straße), differenziert nach Fahrzeugarten, Trendprognose 2012 zu 2010 10

Tab. 5.1: Vergleich der Emissionen (in kg/a*km) für die Stuttgarter Straße, differenziert nach Fahrzeugarten, Maßnahme Lkw-Sperrung zu Analyse 2010 12

Tab. 5.2: KennzeichnungsVO Entwurf vom 14.10.2005 (in der vom Bundesrat verabschiedeten Fassung) 14

Tab. 5.3: Fahrzeugkonzepte und deren Anteil an der Fahrleistung differenziert nach Fahrzeugarten, Trendprognose 2010 und 2012 14

Tab. 5.4: Vergleich der Jahresfahrleistungen und NO_X-Emissionen für den Hotspot (B10, Stuttgarter Straße), differenziert nach Fahrzeugarten, Maßnahme Umweltzone, 2010 15

Tab. 5.5: Vergleich der Jahresfahrleistungen und NO_X-Emissionen für den Hotspot (B10, Stuttgarter Straße), differenziert nach Fahrzeugarten, Maßnahme Umweltzone, 2012 15

Tab 5.6 Fahrzeugkonzepte und deren Anteil an den NO_X-Emissionen, differenziert nach Fahrzeugarten, Trendprognose 2010 und 2012, Stadtgebiet Mühlacker 19

Tab 7.1 Lufthygienische Grenzwerte der (22.BImSchV) für NO2 28

Tab. 7.2: Gemessene und berechnete Immissionsgesamtbelastung von NO_2 im Bereich der Messstelle an der Stuttgarter Straße 30

Tab. I: Beschreibung der Verkehrssituationen innerorts nach /INFRAS 1999, INFRAS 2004/ III

1 Aufgabenstellung, Einleitung

Mit der Novellierung der 22. BImSchV vom 11. September 2002 wurden die Luftqualitätsrahmenrichtlinie 96/62/EG, die Richtlinie 1999/30/EG und die Richtlinie 2000/69/EG in nationales Recht umgesetzt.

Die neuen Immissionsgrenzwerte der 22. BImSchV, einschließlich festgelegter Toleranzmargen, führen bei einer Überschreitung dieser Grenzwerte gem. §47 BImSchG zwingend zur Aufstellung eines Aktionsplans bzw. Luftreinhalteplans für das betreffende Gebiet.

An der B10 (Stuttgarter Straße) in Mühlacker wurden in den Jahren 2002 und 2003 Schadstoffmessungen durchgeführt. Dabei wurde in beiden Untersuchungsjahren eine Überschreitung des Grenzwertes plus Toleranzmarge (nach 22.BImSchV) für NO_2 festgestellt /REG.PRÄSID KARLSRUHE 2005/.

Nach §11 der 22. BImSchV ist ein Luftreinhalteplan zu erstellen, wenn die Immissionsbelastung den Grenzwert plus Toleranzmarge überschreitet und damit zu erwarten ist, dass der zukünftige Grenzwert nicht einzuhalten ist. In diesem Plan sind die erforderlichen Maßnahmen für eine dauerhafte Verminderung der Luftverunreinigungen und für die Einhaltung der Immissionsgrenzwerte festzulegen. Für Mühlacker wurde entsprechend vom Regierungspräsidium Karlsruhe ein Luftreinhalteplan erstellt /REG.PRÄSID KARLSRUHE 2005/.

Das Ingenieurbüro Rau, Heilbronn, erhielt vom Regierungspräsidium Karlsruhe den Auftrag, für ausgewählte Maßnahmen aus diesem Luftreinhalteplan Untersuchungen zur Quantifizierung der emissionsseitigen und immissionsseitigen Maßnahmenwirksamkeit durchzuführen. Die Ergebnisse der Arbeiten werden in dem vorliegenden Bericht beschrieben.

Die im Folgenden beschriebenen Maßnahmenwirkungen beschränken sich laut Aufgabenstellung **immissionsseitig** auf die Wirkungen im direkten Nahbereich des betrachteten Hotspots an der B10, Stuttgarter Straße.

Da die Wirkungen von Maßnahmen aber grundsätzlich nicht nur am Hotspot, sondern auch im näheren und weiteren Umfeld auftreten können, wird zusätzlich **emissionsseitig** eine gesamtstädtische Abschätzung der Maßnahmenwirkung auf der Grundlage des vorliegenden Datenmaterials abgeleitet. Die Ergebnisse hierzu werden separat in Kapitel 5.4 erläutert.

Der Bericht ist folgendermaßen gegliedert:

In den Kapiteln 2 bis 5 werden die verkehrlichen Datengrundlagen (Kapitel 2), die Grundlagen der Emissionsermittlung (Kapitel 3), die Schadstoffemissionen für die Prognosejahre 2010 und 2012 (Kapitel 4) und die emissionsseitigen Maßnahmenwirkungen im Bereich des Hotspots sowie im gesamtstädtischen Raum (Kapitel 5) beschrieben. Kapitel 6 beschreibt die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Immissionsgesamtbelastung für NO_2. Kapitel 7 umfasst die Ergebnisse der Immissionsberechnungen und die Bewertung der Ergebnisse. Die für die Bearbeitung verwendete 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 Verkehrliche Grundlagendaten

Der zu betrachtenden Hotspot in Mühlacker liegt auf der B10 (Bereich Stuttgarter Straße, vgl. Bild 2.1) vor dem Gebäude Stuttgarter Straße Nr. 8 im Nahbereich der Einmündung der Hindenburgstraße auf die Stuttgarter Straße.

Die stark befahrene B10 stellt eine wichtige überregionale Verbindungsstraße dar und verläuft südlich des Ortskerns in Ost-West-Richtung. Der Ortskern und die nördlich davon liegenden Ortsteile Mühlackers werden primär durch die Bahnhofstraße erschlossen.

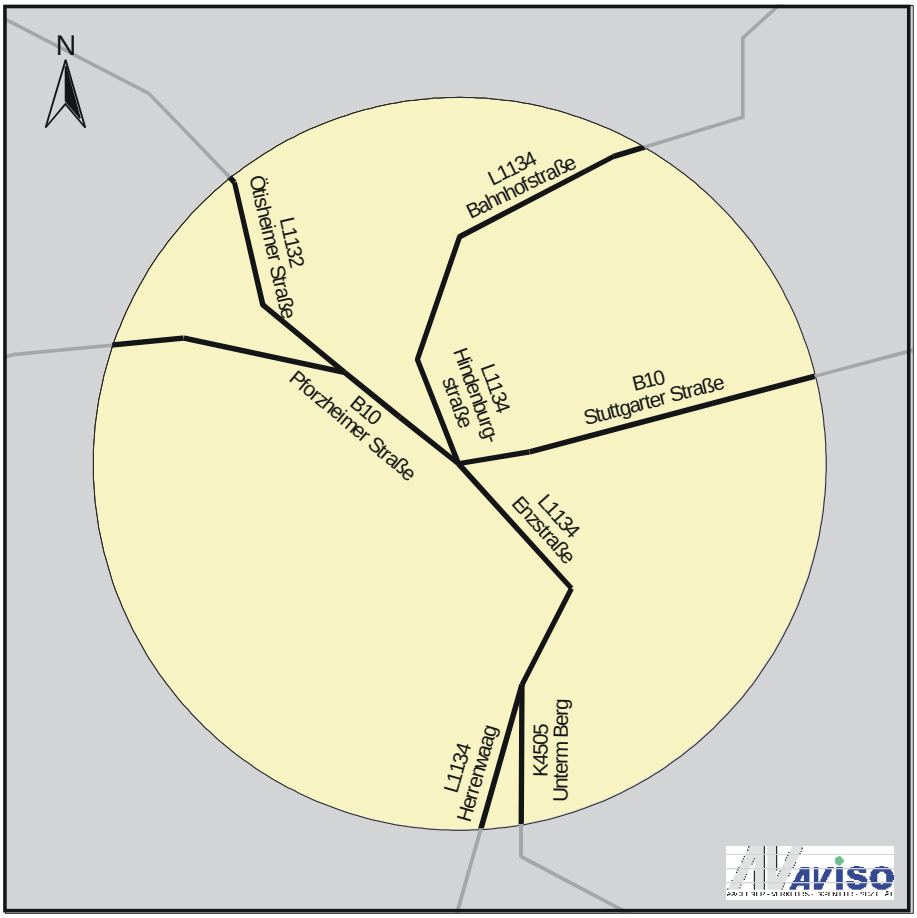

Bild 2.1: Untersuchungsgebiet Mühlacker mit dem Hotspot B10 Stuttgarter Straße

Ausgangspunkt der Ermittlung der verkehrlichen Grundlagendaten für das Untersuchungsgebiet in Mühlacker waren die Daten, die von der UMEG im Rahmen der Erstellung des LRP Mühlacker für das Bezugsjahr 2002 ermittelt worden waren /UMEG 2005/. Grundlage dieser Daten stellt das landesweite Emissionskataster Straßenverkehr dar, das für alle klassifizier-

ten Straßen und sonstige höher belastete Straßen streckenabschnittsbezogen alle relevanten Informationen zur Ermittlung der Emissionen des Straßenverkehrs enthält.

Von der Stadt Mühlacker wurden zusätzlich Ergebnisse von Verkehrszählungen aus dem Jahr 2003 im Untersuchungsgebiet (teilweise mit Differenzierung nach Fahrzeugarten) zur Verfügung gestellt /STADT MÜHLACKER 2005/.

Die Daten der Stadt Mühlacker wurden herangezogen, um die vorliegende Verkehrsdatenbasis 2002 zu überprüfen und wo erforderlich zu aktualisieren. Von Bedeutung waren hierbei vor allem die Ergebnisse der Zählung an der B10 (Bereich Pforzheimer Straße). Die vorliegenden Zähldaten für Kfz und sNfz wurden auf jahresmittlere Werte hochgerechnet (richtlinienkonform nach /LENSING 2003/). Demnach lag auf der B10 im Bereich Pforzheimer Straße die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) im Jahr 2003 bei 20.100 Kfz/24h und der Anteil der schweren Nutzfahrzeuge >3,5 t zul. GG (sNfz) bei 10%.

Zusätzlich wurden die Daten der Dauerzählstelle 7019/1108 Vaihingen (Enz) auf der B10 berücksichtigt, die etwas östlich von Mühlacker zwischen der Kreuzung B10/B35 und dem Ortseingang von Vaihingen liegt /IM BW 2005/. Die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) betrug hier im Jahr 2003 13.500 Kfz/24h. An dieser Zählstelle ist in den folgenden Jahren der Einfluss von Mautausweichverkehr (von den Autobahnen) mit deutlichen Zunahmen des sNfz-Verkehrs in 2005 im Vergleich zu den Vorjahren zu erkennen. Sowohl die B10 als auch die B35 bieten sich als Ausweichrouten für den sNfz-Verkehr zur Vermeidung von Autobahnfahrten an. Daher wurde der an der B10 in Vaihingen beobachtet Trend der Kfz- und sNfz-Verkehrsstärken von 2003 bis 2005 (Kfz: + 4%, sNfz: + 40%) auf die B10 in Mühlacker übertragen und dort die Verkehrsstärken entsprechend auf das Jahr 2005 aktualisiert.

Für die weitere Prognose der Verkehrsdaten bis 2010 (bzw. 2012) wurde in Anlehnung an die für Pforzheim vorliegenden Daten zur Trendprognose 2020 /REG.PRÄSID KARLSRUHE 2001/ von einem weiteren leichten Zuwachs der Verkehrsbelastungen ausgegangen (+4% bis 2010). Es wurde dabei angenommen, dass der heute vorhandene, vergleichsweise hohe Anteil des Schwerverkehrs (u.a. durch die Mautausweichverkehre bedingt) auch zukünftig auftreten wird.

Die ermittelten durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken für die B10 im Bereich des Hotspots (Stuttgarter Straße) und der daran anschließenden Straßenabschnitte sind für die Trendprognose 2010 der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Tab. 2.1: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) in Kfz/24h sowie Schwerverkehrsanteile für das Prognosejahr 2010 für den Hotspot B10 (Stuttgarter Straße) und die angrenzenden Straßen in Mühlacker

Straße	DTV [Kfz/24h]	Anteil sNfz
Pforzheimer Str.	21.870	13,8%
Stuttgarter Str.	18.778	13,8%
Enzstr.	16.676	3,1%
Hindenburgstr./Bahnhofstr.	10.742	5,5%

Die höchsten Belastungen treten mit 21.900 Kfz/24h auf der B10 auf, wo besonders der hohe Anteil schwerer Nutzfahrzeuge von knapp 14% beachtlich ist.

Neben Angaben zu den Verkehrsstärken werden zur Berechnung der Luftschadstoffemissionen eine Reihe weiterer Streckenparameter benötigt. Dies betrifft Daten zur Streckencharakterisierung (Anzahl Fahrstreifen, Ortslage, Neigung, Knotenausrüstung mit Lichtsignalanlagen, Seitenstreifen, Mitteltrennung etc.) und weitere Angaben z. B. zur zulässigen Höchstgeschwindigkeit. Die Daten dienen unter anderem dazu, den Tagesgang des Verkehrsablaufs und dessen Störungsgrad in Abhängigkeit von den stündlichen Verkehrsstärken zu ermitteln. Soweit vorhanden wurden diese Daten aus dem landesweiten Emissionskataster Verkehr übernommen.

3 Grundlagen der Emissionsberechnung

Die Emissionen aus dem Kfz-Verkehr werden fahrzeugseitig wesentlich durch den im realen Verkehr zu beobachtenden Flottenmix bestimmt. Da die Beobachtung der Bestandszusammensetzung im Verkehr zumindest flächendeckend für den jeweiligen Untersuchungsraum unmöglich ist, wird für das regionsspezifische Emissionsverhalten i. d. R. der im entsprechenden regionalen Fahrzeugregister gemeldete Bestand zugrunde gelegt. Dieser so genannte statische Bestand wird in einem zweiten Schritt mit einer spezifischen Jahresfahrleistung für einzelne Kfz-Klassen und Straßenarten fahrleistungsgewichtet. Das Ergebnis ist ein regionsspezifischer dynamischer Flottenmix für die verschiedenen Straßenarten.

Auf der anderen Seite stehen Emissionsfaktoren, die in Form des Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, aktuell in der Version 2.1, /INFRAS 1999, INFRAS 2004/ vorliegen. Als Ergebnis umfangreicher Programme zur Ermittlung des Fahr- und Emissionsverhaltens sind diese Emissionsfaktoren für Pkw, lNfz, sNfz (Lkw, Last-/Sattelzug, Bus) ermittelt worden. Die sog. Schichtemissionsfaktoren liegen pro Fahrzeuggruppe für einzelne Fahrzeug-Schichten, die sich aufgrund der Antriebsart, des eingesetzten Schadstoffminderungskonzeptes, der Hubraumklasse sowie des Zulassungsjahres unterscheiden, vor. Diese Schichtemissionsfaktoren bilden die Grundlage der Berechnung von regionsspezifischen Emissionsfaktoren.

Durch Verknüpfung des regionsspezifischen dynamischen Flottenmix mit den Schichtemissionsfaktoren der verschiedenen Fahrzeugschichten einer Fahrzeuggruppe können untersuchungsgebietsspezifische Basisemissionsfaktoren für die einzelnen Fahrzeuggruppen (Pkw, lNfz, sNfz) abgeleitet werden.

