

# Bericht

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

hier: Pleidelsheim Tempo 30

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

hier: Pleidelsheim, Tempo 30

## Abschlussbericht August 2011

(rps2010t30)

### Bearbeitung:

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

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

Immissionsberechnungen: Ingenieurbüro Rau  
Dipl.-Ing. Matthias Rau

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

Aachen. August 2011

Im Auftrag des Regierungspräsidium Stuttgart Abteilung Umwelt, Baden-Württemberg

AVISO GmbH

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

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



# Inhaltsverzeichnis

|  |     |
|--|-----|
| Inhaltsverzeichnis.....  | I   |
| Abbildungsverzeichnis.....   | III |
| Tabellenverzeichnis.....   | V   |
| 1 Einleitung .....   | 1   |
| 2 Messfahrten .....  | 2   |
| 2.1 Die Messstrecke .....  | 2   |
| 2.2 Auswertung der Fahrten .....   | 4   |
| 2.3 Verkehrliche Grundlagedaten .....                                      | 9   |
| 2.4 Auswertung der dynamischen Fahrtparameter.....                         | 11  |
| 3 Emissionsberechnung.....   | 15  |
| 3.1 Modell PHEM.....   | 15  |
| 3.2 Mittlere Ganglinien der Emissionsfaktoren .....                        | 15  |
| 3.3 Emissionsfaktoren NO <sub>x</sub> und PM10-Abgas .....                 | 22  |
| 3.4 Gegenüberstellung der Emissionsfaktoren zu HBEFA3.1 .....              | 27  |
| 3.5 Jahresemissionen .....   | 29  |
| 4 Weitere Maßnahmen zur Verstetigung des Verkehrs .....                    | 34  |
| 4.1 Maximales Potential für eine Verkehrsverflüssigung .....               | 34  |
| 4.2 Auswirkungen eines Abschaltens der Fußgängerbedarfs-LSA .....          | 36  |
| 4.3 Wirkungen von Linksabbiegeverboten in Nebenstraßen .....               | 37  |
| 5 Grundlagen der Immissionsberechnung .....                                | 39  |
| 5.1 Einleitung .....   | 39  |
| 5.2 Das Screeningmodell.....   | 39  |
| 5.3 Festlegung der Bebauungsstrukturen.....                                | 40  |
| 5.4 Möglichkeiten und Grenzen des Screening-Modells.....                   | 41  |
| 6 Berechnung statistischer Kenngrößen der Immissions-Gesamtbelastung ..... | 43  |
| 6.1 Ermittlung der Jahresmittelwerte .....                                 | 43  |
| 6.1.1 Windstatistik.....   | 43  |
| 6.1.2 Hintergrundbelastung .....   | 44  |
| 6.1.3 Bestimmung der Gesamtbelastung .....                                 | 45  |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 6.1.4 | Beurteilungsgrundlage.....                               | 45 |
| 6.1.5 | Berechnung von Kurzzeitwerten der Gesamtbelastung .....  | 46 |
| 7     | Ergebnisse und Bewertung der Immissionsberechnungen..... | 48 |
| 8     | Zusammenfassung.....                                     | 53 |
|       | Literaturverzeichnis .....                               | 55 |

## Abbildungsverzeichnis

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Bild 2.1: | Lage der Messstrecken entlang der Ortsdurchfahrten Pleidelsheim.....  | 2  |
| Bild 2.2: | Fotos entlang der Messstrecken, Lage: siehe Übersichtskarte in Bild 2.1 .....   | 3  |
| Bild 2.3: | Fahrprofile der Messfahrten in Fahrtrichtung <b>Osten</b> : T50-Normalfahrt (blaue Linien) und T30-fiktiv (rote Linien), oben: Normalfahrten, unten: Lkw-Verfolgungsfahrten   | 5  |
| Bild 2.4: | Fahrprofile der Messfahrten in Fahrtrichtung <b>Westen</b> : T50-Normalfahrt (blaue Linien) und T30-fiktiv (rote Linien), oben: Normalfahrten, unten: Lkw-Verfolgungsfahrten  | 6  |
| Bild 2.5: | Fahrprofile der Messfahrten in Fahrtrichtung <b>Norden</b> : T50-Normalfahrt (blaue Linien) und T30-fiktiv (rote Linien), oben: Normalfahrten, unten: Lkw-Verfolgungsfahrten  | 7  |
| Bild 2.6: | Fahrprofile der Messfahrten in Fahrtrichtung <b>Süden</b> : T50-Normalfahrt (blaue Linien) und T30-fiktiv (rote Linien), oben: Normalfahrten, unten: Lkw-Verfolgungsfahrten   | 8  |
| Bild 2.7: | Jahresmittlere durchschnittliche Verkehrsstärken (DTV) für Kfz-gesamt und die schweren Nutzfahrzeuge (sNfz) auf den Messstrecken in Pleidelsheim, Analyse 2010 unter Berücksichtigung des geplanten Lkw-Durchfahrtsverbots .....  | 10 |
| Bild 3.1: | Das Modell PHEM zur Erstellung der Basis-Emissionsfaktoren in HBEFA3.1, Quelle: TU Graz, 2010 .....   | 16 |
| Bild 3.2: | Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO <sub>x</sub> - und PM10-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für <b>Pkw in Richtung Osten</b> ; die PM10-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht .      | 18 |
| Bild 3.3: | Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO <sub>x</sub> - und PM10-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für <b>sNfz in Richtung Osten</b> ; die PM10-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht .     | 18 |
| Bild 3.4: | Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO <sub>x</sub> - und PM10-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für <b>Pkw in Richtung Westen</b> ; die PM10-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht.....  | 19 |
| Bild 3.5: | Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO <sub>x</sub> - und PM10-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für <b>sNfz in Richtung Westen</b> ; die PM10-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht..... | 19 |
| Bild 3.6: | Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO <sub>x</sub> - und PM10-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für <b>Pkw in Richtung</b>  |    |

