

Bericht

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

hier: Ingersheim Tempo 30

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

hier: Ingersheim, Tempo 30

Abschlussbericht August 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

Mikrosimulation: TraffGo Road GmbH
Dr. rer. nat. Joachim Wahle
Dipl.-Phys. Michael Klocke

Aachen. August 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
<http://www.avisogmbh.de>



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	V
1 Einleitung	1
2 Messfahrten	2
2.1 Die Messstrecke	2
2.2 Auswertung der Fahrten	4
2.3 Verkehrliche Grundlagedaten	7
2.4 Auswertung der dynamischen Fahrtparameter.....	8
3 Emissionsberechnung.....	12
3.1 Modell PHEM.....	12
3.2 Mittlere Ganglinien der Emissionsfaktoren	12
3.3 Emissionsfaktoren NO _x 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
4.1 Maximales Potential für eine Verkehrsverflüssigung	27
4.2 Auswirkungen eines Abschaltens der Fußgängerbedarfs-LSA	29
4.3 Wirkungen von Linksabbiegeverboten in Nebenstraßen	30
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 Windstatistik.....	35
6.2 Hintergrundbelastung.....	35
6.3 Beurteilungsgrundlage.....	37
6.4 Bestimmung der Gesamtbelastung.....	37

6.5	Berechnung von Kurzzeitwerten der Gesamtbelastung.....	38
7	Ergebnisse und Bewertung der Immissionsberechnungen.....	39
8	Zusammenfassung.....	43
	Literaturverzeichnis	45

Abbildungsverzeichnis

Bild 2.1:	Lage der Messstrecke Ortsdurchfahrt Ingersheim	2
Bild 2.2:	Fotos entlang der Messstrecken, 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 Ingersheim	8
Bild 3.1:	Das Modell PHEM zur Erstellung der Basis-Emissionsfaktoren in HBEFA3.1, Quelle: TU Graz, 2010	13
Bild 3.2:	Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO _x - und PM10-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für Pkw in Richtung Osten ; die PM10-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht	15
Bild 3.3:	Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO _x - und PM10-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für sNfz in Richtung Osten ; die PM10-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht	15
Bild 3.4:	Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO _x - und PM10-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für Pkw in Richtung Westen ; die PM10-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht.....	16
Bild 3.5:	Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO _x - und PM10-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für sNfz in Richtung Westen ; die PM10-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht.....	16
Bild 3.6:	Vergleich der warmen NO _x -Emissionsfaktoren für die Verkehrssituation „Distributor 50 km/h“ mit unterschiedlichen Störungsgraden aus HBEFA3.1 mit den mittleren („warmen“) Emissionsfaktoren abgeleitet aus den Messfahrten für Pkw und sNfz für die Ortsdurchfahrt in Ingersheim	21
Bild 3.7:	Vergleich der warmen PM10-Emissionsfaktoren für die Verkehrssituation „Distributor 50 km/h“ mit unterschiedlichen Störungsgraden aus HBEFA3.1 mit den	

mittleren („warmen“) Emissionsfaktoren abgeleitet aus den Messfahrten für Pkw und sNfz für die Ortsdurchfahrt in Ingersheim21

Bild 3.8: Jahresemission (oben: NO_x, unten: PM10 (gesamt)) unter Berücksichtigung von Kaltstarts sowie Aufwirbelung und Abrieb für die Ortsdurchfahrt Ingersheim, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (angenommener Befolgungsgrad: 100%)26

Bild 4.1: Exemplarische Darstellung der „Verflüssigung“ der Fahrprofile und der Auswirkungen auf die NO_x- Emissionsfaktoren im Vergleich zu einer ungestörten Fahrt ..
.....28

Bild 6.1: Die für die Immissionsbestimmung gewählte Häufigkeitsverteilung (% der Jahresstunden) der Windrichtungen (°) im Raum Ingersheim; Basis: Windmessdaten der LUBW-Station Ludwigsburg36

Bild 7.1: Zusammenstellung der für die betrachteten Straßenabschnitte und Szenarien berechneten maximal zu erwartenden Jahresmittelwerte für NO₂ in µg/m³ sowie Änderungen gegenüber dem Basisfall T50 in [%].....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 T30-Fahrten (Gesamtstrecke und Teilabschnitte Richtung Osten) ...	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 Ingersheim für die Fahrzeuggruppen Pkw, Infz und sNfz im Bezugsjahr 2010.....	14
Tab. 3.2: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für NO_x in Fahrtrichtung Osten , abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 1 bis 3 nach Tab. 2.1)	18
Tab. 3.3: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für NO_x in Fahrtrichtung Westen , abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 1 bis 3 nach Tab. 2.1)	18
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 3 nach Tab. 2.1)	19
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 3 nach Tab. 2.1)	19
Tab. 3.6: „Warme“ Abgas-Emissionen (NO _x und PM ₁₀ , Abgas) für die Ortsdurchfahrt Ingersheim, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 1 bis 3 nach Tab. 2.1).....	23
Tab. 3.7: Zusammensetzung der Jahresemissionen (NO _x und PM ₁₀) für die Ortsdurchfahrt Ingersheim, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile	24
Tab. 3.8: Jahresemissionen (NO _x und PM ₁₀ inklusive Kaltstartzuschlägen sowie Aufwirbelung und Abrieb), richtungsgetreunt für die Teilstrecken der Ortsdurchfahrt Ingersheim, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (angenommener Befolgungsgrad: 100%, Abschnitt 1 bis 3 nach Tab. 2.1).....	25

Tab. 4.1: Maximale Verkehrsverflüssigung: Jährliche NO _x - und PM10 (gesamt)-Emissionen für die originalen T50-Fahrprofile sowie für „verflüssigte“ Fahrprofile ohne eliminierbare Störungen (Abschnitt 1 bis 3 nach Tab. 2.1).	29
Tab. 4.2: Verkehrsverflüssigung durch Abschalten der Bedarfs-LSA: Jährliche NO _x - und PM10 (gesamt)- Emissionen für die originalen T50-Fahrprofile sowie für Profile ohne Halte an Fußgängerbedarfs-LSA (Abschnitt 1 bis 3 nach Tab. 2.1)	30
Tab. 4.3: RPA und mittlere Geschwindigkeit v _m der simulierten Fahrprofile auf den Messstrecken, jeweils T50 Normalfahrt und T50 mit Unterdrückung der Linksabbieger ohne eigene Abbiegespur in Nebenstraßen.....	31
Tab. 6.2: Lufthygienische Grenzwerte der EU-Richtlinie (39.BImSchV) für die verkehrsrelevanten Luftschadstoffe NO ₂ und PM10	37
Tab. 7.1: Zusammenstellung der für die betrachteten Straßenabschnitte und Szenarien berechneten maximal zu erwartenden Jahresmittelwerte für NO ₂ und PM10 in µg/m ³ sowie Änderungen gegenüber dem Basisfall T50.....	39

1 Einleitung

Für die Ortsdurchfahrt in Ingersheim (L 1125: Bietigheimer Straße, Tiefengasse, Pleidelsheimer Straße) 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 PM₁₀ und/oder NO₂ 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 PM₁₀ 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 Ingersheim eine Aussage zum Einfluss eines Tempolimits T30 auf die PM₁₀- und NO_x-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 Ingersheim 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-Modell ISIS Immissionsbelastungen entlang der zu untersuchenden Ortsdurchfahrten für T50, T30 sowie für den verstetigten Verkehrsfluss berechnet.

2 Messfahrten

Am 28.9.2010 wurden in Ingersheim 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 Kurzzeitzählungen 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 Ingersheim (Bietigheimer Straße, Tiefengasse und Pleidelsheimer Straße). Der Knotenpunkt ganz im Westen der Strecke (Bietigheimer Straße / Besigheimer Straße) ist durch eine LSA geregelt, darüber hinaus existieren drei Fußgängerbedarfs-LSA an der untersuchten Strecke.

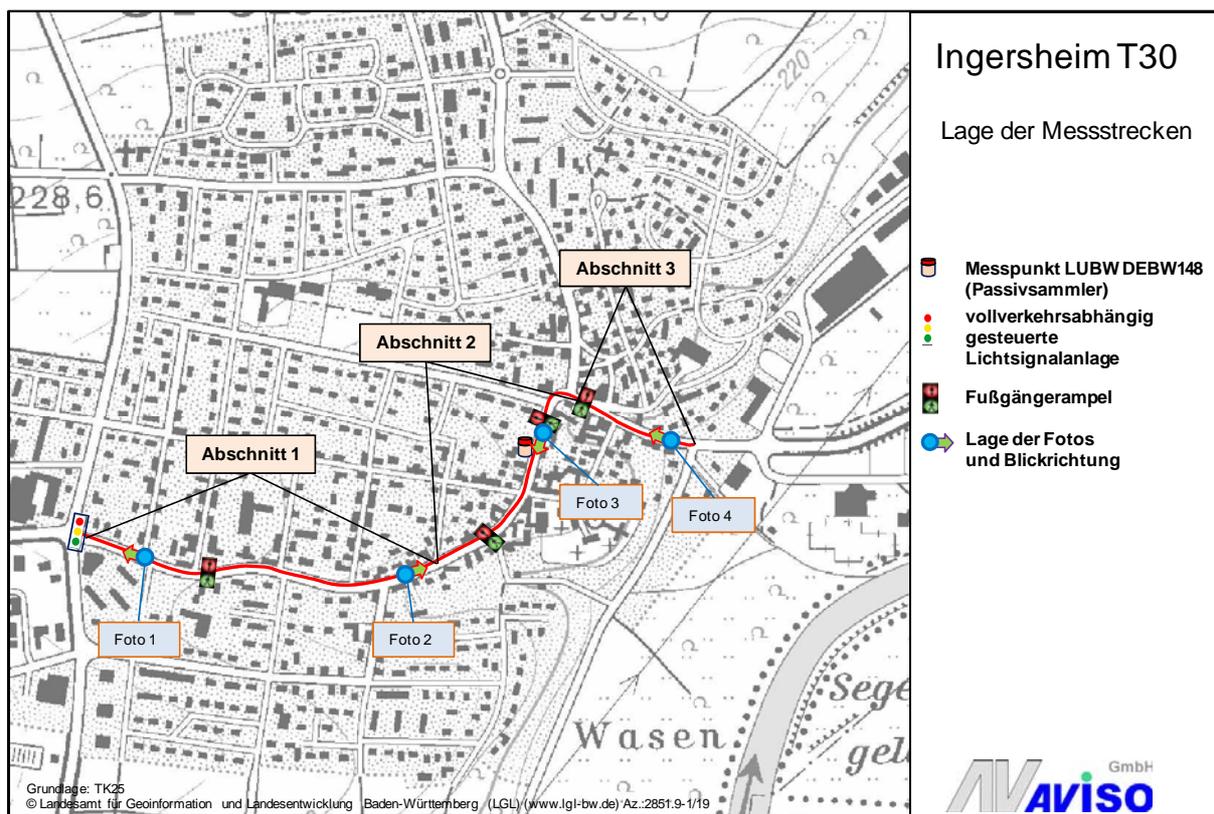


Bild 2.1: Lage der Messstrecke Ortsdurchfahrt Ingersheim

Für die Untersuchungen wurde die Ortsdurchfahrt in drei Abschnitte unterteilt. Diese Teilabschnitte sind in Tab. 2.1 kurz beschrieben. Die Abschnitte 1 und 3 weisen Steigungen bis zu

4% auf (Fahrtrichtung Osten: Gefälle, Fahrtrichtung Westen: Steigung), Abschnitt 2 verläuft überwiegend eben. Dieser Abschnitt enthält die Messstation für NO₂ und PM₁₀. 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	Bietigheimer Straße	Knotenpunkt mit Besigheimer Straße / Ludwigsburger Straße	Brunnengasse
2	Bietigheimer Straße, Tiefengasse	Brunnengasse	„Pflaster“
3	Pleidelsheimer Straße	„Pflaster“	Geisinger Weg

Foto 1



Foto 2



Foto 3



Foto 4



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

2.2 Auswertung der Fahrten

Insgesamt wurden 61 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-Fahrten („fiktiv“) unterschieden. Die Anzahl der Fahrten ist in Tab. 2.2 dargestellt. 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.

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

Fahrtart	Anzahl
Normalfahrt T50 Richtung Osten	15
Normalfahrt T50 Richtung Westen	16
T30 Richtung Osten	9
T30 Richtung Westen	9
Lkw-Verfolgungsfahrt Richtung Osten	5
Lkw-Verfolgungsfahrt Richtung Westen	7

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.

Bei den Fahrprofilen in beiden Fahrtrichtungen zeigt sich deutlich die Lage der Kurve am „Pflaster“, wo sich auch eine Fußgängerbedarfs-LSA befindet. Hier wurde bei allen Fahrten die Geschwindigkeit reduziert und auch oft angehalten. Bei den Fahrten in Richtung Westen ist zu erkennen, dass vor der LSA am Ende der Strecke (Knoten Bietigheimer Straße / Besigheimer Straße) zum Teil mehrfach gehalten werden musste.

Die erreichten Höchstgeschwindigkeiten liegen nur am Ende der Strecke in Fahrtrichtung Osten deutlich über 50 km/h. Die T30-Fahrten sind in den Diagrammen ebenfalls dargestellt (rote Linien) und zeigen insgesamt ein niedrigeres Geschwindigkeitsniveau.