3.1 Bestandszusammensetzung 2005, 2010 und 2012

Die charakteristische Bestandszusammensetzung wird aus der Zusammensetzung des gemeldeten Kfz-Bestands abgeleitet, wobei einzelne so genannte Fahrzeugschichten differenziert werden, die sich aufgrund der Antriebsart, des eingesetzten Schadstoffminderungskonzepts, der Hubraumklasse sowie des Zulassungsjahres unterscheiden. Die spezifischen Emissionen für die verschiedenen Bestandsschichten liegen (in Form des Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs /INFRAS 1999, INFRAS 2004/) für unterschiedliche Geschwindigkeiten/Verkehrssituationen pro Straßenkategorie (innerorts, außerorts, Autobahn) und pro Bestandsschicht vor.

Um den für das Untersuchungsgebiet in den betrachteten Bezugsjahren repräsentativen statischen Pkw-Bestand entsprechend der Bestandsschichtung der vorhandenen Schichtemissionsfaktoren einteilen zu können, wurden die Pkw-Bestandsdaten des Zulassungsbezirks Enzkreis zu Grunde gelegt.

Um die zukünftige Bestandsentwicklung bis zu den Prognosejahren 2010 und 2012 zu ermitteln, wurde ausgehend von der aktuellen Bestandszusammensetzung 2005 eine Trendprognose in Anlehnung an /INFRAS 2004/ durchgeführt. Dabei berücksichtigt ist die kontinuierliche Veränderung des Bestands durch Löschungen und Neuzulassungen, wobei die momentan gültigen gesetzlichen Regelungen (EURO2/3/4/5) dazu führen werden, dass sich die Fahrzeugflotte zu emissionsärmeren Fahrzeugen hin entwickeln wird. Bei den Neuzulassungen der Pkw wurde in Anlehnung an die relativ hohen Zulassungszahlen für Diesel in den letzten Jahren ein Dieselanteil von 40% angesetzt.

Das Emissionsverhalten von schweren Nutzfahrzeugen wird stärker vom überregionalen als vom regionalen Bestand bestimmt, daher wird die bundesmittlere Bestandszusammensetzung für die entsprechenden Bezugsjahre gemäß /INFRAS 2004/ den Berechnungen zugrunde gelegt.

In den folgenden Diagrammen sind die prognostizierten Entwicklungen der dynamischen Bestandszusammensetzungen 2005 bis 2012 für Innerortsstraßen für Pkw, lNfz und sNfz dargestellt.

Grundsätzlich zeigt sich bei allen Fahrzeuggruppen, dass sich die Bestandszusammensetzung zukünftig verändern wird, hin zu Fahrzeugen, die die strengeren Abgasnormen (EURO4, EURO5) erfüllen.

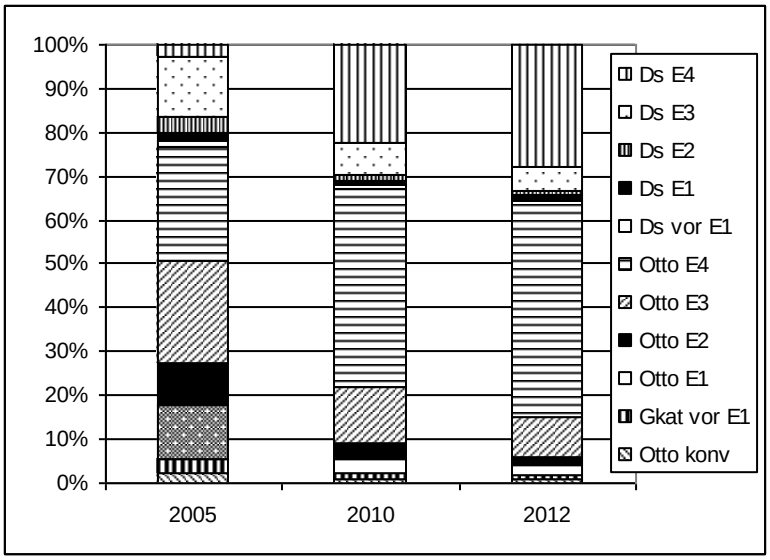

Bild 3.1: Entwicklung der Pkw-Flottenzusammensetzung auf Innerortsstraßen für das Untersuchungsgebiet

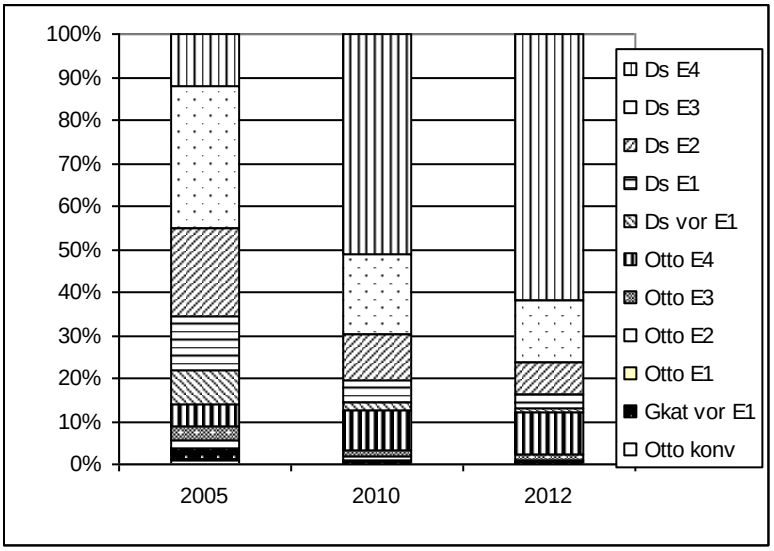

Bild 3.2: Entwicklung der lNfz-Flottenzusammensetzung auf Innerortsstraßen für das Untersuchungsgebiet

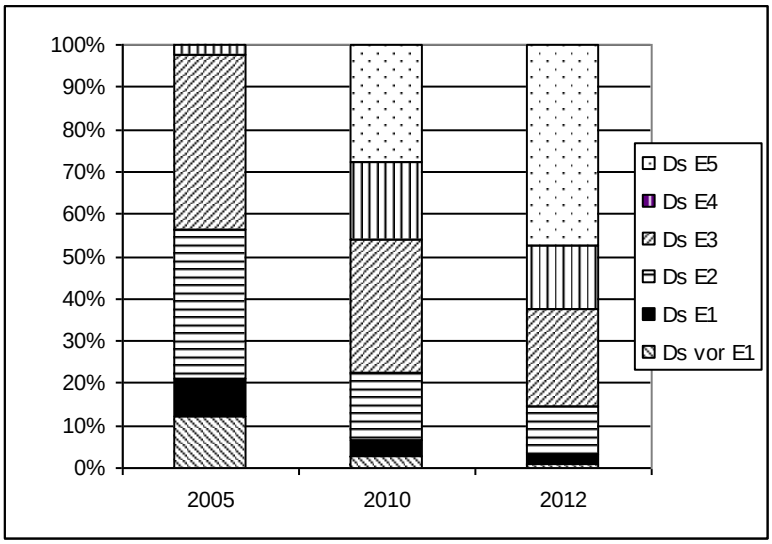

Bild 3.3: Entwicklung der sNfz-Flottenzusammensetzung auf Innerortsstraßen für das Untersuchungsgebiet

Bild 3.1 zeigt, dass der Anteil der Diesel-Pkw im Jahr 2005 auf Innerortsstraßen bei 23% liegt und die Gkat-Pkw einen Anteil von ca. 75% haben. Bis 2010 wird ein Anstieg des Diesel-Pkw-Anteils auf ca. 33% prognostiziert, bis 2012 auf 35%. Der Anteil der Pkws, die die EURO4-Norm einhalten, wird von ca. 29% in 2005 auf ca. 68% in 2010 und bis 2012 auf 78% ansteigen.

Bei den sNfz (Bild 3.3) wird der Anteil der Fahrzeuge, die die EURO4-Norm oder EURO5-Norm einhalten 2010 bei ca. 46% und 2012 bei 63% liegen.

3.2 Abgas-Emissionsfaktoren NO_X

Auf der Grundlage der dynamischen Bestandszusammensetzung auf Schichtebene (vgl. Kap. 3.1) und der spezifischen Schichtemissionsfaktoren /INFRAS 1999, INFRAS 2004/ wurden für die Jahre 2010 und 2012 pro Fahrzeuggruppe spezifische Emissionsfaktoren pro Fahrmuster/Verkehrssituation ermittelt. Sie liegen für verschiedene Längsneigungsklassen (0%, +/- 2%, +/- 4%, +/- 6%) vor.

Für NO_X sind die für das Prognosejahr 2010 ermittelten Emissionsfaktoren, aufgetragen über die mittlere Fahrgeschwindigkeit der Fahrmuster/Verkehrssituationen[1], in Bild 3.4 dargestellt.

Die spezifischen Emissionsfaktoren geben die emittierte Schadstoffmenge in g pro Fahrzeug und gefahrenen Kilometer an.

[1] Fahrmuster/Verkehrssituationen beschreiben das mittlere Fahrverhalten in einem Straßenabschnitt. Verkehrssituationen mit geringen Geschwindigkeiten weisen auf einen höheren Störungsgrad im Verkehrsablauf hin (d.h. mehr Verzögerungs-, Stillstands- und Beschleunigungsanteile).

Die Darstellungen zeigen deutlich, dass die spezifischen NO_X-Emissionsfaktoren der schweren Nutzfahrzeuge teilweise mehr als Faktor 10 größer sind als die der Pkw, d. h. dass die schweren Nutzfahrzeuge entsprechend überproportional zu den Gesamtemissionen beitragen.

Ebenso ist zu erkennen, dass die spezifischen NO_X-Emissionsfaktoren insbesondere für die schweren Nutzfahrzeuge (sNfz) für Verkehrssituationen[1] mit geringeren Geschwindigkeiten ansteigen.

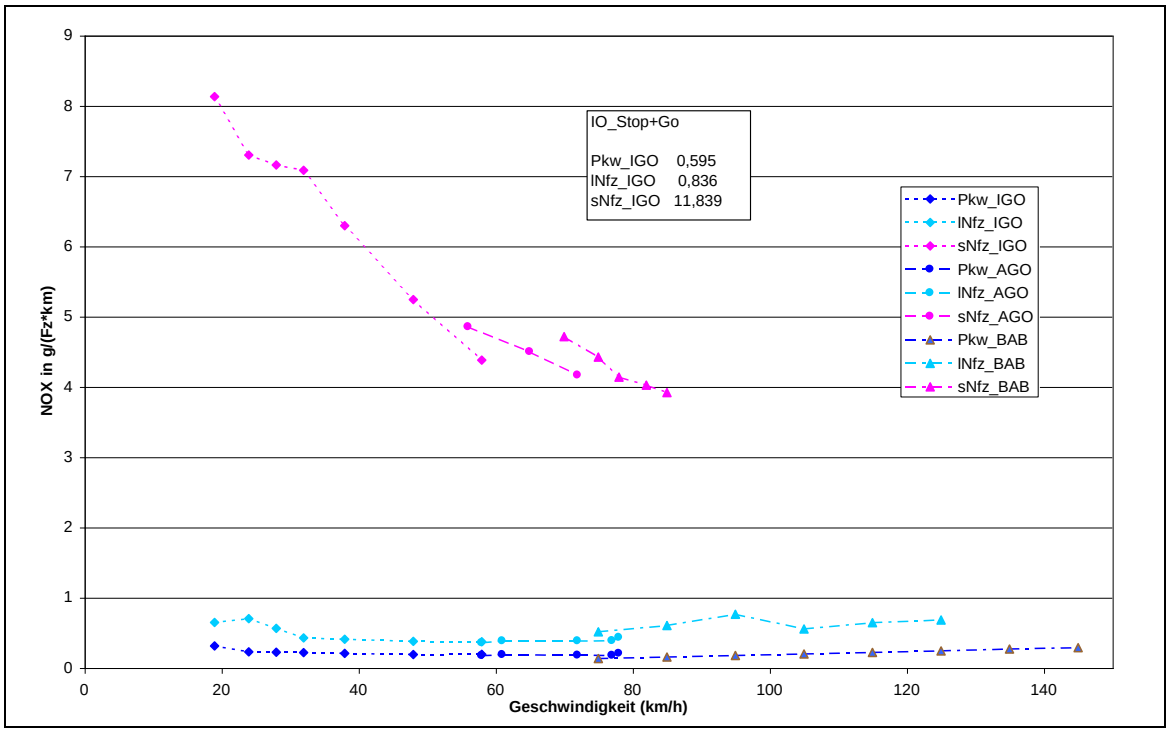

Bild 3.4: NO_x-Emissionsfaktoren für das Untersuchungsgebiet, Bezugsjahr 2010 (Längsneigungsklasse Ebene)

3.3 Trendprognose der Abgas-Emissionsfaktoren bis 2012

Analog zum Jahr 2010 wurden spezifische Emissionsfaktoren pro Fahrzeuggruppe für 2012 unter Berücksichtigung der entsprechenden Flottenzusammensetzungen (vgl. Kap. 3.1) berechnet.

Aufgrund der Bestandsentwicklung hin zu emissionsärmeren Fahrzeugen werden die spezifischen NO_X- Emissionsfaktoren zukünftig abnehmen, wie in Bild 3.5 zu erkennen ist. Es sind dort die Änderungen der spezifischen Emissionsfaktoren pro Fahrzeuggruppe zwischen 2010 und 2012 dargestellt, aber auch die entsprechenden Werte für 2010 bezogen auf 2005 aufgeführt, um die Größenordnung der erwartenden Reduktionen der spezifischen Emissionen ausgehend vom heutigen Stand (2005) zu verdeutlichen.

Die Reduktionen der NO_X-Emissionsfaktoren liegen je nach Fahrzeuggruppe von 2005 bis 2010 im Bereich von 11% bis 28%. Die prognostizierten Reduktionen von 2010 bis 2012 liegen im Bereich von 6% bis 15%.

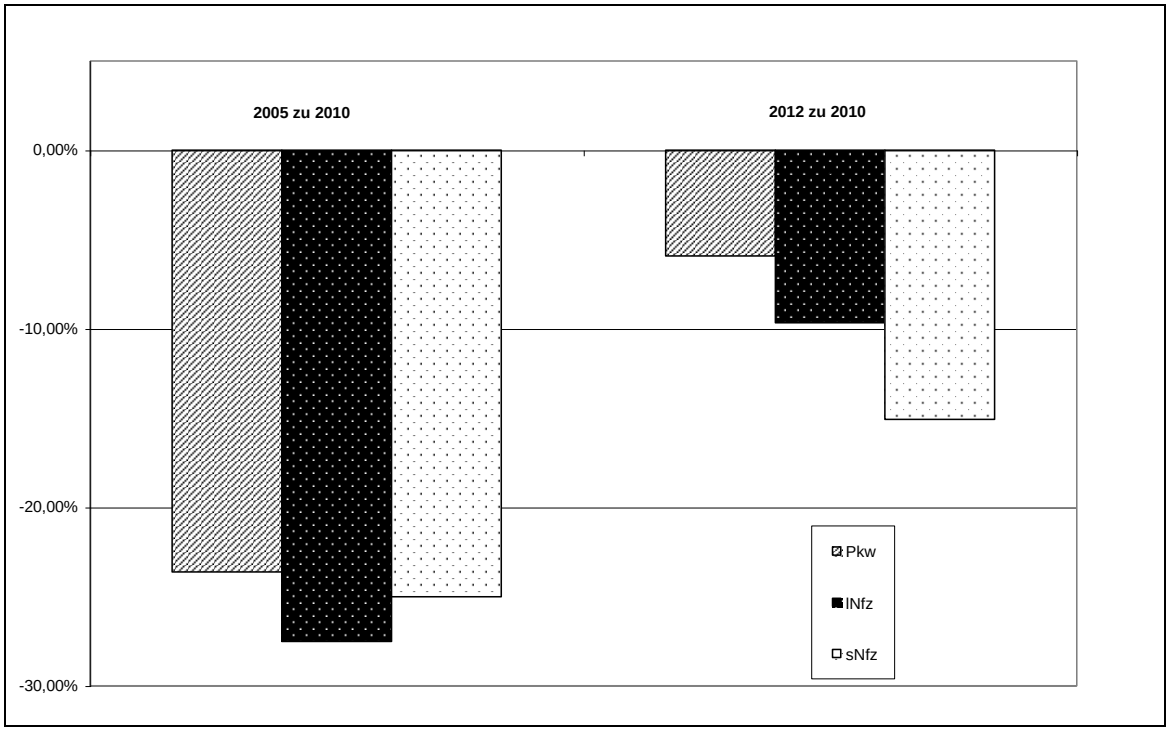

Bild 3.5: Entwicklung der spezifischen NO_x-Emissionsfaktoren 2005 bis 2012 für das Untersuchungsgebiet

4 Schadstoffemissionen des Kfz-Verkehrs Trend-prognose 2010 und 2012

Unter Verwendung der in Kap. 2 dargestellten Verkehrsdatenbasis und der in Kap. 3 beschriebenen NO_X-Emissionsfaktoren wurden die NO_X-Emissionen für die Trendprognose 2010 und 2012 streckenspezifisch für den Hotspot auf der B10 im Bereich Stuttgarter Straße und die angrenzenden Straßenabschnitte berechnet (zur Methodik der Emissionsberechnung siehe Anhang).

