BESTIMMUNG DER EMISSIONSSEITIGEN AUSWIRKUNGEN VON TEMPO 30 AUF DER ORTSDURCHFAHRT IN UNTERJESINGEN IM RAHMEN DER FORTSCHREIBUNG DER LUFTREINHALTEPLÄNE DES REGIERUNGSPRÄSIDIUMS TÜBINGEN
- TEILPLAN TÜBINGEN -

Auftraggeber: Regierungspräsidium Tübingen
Referat 54.1 – Luftreinhaltung
Konrad-Adenauer-Str. 20

72072 Tübingen

Durchführung: Ingenieurbüro Rau (Federführung)
Bottwarbahnstraße 4

74081 Heilbronn

AVISO GmbH
Am Hasselholz 15

52074 Aachen

24. August 2011

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis I
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 11
3.1 Modell PHEM 11
3.2 Mittlere Ganglinien der Emissionsfaktoren 11
3.3 Emissionsfaktoren NO_X und PM10-Abgas 17
3.4 Gegenüberstellung der Emissionsfaktoren zu HBEFA3.1 20
3.5 Jahresemissionen 22
3.6 Auswirkung auf die Immissionsbelastung im Bereich des Hotspots 25
4 Ergänzende Betrachtungen 26
4.1 Verstetigung des Verkehrs 26
4.2 Schwere Nutzfahrzeuge der Abgasnormen Euro 5 und 6 26
5 Zusammenfassung 29
6 Literaturverzeichnis 30

1 Einleitung

Für die Ortsdurchfahrt Unterjesingen (Jesinger Hauptstraße, B28) bei Tübingen 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 NO_2 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 (im Wesentlichen 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 Unterjesingen 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 Unterjesingen 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.

2 Messfahrten

Am 16.11.2010 wurden in Unterjesingen 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 wurde 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 Unterjesingen (Jesinger Hauptstraße, B28). Es existieren zwei Lichtsignalanlagen und drei Fußgängerbedarfs-LSA an der untersuchten Strecke.

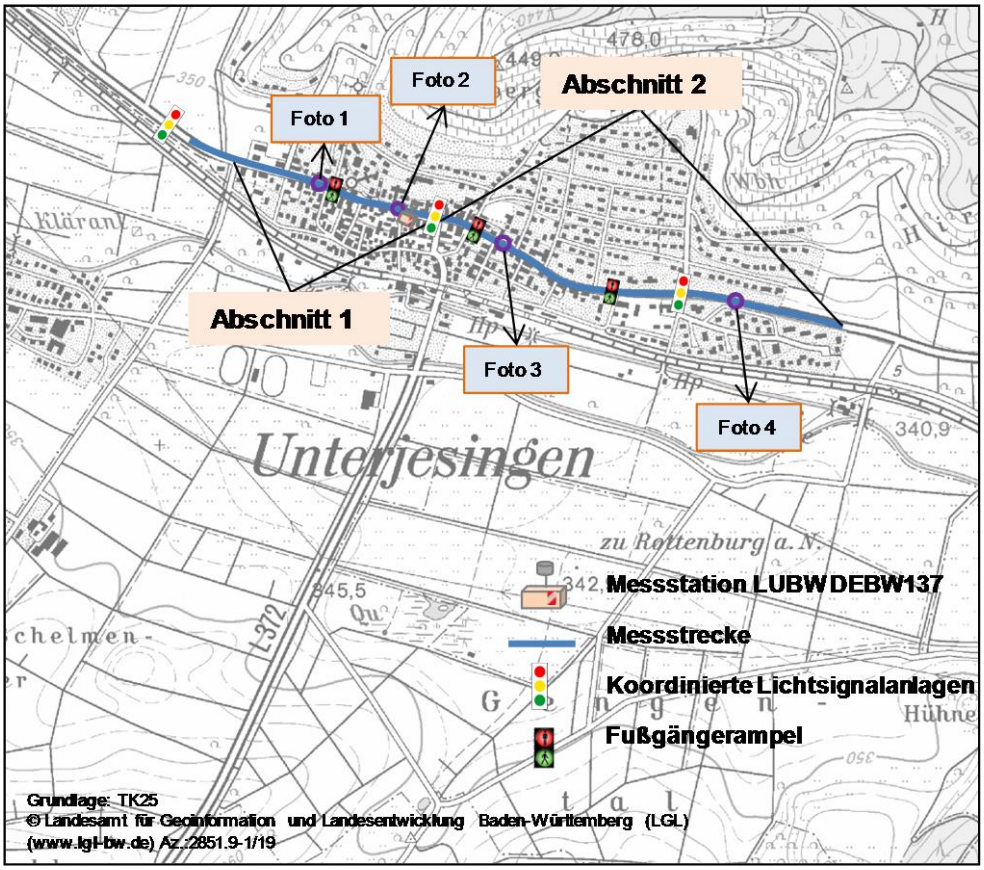


Bild 2.1: Lage der Messstrecke Ortsdurchfahrt Unterjesingen

Für die Untersuchungen wurde die Ortsdurchfahrt in 2 Abschnitte unterteilt. Diese Teilabschnitte sind in Tab. 2.1 kurz beschrieben. Der Abschnitt 1 enthält die Messstation der LUBW für NO_2 und PM10. In Bild 2.2 sind Bilder entlang der Ortsdurchfahrt dargestellt. Die Strecke verläuft überwiegend eben, in Teilbereichen (z.B. im Bereich der Messstation) mit geringer Neigung (ca. 2%).

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

Abschnittsnr.	Straße	Abschnitt von	bis
1	Jesinger Hauptstraße	Ortseingang im Westen	Rottenburger Straße
2	Jesinger Hauptstraße	Rottenburger Straße	Ortsausgang im Osten

Foto 1

Foto 2

Foto 3

Foto 4

Bild 2.2: Fotos entlang der Ortsdurchfahrt von Unterjesingen (Lage der Fotos s. Bild 2.1, aufgenommen in Fahrtrichtung Osten)

2.2 Auswertung der Fahrten

Insgesamt wurden 106 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.

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 zeitsynchron 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.

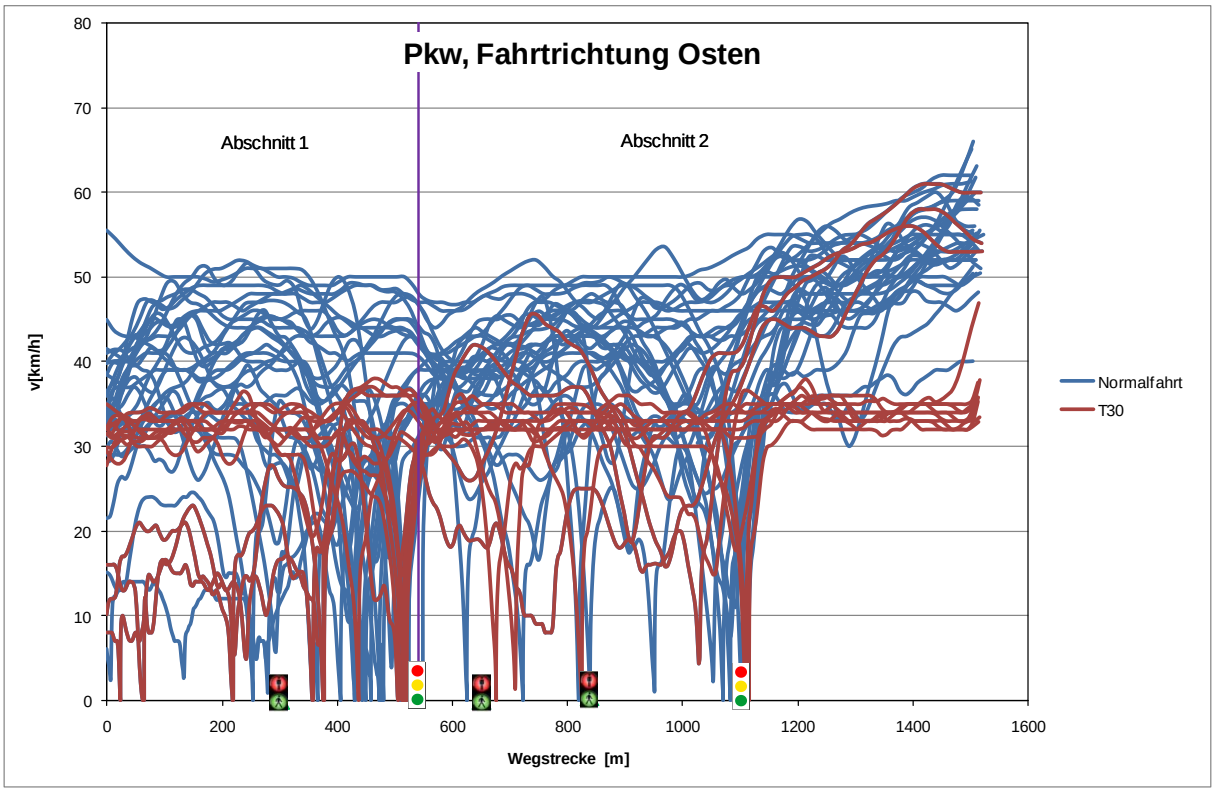
Tab. 2.2: Anzahl der durchgeführten Messfahrten nach Art und Richtung

Fahrtart	Anzahl
Normalfahrt T50 Richtung Osten	32
Normalfahrt T50 Richtung Westen	28
T30 Richtung Osten	13
T30 Richtung Westen	15
Lkw-Verfolgungsfahrt Richtung Osten	6
Lkw-Verfolgungsfahrt Richtung Westen	12

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

Insgesamt ist die Lage der Lichtsignalanlagen bei den Fahrprofilen der Pkw-Normalfahrten in beiden Fahrtrichtungen erkennbar, da dort bei vielen Fahrten ein Abbremsen auf Stand erfolgte. Zusätzlich waren bei einigen Fahrten die Fußgängerbedarfsampeln rot; auch dies ist entsprechend durch einen Rückgang der Geschwindigkeit zu erkennen. Ebenfalls auffallend ist, dass über den ganzen Streckenabschnitt verteilt häufig Stopps auftreten, die nicht direkt auf eine Lichtsignalanlage zurückzuführen sind. Dies ist ein Hinweis auf einen relativ hohen Störungsgrad im Verkehrsablauf auf dieser Strecke.

