VERGLEICH DER EMISSIONSSEITIGEN AUSWIRKUNGEN VON TEMPO 40 UND TEMPO 30 AUF EINEM STRASSENABSCHNITT IM INNENSTADTBEREICH VON TÜBINGEN IM RAHMEN DER FORTSCHREIBUNG DER LUFTREINHALTEPLÄNE DES REGIERUNGSPRÄSIDIUMS TÜBINGEN - TEILPLAN TÜBINGEN -

Endversion

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

16. Mai 2013

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis ..... *I*

1 Einleitung *1*

2 Fahrprofile *2*

2.1 Die Messstrecke 2

2.2 Messfahrten und synthetische Fahrprofile 4

2.3 Verkehrliche Grundlagendaten 7

3 Emissionsberechnung *9*

3.1 Modell PHEM 9

3.2 Flottenzusammensetzung 9

3.3 Emissionsfaktoren NO_X und PM10-Abgas 11

3.4 Jahresemissionen 15

3.5 Diskussion der Ergebnisse für T40 16

3.6 Auswirkung auf die Immissionsbelastung 18

4 Zusammenfassung *21*

Literaturverzeichnis *22*

1 Einleitung

Für einen Straßenabschnitt in Tübingen (Einbahnstraßensystem, Fahrtrichtung Osten: Kelternstraße, Am Stadtgraben, Wilhelmstraße; Fahrtrichtung Westen: Mohlstraße, Haußerstraße, Hölderlinstraße, Rümelinstraße, Kelternstraße) wurden im Mai 2011 Messfahrten zur Ermittlung der emissionsseitigen Wirkung einer Geschwindigkeitsbeschränkung von 30 km/h (T30) durchgeführt.

Als Ergebnis dieser Messfahrten wurden für die Gesamtstrecke Reduktionen der jährlichen Emissionen durch eine Einführung von T30 gefunden, die für NO_X bei knapp unter zwei Prozent und für PM10 (einschließlich Aufwirbelung und Abrieb) bei etwas über drei Prozent liegen /RAU 2011b/.

Seit November 2012 gilt in Fahrtrichtung Osten von der Westbahnhofstraße (Höhe Aischbachstraße) über die Kelternstraße bis zur Wilhelmstraße (Höhe Keplerstraße) und in Fahrtrichtung Westen auf der gesamten Messstrecke die Geschwindigkeitsbeschränkung von 30 km/h. Die Progressionsgeschwindigkeiten der koordinierten Lichtsignalanlagen (LSA) wurden entsprechend angepasst.

Ziel des vorliegenden Gutachtens ist es, die emissions- und immissionsseitige Wirkung für eine Geschwindigkeitsbeschränkung auf 40 km/h (T40) zu ermitteln. Die Wirkung von T40 kann wegen der bereits erfolgten Einführung von T30 nicht mehr durch Messfahrten bestimmt werden. Es wurden daher aus den Fahrprofilen der vor der Einführung von T30 durchgeführten „fiktiven“ T30-Fahrten und T50-Normalfahrten synthetisch T40-Fahrprofile erzeugt.

Für die synthetischen Fahrprofile T40 wurden analog zur Auswertung der „fiktiven“ T30-Fahrten und T50-Normalfahrten mit dem Modell PHEM Abgasemissionen berechnet. Basierend auf diesen Emissionsdaten wurden für dieselben Straßenabschnitte des innerstädtischen Einbahnstraßensystems wie bereits bei T30 die immissionsseitigen Auswirkungen ermittelt.

2 Fahrprofile

Im Rahmen der T30-Untersuchungen für Tübingen wurden am 23. und 24.05.2011 im Zeitraum zwischen 6 Uhr morgens und 22 Uhr abends mit einem Pkw Messfahrten zur Bestimmung der Auswirkung einer Geschwindigkeitsbeschränkung auf 30 km/h entlang der Messstrecke vorgenommen. Zusätzlich wurde die Strecke mit Video und Digitalkamera erfasst und dokumentiert /RAU 2011b/. Diese Messfahrten bilden hier die Grundlage zur Erzeugung der synthetischen T40-Fahrprofile.

2.1 Die Messstrecke

Die befahrenen Messstrecken sind in Bild 2.1 dargestellt. Untersucht wurde der Bereich des in Rot eingezeichneten Einbahnstraßensystems (Richtung Osten: Kelternstraße, Am Stadtgraben, Wilhelmstraße; Richtung Westen: Mohlstraße, Haußerstraße, Hölderlinstraße, Rümelinstraße, Kelternstraße). In Blau eingetragen ist die Strecke, auf der T30 seit November 2012 realisiert ist.

Die entlang der Messstrecke vorhandenen zwölf Lichtsignalanlagen sind koordiniert. Sie sind ebenso wie die neun Fußgängerbedarfs-LSA in Bild 2.1 eingetragen.

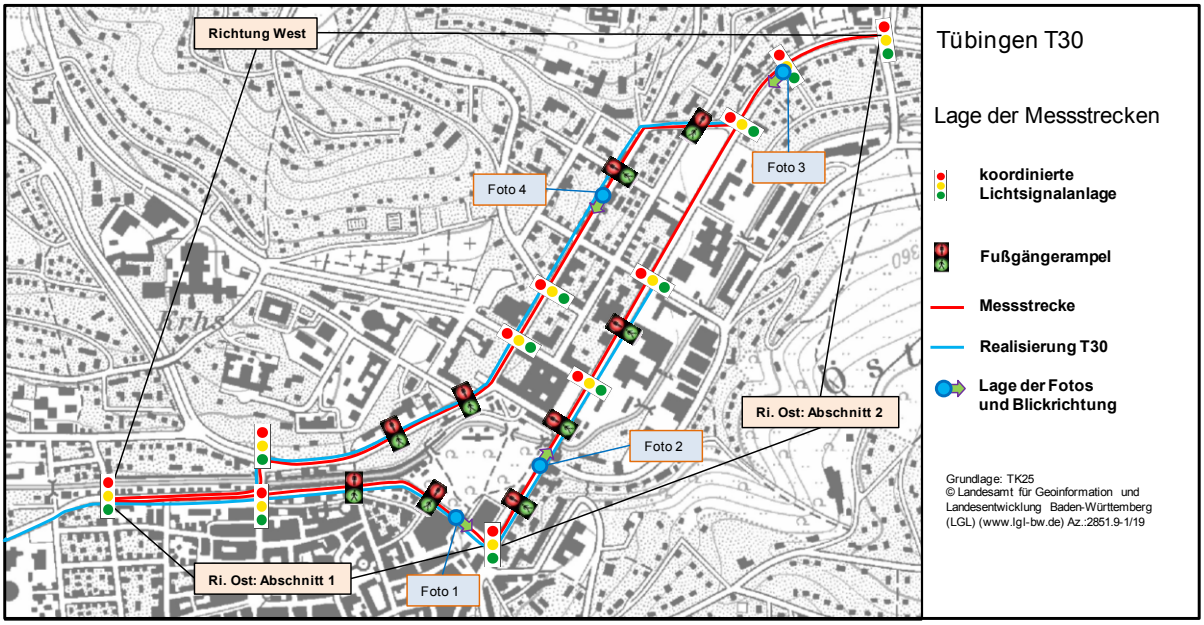

Bild 2.1: Lage der Messstrecken in Tübingen

Um die Vergleichbarkeit mit den T30-Auswertungen /RAU 2011b/ sicherzustellen, wurden die synthetischen T40-Fahrprofile entlang der ursprünglich untersuchten Strecke erzeugt und ausgewertet.

