

**BESTIMMUNG DER EMISSIONSSEITIGEN AUSWIRKUNGEN VON TEMPO 30 IM
RAHMEN DER FORTSCHREIBUNG DER
LUFTREINHALTEPLÄNE DES REGIERUNGSPRÄSIDIUMS KARLSRUHE
- TEILPLAN MÜHLACKER -**

Auftraggeber: Regierungspräsidium Karlsruhe
Referat 54.1 – Luftreinhaltung
Markgrafenstraße 46
76133 Karlsruhe

Durchführung: Ingenieurbüro Rau (Federführung)
Bottwarbahnstraße 4
74081 Heilbronn

AVISO GmbH
Adalbertsteinweg 34
52070 Aachen

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	1
Tabellenverzeichnis.....	2
Abbildungsverzeichnis.....	3
Einleitung	4
1 Messfahrten B10 Stuttgarter Straße	5
2 Emissionsberechnung	12
2.1 Modell PHEM	12
2.2 Mittlere Emissionsfaktoren	12
2.3 Gegenüberstellung der Emissionsfaktoren zu HBEFA3.1.....	14
3 Jahresemissionen für T50 und T30	17
4 Zusammenfassung.....	21
Literaturverzeichnis	22

Tabellenverzeichnis

Tab. 1.1:	Mittelwert für Reisegeschwindigkeit und RPA pro Fahrtengruppe für die T50-Normalfahrten und die T30-Fahrten	10
Tab. 1.2:	Gegenüberstellung der mittleren Reisegeschwindigkeiten und der lokalen Fahrgeschwindigkeiten auf Höhe der Verkehrszähleinrichtungen der LUBW für die T50-Normalfahrten	11
Tab. 2.1:	Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für NO _x und Partikel-Abgas (PAR) für die Stuttgarter Straße (B10) in Mühlacker (Abschnitt zwischen Hindenburgstraße und Uhlandstraße), abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrkurven.....	13
Tab. 3.1:	Gegenüberstellung der NO _x -Jahresemissionen für T50-Normalfahrt und T30, berechnet aus den Emissionsfaktoren ermittelt auf Basis der Messfahrten und PHEM-Berechnungen	19
Tab. 3.2:	Gegenüberstellung der PM10-Jahresemissionen für T50-Normalfahrt und T30, berechnet aus den Emissionsfaktoren ermittelt auf Basis der Messfahrten und PHEM-Berechnungen	20

Abbildungsverzeichnis

Bild 1.1:	Lage der Messstrecke B10 Stuttgarter Straße in Mühlacker (Quelle Hintergrundkarte: LRP Mühlacker)	6
Bild 1.2:	Messstrecke B10 Stuttgarter Straße in Mühlacker (Standorte der Fotos siehe Bild 1.1).....	7
Bild 1.3:	Messfahrten B10 Stuttgarter Straße in Mühlacker, T50-Normalfahrt (blaue Linien) und T30-fiktiv (rote Linien) Pkw-Verfolgung (oben Fahrtrichtung Osten, unten Fahrtrichtung Westen („0“ m bezeichnet in beiden Diagrammen den selben Ort, die Kreuzung Stuttgarter Straße/Hindenburgstraße)	8
Bild 1.4:	Messfahrten B10 Stuttgarter Straße in Mühlacker, T50-Normalfahrt (blaue Linien) und T30-fiktiv (rote Linien) Lkw-Verfolgung (oben Fahrtrichtung Osten, unten Fahrtrichtung Westen („0“ m bezeichnet in beiden Diagrammen den selben Ort, die Kreuzung Stuttgarter Straße/Hindenburgstraße)	9
Bild 2.1:	Vergleich der warmen NO _x -Emissionsfaktoren für die Verkehrssituation „Distributor 50 km/h“ mit unterschiedlichen Störungsgraden (free, heavy, saturated, Stop&Go) für 6% Steigung/Gefälle aus HBEFA3.1 mit den mittleren („warmen“) Emissionsfaktoren abgeleitet aus den Messfahrten für Pkw und sNfz für die Stuttgarter Straße (B10) in Mühlacker	15
Bild 2.2:	Vergleich der warmen Abgas-Partikel-Emissionsfaktoren für die Verkehrssituation „Distributor 50 km/h“ mit unterschiedlichen Störungsgraden (free, heavy, saturated, Stop&Go) für 6% Steigung/Gefälle aus HBEFA3.1 mit den mittleren („warmen“) Emissionsfaktoren abgeleitet aus den Messfahrten für Pkw und sNfz für die Stuttgarter Straße (B10) in Mühlacker	16
Bild 3.1:	Qv-Diagramm pro Fahrtrichtung abgeleitet aus den Daten der kontinuierlichen Verkehrszähleinrichtung der LUBW an der Stuttgarter Straße in Mühlacker.....	18

Einleitung

Für die Stuttgarter Straße in Mühlacker wird die Einführung einer Geschwindigkeitsbeschränkung von 30 km/h im Rahmen der Lärmaktionsplanung diskutiert. In diesem Zusammenhang wurde überprüft, ob dies auch im Hinblick auf die Luftqualität günstig zu bewerten ist. Zu beachten waren dabei die lokalen Verhältnisse an dem betroffenen Streckenabschnitt (Länge, Knotenpunktsabstand- und -gestaltung, Gefälle/Steigung).

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 Stuttgarter Straße in Mühlacker eine Aussage zum Einfluss eines Tempolimits T30 auf die PM₁₀- und NO_x-Emissionsbelastung abzuleiten.

Anzumerken ist, dass in der zentralen Datenbasis zur Berechnung von Emissionen des Straßenverkehrs, dem Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA3.1), auch in der aktuellsten Version vom Februar 2010 keine Emissionsfaktoren enthalten sind, die die Situation T30 an Hauptverkehrsstraßen abbilden (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 Stuttgarter Straße in Mühlacker wurden daher Messfahrten für „T50-Normalfahrt“ und „T30-fiktiv“ durchgeführt und basierend auf den erhobenen Fahrzyklen mit dem Modell PHEM die Abgasemissionen für diese Fahrkurven berechnet.

1 Messfahrten B10 Stuttgarter Straße

Die untersuchte Messstrecke ist in Bild 1.1 dargestellt. Untersucht wurde der Abschnitt der B10 Stuttgarter Straße in Mühlacker zwischen Hindenburgstraße und Uhlandstraße. Die B10 weist in diesem Bereich eine Steigung/Gefälle im Bereich von 4%-8% auf. Etwa in der Mitte der Strecke liegt eine Fußgängerbedarfsampel. Die Knoten B10/Hindenburgstraße und B10/Uhlandstraße sind mit Lichtsignalanlagen geregelt.

Eine Messeinrichtung der LUBW zur Messung von Luftschadstoffen steht etwas westlich der Fußgängerbedarfsampel. In diesem Bereich sind auch Messgeräte der LUBW zur kontinuierlichen Erfassung der Verkehrsdaten installiert.

Einen Eindruck über die örtlichen Verhältnisse gibt Bild 1.2.

Die Messfahrten fanden am 14. Und 15.7.2010 statt, d.h. an einem Mittwoch und Donnerstag vor den Sommerferien in Baden-Württemberg. Insgesamt wurden 113 Fahrten in allen Tageszeitbereichen zwischen 6 Uhr morgens und 23 Uhr abends mit einem Pkw durchgeführt. Es wurden dabei Pkw-Verfolgungsfahrten, Lkw-Verfolgungsfahrten und T30-fiktiv-Fahrten unterschieden.