Die Höchstgeschwindigkeit, die im Abschnitt erreicht wurde, liegt für die Pkw bei der Normalfahrt T50 und die Lkw-Verfolgungsfahrten überwiegend im Bereich von 40-50 km/h, sowohl in Fahrtrichtung Osten als auch in Fahrtrichtung Westen, wobei in Fahrtrichtung Osten am Ende der Strecke nach der Lichtsignalanlage Richtung Ortsausgang auch die Beschleunigung auf höhere Geschwindigkeiten > 50 km/h deutlich zu erkennen ist. Die T30-Fahrten sind in den Diagrammen ebenfalls dargestellt (rote Linien) und zeigen insgesamt ein niedrigeres Geschwindigkeitsniveau.



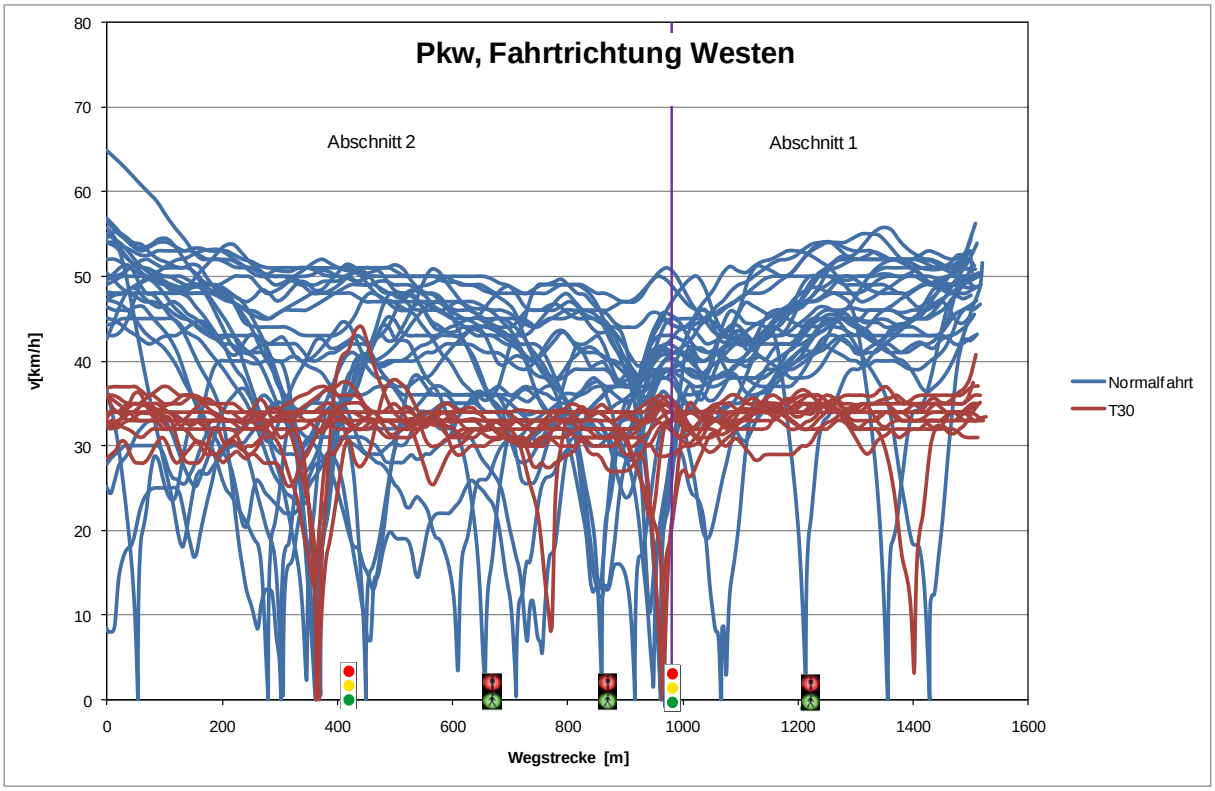
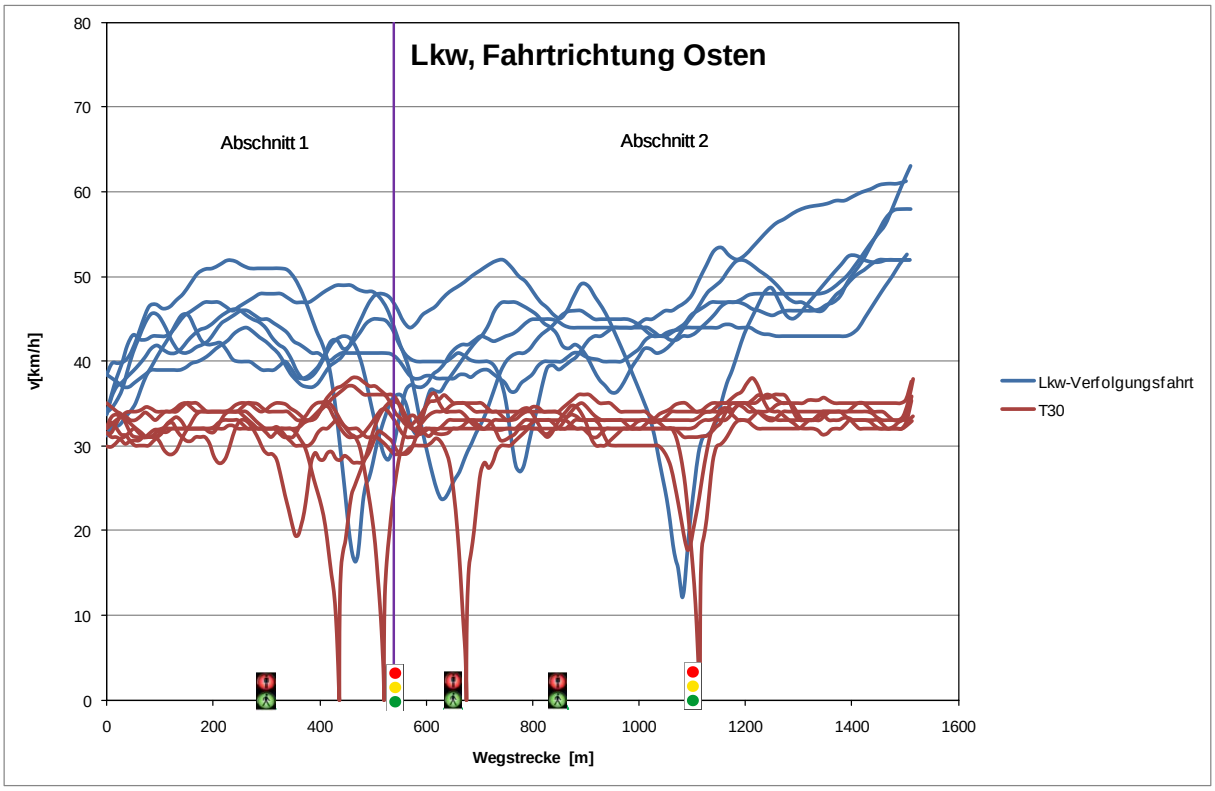


Bild 2.3: Messfahrten Ortsdurchfahrt Unterjesingen, T50-Normalfahrt (blaue Linien) und T30-fiktv (rote Linien); oben Fahrtrichtung Osten, unten Fahrtrichtung Westen



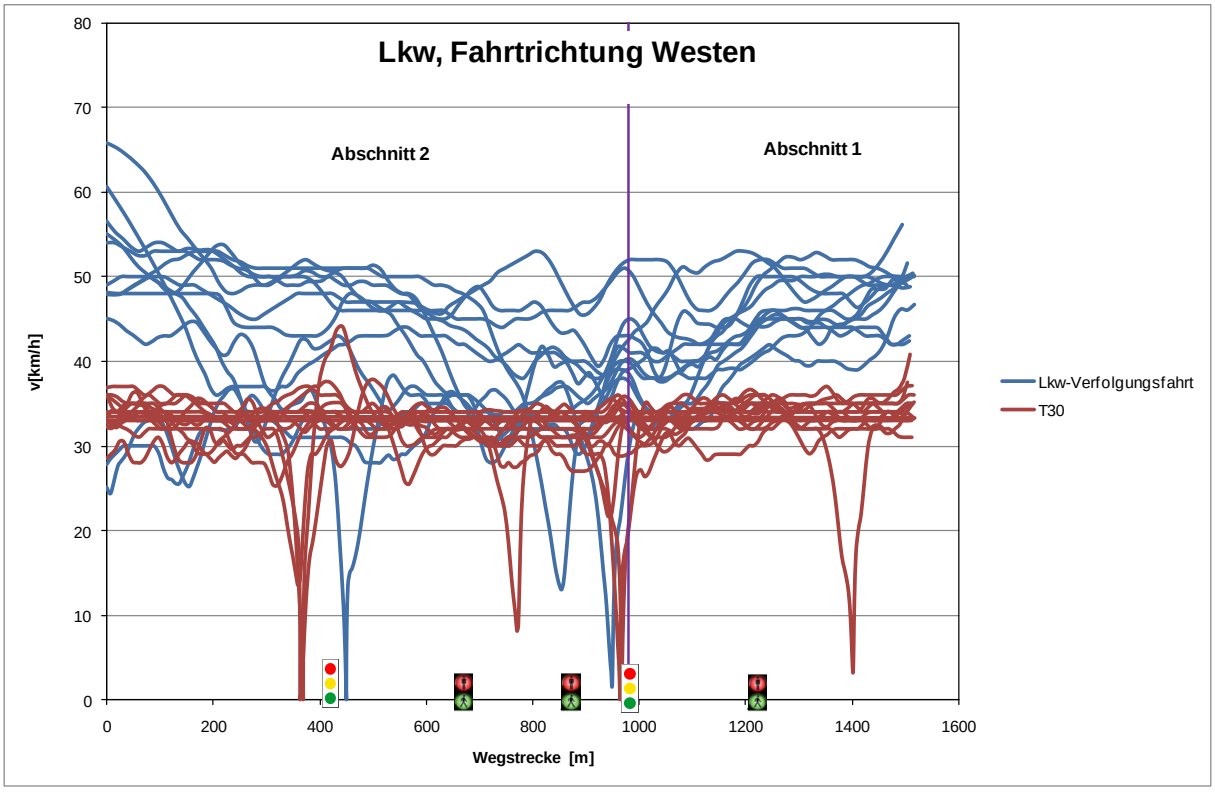


Bild 2.4: Messfahrten Ortsdurchfahrt Unterjesingen, Lkw-Verfolgungsfahrt (blaue Linien) und T30-fiktv (rote Linien)