In Fahrtrichtung Osten wurde die Messstrecke für die Untersuchungen in zwei Abschnitte unterteilt, in Fahrtrichtung Westen wurde die Gesamtstrecke betrachtet. Die Teilabschnitte sind in Tab. 2.1 kurz beschrieben. In Bild 2.2 sind Bilder entlang der Messstrecke dargestellt. Die Strecke verläuft überwiegend eben, auf den letzten 50 Metern von Abschnitt 1 und in Richtung Westen auf der Mohlstraße zwischen Wilhelmstraße und Haußerstraße befinden sich kurze Stücke mit geringer Neigung (< 4 %).

Tab. 2.1: Beschreibung der Teilabschnitte der Messstrecke in Tübingen

Richtung	Straße	Abschnitt	
		von	bis
Osten, Abschnitt 1	Kelternstraße, Am Stadtgraben	Belthlestraße	Wilhelmstraße
Osten, Abschnitt 2	Wilhelmstraße	Am Stadtgraben	Nordring
Westen	Wilhelmstraße, Mohlstraße, Haußerstraße, Hölderlinstraße, Rümelinstraße, Herrenberger Straße, Kelternstraße	Nordring	Westbahnhofstraße

Foto 1

Foto 2

Foto 3

Foto 4

Bild 2.2: Fotos entlang der Messstrecke (Lage und Blickrichtung der Fotos s. Bild 2.1)

2.2 Messfahrten und synthetische Fahrprofile

Im Rahmen der T30-Untersuchungen in Tübingen /RAU 2011b/ wurden am 23. und 24.05.2011 84 Fahrten in allen Tageszeitbereichen zwischen 6 Uhr morgens und 22 Uhr abends mit einem Pkw durchgeführt. 12 dieser Fahrten deckten eine hier nicht relevante Alternativstrecke ab, so dass zur Konstruktion der synthetischen Fahrprofile 72 Fahrten zur Verfügung stehen.

Da sich die Fahrprofile von Pkw und Lkw innerhalb geschlossener Ortschaften im ebenen Gelände nicht wesentlich unterscheiden, war zugunsten einer größeren Zahl von Pkw-Fahrten auf die Durchführung von Lkw-Verfolgungsfahrten verzichtet worden.

Es wurde daher zwischen „T50-Normalfahrten“ und „T30-fiktiv“-Fahrten unterschieden. Die Anzahl der Fahrten auf der hier relevanten „Hauptvariante“ ist in Tab. 2.2 dargestellt.

Tab. 2.2: Anzahl der im Mai 2011 durchgeführten Messfahrten nach Art und Richtung

Fahrtart	Anzahl
"T50-Normalfahrt" Richtung Osten	23
"T50-Normalfahrt" Richtung Westen	17
"T30-fiktiv" Richtung Osten	19
"T30-fiktiv" Richtung Westen	13
insgesamt	72

Schon bei der T30-Untersuchung /RAU 2011b/ wurde eine Auswahl an T50- und T30-Fahrten getroffen, die auf den betrachteten Abschnitten eine vergleichbare und für den Tag der Messfahrten typische Anzahl an Störungen aufweist. Diese Auswahl dient hier als Basis zur Erzeugung der synthetischen Fahrprofile.

Aus den im Mai 2011 durchgeführten T50-Geschwindigkeitsprofilen $v_{T50}(s)$ als Funktion der Wegstrecke s wurden durch Skalierung synthetische T40-Fahrprofile

$$v_{T40}(s) = f_{T40} \cdot v_{T50}(s)$$

erzeugt. Dabei gelten für den Skalierungsfaktor folgende Bedingungen:

- $f_{T40} = 4/5$ für $v = 50$ km/h
- $f_{T40} = 1$ für $v = 0$ km/h
- f_{T40} lineare Funktion von v

insgesamt ergibt sich

$$f_{T40} = 1 - \frac{1}{250}\frac{h}{km} v_{T50} .$$

Mit der Verminderung der Geschwindigkeit verringert sich durch die Skalierung auch die zeitliche Auflösung der Fahrprofile. Durch Interpolation wurde daher die ursprüngliche zeitliche Auflösung von einem Wert pro Sekunde wieder hergestellt.

Analog wurden aus den T50-Fahrten auch synthetische T30-Profile erzeugt. Hier gilt $f_{T30} = 3/5$ für $v = 50$ km/h, damit folgt:

$$f_{T30} = 1 - \frac{1}{125}\frac{h}{km} v_{T50} .$$

Die im Mai 2011 durchgeführten T30-Fahrten (fiktiv) werden in Kapitel 3 (Emissionen) zur Kalibrierung der synthetischen Fahrten herangezogen: Das Verhältnis der auf Basis der synthetischen T30-Fahrprofile berechneten Emissionen zu den auf Basis der (fiktiven) gemessenen T30-Fahrprofile berechneten Emissionen wird als Korrekturfaktor zum Ausgleich der bei der Herunterskalierung implizit enthaltenen Glättung der Fahrprofile bei der Berechnung der E-Faktoren für T40 verwendet.