Zusätzlich wurde bei der Durchführung der Fahrten beachtet, die unterschiedlichen Möglichkeiten der Fahrtenbeziehungen am Anfangs- und Endknotenpunkt ausreichend abzudecken.

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

Des weiteren wurde eine manuelle Kurzzeitählung mit Differenzierung nach Fahrzeugarten durchgeführt und die Strecke mit Video und Digitalkamera erfasst und dokumentiert.

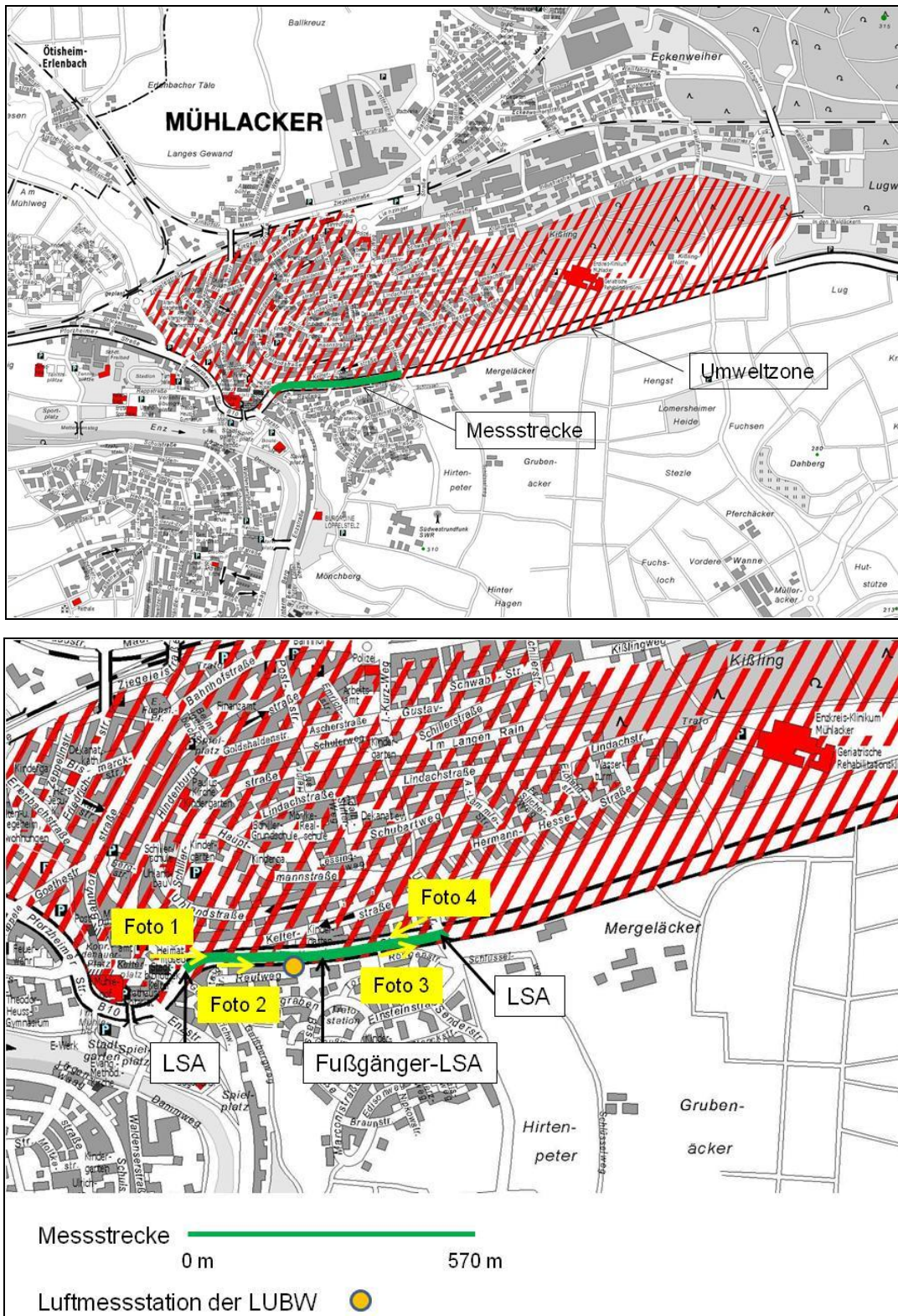


Bild 1.1: Lage der Messstrecke B10 Stuttgarter Straße in Mühlacker (Quelle Hintergrundkarte: LRP Mühlacker)



Bild 1.2: Messstrecke B10 Stuttgarter Straße in Mühlacker (Standorte der Fotos siehe Bild 1.1)

In Bild 1.3 und Bild 1.4 sind die gemessenen Fahrkurven dargestellt. Es ist jeweils für alle Messfahrten die aktuelle Fahrgeschwindigkeit über die gefahrene Wegstrecke aufgetragen.

Insgesamt zeigt sich für beide Fahrtrichtungen ein relativ homogener Fahrverlauf. Die Lichtsignalanlagen am Anfang und Ende der Strecke bewirken, dass je nachdem ob nach einer Rotphase in den Streckenabschnitt eingefahren wurde oder in einer Grünphase bzw. ob am Streckenende auf Rot aufgefahren wurde, eine große Streuung der aktuellen Fahrgeschwindigkeiten in diesem Bereichen. Am Ende der Fahrten in beiden Fahrtrichtungen wurde relativ häufig auf Rot aufgefahren, daher sinken in diesen Bereichen die Fahrgeschwindigkeiten häufig auf Null ab.

Die Höchstgeschwindigkeit, die im Abschnitt erreicht wurde, liegt für die Pkw und Lkw bei der Normalfahrt T50 überwiegend im Bereich von 40-60 km/h, sowohl bergauf als auch bergab.

Die T30-Fahrten sind in den Diagrammen auch dargestellt (rote Linien) und zeigen etwas niedrigere Höchstgeschwindigkeiten im Bereich von 30-40 km/h.

