

# Bericht

## Untersuchungen zur Auswirkung von verkehrsbezogenen Maßnahmen auf die Luftqualität in ausgewählten Städten in Baden-Württemberg

hier: Urbach Tempo 30

# **Untersuchungen zur Auswirkung von verkehrsbezogenen Maßnahmen auf die Luftqualität in ausgewählten Städten in Baden-Württemberg**

**hier: Urbach, Tempo 30**

## **Abschlussbericht April 2011**

**(rps2010t30)**

### **Bearbeitung:**

Federführung: AVISO  
Dipl.-Ing. Arnold Niederau  
Dr.-Ing. Christiane Schneider  
Dr. rer. nat. Nicola Toenges-Schuller  
Dipl.-Umw. Torsten Greis  
Michael Nacken

PHEM-Berechnungen: TU Graz  
Prof. Dr. Stefan Hausberger  
Dipl.-Ing. Raphael Luz

Immissionsberechnungen: Ingenieurbüro Rau  
Dipl.-Ing. Matthias Rau

**Aachen, April 2011**

**Im Auftrag des Regierungspräsidium Stuttgart Abteilung Umwelt, Baden-Württemberg**

**AVISO GmbH**

Am Hasselholz 15  
52074 Aachen  
Fon: +49 (0) 241 / 470358-0  
Fax: +49 (0) 241 / 470358-9

E-Mail: [info@avisogmbh.de](mailto:info@avisogmbh.de)  
<http://www.avisogmbh.de>



# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis.....	II
Tabellenverzeichnis.....	IV
1 Einleitung .....	1
2 Messfahrten .....	2
2.1 Die Messstrecke .....	2
2.2 Auswertung der Fahrten .....	3
2.3 Verkehrliche Grundlagedaten .....	7
2.4 Auswertung der dynamischen Fahrtparameter .....	8
3 Emissionsberechnung.....	11
3.1 Modell PHEM.....	11
3.2 Mittlere Ganglinien der Emissionsfaktoren .....	11
3.3 Emissionsfaktoren NO <sub>x</sub> und PM10-Abgas .....	17
3.4 Gegenüberstellung der Emissionsfaktoren zu HBEFA3.1 .....	20
3.5 Jahresemissionen .....	22
4 Weitere Maßnahmen zur Verstetigung des Verkehrs .....	27
5 Grundlagen der Immissionsberechnung .....	32
5.1 Einleitung .....	32
5.2 Das Screeningmodell.....	32
5.3 Festlegung der Bebauungsstrukturen.....	33
5.4 Möglichkeiten und Grenzen des Screening-Modells.....	34
6 Berechnung statistischer Kenngrößen der Immissions-Gesamtbelastung .....	35
6.1 Ermittlung der Jahresmittelwerte .....	35
6.1.1 Windstatistik.....	35
6.1.2 Hintergrundbelastung .....	36
6.1.3 Bestimmung der Gesamtbelastung .....	36
6.1.4 Beurteilungsgrundlage.....	37
6.1.5 Berechnung von Kurzzeitwerten der Gesamtbelastung .....	38
7 Ergebnisse und Bewertung der Immissionsabschätzungen .....	40
Zusammenfassung.....	43
Literaturverzeichnis .....	45

## Abbildungsverzeichnis

Bild 2.1:	Lage der Messstrecke Ortsdurchfahrt Urbach .....	2
Bild 2.2:	Fotos entlang der Messstrecke, Lage: siehe Übersichtskarte in Bild 2.1 .....	3
Bild 2.3:	Fahrprofile der Messfahrten in Fahrtrichtung Osten: T50-Normalfahrt (blaue Linien) und T30-fiktiv (rote Linien), oben: Normalfahrten, unten: Lkw-Verfolgungsfahrten.. .....	5
Bild 2.4:	Fahrprofile der Messfahrten in Fahrtrichtung Westen: T50-Normalfahrt (blaue Linien) und T30-fiktiv (rote Linien), oben: Normalfahrten, unten: Lkw-Verfolgungsfahrten.. .....	6
Bild 2.5:	Jahresmittlere durchschnittliche Verkehrsstärken (DTV) für Kfz-gesamt und die schweren Nutzfahrzeuge (sNfz) im Untersuchungsgebiet Urbach .....	8
Bild 3.1:	Das Modell PHEM zur Erstellung der Basis-Emissionsfaktoren in HBEFA3.1, Quelle: TU Graz, 2010 .....	12
Bild 3.2:	Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO <sub>x</sub> - und PM10-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für <b>Pkw in Richtung Osten</b> ; die PM10-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht . .....	15
Bild 3.3:	Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO <sub>x</sub> - und PM10-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für <b>sNfz in Richtung Osten</b> ; die PM10-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht . .....	15
Bild 3.4:	Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO <sub>x</sub> - und PM10-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für <b>Pkw in Richtung Westen</b> ; die PM10-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht.....	16
Bild 3.5:	Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO <sub>x</sub> - und PM10-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für <b>sNfz in Richtung Westen</b> ; die PM10-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht.....	16
Bild 3.8:	Vergleich der warmen NO <sub>x</sub> -Emissionsfaktoren für die Verkehrssituation „Distributor 50 km/h“ mit unterschiedlichen Störungsgraden für 0% Steigung aus HBEFA3.1 mit den mittleren („warmen“) Emissionsfaktoren abgeleitet aus den Messfahrten für Pkw und sNfz für die Ortsdurchfahrt in Urbach.....	21
Bild 3.9:	Vergleich der warmen PM10 (Abgas)-Emissionsfaktoren für die Verkehrssituation „Distributor 50 km/h“ mit unterschiedlichen Störungsgraden (für 0% Steigung aus	

HBEFA3.1 mit den mittleren („warmen“) Emissionsfaktoren abgeleitet aus den Messfahrten für Pkw und sNfz für die Ortsdurchfahrt in Urbach .....	22
Bild 3.10: Jahresemission (oben: NO <sub>x</sub> , unten: PM10 (gesamt)) für die Ortsdurchfahrt Urbach, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (angenommener Befolgungsgrad: 100%, Abschnitt 1 bis 4 nach Tab. 2.1).....	26
Bild 4.1: Fahrprofile der nicht von LSA beeinflussten Messfahrten in <b>Fahrtrichtung Osten</b> : T50-Normalfahrt (blaue Linien) und T30-fiktiv (rote Linien), oben: Normalfahrten, unten: Lkw-Verfolgungsfahrten (Abschnitt 1 bis 4 nach Tab. 2.1) .....	28
Bild 4.2: Fahrprofile der nicht von LSA beeinflussten Messfahrten in <b>Fahrtrichtung Westen</b> : T50-Normalfahrt (blaue Linien) und T30-fiktiv (rote Linien), oben: Normalfahrten, unten: Lkw-Verfolgungsfahrten (Abschnitt 1 bis 4 nach Tab. 2.1).....	29
Bild 4.3 Jahresmissionen (oben: NO <sub>x</sub> , unten: PM10, inklusive Kaltstartzuschlägen sowie Aufwirbelung und Abrieb) für die Ortsdurchfahrt Urbach, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile für T50 und T30 jeweils auf Basis aller Fahrten (mit LSA) und auf Basis der von Ampeln unbeeinflussten Fahrten (ohne LSA).....	31
Bild 6.1: Typische Häufigkeitsverteilungen (% der Jahresstunden) der Windrichtungen (°) im Raum Urbach; Basis: synthetische Ausbreitungsklassenstatistiken .....	35
Bild 6.2: Die für die Immissionsbestimmung gewählte Häufigkeitsverteilung (% der Jahresstunden) der Windrichtungen (°) im Bereich Urbach; Basis: synthetische Ausbreitungsklassenstatistik .....	36
Bild 7.1 Zusammenstellung der für die betrachteten Straßenabschnitte und Szenarien berechneten maximal zu erwartenden Jahresmittelwerte für NO <sub>2</sub> in µg/m <sup>3</sup> sowie Änderungen gegenüber dem Basisfall T50 .....	41

## Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1:	Beschreibung der Teilabschnitte der Ortsdurchfahrt (von Westen nach Osten) ....	3
Tab. 2.2:	Anzahl der durchgeführten Messfahrten nach Art und Richtung.....	4
Tab. 2.3:	Jahresmittlere durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) und zugehörige Anteile der Fahrzeugarten.....	7
Tab. 2.4:	Mittlere Reisegeschwindigkeit und RPA pro Fahrtengruppe für die T50-Normalfahrten und die T30-Fahrten.....	9
Tab. 2.5:	Mittlere Reisegeschwindigkeit und RPA pro Fahrtengruppe für die T50-Normalfahrten und T30-Fahrten (Gesamtstrecke und Teilabschnitte Richtung Westen)	10
Tab. 3.1:	Flottenzusammensetzung auf Innerortsstraßen für Urbach für die Fahrzeuggruppen Pkw, Infz und sNfz im Bezugsjahr 2010.....	13
Tab. 3.2:	Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für <b>NO<sub>x</sub></b> in Fahrtrichtung <b>Osten</b> , abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 1 bis 4 nach Tab. 2.1) .....	18
Tab. 3.3:	Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für <b>NO<sub>x</sub></b> in Fahrtrichtung <b>Westen</b> , abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 1 bis 4 nach Tab. 2.1) .....	18
Tab. 3.4:	Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für <b>PM10 (Abgas)</b> in Fahrtrichtung <b>Osten</b> , abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 1 bis 4 nach Tab. 2.1).....	19
Tab. 3.5:	Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für <b>PM10 (Abgas)</b> in Fahrtrichtung <b>Westen</b> , abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 1 bis 4 nach Tab. 2.1).....	19
Tab. 3.6:	„Warme“ Emissionen (NO <sub>x</sub> und PM10, Abgas) für die Ortsdurchfahrt Urbach, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 1 bis 4 nach Tab. 2.1) .....	23
Tab. 3.7:	Zusammensetzung der Jahresemissionen (NO <sub>x</sub> und PM10) für die Ortsdurchfahrt Urbach, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile .....	24
Tab. 3.8:	Jahresemissionen (NO <sub>x</sub> und PM10 inklusive Kaltstartzuschlägen sowie Aufwirbelung und Abrieb), richtungsgetreunt für die Teilstrecken der Ortsdurchfahrt Urbach, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (angenommener Befolgungsgrad: 100%, Abschnitt 1 bis 4 nach Tab. 2.1).....	25

Tab. 4.1: Jahresmissionen (NO <sub>x</sub> und PM10, inklusive Kaltstartzuschlägen sowie Aufwirbelung und Abrieb) für die Ortsdurchfahrt Urbach, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile für T50 und T30 jeweils auf Basis aller Fahrten (mit LSA) und auf Basis der von Ampeln unbeeinflussten Fahrten (ohne LSA) sowie Änderungen gegenüber dem Normalfall T50 mit LSA .....	30
Tab. 6.1: Lufthygienische Grenzwerte der EU-Richtlinie (39. BImSchV) für die verkehrsrelevanten Luftschadstoffe NO <sub>2</sub> und PM10 .....	37
Tab. 7.1: Zusammenstellung der für die betrachteten Straßenabschnitte und Szenarien berechneten maximal zu erwartenden Jahresmittelwerte für NO <sub>2</sub> und PM10 in µg/m <sup>3</sup> sowie Änderungen gegenüber dem Basisfall T50.....	40

# 1 Einleitung

Für die Ortsdurchfahrt Urbach (Schorndorfer Straße und Hauptstraße) wird die Einführung einer Geschwindigkeitsbeschränkung von 30 km/h im Rahmen der Luftreinhalteplanung diskutiert.

Die Einführung einer Geschwindigkeitsbeschränkung innerorts von 30 km/h auch auf Hauptverkehrsstraßen (HVS) wird in jüngster Zeit immer wieder diskutiert, um Überschreitungssituationen von PM<sub>10</sub> und/oder NO<sub>2</sub> zu beheben oder zumindest zu entschärfen. Einer Pressemitteilung des Umweltbundesamtes war jüngst zu entnehmen, dass durch die Einführung von 30 km/h im Vergleich zu 50 km/h eine Verminderung bei PM<sub>10</sub> um 10 Überschreitungstage erreichbar sei. Diese Aussage gründet sich allerdings auf nur einen Feldversuch in Berlin (i.w. auf die Schildhornstraße). Aus früheren Jahren liegen einige wenige Untersuchungen zum Einfluss eines Tempolimits innerorts auf die Luftqualität vor, die in der Regel unter speziellen Randbedingungen durchgeführt wurden.

Ziel des vorliegenden Gutachtens ist es, für die spezielle Situation an der Ortsdurchfahrt in Urbach eine Aussage zum Einfluss eines Tempolimits T30 auf die PM<sub>10</sub>- und NO<sub>x</sub>-Emissions- und Immissionsbelastung abzuleiten.

Die zentrale Datenbasis zur Berechnung von Emissionen des Straßenverkehrs, das Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA3.1), enthält auch in der aktuellsten Version vom Februar 2010 keine Emissionsfaktoren, die die Situation T30 an Hauptverkehrsstraßen abbildet (sondern nur Emissionsfaktoren für Tempo30-Zonen mit Rechts-vor-Links-Regelung).

Es besteht aber die Möglichkeit mit Hilfe von Simulationsprogrammen Fahrprofile, die im realen Verkehr erhoben wurden (z.B. T50 und T30 "fiktiv"), emissionsseitig „nachzufahren“. Über ein solches Programm (PHEM) verfügt die TU Graz. Mit diesem Programm wurden auch wesentliche Datengrundlagen des HBEFA3.1 ermittelt.

Zur Ermittlung der Situation an der Ortsdurchfahrt Urbach wurden daher Messfahrten für „T50-Normalfahrt“ und „T30-fiktiv“ durchgeführt und basierend auf den erhobenen Fahrzyklen mit dem Modell PHEM die Abgasemissionen für diese Fahrprofile berechnet. Darüber hinaus wurden die Auswirkungen weiterer Maßnahmen zur Verkehrsverflüssigung auf die Emissionen untersucht.

Aufbauend auf den so bestimmten Emissionen wurden schließlich mit dem Screening-Modells ISIS Immissionsbelastungen entlang der zu untersuchenden Ortsdurchfahrt für T50, T30 sowie für den verstetigten Verkehrsfluss berechnet.

## 2 Messfahrten

Am 27.9.2010 wurden in Urbach in allen Tageszeitbereichen zwischen 6 Uhr morgens und 22 Uhr abends mit einem Pkw Messfahrten zur Bestimmung der Auswirkung einer Geschwindigkeitsbeschränkung auf 30 km/h entlang der Ortsdurchfahrt durchgeführt. Zusätzlich wurden manuelle Kurzzeitmessungen mit Differenzierung nach Fahrzeugarten durchgeführt und die Strecke mit Video und Digitalkamera erfasst und dokumentiert.

### 2.1 Die Messstrecke

Die untersuchte Messstrecke ist in Bild 2.1 dargestellt. Untersucht wurde der Bereich der Ortsdurchfahrt Urbach (Schorndorferstraße und Hauptstraße). Es existieren zwei Kreisverkehrsanlagen und drei Fußgängerbedarfsampeln (Lichtsignalanlagen, LSA) an der untersuchten Strecke.

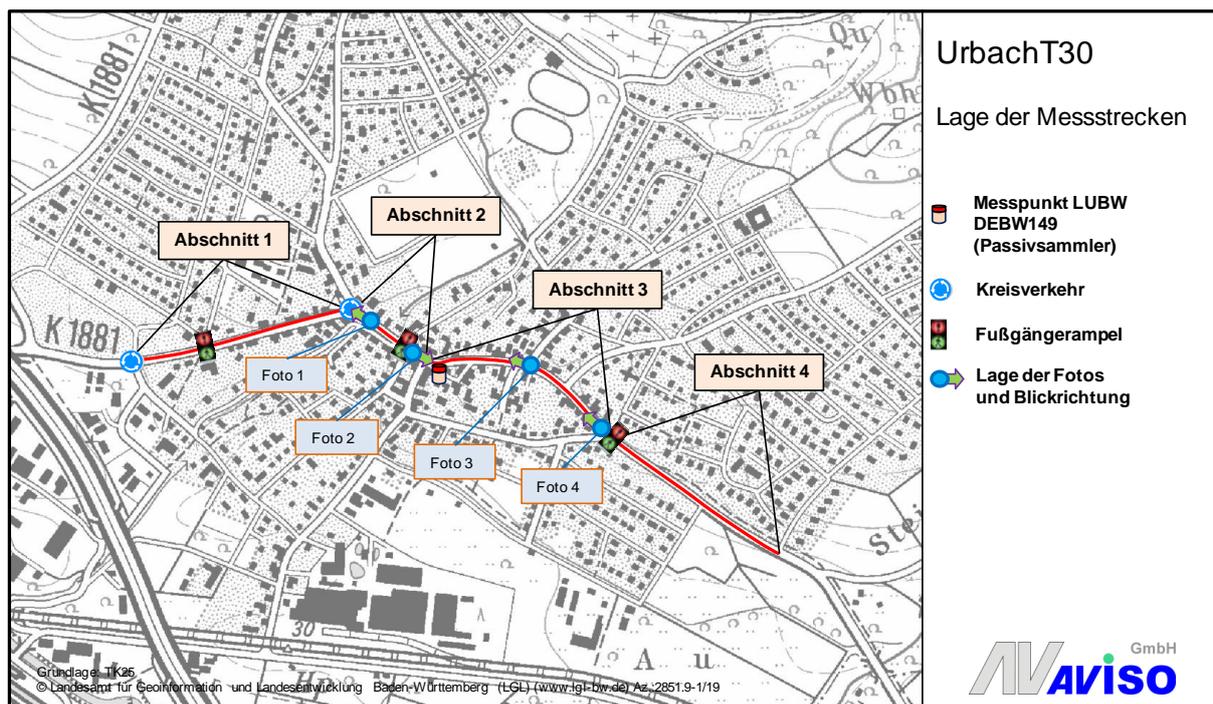


Bild 2.1: Lage der Messstrecke Ortsdurchfahrt Urbach

Für die Untersuchungen wurde die Ortsdurchfahrt in 4 Abschnitte unterteilt. Diese Teilabschnitte sind in Tab. 2.1 kurz beschrieben. Die Strecke verläuft überwiegend eben, Abschnitt 3 weist eine Steigung von 2% auf. Dieser Abschnitt enthält ebenfalls die Messstation für NO<sub>2</sub> und PM<sub>10</sub>. In Bild 2.2 sind Bilder aus den einzelnen Abschnitten dargestellt.

Tab. 2.1: Beschreibung der Teilabschnitte der Ortsdurchfahrt (von Westen nach Osten)

ID	Straße	Abschnitt	
		von	bis
1	Schorndorfer Straße	Kreisverkehr Neumühleweg (Ortseingang von Westen)	Kreisverkehr Mühlstraße
2	Hauptstraße	Kreisverkehr Mühlstraße	Konrad-Hornschuch-Straße
3	Hauptstraße	Konrad-Hornschuch-Straße	Maiergartenstraße
4	Hauptstraße	Maiergartenstraße	Ortsausgang Richtung Südosten



Bild 2.2: Fotos entlang der Messstrecke, Lage: siehe Übersichtskarte in Bild 2.1

## 2.2 Auswertung der Fahrten

Insgesamt wurden 136 Fahrten in allen Tageszeitbereichen zwischen 6 Uhr morgens und 22 Uhr abends mit einem Pkw durchgeführt. Es wurden dabei Pkw-Verfolgungsfahrten, Lkw-Verfolgungsfahrten und T30-fiktiv-Fahrten unterschieden. Die Anzahl der Fahrten ist in Tab.

2.2 dargestellt. Da in jeder Richtung nur eine geringe Zahl an Lkw-Verfolgungsfahrten durchgeführt werden konnte, wurden einzelne Pkw-Fahrten, die den Lkw-Verfolgungsfahrten ähnlich waren, noch einmal den Lkw-Fahrten zugeordnet, dadurch ergibt sich insgesamt eine Gesamtzahl von 144 ausgewerteten Fahrten. Bei der Durchführung der Fahrten wurde beachtet, die unterschiedlichen Möglichkeiten der Fahrtenbeziehungen am Anfangs- und Endknotenpunkt ausreichend abzudecken.

Die Daten zu Geschwindigkeit, Drehzahl und Uhrzeit wurden an der OBD2-Schnittstelle am Fahrzeug in hoher zeitlicher Auflösung (0,2 Sec-Takt) abgenommen. Zusätzlich wurden zeit-synchron mit einem GPS-Gerät die Zeit und die Koordinaten der Fahrstrecke erfasst. In Ergänzung wurde die Strecke mit einem GPS-Gerät zu Fuß abgelaufen, um die geografischen Informationen insbesondere auch zu Steigung/Gefälle im Verlaufe des untersuchten Streckenabschnittes ergänzend in hoher Auflösung zu dokumentieren.