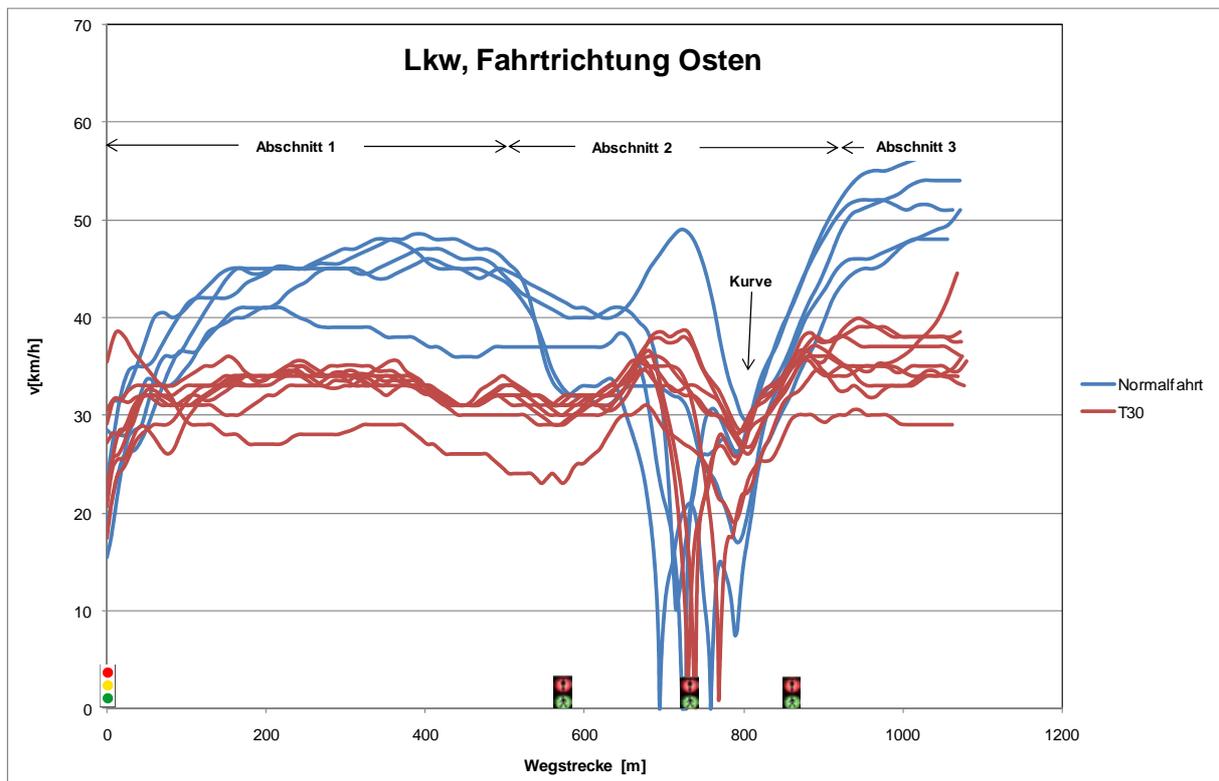
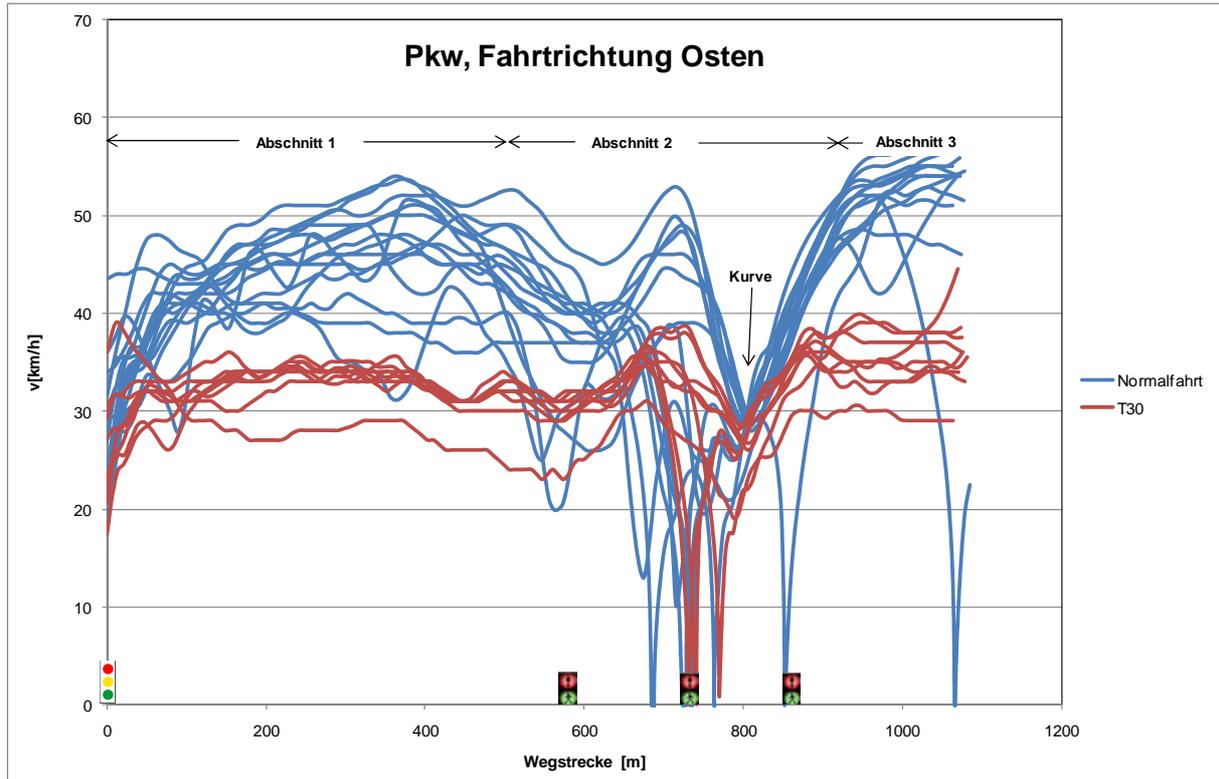


Bild 2.3: Fahrprofile der Messfahrten in Fahrtrichtung **Osten**: T50-Normalfahrt (blaue Linien) und T30-fiktiv (rote Linien), oben: Normalfahrten, unten: Lkw-Verfolgungsfahrten

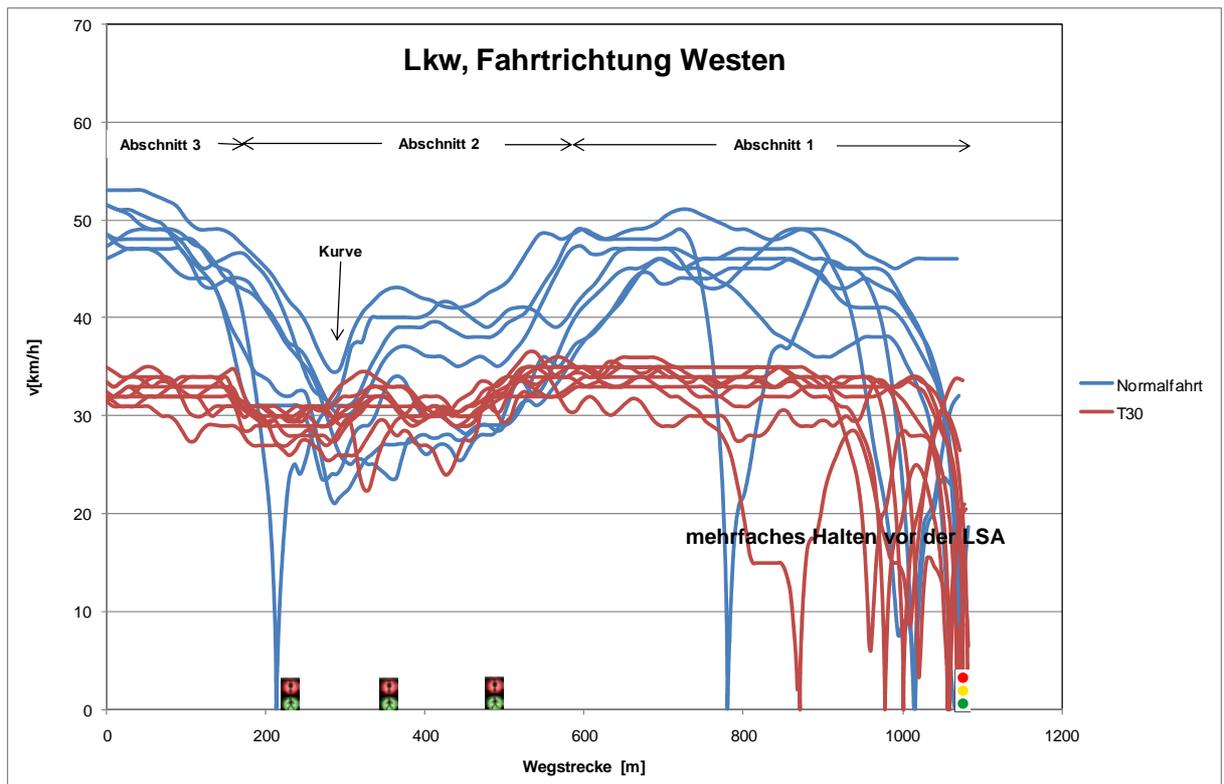
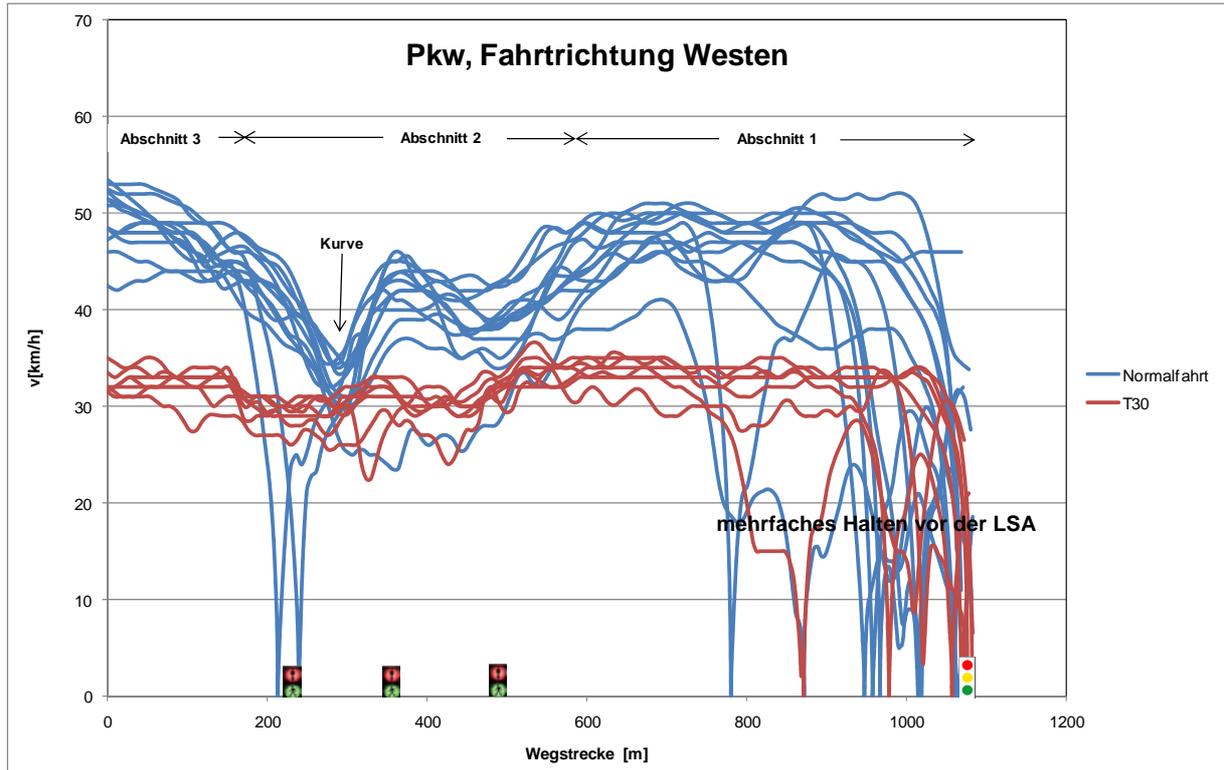


Bild 2.4: Fahrprofile der Messfahrten in Fahrtrichtung **Westen**: T50-Normalfahrt (blaue Linien) und T30-fiktiv (rote Linien), oben: Normalfahrten, unten: Lkw-Verfolgungsfahrten

2.3 Verkehrliche Grundlagedaten

Zusätzlich zu den Messfahrten wurden an zwei 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 auf der Bietigheimer Straße in Höhe der Wilhelmstraße,
- in Abschnitt 2 auf der Tiefengasse zwischen Marktstraße und Goethestraße.

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

- Verkehrsdaten für Ingersheim aus dem landesweiten Emissionskataster Baden-Württemberg /AVISO 2009/, differenziert nach den Fahrzeugarten Pkw, leichte Nutzfahrzeuge (INfz), schwere Nutzfahrzeuge (sNfz) und Kräder.
- Verkehrserhebungen vom 26.03.2009 im Rahmen der Erstellung des gemeinsamen Verkehrskonzepts Pleidelsheim – Ingersheim – Freiberg am Neckar – Bietigheim-Bissingen /BS 2010/
- Die Minderungen im Schwerverkehr aufgrund des geplanten Lkw-Durchfahrtsverbots wurden vereinbarungsgemäß aus dem Verkehrsmodell der Uni Stuttgart übernommen.

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	0 0,0%	9.490 91,5%	566 5,5%	316 3,0%	10.372 100,0%
Abschnitt 2	118 1,0%	10.624 92,8%	480 4,2%	232 2,0%	11.454 100,0%
Abschnitt 3	118 1,0%	10.624 92,8%	480 4,2%	232 2,0%	11.454 100,0%

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 – 11.500 Kfz/24h, der Anteil der schweren Nutzfahrzeuge zwischen 2% und 3%.

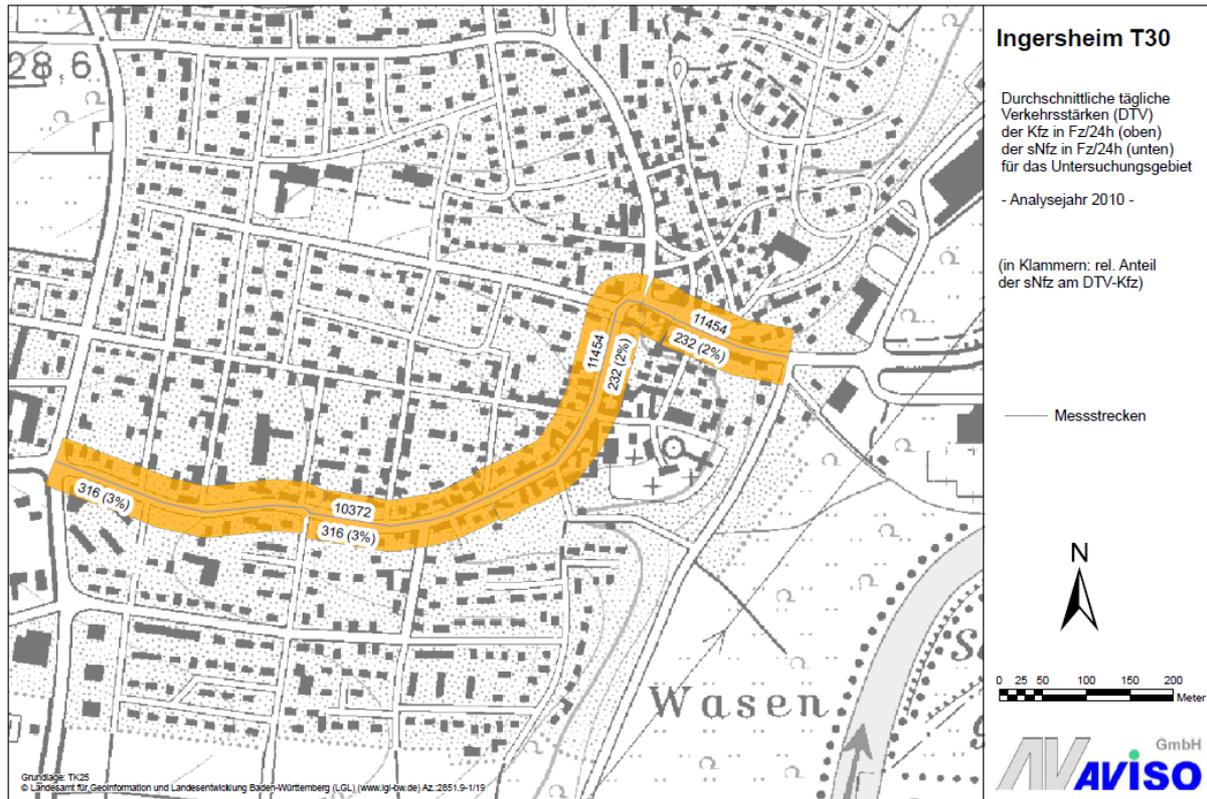


Bild 2.5: Jahresmittlere durchschnittliche Verkehrsstärken (DTV) für Kfz-gesamt und die schweren Nutzfahrzeuge (sNfz) im Untersuchungsgebiet Ingersheim, Analyse 2010 unter Berücksichtigung des geplanten Lkw-Durchfahrtsverbots

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.