|  |    |
|--|----|
| <b>Norden</b> ; die PM10-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht.....   | 20 |
| Bild 3.7: Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO <sub>x</sub> - und PM10-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für <b>sNFz in Richtung Norden</b> ; die PM10-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht.....  | 20 |
| Bild 3.8: Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO <sub>x</sub> - und PM10-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für <b>Pkw in Richtung Süden</b> ; die PM10-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht .   | 21 |
| Bild 3.9: Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO <sub>x</sub> - und PM10-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für <b>sNFz in Richtung Süden</b> ; die PM10-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht.....   | 21 |
| Bild 3.10: Vergleich der warmen NO <sub>x</sub> -Emissionsfaktoren für die Verkehrssituation „Distributor 50 km/h“ mit unterschiedlichen Störungsgraden für 0% Steigung aus HBEFA3.1 mit den mittleren („warmen“) Emissionsfaktoren abgeleitet aus den Messfahrten für Pkw und sNfz für die Ortsdurchfahrten in Pleidelsheim ..... | 28 |
| Bild 3.11: Vergleich der warmen PM10-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 Ortsdurchfahrten in Pleidelsheim .....             | 28 |
| Bild 3.12: Jahresemission (oben: NO <sub>x</sub> , unten: PM10 (gesamt)) unter Berücksichtigung von Kaltstarts sowie Aufwirbelung und Abrieb für die Ortsdurchfahrten Pleidelsheim, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (angenommener Befolgungsgrad: 100%) .....              | 33 |
| Bild 4.1: Exemplarische Darstellung der „Verflüssigung“ der Fahrprofile und der Auswirkungen auf die NO <sub>x</sub> - Emissionsfaktoren .....   | 35 |
| Bild 6.1: Die für die Immissionsbestimmung gewählte Häufigkeitsverteilung (% der Jahresstunden) der Windrichtungen (°) im Raum Pleidelsheim; Basis: Windmessdaten der LUBW-Station Ludwigsburg.....  | 44 |
| Bild 7.1: Zusammenstellung der für die betrachteten Straßenabschnitte und Szenarien berechneten maximal zu erwartenden Jahresmittelwerte für NO <sub>2</sub> in µg/m <sup>3</sup> sowie Änderungen gegenüber dem Basisfall T50 in [%].....   | 50 |
| Bild 7.2: Zusammenstellung der für die betrachteten Straßenabschnitte und Szenarien berechneten maximal zu erwartenden Jahresmittelwerte für PM10 in µg/m <sup>3</sup> sowie Änderungen gegenüber dem Basisfall T50 in [%].....  | 51 |

## Tabellenverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Tab. 2.1: Beschreibung der Teilabschnitte der Ortsdurchfahrten.....  | 3  |
| Tab. 2.2: Anzahl der durchgeführten Messfahrten nach Art und Richtung.....   | 4  |
| Tab. 2.3: Jahresmittlere durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) und zugehörige Anteile der Fahrzeugarten.....  | 10 |
| Tab. 2.4: Mittlere Reisegeschwindigkeit und RPA pro Fahrtengruppe für die T50-Normalfahrten und T30-Fahrten (Gesamtstrecke und Teilabschnitte Richtung <b>Osten</b> ) .  | 12 |
| Tab. 2.5: Mittlere Reisegeschwindigkeit und RPA pro Fahrtengruppe für die T50-Normalfahrten und T30-Fahrten (Gesamtstrecke und Teilabschnitte Richtung <b>Westen</b> )   | 12 |
| Tab. 2.6: Mittlere Reisegeschwindigkeit und RPA pro Fahrtengruppe für die T50-Normalfahrten und T30-Fahrten (Gesamtstrecke und Teilabschnitte Richtung <b>Norden</b> )   | 13 |
| Tab. 2.7: Mittlere Reisegeschwindigkeit und RPA pro Fahrtengruppe für die T50-Normalfahrten und T30-Fahrten (Gesamtstrecke und Teilabschnitte Richtung <b>Süden</b> )  | 13 |
| Tab. 3.1: Flottenzusammensetzung auf Innerortsstraßen für Pleidelsheim für die Fahrzeuggruppen Pkw, INfz und sNfz im Bezugsjahr 2010.....  | 17 |
| Tab. 3.2: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für <b>NO<sub>x</sub></b> in Fahrtrichtung <b>Osten</b> , abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 1 bis 3 nach Tab. 2.1) .....           | 23 |
| Tab. 3.3: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für <b>NO<sub>x</sub></b> in Fahrtrichtung <b>Westen</b> , abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 1 bis 3 nach Tab. 2.1) .....          | 23 |
| Tab. 3.4: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für <b>NO<sub>x</sub></b> in Fahrtrichtung <b>Norden</b> , abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 4 bis 5 nach Tab. 2.1) .....          | 24 |
| Tab. 3.5: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für <b>NO<sub>x</sub></b> in Fahrtrichtung <b>Süden</b> , abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 4 bis 5 nach Tab. 2.1) .....           | 24 |
| Tab. 3.6: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für <b>PM<sub>10</sub></b> (Abgas) in Fahrtrichtung <b>Osten</b> , abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 1 bis 3 nach Tab. 2.1) .....  | 25 |
| Tab. 3.7: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für <b>PM<sub>10</sub></b> (Abgas) in Fahrtrichtung <b>Westen</b> , abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 1 bis 3 nach Tab. 2.1) ..... | 25 |

|   |    |
|---|----|
| Tab. 3.8: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für <b>PM10</b> (Abgas) in Fahrtrichtung <b>Norden</b> , abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 4 bis 5 nach Tab. 2.1) .....   | 26 |
| Tab. 3.9: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für <b>PM10</b> (Abgas) in Fahrtrichtung <b>Süden</b> , abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 4 bis 5 nach Tab. 2.1) .....  | 26 |
| Tab. 3.10: „Warme“ Abgas-Emissionen (NO <sub>x</sub> und PM10, Abgas) für die Ortsdurchfahrten Pleidelsheim, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 1 bis 5 nach Tab. 2.1).....   | 30 |
| Tab. 3.11: Zusammensetzung der Jahresemissionen (NO <sub>x</sub> und PM10) für die Ortsdurchfahrt Pleidelsheim, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile .....   | 31 |
| Tab. 3.12: Jahresemissionen (NO <sub>x</sub> und PM10 inklusive Kaltstartzuschlägen sowie Aufwirbelung und Abrieb), richtungsgetreunt für die Teilstrecken der Ortsdurchfahrten Pleidelsheim, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (angenommener Befolgungsgrad: 100%, Abschnitt 1 bis 5 nach Tab. 2.1)..... | 32 |
| Tab. 4.1: <b>Maximale Verkehrsverflüssigung:</b> Jährliche NO <sub>x</sub> - und PM10 (gesamt)-Emissionen für die originalen T50-Fahrprofile sowie für „verflüssigte“ Fahrprofile ohne eliminierbare Störungen (Abschnitt 1 bis 5 nach Tab. 2.1). .....   | 36 |
| Tab. 4.2: <b>Verkehrsverflüssigung durch Abschalten der Bedarfs-LSA:</b> Jährliche NO <sub>x</sub> - und PM10 (gesamt)- Emissionen für die originalen T50-Fahrprofile sowie für Profile ohne Halte an Fußgängerbedarfs-LSA (Abschnitt 1 bis 5 nach Tab. 2.1) .....  | 37 |
| Tab. 4.3: RPA und mittlere Geschwindigkeit $v_m$ der simulierten Fahrprofile auf den Messstrecken, jeweils T50 Normalfahrt und T50 mit Unterdrückung der Linksabbieger ohne eigene Abbiegespur in Nebenstraßen (Abschnitt 1 bis 5 nach Tab. 2.1).....   | 38 |
| Tab. 6.1: Lufthygienische Grenzwerte der EU-Richtlinie (39. BImSchV) für die verkehrsrelevanten Luftschadstoffe NO <sub>2</sub> und PM10 .....  | 46 |
| Tab.7.1: Zusammenstellung der für die betrachteten Straßenabschnitte und Szenarien berechneten maximal zu erwartenden Jahresmittelwerte für NO <sub>2</sub> und PM10 in µg/m <sup>3</sup> sowie Änderungen gegenüber dem Basisfall T50.....   | 48 |



# 1 Einleitung

Für die Ortsdurchfahrten in Pleidelsheim (West-Ost-Richtung: L 1125: Hauptstraße, Beihinger Straße, Schillerplatz, Marbacher Straße, sowie Nord-Süd-Richtung: L 1129: Beihinger Straße) wird die Einführung einer Geschwindigkeitsbeschränkung von 30 km/h im Rahmen der Luftreinhalteplanung diskutiert.