Tab. 2.2: Anzahl der durchgeführten Messfahrten nach Art und Richtung

	alle Fahrten	ohne Beeinflussung durch LSA
Normalfahrt T50 Richtung Ost	37	16
Normalfahrt T50 Richtung West	38	21
T30 Richtung Ost	24	16
T30 Richtung West	24	14
Lkw-Verfolgungsfahrt Richtung Ost	10	7
Lkw-Verfolgungsfahrt Richtung West	11	5

In Bild 2.3 und Bild 2.4 sind die gemessenen Fahrprofile dargestellt. Es ist jeweils für alle Messfahrten die aktuelle Fahrgeschwindigkeit über die gefahrene Wegstrecke aufgetragen.

Insgesamt zeigt sich bei den Fahrprofilen in beide Fahrtrichtungen deutlich die Lage der Kreisverkehrsanlagen, da dort bei vielen Fahrten ein Abbremsen auf Stand erfolgte. Zusätzlich waren bei einigen Fahrten die Fußgängerbedarfs-LSA rot, auch dies ist entsprechend durch einen Rückgang der Geschwindigkeit zu erkennen. Wenn dieser Rückgang am Ort der LSA deutlich stärker ist als die ohnehin entlang einer Fahrt auftretenden Geschwindigkeitsschwankungen, dann wurde diese Fahrt als durch die LSA beeinflusst gerechnet. Die Anzahl der durch LSA unbeeinflussten Fahrten ist ebenfalls in Tab. 2.2 dargestellt.

Die Höchstgeschwindigkeit, die im Abschnitt erreicht wurde, liegt für die Pkw und Lkw bei der Normalfahrt T50 überwiegend im Bereich von 50-60 km/h, sowohl in Fahrtrichtung Osten als auch in Fahrtrichtung Westen. Die T30-Fahrten sind in den Diagrammen ebenfalls dargestellt (rote Linien) und zeigen insgesamt ein niedrigeres Geschwindigkeitsniveau.

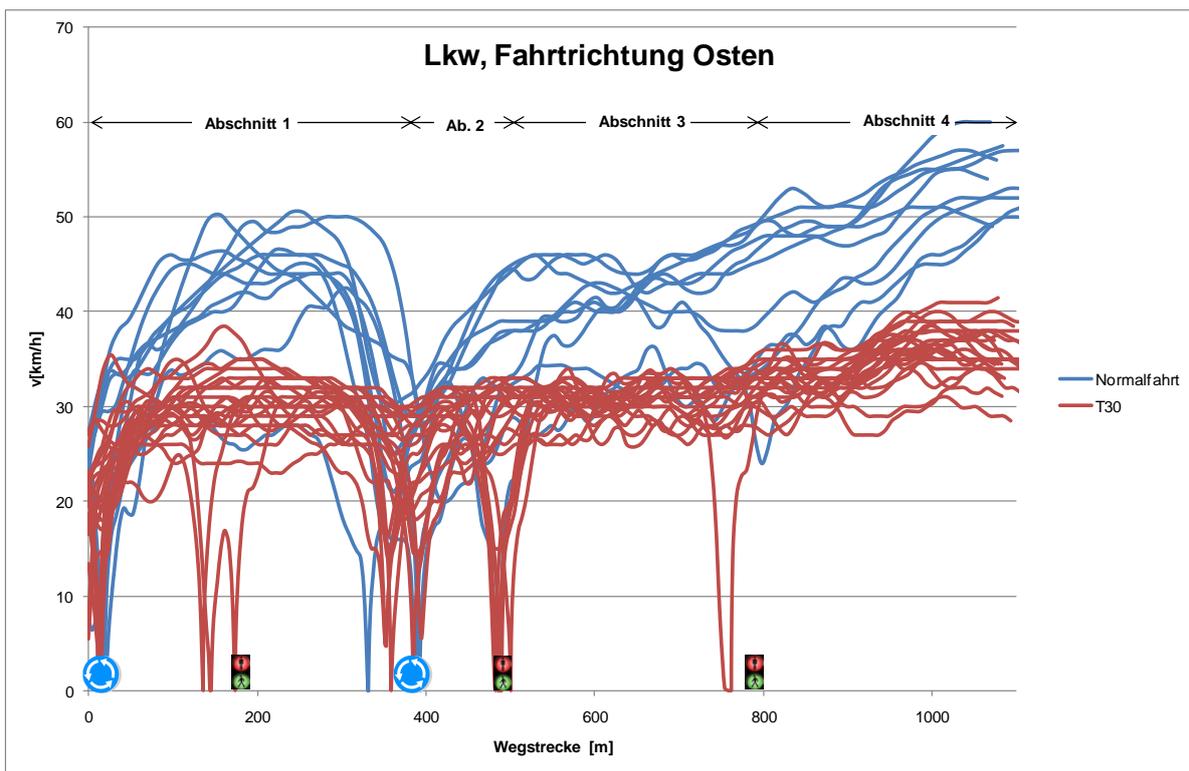
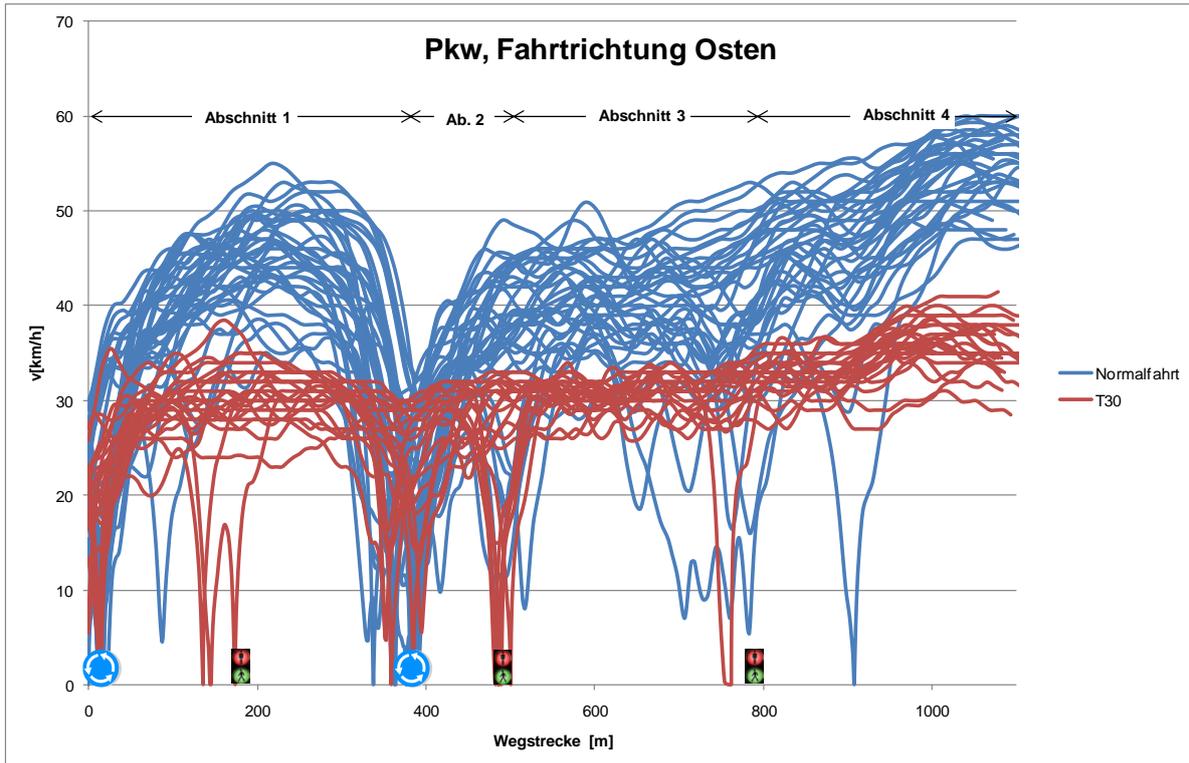


Bild 2.3: Fahrprofile der Messfahrten in Fahrtrichtung Osten: T50-Normalfahrt (blaue Linien) und T30-fiktiv (rote Linien), oben: Normalfahrten, unten: Lkw-Verfolgungsfahrten

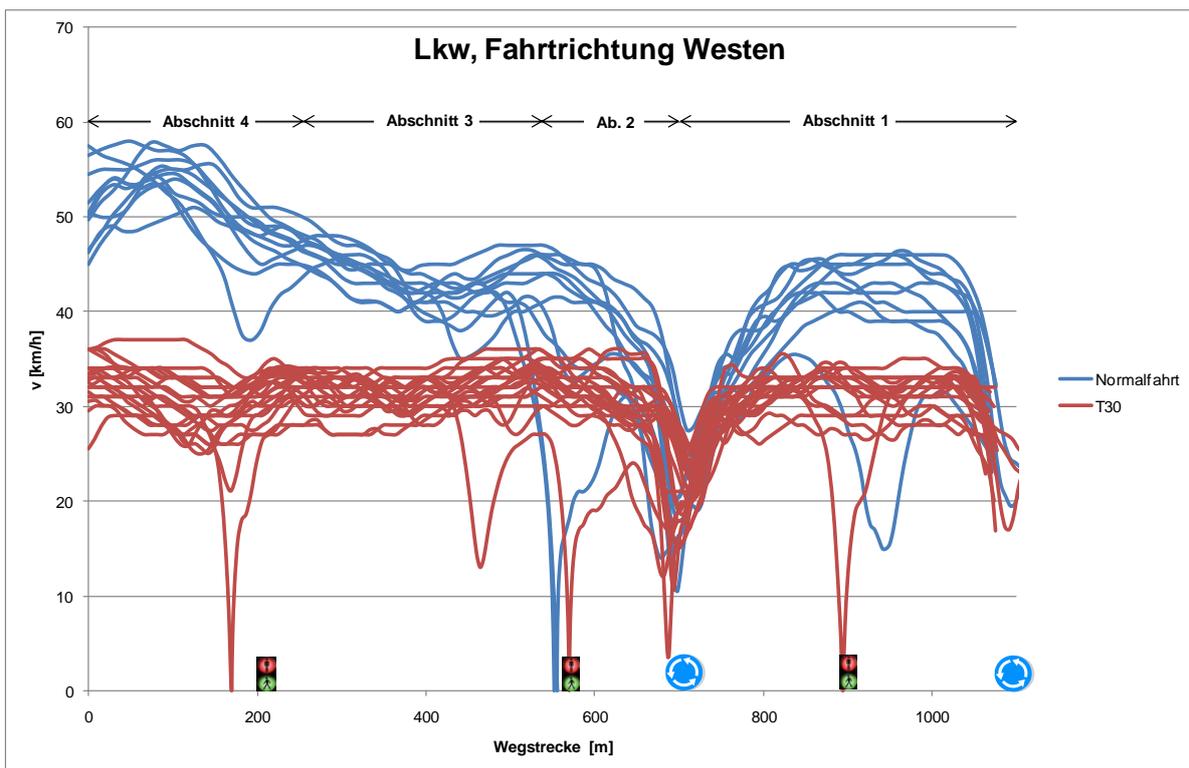
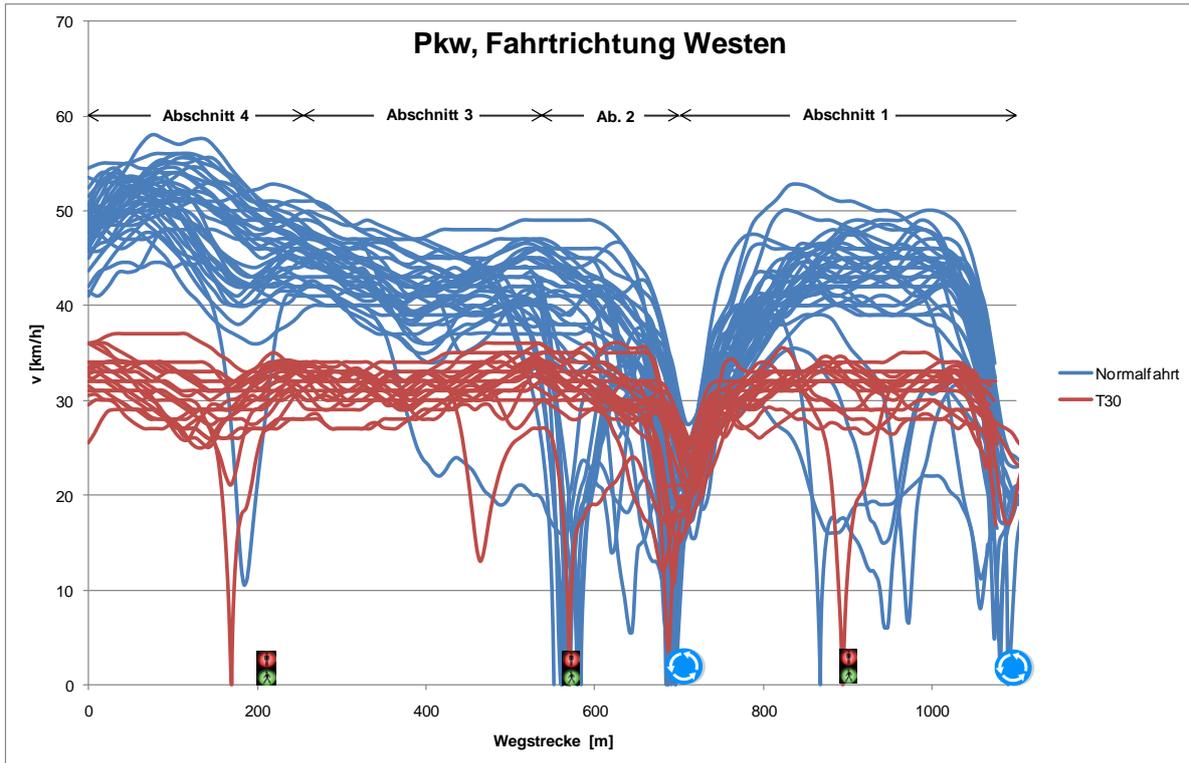


Bild 2.4: Fahrprofile der Messfahrten in Fahrtrichtung Westen: T50-Normalfahrt (blaue Linien) und T30-fiktiv (rote Linien), oben: Normalfahrten, unten: Lkw-Verfolgungsfahrten

## 2.3 Verkehrliche Grundlagedaten

Zusätzlich zu den Messfahrten wurden an vier Querschnitten entlang der Strecke manuelle Kurzzeitzählungen mit Differenzierung nach Fahrzeugarten durchgeführt und die Strecke mit Video und Digitalkamera erfasst und dokumentiert.

Die Zählungen wurden durchgeführt:

- in Abschnitt 1 an der Fußgänger-LSA,
- in Abschnitt 2 an der Fußgänger-LSA,
- in Abschnitt 3 („Höfle“) sowie
- in Abschnitt 4 (Ortsausgang).

Diese bildeten die Basis für die zur Hochrechnung der Emissionen benötigten verkehrlichen Grundlagedaten für Urbach. Als weitere Datenquellen wurden verwendet:

- Verkehrsdaten für Urbach aus dem landesweiten Emissionskataster Baden-Württemberg /AVISO 2009/, differenziert nach den Fahrzeugarten Pkw, leichte Nutzfahrzeuge (INfz), schwere Nutzfahrzeuge (sNfz) und Kräder.
- Ergebnisse einer Verkehrszählung der Stadt Urbach mit differenzierter Erfassung des Lkw-Verkehrs am 18.03.2010.

Die Daten der Verkehrszählungen wurden nach /LENSING 2003/ auf jahresmittlere Werte hochgerechnet und sind in Tab. 2.3 angegeben.

Tab. 2.3: Jahresmittlere durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) und zugehörige Anteile der Fahrzeugarten

Kfz/ 24h	Krad	Pkw	INfz	sNfz	Kfz
Abschnitt 1	164 1,6%	9.668 93,1%	312 3,0%	238 2,3%	10.382 100,0%
Abschnitt 2	284 1,8%	14.860 94,1%	432 2,7%	216 1,4%	15.792 100,0%
Abschnitt 3	220 1,9%	10.272 90,5%	528 4,7%	334 2,9%	11.354 100,0%
Abschnitt 4	196 1,8%	9.576 90,1%	624 5,9%	236 2,2%	10.632 100,0%

In Bild 2.5 sind die jahresmittleren Verkehrsstärken (DTV) für Kfz und schwere Nutzfahrzeuge (sNfz) nochmals grafisch dargestellt. Die Verkehrsstärken liegen in dem betrachteten Gebiet im Bereich von 10.000 – 16.000 Kfz/24h, der Anteil der schweren Nutzfahrzeuge im Mittel bei 2,2%.

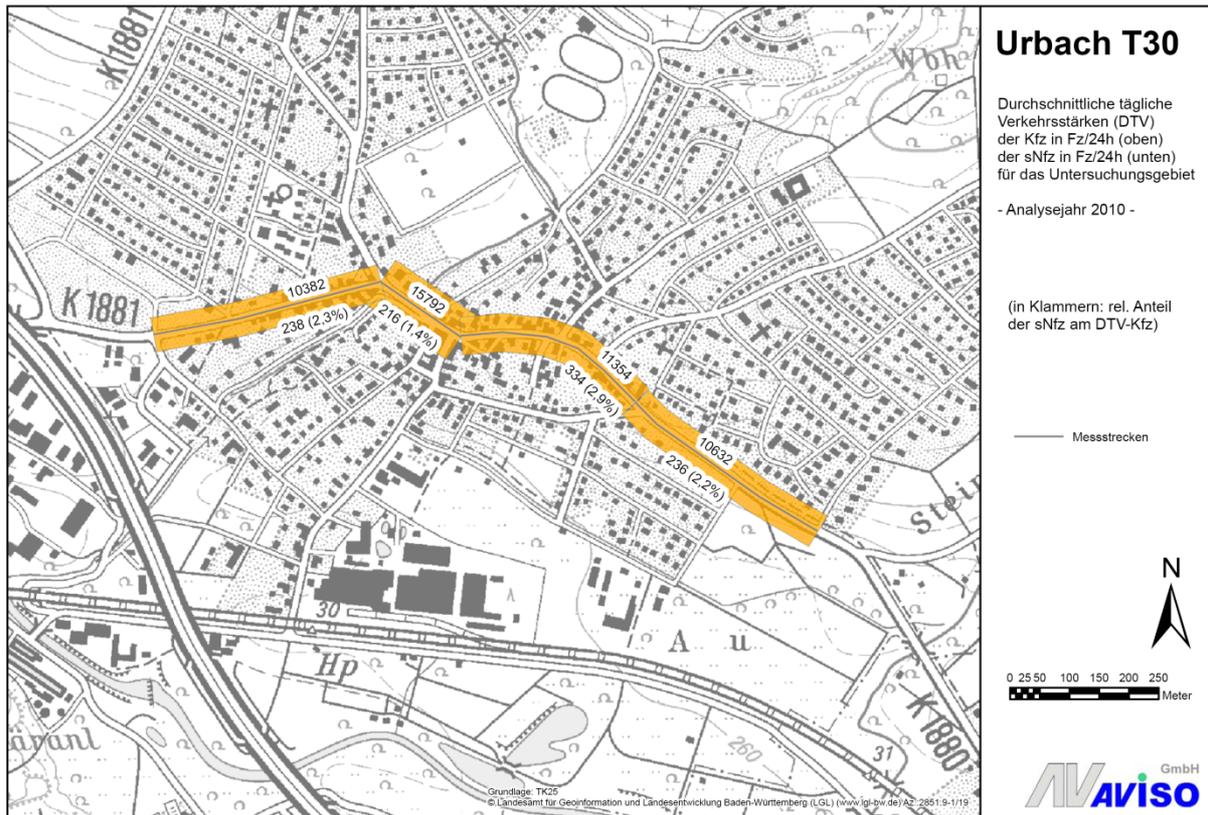


Bild 2.5: Jahresmittlere durchschnittliche Verkehrsstärken (DTV) für Kfz-gesamt und die schweren Nutzfahrzeuge (sNfz) im Untersuchungsgebiet Urbach

## 2.4 Auswertung der dynamischen Fahrtparameter

Die Messfahrten wurden aufbereitet und in einer 1Hz-Taktung abgelegt. Sie wurden im Hinblick auf die dynamischen Parameter mittlere Reisegeschwindigkeit, RPA, Anteil Stopp und Anteil Konstantfahrt ausgewertet. RPA (relative positive acceleration) ist ein Dynamik-Parameter, der in HBEFA3.1 zur Charakterisierung der Verkehrssituationen verwendet wird:

$$RPA = \frac{\int_{t_1}^{t_2} dt (v(t) \cdot a^+(t))}{s}$$

Darin bezeichnen  $v(t)$  die Momentangeschwindigkeit,  $a^+(t)$  die momentane positive Beschleunigung,  $t_1$  und  $t_2$  den zeitlichen Beginn und das zeitliche Ende der Fahrt sowie  $s$  die im Zeitintervall von  $t_1$  bis  $t_2$  zurückgelegte Strecke. RPA stellt somit einen mit der Momentangeschwindigkeit gewichteten Mittelwert der positiven Beschleunigung über die Strecke dar und wird in der Einheit  $m/s^2$  angegeben.

Pro Fahrtengruppe (Pkw-Normalfahrt T50, Pkw T30, Lkw-Normalfahrt T50 und Lkw T30) wurden die mittleren Dynamik-Parameter  $v$  (Reisegeschwindigkeit unter Berücksichtigung

von Halten und Haltezeiten) und RPA gemittelt über alle Fahrten der jeweiligen Fahrtengruppe berechnet und sind in Tab. 2.4 und Tab. 2.5 ausgewiesen.