Tab. 2.4: *Mittlere Reisegeschwindigkeit und RPA pro Fahrtengruppe für die T50-Normalfahrten und T30-Fahrten (Gesamtstrecke und Teilabschnitte Richtung **Osten**)*

Fahrt- parameter	Pkw				sNFz			
	v [km/h]	stddev v	RPA [m/s^2]	stddev RPA	v [km/h]	stddev v	RPA [m/s^2]	stddev RPA
T50 N Ri Ost								
gesamt	40,3	6,5	0,200	0,029	36,4	5,2	0,168	0,014
Abschnitt 1	42,4	5,0	0,134	0,029	40,6	2,8	0,108	-0,008
Abschnitt 2	34,9	8,9	0,288	0,155	29,9	8,6	0,282	0,154
Abschnitt 3	49,9	6,9	0,236	0,126	48,7	3,6	0,140	0,012
T30 Ri Ost								
gesamt	31,7	3,2	0,079	0,008	31,7	3,1	0,079	0,008
Abschnitt 1	31,9	2,1	0,046	0,004	31,8	2,0	0,046	-0,005
Abschnitt 2	30,2	5,1	0,143	0,084	30,2	5,1	0,143	0,085
Abschnitt 3	35,0	2,8	0,063	0,093	34,9	2,8	0,062	0,089
Reduktion								
gesamt	-21%		-60%		-13%		-53%	
Abschnitt 1	-25%		-66%		-22%		-58%	
Abschnitt 2	-14%		-50%		1%		-49%	
Abschnitt 3	-30%		-73%		-28%		-55%	

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 ²]	stddev RPA	v [km/h]	stddev v	RPA [m/s ²]	stddev RPA
T50 N Ri West								
gesamt	38,0	8,2	0,125	0,023	37,8	4,6	0,090	0,019
Abschnitt 1	36,7	10,5	0,152	0,129	38,5	6,7	0,115	0,082
Abschnitt 2	37,6	4,4	0,133	0,045	33,3	5,1	0,091	0,054
Abschnitt 3	45,3	4,8	0,028	0,004	46,7	1,7	0,026	0,002
T30 Ri West								
gesamt	29,5	3,2	0,077	0,023	31,8	5,2	0,048	0,023
Abschnitt 1	28,5	5,6	0,093	0,093	32,2	6,4	0,039	0,055
Abschnitt 2	30,3	0,9	0,077	0,023	30,8	2,6	0,073	0,039
Abschnitt 3	32,1	0,9	0,026	0,007	32,7	2,1	0,031	0,018
Reduktion								
gesamt	-22%		-39%		-16%		-47%	
Abschnitt 1	-22%		-38%		-16%		-66%	
Abschnitt 2	-19%		-43%		-8%		-20%	
Abschnitt 3	-29%		-6%		-30%		22%	

In Fahrtrichtung Osten liegt für die Pkw die mittlere Reisegeschwindigkeit bei 40,3 km/h und in Fahrtrichtung Westen bei 38,0 km/h. Für die Lkw ergeben sich mittlere Reisegeschwindigkeiten von 36,4 km/h (Richtung Osten) bzw. 37,8 km/h (Richtung Westen).

Von den Teilabschnitten liegen jeweils für beide Fahrzeugarten und Fahrtrichtungen in Teilabschnitt 2 die niedrigsten mittleren Reisegeschwindigkeiten vor. Dieser Abschnitt ist charakterisiert durch die Kurve zwischen Goethestraße und „Pflaster“ und enthält zwei Fußgängerbedarfs-LSA (Marktstraße und „Pflaster“).

Es zeigen sich für alle Fahrtrichtungen und Fahrzeugarten beim Vergleich T30 zu T50-Normalfahrt Reduktionen der mittleren Fahrgeschwindigkeit, die für die Gesamtstrecke zwischen -13% und -22% liegen. Eine Betrachtung der Teilabschnitte ergibt die geringsten Reduktionen auf dem ohnehin geschwindigkeitsreduzierten Abschnitt 2.

Auch für den Dynamik-Parameter RPA zeigen sich auf der Gesamtstrecke beim Vergleich T30 zu T50-Normalfahrt sowohl für die Pkw als auch für die Lkw deutliche Reduktionen zwischen -39% und -60%.

Auf den Einzelabschnitten gibt es fast überall Reduktionen der RPA-Werte. Eine Ausnahme bilden die Lkw-Folgefahrten auf Abschnitt 3 in Richtung Westen. Da die Fahrzeuge an der LSA am Abschnittsende oft Halten mussten und die negative Bremsbeschleunigung nicht in RPA eingeht, sind die RPA-Werte auch für T50 auf diesem Abschnitt generell sehr niedrig.

Bei der Interpretation von RPA auf den Einzelabschnitten ist 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, RPA wird 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, 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 Ingersheim, über die Schichtemissionen der Fahrzeuggruppen Pkw, leichte Nutzfahrzeuge (INfz) und schwere Nutzfahrzeuge (sNfz) für T50 und T30 gemittelt.

PHEM Passenger car and Heavy duty Emission Model

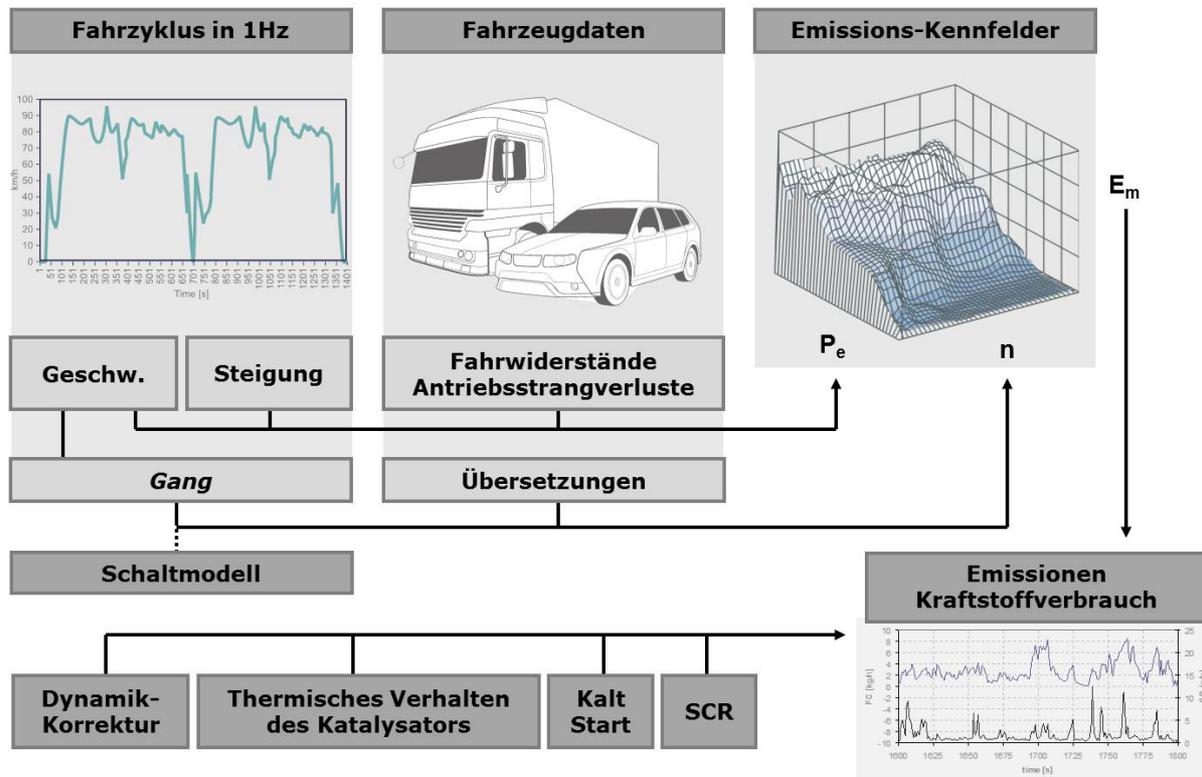


Bild 3.1: Das Modell PHEM zur Erstellung der Basis-Emissionsfaktoren in HBEFA3.1, Quelle: TU Graz, 2010

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 Ingersheim sind dort für die Fahrzeuggruppen Pkw und INfz die Bestandsdaten des Zulassungsbezirks Ludwigsburg berücksichtigt, aus denen mittels einer Fahrleistungsgewichtung die Flottenzusammensetzung für Innerortsstraßen abgeleitet worden war. Es wurde eine Anpassung an die Fahrzeugschichtendefinition aus dem aktuellen HBEFA3.1 /HBEFA2010/ durchgeführt.

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.

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

Pkw		INfz		sNfz	
Otto vor E1	0,6%	Otto vor E1	0,3%	Ds vor E I	5,4%
Otto E1	4,4%	Otto E1	0,2%	Ds E I	3,0%
Otto E2	5,2%	Otto E2	0,7%	Ds E II	12,1%
Otto E3	21,9%	Otto E3	0,7%	Ds E III	27,5%
Otto E4	31,2%	Otto E4	2,2%	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	0,4%	Ds vor E1	1,5%		
Ds E1	1,0%	Ds E1	2,2%		
Ds E2	2,5%	Ds E2	11,6%		
Ds E3	11,2%	Ds E3	27,0%		
Ds E4	18,8%	Ds E4	52,8%		
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%

Das Ergebnis der oben beschriebenen Mittelungen sind mittlere Ganglinien für die Emissionen der Pkw, der leichten und der schweren Nutzfahrzeuge, jeweils für beide Fahrtrichtungen. Sie sind 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 Ingersheim lässt sich aus diesen Bildern folgendes ableiten:

- Die Emissionsfaktoren für Stickoxide und Feinstaub sind jeweils im Bereich der LSA am Knoten Bietigheimer Straße / Besigheimer Straße und in der Kurve zwischen Goethestraße und „Pflaster“ erhöht. Hier finden jeweils Brems- und Beschleunigungsvorgänge statt.
- In Fahrtrichtung Westen gab es an der LSA am westlichen Ortsende zum Teil einen leichten Rückstau, auch hier sind die Emissionsfaktoren erhöht.
- In den Beschleunigungsphasen sind die Emissionsfaktoren bei Tempo 50 höher als bei Tempo 30, da im letzteren Fall die Zielgeschwindigkeit eher erreicht ist.
- Die T30-Emissionsfaktoren liegen auf einigen Teilstücken über den T50-Emissionsfaktoren. Eine Auswertung der mittleren Motordrehzahlen zeigt hier, dass diese bei den Pkw als Folge der vom Schaltmodell in Abhängigkeit von Geschwindigkeit, Steigung und Motorleistung ermittelten Gangwahl zum Teil zunehmen. Höhere Motordrehzahlen wirken sich emissionserhöhend aus.

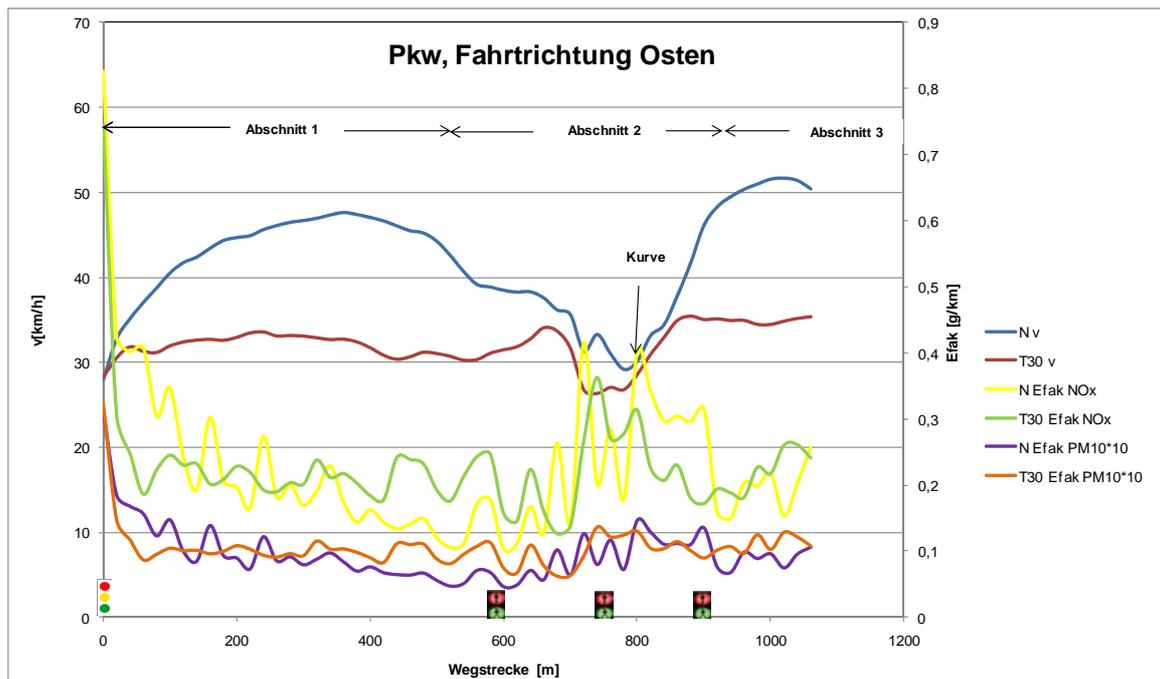


Bild 3.2: Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO_x- und PM10-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für **Pkw in Richtung Osten**; die PM10-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht

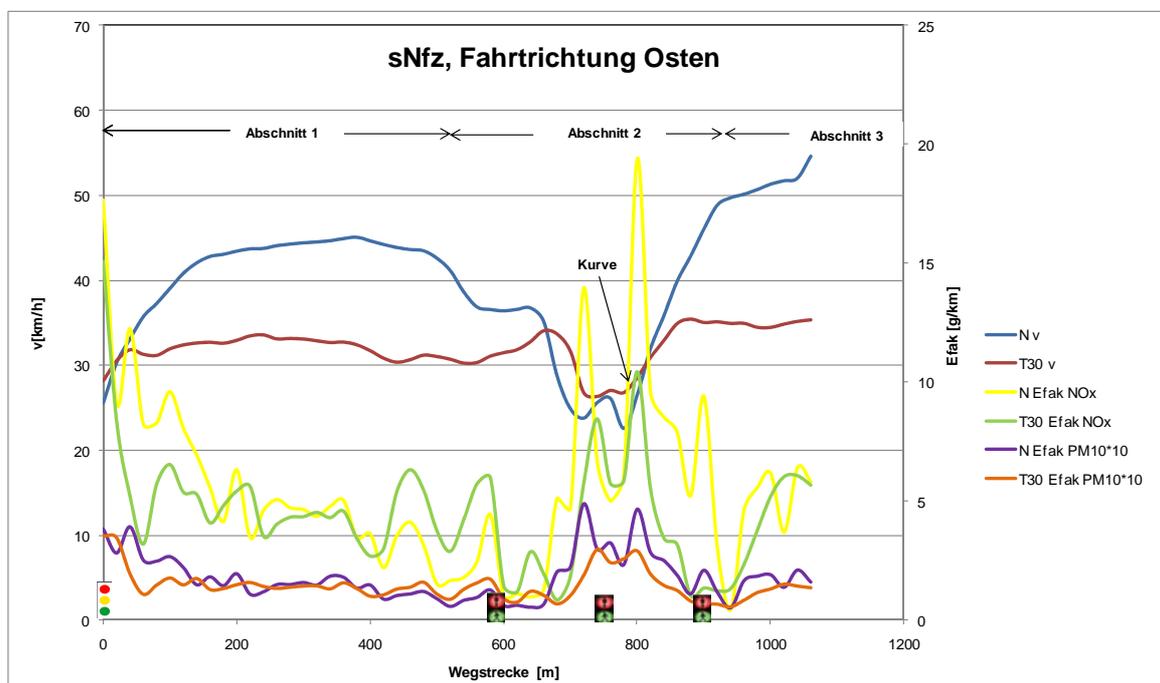


Bild 3.3: Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO_x- und PM10-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für **sNfz in Richtung Osten**; die PM10-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht

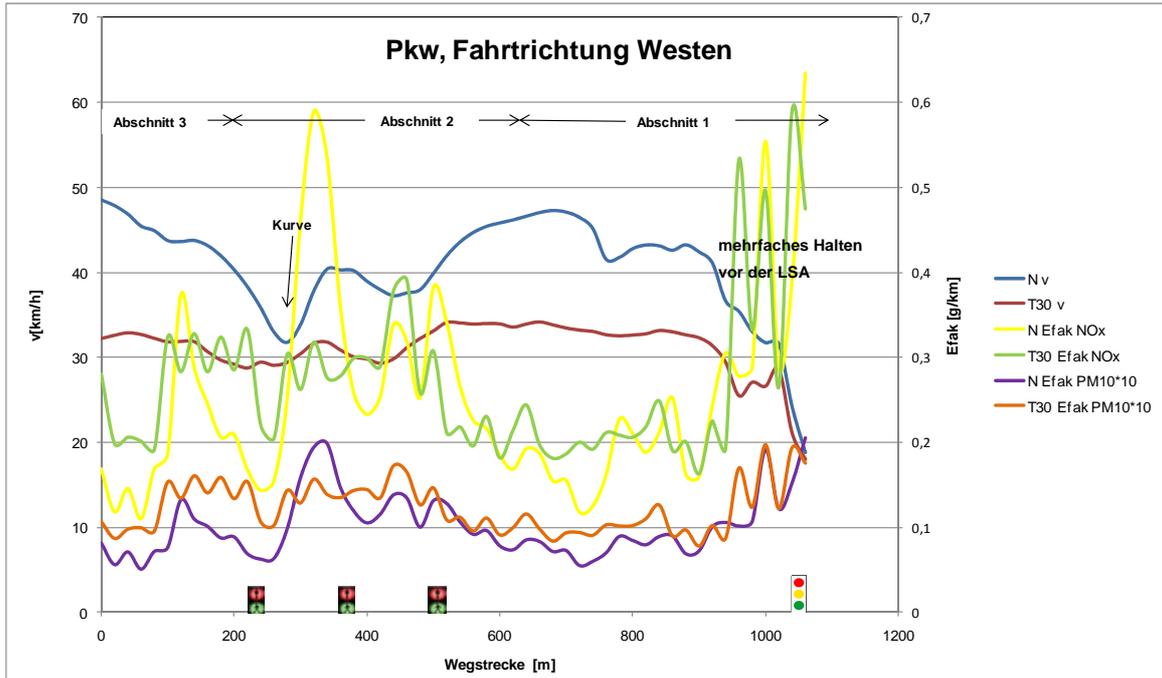


Bild 3.4: Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO_x- und PM10-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für **Pkw in Richtung Westen**; die PM10-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht

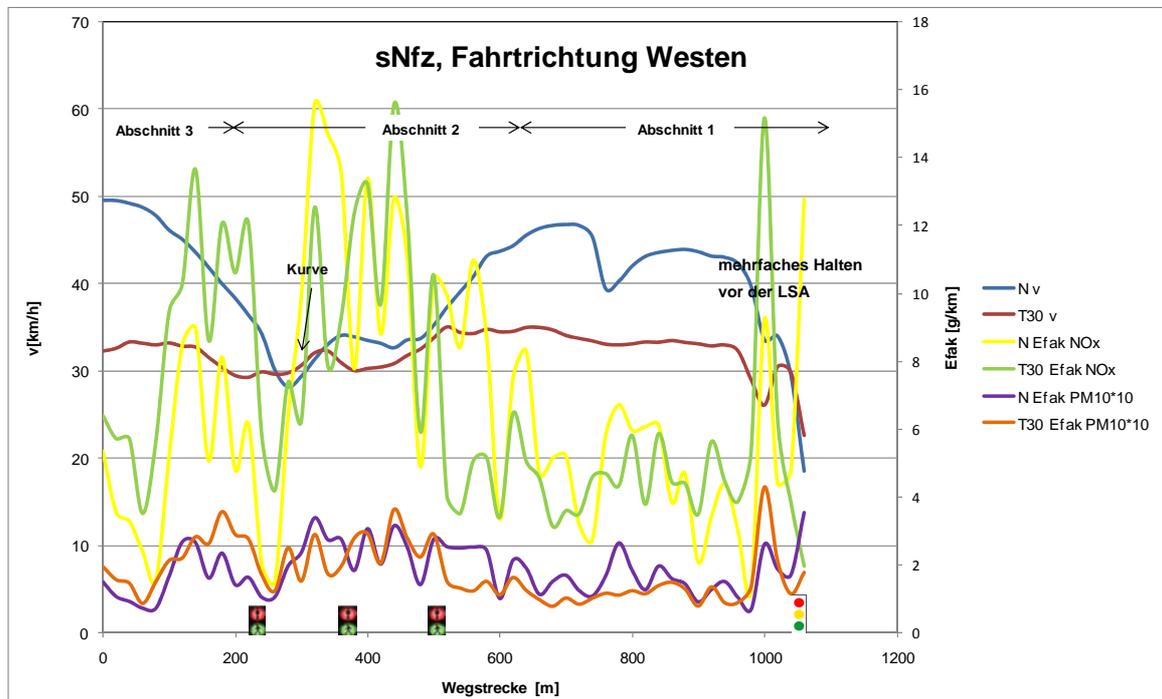


Bild 3.5: Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO_x- und PM10-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für **sNfz in Richtung Westen**; die PM10-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht

3.3 Emissionsfaktoren NO_x und PM10-Abgas

Aus den in Bild 3.2 bis Bild 3.5 dargestellten Ganglinien können für alle drei Fahrzeuggruppen mittlere „warme“ Emissionsfaktoren für NO_x und PM10 (Abgas) auf den Messstrecken abgeleitet werden. Wenn die Strecken hinsichtlich ihrer Verkehrswerte, Verkehrssituationen (LSA etc.) oder der Steigung sehr heterogen sind, kann es sinnvoll sein, zusätzlich Emissionsfaktoren für Unterabschnitte zu bestimmen. Die Unsicherheiten auf den Teilabschnitten sind jedoch aus folgenden Gründen höher als für die Gesamtstrecken:

- Wie schon bei RPA ist die Streuung der Emissionsfaktoren zwischen den Fahrten sehr hoch, und je kürzer die betrachteten Abschnitte sind, desto höher ist die Standardabweichung.
- Weil Luftschadstoffe im Wesentlichen während der Beschleunigungsphasen emittiert werden, wurden bei der Mittelwertbildung die Fahrprofile für T50 und T30 jeweils so gewichtet, dass ähnliche Störungsgrade auf den Messstrecken vorliegen. Dies kann auf kurzen Teilabschnitten nicht überall garantiert werden, auch weil sich Störungen, die zu mehrfachen Halten führen, oft über Abschnittsgrenzen erstrecken.
- Weiterhin enthalten einzelne Streckenabschnitte teilweise nur eine Beschleunigungs-, Ausroll-, Konstantfahrt- oder Abbremsstrecke. Damit besitzen sie einen emissionsseitigen Vor- oder Nachteil, der zu Lasten bzw. zu Gunsten benachbarter Streckenabschnitte geht. Wenn etwa ein Abschnitt nur eine Beschleunigungsstrecke enthält und der Folgeabschnitt nur eine Ausrollstrecke, so ist im ersten Abschnitt eine emissionsmindernde und im zweiten Abschnitt eine emissionserhöhende Wirkung von T30 zu erwarten. Diese sind nicht unabhängig voneinander zu realisieren.

Trotzdem liefern die Emissionsfaktoren für die Einzelabschnitte nützliche Zusatzinformationen zu den Werten für die Gesamtstrecken. Die Auswirkungen eines Tempolimits können auf verschiedenen Teilabschnitten durchaus gegenläufig sein. Allerdings sind die entsprechenden Unsicherheiten zu beachten.

Die so gebildeten Emissionsfaktoren für NO_x 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 Fahrrichtungen 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.

Tab. 3.2: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für NO_x in Fahrtrichtung **Osten**, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 1 bis 3 nach Tab. 2.1)

Efaktor NO_x [g/km]	Pkw			INFz			sNFz		
	MW	stddev abs.	stddev rel.	MW	stddev abs.	stddev rel.	MW	stddev abs.	stddev rel.
T50 N Ri Ost									
gesamt	0,23	0,04	15%	0,62	0,09	14%	5,68	1,37	24%
Abschnitt 1	0,24	0,06	25%	0,66	0,18	27%	5,65	1,48	26%
Abschnitt 2	0,23	0,12	53%	0,57	0,30	52%	6,09	4,01	66%
Abschnitt 3	0,21	0,10	49%	0,57	0,30	53%	5,03	2,00	40%
T30 Ri Ost									
gesamt	0,23	0,02	9%	0,44	0,06	14%	4,57	0,81	18%
Abschnitt 1	0,23	0,01	5%	0,47	0,05	11%	5,08	3,96	78%
Abschnitt 2	0,22	0,10	45%	0,42	0,24	56%	4,21	1,80	43%
Abschnitt 3	0,22	0,06	27%	0,37	0,13	36%	3,69	0,00	0%
Änderung									
gesamt	-1,8%			-28,8%			-19,5%		
Abschnitt 1	-1,3%			-28,8%			-10,1%		
Abschnitt 2	-5,6%			-25,5%			-30,8%		
Abschnitt 3	4,3%			-34,8%			-26,6%		

Tab. 3.3: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für NO_x in Fahrtrichtung **Westen**, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 1 bis 3 nach Tab. 2.1)

Efaktor NO_x [g/km]	Pkw			INFz			sNFz		
	MW	stddev abs.	stddev rel.	MW	stddev abs.	stddev rel.	MW	stddev abs.	stddev rel.
T50 N Ri West									
gesamt	0,26	0,04	16%	0,70	0,08	12%	6,64	0,82	12%
Abschnitt 1	0,25	0,11	44%	0,65	0,24	37%	5,81	2,42	42%
Abschnitt 2	0,30	0,11	38%	0,85	0,36	42%	8,93	2,61	29%
Abschnitt 3	0,20	0,04	21%	0,59	0,18	31%	4,86	1,80	37%
T30 Ri West									
gesamt	0,27	0,04	15%	0,61	0,11	18%	6,90	1,25	18%
Abschnitt 1	0,26	0,12	45%	0,53	0,26	50%	4,85	3,91	81%
Abschnitt 2	0,30	0,03	11%	0,77	0,18	23%	9,87	1,49	15%
Abschnitt 3	0,25	0,02	9%	0,56	0,07	12%	7,67	1,10	14%
Änderung									
gesamt	5,0%			-13,2%			4,0%		
Abschnitt 1	4,4%			-18,7%			-16,5%		
Abschnitt 2	-1,9%			-9,3%			10,4%		
Abschnitt 3	26,8%			-4,9%			57,8%		

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 3 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.
T50 N Ri Ost									
gesamt	0,010	0,002	18%	0,044	0,006	13%	0,183	0,022	12%
Abschnitt 1	0,010	0,003	31%	0,048	0,011	22%	0,175	0,032	18%
Abschnitt 2	0,009	0,004	46%	0,041	0,017	41%	0,210	0,095	45%
Abschnitt 3	0,009	0,004	43%	0,040	0,015	38%	0,160	0,051	32%
T30 Ri Ost									
gesamt	0,011	0,001	10%	0,042	0,004	10%	0,149	0,018	12%
Abschnitt 1	0,011	0,002	15%	0,044	0,006	14%	0,155	0,016	10%
Abschnitt 2	0,010	0,004	39%	0,040	0,014	35%	0,161	0,100	62%
Abschnitt 3	0,011	0,003	29%	0,038	0,009	24%	0,107	0,036	34%
Änderung									
gesamt	8,2%			-5,4%			-18,8%		
Abschnitt 1	4,9%			-6,9%			-11,3%		
Abschnitt 2	10,2%			-3,0%			-23,3%		
Abschnitt 3	15,9%			-4,5%			-33,1%		

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 3 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.
T50 N Ri West									
gesamt	0,010	0,002	16%	0,049	0,006	13%	0,186	0,014	8%
Abschnitt 1	0,010	0,004	38%	0,049	0,017	36%	0,176	0,063	36%
Abschnitt 2	0,012	0,005	38%	0,056	0,016	28%	0,221	0,068	31%
Abschnitt 3	0,008	0,002	19%	0,036	0,007	20%	0,150	0,039	26%
T30 Ri West									
gesamt	0,012	0,002	13%	0,049	0,007	13%	0,181	0,015	8%
Abschnitt 1	0,011	0,005	40%	0,047	0,014	30%	0,137	0,081	59%
Abschnitt 2	0,014	0,001	10%	0,055	0,014	26%	0,250	0,029	12%
Abschnitt 3	0,012	0,002	18%	0,046	0,004	9%	0,192	0,033	17%
Änderung									
gesamt	20,3%			1,5%			-2,3%		
Abschnitt 1	15,6%			-3,1%			-22,4%		
Abschnitt 2	18,5%			-1,1%			13,1%		
Abschnitt 3	42,5%			28,9%			28,2%		

Beim Vergleich der Emissionsfaktoren T30 mit den Emissionsfaktoren T50-Normalfahrt zeigen sich für Pkw und schwere Nutzfahrzeuge für NO_x in Fahrtrichtung Osten (bergab) eher Abnahmen, in Fahrtrichtung Westen (bergauf) hingegen eher Zunahmen. Für PM10 sieht es

ähnlich aus, nur dass hier bei den Pkw auch in Fahrtrichtung Osten Zunahmen durch T30 zu verzeichnen sind. Dies kann, wie oben beschrieben, auf ungünstigeres Schaltverhalten bei den Pkw zurückgeführt werden. Bei den leichten Nutzfahrzeugen überwiegen die Abnahmen der Emissionsfaktoren.

Ähnliche Tendenzen, allerdings auch zum Teil gegenläufige Effekte, ergeben sich bei der Betrachtung der Einzelabschnitte. 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.

Den betrachteten Streckenabschnitten wurde die Hauptverkehrssituation „Distributor Speedlimit 50 km/h“ zugewiesen, da es sich um innerörtliche Hauptverkehrsstraßen mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h handelt.