Die pro Tagesgruppe ermittelten stündlichen Emissionen wurden zu Jahreswerten aggregiert.

Tab. 4.1 zeigt die Jahresfahrleistungen und Gesamtemissionen differenziert nach Fahrzeuggruppen für den Hotspot Stuttgarter Straße.

Es zeigt sich ein ähnliches Bild wie für die Verkehrsstärken. Durch den hohen Anteil schwerer Nutzfahrzeuge an der Kfz-Belastung kommt es zu hohen NO_X-Emissionen: der Anteil der sNfz an der Fahrleistung beträgt 13,8%, der Emissionsanteil der sNfz 81%.

Tab. 4.1: Jahresfahrleistungen und NO_X-Jahresemissionen für den Hotspot (B10, Stuttgarter Straße), differenziert nach Fahrzeugarten, 2010

		Pkw	lNfz	sNfz	Kfz
Fahrleistung	Mio.FZkm/a	13,65	0,69	2,30	16,64
		82,0%	*4,1%*	*13,8%*	*100,0%*
NO_X	kg/a*km	1.600,2	185,7	7.771,2	9.557,1
		16,7%	*1,9%*	*81,3%*	*100,0%*

In der nachfolgenden Tabelle sind die für die Trendprognosejahre 2010 und 2012 berechneten Emissionen für den Hotspot B10 (Stuttgarter Straße) aufgeführt.

Für die NO_x-Abgasemissionen werden bis 2012 Reduktionen prognostiziert, die für Kfz bei 13% liegen.

*Tab. 4.2: Vergleich der Jahresfahrleistung und NO_X-Emissionen (in kg/a*km) am Hotspot (B10, Stuttgarter Straße), differenziert nach Fahrzeugarten, Trendprognose 2012 zu 2010*

			Pkw	lNfz	sNfz	Kfz
Fahrleistung	Mio.FZkm/a	2010	13,651	0,688	2,304	16,643
		2012	13,782	0,695	2,326	16,803
		Diff. in %	*1,0%*	*1,0%*	*0,9%*	*1,0%*
NOx	kg/a*km	2010	1.600,231	185,672	7.771,152	9.557,055
		2012	1.518,737	168,687	6.623,430	8.310,853
		Diff. in %	*-5,1%*	*-9,1%*	*-14,8%*	*-13,0%*

Bild 4.1 zeigt die Entwicklung der NO_X-Emissionen am Hotspot Stuttgarter Straße von 2010 bis 2012 grafisch. Zusätzlich sind jeweils auch die Anteile der Fahrzeuggruppen mit angegeben.

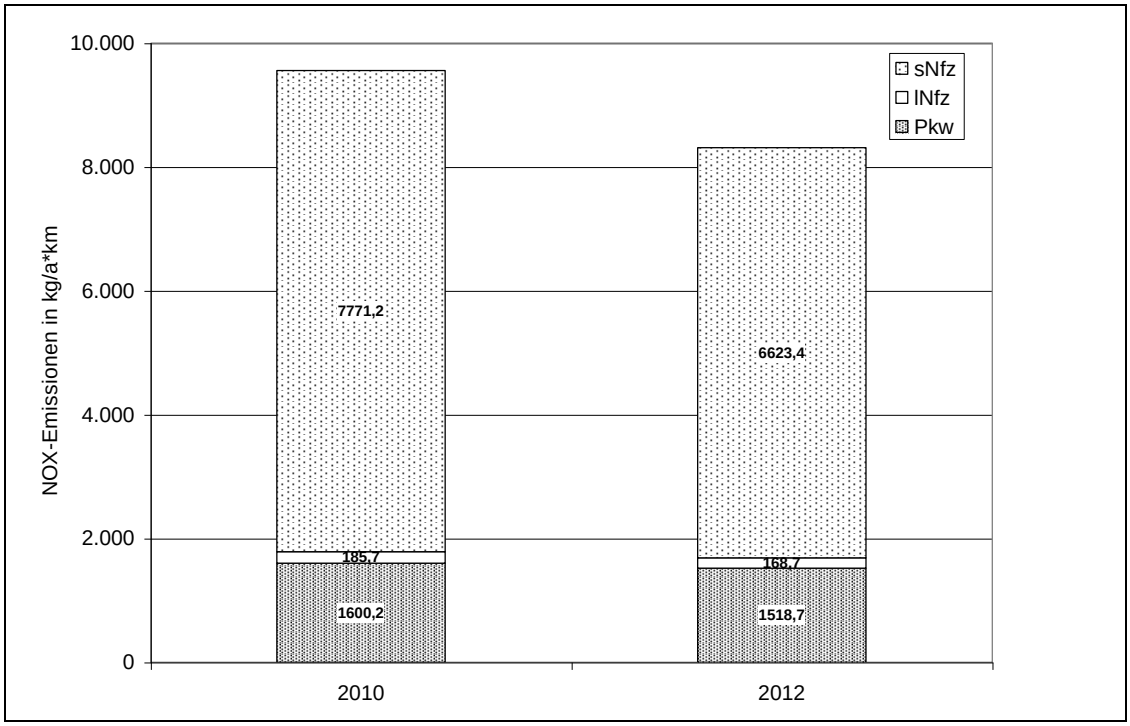

Bild 4.1: Trendentwicklung (2010 bis 2012) der NO_X-Emissionen des Straßenverkehrs am Hotspot (B10, Stuttgarter Straße), differenziert nach Fahrzeuggruppen

In der Stuttgarter Straße steigt der Anteil der Pkw an den Gesamtemissionen für NO_X-Abgas von ca. 17% auf knapp 18%. Entsprechend wird der relative Anteil der Nutzfahrzeuge an den NO_X-Emissionen zukünftig leicht abnehmen.

5 Emissionsseitige Maßnahmenwirkungen am Hotspot

Von der Stadt Mühlacker wurden in Zusammenarbeit mit dem Regierungspräsidium Karlsruhe im Zuge der Aufstellung eines Luftreinhalteplans verschiedene Maßnahmen vorrangig zur Entlastung der B10 vorgeschlagen /REG.PRÄSID KARLSRUHE 2005/. Für ausgewählte Maßnahmen werden im Rahmen der vorliegenden Untersuchung Abschätzungen zur emissions- und immissionsseitigen Wirkungen durchgeführt. Dabei werden die folgenden Maßnahmen berücksichtigt:

- Sperrung der B10 (Pforzheimer Straße und Stuttgarter Straße) für Lkw >7,5 t ab 2010,
- Errichtung einer Umweltzone.

Im Folgenden werden die Datengrundlagen zur Ermittlung der emissionsseitigen Wirkungen pro Maßnahme erläutert, die Ergebnisse der Emissionsberechnungen beschrieben und den entsprechenden Ergebnissen der Trendprognose gegenübergestellt.

5.1 Sperrung der Durchfahrt für Lkw > 7,5 t

Der Anteil der schweren Nutzfahrzeuge (incl. Busse) an der Fahrleistung liegt auf der B10 bei 13,8%. Zu den NO_x-Emissionen tragen die schweren Nutzfahrzeuge überproportional mit einem Anteil über 80% bei (Kap. 4).

Ziel der Maßnahme ist es, durch ein Verbot der Durchfahrt für Lkw > 7,5 t auf der B10 die Luftschadstoffbelastung in diesem Bereich zu verringern.

Der Anteil der schweren Nutzfahrzeuge > 7,5 t an den gesamten schweren Nutzfahrzeugen > 3,5 t wird in Anlehnung an /INFRAS 2004, HB1993/ mit typischerweise 75% für eine Hauptverkehrsstraße mit überörtlicher Funktion abgeschätzt. Demnach reduziert sich bei einem Verbot der Durchfahrt für sNfz > 7,5 t der gesamte schwere Nutzfahrzeugverkehr (sNfz) auf der B10 um ca. 75%.

Im Sinne einer Maximalabschätzung der Maßnahmenwirksamkeit wurde für die Berechnungen eine Reduktion der sNfz-Verkehrsstärken um 75% angesetzt. Die strikte Einhaltung solch eines Fahrverbotes hängt u.a. auch davon ab, wie konsequent Verstöße dagegen bestraft werden.

Die Emissionsfaktoren für 2010 wurden für diese Maßnahme für die sNfz neu berechnet, da sich die Zusammensetzung der Fahrzeugflotte der sNfz durch den Wegfall der Lkw > 7,5 t verändert. Die NO_X-Emissionsfaktoren für die sNfz < 7,5 t liegen um ca. 30% - 40% (je nach Verkehrssituation) niedriger als die entsprechenden NO_X-Emissionsfaktoren der gesamten sNfz > 3,5 t.

Zusätzliche technische Veränderungen/Verbesserungen der Fahrzeugflotte wurden in diesem Maßnahmenfall nicht angenommen.

In Tab. 5.1 sind für den Hotspot (B10, Stuttgarter Straße) die prozentualen Änderungen der Emissionen der Lkw-Durchfahrtssperrung vergleichend zur Analyse 2010 aufgeführt.

*Tab. 5.1: Vergleich der Emissionen (in kg/a*km) für die Stuttgarter Straße, differenziert nach Fahrzeugarten, Maßnahme Lkw-Sperrung zu Analyse 2010*

			Pkw	lNfz	sNfz	Kfz
Fahrleistung	Mio.FZkm/a	2010	13,651	0,688	2,304	16,643
		2010 ML	13,651	0,688	0,576	14,915
		Diff. in %	*0,0%*	*0,0%*	*-75,0%*	*-10,4%*
NOx	kg/a*km	2010	1.600,231	185,672	7.771,152	9.557,055
		2010 ML	1.520,269	154,780	1.100,689	2.775,737
		Diff. in %	*-5,0%*	*-16,6%*	*-85,8%*	*-71,0%*

Für die Stuttgarter Straße liefert die Lkw-Sperrung mit Verdrängung des Lkw-Verkehrs > 7,5 t deutliche Minderungen der NO_x-Emissionen für Kfz von 71%. Die NO_X-Abgasemissionen für sNfz gehen infolge dieser Maßnahme sogar um 86% zurück.

5.2 Errichtung einer Umweltzone (Maximalabschätzung)

Im Rahmen des Luftreinhalteplans Mühlacker ist als eine Maßnahme die Errichtung einer Umweltzone für einen Bereich geplant, der durch hohes Verkehrsaufkommen, dichte Wohnbebauung und allgemein ungünstige Durchlüftungsverhältnisse charakterisiert ist und in Bild 5.1 dargestellt ist.

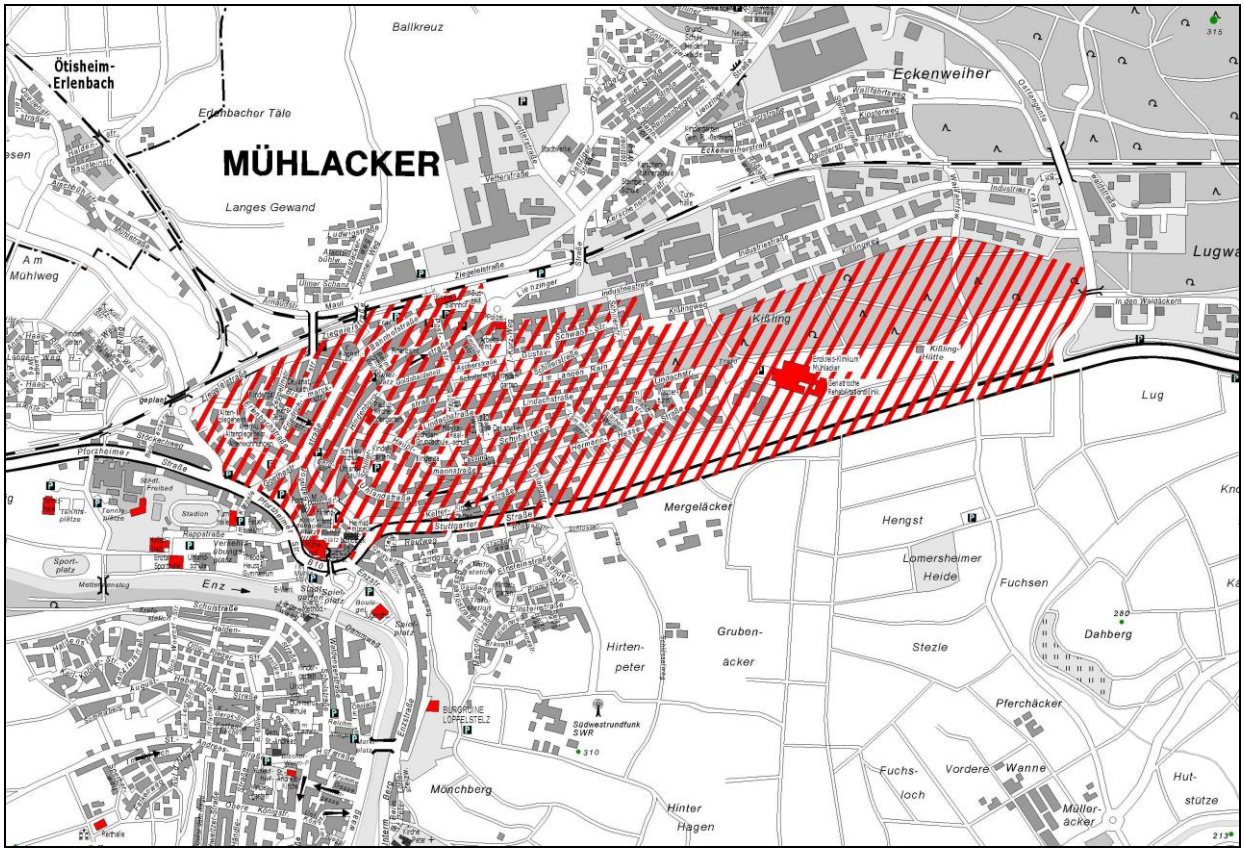

Bild 5.1: Bereich der geplanten Umweltzone in der Stadt Mühlacker /REG.PRÄSID KARLSRUHE 2005/

Ein vom Bundesrat verabschiedeter Entwurf zur Kennzeichenverordnung liegt vor. Danach ist die Vergabe von 3 verschiedenen Plaketten geplant, wie in Tab. 5.2 dargestellt.