In Fahrtrichtung Osten liegt für die Pkw die mittlere Reisegeschwindigkeit bei 37,5 km/h, in Fahrtrichtung Westen bei 39,0 km/h. Für die Lkw ergeben sich entsprechend mittlere Reisegeschwindigkeiten von 37,7 km/h bzw. 39,7 km/h. Für beide Fahrtrichtungen und Fahrzeugarten liegen die mittleren Reisegeschwindigkeiten dicht beieinander.

Von den Teilabschnitten liegen jeweils für beide Fahrzeugarten und Fahrtrichtungen in Teilabschnitt 2 die niedrigsten und in Teilabschnitt 4 die höchsten mittleren Reisegeschwindigkeiten vor. Teilabschnitt 2 ist relativ kurz und enthält neben dem Kreisverkehrsplatz zusätzlich eine vergleichsweise häufig von Fußgängern frequentierte Bedarfs-LSA. Außerdem liegen hier die höchsten Verkehrswerte vor. Beides führt zu Reduzierungen in der Geschwindigkeit, so dass auch bei den Normalfahrten die mittlere Geschwindigkeit bei etwa 30 km/h liegt. Abschnitt 4 enthält dagegen einen relativ langen homogenen Streckenabschnitt, die Fußgängerbedarfs-LSA wurde deutlich seltener gedrückt. Darüber hinaus liegt die Begrenzung nach Osten am Ortsende, so dass Fahrzeuge von Osten in Richtung Westen mit erhöhter Geschwindigkeit einfahren und von Westen in Richtung Osten bereits anfangen zu beschleunigen. Beides führt zu hohen mittleren Fahrtgeschwindigkeiten auf diesem Teilabschnitt von fast 50 km/h.

Tab. 2.4: Mittlere Reisegeschwindigkeit und RPA pro Fahrtengruppe für die T50-Normalfahrten und die T30-Fahrten

Fahrt- parameter	Pkw				sNFz			
	v [km/h]	stddev v	RPA [m/s <sup>2</sup> ]	stddev RPA	v [km/h]	stddev v	RPA [m/s <sup>2</sup> ]	stddev RPA
T50 N Ri Ost								
gesamt	37,5	5,9	0,229	0,034	37,7	7,0	0,191	0,030
Abschnitt 1	34,0	6,6	0,265	0,125	34,4	7,8	0,218	0,122
Abschnitt 2	29,3	7,0	0,442	0,298	29,9	8,2	0,361	0,223
Abschnitt 3	39,6	6,1	0,139	0,072	40,1	5,8	0,118	0,052
Abschnitt 4	48,5	5,2	0,185	0,068	48,2	5,4	0,161	0,048
T30 Ri Ost								
gesamt	29,3	3,4	0,089	0,027	29,3	3,4	0,089	0,027
Abschnitt 1	26,9	4,1	0,103	0,074	26,9	4,1	0,102	0,073
Abschnitt 2	26,1	5,9	0,139	0,116	26,1	5,9	0,140	0,119
Abschnitt 3	30,4	2,5	0,075	0,063	30,4	2,5	0,075	0,064
Abschnitt 4	34,4	2,2	0,063	0,026	34,3	2,2	0,063	0,026
Reduktion								
gesamt	-22%		-61%		-22%		-54%	
Abschnitt 1	-21%		-61%		-22%		-53%	
Abschnitt 2	-11%		-69%		-13%		-61%	
Abschnitt 3	-23%		-46%		-24%		-37%	
Abschnitt 4	-29%		-66%		-29%		-61%	

Tab. 2.5: Mittlere Reisegeschwindigkeit und RPA pro Fahrtengruppe für die T50-Normalfahrten und T30-Fahrten (Gesamtstrecke und Teilabschnitte Richtung Westen)

Fahrt- parameter	Pkw				sNFz			
	v [km/h]	stddev v	RPA [m/s <sup>2</sup> ]	stddev RPA	v [km/h]	stddev v	RPA [m/s <sup>2</sup> ]	stddev RPA
T50 N Ri West gesamt	39,0	5,0	0,111	0,026	39,7	4,4	0,097	0,021
Abschnitt 1	36,7	5,0	0,210	0,116	36,4	4,1	0,183	0,088
Abschnitt 2	31,2	8,3	0,076	0,120	32,4	7,6	0,030	0,042
Abschnitt 3	40,4	5,4	0,038	0,006	41,2	4,9	0,046	0,024
Abschnitt 4	48,1	3,4	0,070	0,049	50,5	2,6	0,063	0,045
T30 Ri West gesamt	30,5	1,8	0,055	0,026	30,5	1,8	0,054	0,026
Abschnitt 1	30,0	1,7	0,086	0,064	29,9	1,7	0,086	0,063
Abschnitt 2	28,6	3,7	0,022	0,043	28,6	3,6	0,022	0,043
Abschnitt 3	31,6	1,9	0,039	0,028	31,5	1,9	0,039	0,028
Abschnitt 4	31,0	2,3	0,042	0,033	30,9	2,3	0,042	0,032
Reduktion gesamt	-22%		-51%		-23%		-44%	
Abschnitt 1	-18%		-59%		-18%		-53%	
Abschnitt 2	-8%		-71%		-12%		-27%	
Abschnitt 3	-22%		2%		-23%		-16%	
Abschnitt 4	-36%		-40%		-39%		-34%	

Es zeigt sich für beide Fahrtrichtungen beim Vergleich T30 zu T50-Normalfahrt eine Reduktion der mittleren Fahrgeschwindigkeit, die für die Gesamtstrecke bei ca. -22% liegt. Eine Betrachtung der Teilabschnitte ergibt die geringsten Reduktionen auf dem ohnehin geschwindigkeitsreduzierten Abschnitt 2, und die höchsten Reduktionen auf Abschnitt 4, der bei den Normalfahrten die höchsten mittleren Geschwindigkeiten aufwies.

Auch für den Dynamik-Parameter RPA zeigt sich beim Vergleich T30 zu T50-Normalfahrt sowohl für die Pkw als auch für die Lkw eine deutliche Reduktion, die bei Betrachtung der Gesamtstrecke in Fahrtrichtung Osten bei -54% (Lkw) bzw. -61% (Pkw) sowie in Fahrtrichtung Westen bei -44% (Lkw) bzw. -51% (Pkw) liegt.

Auf den Einzelabschnitten gibt es überall Reduktionen der RPA-Werte mit Ausnahme von Abschnitt 3, auf dem bei T50 die Fahrten sehr homogen verliefen. Hier ist bei der Interpretation jedoch Vorsicht angebracht, wie ein Blick auf die Standardabweichungen zeigt. Die Beschleunigung unterliegt aus physikalischen Gründen stärkeren Schwankungen als die Geschwindigkeit. Bei einer Mittelung über die Strecke wird dies zum Teil ausgeglichen. Je kürzer der betrachtete Streckenabschnitt jedoch ist, desto größer ist die Streuung der RPA-Werte zwischen den einzelnen Fahrten auf diesem Abschnitt. Trotzdem ist die Tendenz beim Übergang von T50 zu T30 eindeutig, fast überall wird RPA reduziert. Dies ist ein Indiz dafür, dass die T30-Fahrten weniger dynamisch verlaufen sind als die Normalfahrten T50, d.h. T30 zu einer Vergleichmäßigung des Verkehrsablaufes geführt hat.

## **3 Emissionsberechnung**

### **3.1 Modell PHEM**

Das Modell PHEM /HAUSBERGER 2010/ basiert auf umfangreichen Emissionskennfeldern einzelner Fahrzeugschichten, die es ermöglichen, das komplette Fahrverhalten (einschließlich Schaltverhalten) zu simulieren und emissionsseitig zu berechnen, es ist schematisch in Bild 3.1 dargestellt. Die Emissionskennfelder sind die gleichen Basisdaten, die auch zur Ableitung der spezifischen Schichtemissionsfaktoren der Verkehrssituationen, die im HBEFA3.1 enthalten sind, verwendet wurden.

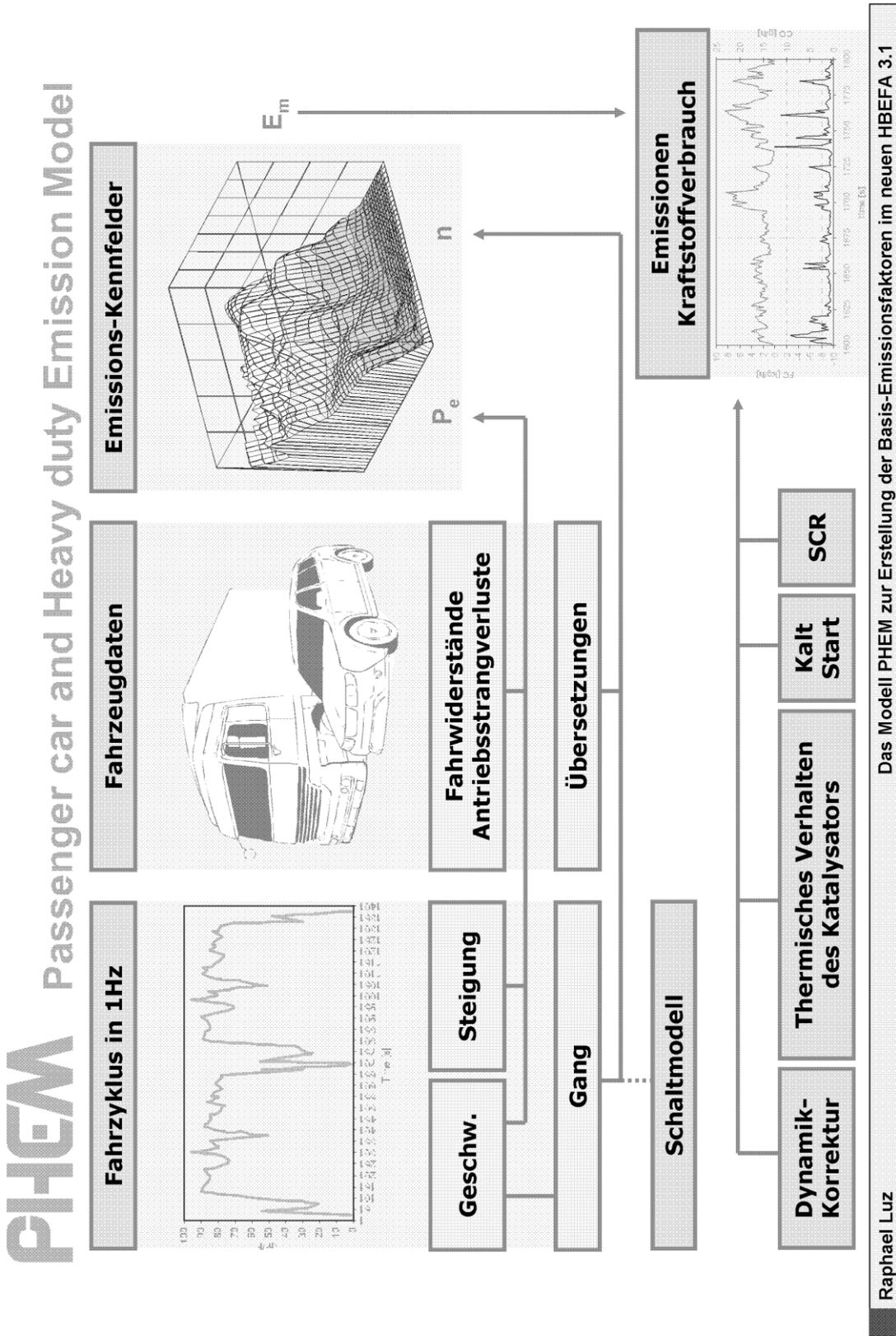
Eingangsdaten der Berechnungen bilden die Daten der gemessenen Fahrprofile in 1 Hz-Taktung (Zeit, Geschwindigkeit, Drehzahl und Steigung/Gefälle). Die Ergebnisse liegen ebenfalls in 1 Hz-Taktung vor, dies sind neben den Emissionen verschiedener Schadstoffe auch weitere Daten z.B. zur Beschreibung der Fahrdynamik wie Geschwindigkeit und RPA. Zusätzlich werden für jedes Fahrprofil mittlere Daten angegeben.

Das Ergebnis von PHEM sind sogenannte „warme“ Emissionen d.h. Emissionen von Fahrzeugen mit warmem Motor. Kaltstartzuschlagsemissionen wurden mit PHEM nicht berechnet. Die Emissionsberechnungen mit PHEM wurden für alle Fahrprofile und alle relevanten Fahrzeugschichten der Pkw, INfz und sNfz durchgeführt.

Für die weiteren Auswertungen wurden die Fahrten so ausgewählt, dass Störungsgrad und Anzahl der Halte an LSA bei T30- und T50-Fahrten vergleichbar und repräsentativ für den Tag der Messfahrten sind. Bei den Lkw-Verfolgungsfahrten war dies aufgrund der geringen Anzahl der Fahrten nicht immer möglich, dort wurden die Fahrten entsprechend gewichtet.

### **3.2 Mittlere Ganglinien der Emissionsfaktoren**

Die Emissionen, die als Ergebnis der PHEM-Berechnungen für jedes Fahrprofil pro Fahrzeugschicht vorliegen, wurden zu mittleren Emissionsfaktoren aggregiert. Hierfür wurden die Fahrprofile, die als sekundliche Werte zu unterschiedlichen Orten vorliegen, zunächst auf ein einheitliches räumliches Gitter gebracht. Auf diesem Gitter konnte zunächst für jede Schicht einzeln über alle Fahrten gemittelt werden. Im nächsten Schritt wurde, unter Berücksichtigung der aktuellen Flottenzusammensetzung für Urbach, über die Schichtemissionen der Fahrzeuggruppen Pkw, leichte Nutzfahrzeuge (INfz) und schwere Nutzfahrzeuge (sNfz) für T50 und T30 gemittelt.



29. – 30. Juni 2010

Raphael Luz

3. Freiburger Workshop „Luftreinhaltung und Modelle“

Bild 3.1: Das Modell PHEM zur Erstellung der Basis-Emissionsfaktoren in HBEFA3.1, Quelle: TU Graz, 2010

Die Daten zur Flottenzusammensetzung (dynamischer Bestand) basieren auf der Datengrundlage des landesweiten Emissionskatasters Straßenverkehr /AVISO 2009/, die pro Zulassungsbezirk und Bezugsjahr Daten zum dynamischen Bestand enthält. Für Urbach sind dort für die Fahrzeuggruppen Pkw und INfz die Bestandsdaten des Zulassungsbezirks Rems-Murr-Kreis berücksichtigt, aus denen mittels einer Fahrleistungsgewichtung die Flottenzusammensetzung für Innerortsstraßen abgeleitet worden war. Es wurde eine Anpassung an die Fahrzeugschichtdefinition aus dem aktuellen HBEFA3.1 /HBEFA2010/ durchgeführt.

Tab. 3.1: *Flottenzusammensetzung auf Innerortsstraßen für Urbach für die Fahrzeuggruppen Pkw, INfz und sNfz im Bezugsjahr 2010*

Pkw		INfz		sNfz	
Otto vor E1	0,8%	Otto vor E1	0,3%	Ds vor E I	5,4%
Otto E1	5,0%	Otto E1	0,1%	Ds E I	3,0%
Otto E2	5,1%	Otto E2	0,5%	Ds E II	12,1%
Otto E3	20,5%	Otto E3	0,5%	Ds E III	27,5%
Otto E4	30,6%	Otto E4	2,1%	Ds E IV	15,5%
Otto E5	1,2%	Otto E5	0,0%	Ds E V	36,6%
Otto E6	0,0%	Otto E6	0,0%	Ds E VI	0,0%
Gas/Alternativ	0,4%	Gas/Alternativ	0,0%		
Ds vor E1	0,5%	Ds vor E1	1,4%		
Ds E1	1,1%	Ds E1	1,7%		
Ds E2	2,6%	Ds E2	11,1%		
Ds E3	11,4%	Ds E3	28,7%		
Ds E4	19,5%	Ds E4	52,7%		
Ds E5	1,1%	Ds E5	0,7%		
Ds E6	0,1%	Ds E6	0,0%		
gesamt	100,0%	gesamt	100,0%	gesamt	100,0%

Die Flotte der schweren Nutzfahrzeuge wird stärker vom überregionalen als vom regionalen Bestand bestimmt, daher wurde für die schweren Nutzfahrzeuge die aktuelle bundesmittlere Flottenzusammensetzung aus HBEFA3.1 verwendet. In Tab. 3.1 sind die Flottenzusammensetzungen für Pkw und die schweren Nutzfahrzeuge (sNfz) auf Innerortsstraßen für 2010 aufgeführt.

Das Ergebnis der oben beschriebenen Mittelungen sind mittlere Ganglinien für die Emissionen der Pkw, der leichten und der schweren Nutzfahrzeuge, jeweils für beide Fahrrichtungen. Für Pkw und sNFz sind sie in Bild 3.2 bis Bild 3.5 dargestellt. Zur besseren Orientierung

sind jeweils die mittleren Geschwindigkeiten mit eingetragen. Um die Darstellung im gleichen Diagramm zu ermöglichen, wurden die Emissionsfaktoren für PM10 (Abgas) um einen Faktor 10 überhöht.

Für Urbach lässt sich aus diesen Bildern folgendes ableiten:

- Stickoxide und Partikel werden vornehmlich in Beschleunigungsphasen, etwa nach dem Kreisverkehrsplatz oder einer LSA, emittiert. Hier sind die Emissionen bei Tempo 50 höher als bei Tempo 30, da im letzteren Fall die Zielgeschwindigkeit eher erreicht ist.
- Bei der leichten Steigung von 2% auf Abschnitt 3 in Fahrtrichtung Osten sind die Emissionen höher als in der Gegenrichtung mit leichtem Gefälle.
- Auf dieser Steigungsstrecke werden die Pkw-Emissionen als Folge von T30 leicht reduziert, auf der Gefällestrecke steigen sie dagegen an. Eine Auswertung der mittleren Motordrehzahlen zeigt, dass diese bei den Pkw auf Abschnitt 3 in Fahrtrichtung Westen (Gefälle) als Folge der vom Schaltmodell in Abhängigkeit von Geschwindigkeit, Steigung und Motorleistung ermittelten Gangwahl um fast 10% zunehmen. Höhere Motordrehzahlen wirken sich emissionserhöhend aus.