2.3 Verkehrliche Grundlagedaten

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

Zur Festlegung der verkehrlichen Grundlagedaten für die betrachtete Strecke wurden die folgenden Verkehrsdaten zur Verfügung gestellt:

- Kfz-Verkehrsbelastungen (DTVw-Kfz) für die Gesamtstadt in Kfz/24h (Grundlage Modellrechnung) aus dem Tübingen Verkehrsentwicklungsplan 2008 /VEP Tübingen 2008/
- die aktuellen Zähldaten für 2009 und für die ersten 10 Monate von 2010 aus den kontinuierlichen Verkehrszählungen mit Zählgeräten für die Jesinger Hauptstraße, differenziert nach Fahrzeuggruppe /LUBW 2010/

Die vorliegenden Kfz-Verkehrsbelastungen aus dem VEP Tübingen 2008, die auf dem Verkehrsmodell basieren, stellen werktägliche Verkehrsstärken dar und wurden dann anhand eines Umrechnungsfaktors auf die für die Emissionsberechnung benötigten jahresmittleren durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV), die auch Wochenend- und Urlaubszeiten berücksichtigen, umgerechnet. Der verwendete Faktor wurde aus den Ergebnissen der aktuellen Straßenverkehrszählung SVZ 2005 abgeleitet. Die Anteile der betrachteten Fahrzeugarten wurden dem landesweite Emissionskataster Straßenverkehr Baden-Württemberg /AVISO 2009/ entnommen.

Die Zähldaten aus den kontinuierlichen Verkehrszählungen für die Jesinger Hauptstraße wurden aufbereitet und zu jahresmittleren durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV) zusammengefasst.

Die ermittelten Verkehrsstärken für das Bezugsjahr 2010 sind in Tab. 2.3 aufgeführt. Demnach liegt die jahresmittlere Verkehrsstärke im westlichen Abschnitt 1 bei knapp 16.300 Kfz/24h, der Anteil der schweren Nutzfahrzeuge (sNfz) bei knapp 3%. Auf dem Abschnitt 2, östlich der Einmündung der L372 aus Süden, liegt die Verkehrsbelastung mit 19.000 Kfz/24h etwas höher.

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

Abschnittsnr.	DTV [Kfz/24h]				
	Krad	Pkw	lNfz	sNfz	Kfz
1	325	15052	444	442	16263
	2,0%	*92,6%*	*2,7%*	*2,7%*	*100,0%*
2	370	17476	483	677	19006
	1,9%	*91,9%*	*2,5%*	*3,6%*	*100,0%*

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:

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

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-Verfolgungsfahrt 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. Sie sind in Tab. 2.4 und Tab. 2.5 ausgewiesen.

In Fahrtrichtung Osten liegt für die Pkw die mittlere Reisegeschwindigkeit bei 39,9 km/h, in Fahrtrichtung Westen bei 41,0 km/h. Für die Lkw-Verfolgungsfahrten ergeben sich mittlere Reisegeschwindigkeiten von 43,9 km/h (Richtung Osten) bzw. 42,9 km/h (Richtung Westen).

Von den Teilabschnitten liegen für beide Fahrzeugarten in Fahrtrichtung Ost in Teilabschnitt 1 die niedrigeren mittleren Reisegeschwindigkeiten vor. In Fahrtrichtung West ist es umgekehrt. Hier zeigt der Abschnitt 2 niedrigere mittlere Reisegeschwindigkeiten. Dies kann auf

die Lage der Lichtsignalanlagen bzw. den unterschiedlichen Störungsgrad im Verkehrsablauf in den Teilabschnitten in beiden Fahrtrichtungen zurückgeführt werden (vgl. Bild 2.3 und Bild 2.4).

Es zeigen sich für beide Fahrtrichtungen für Pkw beim Vergleich von T30 zu T50-Normalfahrt Reduktionen der mittleren Fahrgeschwindigkeit, die für die Gesamtstrecke bei ca. -20% liegen. Beim Vergleich T30 zu Lkw-Verfolgungsfahrten werden für sNfz Reduktionen von ca. -26% (Richtung Osten) bzw. ca. -23% (Richtung Westen) ermittelt. Bei Betrachtung der Teilabschnitte ergibt sich eine geringere Reduktion auf dem Abschnitt 1 für die Fahrtrichtung Ost, für die Fahrtrichtung West auf dem Abschnitt 2.

Auch für den Dynamik-Parameter RPA zeigt sich beim Vergleich T30 zu T50-Normalfahrt für die Pkw eine Reduktion, die für die Gesamtstrecke zwischen -51% und -63% liegt. Betrachtet man den Fall T30 zu Lkw-Verfolgungsfahrten, ergibt sich eine Reduktion für die sNfz von ca. -55% (Richtung Ost) bzw. ca. -50% (Richtung West). Auf den Einzelabschnitten gibt es ebenfalls überall Reduktionen der RPA-Werte.

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

Fahrtparameter	Pkw				sNfz			
	v [km/h]	stddev v	**RPA [m/s²]**	stddev RPA	**v [km/h]**	stddev v	**RPA [m/s²]**	stddev RPA
T50 N Ri Ost								
gesamt	**39,9**	**8,8**	**0,161**	**0,036**				
Abschnitt 1	34,9	11,8	0,160	0,123				
Abschnitt 2	42,7	7,3	0,162	0,057				
T30 Ri Ost								
gesamt	**32,1**	**5,2**	**0,060**	**0,054**	**32,3**	**5,2**	**0,054**	**0,054**
Abschnitt 1	31,5	6,7	0,065	0,056	31,8	7,1	0,057	0,050
Abschnitt 2	32,5	5,3	0,058	0,089	32,7	5,3	0,052	0,087
Lkw-Verfolgungsfahrt Ost								
gesamt					**43,9**	**1,0**	**0,119**	**0,023**
Abschnitt 1					42,0	2,5	0,114	0,052
Abschnitt 2					45,0	1,9	0,121	0,048
Reduktion T30/T50 N								
gesamt	**-20%**		**-63%**					
Abschnitt 1	-10%		-60%					
Abschnitt 2	-24%		-64%					
Reduktion T30/Lkw-Verf.								
gesamt					**-26%**		**-55%**	
Abschnitt 1					**-24%**		**-50%**	
Abschnitt 2					**-27%**		**-57%**	

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

Fahrtparameter	Pkw				sNfz			
	v [km/h]	stddev v	**RPA [m/s²]**	stddev RPA	**v [km/h]**	stddev v	**RPA [m/s²]**	stddev RPA
T50 N Ri West								
gesamt	**41,0**	**7,4**	**0,103**	**0,041**				
Abschnitt 1	44,1	5,4	0,127	0,097				
Abschnitt 2	39,4	8,9	0,090	0,054				
T30 Ri West								
gesamt	**32,6**	**5,2**	**0,050**	**0,021**	**32,9**	**3,5**	**0,037**	**0,021**
Abschnitt 1	33,2	3,7	0,052	0,052	33,3	2,7	0,040	0,051
Abschnitt 2	32,3	5,8	0,049	0,031	32,6	4,4	0,035	0,029
Lkw-Verfolgungsfahrt West								
gesamt					**42,9**	**5,2**	**0,074**	**0,019**
Abschnitt 1					44,5	3,4	0,090	0,060
Abschnitt 2					42,1	6,7	0,065	0,030
Reduktion T30/T50 N								
gesamt	**-21%**		**-51%**					
Abschnitt 1	-25%		-59%					
Abschnitt 2	-18%		-45%					
Reduktion T30/Lkw-Verf.								
gesamt					**-23%**		**-50%**	
Abschnitt 1					**-25%**		**-55%**	
Abschnitt 2					**-23%**		**-45%**	

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 jede Fahrkurve 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, lNfz 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 sekündliche 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 Unterjesingen, über die Schichtemissionen der Fahrzeugruppen Pkw, leichte Nutzfahrzeuge (lNfz) und schwere Nutzfahrzeuge (sNfz) für T50 und T30 gemittelt.