Für Mühlacker sind folgende Fahrverbotsmaßnahmen geplant:

- Fahrverbot für alle Kfz ab 2010 ohne Plakette (Schadstoffgruppe 1),
- Fahrverbot für alle Kfz ab 2012 der Schadstoffgruppen 1+2.

Tab. 5.2: KennzeichnungsVO Entwurf vom 14.10.2005 (in der vom Bundesrat verabschiedeten Fassung)

KennzeichnungsVO Entwurf 14.10.2005 (in der vom Bundesrat verabschiedeten Fassung)	Schadstoffgruppe 1 (ohne Plakette)	Schadstoffgruppe 2 (weiß mit Ziffer 2)	Schadstoffgruppe 3 (weiß mit Ziffer 3)	Schadstoffgruppe 4 (grün mit Ziffer 4)
Diesel vor EURO1				
Diesel EURO1				
Diesel EURO2				
(incl. Diesel EURO1 mit Partikelminderung [1])				
Diesel EURO3				
(incl. Diesel EURO2 mit Partikelminderung [1])				
Diesel EURO4 und besser				
(incl. Diesel EURO3 mit Partikelminderung [1])				
Otto konv.				
Otto-Gkat , sonstige Otto, sonstige Antriebe				
[1)] Partikelminderung: Nachrüstung mindert Partikel bei Pkw und lNfz um mindestens 30%, bei sNfz um 50%; bei Nachrüstung der sNfz mit Diesel EURO3 muss eine Minderung von mindestens 65 % gewährleistet sein				

Ausgehend von den dynamischen Bestandszusammensetzungen, die für den Trend 2010 und 2012 prognostiziert wurden (vgl. Kap. 3.1), wurde eine Maximalabschätzung der Maßnahmenwirkung durch Ausgrenzung aller betroffenen Fahrzeugarten für den Hotspot auf der Grundlage der Daten in Tab. 5.3 ermittelt.

Im Jahr 2010 sind demnach ca. 2% der Pkw (DsvorE1, DsE1 und Otto konv.) und 6% der sNfz (DsvorE1, DsE1) von einem Durchfahrtsverbot betroffen, im Jahr 2012 entsprechend ca. 3% Pkw und 14% sNfz.

Tab. 5.3: Fahrzeugkonzepte und deren Anteil an der Fahrleistung differenziert nach Fahrzeugarten, Trendprognose 2010 und 2012

		Diesel						Otto	
Fahrleistung	FZ_Art	DsE1	DsE2	DsE3	DsE4	DsE5	DsvorE1	OGkat	Okonv
2010	LNFZ	4,99%	10,64%	18,49%	51,36%		2,12%	12,37%	0,03%
	PKW	0,93%	1,48%	7,25%	22,52%		0,51%	66,32%	0,99%
	SNFZ	3,33%	16,11%	31,54%	18,39%	27,58%	3,04%	0,00%	
2012	LNFZ	3,51%	7,38%	14,25%	62,01%		0,87%	11,98%	
	PKW	0,69%	1,06%	5,27%	28,02%		0,37%	63,86%	0,72%
	SNFZ	2,37%	11,30%	22,99%	15,13%	47,32%	0,88%	0,00%	

Geht man, im Sinne einer Maximalabschätzung der Maßnahmenwirksamkeit, davon aus, dass die vom Verbot betroffenen Fahrzeuge bzw. deren Fahrleistung in dem Streckenabschnitt ersatzlos entfallen, dann ergeben sich die in Tab. 5.4 und Tab. 5.5 dargestellten

maximalen Fahrleistungs- und Emissionsreduktionen für den Hotspot (B10, Stuttgarter Straße). Klar ist, dass die von der B10 verlagerten Verkehre und Emissionen an anderen Stellen zusätzlich hinzukommen, ggf. mit einer insgesamt erhöhten Fahrstrecke.

Es wurden für die Emissionsberechnungen für die Maßnahmenfälle Umweltzone sowohl für 2010 als auch für 2012 im Vergleich zur Trendprognose aktualisierte Emissionsfaktoren verwendet, die die aufgrund des Durchfahrtsverbots veränderten dynamischen Bestandszusammensetzungen berücksichtigen.

Tab. 5.4: Vergleich der Jahresfahrleistungen und NO_X-Emissionen für den Hotspot (B10, Stuttgarter Straße), differenziert nach Fahrzeugarten, Maßnahme Umweltzone, 2010

			Pkw	lNfz	sNfz	Kfz
Fahrleistung	Mio.FZkm/a	2010	13,651	0,688	2,304	16,643
		2010 MU	13,244	0,640	2,157	16,041
		Diff. in %	*-3,0%*	*-7,0%*	*-6,4%*	*-3,6%*
NOx	kg/a*km	2010	1.600,231	185,672	7.771,152	9.557,055
		2010 MU	1.421,403	153,377	6.883,870	8.458,649
		Diff. in %	*-11,2%*	*-17,4%*	*-11,4%*	*-11,5%*

Tab. 5.5: Vergleich der Jahresfahrleistungen und NO_X-Emissionen für den Hotspot (B10, Stuttgarter Straße), differenziert nach Fahrzeugarten, Maßnahme Umweltzone, 2012

			Pkw	lNfz	sNfz	Kfz
Fahrleistung	Mio.FZkm/a	2012	13,782	0,695	2,326	16,803
		2012 MU	13,331	0,613	1,989	15,932
		Diff. in %	*-3,3%*	*-11,8%*	*-14,5%*	*-5,2%*
NOx	kg/a*km	2012	1.518,737	168,687	6.623,430	8.310,853
		2012 MU	1.309,810	122,628	4.919,009	6.351,447
		Diff. in %	*-13,8%*	*-27,3%*	*-25,7%*	*-23,6%*

Für 2010 werden für die Stuttgarter Straße Reduktionen von knapp 12% für NO_x prognostiziert, der Fahrleistungsanteil der vom Verbot betroffenen Kfz liegt hier bei knapp 3,6%. Für 2012 fallen die Emissionsreduktionen höher aus, da dann mehr Fahrzeuge vom Verbot betroffen sein werden. Obwohl die Fahrzeugflotte im Jahr 2012 bereits emissionsärmer als 2010 sein wird, werden durch die zusätzliche Durchfahrtsbeschränkung für Fahrzeuge schlechter EURO3 mehr Fahrzeuge ausgesperrt als 2010. So liegt die Reduktion der Fahrleistung 2012 bei über 5% gegenüber 3,6% in 2010 und die Reduktion der NO_x-Emissionen bei knapp 24%.

In Realität wird die Maßnahmenwirkung in der Umweltzone (hier betrachtet für den Hotspot) geringer ausfallen, da zum einen eine Reihe der Fahrzeuge Ausnahmegenehmigungen erhalten werden und zum anderen sich komplexe Verkehrsverlagerungen aufgrund des Durchfahrtsverbots für eine Teilmenge der Fahrzeugflotte durch das Gebiet der Umweltzone ergeben werden. So kann durch die veränderten (reduzierten) Verkehrsstärken in der Umweltzone und den damit ggf. besseren Reisezeiten die Attraktivität dieser Strecken für abgasarme Fahrzeuge deutlich ansteigen. Diese Zusammenhänge können nur mit einem Verkehrsmodell modelliert werden, wobei der Untersuchungsraum auch entsprechend groß gewählt werden muss, so dass alle Verkehrsverlagerungen realistisch abgebildet werden können.

5.3 Zusammenfassende Gegenüberstellung der emissionsseitigen Maßnahmenwirkungen

In Bild 5.2 sind die Wirkungen der Maßnahmen für den Hotspot (B10, Stuttgarter Straße) gegenüber dem Trendprognosefall 2010 bzw. 2012 für NO_x dargestellt.

Die Maßnahme „Durchfahrtsverbot für Lkw > 7,5 t“ liefert für den Hotspot Stuttgarter Straße im Jahr 2010 eine NO_x-Emissionsentlastung von ca. 71%.

Die Errichtung einer Umweltzone im Jahr 2010 liefert eine Reduktion der NO_x-Emissionen von knapp 12%. Im Prognosejahr 2012 reduzieren sich die NO_x-Emissionen durch die Umweltzone (Durchfahrtsverbot für alle Kfz der Schadstoffgruppen 1+2) um knapp 24%.

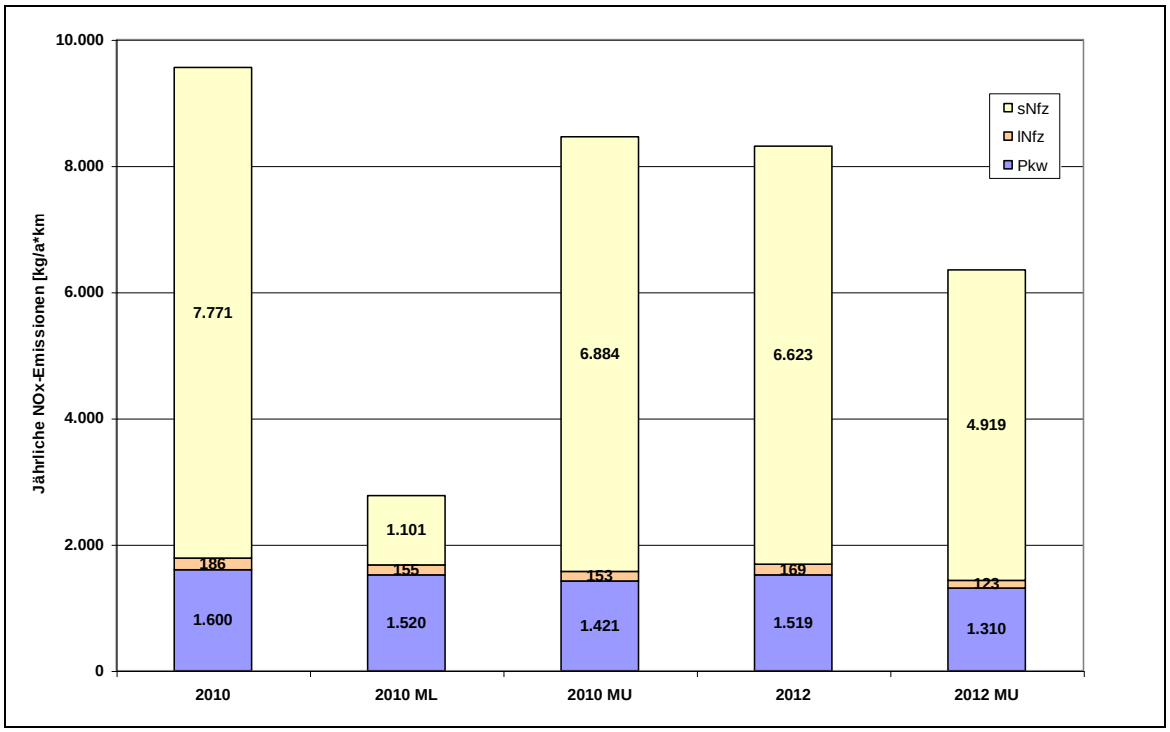

Bild 5.2: NO_x-Emissionen für den Hotspot (B10, Stuttgarter Straße), getrennt nach Fahrzeugarten für die Maßnahmen im Vergleich zur Trendprognose 2010 bzw. 2012

5.4 Abschätzung der gesamtstädtischen emissionsseitigen Maßnahmenwirkungen

Die in Kap. 5 dargestellten Maßnahmen zeigen nicht nur am betrachteten Hotspot (B10, Stuttgarter Straße), sondern auch in der näheren und weiteren Umgebung Wirkungen. Um diesen Effekt, soweit möglich quantitativ, zumindest aber qualitativ zu bewerten, wurden zusätzlich pauschale Abschätzungen der gesamtstädtischen Maßnahmenwirkungen durchgeführt.

Als Datengrundlage zur Abschätzung der gesamten innerörtlichen Fahrleistung und NO_X-Emissionen standen die Daten für das Bezugsjahr 2002 zur Verfügung, die im Rahmen der Erstellung des Luftreinhalteplans ermittelt worden waren /UMEG 2005/ und die auch Ausgangspunkt für die Emissionsberechnungen für den Hotspot (vgl. Kap. 5) darstellten.

Analog zu dem Vorgehen für den Hotspot wurden diese Daten auf die Trendprognose 2010 und 2012 aktualisiert. Emissionsberechnungen wurden sowohl für die Trendprognose als auch für die betrachteten Maßnahmefälle durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Berechnungen bilden die Grundlage für die im folgenden dargestellten Abschätzungen der gesamtstädtischen Maßnahmenwirkungen.

Durchfahrtssperrung für Lkw > 7,5 t auf der B10

Das Durchfahrtsverbot für Lkw > 7,5 t auf der B10 bewirkt für den Hotspot Stuttgarter Straße eine deutliche Reduktion der NO_X-Emissionen (vgl. Kap. 5.1). Die von dem Verbot betroffenen schweren Nutzfahrzeuge werden eine Alternativroute suchen, die vermutlich eher großräumig um Mühlacker führt (A8). So werden für das Stadtgebiet Mühlacker keine zusätzlichen Verkehre erwartet und die gesamtstädtische Maßnahmenwirkung besteht in der Reduktion der NO_X-Emissionen auf der B10. Bezogen auf den Hotspot waren NO_X-Emissionsreduktionen von 71% (Maximalabschätzung) ermittelt worden, bezogen auf die gesamten innerstädtischen NO_X-Emissionen liegt die Reduktion noch bei 43%, da die auf der B10 erbrachte Fahrleistung mit einem Anteil von fast 30% die gesamte innerstädtische Fahrleistung in Mühlacker (und mit einen Anteil von ca. 60% die gesamten innerörtlichen NO_X-Emissionen) dominiert.

Zu berücksichtigen ist bei dieser Betrachtung, dass die Maximalwirkung der Maßnahme Lkw-Sperrung B10 berechnet wurde (vgl. Kap. 5.1) und damit auch die hier abgeschätzte gesamtstädtische Wirkung als eine Maximalabschätzung zu bewerten ist.

Umweltzone 2010 und 2012

Das Gebiet der Umweltzone für Mühlacker wurde so definiert, dass ein Teilstück der B10 (Bereich Stuttgarter Straße) am südlichen Rand der Umweltzone in diese einbezogen ist, es aber die Möglichkeit einer lokalen Umfahrung gibt.

So können die Fahrzeuge, die auf der B10 durch Mühlacker fahren würden, aber nicht durch die Umweltzone fahren dürfen, über die nördlich des Innenstadtgebiets führende Route über Ziegeleistraße / Industriestraße / Osttangente und dann östlich von Mühlacker wieder auf die B10 fahren (vgl. Kap. 5.2). Geht man davon aus, dass die Streckenlänge der Alternativroute etwa gleich der entlang der B10 ist, dann liegen (bei ähnlichem Verkehrsablauf) auch die NO_X-Emissionen der Fahrzeuge für beide Routen in einer ähnlichen Größenordnung. So ergibt sich bei einer gesamtstädtischen Betrachtung keine Veränderung der Höhe der NO_X-Emissionen, sie werden aber räumlich anders verteilt freigesetzt mit Entlastungen in dem sensiblen Bereich B10 Stuttgarter Straße. Weiterhin besteht die Möglichkeit, dass ein Teil der vom Verbot betroffenen Fahrzeuge Mühlacker großräumig umfährt (A8) und damit die Belastungen sich reduzieren können.