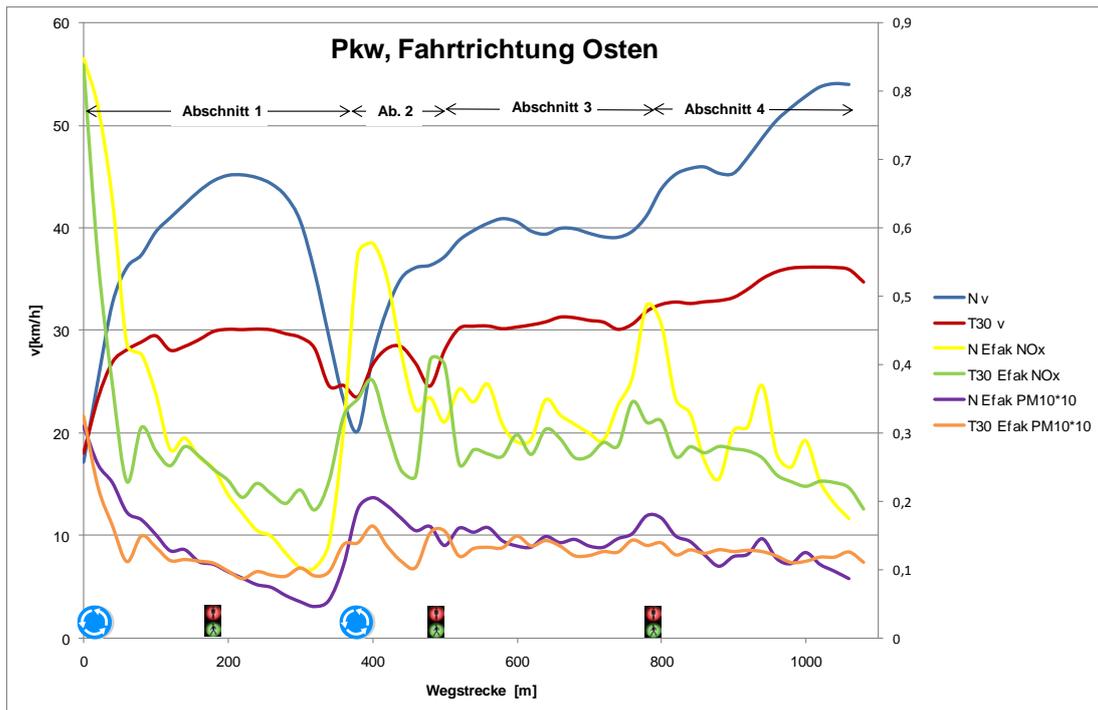


Bild 3.2: Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO<sub>x</sub>- und PM<sub>10</sub>-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für **Pkw in Richtung Osten**; die PM<sub>10</sub>-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht

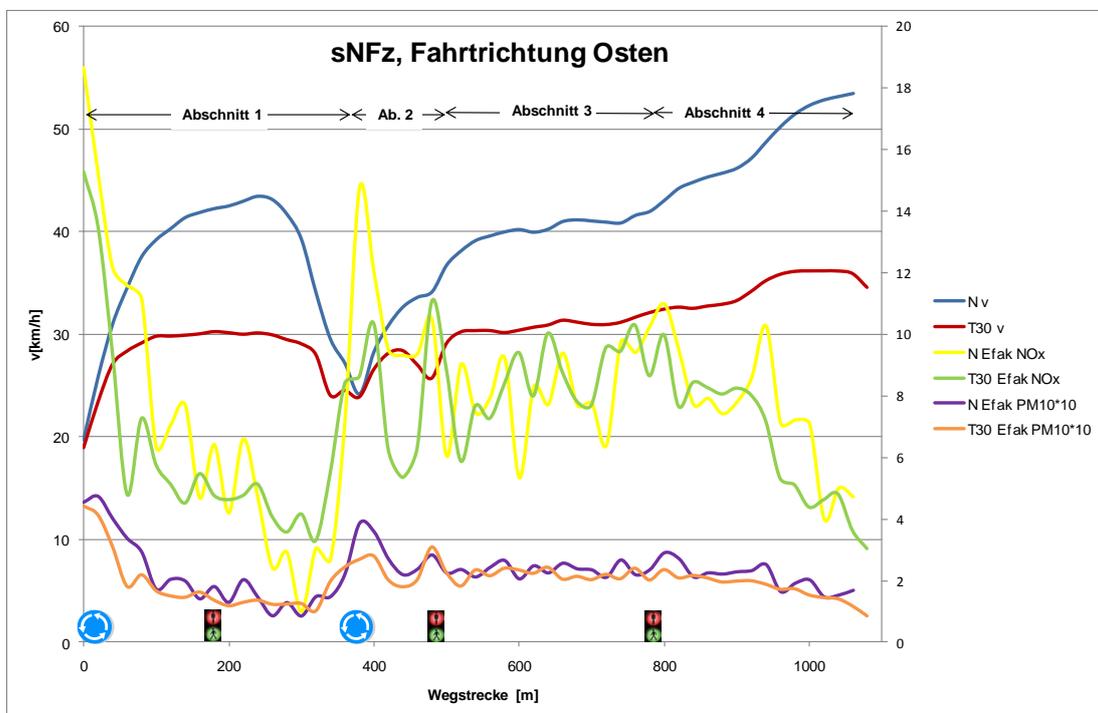


Bild 3.3: Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO<sub>x</sub>- und PM<sub>10</sub>-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für **sNFz in Richtung Osten**; die PM<sub>10</sub>-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht

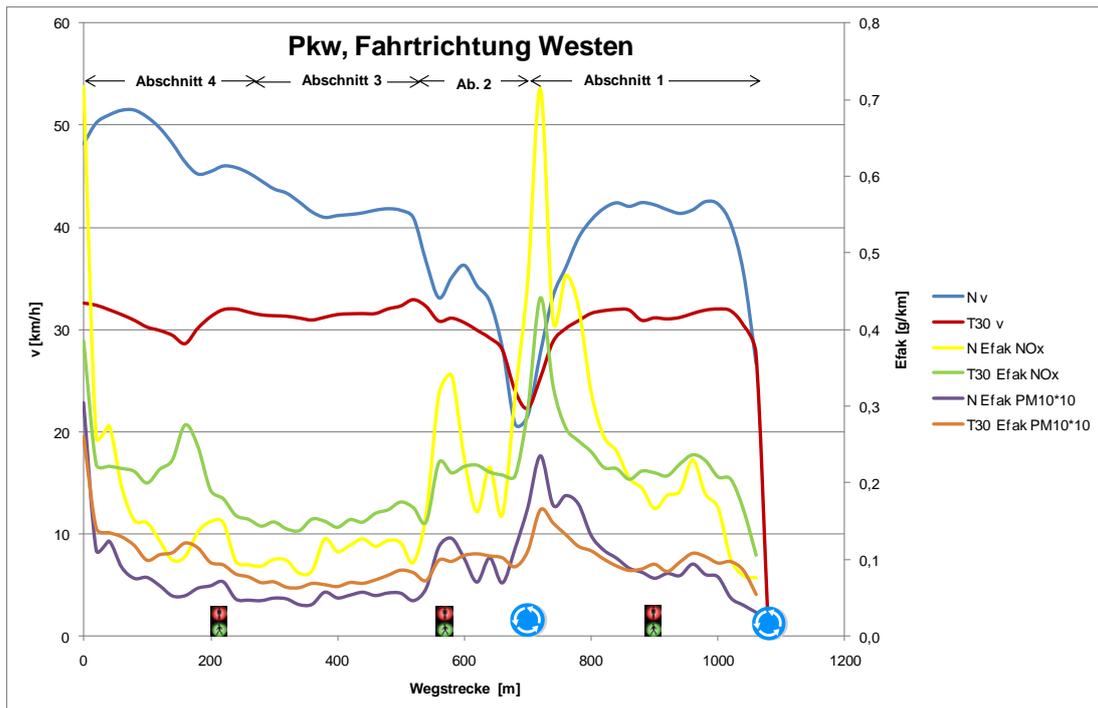


Bild 3.4: Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der  $\text{NO}_x$ - und  $\text{PM}_{10}$ -Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für **Pkw in Richtung Westen**; die  $\text{PM}_{10}$ -Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht

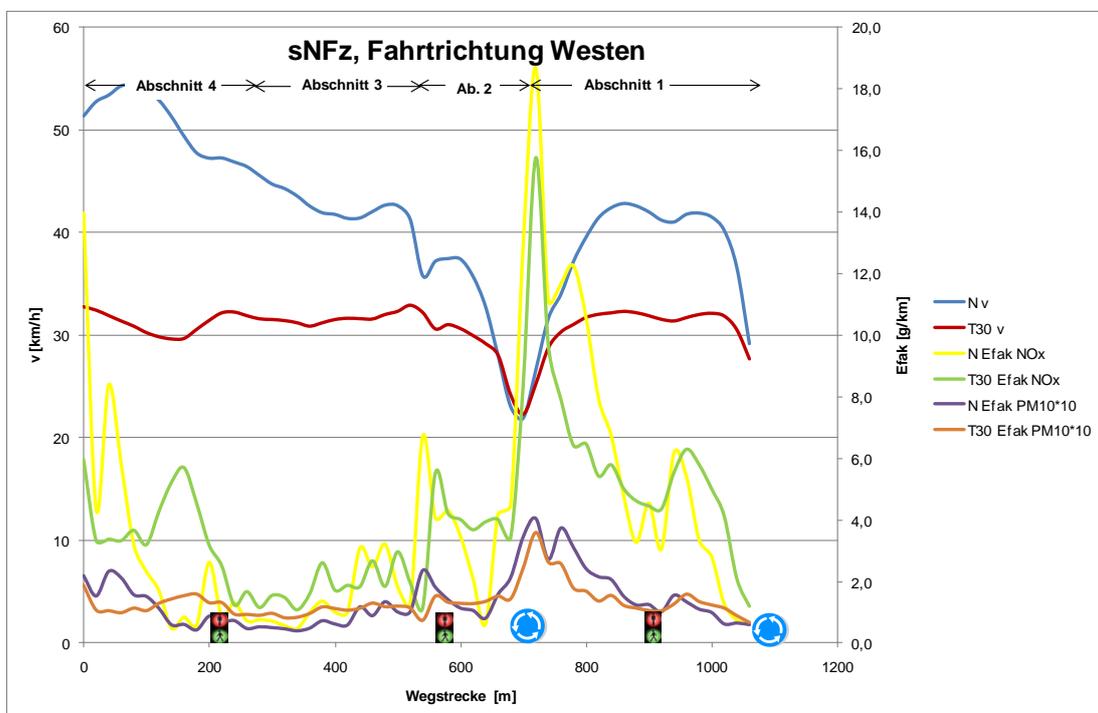


Bild 3.5: Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der  $\text{NO}_x$ - und  $\text{PM}_{10}$ -Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für **sNFz in Richtung Westen**; die  $\text{PM}_{10}$ -Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht

### 3.3 Emissionsfaktoren NO<sub>x</sub> und PM10-Abgas

Auf den in Bild 3.2 bis Bild 3.5 dargestellten Ganglinien können Abschnitte gebildet werden, für die jeweils mittlere „warme“ Emissionsfaktoren bestimmt werden. Die so gebildeten Emissionsfaktoren für NO<sub>x</sub> und PM10 (Abgas) für die Fahrzeuggruppen Pkw, leichte und schwere Nutzfahrzeuge sind gemittelt über die in Bild 2.1 eingetragenen Teilabschnitte in Tab. 3.2 bis Tab. 3.5 getrennt nach Fahrtrichtungen dargestellt. Ebenfalls angegeben sind die Standardabweichungen aus der Mittelung über die Fahrten jeweils als Absolutwerte und als relativer Anteil. Im unteren Teil der Tabellen ist jeweils die Veränderung von T30 gegenüber T50 angegeben.

Wie schon bei RPA (siehe Tab. 2.4 und Tab. 2.5) ist die Streuung der Emissionsfaktoren zwischen den Fahrten sehr hoch, was insbesondere bei kürzeren Abschnitten zu hohen Standardabweichungen führt. Lediglich auf dem längsten und sehr homogenen Abschnitt 4 können für die Emissionsfaktoren bei den gleichmäßiger verlaufenden T30-Fahrten in einigen Fällen ähnlich kleine Unsicherheiten wie auf der Gesamtstrecke erreicht werden. Bei der Mittelwertbildung wurden die Messfahrten für T50 und T30 jeweils so gewichtet, dass ähnliche Störungsgrade vorliegen (s. o.). Dies kann auf kurzen Teilabschnitten nicht überall garantiert werden.

Trotzdem erscheint es sinnvoll, einzelne Abschnitte zu betrachten, wenn sich diese hinsichtlich ihrer Verkehrswerte, Verkehrssituationen (LSA etc.) oder der Steigung unterscheiden. Die Auswirkungen eines Tempolimits können durchaus gegenläufig sein. Allerdings sind dabei die entsprechenden Unsicherheiten zu beachten.

Tab. 3.2: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für  $\text{NO}_x$  in Fahrtrichtung **Osten**, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 1 bis 4 nach Tab. 2.1)

Efaktor $\text{NO}_x$ [g/km]	Pkw			INFz			sNFz		
	MW	stddev abs.	stddev rel.	MW	stddev abs.	stddev rel.	MW	stddev abs.	stddev rel.
<b>T50 N Ri Ost</b>									
<b>gesamt</b>	<b>0,33</b>	<b>0,05</b>	<b>14%</b>	<b>0,91</b>	<b>0,11</b>	<b>12%</b>	<b>7,94</b>	<b>1,01</b>	<b>13%</b>
Abschnitt 1	0,34	0,10	29%	0,89	0,26	30%	7,60	2,41	32%
Abschnitt 2	0,40	0,23	56%	1,03	0,68	66%	9,50	6,45	68%
Abschnitt 3	0,34	0,13	37%	0,88	0,34	39%	8,12	2,63	32%
Abschnitt 4	0,29	0,10	33%	0,90	0,33	37%	7,53	2,07	27%
<b>T30 Ri Ost</b>									
<b>gesamt</b>	<b>0,29</b>	<b>0,03</b>	<b>12%</b>	<b>0,62</b>	<b>0,10</b>	<b>16%</b>	<b>7,21</b>	<b>0,85</b>	<b>12%</b>
Abschnitt 1	0,30	0,09	31%	0,63	0,25	40%	6,43	2,89	45%
Abschnitt 2	0,31	0,18	58%	0,66	0,42	64%	7,59	5,68	75%
Abschnitt 3	0,29	0,07	23%	0,68	0,26	38%	8,53	2,62	31%
Abschnitt 4	0,26	0,03	12%	0,52	0,13	26%	6,71	0,95	14%
<b>Reduktion</b>									
<b>gesamt</b>	<b>-13,0%</b>			<b>-31,7%</b>			<b>-9,1%</b>		
Abschnitt 1	-9,9%			-29,0%			-15,4%		
Abschnitt 2	-24,1%			-35,8%			-20,2%		
Abschnitt 3	-13,5%			-22,9%			5,0%		
Abschnitt 4	-10,6%			-42,4%			-10,8%		

Tab. 3.3: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für  $\text{NO}_x$  in Fahrtrichtung **Westen**, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 1 bis 4 nach Tab. 2.1)

Efaktor $\text{NO}_x$ [g/km]	Pkw			INFz			sNFz		
	MW	stddev abs.	stddev rel.	MW	stddev abs.	stddev rel.	MW	stddev abs.	stddev rel.
<b>T50 N Ri West</b>									
<b>gesamt</b>	<b>0,21</b>	<b>0,03</b>	<b>17%</b>	<b>0,50</b>	<b>0,09</b>	<b>18%</b>	<b>4,13</b>	<b>0,84</b>	<b>20%</b>
Abschnitt 1	0,25	0,09	37%	0,66	0,28	42%	6,12	2,48	40%
Abschnitt 2	0,30	0,23	78%	0,73	0,65	89%	5,10	4,60	90%
Abschnitt 3	0,13	0,03	26%	0,24	0,05	19%	1,96	1,50	77%
Abschnitt 4	0,19	0,06	32%	0,48	0,20	42%	3,36	2,12	63%
<b>T30 Ri West</b>								0,00	
<b>gesamt</b>	<b>0,21</b>	<b>0,02</b>	<b>11%</b>	<b>0,40</b>	<b>0,07</b>	<b>17%</b>	<b>4,07</b>	<b>0,58</b>	<b>14%</b>
Abschnitt 1	0,23	0,05	21%	0,44	0,08	17%	5,58	2,16	39%
Abschnitt 2	0,24	0,10	41%	0,44	0,11	25%	5,28	3,43	65%
Abschnitt 3	0,16	0,03	18%	0,27	0,05	19%	2,07	1,06	51%
Abschnitt 4	0,22	0,05	22%	0,47	0,07	16%	3,66	1,69	46%
<b>Reduktion</b>									
<b>gesamt</b>	<b>1,0%</b>			<b>-20,8%</b>			<b>-1,6%</b>		
Abschnitt 1	-9,0%			-33,6%			-8,8%		
Abschnitt 2	-18,8%			-39,5%			3,5%		
Abschnitt 3	25,0%			10,6%			5,5%		
Abschnitt 4	15,0%			-1,7%			8,8%		

Tab. 3.4: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für PM10 (Abgas) in Fahrtrichtung **Osten**, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 1 bis 4 nach Tab. 2.1)

Efaktor PM10 [g/km]	Pkw			INFz			sNFz		
	MW	stddev abs.	stddev rel.	MW	stddev abs.	stddev rel.	MW	stddev abs.	stddev rel.
<b>T50 N Ri Ost</b>									
<b>gesamt</b>	<b>0,014</b>	<b>0,002</b>	<b>14%</b>	<b>0,058</b>	<b>0,006</b>	<b>11%</b>	<b>0,230</b>	<b>0,045</b>	<b>19%</b>
Abschnitt 1	0,013	0,004	29%	0,056	0,014	25%	0,229	0,078	34%
Abschnitt 2	0,016	0,008	51%	0,061	0,025	41%	0,262	0,164	62%
Abschnitt 3	0,015	0,005	35%	0,060	0,017	28%	0,236	0,081	34%
Abschnitt 4	0,012	0,004	30%	0,056	0,017	30%	0,212	0,070	33%
<b>T30 Ri Ost</b>									
<b>gesamt</b>	<b>0,013</b>	<b>0,002</b>	<b>14%</b>	<b>0,052</b>	<b>0,007</b>	<b>14%</b>	<b>0,201</b>	<b>0,038</b>	<b>19%</b>
Abschnitt 1	0,013	0,004	30%	0,054	0,019	34%	0,193	0,085	44%
Abschnitt 2	0,013	0,007	52%	0,054	0,027	50%	0,231	0,156	68%
Abschnitt 3	0,013	0,003	25%	0,053	0,018	33%	0,218	0,080	37%
Abschnitt 4	0,012	0,003	24%	0,045	0,003	7%	0,181	0,038	21%
<b>Reduktion</b>									
<b>gesamt</b>	<b>-5,6%</b>			<b>-10,7%</b>			<b>-12,6%</b>		
Abschnitt 1	-2,3%			-3,7%			-15,9%		
Abschnitt 2	-19,7%			-11,6%			-11,9%		
Abschnitt 3	-8,4%			-11,2%			-7,2%		
Abschnitt 4	1,0%			-19,1%			-14,4%		

Tab. 3.5: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für PM10 (Abgas) in Fahrtrichtung **Westen**, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 1 bis 4 nach Tab. 2.1)

Efaktor PM10 [g/km]	Pkw			INFz			sNFz		
	MW	stddev abs.	stddev rel.	MW	stddev abs.	stddev rel.	MW	stddev abs.	stddev rel.
<b>T50 N Ri West</b>									
<b>gesamt</b>	<b>0,009</b>	<b>0,001</b>	<b>15%</b>	<b>0,037</b>	<b>0,006</b>	<b>16%</b>	<b>0,139</b>	<b>0,026</b>	<b>19%</b>
Abschnitt 1	0,010	0,003	34%	0,047	0,016	34%	0,178	0,050	28%
Abschnitt 2	0,012	0,009	75%	0,045	0,031	70%	0,168	0,116	69%
Abschnitt 3	0,006	0,001	21%	0,022	0,006	28%	0,094	0,051	54%
Abschnitt 4	0,009	0,003	32%	0,036	0,010	29%	0,121	0,053	44%
<b>T30 Ri West</b>									
<b>gesamt</b>	<b>0,010</b>	<b>0,002</b>	<b>16%</b>	<b>0,038</b>	<b>0,005</b>	<b>13%</b>	<b>0,133</b>	<b>0,025</b>	<b>18%</b>
Abschnitt 1	0,010	0,003	26%	0,039	0,005	12%	0,150	0,052	34%
Abschnitt 2	0,011	0,005	46%	0,038	0,006	16%	0,162	0,080	50%
Abschnitt 3	0,007	0,002	28%	0,030	0,004	13%	0,107	0,039	37%
Abschnitt 4	0,012	0,004	31%	0,047	0,005	12%	0,125	0,125	100%
<b>Reduktion</b>									
<b>gesamt</b>	<b>12,8%</b>			<b>4,4%</b>			<b>-4,4%</b>		
Abschnitt 1	-1,4%			-15,7%			-15,6%		
Abschnitt 2	-7,0%			-15,3%			-3,8%		
Abschnitt 3	30,5%			34,9%			13,2%		
Abschnitt 4	34,2%			30,6%			3,0%		

Sowohl für NO<sub>x</sub> als auch für die Abgas-Partikel wurden für die Fahrtrichtung Osten deutlich höhere Emissionsfaktoren berechnet als für die Fahrtrichtung Westen. Eine Ursache hierfür ist die Steigung (Richtung Osten) von ca. 2% auf Teilstück 3.

Der Vergleich der Emissionsfaktoren T30 zu den Emissionsfaktoren T50-Normalfahrt weist für NO<sub>x</sub> für Pkw Reduktionen von -13% (Richtung Osten) bzw. eine Zunahme von +1% (Richtung Westen), für die INfz Reduktionen von -32% bzw. -21% und für die sNfz Emissionsabnahmen von -9% bzw. -2% auf.

Für die Abgas-Partikel zeigen sich für die Fahrtrichtung Osten für alle Fahrzeugarten Reduktionen der Emissionsfaktoren im Bereich -6% bis -13%. Dagegen werden für die Fahrtrichtung Westen sowohl für die Pkw als auch für die INfz Emissionszunahmen von 13% bzw. 4% ermittelt. Für die sNfz ergibt sich für diese Fahrtrichtung eine Reduktion Partikel-Abgas-Emissionsfaktoren von -4%.

Bei Betrachtung der Einzelabschnitte ergeben sich andere, zum Teil gegenläufige Effekte. Tendenziell führt in Abschnitt 3, der die Messstation enthält, T30 eher zu einer Erhöhung der Emissionen. In Abschnitt 2 dagegen, wo die höchsten Verkehrswerte und damit auch die höchsten Gesamtemissionen auftreten, hätte die Einführung von T30 positive Effekte. Wie oben schon erläutert, sind jedoch die Unsicherheiten bei Betrachtung der Einzelabschnitte groß.

### **3.4 Gegenüberstellung der Emissionsfaktoren zu HBEFA3.1**

Üblicherweise werden zur Ermittlung der Emissionen auf einem Streckenabschnitt keine individuellen Messfahrten durchgeführt, sondern die Berechnung erfolgt auf der Basis des HBEFA3.1. Zu deren Bestimmung muss dem Streckenabschnitt eine Hauptverkehrssituation und eine Steigung/Gefälle-Klasse zugewiesen werden. In Abhängigkeit des Tagesganges des Störungsgrades werden dann die Emissionen berechnet.