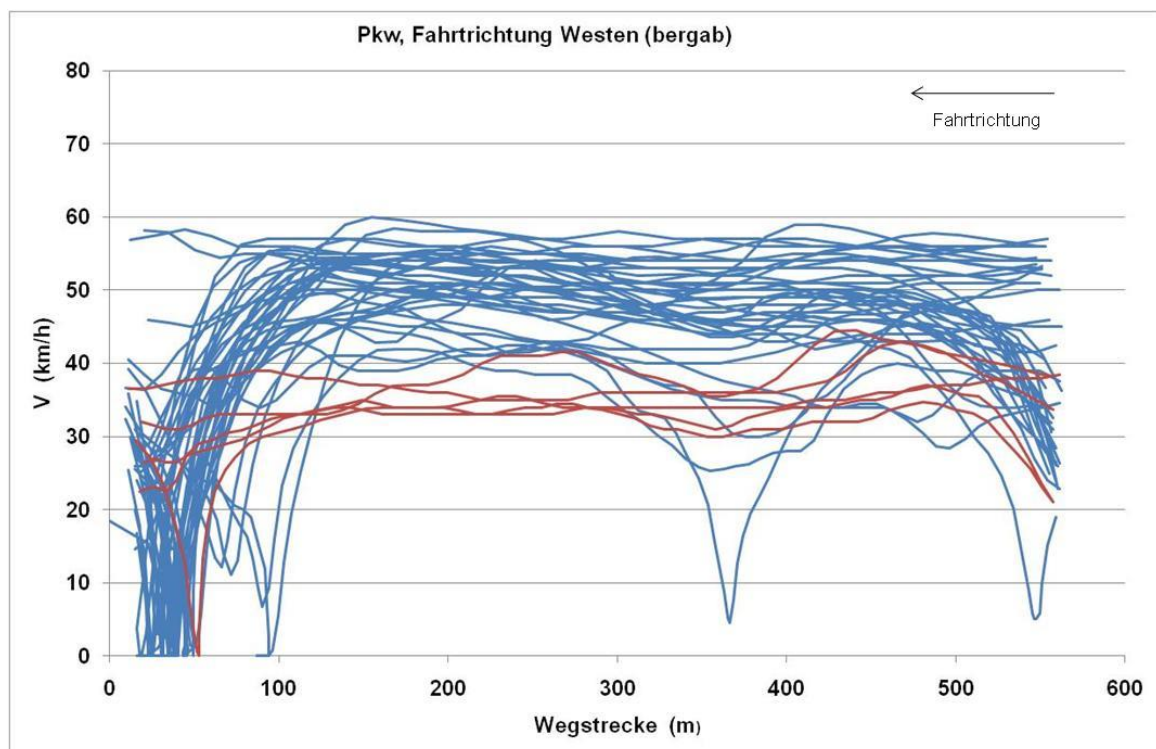
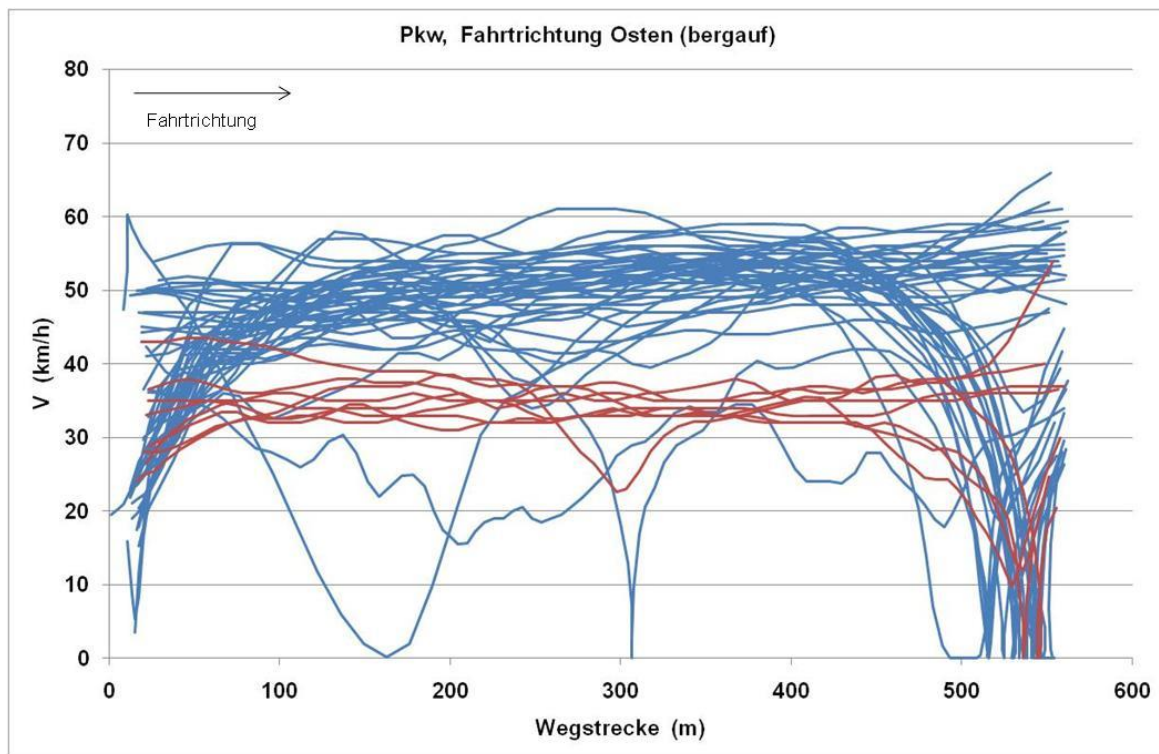


Bild 1.3: Messfahrten B10 Stuttgarter Straße in Mühlacker, T50-Normalfahrt (blaue Linien) und T30-fiktiv (rote Linien) Pkw-Verfolgung (oben Fahrtrichtung Osten, unten Fahrtrichtung Westen („0“ m bezeichnet in beiden Diagrammen den selben Ort, die Kreuzung Stuttgarter Straße/Hindenburgstraße)

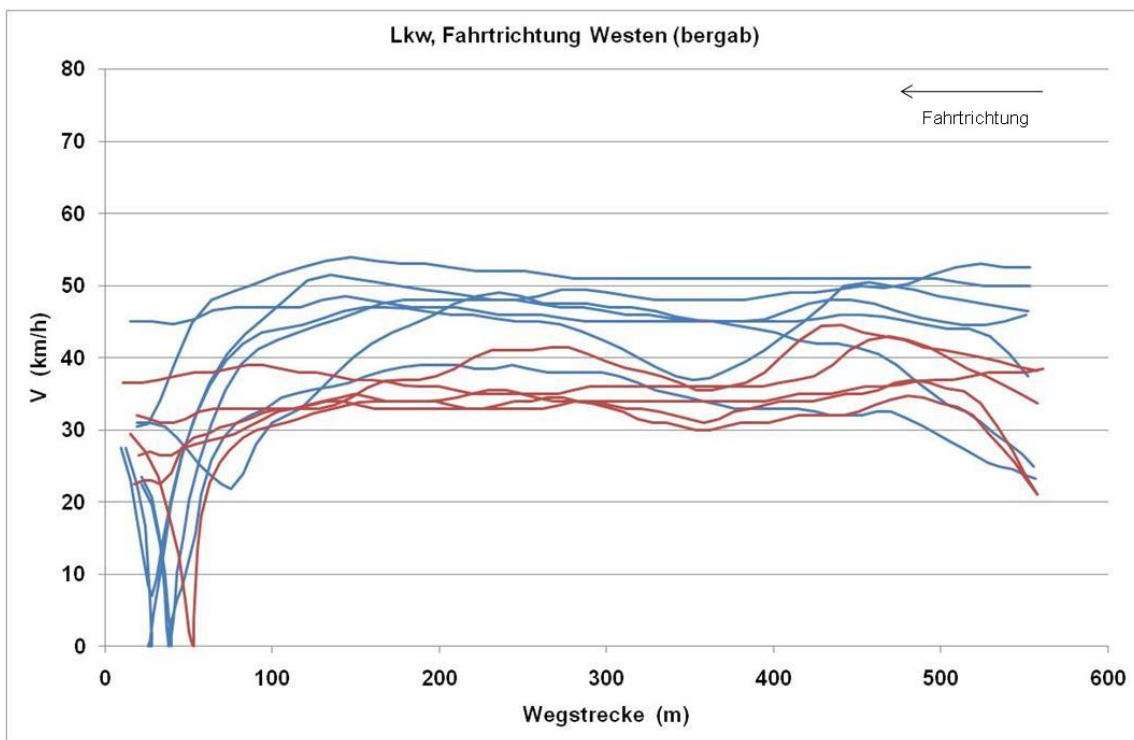
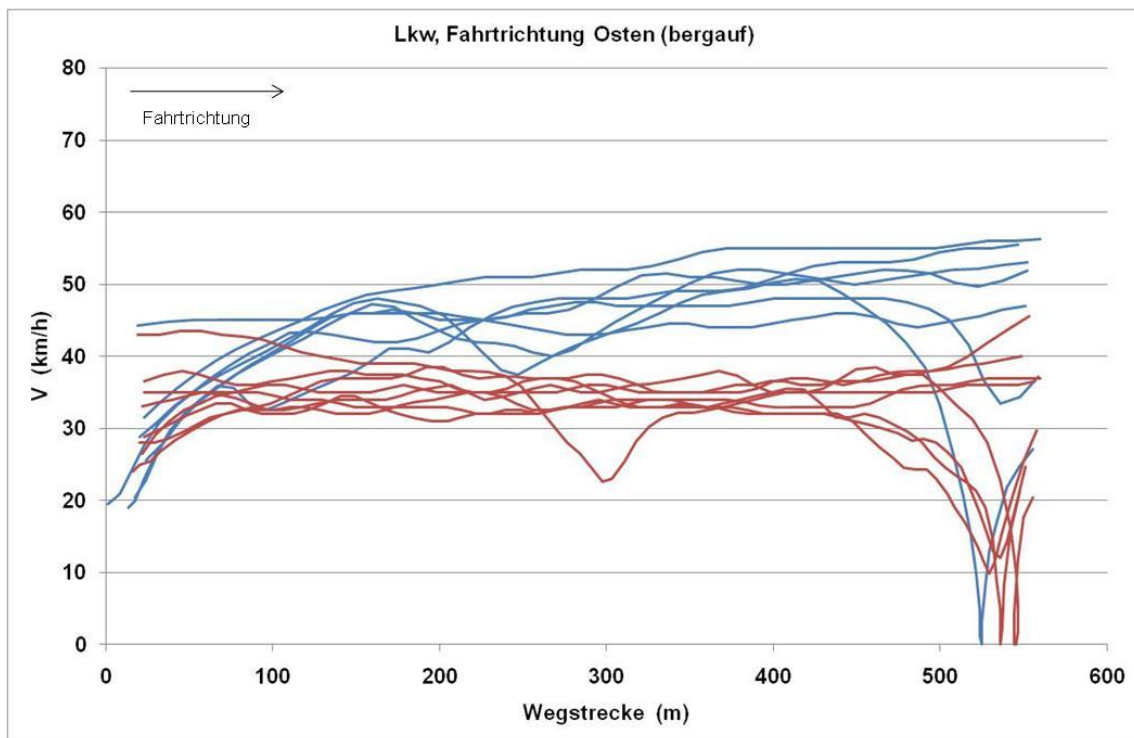