Das Zentrum der Innenstadt von Mühlacker liegt in der Umweltzone, d.h. alle Fahrzeuge, die die Innenstadt anfahren oder durchfahren wollen und vom Verbot betroffen sind, müssen außerhalb der Umweltzone abgestellt werden bzw. die Umweltzone umfahren.

Um die Wirkung der Maßnahme auf die NO_X-Emissionen abzuschätzen, sind in Tab. 5.6 die Anteilswerte der NO_X-Emissionen auf Konzeptebene für den Trend 2010 und 2012 für das innerstädtische Gebiet Mühlacker angegeben.

Tab 5.6 Fahrzeugkonzepte und deren Anteil an den NO_X-Emissionen, differenziert nach Fahrzeugarten, Trendprognose 2010 und 2012, Stadtgebiet Mühlacker

NOX		Diesel						Otto	
	FZ_Art	DsE1	DsE2	DsE3	DsE4	DsE5	DsvE1	Gkat	Konv
2010	LNFZ	8,8%	17,4%	22,7%	37,3%		3,9%	9,7%	0,1%
	PKW	2,8%	4,6%	17,1%	35,5%		1,7%	32,6%	5,6%
	SNFZ	3,5%	21,6%	37,4%	18,3%	14,8%	4,4%		
	KFZ	3,4%	17,1%	31,8%	23,1%	10,7%	3,7%	8,7%	1,5%
2012	LNFZ	6,9%	13,4%	19,4%	49,9%		1,8%	8,6%	0,0%
	PKW	2,2%	3,6%	13,4%	47,3%		1,4%	27,6%	4,5%
	SNFZ	2,9%	17,3%	31,6%	17,5%	29,3%	1,5%	0,0%	
	KFZ	2,8%	13,4%	26,3%	26,3%	20,5%	1,4%	7,9%	1,3%

Geht man im Sinne einer Maximalabschätzung davon aus, dass sich die Fahrleistung in der Umweltzone um den Anteil der vom Verbot betroffenen Fahrzeuge reduziert, dann kann die Reduktion der NO_X-Emissionen über die entsprechenden Konzeptanteile in Tab. 5.6 abgeschätzt werden, d.h. für 2010 ergibt sich eine Reduktion von ca. 9% (Konzepte DsvE1, DsE1, Otto konv) und 2012 von ca. 19% (Konzepte DsvE1, DsE1, DsE2, Otto konv) der NO_X-Emissionen in der Umweltzone.

Geht man davon aus, dass die vom Durchfahrtsverbot durch die Umweltzone betroffenen Fahrten zum Teil entfallen und zum Teil durch Umfahrung der Umweltzone durchgeführt werden und sich dadurch insgesamt keine gravierende Veränderung der Gesamtfahrleistung und Verkehrablaufbedingungen ergeben, dann ergibt sich gesamtstädtisch auch keine Veränderung der NO_X-Emissionen, sehr wohl aber eine räumliche Umverteilung.

In Realität wird die Maßnahmenwirkung in der Umweltzone auch noch davon beeinflusst, dass sich komplexe Verkehrsverlagerungen ergeben werden, die dazu führen können, dass die Fahrleistung in der Umweltzone sich nicht so deutlich reduziert wie in der Maximalabschätzung angenommen. Zudem können auch aufgrund von erzwungenen Umwegen außerhalb der Umweltzone erhöhte Fahrleistungen und damit Emissionen auftreten. Schwierig ist auch die Prognose, in wieweit sich die Ausweisung von Umweltzonen auf eine Beschleunigung der Fahrzeugflottenumwandlung hin zu emissionsärmeren Fahrzeugen auswirken wird, so dass sich auch bei gleichbleibender Fahrleistung die Emissionen reduzieren würden.

6 Immissionsberechnung

In diesem Kapitel wird die Vorgehensweise für die Immissionsermittlung am so genannten Hot Spot in der Stuttgarter Straße für die Trendprognosen (Prognosejahre 2010 und 2012) sowie die einzelnen Maßnahmen in den Prognosejahren 2010 und 2012 beschrieben.

6.1 Das Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM

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 5.01 (Dez. 2004) 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, ε-Modell eingesetzt.

Vergleiche mit Messergebnissen aus Windkanälen zeigen, dass die Um- und Überströmung von Gebäuden und Gebäudekomplexen, die Ausbildung von Rückströmzonen, der Frontwirbelbereich etc. mit MISKAM realistisch abgebildet werden können /RÖCKLE 1995; Rau, 2000/.

Der Vergleich von Immissionsmessungen in bebauten Gebieten mit den mit MISKAM gerechneten Immissionskonzentrationen zeigt eine gute Übereinstimmung /ZENGER; WEIßENMEIER 2001/.

6.2 Modellvorgaben

Für das Untersuchungsgebiet B10 (Stuttgarter Straße) wurde eine Größe von ca. 450 m in Ost-West-Richtung und 240 m in Nord-Süd-Richtung gewählt. Im Mittenbereich liegt die Messstelle an der B10, an der in den Jahren 2002 und 2003 Überschreitungen des NO_2-Jahresmittelwertes festgestellt wurden. Das Untersuchungsgebiet ist in Bild 6.1 dargestellt.

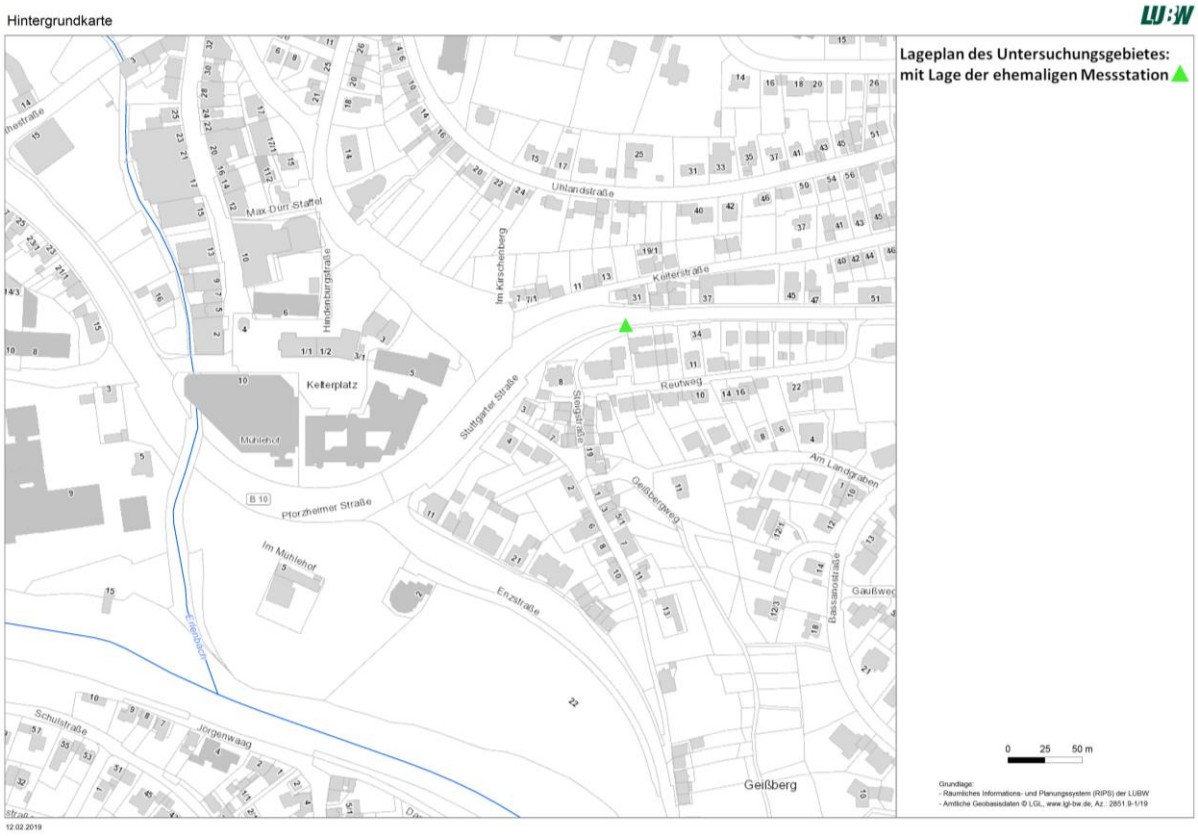

Bild 6.1: Lageplan des Untersuchungsgebietes B10, Mühlacker. Topografische Karte und Luftbilder, Umwelt-Daten und Karten online (UDO), Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de .

Das in MISKAM gewählte Rechengebiet hat im Bereich des Straßenraumes der B10 eine horizontale Gitterauflösung von 1,0 m quer zur Straßenachse und 2,0 m in Längsrichtung. Die feine Auflösung in Querrichtung ist erforderlich, um die Turbulenzstrukturen korrekt abzubilden. In Querrichtung nehmen die Maschenweiten bis zum Rand des Rechengebietes kontinuierlich zu. In der Vertikalen beträgt die Gittermaschenweite bis in 2,0 m Höhe 0,4 m. Damit ist die Definition der Kfz-Emissionen in einer mittleren Höhe von 0,6 m und die Ermittlung der Immissionskonzentrationen in der mittleren Standardhöhe von 1,5 m möglich. Bis zum oberen Modellrand, der mit der 4,5-fachen Höhe des höchsten Gebäudes im Modellgebiet festgesetzt wurde, um eine Beeinflussung des Modelloberrandes durch das höchste Gebäude des Untersuchungsgebietes weitgehend auszuschließen, erfolgt eine kontinuierliche Spreizung des Gitters. Die für die Modellrechnungen benötigten Gebäudestrukturen und Gebäudehöhen wurden auf der Basis von Lageplänen, die von der Stadt Mühlacker zur Verfügung gestellt wurden, sowie im Rahmen einer intensiven Ortsbegehung ermittelt.

Die Kfz-Emissionen der zu betrachtenden Straßen wurden im numerischen Modell richtungsfein als Linienquellen vorgegeben. Neben den Emissionen der B10 wurden innerhalb

des Untersuchungsgebietes die nach Norden abgehende Hindenburgstraße und die nach Süden abgehende Enzstraße betrachtet. Bei den weiteren Straßen innerhalb des Untersuchungsgebietes handelt es sich um schwach befahrene Nebenstraßen, deren Emissionen keinen maßgeblichen Einfluss auf die Immissionsbelastung im Bereich des hier interessierenden Abschnitts der B10 haben.

6.3 Umfang der Berechnungen

Die Berechnung der Immissionsbelastung durch die Kfz-Emissionen wurde für 12 Windrichtungen bei einer Referenzgeschwindigkeit durchgeführt. Die Konzentrationswerte bei anderen Windgeschwindigkeiten lassen sich unter der Annahme berechnen, dass sie in erster Nährung 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 eher auf der sicheren Seite.

6.4 Bestimmung statistischer Kenngrößen für NO_2

Die 22. BImSchV, deren Grenzwerte für die Immissionsbeurteilung relevant sind, gibt für NO_2 Immissionsgrenzwerte für den Jahresmittelwert und für den Kurzzeitwert (Mittelungszeit 1 Stunde) an. Der Kurzzeitwert darf maximal 18-mal im Kalenderjahr überschritten werden (entspricht einem 99,8%-Wert). Die Berechnung des Kurzzeitwertes ist mit dem hier eingesetzten Berechnungsverfahren MISKAM, auch wenn es dem Stand der Technik entspricht, nicht mit der nötigen Genauigkeit möglich. Dies belegen Vergleiche zwischen berechneten und gemessenen Kurzzeitwerten. Gründe für die zum Teil großen Abweichungen sind unter anderem:

- Bei niedrigen Anströmgeschwindigkeiten bildet sich vor allem in dicht bebauten Gebieten unterhalb des mittleren Dachniveaus ein Strömungs- und Ausbreitungsfeld aus, das, sowohl was die Windgeschwindigkeit als auch die Windrichtung anbelangt, weitgehend vom Überdachwind abgekoppelt ist. Diffuse Prozesse werden in dieser Phase gleichbedeutend mit advektiven Prozessen.
- Bei niedrigen Anströmgeschwindigkeiten gewinnen thermische Einflüsse und gegebenenfalls der Einfluss der verkehrserzeugten Turbulenz zunehmend an Einfluss; diese komplexen Einflüsse sind bis heute noch nicht sicher quantifizierbar und werden mit gängigen numerischen Modellen noch nicht angemessen berücksichtigt.

- Die Umwandlung des emittierten NO_x zu NO_2 ist ein komplexer chemischer Prozess, der vor allem für die schnelle Umwandlung innerhalb bebauter Gebiete noch nicht hinreichend genau bekannt ist. Während zur Bestimmung der Jahresmittelwerte empirische Verfahren, die auf der Basis von Messungen abgeleitet wurden, näherungsweise befriedigende Ergebnise liefern, ist die Umwandlung von Kurzzeitwerten noch nicht hinreichend erforscht.

Während bei statistischen Kenngrößen (NO_2-Jahresmittelwerte und 98%-Werte) eine befriedigende Übereinstimmung zwischen Rechnung und Messung erzielt werden kann, ist die Übereinstimmung aus oben genannten Gründen bei Kurzzeitwerten nicht ausreichend gut. Eine Möglichkeit, dieses Problem zu umgehen, ist die Ableitung des Kurzzeitwertes für NO_2 aus NO_2- 98%-Werten, basierend auf der Auswertung umfangreicher Messungen. Dies ist das zur Zeit gängige Verfahren /Lohmeyer et al., 2000/. Danach ist eine Unterschreitung des 99,8%-Wertes mit hoher Wahrscheinlichkeit sichergestellt, wenn der 98%-Wert der Gesamtbelastung für NO_2 einen Wert von ca. 130 µg/m³ im Jahre 2010 unterschreitet. Analysiert man die NO_2-Messdaten, die an Verkehrsmessstationen in Baden-Württemberg in den Jahren 2000 bis 2005 ermittelt wurden (Freiburg, Karlsruhe, Mannheim, Leonberg, Stuttgart, Ulm), stellt man fest, dass lediglich im Jahre 2003 in Stuttgart und Mannheim der 1-h-Grenzwert von 200 µg/m³ mehr als die zulässigen 18-mal (23 bzw. 22-mal) überschritten wurde sowie im Jahre 2005 in Freiburg 21-mal. Dies zeigt, dass die maximal zulässigen 18 Überschreitungen des Kurzzeitwertes offensichtlich selbst an verkehrsreichen Straßen mit hoher Emissionsbelastung bereits heute fast sicher eingehalten werden können. Bis zum Jahr 2010 dürfte - gleichbleibende Verkehrsbelastung vorausgesetzt - die Einhaltung des 99,8%-Wertes für NO_2 kein Thema mehr sein. Aus diesem Grund wird im vorliegenden Gutachten auf eine Abschätzung des 99,8%-Wertes für NO_2 verzichtet.

Im Folgenden wird die Vorgehensweise für die Ermittlung des NO_2-Jahresmittelwertes beschrieben.

6.4.1 Windstatistik

Für die Bestimmung des Jahresmittelwertes wird eine für den Untersuchungsort 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.

Für Mühlacker liegen folgende Winddaten vor:

- DWD-Messungen im Bereich der Kläranlage,
- Messungen von Kachelmann und
- synthetisch berechnete Windstatistiken.