Dem betrachteten Streckenabschnitt wurde die Hauptverkehrssituation „Distributor Speedlimit 50 km/h“ zugewiesen, da es sich um eine innerörtliche Hauptverkehrsstraße mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h handelt.

Angesichts der hohen Unsicherheiten auf den Einzelabschnitten sollen hier jedoch nur die Emissionsfaktoren für die Gesamtstrecke verglichen werden. Diese verläuft im Wesentlichen ohne Gefälle, lediglich Teilabschnitt 3 weist eine geringe Steigung von 2% auf. Daher wird für den Vergleich mit dem Handbuch eine Steigung von 0% für die Gesamtstrecke angenommen.

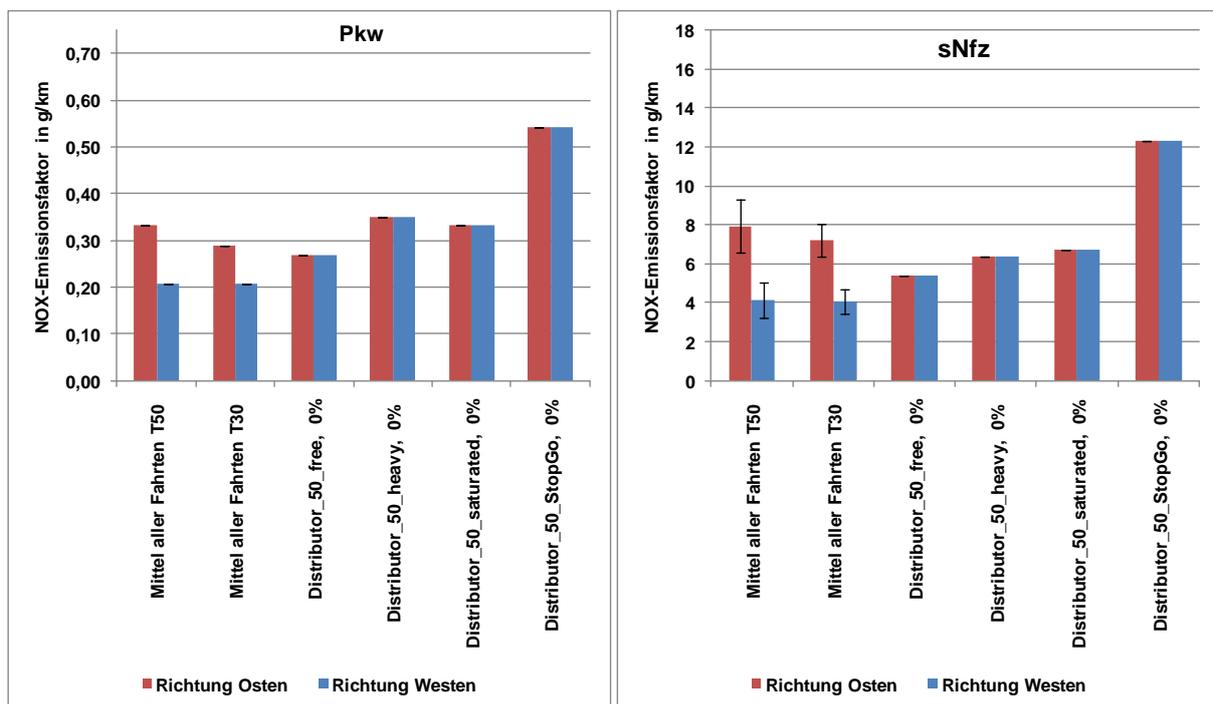
Für Pkw und schwere Nutzfahrzeuge sind die Emissionsfaktoren nach HBEFA3.1 in Bild 3.6 (NO<sub>x</sub>) und Bild 3.7 (PM<sub>10</sub>, Abgas) den Emissionsfaktoren gegenübergestellt, die über die Messfahrten und PHEM-Berechnungen ermittelt wurden. Ziel war es, zu analysieren inwie-

weit mit den Basisdaten aus HBEFA3.1 die Emissionssituation an dem betrachteten Streckenabschnitt für die Ist-Situation T50 abgebildet werden kann.

Dieser Vergleich wurde für die „warmen“ Emissionsfaktoren durchgeführt, da in HBEFA3.1 die warmen Emissionsfaktoren und der Kaltstartzuschlag (für Pkw und INfz) separat ausgewiesen werden und die PHEM-Berechnungen ausschließlich für den warmen Motor durchgeführt worden sind.

Aus den gemessenen Fahrprofilen konnte abgeleitet werden, dass der Störungsgrad im Tagzeitbereich im Bereich von geringen (free) bis mittleren Störungen (heavy) liegt. Große Störungen mit Stop&Go-Verkehr sind an dem Tag, an dem die Messungen stattgefunden haben, nicht aufgetreten.

Für  $\text{NO}_x$  liegen die Emissionsfaktoren für die relevanten Verkehrssituationen nach HBEFA3.1 im durch die beiden Fahrrichtungen aufgespannten Bereich gemessenen Emissionsfaktoren. Insbesondere bei den schweren Nutzfahrzeugen liegen die aus den Messfahrten abgeleiteten  $\text{PM}_{10}$  (Abgas)-Emissionsfaktoren jedoch deutlich über den Werten aus dem Handbuch.



**Bild 3.6:** Vergleich der warmen  $\text{NO}_x$ -Emissionsfaktoren für die Verkehrssituation „Distributor 50 km/h“ mit unterschiedlichen Störungsgraden für 0% Steigung aus HBEFA3.1 mit den mittleren („warmen“) Emissionsfaktoren abgeleitet aus den Messfahrten für Pkw und sNfz für die Ortsdurchfahrt in Urbach

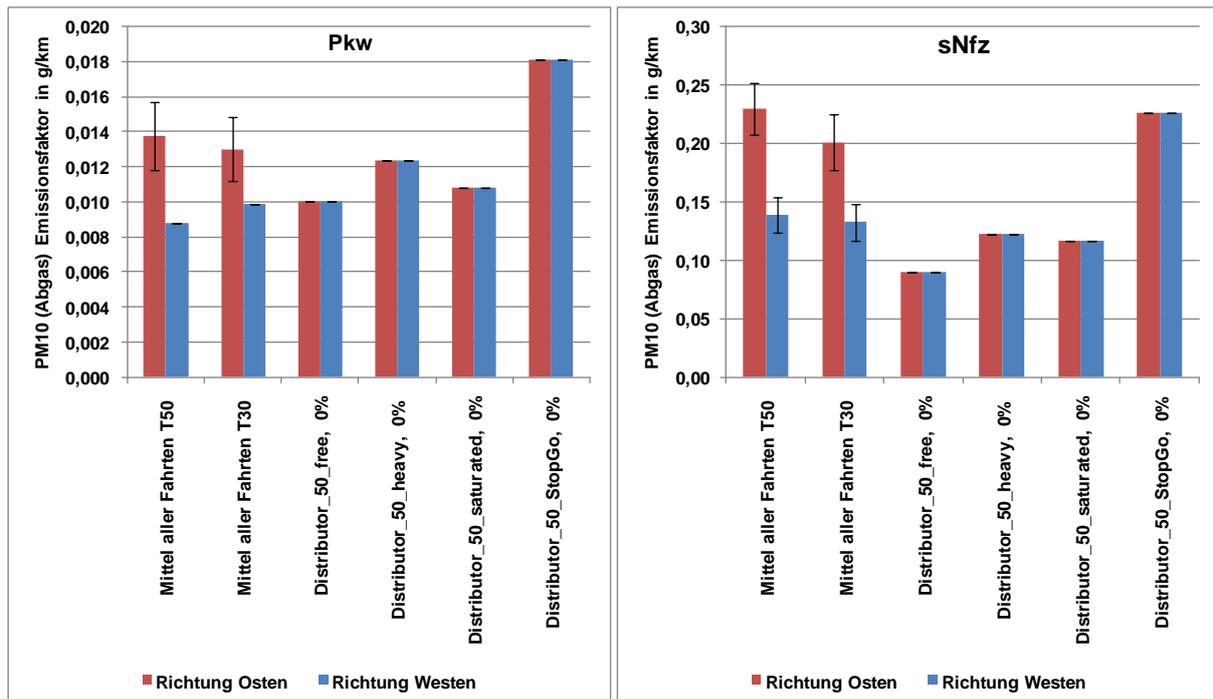


Bild 3.7: Vergleich der warmen PM10 (Abgas)-Emissionsfaktoren für die Verkehrssituation „Distributor 50 km/h“ mit unterschiedlichen Störungsgraden (für 0% Steigung aus HBEFA3.1 mit den mittleren („warmen“) Emissionsfaktoren abgeleitet aus den Messfahrten für Pkw und sNfz für die Ortsdurchfahrt in Urbach

### 3.5 Jahresemissionen

Mit dem aus den Verkehrszählungen berechneten durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV, Tab. 2.3) können die Emissionsfaktoren zu Jahresemissionen in Kilogramm pro Kilometer und Jahr hochgerechnet werden. Als Summe über die Fahrzeuggruppen und Richtungen ergeben sich die in Tab. 3.6 angegebenen Werte.

Danach ergeben sich für die Ortsdurchfahrt Urbach für die motorbedingten „warmen“ Emissionen insgesamt Reduktionen von -9% bei  $\text{NO}_x$  und von -2% bei PM10 (Abgas). Auf dem Teilabschnitt 3, an dem sich die Messstation befindet, ergeben sich nur minimale Änderungen der Emissionen (-1% bei  $\text{NO}_x$  bzw. +1% bei PM10 (Abgas)). Auf Teilabschnitt 2, wo verkehrsbedingt die höchsten Emissionen auftreten, ergeben sich die stärksten Reduktionen von -21% bei  $\text{NO}_x$  bzw. -13% bei PM10 (Abgas).

Tab. 3.6: „Warme“ Emissionen (NO<sub>x</sub> und PM<sub>10</sub>, Abgas) für die Ortsdurchfahrt Urbach, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 1 bis 4 nach Tab. 2.1)

	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>stddev NO<sub>x</sub></b>	<b>stddev rel.</b>	<b>PM10 (Abgas)</b>	<b>stddev PM10</b>	<b>stddev rel.</b>
	[kg/(km*a)]			[kg/(km*a)]		
<b>T50 N</b>						
<b>gesamt</b>	<b>1.776</b>	<b>269</b>	<b>15%</b>	<b>71</b>	<b>11</b>	<b>15%</b>
Abschnitt 1	1.734	582	34%	66	20	31%
Abschnitt 2	2.652	1.812	68%	102	62	61%
Abschnitt 3	1.611	592	37%	67	22	34%
Abschnitt 4	1.482	524	35%	63	20	32%
<b>T30</b>						
<b>gesamt</b>	<b>1.624</b>	<b>197</b>	<b>12%</b>	<b>70</b>	<b>11</b>	<b>16%</b>
Abschnitt 1	1.532	491	32%	62	19	30%
Abschnitt 2	2.108	1.165	55%	88	44	50%
Abschnitt 3	1.598	435	27%	67	20	29%
Abschnitt 4	1.413	281	20%	67	20	30%
<b>Reduktion</b>						
<b>gesamt</b>	<b>-8,6%</b>			<b>-1,9%</b>		
Abschnitt 1	-11,6%			-6,3%		
Abschnitt 2	-20,5%			-13,3%		
Abschnitt 3	-0,8%			1,1%		
Abschnitt 4	-4,7%			7,2%		

Die Berechnung der tatsächlichen Jahresemissionen wurde unter Berücksichtigung folgender Annahmen durchgeführt:

- Für die Kaltstartemissionen, die in HBEFA3.1 für Pkw und INfz zusätzlich ausgewiesen sind, wurde angenommen, dass diese durch die Veränderung von T50 auf T30 unbeeinflusst bleiben, da keine weiteren Daten hierzu vorliegen. Die Kaltstartemissionen werden in Form eines Zuschlages auf die warmen Emissionen addiert.
- Die PM<sub>10</sub>-Emissionen verursacht durch Aufwirbelung und Abrieb wurden nach den Ansätzen aus /AVISO 2009/ ermittelt. Ergänzend wurde angenommen, dass diese auf den Abschnitten 1, 3 und 4 durch die Einführung von T30 um ca. 10% reduziert werden können; auf Abschnitt 2, der stark von der LSA am Größenwiesenweg beeinflusst ist, wurde keine Reduktion angesetzt (in Anlehnung an /BAST 2009/).

Tab. 3.7: Zusammensetzung der Jahresemissionen ( $\text{NO}_x$  und  $\text{PM}_{10}$ ) für die Ortsdurchfahrt Urbach, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile

jährliche Emissionen [kg/(km*a)]	$\text{NO}_x$ , Gesamtstrecke	$\text{PM}_{10}$ , Gesamtstrecke
"Warme" Emissionen T50	1.776	71
"Warme" Emissionen T30	1.624	70
Kaltstartzuschlag	85	14
Aufwirbelung und Abrieb T50		159
Aufwirbelung und Abrieb T30		143
Jahresemissionen T50	1.861	244
Jahresemissionen T30, Befolgungsgrad 100%	1.709	227
Jahresemissionen T30, Befolgungsgrad 50%	1.785	235
Reduktion Befolgungsgrad 100%	-8,2%	-7,1%
Reduktion Befolgungsgrad 50%	-4,1%	-3,5%

In Tab. 3.7 sind die so bestimmten Jahresemissionen für T50 sowie T30 mit angenommenen Befolgungsgraden von 100% und 50% auf der Gesamtstrecke für  $\text{NO}_x$  und  $\text{PM}_{10}$  dargestellt. In Tab. 3.8 sind diese Jahresemissionen richtungsgetreunt für die Einzelabschnitte angegeben (nur Befolgungsgrad 100%). Ebenso angegeben sind die durch Einführung von T30 jeweils erreichbaren Emissionsminderungen. Es deutlich zu erkennen, dass die Reduktionen in Fahrtrichtung Osten (bergauf) stärker sind als in der Gegenrichtung. In Bild 3.8 sind die Jahresemissionen bei angenommenem Befolgungsgrad von 100% für die Einzelabschnitte grafisch dargestellt.

Tab. 3.8: *Jahresemissionen (NO<sub>x</sub> und PM10 inklusive Kaltstartzuschlägen sowie Aufwirbelung und Abrieb), richtungsgetreunt für die Teilstrecken der Ortsdurchfahrt Urbach, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (angenommener Befolgungsgrad: 100%, Abschnitt 1 bis 4 nach Tab. 2.1)*

Gesamt- emissionen [kg/(km*a)]	NO <sub>x</sub>	PM10 (gesamt)	NO <sub>x</sub>	PM10 (gesamt)	NO <sub>x</sub>	PM10 (gesamt)
	Fahrtrichtung Osten		Fahrtrichtung Westen		gesamt	
<b>T50 N</b>						
<b>gesamt</b>	<b>1.165</b>	<b>130,1</b>	<b>696</b>	<b>114,0</b>	<b>1.861</b>	<b>244,1</b>
Abschnitt 1	1.022	122,5	791	114,1	1.813	236,5
Abschnitt 2	1.630	162,5	1.138	145,1	2.768	307,7
Abschnitt 3	1.267	129,5	422	99,9	1.689	229,5
Abschnitt 4	975	116,5	579	104,3	1.553	220,7
<b>T30</b>						
<b>gesamt</b>	<b>1.020</b>	<b>118,7</b>	<b>689</b>	<b>108,1</b>	<b>1.709</b>	<b>226,8</b>
Abschnitt 1	897	117,4	715	104,3	1.612	221,7
Abschnitt 2	1.256	137,8	967	142,1	2.224	279,9
Abschnitt 3	1.185	123,0	491	97,3	1.676	220,3
Abschnitt 4	842	116,0	642	104,0	1.484	220,0
<b>Veränderung</b>						
<b>gesamt</b>	<b>-12,5%</b>	<b>-8,8%</b>	<b>-1,1%</b>	<b>-5,1%</b>	<b>-8,2%</b>	<b>-7,1%</b>
Abschnitt 1	-12,2%	-4,1%	-9,6%	-8,6%	-11,1%	-6,3%
Abschnitt 2	-22,9%	-15,2%	-15,0%	-2,1%	-19,7%	-9,0%
Abschnitt 3	-6,5%	-5,0%	16,3%	-2,7%	-0,8%	-4,0%
Abschnitt 4	-13,6%	-0,4%	11,0%	-0,3%	-4,5%	-0,3%

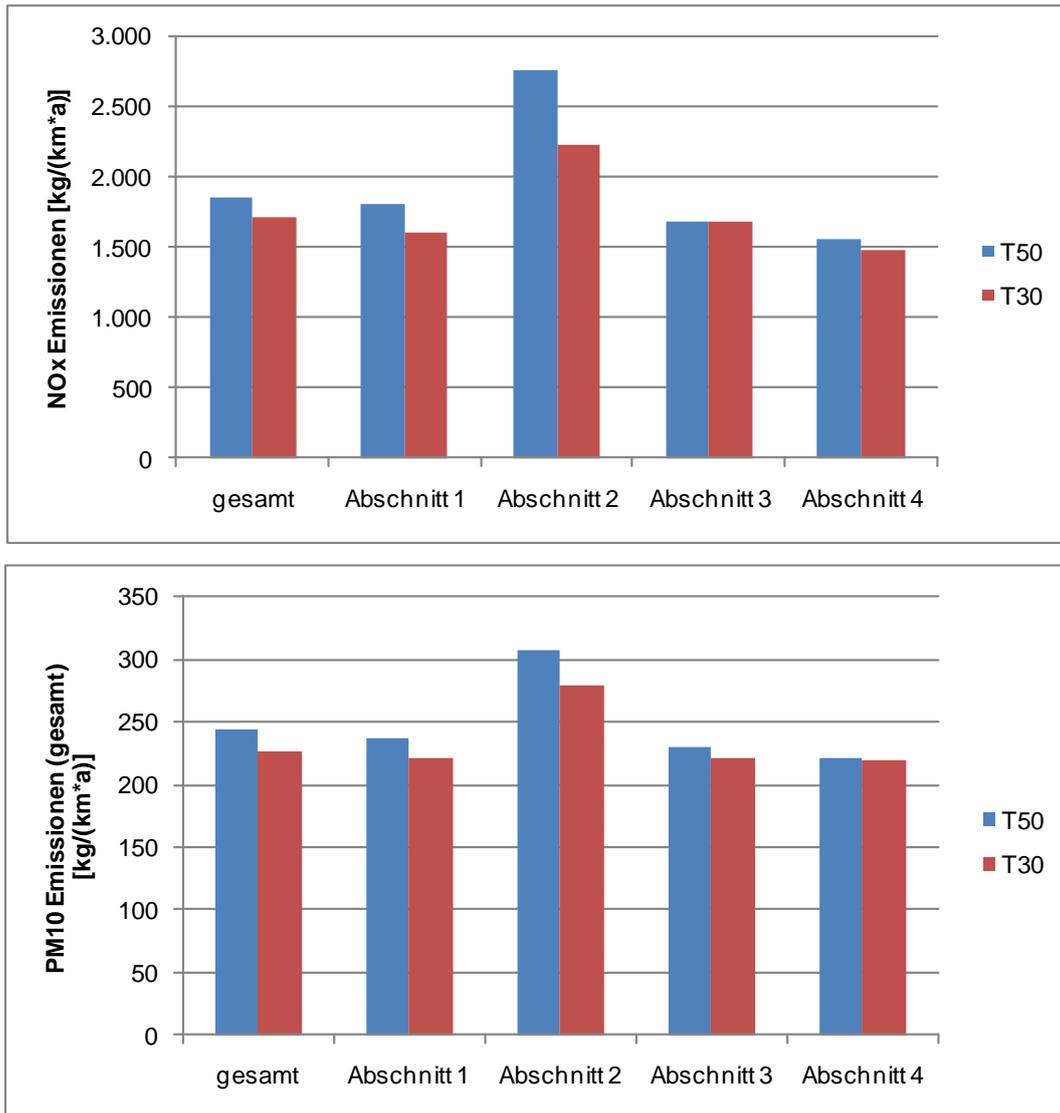


Bild 3.8: *Jahresemission (oben: NO<sub>x</sub>, unten: PM10 (gesamt)) für die Ortsdurchfahrt Urbach, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (angenommener Befolgungsgrad: 100%, Abschnitt 1 bis 4 nach Tab. 2.1)*

## 4 Weitere Maßnahmen zur Verstetigung des Verkehrs

Als weitere Maßnahmen zur Verstetigung und Verflüssigung des Verkehrs kommen in Urbach nur Änderungen an den LSA-Schaltungen in Betracht. Es handelt sich bei allen LSA in Urbach um Fußgängerbedarfsampeln, welche den Verkehrsfluss je nach Fußgängeraufkommen beeinflussen. Die am häufigsten betätigte LSA befindet sich an der Hauptstraße beim Größenwiesenweg (Teilabschnitt 2). Da hier auch die Verkehrsmengen am größten sind und die LSA darüber hinaus für Schulwegbeziehungen von Bedeutung ist, sollten an dieser LSA keine Änderungen vorgenommen werden.