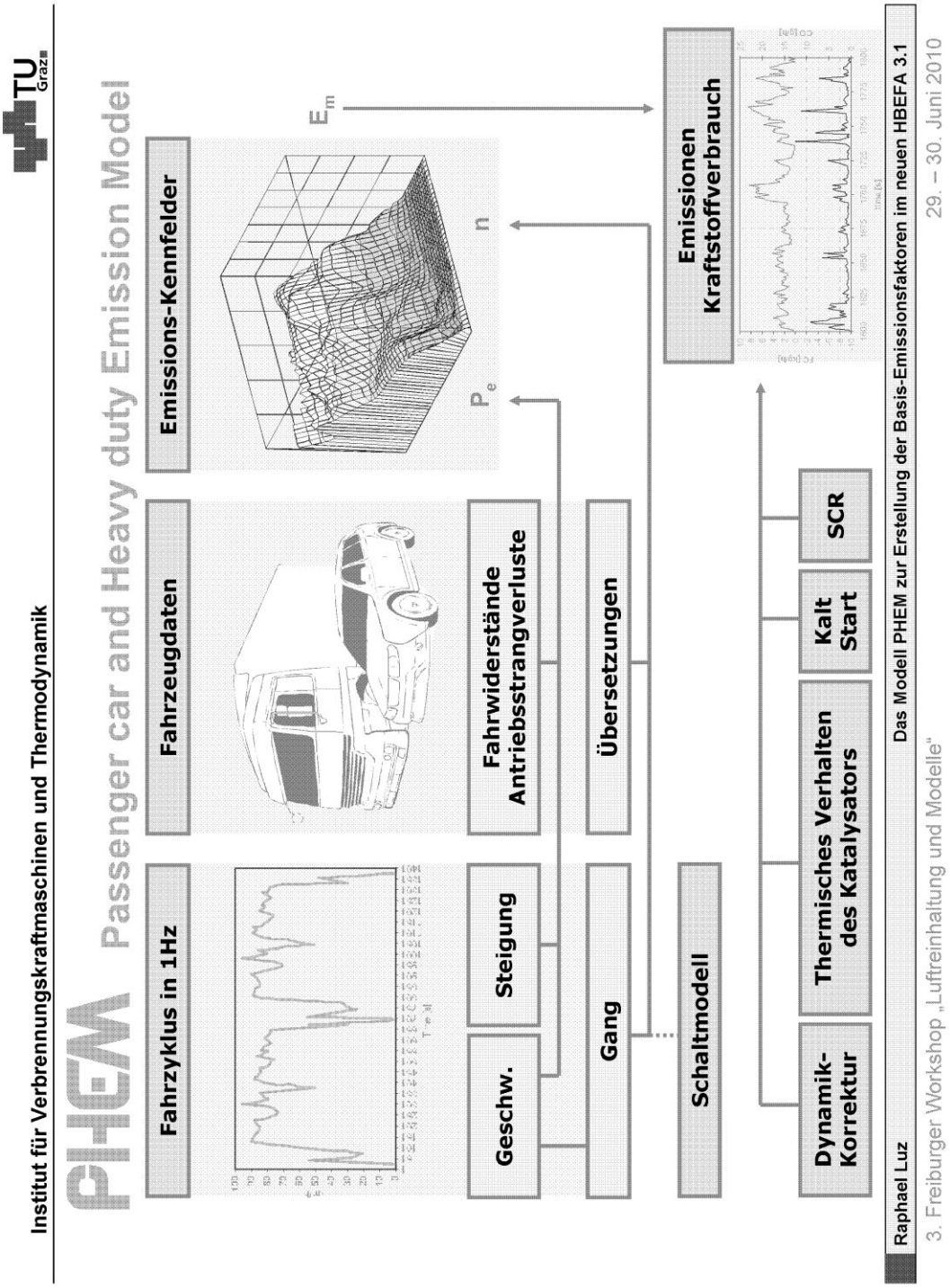


Bild 3.1: Das Modell PHEM zur Erstellung der Basis-Emissionsfaktoren in HBEFA3.1, Quelle: TU Graz, 2010

Die Daten zur Flottenzusammensetzung (dynamischer Bestand) basieren auf der Datengrundlage des landesweiten Emissionskatasters Straßenverkehr /AVISO 2009/, die pro Zu-

lassungsbezirk und Bezugsjahr Daten zum dynamischen Bestand enthält. Für Unterjesingen sind dort für die Fahrzeuggruppen Pkw und lNfz die Bestandsdaten des Zulassungsbezirks Tübingen berücksichtigt, aus denen mittels einer Fahrleistungsgewichtung die Flottenzusammensetzung für Innerortsstraßen abgeleitet worden war.

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

Pkw		lNfz		sNfz	
Otto vor E1	0,8%	Otto vor E1	0,6%	Ds vor E I	5,4%
Otto E1	3,8%	Otto E1	0,2%	DS E I	3,0%
Otto E2	6,4%	Otto E2	0,9%	Ds E II	12,1%
Otto E3	20,2%	Otto E3	0,5%	Ds E III	27,5%
Otto E4	27,5%	Otto E4	2,5%	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	0,6%	Ds vor E1	2,3%		
Ds E1	1,3%	Ds E1	2,5%		
Ds E2	3,3%	Ds E2	11,2%		
Ds E3	13,6%	Ds E3	25,4%		
Ds E4	19,7%	Ds E4	53,1%		
Ds E5	1,1%	Ds E5	0,8%		
Ds E6	0,1%	Ds E6	0,0%		
gesamt	100,0%	gesamt	100,0%	gesamt	100,0%

Die Flotte der schweren Nutzfahrzeuge wird weniger stark vom regionalen Bestand bestimmt, daher wurde für die schweren Nutzfahrzeuge die aktuelle bundesmittlere Flottenzusammensetzung aus HBEFA3.1 verwendet. 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 Unterjesingen sind dort für die Fahrzeuggruppen Pkw und lNfz die Bestandsdaten des Zulassungsbezirks Tübingen berücksichtigt, aus denen mittels einer Fahrleistungsgewichtung die Flottenzusammensetzung für Innerortsstraßen abgeleitet worden war.

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 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 Unterjesingen lässt sich aus diesen Bildern folgendes ableiten:

- Stickoxide und Partikel werden vornehmlich an Beschleunigungsstellen emittiert. Hier sind die Emissionsfaktoren bei Tempo 50 höher als bei Tempo 30, da im letzteren Fall die Zielgeschwindigkeit eher erreicht ist.
- Es sind deutliche Emissionsspitzen an den LSA zwischen den Abschnitten 1 und 2 sowie in der Mitte von Abschnitt 2 zu erkennen. Trotz LSA-Koordinierung musste bei einem Großteil der Messfahrten dort gehalten werden. Auch Halte an Fußgängerbedarfs-LSA sind als erhöhte Emissionen zu erkennen.
- Auf Strecken mit hohen Konstantfahrtanteilen (z. B. Abschnitt 2 in Fahrtrichtung Westen) liegen die T30-Emissionsfaktoren zum Teil über denen für T50.

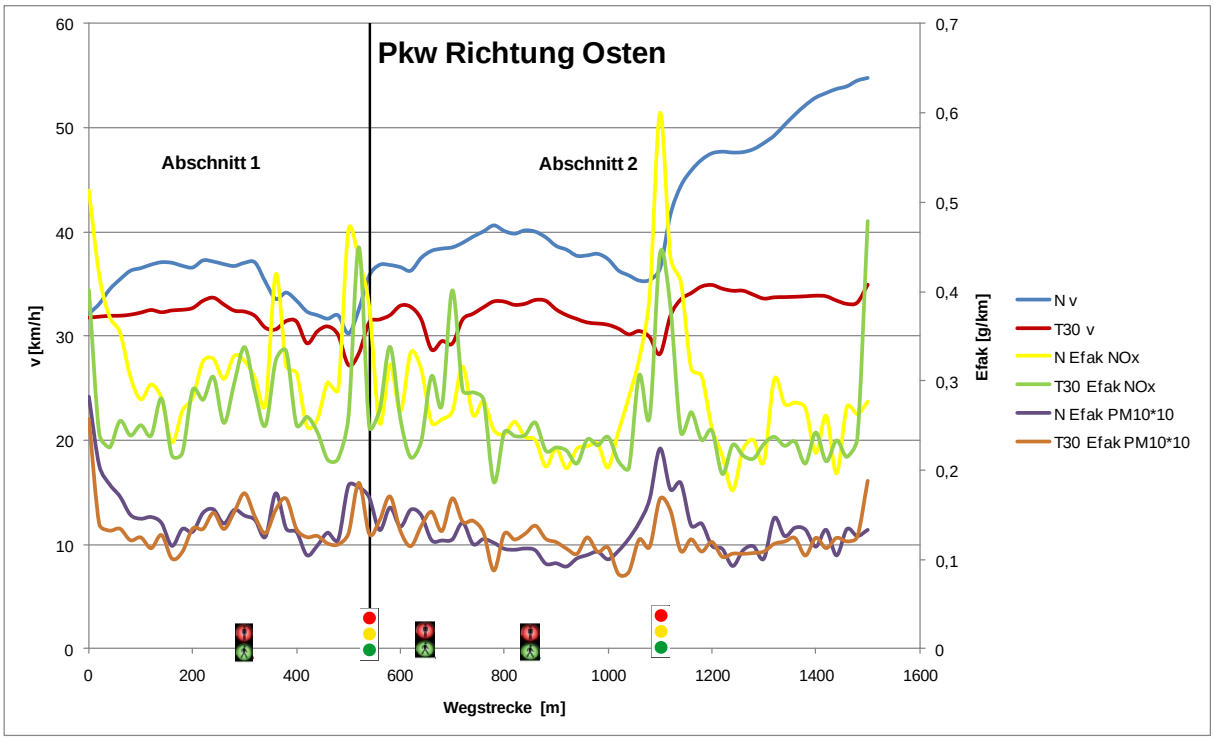


Bild 3.2: Ganglinien Pkw Richtung Osten: jeweils Geschwindigkeit sowie NO_X und PM10 Emissionen (Abgas)

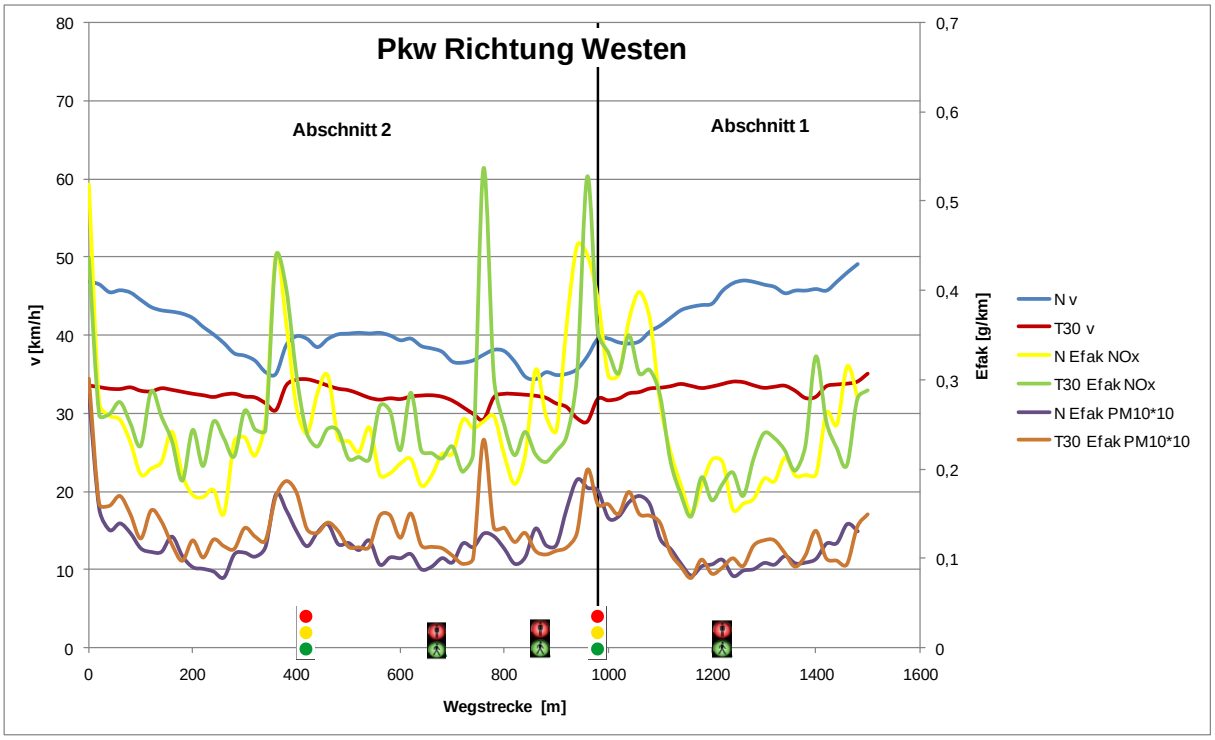


Bild 3.3: Ganglinien Pkw Richtung Westen: jeweils Geschwindigkeit sowie NO_X und PM10 Emissionen (Abgas)