Angesichts der hohen Unsicherheiten auf den Einzelabschnitten sollen hier jedoch nur die Emissionsfaktoren für die Gesamtstrecken verglichen werden. Es treten Steigungen bis zu 4% auf (Fahrtrichtung Osten: Gefälle, Fahrtrichtung Westen: Anstieg). Daher werden für den Vergleich mit dem Handbuch Steigung von -4%, 0% und 4% für die Gesamtstrecke herangezogen.

Für Pkw und schwere Nutzfahrzeuge sind die Emissionsfaktoren nach HBEFA3.1 in Bild 3.6 (NO_x) und Bild 3.7 (PM₁₀, Abgas) den Emissionsfaktoren gegenübergestellt, die über die Messfahrten und PHEM-Berechnungen ermittelt wurden. Ziel war es, zu analysieren inwieweit mit den Basisdaten aus HBEFA3.1 die Emissionssituation an dem betrachteten Streckenabschnitt für die Ist-Situation T50 abgebildet werden kann.

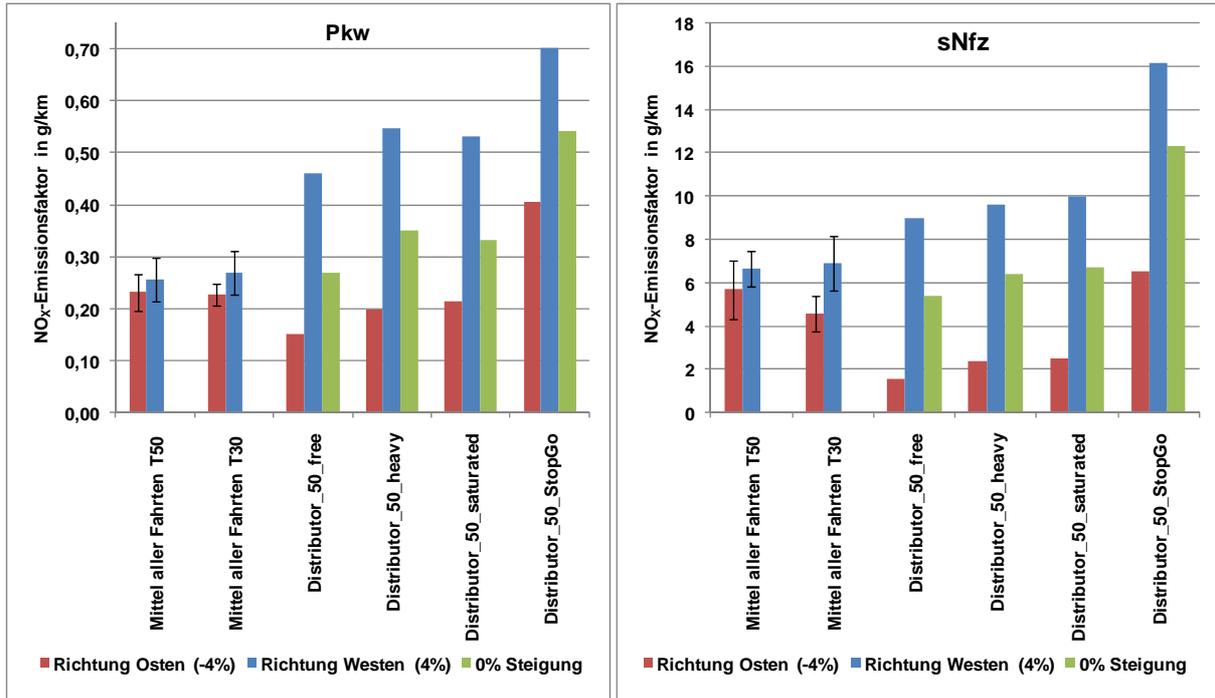


Bild 3.6: Vergleich der warmen NO_x-Emissionsfaktoren für die Verkehrssituation „Distributor 50 km/h“ mit unterschiedlichen Störungsgraden aus HBEFA3.1 mit den mittleren („warmen“) Emissionsfaktoren abgeleitet aus den Messfahrten für Pkw und sNfz für die Ortsdurchfahrt in Ingersheim

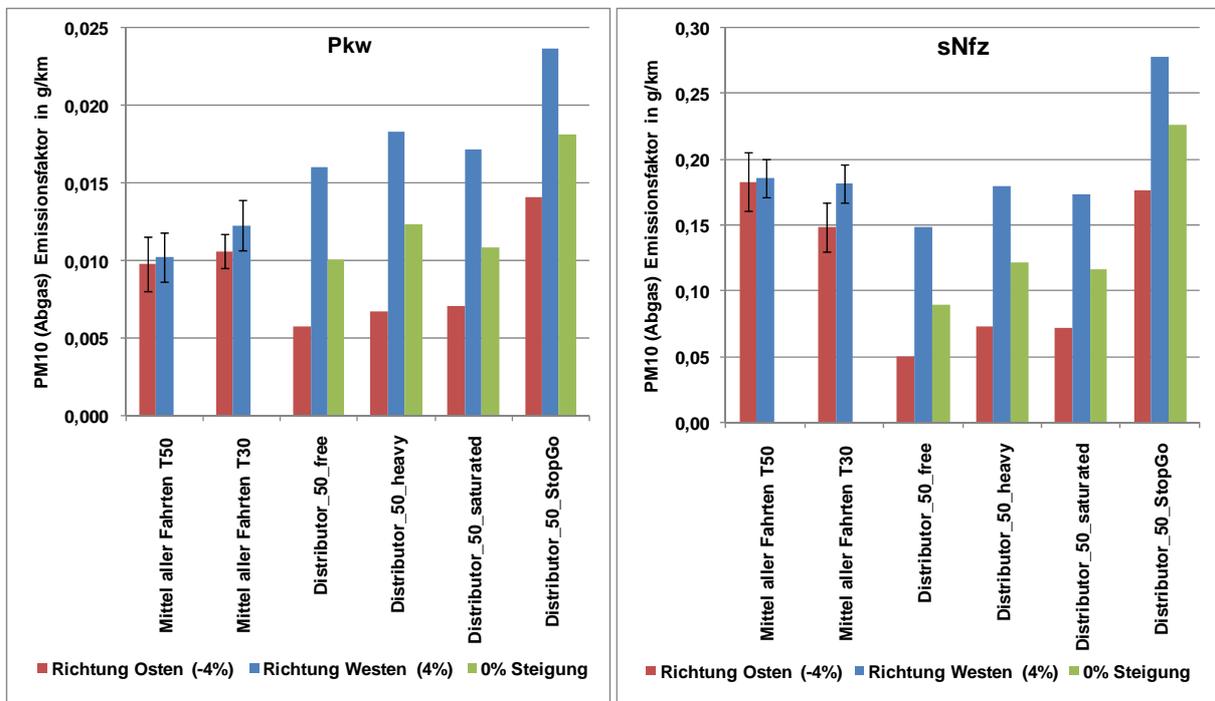


Bild 3.7: Vergleich der warmen PM10-Emissionsfaktoren für die Verkehrssituation „Distributor 50 km/h“ mit unterschiedlichen Störungsgraden aus HBEFA3.1 mit den mittleren („warmen“) Emissionsfaktoren abgeleitet aus den Messfahrten für Pkw und sNfz für die Ortsdurchfahrt in Ingersheim

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. An der LSA am Ende von Teilabschnitt 1 in Fahrtrichtung Westen trat zum Teil ein geringer Rückstau auf.

Für die Pkw liegen die aus den Messfahrten abgeleiteten Emissionsfaktoren sowohl für NO_x wie auch für PM10 innerhalb der Spannweiten der Emissionsfaktoren nach HBEFA3.1 für die relevanten Verkehrssituationen.

Für die schweren Nutzfahrzeuge liegen die aus den Messfahrten abgeleiteten Emissionsfaktoren insbesondere für PM10 über den zu erwartenden Werten nach dem Handbuch. Hier müssten deutliche Anteile an Verkehrssituationen mit großem Störungsgrad angenommen werden, um eine Übereinstimmung mit dem Handbuch zu erzielen.

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.

Tab. 3.6: „Warme“ Abgas-Emissionen (NO_x und PM_{10} , Abgas) für die Ortsdurchfahrt Ingersheim, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 1 bis 3 nach Tab. 2.1)

	NO_x [kg/(km*a)]	stddev NO_x	stddev rel.	PM10 (Abgas) [kg/(km*a)]	stddev PM10	stddev rel.
T50 N						
gesamt	1.630	265	16,3%	63,9	9,2	14,5%
Abschnitt 1	1.634	556	34,0%	65,0	20,4	31,3%
Abschnitt 2	1.812	803	44,3%	67,7	26,8	39,6%
Abschnitt 3	1.319	486	36,8%	54,6	16,8	30,7%
T30						
gesamt	1.580	232	14,7%	67,3	7,7	11,4%
Abschnitt 1	1.528	710	46,5%	64,6	18,3	28,3%
Abschnitt 2	1.715	433	25,2%	72,8	18,5	25,4%
Abschnitt 3	1.484	224	15,1%	64,7	14,4	22,2%
Änderung						
gesamt	-3,1%			5,3%		
Abschnitt 1	-6,5%			-0,6%		
Abschnitt 2	-5,3%			7,5%		
Abschnitt 3	12,5%			18,7%		

Für NO_x ergeben sich auf der Ortsdurchfahrt Ingersheim für die motorbedingten „warmen“ Emissionen Abnahmen um ca. -3%, für PM_{10} (Abgas) gibt es Zunahmen von ca. 5%.

Die Berechnung der Jahresemissionen einschließlich der Kaltstarts 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_{10} -Emissionen verursacht durch Aufwirbelung und Abrieb wurden nach den Ansätzen aus /AVISO 2009/ ermittelt. Ergänzend wurde angenommen, dass diese auf den Abschnitten 1 und 3 in Anlehnung an /BAST 2009/ durch die Einführung von T30 um ca. 10% reduziert werden können; auf Abschnitt 2, der stark von Fußgängerbedarfs-LSA sowie der Kurve „Am Pflaster“ beeinflusst ist, wurde keine Reduktion angesetzt.

In Tab. 3.7 sind die so bestimmten Jahresemissionen für T50 sowie T30 mit angenommenen Befolgungsgraden von 100% und 50% für die Gesamtstrecke dargestellt.

Tab. 3.7: Zusammensetzung der Jahresemissionen (NO_x und PM10) für die Ortsdurchfahrt Ingersheim, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile

jährliche Emissionen [kg/(km*a)]	NO _x , Gesamtstrecke	PM10, Gesamtstrecke
"Warme" Emissionen T50	1.630	64
"Warme" Emissionen T30	1.580	67
Kaltstartzuschlag	77	14
Aufwirbelung und Abrieb T50		139
Aufwirbelung und Abrieb T30		125
Jahresemissionen T50	1.706	217
Jahresemissionen T30, Befolgungsgrad 100%	1.656	206
Jahresemissionen T30, Befolgungsgrad 50%	1.681	212
Änderung Befolgungsgrad 100%	-2,9%	-4,9%
Änderung Befolgungsgrad 50%	-1,5%	-2,4%

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 Emissionsänderungen.

Tab. 3.8: *Jahresemissionen (NO_x und PM10 inklusive Kaltstartzuschlägen sowie Aufwirbelung und Abrieb), richtungsgetrennt für die Teilstrecken der Ortsdurchfahrt Ingersheim, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (angenommener Befolgungsgrad: 100%, Abschnitt 1 bis 3 nach Tab. 2.1)*

Gesamt- emissionen [kg/(km*a)]	NO _x	PM10 (gesamt)	NO _x	PM10 (gesamt)	NO _x	PM10 (gesamt)
	Fahrtrichtung Osten		Fahrtrichtung Westen		gesamt	
T50 N						
gesamt	803	107,8	903	109,1	1.706	217,0
Abschnitt 1	841	108,1	864	107,2	1.704	215,3
Abschnitt 2	808	107,6	1.083	114,8	1.892	222,4
Abschnitt 3	708	106,0	691	103,2	1.399	209,3
T30						
gesamt	726	100,5	931	105,9	1.656	206,4
Abschnitt 1	783	100,6	815	100,6	1.597	201,3
Abschnitt 2	690	107,2	1.105	120,3	1.795	227,5
Abschnitt 3	651	99,5	913	105,9	1.564	205,4
Veränderung						
gesamt	-9,7%	-6,8%	3,1%	-2,9%	-2,9%	-4,9%
Abschnitt 1	-6,9%	-6,9%	-5,7%	-6,2%	-6,3%	-6,5%
Abschnitt 2	-14,6%	-0,3%	2,0%	4,8%	-5,1%	2,3%
Abschnitt 3	-8,0%	-6,1%	32,1%	2,5%	11,8%	-1,9%

In Fahrtrichtung Osten würde die Einführung von T30 zu Reduktionen der NO_x-Emissionen von ca. -10% und der PM10-Emissionen von ca. -7% führen, in Fahrtrichtung Westen gibt es demgegenüber Zunahmen bei NO_x im ca. 3% und Abnahmen bei PM10 um etwa -3%. Insgesamt überwiegen die Abnahmen um ca. -3% bei NO_x und ca. -5% bei PM10.

Die höchsten Zunahmen bei NO_x gibt es auf Teilabschnitt 3 in Fahrtrichtung Westen. Hier fahren die Fahrzeuge mit relativ hoher Geschwindigkeit in den Ort. Bei T50 kann dieser Schwung genutzt werden, die Geschwindigkeit wird bis zur Kurve „Am Pflaster“ ohne großen Kraftstoffeinsatz reduziert. Bei T30 muss zum Aufrechterhalten der Geschwindigkeit zusätzlich Gas gegeben werden.

In Bild 3.8 sind die Jahresemissionen bei angenommenem Befolgungsgrad von 100% auch für die Einzelabschnitte grafisch dargestellt.