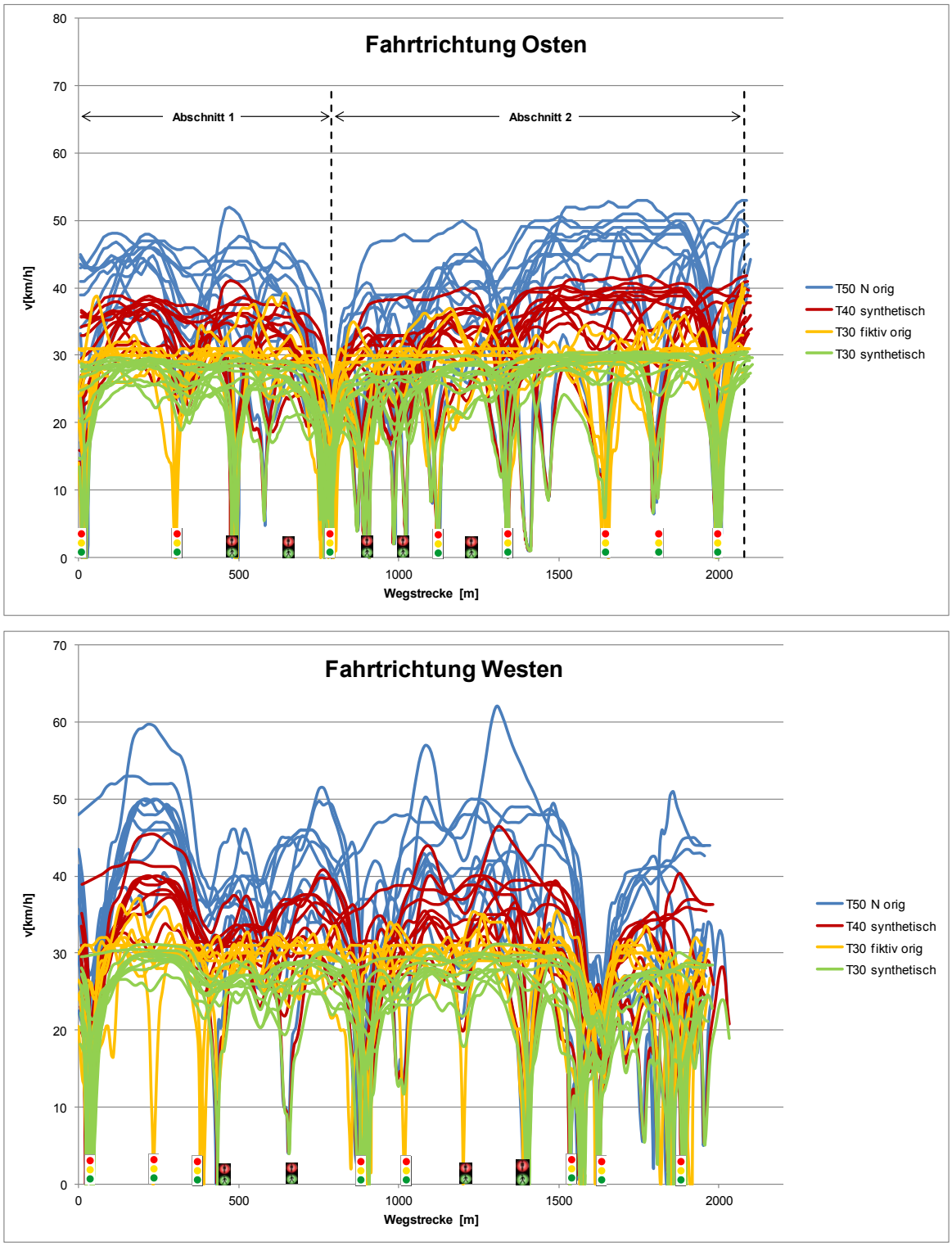

Bild 2.3: Fahrprofile Tübingen: Im Mai 2011 gefahrene „T50-Normalfahrten“ (blaue Linien), daraus synthetisch erzeugte T40- und T30-Profile (rote und grüne Linien) sowie im Mai 2011 (im T50-Umfeld) gefahrene „T30-fiktiv“-Fahrten (gelbe Linien)

In Bild 2.3 sind die gemessenen sowie die synthetisch erzeugten Fahrprofile dargestellt. Es ist jeweils für alle Profile die aktuelle Fahrgeschwindigkeit über die gefahrene Wegstrecke aufgetragen.

Insgesamt ist die Lage vieler Lichtsignalanlagen (LSA) bei den Fahrprofilen in beiden Fahrtrichtungen erkennbar, da an den meisten LSA zumindest bei einigen Fahrten ein Abbremsen auf Stand erfolgte.

In Fahrtrichtung Osten musste an der Kreuzung am Ende von Abschnitt 1 bei nahezu allen Fahrten gehalten werden. Hier mündet die Mühlstraße in die Messstrecke, eine ebenfalls hoch belastete Straße /RAU 2011a/.

Zusätzlich waren bei einigen Fahrten die Fußgängerbedarfsampeln rot, auch dies ist entsprechend durch einen Rückgang der Geschwindigkeit zu erkennen.

2.3 Verkehrliche Grundlagendaten

Die verkehrlichen Grundlagen wurden aus der T30-Untersuchung für Tübingen /RAU 2011b/ übernommen.

Die ermittelten Verkehrsstärken für das Bezugsjahr 2010 sind in Bild 2.4 grafisch im Netzzusammenhang dargestellt. Demnach liegt die jahresmittlere Verkehrsstärke zwischen 6.200 Kfz/24h (letzter Teil der Alternativstrecke in Fahrtrichtung Westen) und 20.800 Kfz/24h (östlicher Teil der Messstrecke). Der Anteil der sNfz (einschließlich Busse) variiert ebenfalls stark zwischen 1 % und 8 %.

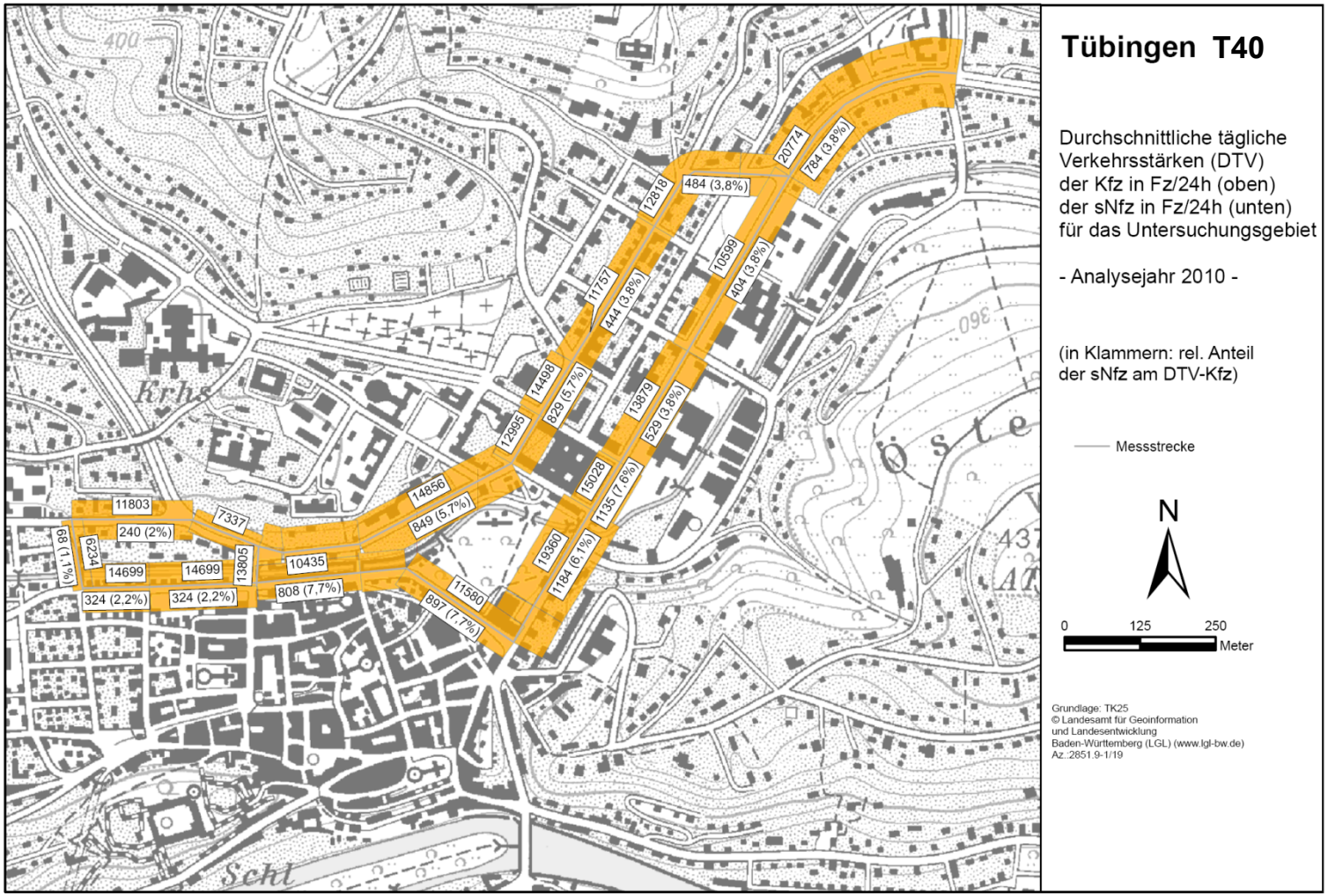

Bild 2.4: Jahresmittlere durchschnittliche Verkehrsstärken (DTV) für Kfz-gesamt und Anteil der sNfz auf den Messstrecken in Tübingen

3 Emissionsberechnung

3.1 Modell PHEM

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

Eingangsdaten der Berechnungen bilden die synthetischen 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 Werte angegeben.