Die DWD-Station liegt im Bereich der Kläranlage, ca. 3,5 km nordöstlich des Standortes Stuttgarter Straße. Daten dieser Station liegen aus dem Zeitraum 1995 bis 2004 vor.

Die Kachelmann-Station liegt ca. 1,3 km nord-nordöstlich des Standortes. Daten dieser Station wurden von der Stadt Mühlacker (Stadtwerke Mühlacker) für den Zeitraum 2003 bis 2004 zur Verfügung gestellt.

Bei den synthetischen Daten handelt es sich um Windstatistiken, die zurzeit von der ARGE IB Rau/METCON Umweltmeteorologische Beratung im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg in einem Raster von 500 x 500 m² für das ganze Land Baden-Württemberg erstellt werden. Die synthetischen Windstatistiken geben von ihrem Charakter her eher die langjährigen, mittleren Windverhältnisse wieder. Die dem Standort nächstgelegene synthetische Windstatistik befindet sich in einer Entfernung von 1,4 km ost-nordöstlich an der B10.

In Bild 6.2 sind die relativen Häufigkeiten für die einzelnen Windrichtungssektoren (in 30°-Schritten) für alle drei Windstatistiken dargestellt. Alle drei Windstatistiken zeigen eine ähnliche Verteilung, und zwar das Hauptmaximum für westliche Windrichtungen. Das sekundäre Maximum liegt bei der DWD-Statistik bei ost-südöstlichen Windrichtungen, bei der synthetischen Windstatistik bei östlichen und bei der Kachelmannstation bei östlichen bis ost-nordöstlichen Windrichtungen. Die synthetische Windrichtung hat eine höhere Häufigkeit bei westlichen Winden als die DWD- und die Kachelmann-Station. Vergleicht man die mittlere Windgeschwindigkeit der drei Statistiken miteinander, dann liegt die DWD-Statistik mit 2,1 m/s am niedrigsten, die synthetische Windstatistik mit 2,5 m/s am höchsten (Kachelmann-Station 2,3 m/s). Betrachtet man das Gelände im Nahbereich der DWD-Station, dann wird deutlich, dass die Ost-Südostkomponente auf den Einfluss des nach Südost abgehenden Lienzinger Tals zurückzuführen ist. Des Weiteren ist auch die Nordkomponente der DWD-Statistik auf topographisch bedingte Lokalwindsysteme zurückzuführen. Die synthetische Windstatistik und die Kachelmannstation sind dagegen von lokaler Topographie eher unbeeinflusst und geben die Verhältnisse für das Stadtgebiet von Mühlacker wieder. Im Rahmen dieser Untersuchung wird die synthetisch berechnete Windstatistik gewählt. Diese berechnete Windstatistik ist frei von lokalen Einflüssen, spiegelt aber die großräumigen, topographischen und vor allem die mittleren langjährigen Verhältnisse am besten wieder. Die Windrose ist in Bild 6.3 dargestellt.

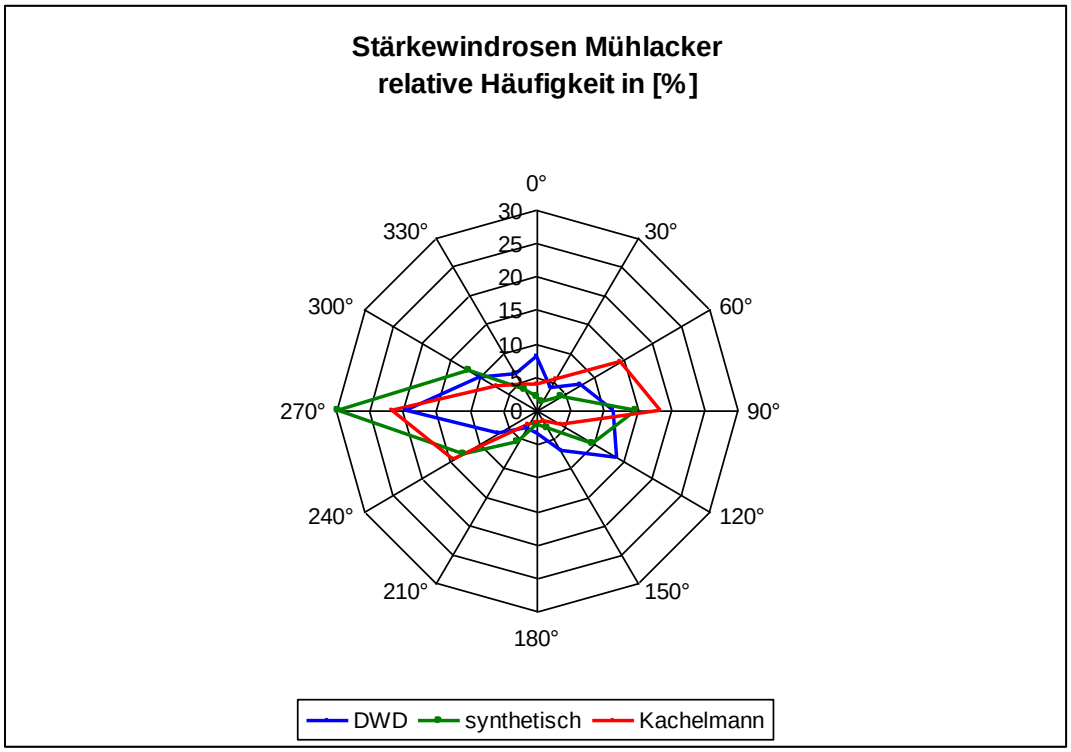

Bild 6.2: Vergleich der drei für Mühlacker vorliegenden Stärkewindrosen.

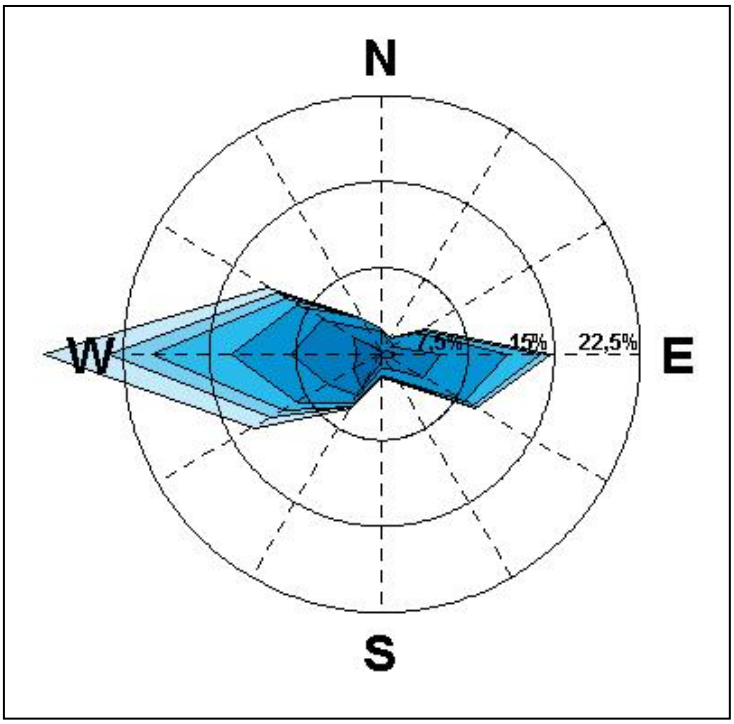

Bild 6.3: Synthetische Windstatistik für das Untersuchungsgebiet in Mühlacker.

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 Mühlacker selbst ist keine Messstation vorhanden, die charakteristische Werte für den städtischen Hintergrund liefert. Die nächstgelegene Messstation ist die Station Pforzheim-Mitte. An dieser Station wurden in den Jahren 2002 bis 2005 NO_2-Jahresmittelwerte zwischen 30 und 32 µg/m³ gemessen. Allerdings sind die Messwerte an der Station Pforzheim-Mitte durch eine nahe gelegene, stark befahrene Straße beeinflusst. Das Hintergrundniveau für den Zeitraum 2002 bis 2005 schätzen wir auf Grund der Erfahrung in anderen Städten für Pforzheim auf etwa 28 µg/m³. Das Immissionsniveau der Vorbelastung in Mühlacker dürfte niedriger liegen als in Pforzheim. Im Luftreinhalte-/Aktionsplan des RP Karlsruhe wird das NO_2-Hintergrundsniveau in Mühlacker mit 25 µg/m³ bzw. 27 µg/m³ in den Jahren 2002 und 2003 angegeben. An diese Werte lehnen wir uns an. Ausgehend von einem NO_2-Hintergrundniveau in Mühlacker von ca. 26 µg/m³ in den Jahren 2002 bis 2005 ist in den hier zu betrachtenden Prognosejahren 2010 und 2012 ein Vorbelastungswert von ca. 23 µg/m³ zu erwarten. Die Abschätzung erfolgte in Anlehnung an die in /MLUS 2002/ gegebenen gebietstypischen Reduktionsfaktoren für Vorbelastungswerte.

6.4.3 Bestimmung der Gesamtbelastung

Mit den charakteristischen Werten für die Vorbelastung werden durch Überlagerung mit den berechneten Zusatzbelastungswerten die statistischen Kenngrößen (Jahresmittelwerte für 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 NO_2 bestimmt und beurteilt werden muss, muss bei der Berechnung der statistischen Kenngrößen für NO_2 die NO-NO_2-Konversion berücksichtigt werden. Die chemische Umwandlung von NO_x nach NO_2 ist äußerst komplex und von einer Reihe von Parametern wie UV-Strahlung, Ozonwert und 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 der Jahresmittelwerte mittels empirischer Modelle /ROMBERG 1996/, die den NO-NO_2-Umwandlungsgrad als Funktion der NO_x-Gesamtimmission beschreiben, zu bestimmen. Diese empirischen Beziehungen wurden aus Messdaten Mitte der 90er Jahre abgeleitet. Es ist mittlerweile bekannt,

dass sich emissionsseitig das NO-NO_2-Verhältnis verändert hat und vermutlich im Zuge von 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 NO_x-Immissionen, nicht aber bei den NO_2-Immissionen gezeigt haben. Diese Verschiebung zu einer höheren NO_2-Emission wird auch Auswirkungen auf die Umwandlung von NO_x zu NO_2 haben. Wie sich die Umwandlung zukünftig ändern wird, ist allerdings zum jetzigen Zeitpunkt nicht vorherzusagen. Für diese Untersuchung kam das empirische Verfahren nach Romberg für die Umwandlung der NO_x-Werte zu NO_2-Werte zum Einsatz.

In Bild 6.4 ist beispielhaft für die Jahresmittelwerte einiger Verkehrsmessstationen in Deutschland der aus Messungen abgeleitete Umwandlungsgrad dem rechnerischen nach Romberg (durchgezogene Linie) gegenübergestellt. Dabei ist zu sehen, dass teilweise die aus Messungen abgeleitete Umwandlung exakt durch die empirische Gleichung wiedergegeben wird.

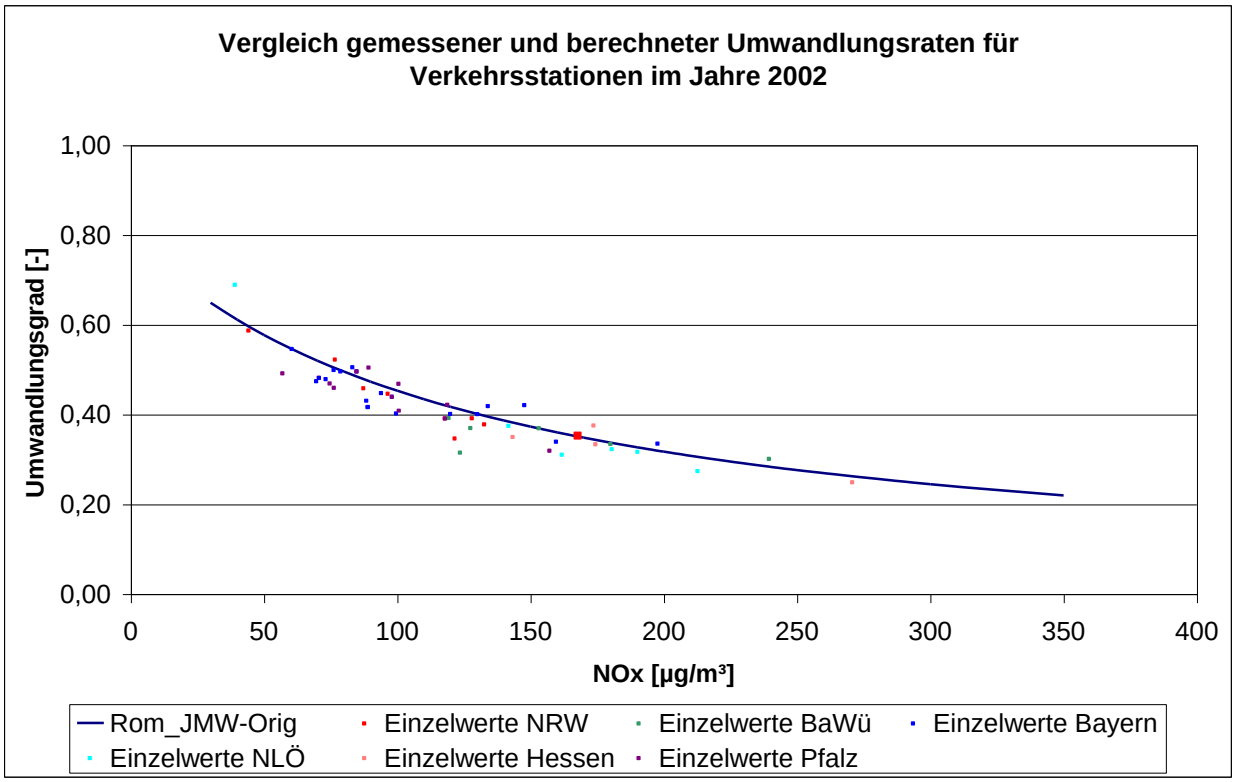

Bild 6.4: NO_2-NO_x-Umwandlungsrate in Abhängigkeit des NO_x-Jahresmittelwertes für mehrere Verkehrsstationen in Deutschland

7 Ergebnisse und Bewertung der Immissionsberechnungen

7.1 Beurteilungsgrundlagen

Für die Beurteilung der berechneten NO_2-Jahresmittelwerte der Immissionskonzentrationen wird der Grenzwert der 22. BImSchV herangezogen. Die ab 2010 gültigen Grenzwerte für NO_2 (Jahresmittelwert und Kurzzeitwert) sind in der folgenden Tabelle 7.1 zusammengestellt.

Tab 7.1 Lufthygienische Grenzwerte der (22.BImSchV) für NO2

Luftschadstoff	Immissionswert	Statistische Definition	Zeitpunkt, bis zu dem der Grenzwert Gültigkeit hat bzw. bis zu dem er zu erreichen ist
NO_2	40 µg/m³ 200 µg/m³	Jahresmittelwert (Kalenderjahr) 1 Stunde; 200 µg/m³ dürfen bis zu 18-mal im Kalenderjahr überschritten werden	gültig ab 01.01.2010 gültig ab 01.01.2010

7.2 Immissionskonzentrationen an der B10 für die Trendszenarien und die Maßnahmen

Die flächig berechneten Jahresmittelwerte der Gesamtbelastung in 1,5 m Höhe für NO_2 sind in den Bildern 7.1 bis 7.5 für die Trendprognosen 2010 und 2012 sowie die Maßnahmen Durchgangsverbot für LKW > 7,5 t (LKW-Verbot), Errichtung einer Umweltzone 2010 und Errichtung einer Umweltzone 2012 dargestellt.