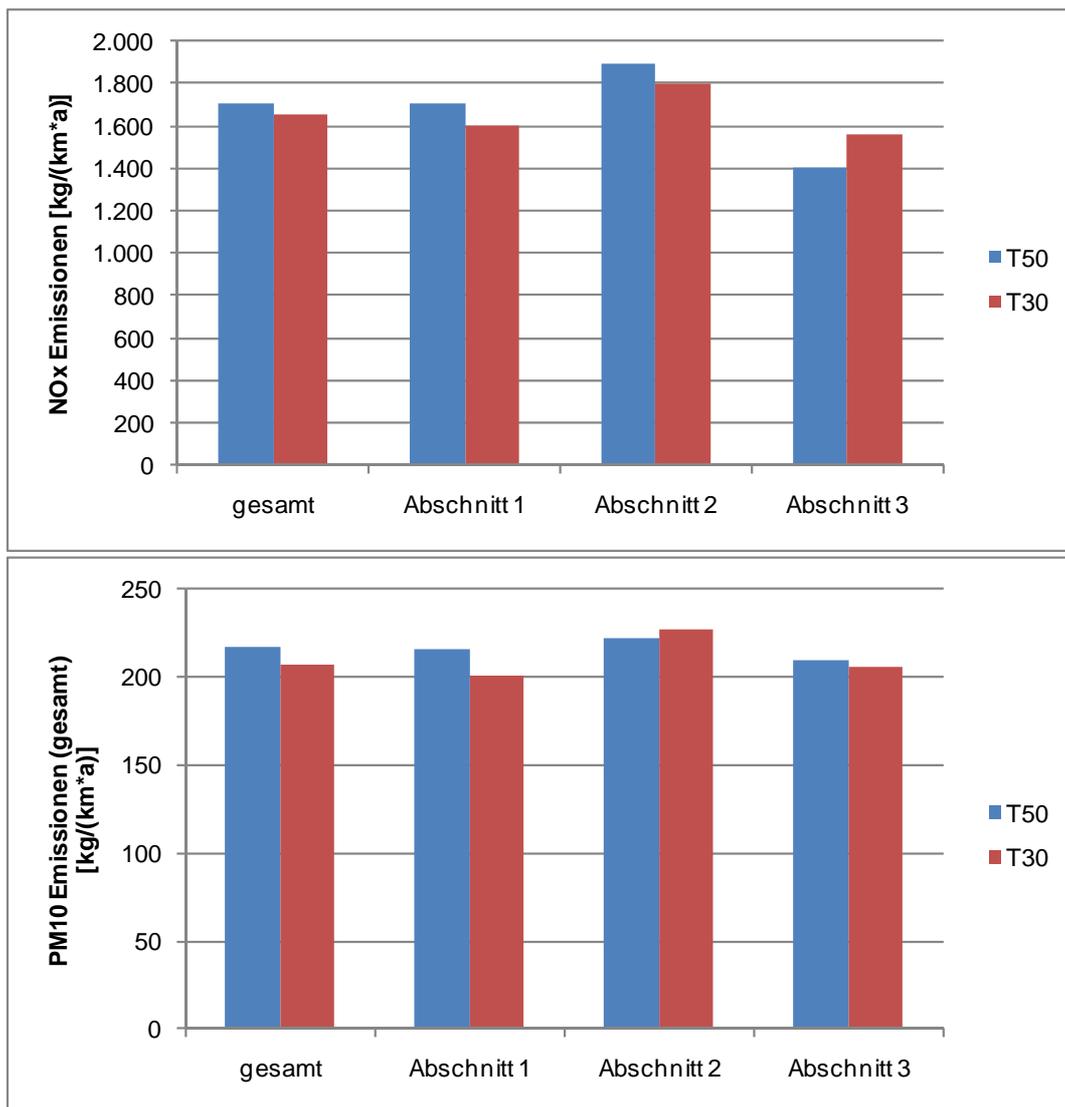


Bild 3.8: Jahresemission (oben: NO_x , unten: PM_{10} (gesamt)) unter Berücksichtigung von Kaltstarts sowie Aufwirbelung und Abrieb für die Ortsdurchfahrt Ingersheim, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (angenommener Befolgungsgrad: 100%)

4 Weitere Maßnahmen zur Verstetigung des Verkehrs

Als Alternative oder Ergänzung zur Einführung eines Tempolimits 30 km/h kommen zur Senkung von Verkehrsemissionen auch verkehrsverflüssigende Maßnahmen in Betracht. Die Auswirkungen solcher Maßnahmen auf die NO_x- bzw. PM10-Emissionen sollen im folgenden Kapitel untersucht werden.

Zur Abschätzung der maximal durch Verflüssigung möglichen Emissionsminderungen werden in Abschnitt 4.1 alle signifikanten Störungen des Verkehrsflusses (betätigte Fußgängerampeln, Linksabbieger in Nebenstraßen und ein-/ausparkende Fahrzeuge am Randstreifen) aus den gemessenen Fahrprofilen (T50) eliminiert. Dann werden die Emissionen der so „verflüssigten“ Fahrprofile berechnet.

In Abschnitt 4.2 werden die Emissionsminderungen, die durch ein Abschalten aller Fußgängerbedarfs-LSA auf der Messstrecke erreichbar wären, abgeschätzt.

In Abschnitt 4.3 wird mittels einer Mikrosimulation gezielt untersucht, welche Auswirkung allein das Unterbinden von Linksabbiegern in Nebenstraßen auf den Verkehrsfluss hat.

Nach den Beobachtungen unserer Testfahrer stellten ein- oder ausparkende Fahrzeuge am Fahrbahnrand kein großes Verkehrshindernis dar, so dass hierzu keine weiteren Untersuchungen für Ingersheim durchgeführt wurden.

4.1 Maximales Potential für eine Verkehrsverflüssigung

Im folgenden Abschnitt soll abgeschätzt werden, wie groß die maximal durch Verkehrsverflüssigungen erreichbaren Emissionsminderungen sind. Mögliche Ursachen für Störungen des Verkehrsflusses sind betätigte Fußgängerbedarfs-LSA, Linksabbieger in Nebenstraßen sowie ein- oder ausparkende Fahrzeuge am Fahrbahnrand. Für die Maximalabschätzung werden alle diese Störungen aus den gemessenen Fahrprofilen eliminiert. Entscheidungskriterium für eine Störung ist

- eine signifikante Verringerung der Geschwindigkeit, gefolgt von
- einer signifikant erhöhten Beschleunigung.

Durch die Linienführung der Straße bedingte fahrdynamische „Störungen“ (z. B. in Folge von extremen Kurven, s. Bild 4.1) bleiben beibehalten. In den identifizierten Störungsbereichen werden mittlere Emissionsfaktoren der ungestörten Fahrten angesetzt. In Bild 4.1 ist dieses Vorgehen exemplarisch für eine Pkw-Fahrt dargestellt.

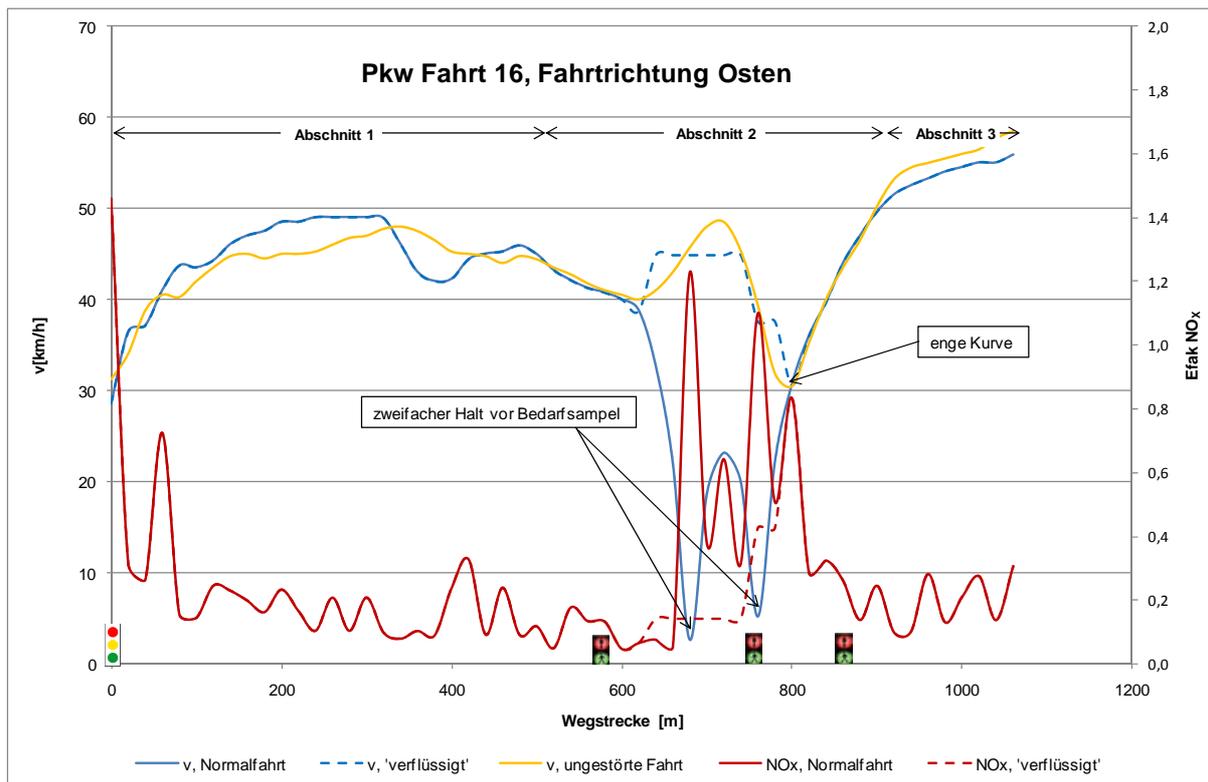


Bild 4.1: Exemplarische Darstellung der „Verflüssigung“ der Fahrprofile und der Auswirkungen auf die NO_x -Emissionsfaktoren im Vergleich zu einer ungestörten Fahrt

Aus den so bestimmten Emissionsfaktoren für die „verflüssigten“ Fahrten wurden analog zum Verfahren in Kapitel 3 unter den in Abschnitt 3.5 beschriebenen Annahmen Jahresemissionen für NO_x und PM_{10} einschließlich Aufwirbelung und Abrieb berechnet. Diese sind, wie auch die Gesamtemissionen der ursprünglichen Fahrprofile, in Tab. 4.1 angegeben.

Tab. 4.1: **Maximale Verkehrsverflüssigung:** Jährliche NO_x- und PM10 (gesamt)- Emissionen für die originalen T50-Fahrprofile¹ sowie für „verflüssigte“ Fahrprofile ohne eliminierbare Störungen (Abschnitt 1 bis 3 nach Tab. 2.1).

Gesamt- emissionen	NO _x	PM10	NO _x	PM10	NO _x	PM10
	[kg/(km*a)] originale Fahrprofile		[kg/(km*a)] maximal "verflüssigte" Fahrprofile		Veränderung (maximale "Verflüssigung")	
gesamt	1.749	224	1.629	213	-6,8%	-4,8%
Abschnitt 1	1.691	215	1.691	215	0,0%	0,0%
Abschnitt 2	1.930	222	1.676	213	-13,2%	-4,2%
Abschnitt 3	1.368	206	1.333	205	-2,6%	-0,5%

Das maximale Minderungspotential durch Verflüssigung beträgt ca. -7% für die NO_x- und ca. 5% für die PM10-Emissionen.

Die durch die Verflüssigung erreichbaren Emissionsminderungen finden sich vornehmlich in Abschnitt 2 (-13% für NO_x und -4% für PM10). Die emissionsverursachenden Störungen können jedoch nicht ausschließlich den Fußgängerbedarfs-LSA zugeordnet werden.

4.2 Auswirkungen eines Abschaltens der Fußgängerbedarfs-LSA

Im vorherigen Abschnitt wurden die Auswirkung einer maximalen Verflüssigung durch Eliminierung von Störungen unterschiedlicher Ursachen auf die Emissionen abgeschätzt. Im folgenden werden nur die Auswirkungen eines Abschaltens der Fußgängerbedarfs-LSA auf der Messstrecke betrachtet. Hierzu wurden die Störungsanteile durch Auswertung von 30minütigen Videoaufnahmen an diesen Ampeln bestimmt. Die resultierenden Emissionsminderungen sind in Tab. 4.2 ausgewiesen.

¹ Bei der Berechnung der Jahresemissionen in Tab. 3.8 wurden T50- und T30-Fahrten so gewichtet, dass vergleichbare Störungsgrade gewährleistet sind. Die Gesamtemissionen in Tab. 4.1 basieren dagegen auf allen T50-Messfahrten. Daher können im Vergleich zu Tab. 3.8 leicht abweichende Werte auftreten.

Tab. 4.2: **Verkehrsverflüssigung durch Abschalten der Bedarfs-LSA: Jährliche NO_x- und PM10 (gesamt)- Emissionen für die originalen T50-Fahrprofile sowie für Profile ohne Halte an Fußgängerbedarfs-LSA (Abschnitt 1 bis 3 nach Tab. 2.1)**

Gesamt- emissionen	NO _x	PM10	NO _x	PM10	NO _x	PM10
	[kg/(km*a)] originale Fahrprofile		[kg/(km*a)] Fahrprofile ohne Halte an Bedarfs-LSA		Veränderung durch Abschalten der Bedarfs-LSA	
gesamt	1.749	224	1.717	221	-1,8%	-1,3%
Abschnitt 1	1.691	215	1.691	215	0,0%	0,0%
Abschnitt 2	1.930	222	1.862	220	-3,5%	-1,1%
Abschnitt 3	1.368	206	1.359	206	-0,7%	-0,1%

Die durch die Abschaltung der Bedarfs-LSA erreichbaren Emissionsminderungen finden sich vornehmlich im Bereich der Ampel „L 1125 / Tiefengasse“. Diese dient einerseits als Querungshilfe für Fußgänger über die Pleidelsheimer Straße, andererseits aber auch als Einfahrhilfe für einbiegende Kfz aus der Nebenrichtung „Am Pflaster“. Die Emissionsminderungen, die durch ein Abschalten dieser Ampel in Abschnitt 2 erreicht werden könnten, betragen ca.-4% für NO_x und ca. -1% für PM10.

Die weiteren Bedarfsampeln in Ingersheim werden weniger häufig betätigt, ihr Abschalten würde entsprechend nur zu geringen Emissionsreduktionen führen.

Insgesamt ergibt sich ein Einsparpotential von -2% für NO_x- und -1% für die PM10-Emissionen durch ein Abschalten der Fußgängerbedarfs-LSA auf der Messstrecke.

4.3 Wirkungen von Linksabbiegeverboten in Nebenstraßen

Im Rahmen einer Mikrosimulation können gezielt einzelne Prozesse untersucht werden. So wurde hier die Wirkung der Linksabbieger ohne eigene Abbiegespur in Nebenstraßen auf den Verkehrsfluss auf der Hauptstraße untersucht. Das eingesetzte Mikrosimulationsmodell ist in /TRAFFGO 1992/ beschrieben.

Die Basis für die Simulationen bildeten die Fahrprofile der normalen T50-Fahrten. Das Modell wurde mit diesen Messfahrten kalibriert, dazu wurden 2.124 Normalfahrten simuliert. Anschließend wurden 2.111 T50-Fahrten simuliert, bei denen Linksabbieger in Nebenstraßen unterdrückt wurden.

Die Simulationsergebnisse sind jeweils in Form der Parameter „mittlere Geschwindigkeit“, „RPA“, „Standzeitanzahl“ und „Konstantfahrtanteil“ für beide Messstrecken getrennt nach Richtungen sowohl für die Normalfahrten wie auch für die nicht durch Linksabbiegen in Nebenstraßen gestörten Fahrten in Tab. 4.3 zusammengefasst.

Tab. 4.3: RPA und mittlere Geschwindigkeit v_m der simulierten Fahrprofile auf den Messstrecken, jeweils T50 Normalfahrt und T50 mit Unterdrückung der Linksabbieger ohne eigene Abbiegespur in Nebenstraßen

Fahrtparameter	Richtung Osten		Richtung Westen	
	Wert	stdev	Wert	stdev
Normalfahrt T50				
RPA [m/s^2]	0,174	0,028	0,187	0,034
v_m [km/h]	38,8	6,9	38,0	7,0
Standzeitanteil	17,8%	9,8%	17,1%	9,4%
Konstantfahrtanteil	77,0%	6,4%	75,8%	6,6%
Linksabbieger unterdrückt				
RPA [m/s^2]	0,173	0,027	0,195	0,034
v_m [km/h]	37,9	7,4	32,7	8,4
Standzeitanteil	18,8%	10,4%	23,5%	11,3%
Konstantfahrtanteil	77,2%	6,3%	76,7%	6,4%
Änderung				
RPA [m/s^2]	-0,4%		3,8%	
v_m [km/h]	-2,1%		-13,9%	
Standzeitanteil	5,7%		37,1%	
Konstantfahrtanteil	0,3%		1,1%	

Entgegen der Erwartung führt ein Unterdrücken von Linksabbiegern ohne eigene Abbiegespur in Nebenstraßen nicht zu einer Verstetigung des Verkehrsflusses auf der Hauptstraße: In beiden Richtungen nimmt die mittlere Geschwindigkeit durch die Abbiegeverbote ab, in Fahrtrichtung Osten nimmt RPA nur minimal ab, in Richtung Westen nimmt RPA zu. Der Grund dafür ist, dass durch die Abbiegeverbote die Verkehrsmenge an der voll verkehrabhängig gesteuerten LSA am westlichen Ortsausgang durch die unterdrückten Linksabbieger erhöht wird. Dort nehmen die Wartezeiten entsprechend zu, wie insbesondere die deutliche Zunahme des Standzeitanteils in Fahrtrichtung Westen um 37% zeigt. Die Störungen werden nur räumlich verlagert.