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

3.2 Flottenzusammensetzung

Analog zur T30-Untersuchung in Tübingen /RAU 2011b/ wurden die Emissionen, die als Ergebnis der PHEM-Berechnungen für jedes synthetische Fahrprofil pro Fahrzeugschicht vorliegen, zu mittleren Emissionsfaktoren aggregiert. Zunächst wurde für jede Schicht einzeln über alle Fahrten gemittelt. Im nächsten Schritt wurde, unter Berücksichtigung der Anteile der aktuellen Flottenzusammensetzung für Tübingen, über die Schichtemissionen der Fahrzeuggruppen Pkw, lNfz und sNfz für T50 und T30 gemittelt.

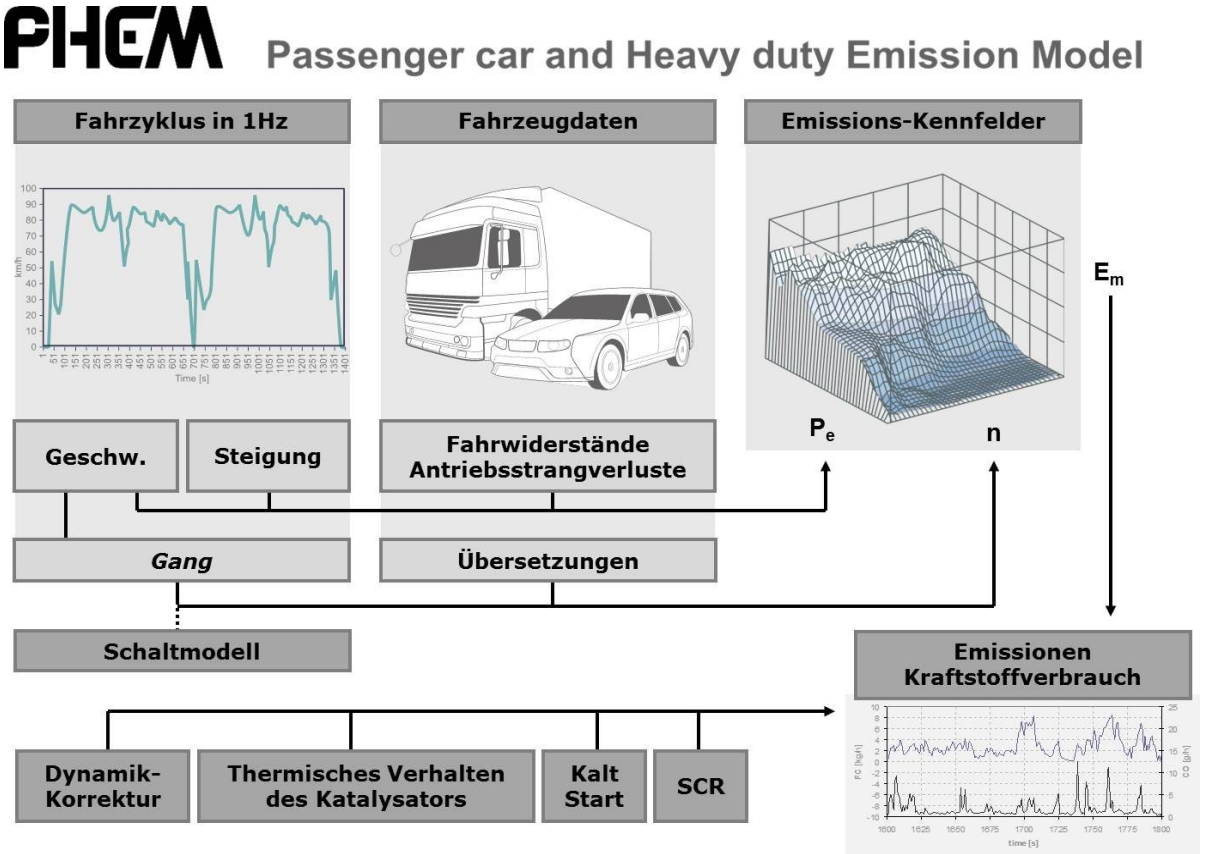

Bild 3.1: Das Modell PHEM zur Erstellung der Basis-Emissionsfaktoren in HBEFA3.1, /TU Graz 2011/

Die Daten zur Flottenzusammensetzung (dynamischer Bestand) basieren auf der Datengrundlage des landesweiten Emissionskatasters Straßenverkehr /AVISO 2009/, die pro Zulassungsbezirk und Bezugsjahr Anteilsverteilungen zum dynamischen Bestand enthält. Für Tübingen 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.

Die Flotte der sNfz wird weniger stark vom regionalen Bestand bestimmt. Daher wurde für die sNfz die aktuelle bundesmittlere Flottenzusammensetzung aus HBEFA3.1 verwendet.

In Tab. 3.1 sind die Flottenzusammensetzungen für Pkw, lNfz und sNfz auf Innerortsstraßen für 2010 aufgeführt.

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

Pkw		INfz		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%

3.3 Emissionsfaktoren NO_X und PM10-Abgas

Analog zur T30-Auswertung der Messfahrten in Tübingen /RAU 2011b/ können auf Basis der synthetischen Fahrprofile für alle drei Fahrzeuggruppen mittlere „warme“ T40-Emissionsfaktoren für NO_X und PM10-Abgas auf den Messstrecken abgeleitet werden. Damit die Ergebnisse direkt verglichen werden können, werden wie in der T30-Auswertung in Fahrtrichtung Osten zwei Unterabschnitte und in Fahrtrichtung Westen die Gesamtstrecke betrachtet (s. Bild 2.1).

In Bild 3.2 sind die so gebildeten Emissionsfaktoren für Pkw, INfz und sNfz für NO_X und PM10 für die Gesamtstrecken vergleichend für die T50-Normalfahrten (Mai 2011), die daraus erzeugten synthetischen T40- und T30-Fahrten sowie für die fiktiven T30-Fahrten (Mai 2011) in beiden Fahrtrichtungen dargestellt.

Die T50-Normalfahrten sowie die daraus erzeugten synthetischen T40- und T30-Fahrten enthalten per Konstruktion exakt gleich viele und gleichartige Störungen, die fiktiven T30-Fahrten wurden entsprechend ausgewählt.