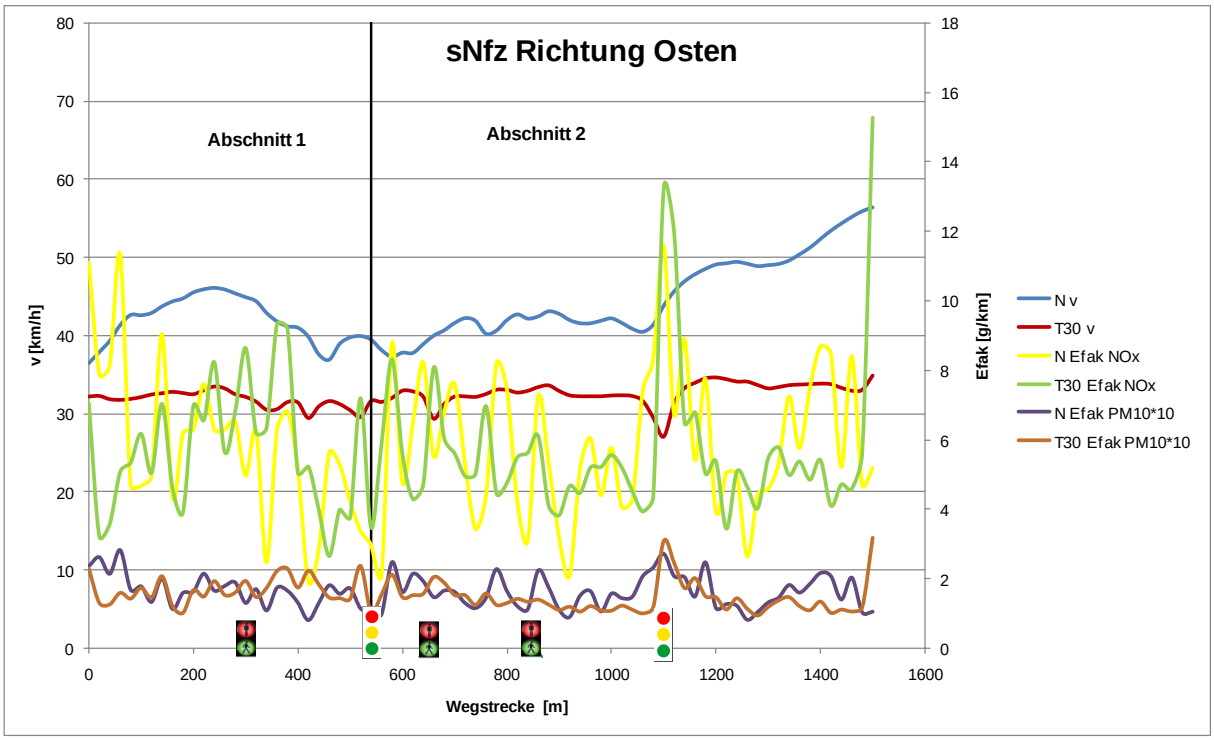


Bild 3.4: Ganglinien sNFz Richtung Osten: jeweils Geschwindigkeit sowie NO_X und PM10 Emissionen (Abgas)

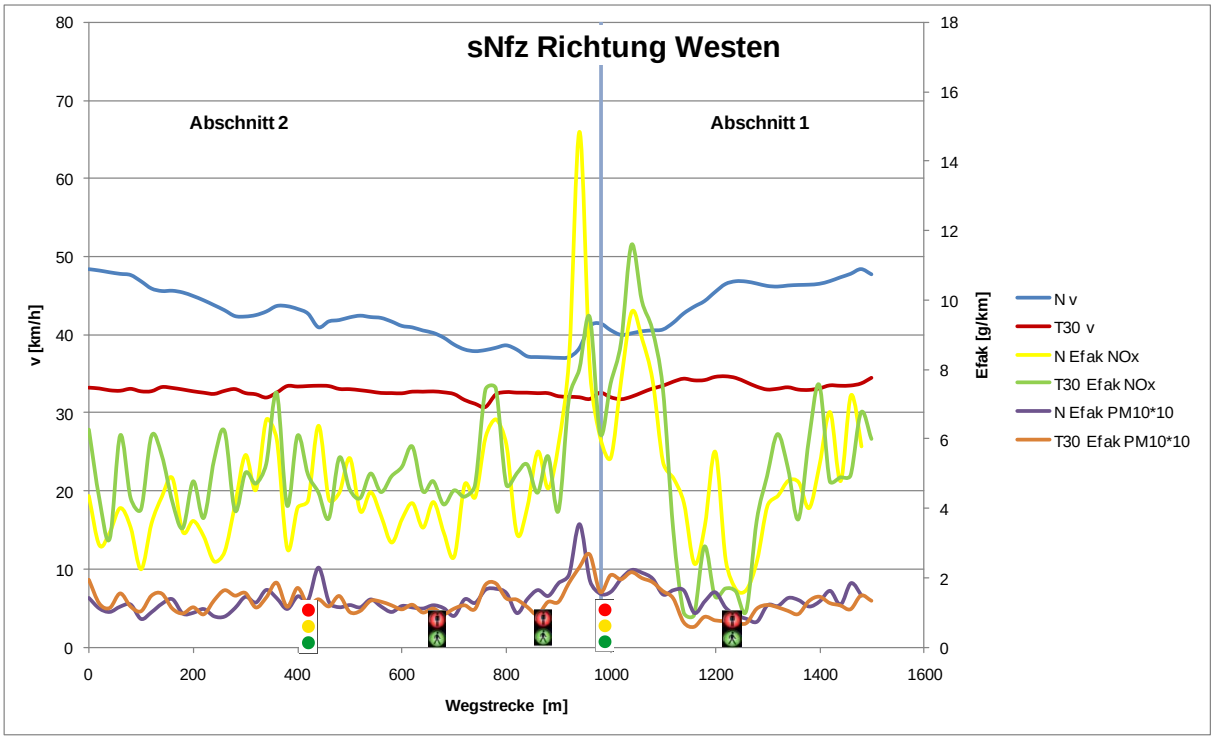


Bild 3.5: Ganglinien sNFz Richtung Westen: jeweils Geschwindigkeit sowie NO_X und PM10 Emissionen (Abgas)

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 Emissionsfakoren 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 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.

Der Vergleich der Emissionsfaktoren T30 zu den Emissionsfaktoren T50-Normalfahrt weist, bei Betrachtung der gesamten Strecke, für NO_X in Fahrtrichtung Osten für die Pkw eine Reduktion um -10%, für die lNfz eine Reduktion um -30% und für die sNfz eine Reduktion von -2% auf. In Fahrtrichtung Westen ergeben sich für die NO_X-Emissionsfaktoren für die Pkw und sNfz eine Zunahme um +3% bzw. +8% und für die lNfz eine Abnahme um -19%.

Für die Abgas-Partikel zeigt sich für die Fahrtrichtung Osten für die Pkw eine Reduktion des Emissionsfaktors um -5%, für die lNfz um -16% und für die sNfz um -6%. Dagegen wird für

die Fahrtrichtung Westen für die Pkw eine Zunahme des spezifischen Emissionsfaktors um 8% ermittelt. Für die lNfz und sNfz ergeben sich für diese Fahrtrichtung Reduktionen Partikel-Abgas-Emissionsfaktoren von -1% bzw. -4%.

Bei Betrachtung der Einzelabschnitte ergeben sich andere, zum Teil gegenläufige Effekte. Tendenziell führt in Abschnitt 1, der die Messstation enthält, T30 eher zu einer Abnahme der Emissionen als in Abschnitt 2. Wie oben schon erläutert, sind jedoch die Unsicherheiten bei Betrachtung der Einzelabschnitte groß.

*Tab. 3.2: Mittlere („warme") Emissionsfaktoren für **NO_X** für die Ortsdurchfahrt Unterjesingen in Fahrtrichtung **Osten**, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofilen*

Efaktor NO_X	**Pkw**			**lNFz**			**sNFz**		
[g/km]	MW	stddev abs.	stddev rel.	MW	stddev abs.	stddev rel.	MW	stddev abs.	stddev rel.
T50 N Ri Ost									
gesamt	**0,29**	**0,06**	**19%**	**0,70**	**0,12**	**17%**	**5,87**	**0,43**	**7%**
Abschnitt 1	0,33	0,15	47%	0,74	0,34	46%	5,95	1,61	27%
Abschnitt 2	0,27	0,07	26%	0,67	0,19	28%	5,82	1,24	21%
T30 Ri Ost									
gesamt	**0,26**	**0,06**	**23%**	**0,49**	**0,19**	**40%**	**5,74**	**1,71**	**30%**
Abschnitt 1	0,27	0,15	56%	0,51	0,41	79%	5,81	5,44	94%
Abschnitt 2	0,26	0,06	22%	0,47	0,19	40%	5,69	1,53	27%
Änderung									
gesamt	**-10,4%**			**-30,2%**			**-2,2%**		
Abschnitt 1	-15,8%			-30,0%			-2,2%		
Abschnitt 2	-6,8%			-30,4%			-2,2%		

*Tab. 3.3: Mittlere („warme") Emissionsfaktoren für **NO_X** für die Ortsdurchfahrt Unterjesingen in Fahrtrichtung **Westen**, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofilen*

Efaktor NO_X	**Pkw**			**lNFz**			**sNFz**		
[g/km]	MW	stddev abs.	stddev rel.	MW	stddev abs.	stddev rel.	MW	stddev abs.	stddev rel.
T50 N Ri West									
gesamt	**0,25**	**0,05**	**20%**	**0,57**	**0,12**	**20%**	**4,75**	**0,81**	**17%**
Abschnitt 1	0,24	0,09	38%	0,60	0,27	45%	5,05	1,78	35%
Abschnitt 2	0,25	0,08	33%	0,55	0,18	33%	4,60	1,69	37%
T30 Ri West									
gesamt	**0,26**	**0,03**	**11%**	**0,46**	**0,06**	**14%**	**5,12**	**0,68**	**13%**
Abschnitt 1	0,24	0,04	18%	0,43	0,07	15%	5,11	1,60	31%
Abschnitt 2	0,26	0,05	21%	0,48	0,08	17%	5,13	1,56	30%
Änderung									
gesamt	**3,0%**			**-18,7%**			**7,7%**		
Abschnitt 1	-0,3%			-28,4%			1,1%		
Abschnitt 2	4,7%			-13,1%			11,6%		