In Fahrtrichtung Westen sind aufgrund des steigenden RPA Emissionszunahmen zu erwarten, in Fahrtrichtung Osten liegen mögliche Emissionsminderungen deutlich unter einem Prozent.

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 Ingersheim 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 /Eichhorn, 1989/ 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_{real} durch eine einfache lineare Skalierung der Transmissionskoeffizienten ($I_{\text{screening}}$) mit der tatsächlich vorhandenen Emission E_{real} und reziproken Skalierung mit der Windgeschwindigkeit U_{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 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 Bietigheimer Straße zwischen Besigheimer Straße im Westen und dem Hindenburgplatz im Osten, der Tiefengasse zwischen Hindenburgplatz im Süden und Pflaster im Norden und der Pleidelsheimer Straße zwischen Pflaster im Westen und dem östlichen Ortsausgang festgelegt. Das Screening-Modell kennt keine unterschiedlichen Gebäudehöhen für eine beidseitige Bebauung. Im Sinne einer konservativen Betrachtung wird bei unterschiedlicher mittlerer Bebauungshöhe die jeweils höhere mittlere Gebäudehöhe für beide Straßenseiten zugrunde gelegt. Neben der mittleren Straßenbreite wurde aus den Katasterplänen für jeden Streckenabschnitt die Porosität der Straßenrandbebauung ermittelt. Nach Definition in ISIS ist ab einer Porosität von größer 40% von einer durchbrochenen Randbe-

bauung auszugehen. 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 jedes Streckenabschnitts ermittelt.

Die für die Immissionsabschätzung gewählten Streckenabschnitte sind Abschnitte mit jeweils gleich bleibenden Verkehrs- und damit Emissionswerten, ähnlicher Bebauungsstruktur, Straßengeometrie sowie Ausrichtung gegen Nord. Emissionsseitig erfolgte, wie in Bild 2.1 dargestellt, eine Aufteilung in insgesamt drei Abschnitte. Für die Immissionsbestimmungen wurden diese Abschnitte wegen nicht homogener Bebauungsstrukturen oder Straßengeometrien in insgesamt neun Unterabschnitte unterteilt:

- ID 1_1: Bietigheimer Straße zwischen Besigheimer Straße und Friedrichstraße,
- ID 1_2: Bietigheimer Straße zwischen Friedrichstraße und Wilhelmstraße,
- ID 1_3: Bietigheimer Straße zwischen Wilhelmstraße und Karlstraße,
- ID 1_4: Bietigheimer Straße zwischen Karlstraße und Großmühlstraße,
- ID 1_5: Bietigheimer Straße zwischen Großmühlstraße und Brunnengasse,
- ID 2_1: Bietigheimer Straße zwischen Brunnengasse und Hindenburgplatz
- ID 2_2: Tiefengasse zwischen Hindenburgplatz und Pflaster,
- ID 3_1: Pleidelsheimer Straße zwischen Pflaster und Mühlweg und
- ID 3_2: Pleidelsheimer Straße zwischen Mühlweg und Baumwasenweg.

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 tatsächlich vorhandene Bebauungsstruktur sowie das Strömungs- und Turbulenzfeld realitätsnah wiedergegeben werden kann.

6 Berechnung statistischer Kenngrößen der Immissions-Gesamtbelastung

6.1 Windstatistik

Für die Berechnung statistischer Kennwerte mit dem Screening-Modell sollten meteorologische Daten herangezogen werden, die für das Untersuchungsgebiet repräsentativ sind. Nächstgelegene Messstationen bezüglich Ingersheim sind die Stationen Ludwigsburg und Bietigheim. Bei Bietigheim handelt es sich lediglich um eine einjährige Messreihe, bei Ludwigsburg um eine 10-jährige Messreihe. Die Hauptwindrichtungen in Ludwigsburg sind, topografisch bedingt, Nordwest und Südost. In Abstimmung mit dem Ingenieurbüro Lohmeyer wurden für die Screening-Berechnungen die Daten der Station Ludwigsburg herangezogen. Zur Berücksichtigung der topographischen Verhältnisse im Raum Ingersheim erfolgt eine Drehung der in Ludwigsburg gemessenen Windrose um ca. 20° im Gegenuhrzeigersinn. Man erhält somit eine Verteilung mit dem Hauptmaximum aus West und dem Nebenmaximum aus Ost bis Südost.

Bild 6.1 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen der für Ingersheim angepassten Windrose der Station Ludwigsburg. Die jahresmittlere Windgeschwindigkeit liegt in etwa bei 2 m/s.

6.2 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-Emissionen des umliegenden Straßennetzes mit Autobahn bestimmt wird.

In Absprache mit dem RP Stuttgart wurden die Hintergrundbelastungswerte, die großräumig durch das Ingenieurbüro Lohmeyer im Bereich der Messstelle in der Tiefengasse (ID 2_2), ebenfalls mit einem Screening-Modell, berechnet wurden, herangezogen. Danach liegt die Hintergrundbelastung im Jahr 2010 für das NO₂-Jahresmittel bei 30,7 µg/m³. Für das Jahresmittel von PM10 wurde im Bereich der Messstelle in der Tiefengasse ein Wert von 20,5 µg/m³ ermittelt.

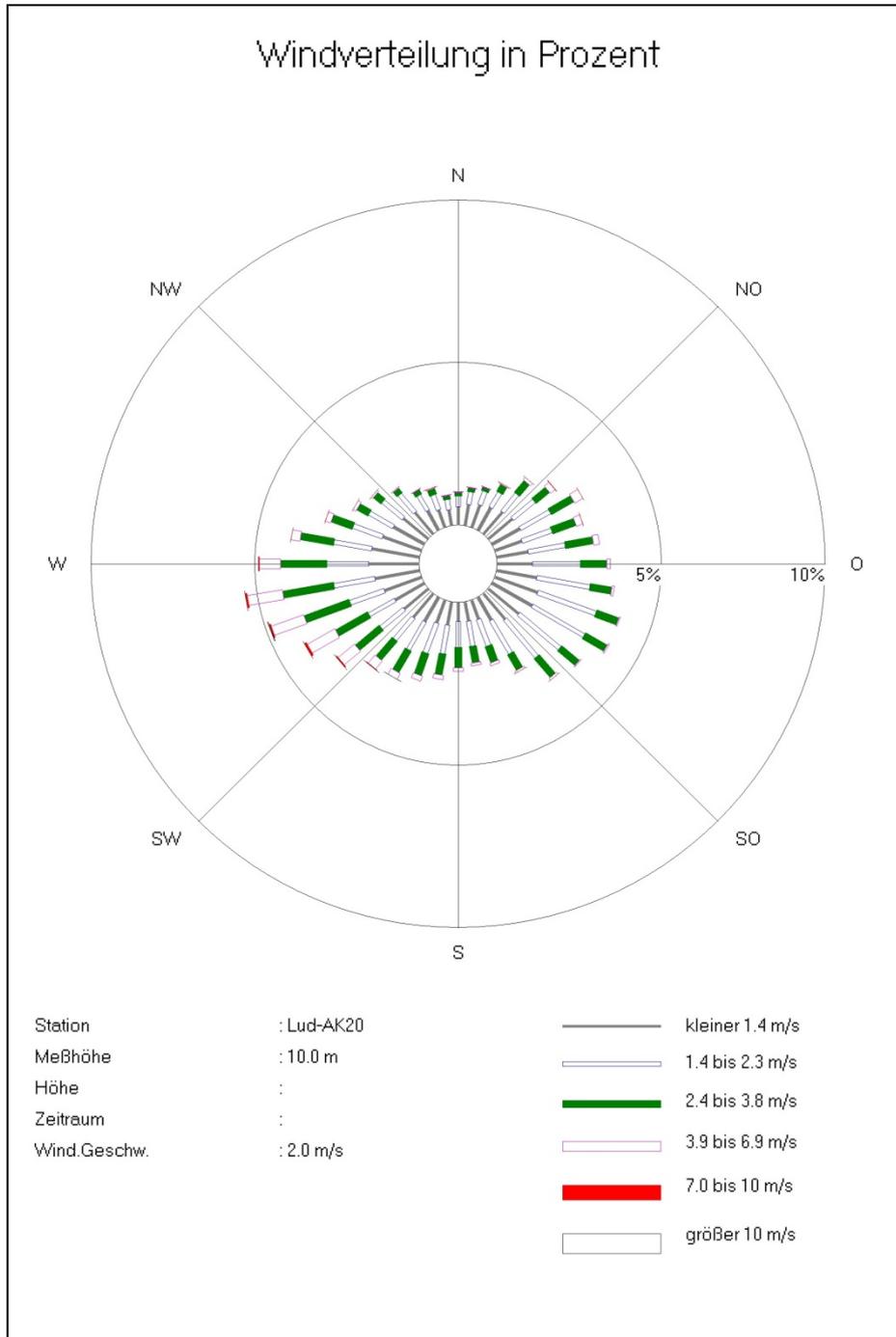


Bild 6.1: Die für die Immissionsbestimmung gewählte Häufigkeitsverteilung (% der Jahresstunden) der Windrichtungen (°) im Raum Ingersheim; Basis: Windmessdaten der LUBW-Station Ludwigsburg

6.3 Beurteilungsgrundlage

Für die Beurteilung der Immissionskonzentrationen von NO₂ 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 NO₂ 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 NO₂ und PM10

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

6.4 Bestimmung der Gesamtbelastung

Mit den charakteristischen Werten für die Hintergrundbelastung werden durch Überlagerung mit den berechneten Zusatzbelastungswerten aus ISIS die statistischen Kenngrößen (Jahresmittelwerte für PM10 und NO_x) 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 inerter Schadstoffe simuliert werden kann, andererseits jedoch die Konzentrationen des reaktiven Schadstoffs NO₂ bestimmt und beurteilt werden soll, muss bei der Berechnung der statistischen Kenngrößen für NO₂ die NO-NO₂-Konversion berücksichtigt werden. Die chemische Umwandlung von NO_x nach NO₂ 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 Modelansatzes nach Düring /DÜRING, 2009/, das den NO-NO₂-Umwandlungsgrad als Funktion der NO_x-Gesamtmission und der O₃-Hintergrundkonzentration beschreibt.

6.5 Berechnung von Kurzzeitwerten der Gesamtbelastung

Die 39. BImSchV, deren Grenzwerte für die Immissionsbeurteilung relevant sind, enthält neben den Immissionsgrenzwerten für die Jahresmittelwerte von NO_2 und PM_{10} auch Immissionsgrenzwerte für den Kurzzeitwert (Mittelungszeit 1 Stunde) von NO_2 , der nicht öfter als 18 mal im Kalenderjahr überschritten werden darf (entspricht einem 99,8%-Wert), sowie für den Kurzzeitwert (Tagesmittelwert) von PM_{10} , 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 wäre nur mit großem Aufwand zu erstellen.

Aus den in Deutschland in den Jahren 2001 bis 2008 gemessenen NO_2 -Stundenmittelwerten und NO_2 -Jahresmittelwerten lässt sich zumindest ableiten, dass bei einem Jahresmittelwert unter $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ der Kurzzeitgrenzwert sicher eingehalten wird, wohingegen bei Jahresmittelwerten über $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ von Überschreitungen des Kurzzeit-Grenzwertes ausgegangen werden muss /LUBW, 2011/.

Bei PM_{10} ist es derzeit 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 funktionalen Zusammenhang zwischen dem 90,4%-Wert der Tagesmittelwerte vom Jahresmittelwert. Bei einem zulässigen 24-Stundenwert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen die Schwellenwerte für den Jahresmittelwert etwa zwischen 28 und $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Das LANUV NRW kommt auf Grund der neueren Auswertung der PM_{10} -Messungen von bundesweit über 1.000 Messstellen zu dem Ergebnis, dass ab einem Jahresmittel von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 Immissionsberechnungen

Mit dem Screening-Modell ISIS wurden unter Berücksichtigung der Emissionen, der Hintergrundbelastung und der für den Raum Ingersheim charakteristischen Meteorologie für das Jahr 2010 die NO₂- und PM10-Jahresmittelwerte der Gesamtbelastung für die interessierenden Straßenabschnitte für die drei zu betrachtenden Szenarien 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.

Tab. 7.1: Zusammenstellung der für die betrachteten Straßenabschnitte und Szenarien berechneten maximal zu erwartenden Jahresmittelwerte für NO₂ und PM10 in µg/m³ sowie Änderungen gegenüber dem Basisfall T50

ID Straße	Jahresmittlere Konzentrationen in µg/m ³				Reduktion gegenüber T50	
	Berechnungsfall				Berechnungsfall	
		T50	T30	T50 ohne Bedarfs-LSA	T30	T50 ohne Bedarfs-LSA
1_1 Bietigheimer Straße	NO ₂	48,1	47,3	48,1	-1,7%	0,0%
	PM10	25,4	25,1	25,4	-1,2%	0,0%
1_2 Bietigheimer Straße	NO ₂	48,8	47,9	48,8	-1,8%	0,0%
	PM10	25,7	25,3	25,7	-1,6%	0,0%
1_3 Bietigheimer Straße	NO ₂	45,2	44,5	45,2	-1,5%	0,0%
	PM10	24,3	24,1	24,3	-1,0%	0,0%
1_4 Bietigheimer Straße	NO ₂	42,3	41,8	42,3	-1,2%	0,0%
	PM10	23,2	23,0	23,2	-0,7%	0,0%
1_5 Bietigheimer Straße	NO ₂	49,6	48,7	49,6	-1,8%	0,0%
	PM10	25,5	25,2	25,5	-1,2%	0,0%
2_1 Bietigheimer Straße	NO ₂	54,1	52,9	54,1	-2,2%	0,0%
	PM10	27,0	26,6	27,0	-1,5%	0,0%
2_2 Tiefengasse	NO ₂	55,0	54,0	54,3	-1,8%	-1,3%
	PM10	26,8	27,0	26,8	0,5%	0,0%
3_1 Pleidelsheimer Straße	NO ₂	52,1	54,1	51,9	3,8%	-0,4%
	PM10	27,4	27,3	27,4	-0,4%	0,0%
3_2 Pleidelsheimer Straße	NO ₂	48,4	50,0	48,3	3,3%	-0,2%
	PM10	25,9	25,9	25,9	-0,3%	0,0%

Im Basisfall T50 werden mit ISIS für den Streckenabschnitt ID 2_2 mit 55,0 µg/m³ der höchste Jahresmittelwert für NO₂ berechnet. Der Grenzwert für das Jahresmittel von NO₂ wird in diesem Streckenabschnitt wie auch in allen anderen betrachteten Streckenabschnitten im Analysejahr 2010 bei Tempo 50 überschritten.