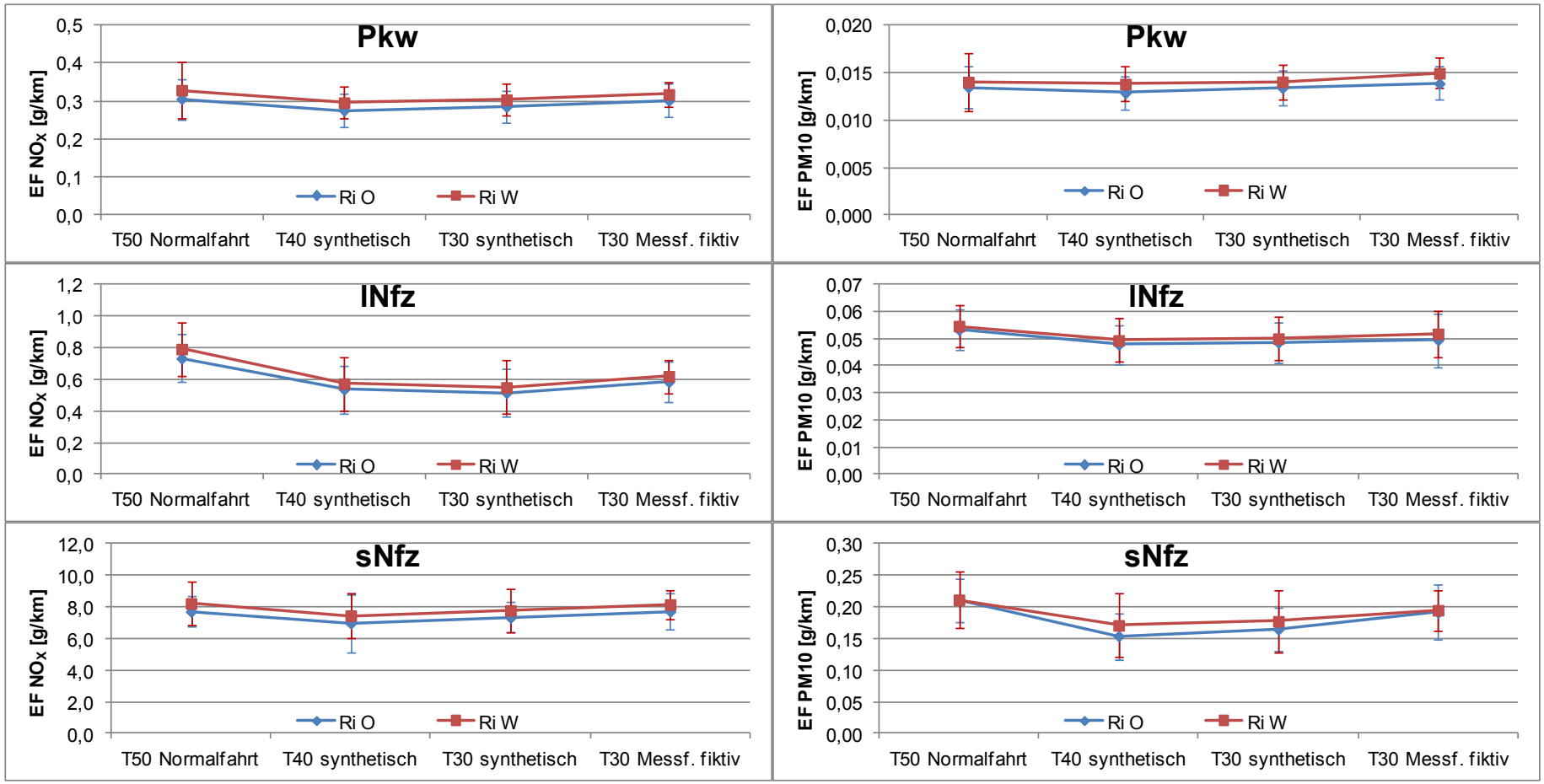

*Bild 3.2: Vergleich gemessene und synthetische Fahrprofile: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für **NO_X** und **PM10** für die Messstrecken in Tübingen, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen*

In Bild 3.2 ist zu erkennen, dass die Emissionsfaktoren beim Übergang von T50 (Normalfahrt) zu T40 (synthetisch) in allen Fällen abnehmen. Für T30 (synthetisch) liegen die Emissionsfaktoren meist (mit Ausnahme der lNfz) wieder etwas höher. Für eine Geschwindigkeitsbegrenzung auf 40 km/h ergibt sich daraus tendenziell ein Minimum bei den Emissionsfaktoren.

Der Vergleich T30 (synthetisch) mit T30 (gemessen, fiktiv) zeigt auch, dass die auf Basis der synthetischen Fahrkurven berechneten Emissionsfaktoren unterhalb der auf Basis der tatsächlich gefahrenen Emissionsfaktoren liegen. Der Grund dafür ist die bereits oben erwähnte mit der Skalierung verbundene Dämpfung der Fahrkurven.

Zur Kalibrierung an den realen Messfahrten werden daher die Emissionsfaktoren T40 mit dem Verhältnis $EF_{T30,\ fiktiv}/EF_{T30,\ synth.}$ korrigiert. Die im Folgenden verwendeten kalibrierten Emissionsfaktoren T40 sind somit geringfügig höher als die in Bild 3.2 dargestellten noch nicht korrigierten Faktoren.

Die so gebildeten Emissionsfaktoren für NO_X und PM10-Abgas für die Fahrzeuggruppen Pkw, lNfz und sNfz sind gemittelt über die in Bild 2.1 eingetragenen Teilabschnitte in Tab. 3.2 und Tab. 3.3 getrennt nach Fahrtrichtungen dargestellt. Ebenfalls angegeben sind die Standardabweichungen aus der Mittelung über die Fahrten jeweils als Absolutwert und als relativer Anteil. Im unteren Teil der Tabellen ist jeweils die Veränderung von T40 gegenüber T30 angegeben. Abweichungen in den prozentualen Veränderungen ergeben sich aufgrund von Rundungen in der Darstellung.

*Tab. 3.2: Mittlere („warme") Emissionsfaktoren für **NO_X** für die Messstrecken in Tübingen, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der synthetischen Fahrprofile T40 (kalibriert) sowie der gemessenen Fahrprofile T30 (fiktiv)*

Efaktor NO_X	Pkw			INFz			sNFz		
[g/km]	MW	stddev abs.	stddev rel.	MW	stddev abs.	stddev rel.	MW	stddev abs.	stddev rel.
T40 synthetisch, kalibriert									
gesamt Ri Ost	**0.2918**	**0.0428**	**15%**	**0.6087**	**0.1301**	**21%**	**7.330**	**2.151**	**29%**
Abschnitt 1	0.2964	0.1354	46%	0.5733	0.3366	59%	6.956	5.010	72%
Abschnitt 2	0.2921	0.1123	38%	0.6344	0.5175	82%	7.569	4.460	59%
gesamt Ri West	**0.3101**	**0.0338**	**11%**	**0.6469**	**0.1058**	**16%**	**7.797**	**0.939**	**12%**
T30 Messfahrt fiktiv									
gesamt Ri Ost	**0.3015**	**0.0424**	**14%**	**0.5830**	**0.1279**	**22%**	**7.650**	**1.118**	**15%**
Abschnitt 1	0.3011	0.0920	31%	0.5931	0.2541	43%	7.414	3.018	41%
Abschnitt 2	0.3061	0.0694	23%	0.5625	0.1902	34%	7.607	2.080	27%
gesamt Ri West	**0.3218**	**0.0338**	**10%**	**0.6200**	**0.1058**	**17%**	**8.146**	**0.939**	**12%**
T30 -> T40									
gesamt Ri Ost	**-3.2%**			**4.4%**			**-4.2%**		
Abschnitt 1	-1.6%			-3.3%			-6.2%		
Abschnitt 2	-4.6%			12.8%			-0.5%		
gesamt Ri West	**-3.6%**			**4.3%**			**-4.3%**		