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

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

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

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

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

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

## 2 Messfahrten

Am 28.9.2010 wurden in Pleidelsheim 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 Ortsdurchfahrten durchgeführt. Zusätzlich wurden manuelle Kurzzeitmessungen mit Differenzierung nach Fahrzeugarten durchgeführt und die Strecke mit Video und Digitalkamera erfasst und dokumentiert.

### 2.1 Die Messstrecke

Die untersuchte Messstrecke ist in Bild 2.1 dargestellt. Untersucht wurde der Bereich der Ortsdurchfahrten Pleidelsheim in West-Ost-Richtung (L1125: Hauptstraße, Beihinger Straße, Schillerplatz, Marbacher Straße) sowie in Nord-Süd-Richtung (L1129: Beihinger Straße). Es existieren eine voll verkehrsabhängig gesteuerte LSA am Knoten Beihinger Straße / Hauptstraße sowie fünf Fußgängerbedarfs-LSA auf den untersuchten Strecken.

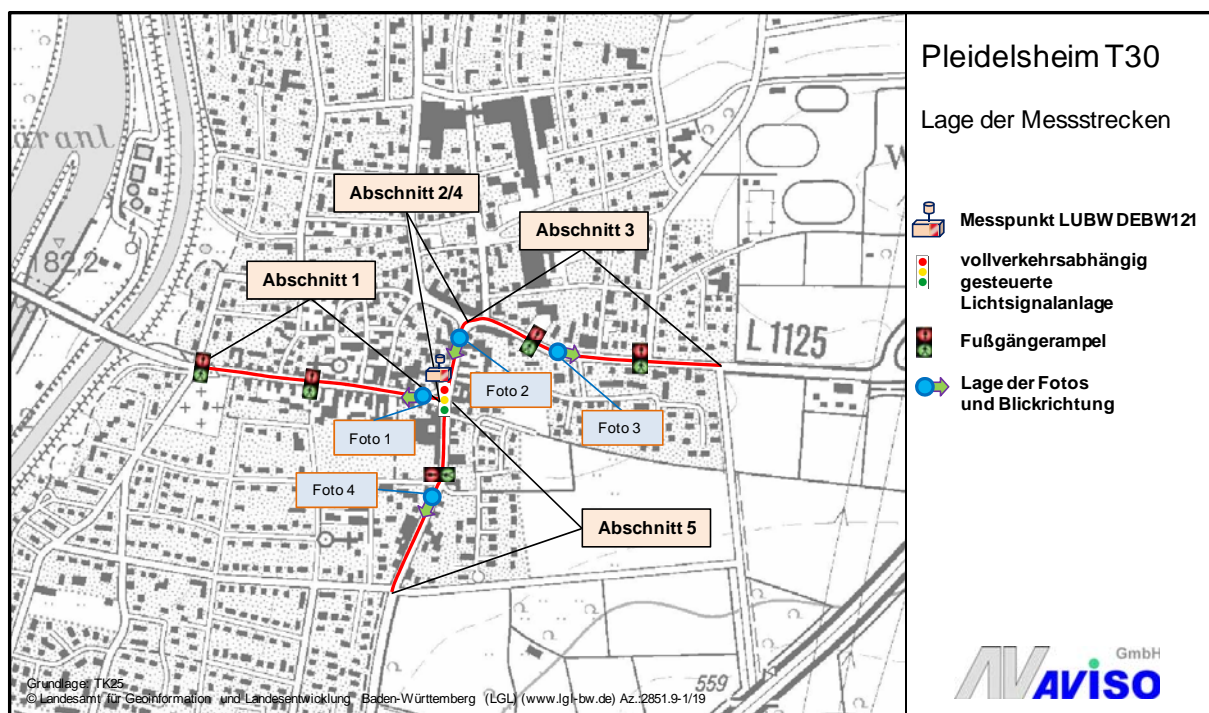


Bild 2.1: Lage der Messstrecken entlang der Ortsdurchfahrten Pleidelsheim

Für die Untersuchungen wurden die gefahrenen Strecken in vier Abschnitte unterteilt. Diese Teilabschnitte sind in Tab. 2.1 kurz beschrieben. Die Strecke verläuft überwiegend eben, auf Abschnitt 2 (auf der Strecke West-Ost) bzw. Abschnitt 4 (auf der Strecke Nord-Süd) überlagern sich die Strecken, hier befindet sich die Messstation für NO<sub>2</sub> und PM<sub>10</sub>. In Bild 2.2 sind Bilder aus den einzelnen Abschnitten dargestellt.