Bild 1.4: Messfahrten B10 Stuttgarter Straße in Mühlacker, T50-Normalfahrt (blaue Linien) und T30-fiktiv (rote Linien) Lkw-Verfolgung (oben Fahrtrichtung Osten, unten Fahrtrichtung Westen („0“ m bezeichnet in beiden Diagrammen den selben Ort, die Kreuzung Stuttgarter Straße/Hindenburgstraße)

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

Pro Fahrtengruppe (Pkw-Normalfahrt T50, Pkw T30, Lkw-Normalfahrt T50 und Lkw T30) wurden die mittleren Dynamik-Parameter v (Reisegeschwindigkeit) und RPA gemittelt über alle Fahrten der jeweiligen Fahrtengruppe berechnet und sind in Tab. 1.1 ausgewiesen.

Tab. 1.1: Mittelwert für Reisegeschwindigkeit und RPA pro Fahrtengruppe für die T50-Normalfahrten und die T30-Fahrten

		v	RPA
		in km/h	in m/sec ²
Pkw			
T50-Normalfahrt	Ri West (bergab) Mittelwert	34,6	0,139
	Standardabweichung	10,8	0,065
	Ri Ost (bergauf) Mittelwert	43,1	0,192
	Standardabweichung	7,9	0,077
T30-fiktiv Pkw	Ri West (bergab) Mittelwert	31,9	0,073
	Standardabweichung	5,6	0,030
	Ri Ost (bergauf) Mittelwert	31,7	0,083
	Standardabweichung	4,2	0,036
Diff T30 zu T50 F	Ri West (bergab) Mittelwert	-7,7%	-47,1%
	Ri Ost (bergauf) Mittelwert	-26,5%	-56,5%
Lkw			
T50-Normalfahrt	Ri West (bergab) Mittelwert	35,0	0,095
	Standardabweichung	11,2	0,051
	Ri Ost (bergauf) Mittelwert	42,7	0,174
	Standardabweichung	5,1	0,067
T30-fiktiv Pkw	Ri West (bergab) Mittelwert	31,9	0,073
	Standardabweichung	5,6	0,030
	Ri Ost (bergauf) Mittelwert	31,6	0,076
	Standardabweichung	4,2	0,027
Diff T30 zu T50 L	Ri West (bergab) Mittelwert	-8,9%	-22,7%
	Ri Ost (bergauf) Mittelwert	-26,0%	-56,0%

In Fahrtrichtung Westen (bergab) liegt die mittlere Reisegeschwindigkeit bei 35 km/h, in Fahrtrichtung Osten (bergauf) bei 43 km/h, sowohl für die Pkw als auch für die Lkw.

Es zeigt sich für beide Fahrtrichtungen beim Vergleich T30 zu T50-Normalfahrt eine Reduktion der mittleren Fahrgeschwindigkeit, die für die Pkw bergab (Richtung Westen) bei -8% und bergauf (Richtung Osten) bei -26% liegt. Für die Lkw zeigt sich ein ähnliches Bild.

Auch für den Dynamik-Parameter RPA zeigt sich beim Vergleich T30 zu T50-Normalfahrt sowohl für die Pkw als auch für die Lkw eine Reduktion, die zwischen -23% und -57% liegt. 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.

An der Verkehrszähleinrichtung der LUBW wird neben der Anzahl der Fahrten auch deren lokale Fahrgeschwindigkeit erfasst. Von der LUBW wurden die aktuellen Daten für das Jahr 2009 und die ersten acht Monaten 2010 zur Verfügung gestellt. Um einen direkten Vergleich der Daten der Messfahrten zu den der Verkehrszähleinrichtungen durchführen zu können, wurden aus den Messfahrten die lokalen Geschwindigkeiten auf Höhe der Verkehrszähleinrichtungen separiert und ausgewertet. Eine Gegenüberstellung der verschiedenen mittleren Geschwindigkeiten zeigt folgende Tabelle.

Demnach spiegeln die mittleren lokalen Geschwindigkeiten abgeleitet aus den Messfahrten gut das Bild der mittleren Fahrgeschwindigkeiten abgeleitet aus den Daten der Verkehrseinrichtungen wieder. Die mittleren lokalen Fahrgeschwindigkeiten liegen im Bereich von 41-52 km/h, wobei bergauf etwas schneller gefahren wird.

Die mittlere Reisegeschwindigkeit für den gesamten Abschnitt liegt deutlich unter den lokal gemessenen Fahrgeschwindigkeiten, da dabei auch die Zeitanteile mit sehr geringen Geschwindigkeiten bis Stillstand berücksichtigt sind.