7.2.1 Trendprognose 2010

Bei der Trendprognose 2010 wird emissionsseitig lediglich die Entwicklung des Fahrzeugbestandes und der Fahrleistung bis zum Jahr 2010 berücksichtigt.

Die immissionsseitig zu erwartende Auswirkung zeigt Bild 7.1. Entlang der B10 innerhalb des Untersuchungsgebietes sind zum Teil deutliche Überschreitungen des ab 2010 einzuhaltenden Grenzwertes für den Jahresmittelwert von NO_2 von 40 µg/m³ zu erwarten. Vor allem stadtauswärts auf der Nordseite der B10 sind im gebäudenahen Bereich mehr als 58 µg/m³

zu erwarten. Auf der Südseite sind die Wohngebäude östlich der Einmündung der Hindenburgstraße ein wenig von der Stuttgarter Straße abgesetzt. Dort wird im gebäudenahen Bereich der Grenzwert eingehalten. Auf der Südseite der Stuttgarter Straße stadtauswärts liegen die Konzentrationen in einem Bereich von 40 bis ca. 49 µg/m³. Der Grenzwert wird ebenfalls auf der Nordseite zwischen Einmündung Hindenburgstraße und Enzstraße erreicht bzw. überschritten.

7.2.2 Maßnahme Umweltzone 2010

Die Maßnahme Umweltzone 2010 bedeutet ein Fahrverbot für alle Kfz ab 2010 ohne Plakette (Schadstoffgruppe 1). Der Ausgrenzung liegt die in Tab. 5.2 gegebene KennzeichnungsVO zugrunde. Emissionsseitig wurde eine Maximalabschätzung der Maßnahmenwirkung durch Ausgrenzung aller betroffenen Fahrzeugarten für den Hotspot auf der Grundlage der Daten in Tab. 5.3 durchgeführt. Die immissionsseitige Auswirkung dieser Maßnahme ist in Bild 7.2 dargestellt. Gegenüber der Trendprognose 2010 ist eine leichte Verbesserung festzustellen. Auf der Südseite der Stuttgarter Straße wird der Grenzwert nur noch vereinzelt erreicht bzw. geringfügig überschritten. Auf der Nordseite, östlich der Hindenburgstraße, ist nach wie vor mit hohen Jahresmittelwerten im Bereich von 55 bis 58 µg/m³ zu rechnen mit abnehmender Tendenz stadtauswärts (Immissionskonzentrationen bei 46 bis 52 µg/m³).

7.2.3 Maßnahme Sperrung B10 für LKW > 7,5 t

Bei dieser Maßnahme wurde emissionsseitig, wie in Kapitel 5.2 beschrieben, eine Maximalabschätzung vorgenommen. Immissionsseitig wirkt sich diese Maßnahme, wie aufgrund der Emissionsberechnung schon zu erwarten war, äußerst positiv aus. Das Bild 7.3 zeigt, dass innerhalb des Untersuchungsgebietes im Gebäudenahbereich keine Grenzwertüberschreitungen mehr zu erwarten sind.

7.2.4 Trendprognose 2012

Bei der Trendprognose 2012 wird emissionsseitig wie schon bei der Trendprognose 2010 die Entwicklung des Fahrzeugbestandes und der Fahrleistung bis zum Jahr 2012 berücksichtigt. Die Ergebnisse in Bild 7.4 zeigen Immissionskonzentrationen zwischen 55 und 58 µg/m³ auf der Nordseite der Stuttgarter Straße, östlich der Hindenburgstraße, sowie zwischen 49 und 52 µg/m³ im weiteren Verlauf stadtauswärts. Auf der Südseite der Stuttgarter Straße liegen die zu erwartenden Immissionskonzentrationen zwischen 40 und 43 µg/m³. Insgesamt gesehen ist die Immissionssituation der Trendprognose 2012 vergleichbar mit der Maßnahme Umweltzone für das Bezugsjahr 2010.

7.2.5 Maßnahme Umweltzone 2012

Die Maßnahme Umweltzone 2012 bedeutet ein Fahrverbot ab 2010 für alle Kfz der Schadstoffgruppe 1+2. Der Ausgrenzung liegt wieder die in Tab. 5.2 gegebene KennzeichnungsVO zugrunde. Emissionsseitig wurde auch für das Jahr 2012 eine Maximalabschätzung der Maßnahmenwirkung durch Ausgrenzung aller betroffenen Fahrzeugarten für den Hotspot auf der Grundlage der Daten in Tab. 5.3 durchgeführt. Die immissionsseitige Auswirkung dieser Maßnahme ist in Bild 7.5 dargestellt. Gegenüber der Trendprognose 2012 bringt die Einrichtung einer Umweltzone im Bezugsjahr 2012 eine deutliche Entlastung. Die Immissionskonzentrationen auf der Nordseite der Stuttgarter Straße gehen zurück auf 49 bis 52 µg/m³ sowie auf 40 und 43 µg/m³ im weiteren Verlauf stadtauswärts. Dies bedeutet allerdings immer noch eine deutliche Überschreitung des Grenzwertes. Auf der Südseite wird der Grenzwert nur noch lokal erreicht bzw. geringfügig überschritten.

7.3 Zusammenfassende Gegenüberstellung der immissionsseitigen Maßnahmenwirkungen

In Tab. 7.2 sind die Wirkungen der Maßnahmen am Messpunkt Stuttgarter Straße den Trendprognosefällen 2010 bzw. 2012 und den Messwerten der Jahre 2002 und 2003 für NO_2 gegenübergestellt. Der Messpunkt Stuttgarter Straße befand sich im Gehwegbereich vor dem zurückversetzten Gebäude Stuttgarter Straße Nr. 8 (siehe Bild 6.1).

Tab. 7.2: Gemessene und berechnete Immissionsgesamtbelastung von NO_2 im Bereich der Messstelle an der Stuttgarter Straße

	Messwerte			Maßnahme 2010			Maßnahme 2012
	2002	2003	Trend 10	LKW-Sperrung	U-Zone	Trend 12	U-Zone
NO_2-Jahresmittelwert [µg/m³]	57	70	51	34	49	48	44
Reduktion gegenüber Trend 2010	-	-	-	33%	4%	6%	14%

Die Maßnahme „Durchfahrtsverbot für Lkw > 7,5 t“ liefert für den Hotspot (Messpunkt Stuttgarter Straße) im Jahr 2010 eine Immissionsentlastung im Jahresmittel von ca. 33%. Der Grenzwert von 40 µg/m³ wird im Bereich des Hotspots bei Realisierung dieser Maßnahme eingehalten.

Die Errichtung einer Umweltzone im Jahr 2010 liefert eine Reduktion der NO_2-Immissionen von knapp 4%. Im Prognosejahr 2012 reduzieren sich die NO_x-Immissionen durch die Um-

weltzone (Durchfahrtsverbot für alle Kfz der Schadstoffgruppen 1+2) um etwa 14%. Bei der Maßnahme Umweltzone kann für beide Prognosejahre im Bereich des Hotspots der Grenzwert nicht eingehalten werden.

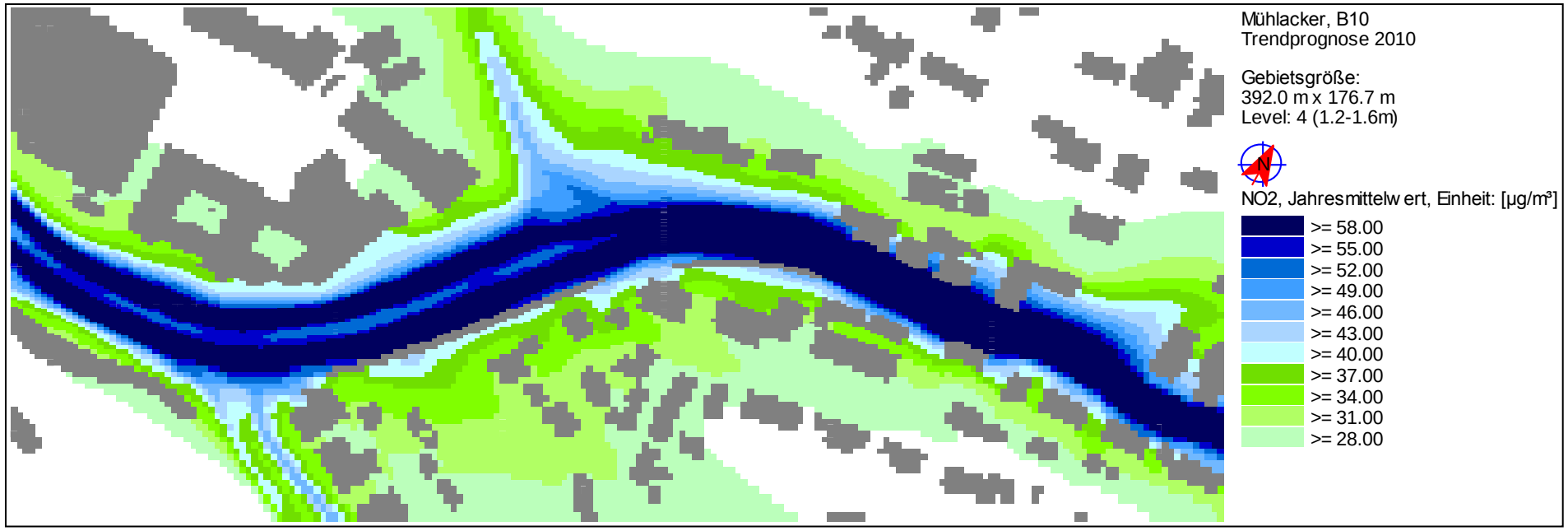

Bild 7.1: NO2-Jahresmittelwerte im Untersuchungsgebiet Stuttgarter Straße, Mühlacker, für die Trendprognose 2010

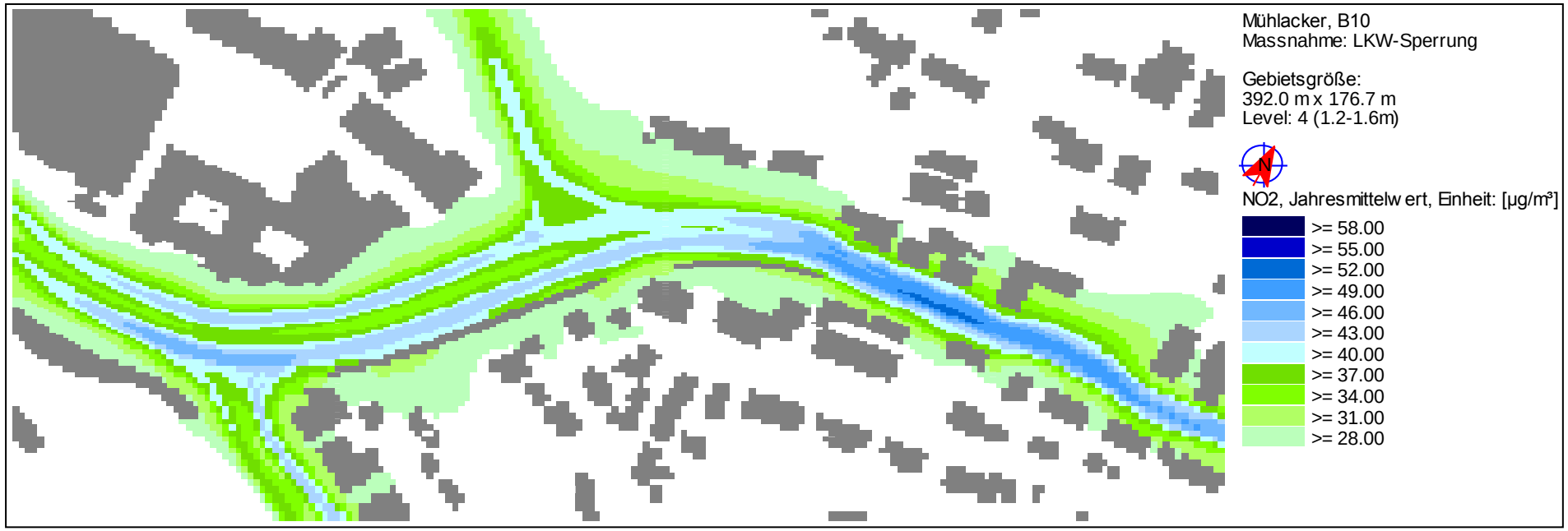

Bild 7.2: NO2-Jahresmittelwerte im Untersuchungsgebiet Stuttgarter Straße, Mühlacker: Maßnahme LKW-Sperrung

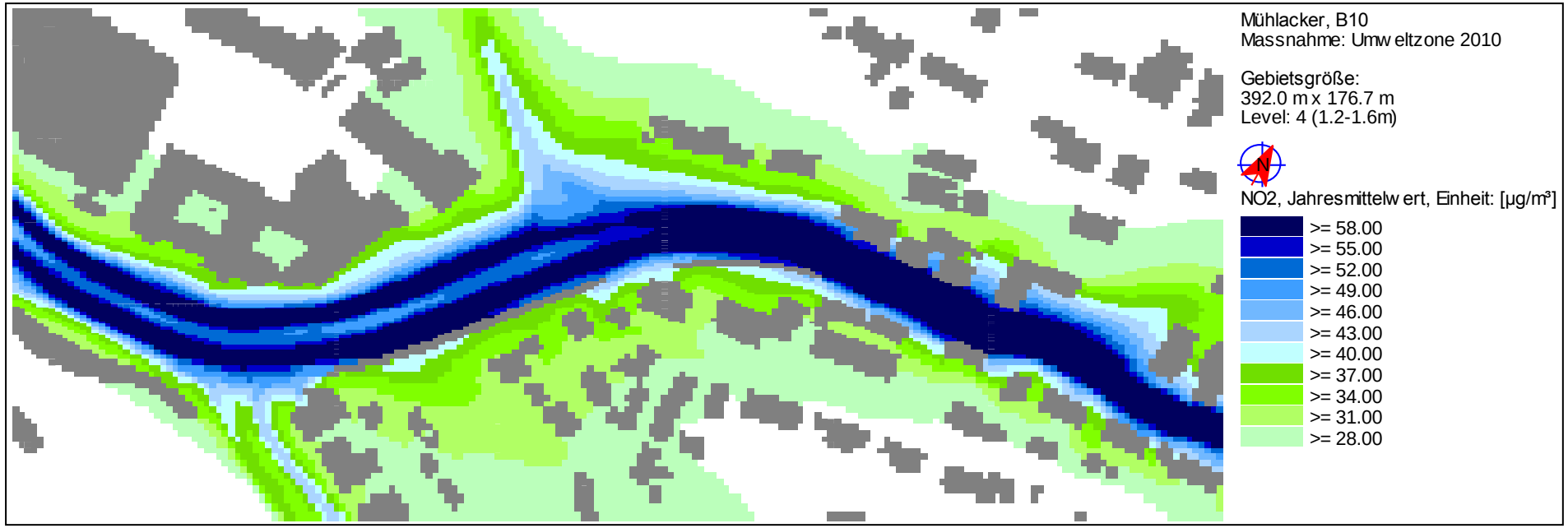

Bild 7.3: NO2-Jahresmittelwerte im Untersuchungsgebiet Stuttgarter Straße, Mühlacker: Maßnahme Umweltzone 2010