Tab. 2.1: Beschreibung der Teilabschnitte der Ortsdurchfahrten

| ID | Straße  | Abschnitt von        | bis                  |
|----|---|----------------------|----------------------|
| 1  | Hauptstraße   | Kanalstraße          | Beihinger Straße     |
| 2  | Beihinger Straße, Schillerplatz (als Teil der West-Ost-Strecke) | Hauptstraße          | Mundelsheimer Straße |
| 3  | Schillerplatz, Marbacher Straße                                 | Mundelsheimer Straße | Wasenweg             |
| 4  | Beihinger Straße, Schillerplatz (als Teil der Nord-Süd-Strecke) | Hauptstraße          | Mundelsheimer Straße |
| 5  | Beihinger Straße  | Hohenzollernstraße   | Hauptstraße          |

Foto 1



Foto 2



Foto 3



Foto 4



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

## 2.2 Auswertung der Fahrten

Insgesamt wurden 109 Fahrten in allen Tageszeitbereichen zwischen 6 Uhr morgens und 22 Uhr abends mit einem Pkw durchgeführt. Es wurden dabei Pkw-Verfolgungsfahrten, Lkw-Verfolgungsfahrten und T30-Fahrten („fiktiv“) unterschieden. Die Anzahl der Fahrten ist in Tab. 2.2 dargestellt. Bei der Durchführung der Fahrten wurde beachtet, die unterschiedlichen Möglichkeiten der Fahrtenbeziehungen am Anfangs- und Endknotenpunkt ausreichend abzudecken.

Die Daten zu Geschwindigkeit, Drehzahl und Uhrzeit wurden an der OBD2-Schnittstelle am Fahrzeug in hoher zeitlicher Auflösung (0,2 Sec-Takt) abgenommen. Zusätzlich wurden zeit-synchron mit einem GPS-Gerät die Zeit und die Koordinaten der Fahrstrecke erfasst.

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

| Fahrtart                             | Anzahl |
|--------------------------------------|--------|
| Normalfahrt T50 Richtung Osten       | 16     |
| Normalfahrt T50 Richtung Westen      | 16     |
| T30 Richtung Osten                   | 9      |
| T30 Richtung Westen                  | 9      |
| Lkw-Verfolgungsfahrt Richtung Osten  | 5      |
| Lkw-Verfolgungsfahrt Richtung Westen | 7      |
| Normalfahrt T50 Richtung Norden      | 12     |
| Normalfahrt T50 Richtung Süden       | 12     |
| T30 Richtung Norden                  | 5      |
| T30 Richtung Süden                   | 4      |
| Lkw-Verfolgungsfahrt Richtung Norden | 6      |
| Lkw-Verfolgungsfahrt Richtung Süden  | 8      |

In Bild 2.3 bis Bild 2.6 sind die gemessenen Fahrprofile dargestellt. Es ist jeweils für alle Messfahrten die aktuelle Fahrgeschwindigkeit über die gefahrene Wegstrecke aufgetragen.

Insgesamt zeigt sich bei den Fahrprofilen in allen vier Fahrtrichtungen deutlich die Lage der LSA an der Kreuzung am alten Rathaus (Knoten Beihinger Straße / Hauptstraße), da dort bei vielen Fahrten ein Abbremsen auf Stand erfolgte. Zusätzlich waren bei einigen Fahrten die Fußgängerbedarfs-LSA rot, auch dies ist entsprechend durch einen Rückgang der Geschwindigkeit zu erkennen. Die erreichten Höchstgeschwindigkeiten liegen für die Pkw und Lkw bei der Normalfahrt T50 in allen Fahrtrichtungen nur selten über 50 km/h. Die T30-Fahrten sind in den Diagrammen ebenfalls dargestellt (rote Linien) und zeigen insgesamt ein niedrigeres Geschwindigkeitsniveau.