Tab. 1.2: Gegenüberstellung der mittleren Reisegeschwindigkeiten und der lokalen Fahrgeschwindigkeiten auf Höhe der Verkehrszähleinrichtungen der LUBW für die T50-Normalfahrten

	Anzahl Messfahrten 14./15. Juli 2010	Messfahrten 14./15. Juli 2010		Verkehrszähleinrichtung LUBW Jahresmittel 2009 lokale Fahrgeschwindigkeit in km/h
		mittlere Reise- geschwindigkeit in km/h	mittlere lokale Fahr- geschwindigkeit* in km/h	
Pkw				
Fahrtrichtung West (bergab)	40	34,6	48,7	49,8
Fahrtrichtung Ost (bergauf)	46	43,1	49,8	52,2
Lkw				
Fahrtrichtung West (bergab)	7	35,0	45,4	40,8
Fahrtrichtung Ost (bergauf)	7	42,7	46,6	46,7

* lokale Fahrgeschwindigkeit auf Höhe der Verkehrszähleinrichtung der LUBW

2 Emissionsberechnung

2.1 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. 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 Fahrkurven 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 warmen Motor. Kaltstartzuschlagsemissionen werden mit PHEM nicht berechnet.

Die Emissionsberechnungen mit PHEM wurden für alle Fahrkurven und alle relevanten Fahrzeugschichten der Pkw, INfz und sNfz durchgeführt.

2.2 Mittlere Emissionsfaktoren

Die Emissionen, die als Ergebnis der PHEM-Berechnungen für jede Fahrkurve pro Fahrzeugschicht vorliegen, wurden zu mittleren Emissionsfaktoren pro Fahrzeugschicht aggregiert. Hierfür wurden zunächst pro Fahrzeugschicht die Emissionen jeder Fahrkurve addiert und auf die Streckenlänge bezogen, um den Emissionsfaktor in g/km pro Fahrkurve zu berechnen. Anschließend wurden pro Fahrzeugschicht diese Emissionsfaktoren über alle Fahrkurven einer Fahrtengruppe gemittelt.

Im Ergebnis liegen Emissionsfaktoren für die einzelnen Fahrzeugschichten für die Situation T50 und T30 an der Stuttgarter Straße vor. Somit war es möglich, unter Berücksichtigung der aktuellen Flottenzusammensetzung für Mühlacker, Abgasemissionsfaktoren der Fahrzeuggruppen Pkw, leichte Nutzfahrzeuge (INfz) und schwere Nutzfahrzeuge (sNfz) für T50 und T30 zu berechnen.

Die Ermittlung der Flottenzusammensetzung Mühlacker (Bezugsjahr 2010) basiert auf den Angaben zum dynamischen Bestand für den Enzkreis aus dem landesweiten Emissionskataster Baden-Württemberg /AVISO 2009/. Es wurde eine Anpassung an die Fahrzeugschichtdefinition aus dem aktuellen HBEFA3.1 /HBEFA2010/ durchgeführt.

Die ermittelten Emissionsfaktoren für NO_x und Partikel-Abgas (PAR) für die T50-Normalfahrt und T30 zeigt die folgende Tabelle.

Tab. 2.1: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für NO_x und Partikel-Abgas (PAR) für die Stuttgarter Straße (B10) in Mühlacker (Abschnitt zwischen Hindenburgstraße und Uhlandstraße), abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrkurven

NO _x							
Bergauf Ri Osten		Normalfahrt T50			T30		
		Pkw	INfz	sNfz	Pkw	INfz	sNfz
Mittel aller Fahrten	Mittelwert	0,520	1,832	11,984	0,428	1,186	11,077
	Standardabweichung	0,094	0,284	1,019	0,069	0,178	0,907
	Diff zu T50 N				-17,6%	-35,2%	-7,6%
Bergab Ri Westen		Normalfahrt T50			T30		
		Pkw	INfz	sNfz	Pkw	INfz	sNfz
Mittel aller Fahrten	Mittelwert	0,169	0,385	2,340	0,158	0,242	1,737
	Standardabweichung	0,067	0,167	1,850	0,050	0,112	1,367
	Diff zu T50 N				-6,6%	-37,2%	-25,8%
PAR							
Bergauf Ri Osten		Normalfahrt T50			T30		
		Pkw	INfz	sNfz	Pkw	INfz	sNfz
Mittel aller Fahrten	Mittelwert	0,019	0,076	0,204	0,017	0,064	0,226
	Standardabweichung	0,005	0,011	0,030	0,003	0,008	0,028
	Diff zu T50 N				-12,3%	-15,1%	11,2%
Bergab Ri Westen		Normalfahrt T50			T30		
		Pkw	INfz	sNfz	Pkw	INfz	sNfz
Mittel aller Fahrten	Mittelwert	0,007	0,026	0,060	0,006	0,022	0,056
	Standardabweichung	0,003	0,008	0,029	0,002	0,007	0,022
	Diff zu T50 N				-2,7%	-16,2%	-6,4%

Sowohl für NO_x als auch für die Abgas-Partikel wurden für die Fahrtrichtung Osten (bergauf) wesentliche höhere Emissionsfaktoren berechnet als für die Fahrtrichtung Westen (bergab).

Der Vergleich der Emissionsfaktoren T30 zu den Emissionsfaktoren T50-Normalfahrt weist für NO_x für alle Fahrzeuggruppen (Pkw, INfz, sNfz) eine Reduktion aus, die bergauf für die sNfz am geringsten (-8%) und für die INfz am höchsten (-35%) und bergab für die Pkw am geringsten (-7%) und die INfz am höchsten (-37%) ausfällt.

Für die Abgas-Partikel zeigt sich für die Fahrtrichtung Westen (bergauf) ein ähnliches Bild, wobei die Reduktionen im Bereich von -3% bis -16% liegen und damit geringer ausfallen als

für NO_x. In Fahrtrichtung Osten (bergauf) wurden nur für die Pkw und Infz Reduktionen der Partikel-Emissionen (-12% bzw. -15%) ermittelt, dagegen für die sNfz Zunahmen von +11%.

Insgesamt zeigt die Gegenüberstellung der Emissionsfaktoren für den betrachteten Abschnitt der Stuttgarter Straße, dass diese für T30 im Vergleich zu T50-Normalfahrt überwiegend niedriger liegen, mit Ausnahme der sNfz in Fahrtrichtung bergauf.

Bei der Bewertung dieser Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass in der Realität der Befolgungsgrad für T30 sicher nicht bei 100% liegt und daher die Emissionsänderungen in der Realität eher geringer ausfallen werden.

2.3 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. Dazu 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.

Der Abschnitt der Stuttgarter Straße weist eine große Steigung in Fahrtrichtung Osten auf, die im Bereich von 4% bis 8% liegt. An der Straße steht ein Schild mit dem Hinweis auf 8% Steigung bzw. Gefälle. Für die Ermittlung der Emissionen für die Ist-Situation T50 auf Basis HBEFA3.1 wurde die Steigung/Gefälle-Klasse +/-6% gewählt.

Unter Berücksichtigung der Flottenzusammensetzung für Mühlacker (Bezugsjahr 2010) wurden auf Basis von HBEFA3.1 die Emissionsfaktoren für die Hauptverkehrssituation „Distributor50“ ermittelt.

Diese sind in den folgenden Darstellungen 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 Infz) separat ausgewiesen werden und die PHEM-Berechnungen ausschließlich für den warmen Motor durchgeführt worden sind.