*Tab. 3.4: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für **PM10** (Abgas) für die Ortsdurchfahrt Unterjesingen in Fahrtrichtung **Osten**, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofilen*

Efaktor PM10	**Pkw**			**INFz**			**sNFz**		
[g/km]	MW	stddev abs.	stddev rel.	MW	stddev abs.	stddev rel.	MW	stddev abs.	stddev rel.
T50 N Ri Ost									
gesamt	0,014	0,002	18%	0,054	0,010	18%	0,163	0,011	7%
Abschnitt 1	0,015	0,006	41%	0,061	0,026	43%	0,169	0,043	25%
Abschnitt 2	0,013	0,003	23%	0,051	0,011	21%	0,159	0,030	19%
T30 Ri Ost									
gesamt	**0,013**	**0,002**	**18%**	**0,046**	**0,013**	**28%**	**0,152**	**0,052**	**34%**
Abschnitt 1	0,014	0,006	42%	0,048	0,033	69%	0,169	0,147	87%
Abschnitt 2	0,012	0,003	22%	0,045	0,008	18%	0,143	0,039	27%
Änderung									
gesamt	**-4,8%**			**-15,9%**			**-6,4%**		
Abschnitt 1	-8,1%			-21,4%			0,1%		
Abschnitt 2	-2,7%			-12,3%			-10,1%		

*Tab. 3.5: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für **PM10** (Abgas) für die Ortsdurchfahrt Unterjesingen in Fahrtrichtung **Westen**, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofilen*

Efaktor PM10	**Pkw**			**INFz**			**sNFz**		
[g/km]	MW	stddev abs.	stddev rel.	MW	stddev abs.	stddev rel.	MW	stddev abs.	stddev rel.
T50 N Ri West									
gesamt	**0,012**	**0,002**	**19%**	**0,046**	**0,008**	**18%**	**0,138**	**0,026**	**19%**
Abschnitt 1	0,012	0,004	32%	0,046	0,015	33%	0,145	0,048	33%
Abschnitt 2	0,012	0,004	32%	0,046	0,013	28%	0,135	0,043	32%
T30 Ri West									
gesamt	**0,013**	**0,002**	**16%**	**0,045**	**0,003**	**6%**	**0,133**	**0,021**	**16%**
Abschnitt 1	0,012	0,003	26%	0,043	0,004	8%	0,128	0,045	35%
Abschnitt 2	0,014	0,003	25%	0,046	0,004	9%	0,136	0,037	27%
Änderung									
gesamt	**8,1%**			**-1,5%**			**-3,7%**		
Abschnitt 1	0,9%			-5,6%			-11,9%		
Abschnitt 2	11,7%			0,6%			1,0%		

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, in Abschnitt 1 teilweise mit einer geringen Steigung von 2%. 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_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.

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

Für NO_X liegen die Emissionsfaktoren für die Verkehrssituationen „free“, „heavy“ und „saturated“ nach HBEFA3.1 im durch die beiden Fahrtrichtungen aufgespannten Bereich der gemessenen Emissionsfaktoren. Insbesondere bei den schweren Nutzfahrzeugen liegen die aus den Messfahrten abgeleiteten PM10 (Abgas)-Emissionsfaktoren jedoch über den Werten aus dem Handbuch.

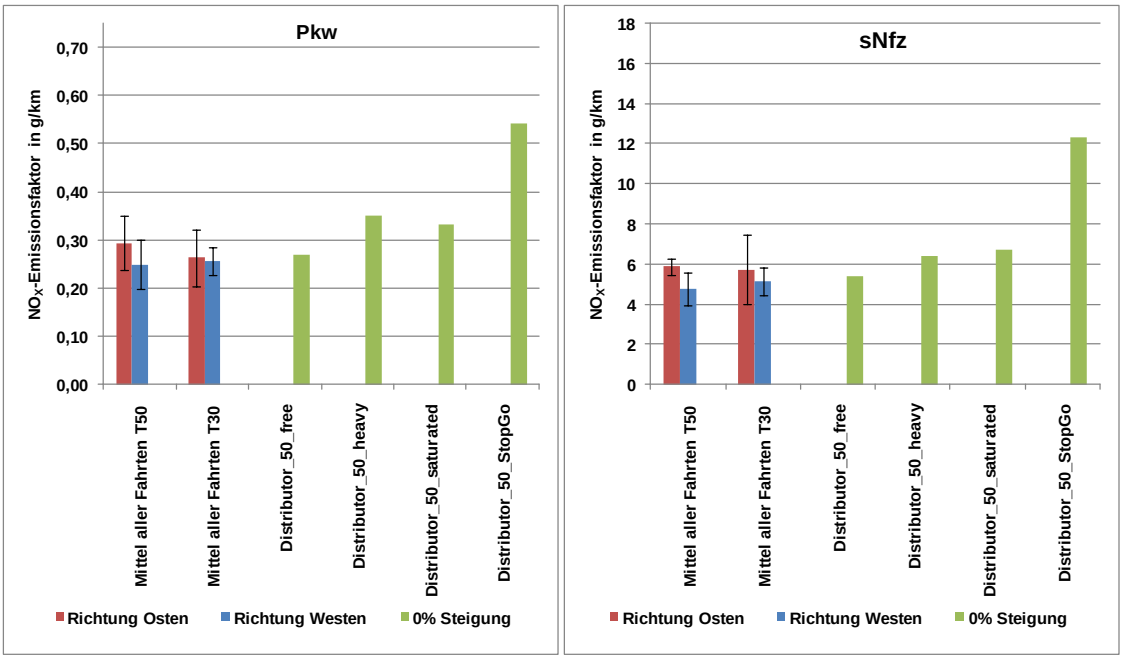


Bild 3.6: Vergleich der warmen NO_X-Emissionsfaktoren für die Verkehrssituation „Distributor 50 km/h“ mit unterschiedlichen Störungsgraden für 0% Steigung aus HBEFA3.1 mit den mittleren („warmen“) Emissionsfaktoren abgeleitet aus den Messfahrten für Pkw und sNfz für die Ortsdurchfahrt in Unterjesingen

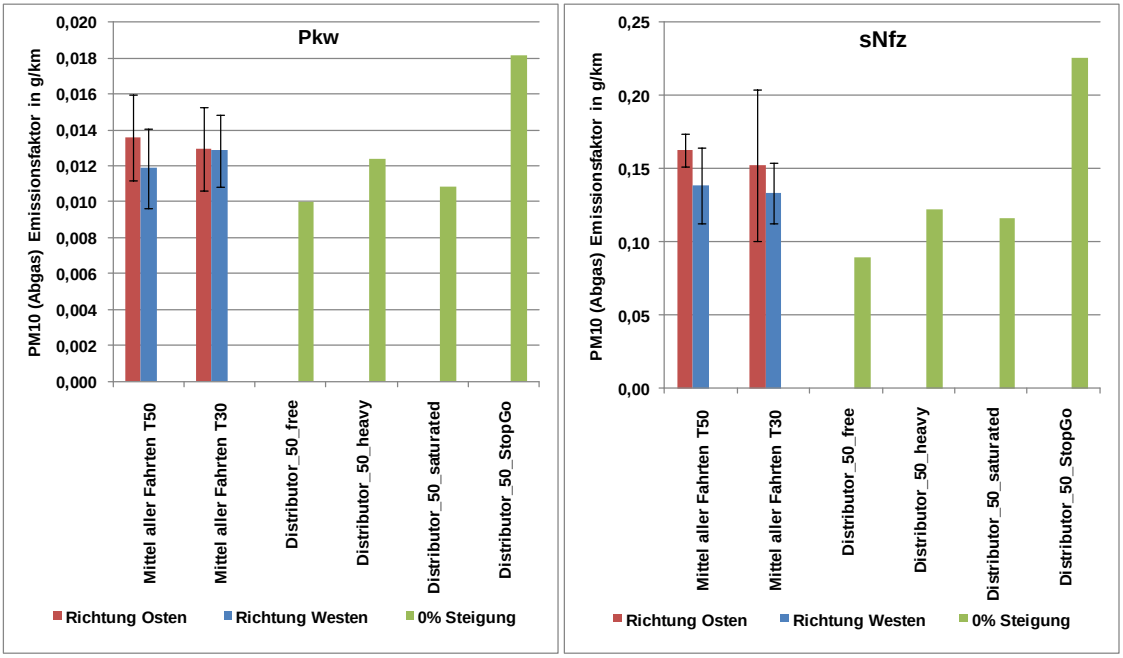


Bild 3.7: Vergleich der warmen PM10 (Abgas)-Emissionsfaktoren für die Verkehrssituation „Distributor 50 km/h“ mit unterschiedlichen Störungsgraden (für 0% Steigung aus HBEFA3.1 mit den mittleren („warmen“) Emissionsfaktoren abgeleitet aus den Messfahrten für Pkw und sNfz für die Ortsdurchfahrt in Unterjesingen

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 Unterjesingen für die motorbedingten „warmen“ Emissionen insgesamt Reduktionen von -3% bei NO_X und von -1% bei PM10 (Abgas). Wie schon bei den Emissionsfaktoren ergeben sich für den Abschnitt 1 höhere Reduktionen (-7% für NO_X und -5%für PM10 (Abgas)).