Nichtsdestotrotz soll in der vorliegenden Untersuchung der Maximizeffekt für die Luftqualität abgeschätzt werden, der durch Änderungen an den LSA-Schaltungen erzielt werden kann. Dazu wird angenommen, dass alle LSA in Urbach abgeschaltet werden. Dazu werden in die Auswertung nur die nicht von LSA beeinflussten Fahrten (siehe Tab. 2.2) aufgenommen. Diese sind in Bild 4.1 (Fahrtrichtung Osten) und Bild 4.2 (Fahrtrichtung Westen) grafisch dargestellt.

Analog zum Vorgehen in Kapitel 3 wurden unter den in Abschnitt 3.5 beschriebenen Annahmen Emissionsfaktoren und Jahresemissionen  $\text{NO}_x$  und  $\text{PM}_{10}$  (gesamt) berechnet. Die Werte für den Normalfall (T50 mit LSA, auf Basis aller Fahrten), für die von LSA unbeeinflussten T50 Fahrten (T50 ohne LSA), für alle T30 Fahrten (T30 mit LSA) sowie für die von LSA unbeeinflussten T30 Fahrten (T30 ohne LSA) sind ebenso wie die Reduktionen gegenüber dem Normalfall T50 mit LSA in Tab. 4.1 angegeben und in Bild 4.3 grafisch dargestellt.

Als Ergebnis dieser Auswertung folgt, dass durch Reduzierung der Grünphasen für Fußgänger Emissionen vermindert werden können. Die Effekte sind im Maximalfall einer Abschaltung aller LSA (-6% bei  $\text{NO}_x$ , -2% bei  $\text{PM}_{10}$ ) etwas geringer als die durch eine Einführung von T30 erzielbaren Minderungen (-8% bei  $\text{NO}_x$ , -7% bei  $\text{PM}_{10}$ ). Bei Einführung von T30 in Kombination mit einer Abschaltung der LSA könnten die höchsten Reduzierungen erreicht werden (-11% bei  $\text{NO}_x$ , -8% bei  $\text{PM}_{10}$ ).

Eine Betrachtung der Einzelabschnitte zeigt, dass der Einfluss der LSA auf die Emissionen auf Abschnitt 2, wo sich die am häufigsten bediente Fußgängerbedarfs-LSA befindet, am stärksten ist. Allerdings sind auch hier wieder die großen Unsicherheiten zu beachten.

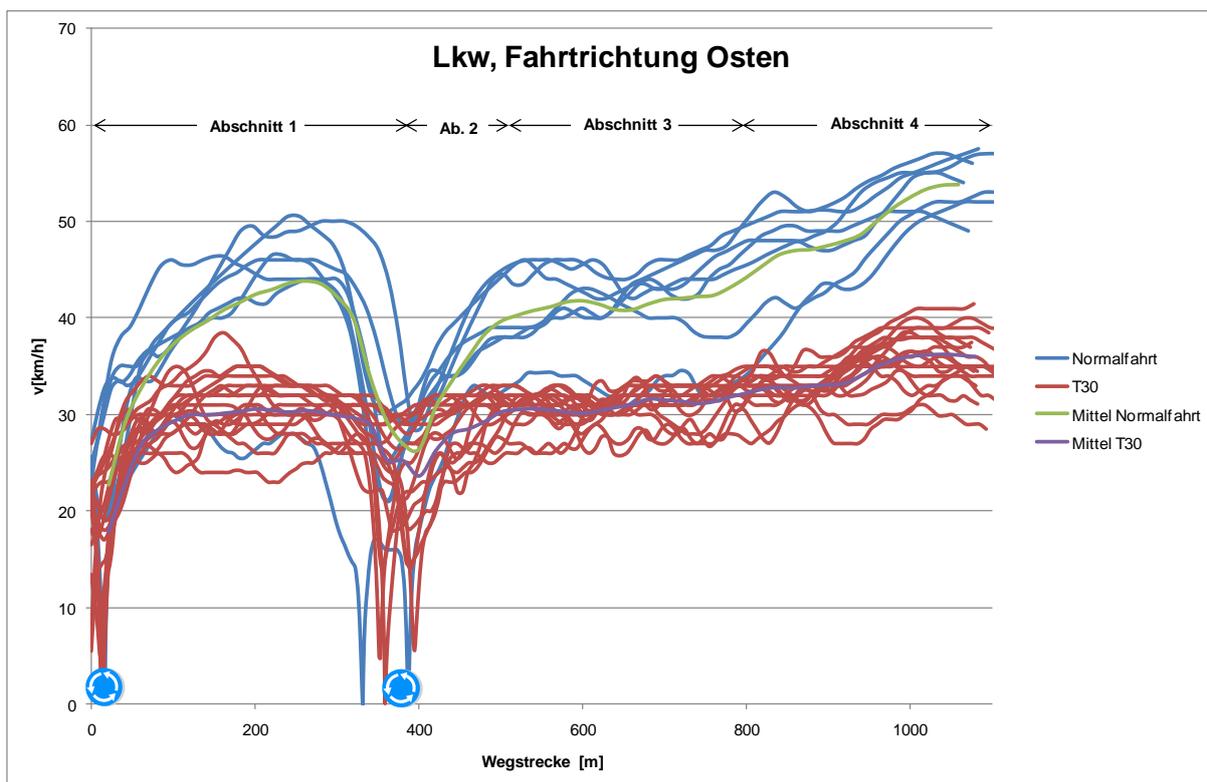
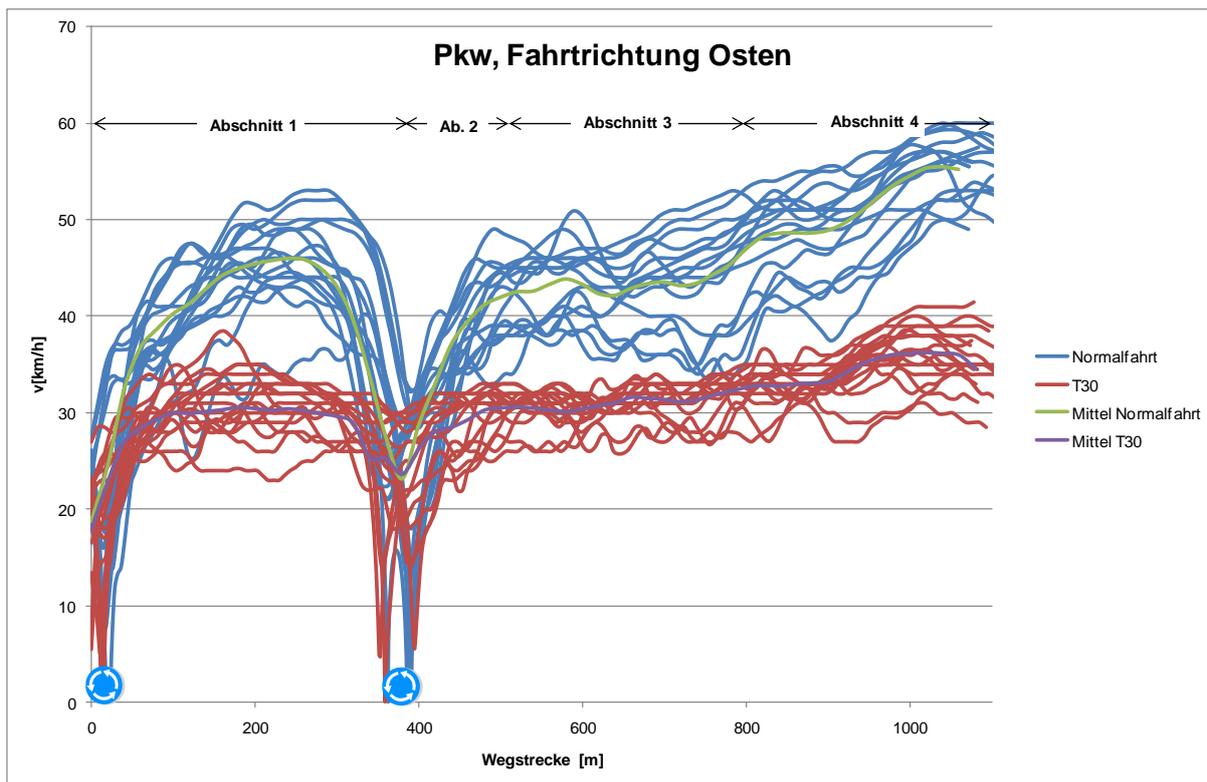


Bild 4.1: Fahrprofile der nicht von LSA beeinflussten Messfahrten in **Fahrtrichtung Osten**: T50-Normalfahrt (blaue Linien) und T30-fiktiv (rote Linien), oben: Normalfahrten, unten: Lkw-Verfolgungsfahrten (Abschnitt 1 bis 4 nach Tab. 2.1)

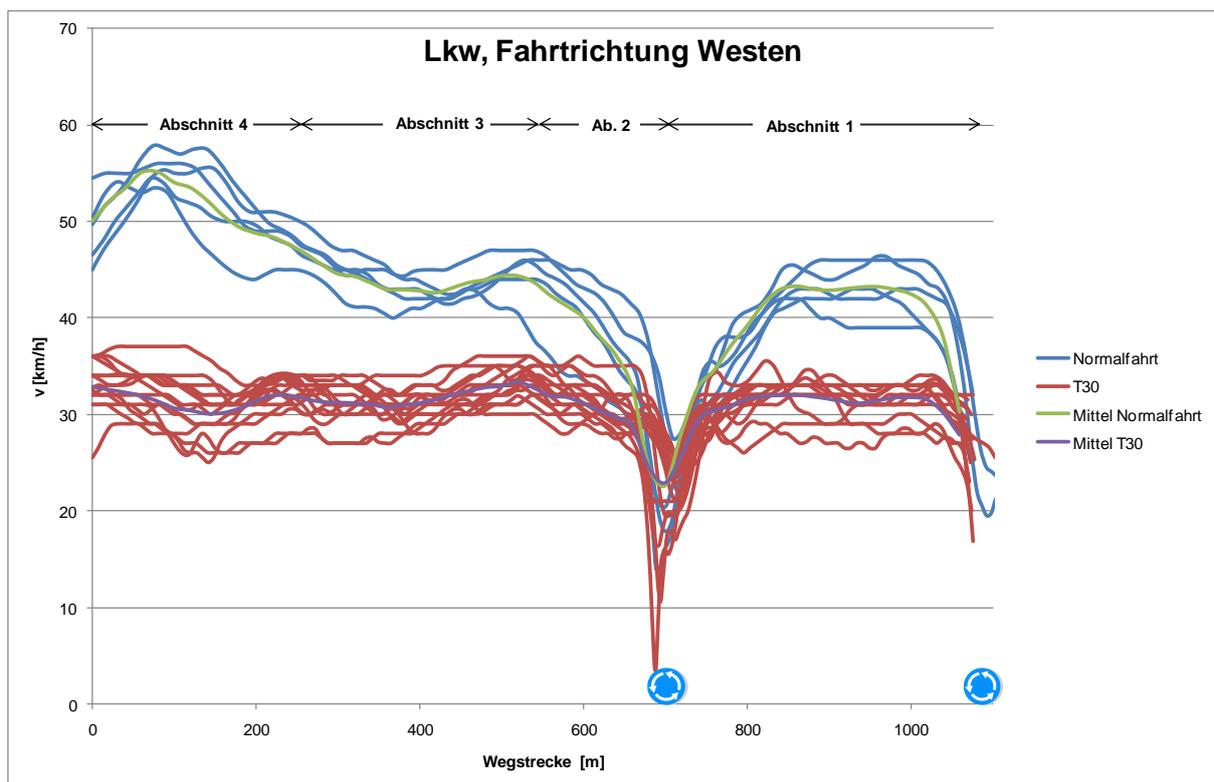
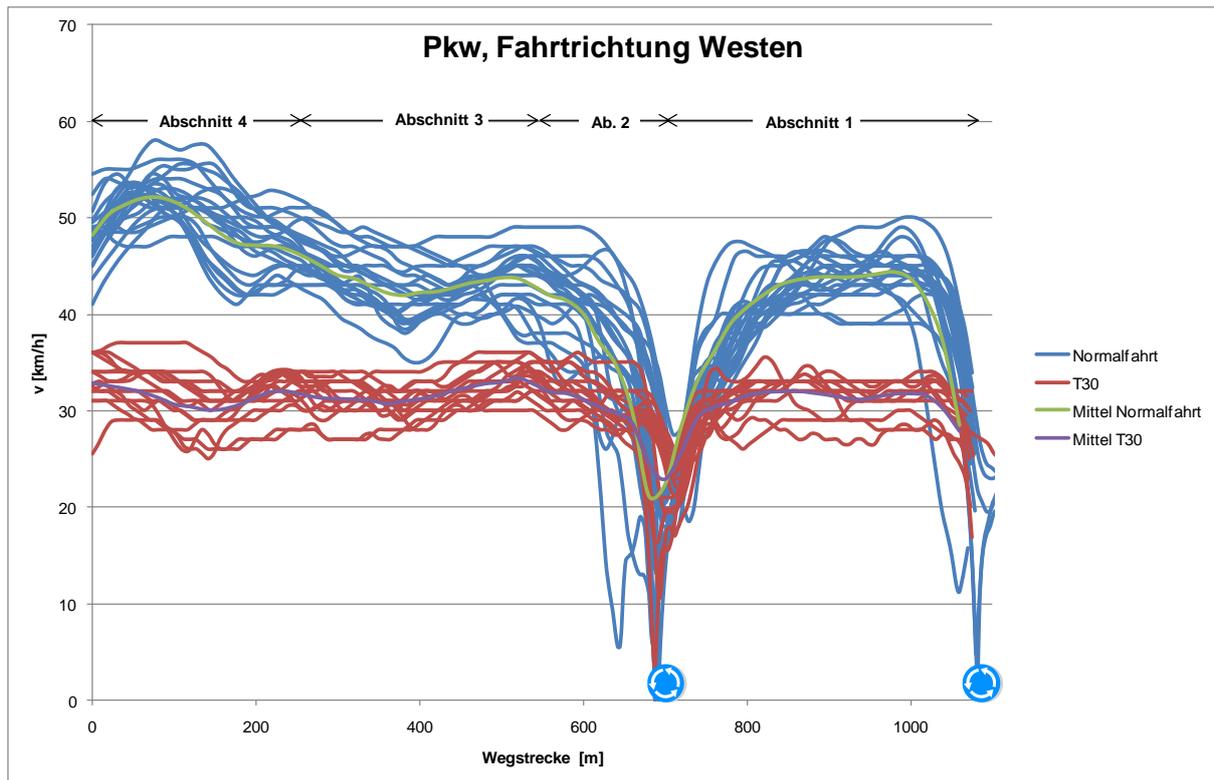
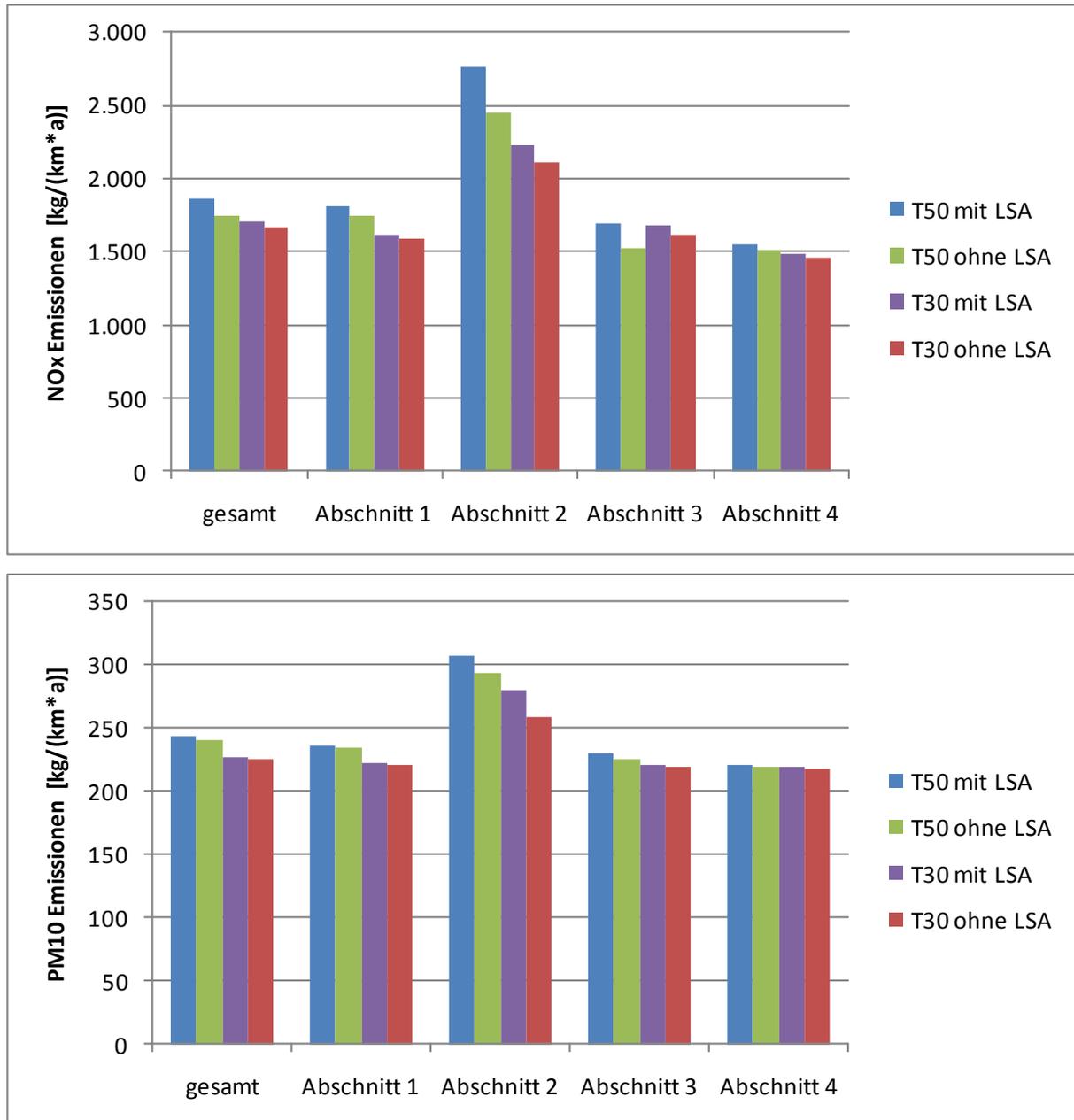


Bild 4.2: Fahrprofile der nicht von LSA beeinflussten Messfahrten in **Fahrtrichtung Westen**: T50-Normalfahrt (blaue Linien) und T30-fiktiv (rote Linien), oben: Normalfahrten, unten: Lkw-Verfolgungsfahrten (Abschnitt 1 bis 4 nach Tab. 2.1)

Tab. 4.1: Jahresmissionen (NO<sub>x</sub> und PM10<sup>1</sup>, inklusive Kaltstartzuschlägen sowie Aufwirbelung und Abrieb) für die Ortsdurchfahrt Urbach, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile für T50 und T30 jeweils auf Basis aller Fahrten (mit LSA) und auf Basis der von Ampeln unbeeinflussten Fahrten (ohne LSA) sowie Änderungen gegenüber dem Normalfall T50 mit LSA

Gesamt- emissionen	NOx [kg/(km*a)]	PM10 (gesamt)	NOx Änderung ggü. T50 mit LSA	PM10 (gesamt)
<b>T50 mit LSA</b>				
<b>gesamt</b>	<b>1.861</b>	<b>244,1</b>		
Abschnitt 1	1.813	236,5		
Abschnitt 2	2.768	307,7		
Abschnitt 3	1.689	229,5		
Abschnitt 4	1.553	220,7		
<b>T50 ohne LSA</b>				
<b>gesamt</b>	<b>1.748</b>	<b>240,0</b>	<b>-6,1%</b>	<b>-1,7%</b>
Abschnitt 1	1.739	233,8	-4,1%	-1,2%
Abschnitt 2	2.443	293,8	-11,7%	-4,5%
Abschnitt 3	1.529	224,7	-9,5%	-2,1%
Abschnitt 4	1.510	218,9	-2,8%	-0,8%
<b>T30 mit LSA</b>				
<b>gesamt</b>	<b>1.709</b>	<b>226,8</b>	<b>-8,2%</b>	<b>-7,1%</b>
Abschnitt 1	1.612	221,7	-11,1%	-6,3%
Abschnitt 2	2.224	279,9	-19,7%	-9,0%
Abschnitt 3	1.676	220,3	-0,8%	-4,0%
Abschnitt 4	1.484	220,0	-4,5%	-0,3%
<b>T30 ohne LSA</b>				
<b>gesamt</b>	<b>1.664</b>	<b>225,7</b>	<b>-10,6%</b>	<b>-7,5%</b>
Abschnitt 1	1.584	220,9	-12,6%	-6,6%
Abschnitt 2	2.110	259,1	-23,8%	-15,8%
Abschnitt 3	1.610	219,1	-4,7%	-4,5%
Abschnitt 4	1.463	217,1	-5,9%	-1,6%

<sup>1</sup> Die Feinstaubemissionen aus Aufwirbelung und Abrieb wurden für die Fahrten ohne LSA nicht reduziert.