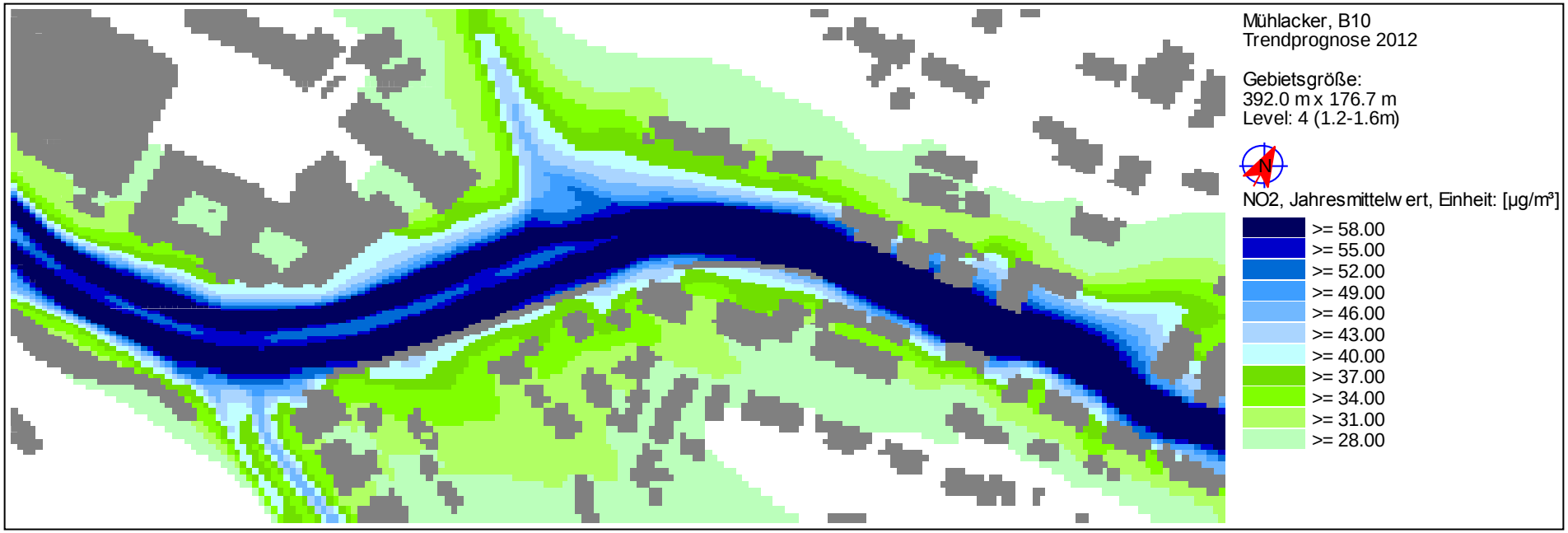

Bild 7.4: NO2-Jahresmittelwerte im Untersuchungsgebiet Stuttgarter Straße, Mühlacker: Trendprognose 2012

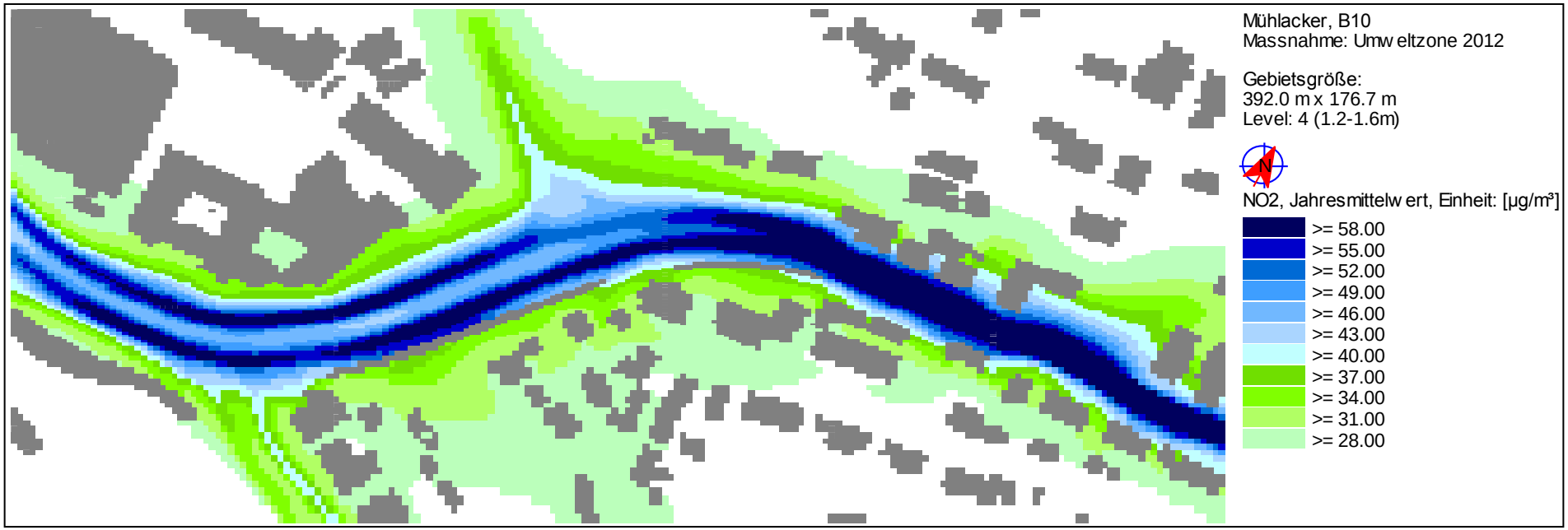

Bild 7.5: NO2-Jahresmittelwerte im Untersuchungsgebiet Stuttgarter Straße, Mühlacker: Maßnahme Umweltzone 2012

8 Literaturverzeichnis

BAST 2001
Lensing N. et al., Vereinfachtes Hochrechnungsverfahren für Außerorts- Straßen-verkehrszählungen, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V84, Bergisch Gladbach, Juni 2001

BMV 1993
Bundesminister für Verkehr (Hrsg.), Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen, Bewertungsverfahren für den Bundesverkehrswegeplan 1992, Schriftenreihe des Bundesministers für Verkehr, Heft 72

EICHHORN 1989
Entwicklung und Anwendung eines dreidimensionalen mikroskaligen Stadtklima-Modells. Diss. Meteorol. Inst. Univ. Mainz

EPA 2001
European Environment Agency, Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP-42, Fifth Edition, Volume I: *Stationary Point and Area Sources*
www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13

IM BW 2005
Innenministerium Baden-Württemberg, Automatische Straßenverkehrszählungen in Baden Württemberg unter: http://www.rp-tuebingen.de/servlet/PB/menu/1158238/index.html

INFRAS 1999
Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 1.2, Bern, 1999

INFRAS 2004
Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 2.1, Bern, 2004

LENSING 2003
Programm DTMG für Windows zum Auswerten, Hochrechnen und Visualisieren von Verkehrsdaten aus Kurz- und Langzeitzählungen, Büro für angewandte Statistik, Aachen, 2003

LOHMEYER 2000
Vorschlag für eine Ermittlung des Kurzzeitwertes für NO_2 (99,8%), in: Umwelt-Kommunale ökologische Briefe Nr. 01, 05.01.2000.

MLUS 2002
Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen ohne und mit lockerer Randbebauung. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln. Ausgabe 2002, geänderte Fassung 2005.

RAU, 2000
Vergleich berechneter (MISKAM) und gemessener (Windkanal) Wind- und Konzentrationsfelder für ein U-Gebäude. Projekt im Auftrag des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen; unveröffentlicht

RÖCKLE 1995
Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen. PEF-Projekt "Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung". Bericht FZKA-PEF 136.

ROMBERG 1996
NO--Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für KFZ-Abgase. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 56, pp. 215-218.

REG.PRÄSID KARLSRUHE 2001
Regierungspräsidium Karlsruhe, B 294 Westtangente Pforzheim, Aktualisierung der Verkehrsprognose, März 2001

REG.PRÄSID KARLSRUHE 2005
Regierungspräsidium Karlsruhe, Luftreinhalte-/Aktionsplan für den Regierungsbezirk Karlsruhe, Teilplan Mühlacker, Karlsruhe, 2005

STADT MÜHLACKER 2005
Datenlieferung der Stadt Mühlacker zu Verkehrsdaten im Gebiet, erhalten am 18.11.2005

UBA 1994
Umweltbundesamt (Hrsg.), Abgasemissionsfaktoren vom Pkw in der Bundesrepublik Deutschland, Abschlussbericht, UBA-FB-91-042, Berlin, 1994

UMEG 2005
Zentrums für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit (UMEG): Datenlieferung zur Aktualisierung des Landesweiten Emissionskatasters Verkehr für Baden-Württemberg vom 28.10.2005, Karlsruhe 2005

ZENGER; WEIßENMEIER 2001
Validierung mikroskaliger atmosphärischer Ausbreitungsmodelle. Immissionsschutz, Heft 3, 2001.

Anhang

Grundlagen zur Berechnung der Emissionen

Die Abgas-Emissionsberechnung erfolgt, allgemein formuliert, auf der Grundlage stündlicher Verkehrsstärken und den zugehörigen mittleren Geschwindigkeiten oder charakteristischen Verkehrssituationen. Verknüpft werden diese mit den geschwindigkeits-/verkehrssituations-abhängigen Emissionsfaktoren.

Im Gegensatz zum Innerortsbereich sind auf Außerortsstrecken und Autobahnen die Übergänge zwischen den Verkehrssituationen stetig, so dass hier die Emissionsmodellierung auf der Basis von Geschwindigkeitsganglinien erfolgen kann, da davon auszugehen ist, dass auch die übrigen Verkehrsablaufparameter (i. W. Beschleunigung/Verzögerung) aufgrund der stetigen Übergänge eng mit der mittleren Geschwindigkeit korreliert sind. Die aktuellen Emissionsfaktoren werden entsprechend der aktuellen mittleren Geschwindigkeit aus den vorliegenden Emissionsfaktoren interpoliert.

Innerorts wird das Fahrverhalten durch vielfältige Störeinflüsse, wie Lichtsignalanlagen, enge Knotenabstände oder dichte Bebauung, beeinflusst. Hier sind i. d. R. keine stetigen Übergänge wie im Außerortsbereich anzutreffen. Vielmehr sind durch die gegebenen baulichen und verkehrstechnischen Randbedingungen eher diskrete Verkehrszustände die Regel. Diese werden hier besser durch sogen. Fahrmuster mit ihren spezifischen Beschleunigungs- und Verzögerungsanteilen bzw. die Verkehrssituationen als Fahrmustermixe abgebildet. Daher werden der Emissionsberechnung im Innerortsbereich überwiegend verkehrssituations-abhängige Emissionsfaktoren zugrunde gelegt. Die zugehörigen Verkehrszustände/Fahrmuster können sowohl räumlich (von Abschnitt zu Abschnitt) als auch zeitlich (im Tagesgang) stark variieren.

Die Verkehrssituationen im Innerortsbereich werden durch eine Hauptverkehrssituation und den Störungsgrad (gering, mittel, stark, ‚stop&go') beschrieben. Die Ermittlung der Hauptverkehrssituation erfolgt überwiegend über die Straßensituation und die verkehrstechnischen Kenngrößen (Funktion der Straße, Ausbauzustand, Vorfahrtsberechtigung, Lichtsignalanlage, Koordinierung, etc.). Zur Ermittlung des Störungsgrades bietet sich als Leistungsfähigkeitskenngröße die ‚Kapazität' der Straße an. Sofern Angaben darüber nicht bekannt sind, kann eine relativ grobe Ermittlung der Kapazität über die Streckencharakterisierung (z. B. Streckentypisierung nach Stolz /BMV 1993/) erfolgen.

In Tab. sind die Beschreibungen der Verkehrssituationen für Innerortsstraßen nach /INFRAS 1999, INFRAS 2004/ angegeben.

Tab. I: Beschreibung der Verkehrssituationen innerorts nach /INFRAS 1999, INFRAS 2004/

Innerorts:		mittl. Pkw-Geschw. in km/h	FM-Mix Pkw *
IO_HVS>50_1	Hauptverkehrsstraße, Tempolimit > 50, geringe Störung	58,4	D7
IO_HVS>50_2	Hauptverkehrsstraße, Tempolimit > 50, mittlere Störung	48,0	0,85*D5 + 0,15*D7
IO_HVS>50_3	Hauptverkehrsstraße, Tempolimit > 50, starke Störung	37,7	0,6*D3 + 0,4*D7
IO_HVS1	Ortsdurchfahrt, vorfahrtberechtigt, ohne Störung	58,4	D7
IO_HVS2	Hauptverkehrsstraße, vorfahrtberechtigt, geringe Störung	46,2	D5
IO_HVS3	Hauptverkehrsstraße, vorfahrtberechtigt, mittlere Störung	39,1	0,5*D3 + 0,5*D5
IO_HVS4	Hauptverkehrsstraße, vorfahrtberechtigt, starke Störung	32,0	D3
IO_LSA1	Hauptverkehrsstraße, mit Lichtsignalanlage, geringe Störung	39,1	0,5*D3 + 0,5*D5
IO_LSA2	Hauptverkehrsstraße, mit Lichtsignalanlage, mittlere Störung	28,0	0,33*D2 + 0,67*D3
IO_LSA3	Hauptverkehrsstraße, mit Lichtsignalanlage, starke Störung	23,9	0,67*D2 + 0,33*D3
IO_Kern	Innerortsstraße im Stadtkern	19,9	D2
IO_Nebenstr_dicht	Nebenstraßen, geschlossene Bebauung	18,6	D1
IO_Nebenstr_locker	Nebenstraßen, locker bebaut	32,0	D3
IO_‘stop & go‘	Innerortsstraßen, ‘stop & go‘	5,3	STGOio

* ausgewiesen sind hier die Fahrmustermixe für PKW für die Ebene

Ist die Leistungsfähigkeit (q_{stau}) eines Streckenabschnitts erreicht (aktuelle stündliche Verkehrsmenge erreicht die Kapazität), treten Stausituationen im Verkehrsablauf auf und die Verkehrssituation ‚stop&go innerorts’ charakterisiert diesen Verkehrszustand. Zwischen diesem Verkehrszustand und dem Zustand frei fließender Verkehr (d. h. ohne Störungseinflüsse) treten i. Allg. in Abhängigkeit der äußeren Rahmenbedingungen vor Ort mehrere diskrete Zwischenstufen auf. Diese komplexen Zusammenhänge, die z. B. durch aufwendige Messfahrten genauer erfasst werden können, müssen annäherungsweise durch eine Klassifizierung beschrieben werden (Störungsgrad gering, mittel, groß, ‚stop&go’).

Insbesondere für Innerortsstrecken wird bei der Emissionsberechnung berücksichtigt, dass sich noch ein Teil der Fahrzeuge auf dem Streckenabschnitt in der Kaltstartphase befindet, d. h. seit dem Start erst eine Fahrstrecke <5 km zurückgelegt hat und sich die spezifischen

Abgas-Emissionen zum Teil deutlich von den Emissionen des betriebswarmen Motors unterscheiden. Entsprechend der Außentemperatur werden die Emissionsfaktoren mit Kaltstartzuschlag, die für die drei Temperaturbereiche -10°C, +5°C und +20°C vorliegen, durch lineare Interpolation errechnet.

Nach der beschriebenen Methodik wurden die Abgas-Emissionen berechnet. Grundsätzlich folgen diese Emissionsberechnungen der VDI-Richtlinie 3782 Blatt 7[2] (Kfz-Emissionsbestimmung).

[2] VDI 3782 Blatt 7, Umweltmeteorologie, Kfz-Emissionsbestimmung, Luftbeimengungen, November 2003