Tab. 3.6: „Warme“ Emissionen (NO_X und PM10, Abgas) für die Ortsdurchfahrt Unterjesingen, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofilen

	NOx	stddev NOx	stddev rel.	PM10 (Abgas)	stddev PM10	stddev rel.
	[kg/(km*a)]			[kg/(km*a)]		
T50 N						
gesamt	**2872,9**	**477,5**	**16,6%**	**117,9**	**19,4**	**16,5%**
Abschnitt 1	2595,1	1015,2	39,1%	108,9	38,4	35,3%
Abschnitt 2	3109,4	901,6	29,0%	125,7	33,0	26,3%
T30						
gesamt	**2801,1**	**539,3**	**19,3%**	**116,4**	**22,1**	**19,0%**
Abschnitt 1	2410,0	1160,1	48,1%	103,1	43,3	42,0%
Abschnitt 2	3113,3	768,4	24,7%	126,8	30,0	23,7%
Änderung						
gesamt	**-2,5%**			**-1,3%**		
Abschnitt 1	-7,1%			-5,3%		
Abschnitt 2	0,1%			0,9%		

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

- Für die Kaltstartemissionen, die in HBEFA3.1 für Pkw und lNfz 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 PM10-Emissionen, verursacht durch Aufwirbelung und Abrieb wurden nach den Ansätzen aus /AVISO 2009/ ermittelt.

In Tab. 3.7 sind die so bestimmten Jahresemissionen für T50 sowie T30 mit angenommenen Befolgungsgraden von 100% und 50% auf der Gesamtstrecke für NO_X und PM10 dargestellt, in Tab. 3.8 die Werte für die Einzelabschnitte (nur Befolgungsgrad 100%). Ebenso angegeben sind die durch Einführung von T30 jeweils erreichbaren Emissionsminderungen. In Bild 3.8 sind die Jahresemissionen bei angenommenem Befolgungsgrad von 100% für die Einzelabschnitte grafisch dargestellt.

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

jährliche Emissionen [kg/(km*a)]	**NO_X, Gesamtstrecke**	**PM10, Gesamtstrecke**
"Warme" Emissionen T50	2873	117,9
"Warme" Emissionen T30	2801	116,4
Kaltstartzuschlag	125,3	20,7
Aufwirbelung und Abrieb T50		236,5
Aufwirbelung und Abrieb T30		236,5
Jahresemissionen T50	2998	375,1
Jahresemissionen T30, Befolgungsgrad 100%	2926	373,6
Jahresemissionen T30, Befolgungsgrad 50%	2962	374,3
Änderung Befolgungsgrad 100%	-2,4%	-0,4%
Änderung Befolgungsgrad 50%	-1,2%	-0,2%

Tab. 3.8: Jahresemissionen (NO_X und PM10 inklusive Kaltstartzuschlägen sowie Aufwirbelung und Abrieb) für die Teilstrecken der Ortsdurchfahrt Unterjesingen, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofilen (angenommener Befolgungsgrad: 100%)

jährliche Emissionen	**NO_X**	**PM10**	**NO_X**	**PM10**	**NO_X**	**PM10**
[kg/(km*a)]	T50 N		T30		Änderung	
gesamt	**2.998**	**375**	**2.926**	**374**	**-2,4%**	**-0,4%**
Abschnitt 1	2.710	337	2.525	332	-6,8%	-1,7%
Abschnitt 2	3.243	406	3.247	407	0,1%	0,3%

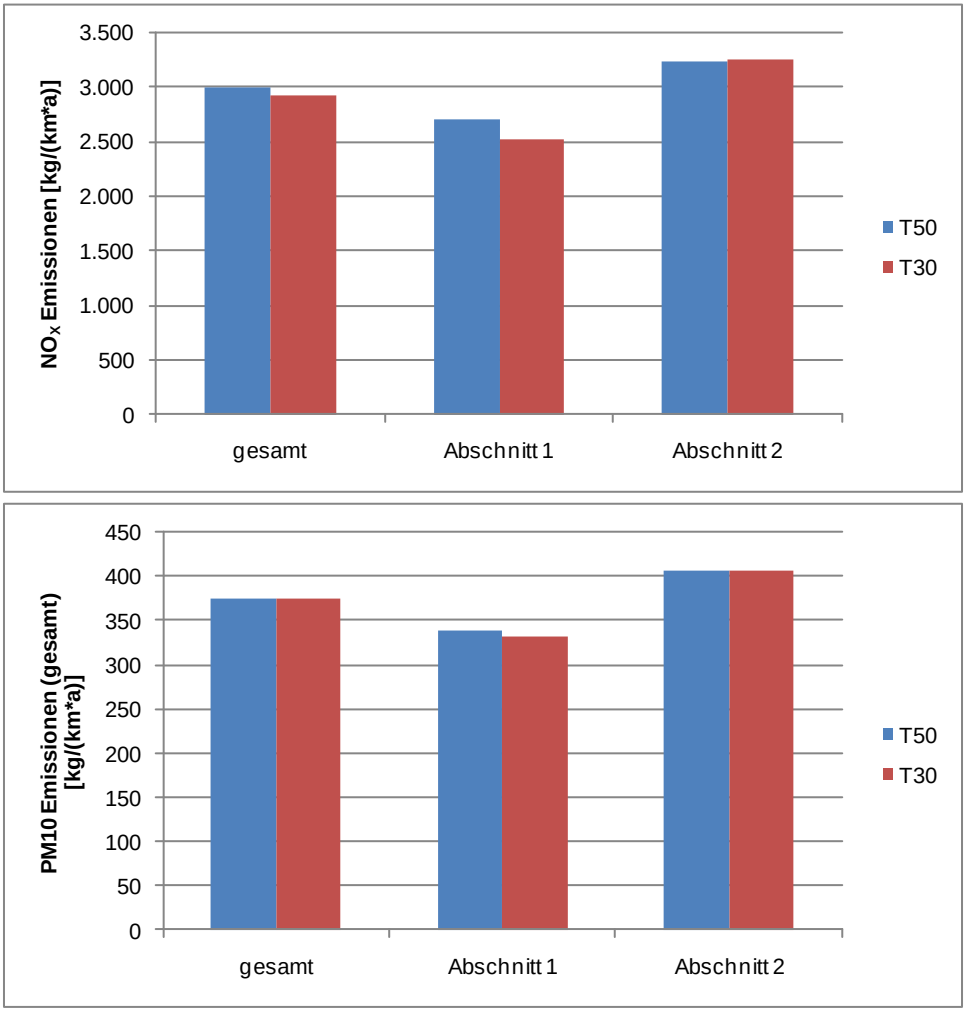


Bild 3.8: Jahresemissionen (oben: NO_X, unten: PM10 (gesamt)) für die Ortsdurchfahrt Unterjesingen, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofilen für T50 und T30 (angenommener Befolgungsgrad: 100%)

Im Ergebnis zeigt sich ein ähnliches Bild wie oben für die warmen Emissionsfaktoren beschrieben. Für Abschnitt 1, in dem die Messstation liegt, werden sowohl für NO_X als auch für PM10 (gesamt) für T30 im Vergleich zu T50 Reduktionen ermittelt (NO_X: -7%, PM10: -2%). Auf Abschnitt 2 zeigt sich dagegen praktisch keine Wirkung.

3.6 Auswirkung auf die Immissionsbelastung im Bereich des Hotspots

Im Rahmen der Untersuchungen zur Maßnahmenwirkung /Rau 2011b/ wurde für den Analyse-Nullfall am Messpunkt in der Jesinger Hauptstraße in Tübingen-Unterjesingen ein NO_2-Jahresmittelwert von 55,4 µg/m³ und ein PM10-Jahresmittelwert von 28,2 µg/m³ ermittelt. Gegenüber dem Analyse-Nullfall 2010 reduzieren sich die NOx- bzw. die PM10-Emission in Folge des Kfz-Verkehrs im Bereich der Messstelle (Abschnitt 1) bei T30, eine Befolgungsrate von 100% vorausgesetzt, um etwa 7% bzw. 2% (PM10 Abgas und Abrieb, Aufwirbelung).

Die Immissionskonzentrationen im Bereich des Hot Spots Jesinger Hauptstraße wurden mit dem Feinscreening-Modell MISKAM berechnet. Die ermittelten Emissionsreduktionen in Folge der Maßnahme T30 führt im Bereich des Hot Spots zu einer Reduktion der NO_2-Gesamtbelastung gegenüber dem Nullfall um etwa 1,4 µg/m³. Die Luftschadstoffkonzentration für NO_2 liegt somit mit prognostizierten 54 µg/m³ auch für T30 noch deutlich über dem Immissionsgrenzwert von 40 µg/m³. Bzgl. des Kurzzeitwertes für NO_2 ist bei T30 wie auch für die heutige Situation nicht von einer Überschreitung in mehr als 18 Stunden pro Jahr auszugehen (s. /Rau 2011b/).

Bei PM10 wird der Immissionswert für das Jahresmittel sowohl für den Istzustand als auch bei T30 deutlich unterschritten. Die Maßnahme Tempo 30 bringt eine Reduktion von 0,2 µg/m³. Gegenüber dem Istzustand errechnet sich daraus ein PM10-Immissionsniveau bei T30 von 28 µg/m³ im Jahresmittel. Unter Berücksichtigung der Korrelation zwischen gemessenem Mittelwert und gemessenen Überschreitungshäufigkeiten sowie unter Berücksichtigung des gegenüber den Messungen geringeren Rechenwertes für den Nullfall ist damit zu rechnen, dass die zulässigen 35 Überschreitungstage nicht eingehalten werden können (für Details siehe /Rau 2011b/).

4 Ergänzende Betrachtungen

In Kapitel 3 wurden die Auswirkungen eines Tempolimits auf 30 km/h in der Ortsdurchfahrt Unterjesingen auf die „warmen“ Emissionsfaktoren sowie die jährlichen Gesamtemissionen für NO_X und PM10 dargestellt. Im folgenden Kapitel soll ein Ausblick auf zwei weitere Aspekte gegeben werden. Da die verkehrsbedingten Luftschadstoffe vornehmlich in Beschleunigungsphasen emittiert werden, können durch eine Verstetigung des Verkehrsflusses Emissionen vermieden werden. Dies wird in Abschnitt 4.1 näher erläutert. In Abschnitt 4.2 wird untersucht, welche Auswirkungen auf die Emissionen ein Tempolimit von T30 speziell auf schwere Nutzfahrzeuge der Euronormstufen 5 und 6 hat.

4.1 Verstetigung des Verkehrs

Wie in Bild 3.2 bis Bild 3.5 zu erkennen ist, treten die Emissionsspitzen jeweils in den Beschleunigungsphasen auf. Trotz einer bestehenden Koordinierung der beiden LSA und der Pförtnerampel am westlichen Ortseingang mit einer Progressionsgeschwindigkeit von T40 musste bei einem Großteil der Messfahrten an beiden LSA gehalten werden. Das heißt, dass die Grüne Welle nicht funktionierte. Ein Grund dafür können z.B. die zusätzlichen Halte der Fahrzeuge an den drei Fußgängerbedarfs-LSA sein. Außerdem konnte beobachtet werden, dass während der Morgenspitze die Verkehrsmenge insgesamt so hoch war, dass insbesondere in Fahrtrichtung Osten vor der LSA an der Einmündung der Rottenburger Straße mehrfach gehalten werden musste.