**Bild 4.3** Jahresmissionen (oben: NO<sub>x</sub>, unten: PM<sub>10</sub>, inklusive Kaltstartzuschlägen sowie Aufwirbelung und Abrieb) für die Ortsdurchfahrt Urbach, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile für T50 und T30 jeweils auf Basis aller Fahrten (mit LSA) und auf Basis der von Ampeln unbeeinflussten Fahrten (ohne LSA)

## 5 Grundlagen der Immissionsberechnung

### 5.1 Einleitung

Das Strömungs- und Ausbreitungsfeld in bebauten Gebieten wird maßgeblich durch die Gebäude geprägt. Es bilden sich zum Teil sehr komplexe, dreidimensionale Strömungszonen wie Nachlaufzonen, Rückströmzonen und Wirbelgebiete aus. Zur flächendeckenden, detaillierten Prognostizierung der Immissionskonzentrationen unter Berücksichtigung der realen Bebauung kommen in aller Regel numerische Modelle zum Einsatz, die in der Lage sind, diese komplexen Strömungs- und Ausbreitungsverhältnisse abzubilden. Alternativ werden häufig für eine Ersteinschätzung vereinfachte Verfahren, so genannte Screening-Modelle, eingesetzt, bei denen gegenüber detaillierten Berechnungen bzgl. der Genauigkeit Abstriche zu machen sind. Diese Vorgehensweise wird für Urbach gewählt. Das Verfahren sowie die für die Berechnungen benötigten Eingangsparameter werden im Folgenden beschrieben.

### 5.2 Das Screeningmodell

Ein Screening-Modell ist ein Verfahren, mit dessen Hilfe unter Vorgabe bestimmter Randbedingungen die Immissionskonzentrationen im Nahbereich von Quellen abgeschätzt werden können. Die Grundlage des hier eingesetzten Screening-Modells ISIS /Bangert, 1996/ bilden so genannte Transmissionskoeffizienten, die im Vorfeld mit dem komplexen mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM für standardisierte Randbedingungen gewonnen und in einer Datenbank abgelegt werden. „Standardisierte Randbedingungen“ bedeutet, dass die Transmissionskoeffizienten für fest vorgegebene

- Einheitsquellen (Lage und Größe)
- Emissionen  $E_{\text{Screening}}$  (in diesem Fall die Kfz-erzeugten Emissionen)
- Windgeschwindigkeiten  $U_{\text{Screening}}$
- Windrichtungen
- und Bebauungsstrukturen

ermittelt wurden. Für eine real gegebene Situation kann daraus die Immission  $I_{\text{real}}$  durch eine einfache lineare Skalierung der Transmissionskoeffizienten ( $I_{\text{screening}}$ ) mit der tatsächlich vorhandenen Emission  $E_{\text{real}}$  und reziproken Skalierung mit der Windgeschwindigkeit  $U_{\text{real}}$  ermittelt werden:

$$I_{\text{real}} = I_{\text{Screening}} \cdot \frac{E_{\text{real}}}{E_{\text{Screening}}} \cdot \frac{U_{\text{Screening}}}{U_{\text{real}}}$$

Dieser Transformation liegt die Annahme zugrunde, dass bei gleicher Bebauungsstruktur, Quellposition, Anströmrichtung und atmosphärischer Schichtung die Immissionskonzentrationen reziprok von der Windgeschwindigkeit und linear von den Emissionen abhängen. Bei

einer real doppelt so hohen Windgeschwindigkeit bzw. Emissionsstärke verglichen mit der Einheitswindgeschwindigkeit und -emission, die bei der Generierung der dem Screening-Modell zugrunde liegenden Ergebnisse gewählt wurden, halbieren bzw. verdoppeln sich die Immissionswerte. Bei niedrigen Windgeschwindigkeiten führt diese Annahme zu Abweichungen im Vergleich zu den realen Immissionskonzentrationen, da die durch Kfz erzeugte Turbulenz und gegebenenfalls auch thermische Effekte zunehmend an Einfluss gewinnen. Allerdings sind sowohl die Bestimmung des Einflusses fahrzeuginduzierter Turbulenz als auch thermischer Einflüsse innerhalb einer Bebauung und deren Berücksichtigung selbst in prognostischen mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodellen zurzeit noch nicht Stand der Technik. Durch die Nichtberücksichtigung bspw. der durch Kfz erzeugten Turbulenz liegt man im Sinne einer konservativen Betrachtung eher auf der sicheren Seite.

Variable Größen des Screening-Modells ISIS sind die mittlere Bebauungshöhe eines Straßenabschnitts, die mittlere Straßenbreite und die Bebauungsstruktur der Randbebauung. Dem Modell ISIS liegen folgende standardisierte Bebauungsstrukturen zugrunde:

- beidseitig geschlossene Randbebauung (Straßenschlucht)
- einseitig geschlossene, einseitig offene Randbebauung
- beidseitig durchbrochene Randbebauung
- einseitig durchbrochene, einseitig offene Randbebauung
- einseitig geschlossene, einseitig durchbrochene Randbebauung.

Das Screening-Modell liefert als Ergebnis eine mittlere Immissionskonzentration für den betrachteten Straßenabschnitt. Je näher die standardisierte Bebauungsstruktur dabei der tatsächlichen Bebauung kommt, desto besser ist die Übereinstimmung zwischen der Realität und der Screening-Berechnung.

### 5.3 Festlegung der Bebauungsstrukturen

Zur Festlegung der Bebauungsstrukturen wurden folgende Unterlagen verwendet:

- Katasterpläne
- Luftbildaufnahmen
- Videoaufnahmen.

Auf der Basis dieser Unterlagen wurden die mittleren Gebäudehöhen für einzelne Streckenabschnitte der Schorndorfer Straße zwischen Neumühlenweg und Mülhstraße sowie der Hauptstraße zwischen Mülhstraße und Ortsausfahrt Richtung Südosten festgelegt. Die für die Immissionsabschätzung gewählten Streckenabschnitte sind Abschnitte mit gleich bleibenden Verkehrs- und damit Emissionswerten sowie ähnlicher Bebauungsstruktur oder Straßengeometrie. Emissionsseitig ergaben sich, wie in Bild 2.1 dargestellt, insgesamt 4 Abschnitte. Der Streckenabschnitt 3 wurde für die Immissionsabschätzungen wegen deutlich unterschiedlicher Bebauungsstruktur bzw. Straßengeometrie in drei Unterabschnitte unterteilt:

- ID 3\_1 zwischen Hauptstraße Nr. 23 und Nr. 45,
- ID 3\_2 zwischen Hauptstraße Nr. 45 und Nr. 53 und
- ID 3\_3 zwischen Hauptstraße Nr. 53 und Nr. 63.

Das Screening-Modell kennt keine unterschiedlichen Gebäudehöhen für eine beidseitige Bebauung. Im Sinne einer eher konservativen Betrachtung wird bei unterschiedlicher mittlerer Bebauungshöhe die jeweils höhere mittlere Gebäudehöhe für beide Straßenseiten zugrunde gelegt.

Die mittlere Straßenbreite wurde aus den Katasterplänen für jeden Streckenabschnitt bestimmt. Des Weiteren wurde aus den Katasterplänen die Porosität der Bebauung ermittelt. Bei den hier betrachteten Straßenabschnitten erfolgte eine Einstufung in beidseitig geschlossene Randbebauung. Von einer durchbrochenen Randbebauung ist nach Definition in ISIS erst ab einer Porosität von größer 40% auszugehen. Dies ist in keinem der betrachteten Streckenabschnitte gegeben.

Das Screening-Modell benötigt neben den Bebauungsstrukturen- und Geometrien auch noch die Straßenausrichtung gegen Nord. Diese wurde aus dem im Straßennetzmodell gegebenen Anfangs- und Endkoordinaten eines jeden Streckenabschnitts ermittelt.

## 5.4 Möglichkeiten und Grenzen des Screening-Modells

Der Ansatz des Screening-Verfahrens bringt dadurch, dass er auf standardisierten Bebauungsstrukturen basiert, eine Vereinfachung mit sich. Es ist damit zu rechnen, dass die in einem Screening-Modell bereitgestellten Bebauungsstrukturen im konkreten Fall die in der Natur gegebenen Bebauungsstrukturen nicht exakt wiedergeben. Aus diesem Grund handelt es sich bei Screening-Modellen um Abschätzverfahren. Je genauer jedoch die reale Bebauung durch eine standardisierte Bebauungsstruktur wiedergegeben werden kann, desto besser stimmen die berechneten Werte mit der Realität überein. Dies ist vor allem in innerstädtischen Kernbereichen mit dichter Straßenrandbebauung (Straßenschluchtcharakter) und häufig nur leicht variierenden Gebäudehöhen recht gut gegeben. Da in diesen Straßenschluchten aufgrund des reduzierten Luftaustausches mit der Atmosphäre über Dach mit hohen Immissionsbelastungen zu rechnen ist, kann man davon ausgehen, dass mit den Screening-Modellen für die lufthygienisch kritischeren Straßenzüge recht verlässliche Aussagen erzielt werden können.

Erreichen für einen konkreten Fall die mit dem Screening-Modell berechneten Immissionskonzentrationen an beurteilungsrelevanten Punkten die maßgeblichen Grenzwerte, dann sollten vor allem für Abschnitte, bei denen die Bebauungsstrukturen in der Realität deutlich von den standardisierten Bebauungsstrukturen abweichen, Modellrechnungen mit einem detaillierten Modellverfahren wie bspw. MISKAM durchgeführt werden, mit dem die reale Bebauungsstruktur sowie das Strömungs- und Turbulenzfeld nahezu naturgetreu wiedergegeben werden kann.

## 6 Berechnung statistischer Kenngrößen der Immissions-Gesamtbelastung

### 6.1 Ermittlung der Jahresmittelwerte

#### 6.1.1 Windstatistik

Für die Berechnung statistischer Kennwerte mit dem Screening-Modell sollten meteorologische Daten herangezogen werden, die für das Untersuchungsgebiet repräsentativ sind. Meteorologische Messungen liegen für Urbach oder die unmittelbare Umgebung nicht vor.

Für den Standort Urbach selbst sind keine Windmessdaten verfügbar. Allerdings liegen für das Gebiet um Urbach berechnete Windstatistiken vor, 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 6.1 zeigt mehrere Häufigkeitsverteilungen der Windrichtungen für den Raum Urbach, die sich strukturell nur geringfügig unterscheiden. Am häufigsten treten Winde aus Ostsudost auf, ein sekundäres Maximum findet sich bei westlichen Windrichtungen. Die jahresmittlere Windgeschwindigkeit liegt zwischen 1,5 und 1,7 m/s. Für die vorliegende Untersuchung wurde die in Bild 6.2 dargestellte Windrose zugrunde gelegt.

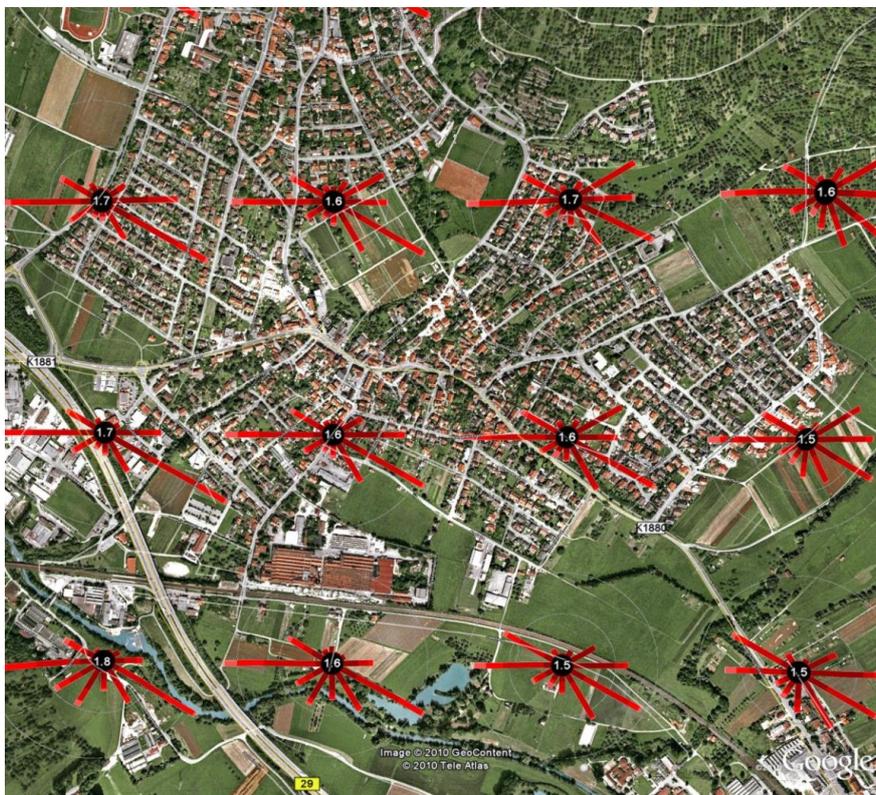
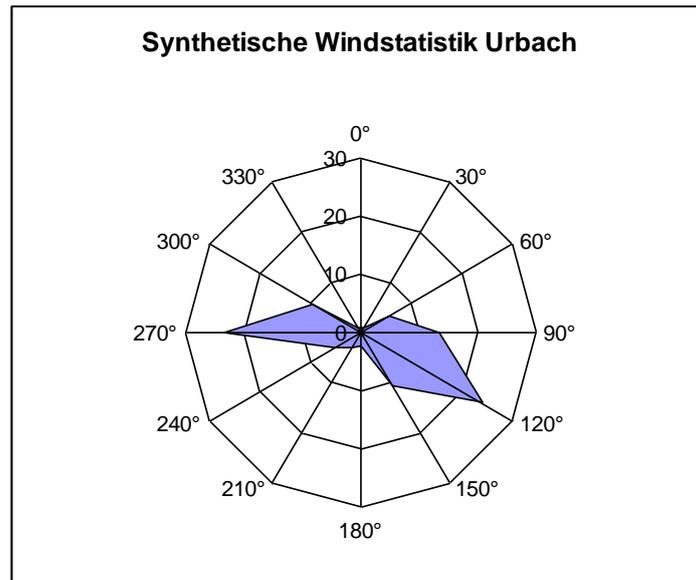


Bild 6.1: Typische Häufigkeitsverteilungen (% der Jahresstunden) der Windrichtungen (°) im Raum Urbach; Basis: synthetische Ausbreitungsklassenstatistiken



*Bild 6.2: Die für die Immissionsbestimmung gewählte Häufigkeitsverteilung (% der Jahresstunden) der Windrichtungen (°) im Bereich Urbach; Basis: synthetische Ausbreitungsklassenstatistik*

### 6.1.2 Hintergrundbelastung

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

In dem Bericht „Luftreinhaltepläne- und Aktionspläne für Baden-Württemberg, Grundlagenband“ der LUBW /LUBW 2009/ wird für Urbach für die Hintergrundbelastung von  $\text{NO}_2$  für das Jahresmittel ein Wert von  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  angegeben. Für das Jahresmittel von  $\text{PM}_{10}$  ist für den Raum Urbach kein Wert gegeben. Für andere mittelgroße Städte in Baden-Württemberg für das Jahr 2009 werden für die Hintergrundbelastung Werte zwischen  $19$  und  $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$  genannt. Basierend darauf wird für diese Studie ein mittlerer Wert von  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für das Jahr 2009 zu Grunde gelegt. Zur Berücksichtigung eines Rückgangs der Hintergrundbelastung bis zum betrachteten Jahr 2010 werden die Hintergrundbelastungswerte entsprechend dem Vorschlag der MLuS 2005 abgemindert, es ergibt sich für  $\text{NO}_2$  ein Wert von  $27,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und für  $\text{PM}_{10}$  von  $19,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 6.1.3 Bestimmung der Gesamtbelastung

Mit den charakteristischen Werten für die Hintergrundbelastung werden durch Überlagerung mit den berechneten Zusatzbelastungswerten aus ISIS die statistischen Kenngrößen (Jah-

resmittelwerte für PM10 und NO<sub>x</sub>) der Gesamtbelastung zum Vergleich mit den Grenzwerten berechnet. Die Überlagerung der Hintergrundbelastungswerte mit den Zusatzbelastungswerten erfolgt durch Addition der Jahresmittelwerte.

Da mit ISIS nur die Ausbreitung inerte Schadstoffe simuliert werden kann, andererseits jedoch die Konzentrationen des reaktiven Schadstoffs NO<sub>2</sub> bestimmt und beurteilt werden muss, muss bei der Berechnung der statistischen Kenngrößen für NO<sub>2</sub> die NO-NO<sub>2</sub>-Konversion berücksichtigt werden. Die chemische Umwandlung von NO<sub>x</sub> nach NO<sub>2</sub> ist äußerst komplex und von einer Reihe von Parametern wie UV-Strahlung, Ozonwert, Temperatur, um nur einige zu nennen, abhängig. Im Rahmen dieser Screening-Berechnungen erfolgt die Umwandlung mittels des empirischen Modells von Romberg /ROMBERG 1996/, das den NO-NO<sub>2</sub>-Umwandlungsgrad als Funktion der NO<sub>x</sub>-Gesamtmission beschreibt.

#### 6.1.4 Beurteilungsgrundlage

Für die Beurteilung der Immissionskonzentrationen von NO<sub>2</sub> und PM10 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. 6.1 zusammengestellt. Wie aus Tab. 6.1 zu entnehmen ist, müssen die Grenzwerte für NO<sub>2</sub> seit Beginn des Jahres 2010 eingehalten werden. Die Grenzwerte für PM10 gelten seit Anfang 2005.

Tab. 6.1: Lufthygienische Grenzwerte der EU-Richtlinie (39. BImSchV) für die verkehrsrelevanten Luftschadstoffe NO<sub>2</sub> und PM10

Luftschadstoff	Immissionswert	Statistische Definition	Zeitpunkt, seit dem der Grenzwert eingehalten werden muss
NO <sub>2</sub>	40 µg/m <sup>3</sup> 200 µg/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert (Kalenderjahr) 1 Stunde; 200 µg/m <sup>3</sup> dürfen bis zu 18 mal im Kalenderjahr überschritten werden	gültig seit 01.01.2010 gültig seit 01.01.2010
Partikel (PM10)	40 µg/m <sup>3</sup> 50 µg/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert (Kalenderjahr) 24 Stunden; 50 µg/m <sup>3</sup> dürfen bis zu 35 mal im Kalenderjahr überschritten werden	gültig seit 01.01.2005 gültig seit 01.01.2005

### 6.1.5 Berechnung von Kurzzeitwerten der Gesamtbelastung

Die 39. BImSchV, deren Grenzwerte für die Immissionsbeurteilung relevant sind, enthält neben den Immissionsgrenzwerten für die Jahresmittelwerte von NO<sub>2</sub> und PM<sub>10</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), sowie für den Tagesmittelwert von PM<sub>10</sub>, der nicht öfter als 35 mal im Kalenderjahr überschritten werden darf. Mit den vorliegenden Eingangsdaten und dem eingesetzten Berechnungsverfahren können direkt keine Kurzzeitwerte bestimmt werden. Hierzu wären eine meteorologische Zeitreihe, Zeitreihen der Stundenmittelwerte der Vorbelastung sowie detaillierte, möglichst stundenfeine Informationen bzgl. des Verkehrsablaufs notwendig. Diese Datengrundlage ist im vorliegenden Fall nicht vorhanden und wäre auch nur mit großem Aufwand zu erstellen. Es gibt jedoch empirische Ansätze, mit deren Hilfe eine Angabe zur Anzahl der Überschreitungen der Kurzzeitgrenzwerte für NO<sub>2</sub> und PM<sub>10</sub> möglich ist.

So ist für NO<sub>2</sub> eine Unterschreitung des 99,8%-Wertes mit hoher Wahrscheinlichkeit sichergestellt, wenn der 98%-Wert der Gesamtbelastung für NO<sub>2</sub> einen Wert von ca. 115 µg/m<sup>3</sup> (bezogen auf die seit 2010 geltenden Grenzwerte) unterschreitet. Diese Korrelation zwischen der Überschreitungshäufigkeit der Kurzzeitwerte und 98%-Werten wurde aus umfangreichen Messungen von /LOHMEYER 2000/ abgeleitet.

Hierzu sei angemerkt, dass Messungen an den verkehrsreichen Straßen in Baden-Württemberg in den letzten Jahren nahezu keine Überschreitungen des 99,8%-Grenzwertes für NO<sub>2</sub> ergeben haben. Die maximal zulässigen 18 Überschreitungen des Kurzzeitwertes können offensichtlich selbst an verkehrsreichen Straßen mit hoher Emissionsbelastung derzeit eingehalten werden. Auf eine Ableitung des 99,8%-Wertes wird aus diesem Grund in dieser Untersuchung verzichtet.