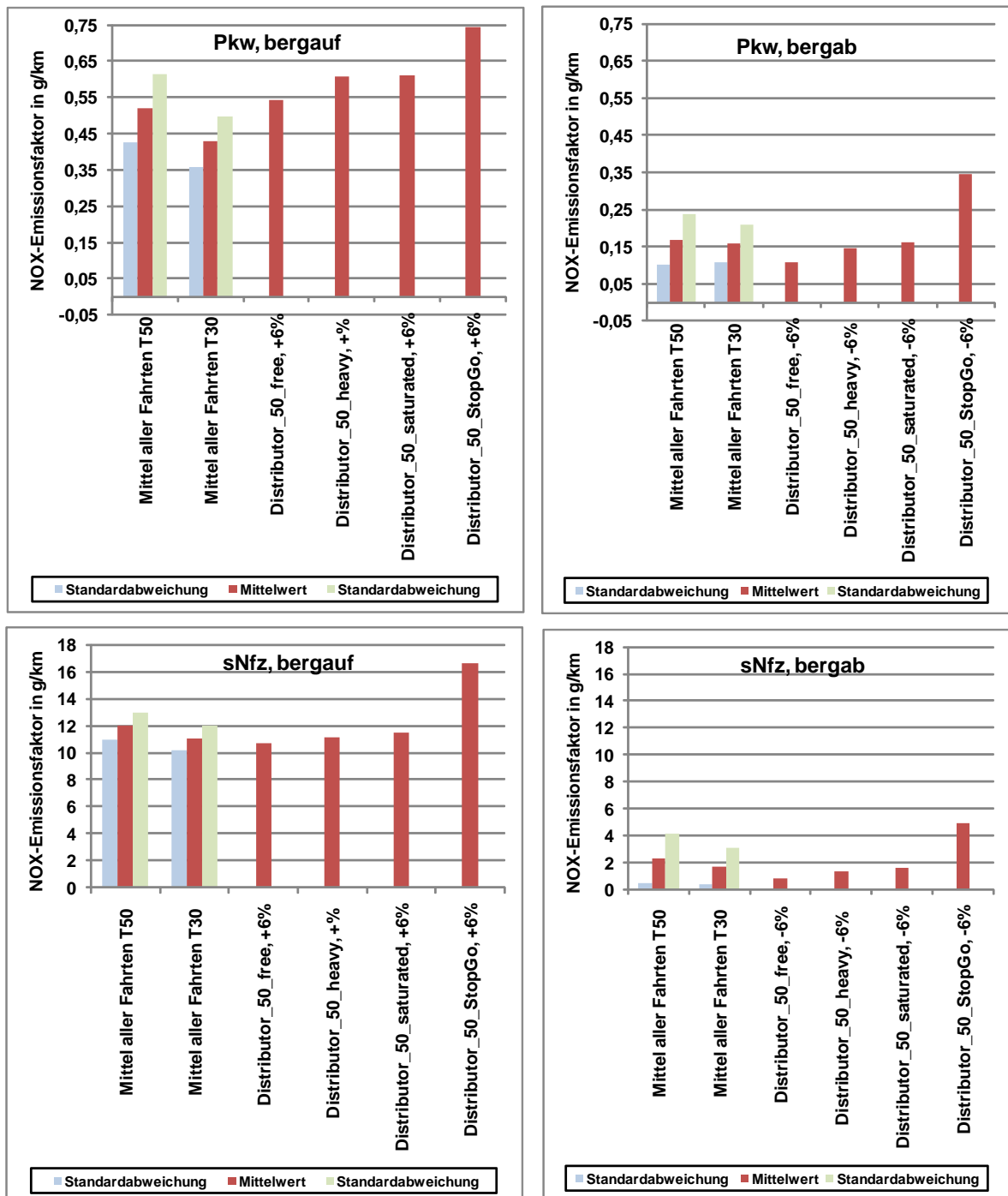


Bild 2.1: Vergleich der warmen NO_x-Emissionsfaktoren für die Verkehrssituation „Distributor 50 km/h“ mit unterschiedlichen Störungsgraden (free, heavy, saturated, Stop&Go) für 6% Steigung/Gefälle aus HBEFA3.1 mit den mittleren („warmen“) Emissionsfaktoren abgeleitet aus den Messfahrten für Pkw und sNfz für die Stuttgarter Straße (B10) in Mühlacker

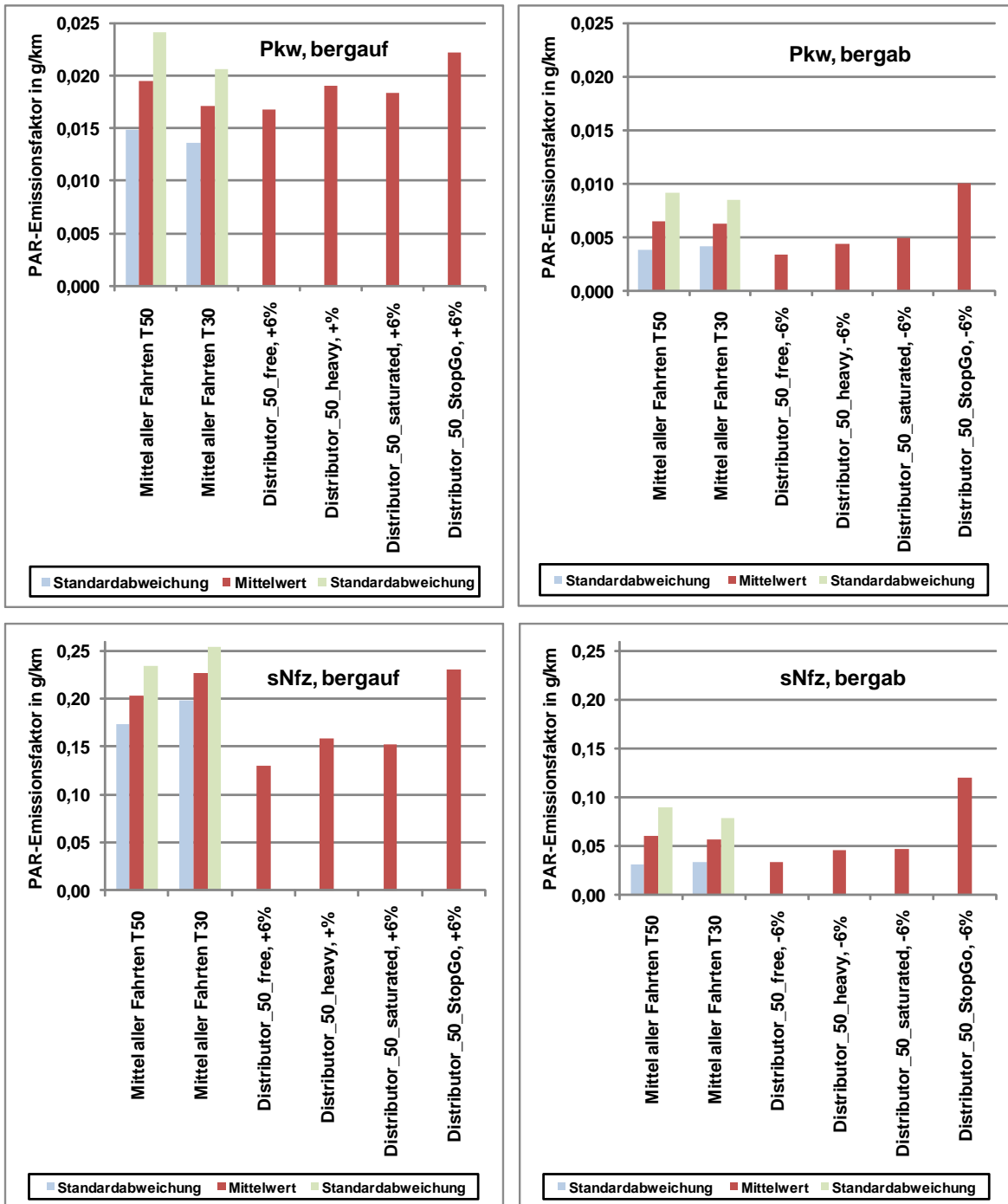


Bild 2.2: Vergleich der warmen Abgas-Partikel-Emissionsfaktoren für die Verkehrssituation „Distributor 50 km/h“ mit unterschiedlichen Störungsgraden (free, heavy, saturated, Stop&Go) für 6% Steigung/Gefälle aus HBEFA3.1 mit den mittleren („warmen“) Emissionsfaktoren abgeleitet aus den Messfahrten für Pkw und sNfz für die Stuttgarter Straße (B10) in Mühlacker