*Tab. 3.3: Mittlere („warme") Emissionsfaktoren für **PM10** für die Messstrecken in Tübingen, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der synthetischen Fahrprofile T40 (kalibriert) sowie der gemessenen Fahrprofile T30 (fiktiv)*

EfaktorPM10	Pkw			INFz			sNFz		
[g/km]	MW	stddev abs.	stddev rel.	MW	stddev abs.	stddev rel.	MW	stddev abs.	stddev rel.
T40 synthetisch, kalibriert									
gesamt Ri Ost	**0.0133**	**0.0018**	**13%**	**0.0487**	**0.0099**	**20%**	**0.1789**	**0.0461**	**26%**
Abschnitt 1	0.0147	0.0071	49%	0.0464	0.0114	25%	0.1792	0.1260	70%
Abschnitt 2	0.0135	0.0058	43%	0.0506	0.0145	29%	0.1841	0.1099	60%
gesamt Ri West	**0.0147**	**0.0016**	**11%**	**0.0511**	**0.0086**	**17%**	**0.1876**	**0.0318**	**17%**
T30 Messfahrt fiktiv									
gesamt Ri Ost	**0.0146**	**0.0018**	**13%**	**0.0495**	**0.0098**	**20%**	**0.1935**	**0.0431**	**22%**
Abschnitt 1	0.0144	0.0037	26%	0.0509	0.0186	37%	0.1950	0.0919	47%
Abschnitt 2	0.0146	0.0030	21%	0.0477	0.0130	27%	0.1888	0.0595	32%
gesamt Ri West	**0.0150**	**0.0016**	**11%**	**0.0518**	**0.0086**	**17%**	**0.2154**	**0.0352**	**16%**
T30 -> T40									
gesamt Ri Ost	**-8.5%**			**-1.7%**			**-7.6%**		
Abschnitt 1	1.6%			-8.9%			-8.1%		
Abschnitt 2	-7.7%			6.1%			-2.5%		
gesamt Ri West	**-2.3%**			**-1.3%**			**-12.9%**		

Bei NO_X ergeben sich für Pkw und sNfz durch T40 (kalibrierte Emissionsfaktoren auf Basis der synthetischen Fahrprofile) im Vergleich zu T30 Einsparungen, die auf der Gesamtstrecke zwischen -3% und -4% liegen. Für die lNfz ergeben sich auf der Gesamtstrecke hingegen Zunahmen von ca. 4%.

Bei PM10 ergeben sich durch T40 im Vergleich zu T30 auf der Gesamtstrecke für alle Fahrzeugarten Abnahmen. Diese liegen für die Pkw zwischen -2% (Ri West) und -9% (Ri Ost), für die lNfz zwischen -1% (Ri West) und -2% (Ri Ost) und für die sNfz zwischen -8% (Ri Ost) und -13% (Ri West).

3.4 Jahresemissionen

Über den durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV, s. Bild 2.4) können jahresmittlere Emissionsdichten berechnet werden. Dazu tragen neben den warmen Abgas-Emissionen auch Kaltstartzuschläge sowie Aufwirbelung und Abrieb bei. Diese wurden aus der T30-Untersuchung für Tübingen /RAU 2011b/ übernommen. Dabei wurde angenommen, dass Kaltstartzuschläge sowie Aufwirbelung und Abrieb für T30 und T40 nicht unterscheiden.

In Tab. 3.4 sind die durch T40 gegenüber T30 erreichbaren Emissionsminderungen für NO_X und PM10 auf den untersuchten Strecken ausgewiesen (jeweils angenommener Befolgungsgrad für T40 und T30: 100%).

Tab. 3.4: Wirkung einer Einführung von T40 gegenüber T30 auf die Jahresemissionen (NO_X und PM10 inklusive Kaltstartzuschlägen sowie Aufwirbelung und Abrieb) für die Messstrecken in Tübingen, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der synthetischen T40- sowie der gemessenen T30-Fahrprofile (fiktiv), jeweils angenommener Befolgungsgrad T30 und T40: 100 %

jährliche Gesamtemissionen	**NO_X**	**PM10 (gesamt)**
	Änderung T40 gegenüber T30	
gesamt Ri O	**-3,5%**	**-1,2%**
Abschnitt 1	-4,3%	-0,9%
Abschnitt 2	-1,9%	-1,3%
gesamt Ri W	**-3,7%**	**-1,7%**

Es ergeben sich durch T40 gegenüber T30 für NO_X Emissionsminderungen von -3,5% (Ri Osten) bzw. -3,7% (Ri Westen) und für PM10 Minderungen von -1,2% (Ri Osten) bzw. -1,7% (Ri Westen).

In Fahrtrichtung Osten zeigt die Bildung von Unterabschnitten, dass die Abnahmen NO_X-Emissionen vornehmlich auf Abschnitt 1 zurückzuführen sind (-4,3 %), während die Minderung auf Abschnitt 2 mit -1,9% geringer ausfällt. Bei PM10 ergibt sich auf Abschnitt 1 eine Minderung von -0,9% und auf Abschnitt 2 eine Minderung von -1,3%.

Diese Aussagen gelten unter der Annahme eines Befolgungsgrades von 100%.

3.5 Diskussion der Ergebnisse für T40

Die Auswertung im vorherigen Abschnitt zeigt, dass die Emissionen sowohl für NO_X wie auch für PM10 bei T40 gegenüber T30 und gegenüber T50 ein Minimum aufweisen. Bei dieser Auswertung wurde ein Befolgungsgrad von jeweils 100% sowohl für T30 wie auch für T40 angenommen.

Am 30. Januar 2013 wurden von AVISO einzelne (aufgrund der geringen Anzahl nicht repräsentative) Fahrten auf der Messstrecke in Tübingen (Mitschwimmen im Verkehr) durchgeführt mit dem Ziel, den tatsächlichen Verkehrsfluss nach der Einführung von T30 einschätzen zu können. Diese Fahrprofile sind beispielhaft für die Fahrtrichtung Osten in Bild 3.3 im Vergleich mit den synthetischen T40-Profilen dargestellt.