Weniger Halte wirken sich eindeutig positiv auf die Emissionen aus. Wenn es gelingt, durch eine funktionierende Grüne Welle und eventuell ein teilweises Ersetzen der Fußgängerbedarfs-LSA durch Querungshilfen den Verkehr signifikant zu verflüssigen, dann können deutliche Emissionsminderungen erwartet werden.

4.2 Schwere Nutzfahrzeuge der Abgasnormen Euro 5 und 6

Bei den Betrachtungen in Kapitel 3 ist bei den schweren Nutzfahrzeugen die Flottenzusammensetzung 2010 hinterlegt. Im Hinblick auf die zukünftig immer mehr in der Flotte vertretenen Abgasnormen Euro 5 und Euro 6 wurde die Wirkung von T30 speziell im Hinblick auf diese Konzepte ausgewertet. So ist in Bild 4.1 dargestellt, welche Auswirkungen ein Tempolimit von T30 speziell für die Abgasnormen Euro 5 und 6 im Vergleich zum der Analyse zugrunde liegenden dynamischen Bestand 2010 auf die Emissionsfaktoren für NO_X und PM10 der schweren Nutzfahrzeuge hätte.

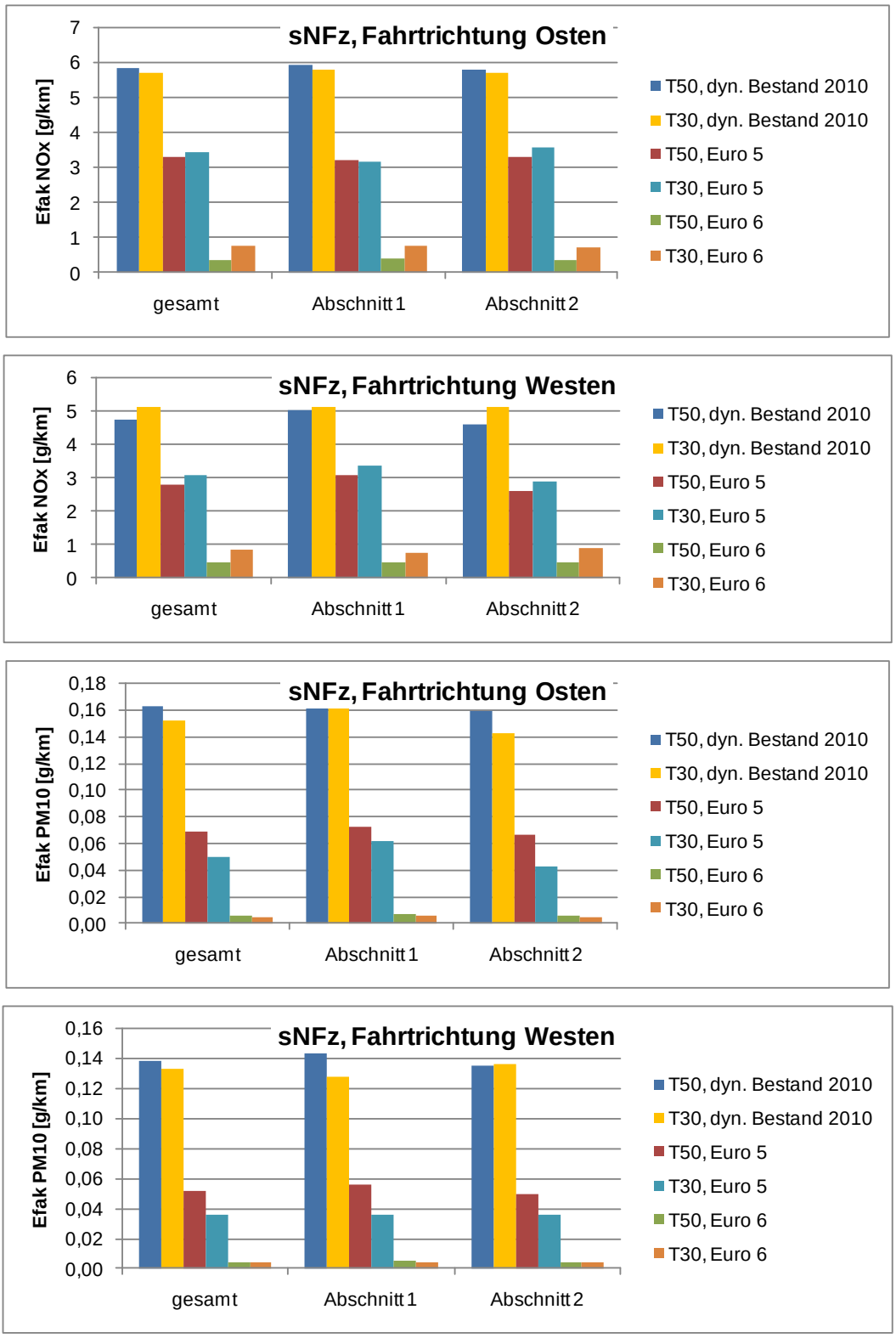


Bild 4.1: Mittlere („warme") Emissionsfaktoren der schweren Nutzfahrzeuge für NO_X und PM10 auf der Ortsdurchfahrt Unterjesingen in beiden Fahrtrichtungen, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrpro-

*file für den **dynamischen Bestand 2010**, für einen Bestand aus Fahrzeugen der Stufen **Euro 5** und **Euro 6**, jeweils für T50 und T30*

Während die Auswirkungen von T30 auf NO_X für den dynamischen Bestand 2010 zumindest in Richtung Osten positiv sind, nehmen bei Euro 5 und Euro 6 - Fahrzeugen die NO_X-Emissionen durch T30 fast überall etwas zu. Allerdings sind die Emissionsfaktoren der Euronormstufe 5 und insbesondere der Stufe 6 deutlich verringert gegenüber den Emissionsfaktoren mit dem dynamischen Bestand 2010.

Bei PM10 würde eine Einführung von T30 bei Fahrzeugen der Euronormstufen 5 und 6 überall zu Reduktionen führen, bei Euro 6 sind die Änderungen marginal.

5 Zusammenfassung

Zur Ermittlung der Auswirkungen eines Tempolimits von 30 km/h in der Ortsdurchfahrt von Unterjesingen wurden am 16.11.2010 mit einem Pkw Messfahrten mit Tempo 50 und Tempo 30 „fiktiv“ sowie Lkw-Verfolgungsfahrten entlang dieser Ortsdurchfahrt durchgeführt. Zusätzlich wurde 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 Fahrkurven berechnet. Darauf aufbauend wurden unter Berücksichtigung des lokalen dynamischen Bestands und der Verkehrsstärken entsprechend der LUBW Dauerzählstelle an der Jesinger Hauptstraße „warme“ Emissionsfaktoren sowie jährliche Emissionen für NO_X und PM10 berechnet.

Im Handbuch Emissionsfaktoren HBEFA3.1 gibt es noch keine Emissionsfaktoren für T30 auf Vorfahrtsstraßen. Es wurde daher ein Vergleich der aus den Messfahrten abgeleiteten T50 Emissionsfaktoren mit den entsprechenden Emissionsfaktoren nach HBEFA3.1 durchgeführt. Für NO_X liegen die Emissionsfaktoren für die Verkehrssituationen „free“, „heavy“ und „saturated“ nach HBEFA3.1 im durch die beiden Fahrtrichtungen aufgespannten Bereich der gemessenen Emissionsfaktoren. Insbesondere bei den schweren Nutzfahrzeugen liegen die aus den Messfahrten abgeleiteten PM10 (Abgas)-Emissionsfaktoren jedoch über den Werten aus dem Handbuch.

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 zwischen -20% und -26%; RPA: zwischen -50% und -63%). Die Einführung von T30 würde also zu einer deutlichen Verstetigung des Verkehrsflusses führen.

Auf die Gesamtstrecke bezogen würde eine Einführung von T30 auch zu Reduktionen der jährlichen Emissionen führen, die bei NO_X bei etwa -2,4% liegen. Bei PM10 beträgt der Rückgang der motorbedingten Emissionen etwa -1,3%; werden Aufwirbelung und Abrieb in die Betrachtung mit einbezogen (nicht Teil der vorliegenden Untersuchung, in Anlehnung an /BAST 2009/), wird aufgrund der großen Anzahl an Halten an LSA nur ein Rückgang von -0,4% erreicht. Auf Abschnitt 1, an dem die Messstation liegt, werden sowohl für NO_X als auch für PM10 (gesamt) für T30 im Vergleich zu T50 Reduktionen ermittelt (NO_X: -7%, PM10: -2%). Auf Abschnitt 2 zeigt sich dagegen praktisch keine Wirkung. Diese Reduktionen sind deutlich geringer als die Rückgänge bei RPA und werden unter Annahme eines Befolgungsgrads von 100% erreicht.

Die Ergebnisse der Messfahrten zeigen auffällig viele Halte auf der Strecke. Wenn es gelingt, durch Verflüssigungsmaßnahmen die Anzahl der Halte signifikant zu reduzieren, dann sind deutliche Minderungen der verkehrsbedingten Emissionen zu erwarten.

6 Literaturverzeichnis

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

BAST 2009
Einfluss von verkehrsberuhigenden Maßnahmen auf die PM10-Belastung an Straßen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 189, Januar 2010

FRIEDRICH 2000
Uwe Friedrich, Landesumweltamt Brandenburg, Berechnung der Schwebstaub-PM10-Immissionen an Brandenburger Straßen

HBEFA 2010
www.hbefa.net

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

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

LUTZ 2010
NO_2-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_2-Immissionen, Gesetzgebung, Luftbelastung, Lösungen, Heidelberg, 3./4. März 2010.

RAU 2011 B
Bestimmung der emissions- und immissionsseitigen Auswirkungen von Maßahmen im Rahmen der Fortschreibung der Luftreinhaltepläne des Regierungspräsidiums Tübingen für die Bezugsjahre 2012 und 2013 – Teilplan Tübingen. Im Auftrag des Regierungspräsidiums Tübingen.