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

Der Vergleich der auf Basis der Messungen abgeleiteten Emissionsfaktoren mit den Emissionsfaktoren für die Verkehrssituation „Distributor50_heavy“ nach HBEFA3.1 zeigt sowohl für NO_x und stärker noch für PAR Unterschiede. Hierbei liegen die Emissionsfaktoren abgeleitet aus den Messungen, bis auf die Gruppe Pkw/bergauf, stets höher als die Emissionsfaktoren nach HBEFA3.1.

3 Jahresemissionen für T50 und T30

Die NO_x- und Partikel-Abgas-Emissionsfaktoren, die auf Basis der Messfahrten und PHEM-Berechnungen ermittelt worden sind, wurden zur Berechnung der NO_x- und PM10-Jahresemissionen eingesetzt. Die Berechnungen wurden unter Berücksichtigung folgender Annahmen durchgeführt:

- Die Daten zu den Verkehrsstärken wurden aus den Verkehrsdaten der kontinuierlichen Messstelle der LUBW abgeleitet. Demnach liegt der jahresmittlere DTV-Wert bei 14.200 Kfz/24h, der Anteil der INfz bei 3,5% und der Anteil der sNfz bei 5,9%.
- 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 PM10-Emissionen verursacht durch Aufwirbelung und Abrieb wurden nach den Ansätzen aus /AVISO 2009/ ermittelt. Ergänzend wurde angenommen, dass diese durch die Einführung von T30 um ca. 10% reduziert werden können, in Anlehnung an /BAST 2009/.
- Des Weiteren wurde bei der Berechnung der Jahresemissionen berücksichtigt, für welchen Anteil der Jahresstunden Verkehrsablaufbedingungen vorherrschen, die durch die Einführung von T30 signifikant verändert werden können. In Bild 3.1 sind hierfür die qv-Diagramme abgeleitet aus den Daten der kontinuierlichen Zählstelle der LUBW dargestellt. Es zeigt sich, dass in beide Fahrtrichtungen überwiegend Fahrgeschwindigkeiten von über 40 km/h an der Messstelle auftreten, aber auch Verkehrszustände vorkommen, die mit deutlich niedrigeren Geschwindigkeiten verbunden sind. Bei ca. 7% der Halbstundenwerte im Jahr 2009 liegen die gemessenen lokalen Fahrgeschwindigkeiten unter 40 km/h.

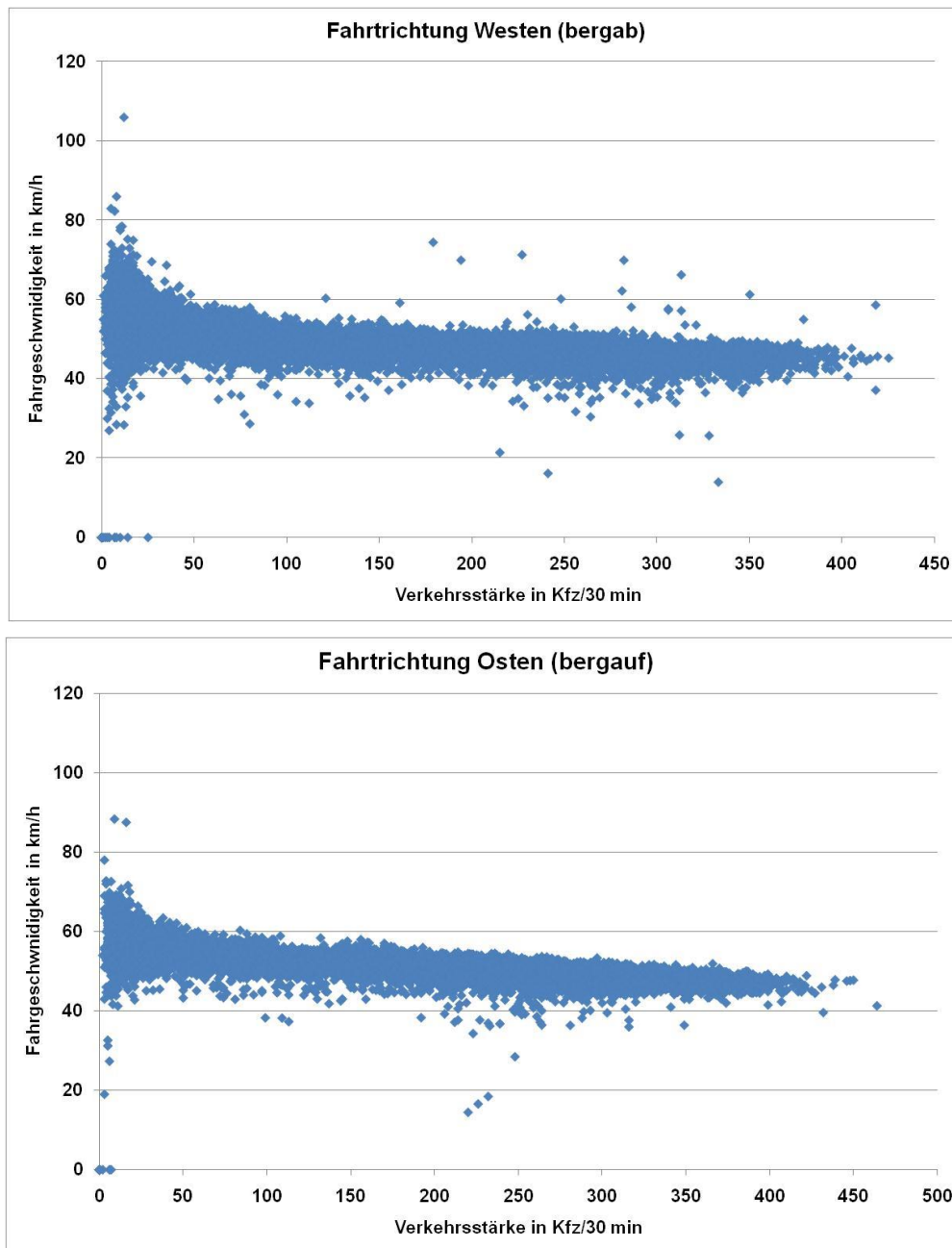


Bild 3.1: Qv-Diagramm pro Fahrtrichtung abgeleitet aus den Daten der kontinuierlichen Verkehrszähleinrichtung der LUBW an der Stuttgarter Straße in Mühlacker

In Tab. 3.1 und Tab. 3.2 sind die ermittelten Jahresemissionen für NO_x und PM₁₀ für T50-Normalfahrt und T30 aufgeführt, wobei bei T30 ein Befolgungsgrad von 100% unterstellt wurde. Zusätzlich sind die Emissionen für T30 bei einem Befolgungsgrad von 50% mit aufgeführt.