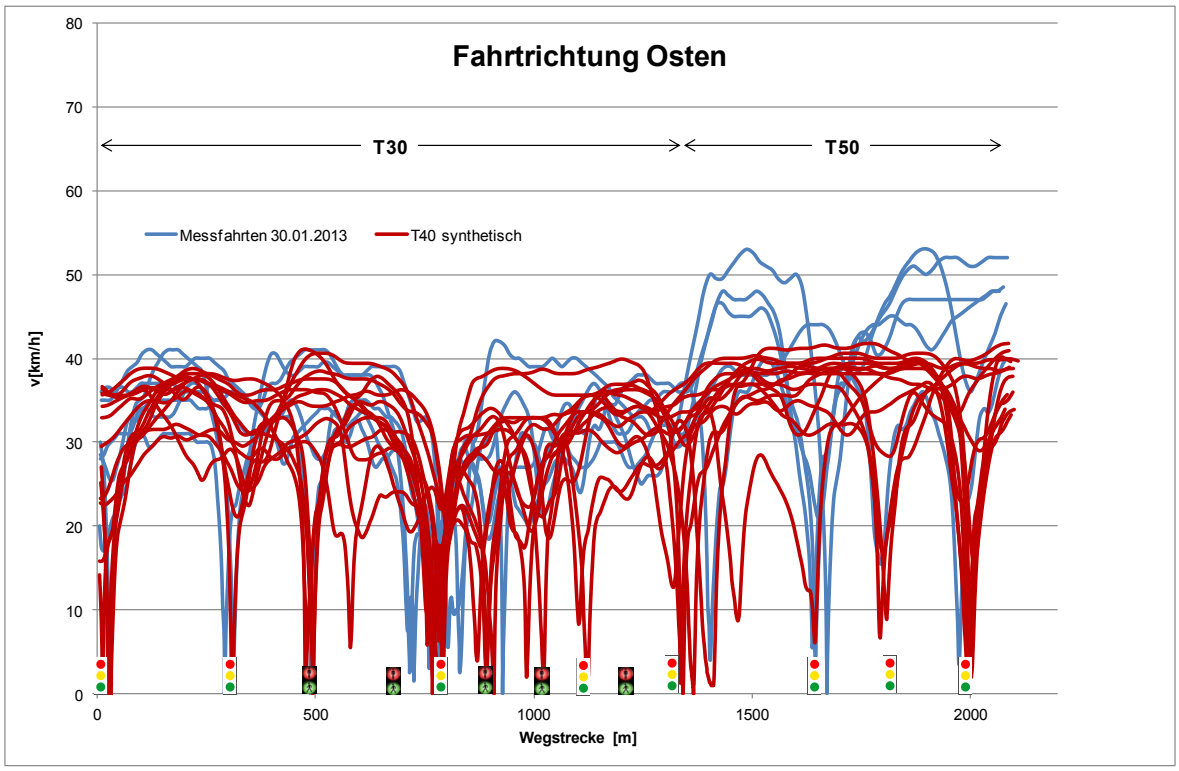

Bild 3.3: Fahrprofile Tübingen: Im Januar 2013 gefahrene „Normalfahrten“ (erste 1300m T30, dann T50, blaue Linien) sowie synthetisch erzeugte T40-Profile (rote Linien)

Auf den ersten 1300 m, wo zum Zeitpunkt dieser Fahrten eine Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h galt, entsprechen die Messfahrten in Verlauf und auftretenden Geschwindigkeiten den synthetischen T40-Fahrten. Tatsächlich wird der Vorteil durch eine Zielgeschwindigkeit von 40 km/h also durch die bestehende T30-Regelung bereits erreicht, da die Geschwindigkeiten zwar gegenüber T50 reduziert sind, aber T30 nicht ganz eingehalten wird. Diese bzgl. der tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeit gemachten Beobachtungen gelten in gleicher Weise auch für die Fahrtrichtung West.

Eine Änderung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h auf 40 km/h sollte daher nur durchgeführt werden, wenn zusätzliche Maßnahmen die Einhaltung dieser Geschwindigkeitsbegrenzung sicherstellen können, denn bei Geschwindigkeiten über 40 km/h werden die Vorteile bezüglich einer Emissionsreduktion sinken (vgl. Bild 3.2).

3.6 Auswirkung auf die Immissionsbelastung

Im Rahmen der Untersuchungen zu T30 /Rau 2011b/ wurden mit dem Screening-Modell ISIS für einzelne Straßenabschnitte der Messstrecke die NO_2-und PM10-Jahresmittelwerte ermittelt. Gegenüber T30 ändern sich bei T40 die NOx- bzw. die PM10-Emissionen auf den untersuchten Messstrecken wie in Tab. 3.4 angegeben. Während emissionsseitig insgesamt 3 Abschnitte (2 Abschnitte nach Osten, 1 Abschnitt nach Westen) betrachtet wurden, wurde immissionsseitig kleinräumiger differenziert, da sich die Immissionskonzentrationen bei gleich bleibenden Emissionen in Abhängigkeit von der Bebauungsstruktur, der Straßenausrichtung und der Straßengeometrie ändern.

Die für die einzelnen untersuchten Straßenabschnitte für T40 ermittelten NO_2- und PM10-Jahresmittelwerte sind in Tab. 3.5 im Vergleich zu T30 zusammengestellt. Eine Karte mit der Zuordnung der ID-Nummern zu den einzelnen Straßenabschnitten ist in Bild 3.4 gegeben.

Tab. 3.5: Ergebnis der Screening-Berechnungen für Hauptstraßen im Tübinger Stadtgebiet für die Maßnahme T40. NO_2- und PM10-Jahresmittelwerte für T40 im Vergleich zu T30

Name Straßenabschnitt	ID	Tempo 30		Tempo 40	
		NO_2 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	NO_2 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]
Am Stadtgraben	15	38,7	21,4	38,1	21,3
Am Stadtgraben	16	56,8	26,2	55,6	26,1
Am Stadtgraben	58	62,3	26,3	60,9	26,3
Belthlestraße	17	33,9	21,6	33,6	21,5
Haußerstraße	54	42,8	23,8	42,2	23,8
Herrenberger Straße	20	39,5	23,0	39,0	23,0
Herrenberger Straße	21	32,5	20,8	32,3	20,7
Rümelinstraße/Schmiedtorstraße	22	40,2	22,4	39,6	22,3
Hölderlinstraße	23	34,3	21,4	34,0	21,3
Hölderlinstraße	51	44,7	24,4	44,0	24,3
Hölderlinstraße	60	40,6	22,3	40,0	22,3
Kelternstraße	24	50,0	26,2	49,1	26,1
Kelternstraße	42	34,8	21,6	34,3	21,6
Rümelinstraße	25	43,7	23,3	43,1	23,2
Rümelinstraße	26	64,5	28,9	63,2	28,7
Rümelinstraße	27	33,4	21,8	33,1	21,8
Wilhelmstraße	32	54,9	26,1	54,4	26,0
Wilhelmstraße	33	31,5	20,8	31,4	20,7
Wilhelmstraße	41	64,6	28,8	64,0	28,7
Wilhelmstraße	53	28,3	19,8	28,3	19,8
Wilhelmstraße	56	30,7	20,4	30,6	20,4
Wilhelmstraße	59	52,4	25,6	51,9	25,5

Die Ergebnisse in Tab. 3.5 zeigen eine Abnahme der NO_2-Jahresmittelwerte bei T40 auf allen untersuchten Straßenabschnitten um maximal 1,4 µg/m³ gegenüber T30. Lediglich für Straßenabschnitt ID 53 (Wilhelmstraße) bleibt der NO_2-Jahresmittelwert unverändert. Für ID 22 führt die Maßnahme T40 gegenüber T30 zu einer Einhaltung des NO_2-Grenzwertes. Ansonsten führt die Maßnahme T40 auf keinem der untersuchten Streckenabschnitte, bei denen bei T30 der Grenzwert bereits überschritten wurde, zu einer Unterschreitung des NO_2-Grenzwertes.

Die PM10-Jahresmittelwerte bei T40 bleiben auf einigen Straßenabschnitten gegenüber T30 unverändert und nehmen ansonsten um maximal 0,2 µg/m³ gegenüber T30 ab. Bei PM10 wird der Immissionswert für das Jahresmittel sowohl bei T30 als auch T40 deutlich unterschritten. Die Maßnahme Tempo 40 bringt für die Fälle, in denen für den Maßnahmenfall T30 eine Über- oder Unterschreitung des Kurzzeitwertes möglich ist, keine Verschlechterung, aber auch keine Verbesserung in Richtung "sichere Einhaltung des Kurzzeitwertes".