Bei PM<sub>10</sub> ist es derzeit ebenfalls noch Standard, den 90,4%-Wert auf der Basis des Jahresmittelwertes abzuschätzen. Die Auswertung umfangreicher Messungen von kontinuierlich betriebenen Dauermessstellen in Deutschland und europäischen Nachbarländern zeigt einen nahezu linearen Zusammenhang zwischen dem 90,4%-Wert der Tagesmittelwerte und dem Jahresmittelwert. Die Schwankungsbreite ist verständlicherweise hoch. Der "Best fit" ergibt je nach Quelle ein Verhältnis zwischen dem 90,4%-Wert und dem Jahresmittelwert von 1,62 (Messstellen in Deutschland, Tschechien und Italien), 1,68 /MOORCROFT 1999/, 1,7 /FRIEDRICH 2000/ bzw. 1,79 (worst-case-fit nach /LOHMEYER 2003/). Bei einem zulässigen 24-Stundenwert (Grenzwert inklusive Toleranzmarge) von 50 µg/m<sup>3</sup> seit dem Jahre 2005 liegen die Schwellenwerte für den Jahresmittelwert bei den oben zitierten Arbeiten zwischen 28 und 31 µg/m<sup>3</sup>. Das LANUV NRW kommt auf Grund der Auswertung der PM<sub>10</sub>-Messungen von bundesweit über 1000 Messstellen zu dem Ergebnis, dass ab einem Jahresmittel von 30 µg/m<sup>3</sup> in über 90% der Fälle von mehr als 35 Überschreitungstagen ausgegangen werden kann.

Legt man die Ergebnisse der LANUV-Studien zugrunde, dann ist bezogen auf den ab 2005 gültigen Grenzwert für den 24-h-Wert von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei einem Jahresmittel von bis zu  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Unterschreitung des 90,4%-Wertes gegeben, bei einem Jahresmittel von  $> 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Überschreitung des 90,4%-Wertes.

## 7 Ergebnisse und Bewertung der Immissionsabschätzungen

Mit dem Screening-Modell ISIS wurden unter Berücksichtigung der Emissionen, der Hintergrundbelastung und der für den Innenstadtbereich charakteristischen Meteorologie für das Jahr 2010 die NO<sub>2</sub>- und PM10-Jahresmittelwerte der Gesamtbelastung für die interessierenden Straßenabschnitte berechnet. Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen sind in Tab. 7.1 zusammengestellt. Für die Emissionen bei T30 wurde ein Befolgungsgrad von 100% angenommen; bei geringeren Befolgungsgraden reduzieren sich die Effekte entsprechend (siehe Tab. 3.7).

Tab. 7.1: Zusammenstellung der für die betrachteten Straßenabschnitte und Szenarien berechneten maximal zu erwartenden Jahresmittelwerte für NO<sub>2</sub> und PM10 in µg/m<sup>3</sup> sowie Änderungen gegenüber dem Basisfall T50

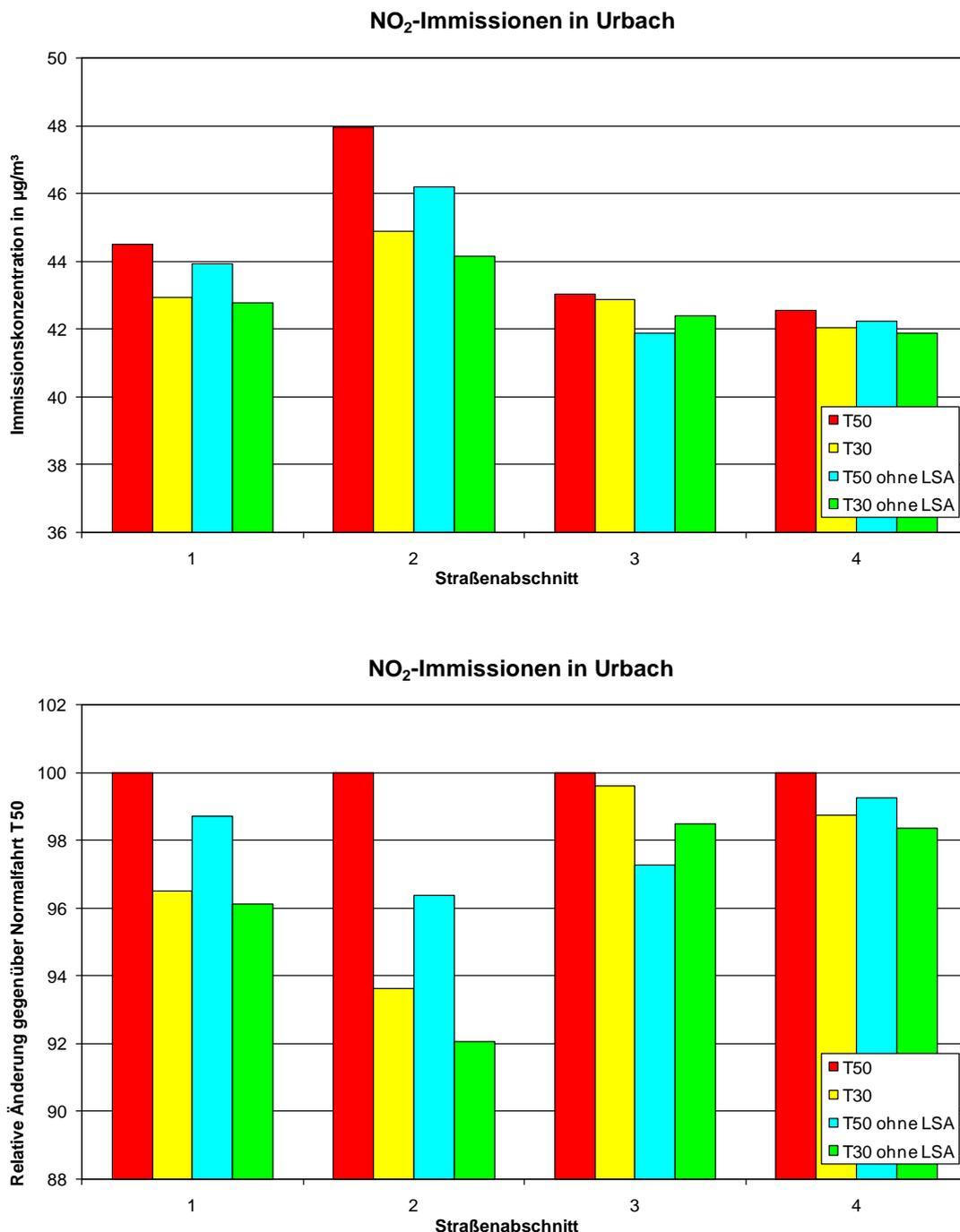
ID	Straße	Jahresmittlere Konzentration in µg/m <sup>3</sup>				Reduktion gegenüber T50			
		Berechnungsfall				Berechnungsfall			
			T50	T30	T50 ohne LSA	T30 ohne LSA	T30	T50 ohne LSA	T30 ohne LSA
1	Schomdorferstraße	NO <sub>2</sub>	44,5	43,0	43,9	42,8	-3,5%	-1,3%	-3,9%
		PM10	25,8	25,7	25,7	25,6	-0,5%	-0,4%	-0,8%
2	Hauptstraße	NO <sub>2</sub>	48,0	44,9	46,2	44,2	-6,4%	-3,6%	-7,9%
		PM10	27,8	27,5	27,5	27,4	-1,1%	-1,1%	-1,5%
3_1	Hauptstraße	NO <sub>2</sub>	43,0	42,9	41,9	42,4	-0,4%	-2,7%	-1,5%
		PM10	25,9	25,9	25,7	25,8	0,0%	-0,8%	-0,4%
3_2	Hauptstraße	NO <sub>2</sub>	42,4	42,4	41,3	41,9	-0,1%	-2,8%	-1,3%
		PM10	25,6	25,6	25,5	25,6	0,0%	-0,4%	0,0%
3_3	Hauptstraße	NO <sub>2</sub>	39,3	39,2	38,3	38,8	-0,1%	-2,5%	-1,2%
		PM10	24,1	24,1	24,0	24,1	0,0%	-0,4%	0,0%
4	Hauptstraße	NO <sub>2</sub>	42,6	42,0	42,3	41,9	-1,2%	-0,8%	-1,6%
		PM10	25,5	25,7	25,5	25,6	0,7%	0,0%	0,4%

Im Basisfall T50 werden mit ISIS für den Streckenabschnitt ID 2 mit 48,0 µg/m<sup>3</sup> bzw. 27,8 µg/m<sup>3</sup> die höchsten Jahresmittelwerte für NO<sub>2</sub> bzw. PM10 berechnet. Der Grenzwert für das Jahresmittel von NO<sub>2</sub> wird in diesem Streckenabschnitt, aber auch in den anderen betrachteten Streckenabschnitten bis auf Teilabschnitt 3\_3 im Analysejahr überschritten. Die berechneten Jahresmittelwerte für PM10 unterschreiten dagegen den Grenzwert für das Jahresmittel von 40 µg/m<sup>3</sup> sicher. Die Jahresmittelwerte liegen in allen Streckenabschnitten klar unter dem in Kap. 6.1.5 diskutierten Schwellenwert von 30 µg/m<sup>3</sup>, so dass eine Einhaltung der maximal zulässigen 35 Überschreitungen des Kurzzeitwertes für PM10 sichergestellt ist.

In Streckenabschnitt 3\_1 liegt der Messpunkt, an dem in den Jahren 2008 und 2009 Spottmessungen mit einem Passivsammler durchgeführt wurden. Für diesen Abschnitt wurden für den Basisfall T50 Jahresmittelwerte von 43,0 µg/m<sup>3</sup> für NO<sub>2</sub> und 25,9 µg/m<sup>3</sup> für PM10 ermittelt. Gemessen wurden dort NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte von 45 µg/m<sup>3</sup> (2008) bzw. 46 µg/m<sup>3</sup>

(2009). Die Übereinstimmung zwischen den Messungen in den Jahren 2008 und 2009 und den Abschätzungen mit ISIS für den Basisfall T50 ist als sehr gut zu bezeichnen.

In Bild 7.1 sind die jahresmittleren Immissionskonzentrationen für NO<sub>2</sub> (oben) sowie die relativen Anteile bezogen auf den Basisfall T50 mit LSA (unten) noch einmal grafisch dargestellt.



**Bild 7.1** Zusammenstellung der für die betrachteten Straßenabschnitte und Szenarien berechneten maximal zu erwartenden Jahresmittelwerte für NO<sub>2</sub> in µg/m<sup>3</sup> sowie Änderungen gegenüber dem Basisfall T50

Im Sinne einer einem Screening entsprechenden konservativen Abschätzung wurde für Abschnitt 3 die höchste Teilkonzentration der Unterabschnitte angesetzt.

Der Vergleich von T30 mit T50 zeigt Folgendes:

- Die Auswirkungen von Tempo 30 auf die Immissionen sind wie bei den Emissionen auf den einzelnen Streckenabschnitten uneinheitlich.
- Wegen der unveränderten Hintergrundbelastung betragen die prozentualen Änderungen bei NO<sub>2</sub> nur ungefähr ein Drittel der Änderungen der Emissionen, bei PM10 sind sie noch deutlich geringer.
- In den Streckenabschnitten 1, 2 und 4 ist bei allen Szenarien die berechnete NO<sub>2</sub>-Immissionskonzentration bei Tempo 30 etwas geringer als bei Tempo 50. In Streckenabschnitt 3 sind die Änderungen marginal.
- In keinem Streckenabschnitt führt die Einführung von T30 dazu, dass der Grenzwert für die Jahresmittlere NO<sub>2</sub> Konzentration eingehalten werden kann.
- Die PM10-Konzentrationen bleiben bei Einführung von T30 auf allen Streckenabschnitten nahezu unverändert.

Die Auswirkungen eines Abschaltens der LSA auf die Immissionskonzentrationen sind folgende:

- Ohne LSA sind die Immissionskonzentrationen von NO<sub>2</sub> auf allen Abschnitten niedriger als mit LSA, dies würde jedoch auf keinem Abschnitt zu einem Einhalten des Grenzwerts NO<sub>2</sub> führen.
- In Abschnitt 1 und 2 sind diese Minderungen geringer als die durch T30 erzielten Minderungen.
- In der Kombination T30 mit abgeschalteten LSA können die stärksten Reduktionen erreicht werden.
- Die Auswirkungen auf PM10 sind vernachlässigbar klein.

Zusammenfassend führt Tempo 30 für NO<sub>2</sub> auf allen Abschnitten zu geringen Abnahmen der Konzentration, auf Abschnitt 3 ist diese Änderung vernachlässigbar. Auch ein Abschalten der LSA würde überall zu leichten Abnahmen führen. Trotzdem wird auf allen Streckenabschnitten der Grenzwert für NO<sub>2</sub> immer noch überschritten. Für PM10 verändern sich die Immissionskonzentrationen für Tempo 30 fast nicht gegenüber Tempo 50.

## Zusammenfassung

Zur Ermittlung der Auswirkungen eines Tempolimits von 30 km/h in der Ortsdurchfahrt von Urbach wurden am 27.9.2010 in Urbach mit einem Pkw Messfahrten mit Tempo 50 und Tempo 30 „fiktiv“ sowie Lkw-Verfolgungsfahrten entlang dieser Ortsdurchfahrt durchgeführt. Zusätzlich wurden manuelle Kurzzeitzählungen mit Differenzierung nach Fahrzeugarten durchgeführt und die Strecke mit Video und Digitalkamera erfasst und dokumentiert.

Basierend auf den erhobenen Fahrzyklen wurden mit dem Modell PHEM der TU Graz die Abgasemissionen für diese Fahrprofile berechnet. Darauf aufbauend wurden unter Berücksichtigung des lokalen dynamischen Bestands und der bei den Zählungen erhobenen Verkehrsstärken „warme“ Emissionsfaktoren sowie jährliche Emissionen für NO<sub>x</sub> und PM<sub>10</sub> berechnet.

Im Handbuch Emissionsfaktoren HBEFA3.1 gibt es noch keine Emissionsfaktoren für T30 auf Vorfahrtsstraßen. Ein Vergleich der aus den Messfahrten abgeleiteten T50 Emissionsfaktoren mit den entsprechenden Emissionsfaktoren nach HBEFA3.1 unter Berücksichtigung der passenden Hauptverkehrssituation zeigt für Pkw und Lkw bei NO<sub>x</sub> gute Übereinstimmungen. Bei PM<sub>10</sub> ist die Übereinstimmung für Pkw immer noch vorhanden, die Lkw-Emissionsfaktoren auf Basis der Messfahrten sind jedoch höher als die nach HBEFA3.1.

Die Auswertung der Fahrtparameter mittlere Geschwindigkeit und RPA (*relative positive acceleration*) für T50 und T30 zeigt für beide Parameter deutliche Reduzierungen beim Übergang von T50 zu T30 (v: für Pkw und Lkw in beide Fahrtrichtungen -25%; RPA: zwischen -55% und -70%). Die Einführung von T30 würde also zu einer deutlichen Verstärkung des Verkehrsflusses führen.

Auf die Gesamtstrecke bezogen würde eine Einführung von T30 auch zu Reduktionen der jährlichen Emissionen führen, die bei NO<sub>x</sub> bei etwa -8% liegen. Bei PM<sub>10</sub> beträgt der Rückgang der motorbedingten Emissionen etwa -2%; werden Aufwirbelung und Abrieb in die Betrachtung mit einbezogen (nicht Teil der vorliegenden Untersuchung, in Anlehnung an /BAST 2009/), werden -7% erreicht. In Fahrtrichtung Osten weist die Messstrecke eine leichte Steigung von bis zu 2% auf. In dieser Richtung sind die Emissionen höher und die durch T30 erreichbaren Minderungen stärker als in der Gegenrichtung. Die Reduktionen der Emissionen sind deutlich geringer als die Rückgänge bei RPA und werden auch nur unter Annahme eines Befolungsgrads von 100% erreicht.

Für die weitere Auswertung wurde die Gesamtstrecke in vier Abschnitte unterteilt (siehe Tab. 2.1). Von diesen Abschnitten sind insbesondere Abschnitt 2 und Abschnitt 3 interessant: Auf Abschnitt 2 sind die Verkehrswerte und damit die Emissionen am höchsten. Abschnitt 3 enthält in Fahrtrichtung Osten eine leichte Steigung von 2%. Dort befindet sich die Messstation.

Für die Einzelabschnitte zeigen sich folgende Auswirkungen bei Einführung eines Tempolimits von 30 km/h: Während T30 auf Abschnitt 1 und insbesondere auf Abschnitt 2 zu deutlichen Emissionsminderungen bei NO<sub>x</sub> und PM<sub>10</sub> führt, sinken durch T30 auf Abschnitt 3 nur

die PM<sub>10</sub>-Emissionen, die NO<sub>x</sub>-Emissionen bleiben nahezu konstant. Auf Abschnitt 4 führt T30 dagegen zu Reduktionen bei NO<sub>x</sub> bei nahezu konstantem PM<sub>10</sub>. Allerdings sind die Auswertungen der Einzelabschnitte mit großen Unsicherheiten behaftet.

Zur Abschätzung der Auswirkungen zusätzlicher verkehrsverflüssigender Maßnahmen wurde als Maximalfall ein Abschalten aller Fußgängerbedarfs-LSA angenommen. Dies führt auf der Gesamtstrecke zu Reduktionen der Emissionen von ca. -6% bei NO<sub>x</sub> und ca. -2% bei PM<sub>10</sub>. Die Auswertung der Teilabschnitte zeigt Reduktionen auf allen Abschnitten, am stärksten auf Abschnitt 2 (etwas geringere Reduktionen als hier durch T30 erreicht werden könnten) und Abschnitt 3 (hier würde T30 zumindest bei NO<sub>x</sub> nahezu keine Änderung bewirken). Bei einer Kombination der Maßnahmen (T30 und Abschaltung der LSA) überlagern sich die Effekte. Allerdings wird die Abschaltung der am häufigsten betätigten Fußgängerbedarfs-LSA am Größenwiesenweg wegen der hohen Verkehrswerte in Abschnitt 2 und der Bedeutung der LSA für die Schulwegbeziehungen nicht empfohlen.

Mit dem Screening-Modell ISIS wurden auf Basis der hier bestimmten Emissionen Immissionskonzentrationen der einzelnen Streckenabschnitte berechnet. Die modellierten Konzentrationen für 2010 stimmen gut mit den Messwerten für 2008 und 2009 überein. Aufgrund der Beiträge der Hintergrundbelastung führen die Emissionsänderungen durch T30 selbst unter Annahme eines Befolgungsgrads von 100% nur zu geringen Abnahmen der Konzentrationen. Auch ein Abschalten der LSA würde überall zu leichten Abnahmen führen. Trotzdem wird auf allen Streckenabschnitten der Grenzwert für NO<sub>2</sub> immer noch überschritten. Für PM<sub>10</sub> verändern sich die Immissionskonzentrationen für Tempo 30 fast nicht gegenüber Tempo 50.

## Literaturverzeichnis

### AVISO 2009

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

### AVISO 2010

Auswirkungen der Umweltzone (2 Stufen) auf die Emissionen und Immissionen von Stickstoffdioxid und Feinstaub PM10 für Urbach

### BANGERT ET AL. 1996

EDV-gestütztes Screening-Modell für unterschiedliche Verkehrsstandorte in Sachsen. Abschlußbericht. Im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Radebeul.

### BAST 2009

Einfluss von verkehrsberuhigenden Maßnahmen auf die PM10-Belastung an Straßen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 189, Januar 2010

### 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

### FRIEDRICH 2000

Uwe Friedrich, Landesumweltamt Brandenburg, Berechnung der Schwebstaub-PM10-Immissionen an Brandenburger Straßen

### HBEFA 2010

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

### LENSING 2003

Programm DMTG für Windows zum Auswerten, Hochrechnen und Visualisieren von Verkehrsdaten aus Kurz- und Langzeitmessungen, Büro für angewandte Statistik, Aachen, 2003

### LOHMEYER 2000

Vorschlag für eine Ermittlung des Kurzzeitwertes für NO<sub>2</sub> (99,8%), in: Umwelt-Kommunale ökologische Briefe Nr. 01, 05.01.2000

### LOHMEYER 2003

Validierung von PM10-Immissionsberechnungen im Nahbereich von Strassen und Quantifizierung der Feinstaubbildung von Strassen. Bericht im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin, und des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Dresden

**LUBW 2009**

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

**LUTZ 2010**

NO<sub>2</sub>-Belastung in deutschen Kommunen: Situation, Maßnahmen, Fortschritte, Probleme am Beispiel Berlin, Lutz M., Vortrag auf der Tagung des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden-Württemberg: Herausforderung NO<sub>2</sub>-Immissionen, Gesetzgebung, Luftbelastung, Lösungen, Heidelberg, 3./4. März 2010

**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.

**MOORCROFT 1999**

Assistance with the Review and Assessment of PM<sub>10</sub> Concentrations in Relation to the Proposed EU Stage 1 Limit Values. Stanger Science Environment, Croydon, March 1999. Report for Department of the Environment, Transport and the Regions, the Welsh Office and the Scottish Office

**ROMBERG 1996**

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