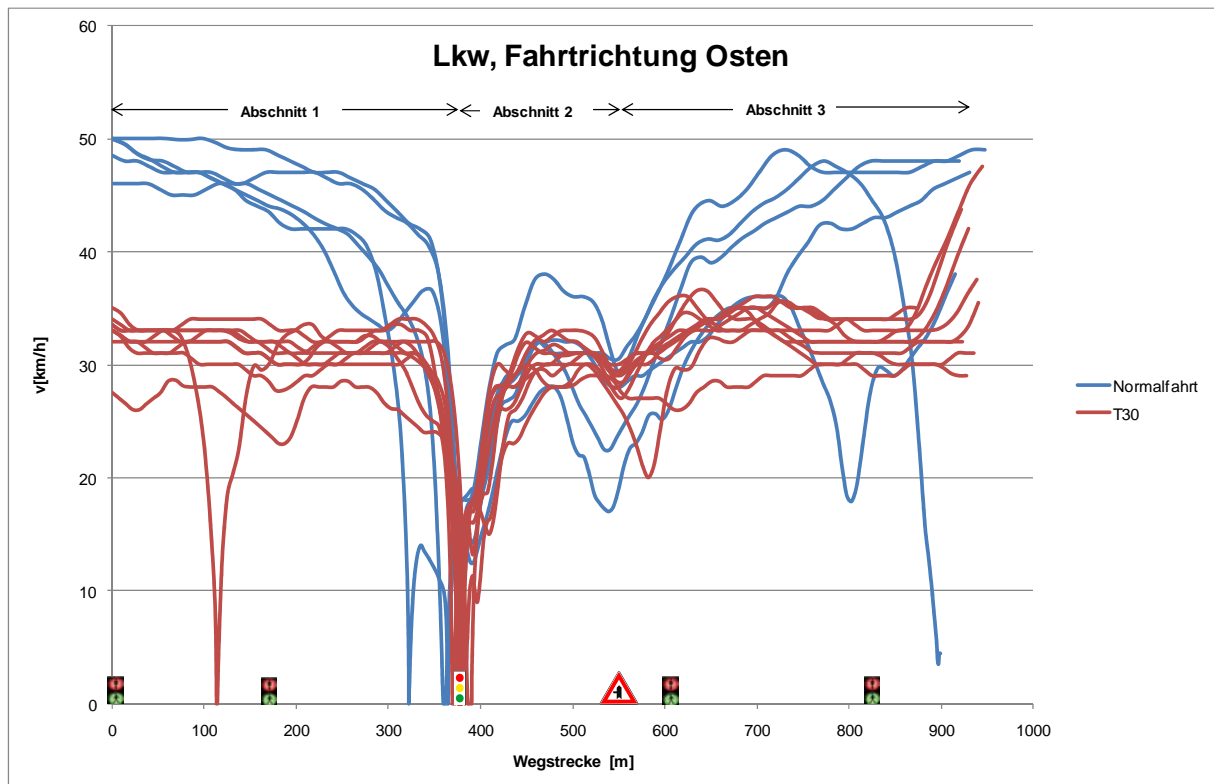
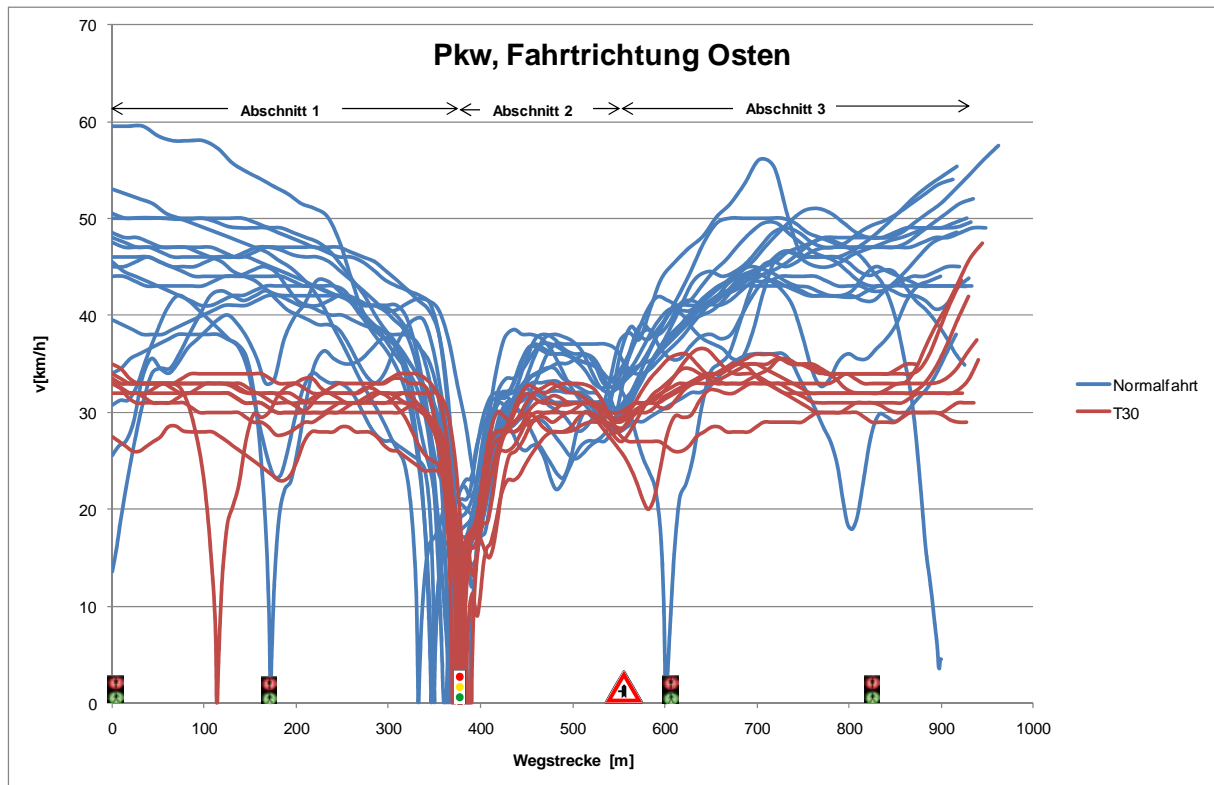