Für die NO_x-Emissionen liegt die Reduktion für T30 im Vergleich zu T50 bei -12%, unter Voraussetzung eines Befolungsgrades von 100%. Liegt der Befolungsgrad für T30 nur bei 50%, dann ergibt sich entsprechend eine geringere NO_x-Emissionsminderung von -6%.

Tab. 3.1: Gegenüberstellung der NO_x-Jahresemissionen für T50-Normalfahrt und T30, berechnet aus den Emissionsfaktoren ermittelt auf Basis der Messfahrten und PHEM-Berechnungen

NO _x			Pkw	INfz	sNfz	Kfz
Emissionen* mit Befolungsgrad T30 = 100%						
T50	Abgas	kg/a	1.771	189	2.156	4.116
T30	Abgas	kg/a	1.544	127	1.949	3.620
T30/T50	Abgas		-12,8%	-33,1%	-9,6%	-12,1%
Emissionen* mit Befolungsgrad T30 = 50%						
T50	Abgas	kg/a	1.771	189	2.156	4.116
T30	Abgas	kg/a	1.657	158	2.052	3.868
T30/T50	Abgas		-6,4%	-16,5%	-4,8%	-6,0%

* Emissionen warm+Kaltstartzuschlag u. Anteil Stunden mit T30-Reduktionspotential=90%

Tab. 3.2: Gegenüberstellung der PM10-Jahresemissionen für T50-Normalfahrt und T30, berechnet aus den Emissionsfaktoren ermittelt auf Basis der Messfahrten und PHEM-Berechnungen

PAR (PM10)			Pkw	INfz	sNfz	Kfz
Emissionen* mit Befolgungsgrad T30 = 100%						
T50	Abgas	kg/a	73	14	40	126
	Aufwirb./Abrieb	kg/a	158	6	92	256
	gesamt	kg/a	230	20	131	382
T30	Abgas	kg/a	67	13	42	122
	Aufwirb./Abrieb	kg/a	142	5	83	230
	gesamt	kg/a	209	18	125	352
T30/T50	Abgas		-7,9%	-8,9%	6,4%	-3,5%
	Aufwirb./Abrieb		-10,0%	-10,0%	-10,0%	-10,0%
	gesamt		-9,3%	-9,3%	-5,1%	-7,9%
Emissionen* mit Befolgungsgrad T30 = 50%						
T50	Abgas	kg/a	73	14	40	126
	Aufwirb./Abrieb	kg/a	158	6	92	256
	gesamt	kg/a	230	20	131	382
T30	Abgas	kg/a	70	13	41	124
	Aufwirb./Abrieb	kg/a	150	6	87	243
	gesamt	kg/a	220	19	128	367
T30/T50	Abgas		-3,9%	-4,5%	3,2%	-1,8%
	Aufwirb./Abrieb		-5,0%	-5,0%	-5,0%	-5,0%
	gesamt		-4,7%	-4,6%	-2,5%	-3,9%

* Emissionen warm+Kaltstartzuschlag u. Anteil Stunden mit T30-Reduktionspotential=90%

Für die PM10-Abgasemissionen zeigt der Vergleich T30 zu T50-Normalfahrt eine Minderung von knapp -4%, bei einem Befolgungsgrad von 100%. Für einen Befolgungsgrad von nur 50% liegt die PM10-Abgasemissionsreduktion nur noch bei knapp -2%.

Da die verkehrsbedingten PM10-Emissionen nicht nur durch Abgas, sondern auch durch die PM10-Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieb geprägt sind, sind diese in Tab. 3.2 mit aufgeführt. Zur Abschätzung der Wirkung von T30 im Vergleich zu T50 wurde in Anlehnung an Ergebnisse in /BAST 2009/ eine Emissionsreduktion von 10% angesetzt (für einen Befolgungsgrad von 100%)

Für die gesamten PM10-Emissionen ergibt sich unter dieser Annahme eine Minderung durch T30 von -8% (Befolgungsgrad 100%) bzw. -4% (Befolgungsgrad 50%).

4 Zusammenfassung

An der Stuttgarter Straße in Mühlacker, an der eine hohe Luftschadstoffbelastung und Grenzwertüberschreitung für NO_2 gemessen wird, soll im Rahmen der Lärmaktionsplanung eine Geschwindigkeitsbegrenzung von 30 km/h eingeführt werden. Es war zu überprüfen, wie diese Maßnahme aus lufthygienischer Sicht zu bewerten ist.

Da im Handbuch für Emissionsfaktoren HBEFA3.1 keine Informationen und Daten vorliegen, die eine Emissionsabschätzung für T30 zulassen, wurde Messfahrten zur Erfassung des Verkehrsablaufes in der Ist-Situation und bei Tempolimit 30 km/h (T30) durchgeführt.

Bei dem betrachteten Straßenabschnitt handelt sich um einen verkehrlich stark belasteten Abschnitt der B10, der im betrachteten Bereich in Mühlacker eine starke Steigung bzw. Gefälle aufweist.

Für die gemessenen Fahrkurven wurden mit dem Modell PHEM der TU Graz pro Fahrzeugschicht Emissionen berechnet und zu mittleren Emissionsfaktoren für diesen Streckenabschnitt zusammengefasst. Das Verfahren zur Ermittlung der Emissionsfaktoren entspricht dem Verfahren, mit dem die Emissionsfaktoren für HBEFA3.1 ermittelt wurden.

Die ermittelten Emissionsfaktoren für NO_x und Partikel-Abgas für die Fahrzeuggruppen Pkw, Infz und sNfz zeigen für beide Fahrtrichtungen überwiegend Minderungen durch T30 im Vergleich zur T50-Normalfahrt. Die Emissionsreduktionen liegen im Bereich von -3% bis -37%. Nur für die sNfz in Fahrtrichtung Osten (bergauf) wurden für T30 um 11% höhere Emissionsfaktoren ermittelt als für T50-Normalfahrt.

Die Emissionsfaktoren wurden abschließend eingesetzt, um die Jahresemissionen für NO_x und Partikel-Abgas zu berechnen, unter Berücksichtigung des Kaltstartzuschlags, dem vorhandenen Reduktionspotential für T30 (Anteil der Jahresstunden, die beeinflussbar sind) und einem Befolgungsgrad T30 von 100% und 50%.

Bei der Berechnung der PM10-Jahresemissionen wurden zusätzlich auch die PM10-Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieb berücksichtigt.

Insgesamt wurde für einen Befolgungsgrad von 100% eine Reduktion der NO_x -Jahresemissionen von -12% und der PM10-Gesamtemissionen von -8% ermittelt. Für einen Befolgungsgrad von 50% halbieren sich diese Minderungen.

Literaturverzeichnis

AVISO 2009

Fortschreibung des landesweiten Emissionskatasters Straßenverkehr, Baden-Württemberg im Auftrag der LUBW, AVISO Aachen 2009

BAST 2010

Düring I., et al., Einfluss von Verkehrsberuhigenden Maßnahmen auf die PM10-Belastung an Straßen, BAST-Bericht V189, 2010

HAUSBERGER 2010

Hausberger, S. et al., Emission factors from the Model PHEM for the HBEFA Version 3, TU Graz, Institute for internal combustion engines and thermodynamics, Graz 2010

HBEFA 2010

Handbuch Emissionsfaktoren Straßenverkehr Version 3.1, www.hbefa.net, 2010