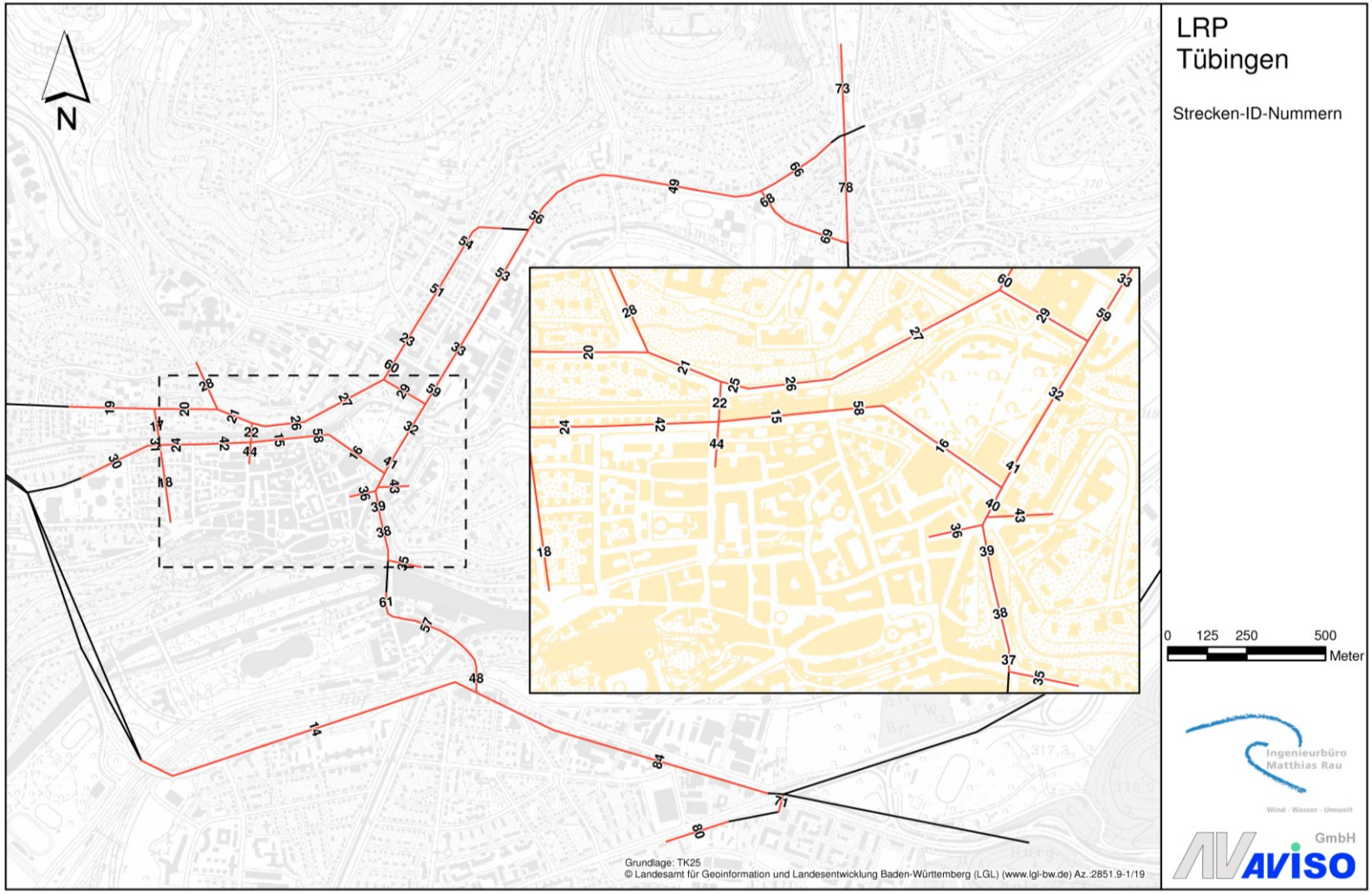

Bild 3.4: Strecken-ID Hauptstraßenabschnitte

4 Zusammenfassung

Zur Ermittlung der Auswirkungen eines Tempolimits von 30 km/h entlang des Einbahnstraßensystems in Tübingen auf die Luftqualität wurden am 23. und 24.05.2011 in Tübingen mit einem Pkw Messfahrten mit Tempo 50 und „Tempo 30 fiktiv“ entlang dieser Messstrecke durchgeführt. Zusätzlich wurde die Strecke mit Video und Digitalkamera erfasst und dokumentiert.

Seit November 2012 gilt in Fahrtrichtung Osten von der Westbahnhofstraße (Höhe Aischbachstraße) über die Kelternstraße bis zur Wilhelmstraße (Höhe Keplerstraße) und in Fahrtrichtung Westen auf der gesamten Messstrecke die Geschwindigkeitsbeschränkung von 30 km/h. Die Progressionsgeschwindigkeiten der koordinierten Lichtsignalanlagen (LSA) wurden entsprechend angepasst.

Ziel des vorliegenden Gutachtens ist es, die emissions- und immissionsseitige Wirkung für eine Geschwindigkeitsbeschränkung auf 40 km/h (T40) zu ermitteln. Da die Wirkung von T40 wegen der bereits erfolgten Einführung von T30 nicht mehr durch Messfahrten bestimmt werden kann, wurden daher aus den Fahrprofilen der vor der Einführung von T30 durchgeführten „fiktiven“ T30-Fahrten und T50-Normalfahrten synthetisch T40-Fahrprofile erzeugt.

Basierend auf den synthetischen Fahrprofilen T40 wurden analog zur Auswertung der fiktiven T30-Fahrten und T50-Normalfahrten mit dem Modell PHEM der TU Graz die Abgasemissionen für diese Fahrprofile berechnet. Darauf aufbauend wurden unter Berücksichtigung des lokalen dynamischen Bestands und der Verkehrsstärken „warme“ Emissionsfaktoren sowie jährliche Emissionen für NO_X und PM10 berechnet.

Es ergeben sich bei einem jeweils angenommenen Befolgungsgrad von 100 % in beiden Fahrtrichtungen für NO_X bei T40 Emissionsminderungen von unter vier Prozent und für PM10 etwas geringere Minderungen von unter zwei Prozent.

Die immissionsseitigen Auswirkungen von T40 wurden kleinräumig für alle Streckenabschnitte des Tübinger Innenstadtbereiches, die innerhalb der realisierten T30-Messstrecke liegen und im Rahmen der bereits durchgeführten Maßnahmenuntersuchungen /Rau 2011b/ definiert wurden, ermittelt. Es zeigen sich bei den NO_2- und PM10-Jahresmittelwerten bei T40 Minderungen um maximal 1,4 µg/m³ bzw. 0,2 µg/m^3 gegenüber T30.

Heilbronn, 16.05.2013

Literaturverzeichnis

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

Hausberger 2010
User Guide for the Model PHEM, Luz R.; Hausberger S., IVT Uni Graz, 2010

HBEFA3.1 2010
www.hbefa.net

TU Graz 2011
persönliche Email von Herrn Raphael Luz, Übersichtsgrafik PHEM

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

RAU 2011b
Bestimmung der emissionsseitigen Auswirkungen von Tempo 30 auf einem Straßenabschnitt im Innenstadtbereich von Tübingen im Rahmen der Fortschreibung der Luftreinhaltepläne des Regierungspräsidiums Tübingen – Teilplan Tübingen. Im Auftrag des Regierungspräsidiums Tübingen.