Bild 2.3: Fahrprofile der Messfahrten in Fahrtrichtung **Osten**: T50-Normalfahrt (blaue Linien) und T30-fiktiv (rote Linien), oben: Normalfahrten, unten: Lkw-Verfolgungsfahrten



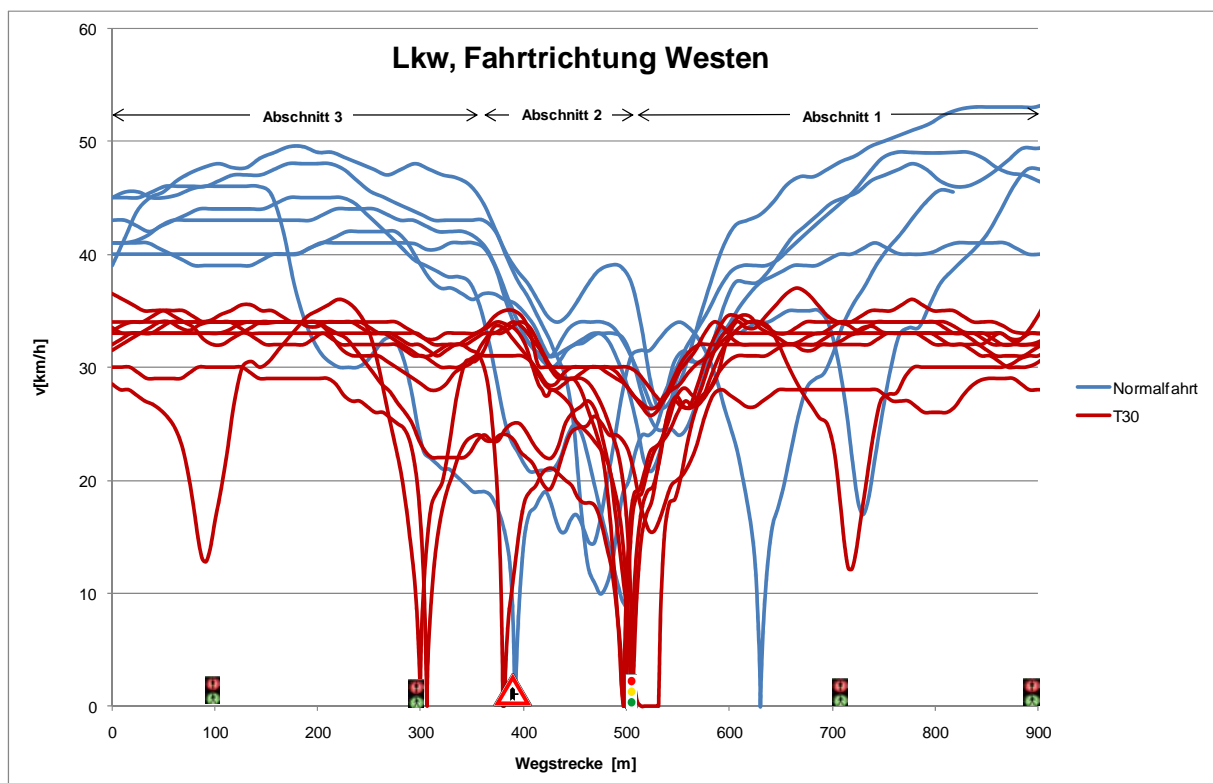
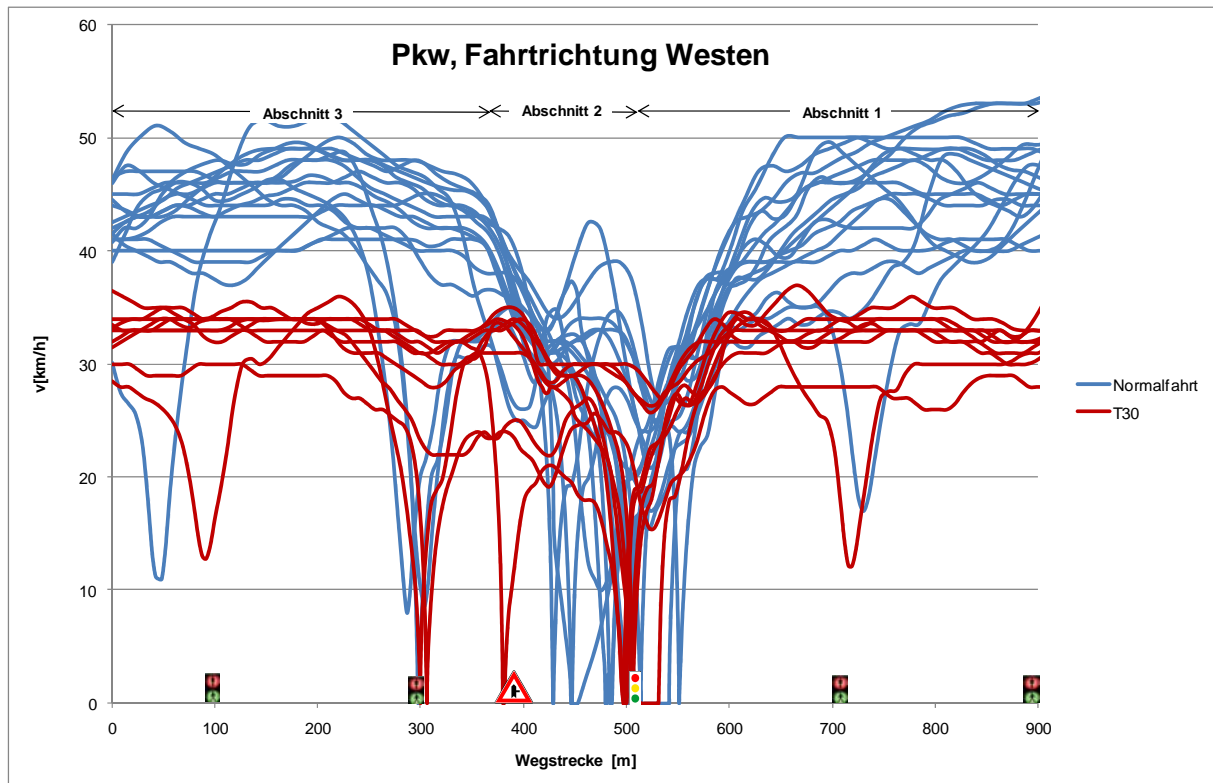