Da die NO₂-Jahresmittelwerte in allen untersuchten Streckenabschnitten allerdings deutlich unter 60 µg/m³ liegen, kann man aus den in Abschnitt 6.5 gemachten Ausführungen von einer Einhaltung des Kurzzeitgrenzwertes für NO₂ ausgehen.

Die berechneten Jahresmittelwerte für PM₁₀ unterschreiten im Basisfall T50 auf allen untersuchten Straßenabschnitten den Grenzwert für das Jahresmittel von 40 µg/m³ sicher. Die Jahresmittelwerte liegen zudem in allen Streckenabschnitten unter dem in Abschnitt 6.5 diskutierten Schwellenwert von 30 µg/m³. Mit hoher Wahrscheinlichkeit ist eine Einhaltung der maximal zulässigen 35 Überschreitungen des Kurzzeitwertes für PM₁₀ somit sichergestellt.

In dem Streckenabschnitt 2_2 Tiefengasse liegt die Hot Spot-Messstelle, an der in den Jahren 2009 und 2010 mit Passivsammlern NO₂-Jahresmittelwerte von 56 und 57 µg/m³ gemessen wurden. Der mit ISIS für diesen Abschnitt berechnete NO₂-Jahresmittelwert von 55,0 µg/m³, basierend auf mittleren meteorologischen Verhältnissen für einen 10-Jahres-Zeitraum, trifft die Messung somit gut.

NO₂-Immissionen in Ingersheim

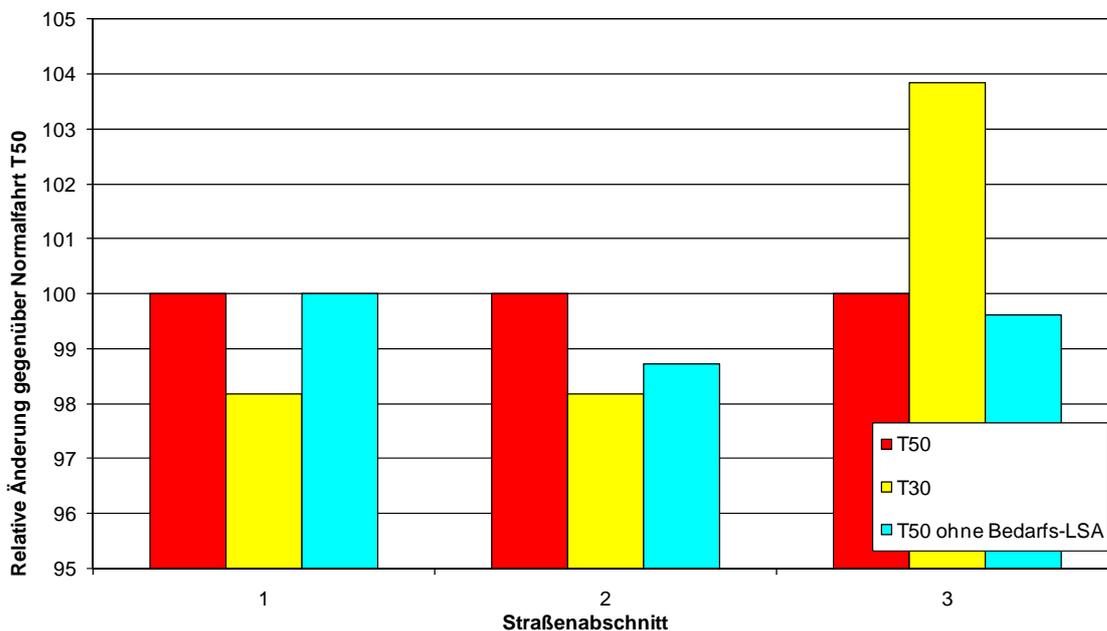
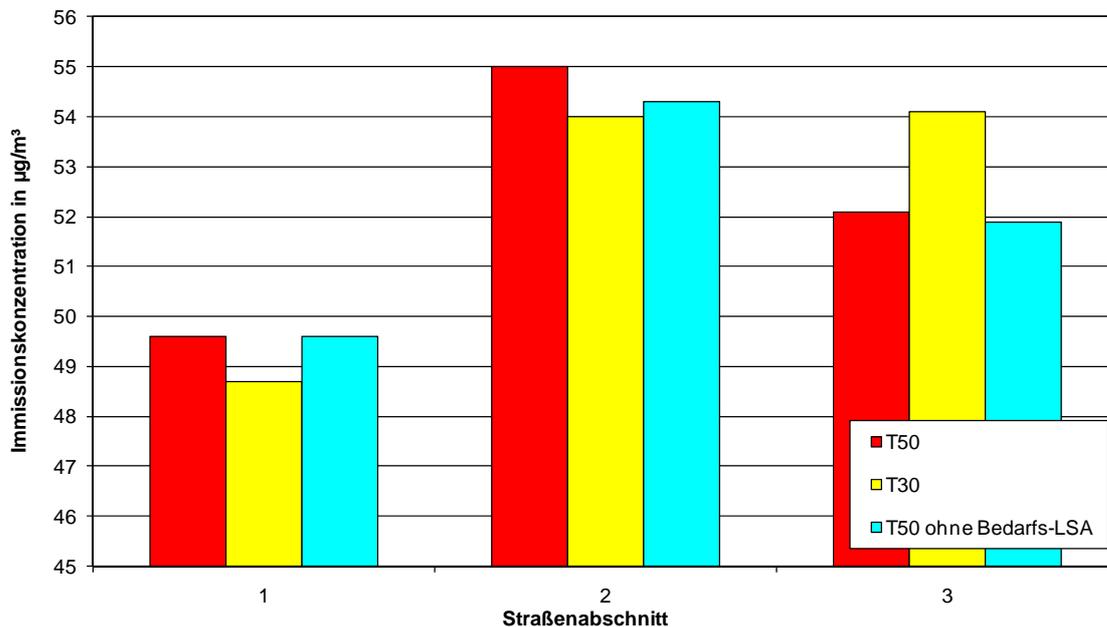


Bild 7.1: Zusammenstellung der für die betrachteten Straßenabschnitte und Szenarien berechneten maximal zu erwartenden Jahresmittelwerte für NO₂ in µg/m³ sowie Änderungen gegenüber dem Basisfall T50 in [%]

In Bild 7.1 sind die jahresmittleren Immissionskonzentrationen für NO₂ (oben) sowie die relativen Anteile [%], bezogen auf den Basisfall T50, grafisch dargestellt. Der Vergleich von T30 mit T50 zeigt Folgendes (s. Tab. 7.1 sowie Bild 7.1):

- Die Auswirkungen von Tempo 30 auf die Immissionen sind wie bei den Emissionen auf den einzelnen Streckenabschnitten unterschiedlich.
- Bei NO₂ liegen bei T30 die Änderungen zwischen -2,2% und +3,8%, bei PM10 zwischen -1,6% und +0,5%. Die höchsten Zuwächse bei NO₂ sind dabei im Bereich Pleidelsheimer Straße zwischen Pflaster und Mühlweg (ID 3_1) feststellbar.
- Im Bereich der Messstelle führt T30 bei NO₂ zu einer Abnahme von etwa -1,8%, bei PM10 zu einer Zunahme von +0,5%.
- In keinem Streckenabschnitt führt die Einführung von T30 dazu, dass der Grenzwert für die Jahresmittlere NO₂ Konzentration eingehalten werden kann.
- Bei PM10 wird der Grenzwert auch bei T30 für das Jahresmittel deutlich unterschritten. Des Weiteren ist von einer Einhaltung des Immissions-Kurzeitwertes auszugehen.

Die Auswirkungen einer Verflüssigung bei T50 auf die Immissionskonzentrationen sind folgende:

- Die Verflüssigung bringt gegenüber dem Basisfall T50 bei NO₂ im Jahresmittel Reduktionen zwischen 0 und -1,3%, wobei die stärkste Reduktion im Bereich der Messstelle in der Tiefengasse prognostiziert wird.
- Bei PM10 ist die Veränderung gegenüber dem Basisfall T50 vernachlässigbar.

Zusammenfassend führt Tempo 30 für NO₂ auf einigen Streckenabschnitten zu Zunahmen um maximal 3,8%, auf anderen Streckenabschnitten zu Abnahmen um maximal -2,2%. Eine Verflüssigung führt auf einigen wenigen Streckenabschnitten zu einer leichten Konzentrationsabnahme; auf den meisten Streckenabschnitten treten keine Veränderungen auf. In den Streckenabschnitten, in denen durch die Maßnahmen Minderungen erzielt werden, wird der Grenzwert für das Jahresmittel von NO₂ weiterhin überschritten.

Bei PM10 führt T30 auf einem Streckenabschnitt zu einer Zunahme um 0,5%, auf den anderen Abschnitten zu Abnahmen um maximal -1,6%. Die Minderungen durch eine Verflüssigung bei T50 sind gegenüber dem Basisfall T50 verschwindend gering.

8 Zusammenfassung

Im neuen Emissionsfaktoren-Handbuch HBEFA3.1 gibt es noch keine Emissionsfaktoren für T30 auf Hauptverkehrsstraßen. Daher wurden zur Ermittlung der Auswirkungen eines Tempolimits von 30 km/h in der Ortsdurchfahrt von Ingersheim am 28.9.2010 mit einem Pkw Messfahrten zur Aufnahme von Fahrprofilen ($v=f(t)$) mit Tempo 50 und Tempo 30 „fiktiv“ sowie Lkw-Verfolgungsfahrten durchgeführt. Zusätzlich wurden manuelle Kurzzeitmessungen mit Differenzierung nach Fahrzeugarten vorgenommen und die Strecke mit Video und Digitalkamera erfasst und dokumentiert.

Basierend auf den erhobenen Fahrprofilen wurden mit dem Modell PHEM (Passenger car and Heavy duty Emission Model) der TU Graz die Abgasemissionen sekundlich berechnet. Unter Berücksichtigung der lokalen dynamischen Fahrzeugbestände und der bei den Zählungen erhobenen Verkehrsstärken wurden „warme“ Abgas-Emissionsfaktoren sowie jährliche Emissionen (unter Einbeziehung von Kaltstarts) für NO_x und PM10 (einschließlich Aufwirbelung und Abrieb) berechnet.

Die Auswertung der mittleren Geschwindigkeit für T50 und T30 zeigt deutliche Reduzierungen beim Übergang von T50 zu T30, auch der Fahrparameter RPA (*relative positive acceleration*) wird fast überall reduziert. Die Einführung von T30 würde also zu einer Verstetigung des Verkehrsflusses führen. Diese Verstetigung führt jedoch nicht zwangsläufig zu einer Reduktion der Emissionen, da neben dem Störungsgrad auch die Gangwahl und bei Abgasnachbehandlungsanlagen schwerer Nutzfahrzeuge die Abgastemperatur entscheidend sind. Bei den gegebenen Randbedingungen der Strecke zeigt PHEM bei den Pkw für T30 zum Teil eine ungünstigere Gangwahl mit einer Erhöhung der Drehzahl.

Für die Ortsdurchfahrt Ingersheim ergeben sich durch eine Einführung von T30 für die motorbedingten „warmen“ Emissionen insgesamt Abnahmen von -3% bei NO_x und Zunahmen von +5% bei PM10. Werden Kaltstartzuschläge sowie Aufwirbelung und Abrieb in die Betrachtung mit einbezogen (in Anlehnung an /BAST 2009/), ergeben sich für PM10 insgesamt Reduktionen der Emissionen von -5%.

Eine getrennte Betrachtung der Fahrrichtungen zeigt, dass Reduktionen vornehmlich in Fahrtrichtung Osten erreicht werden können: In Fahrtrichtung Osten würde die Einführung von T30 zu Reduktionen der NO_x -Emissionen von ca. -10% und der PM10-Emissionen von ca. -7% führen, in Fahrtrichtung Westen gibt es demgegenüber Zunahmen bei NO_x im ca. 3% und Abnahmen bei PM10 um etwa -3%.

Zur Abschätzung der Auswirkungen zusätzlicher verkehrsverflüssigender Maßnahmen wurde als Maximalfall ein Abschalten aller Fußgängerbedarfs-LSA entlang der Messstrecke angenommen. Dies führt zu Reduktionen der Emissionen von ca. -2% bei NO_x und -1% bei PM10. Diese Emissionsminderungen finden sich vornehmlich im Bereich der Bedarfs-LSA am „Pflaster“ in Abschnitt 2. Die durch ein Abschalten dieser LSA in Abschnitt 2 erreichbaren Emissionsminderungen betragen für NO_x -4% und für PM10 -1%.

Emissionsmindernde Wirkungen aufgrund von Linksabbiegeverboten sind nicht zu erwarten, da die Störungen nur räumlich verlagert werden.

Mit dem Screening-Modell ISIS wurden auf Basis der so bestimmten Emissionen Immissionskonzentrationen der einzelnen Streckenabschnitte berechnet. Die modellierten Konzentrationen für 2010 stimmen sehr gut mit den Messwerten überein.

Aufgrund der Beiträge der Hintergrundbelastung führen die Emissionsänderungen durch T30 selbst unter Annahme eines Befolungsgrads von 100% nur zu geringen Änderungen der Konzentrationen: Auf Abschnitt 3 führt Tempo 30 für NO₂ zu Zunahmen um maximal 3,8%, auf den anderen Streckenabschnitten zu Abnahmen, die auf Abschnitt 2, der die Messstation enthält, mit -2,2% am stärksten sind. Ein Abschalten der Fußgängerbedarfsampeln führt auf einigen wenigen Streckenabschnitten zu einer leichten Konzentrationsabnahme für NO₂; auf den meisten Streckenabschnitten treten keine Veränderungen auf. In keinem Streckenabschnitt führt die Einführung von T30 oder die Verflüssigung dazu, dass der Grenzwert für die Jahresmittlere NO₂ Konzentration eingehalten werden kann.

Bei PM10 führt T30 auf einem Streckenabschnitt zu einer Zunahme um 0,5%, auf den anderen Abschnitten zu Abnahmen um maximal -1,6%. Die Minderungen durch eine Verflüssigung bei T50 sind gegenüber dem Basisfall T50 verschwindend gering. Bei PM10 wird der Grenzwert für das Jahresmittel deutlich unterschritten, auch der Kurzzeitwert wird überall sicher eingehalten.

Literaturverzeichnis

AVISO 2009

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

BANGERT ET AL. 1996

EDV-gestütztes Screening-Modell für unterschiedliche Verkehrsstandorte in Sachsen. Abschlußbericht. I. A. 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

DÜRING 2009

Tendenzen der NO₂-Belastung in Brandenburg von 1997 bis 2020. Immissionsschutz 3-10.

EICHHORN 1989

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

HBEFA 2010

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

LUBW 2011

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

LUTZ 2010

NO₂-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 NO₂-Immissionen, Gesetzgebung, Luftbelastung, Lösungen, Heidelberg, 3./4. März 2010

TRAFFGO 1992

A cellular automaton model for freeway traffic, K. Nagel, M. Schreckenberg *J. Phys. I France* 2 2221–2229 (1992).