Bild 2.4: Fahrprofile der Messfahrten in Fahrtrichtung **Westen**: T50-Normalfahrt (blaue Linien) und T30-fiktiv (rote Linien), oben: Normalfahrten, unten: Lkw-Verfolgungsfahrten

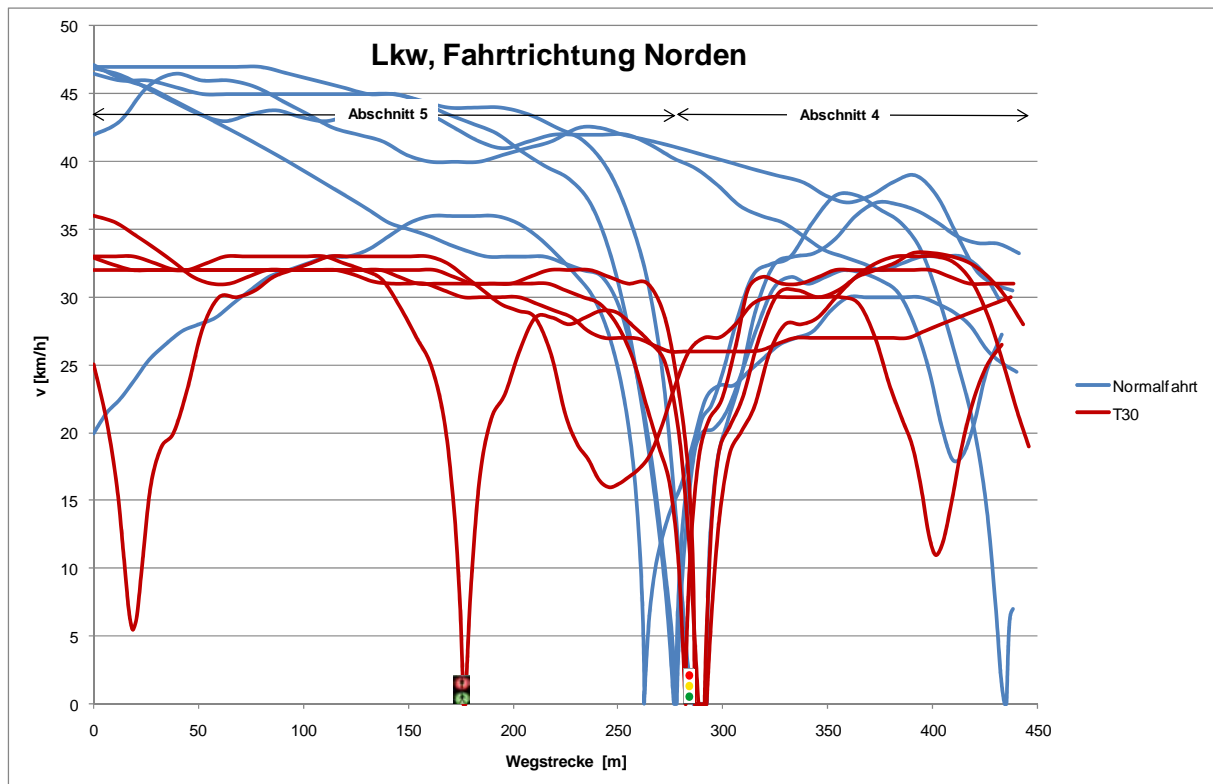
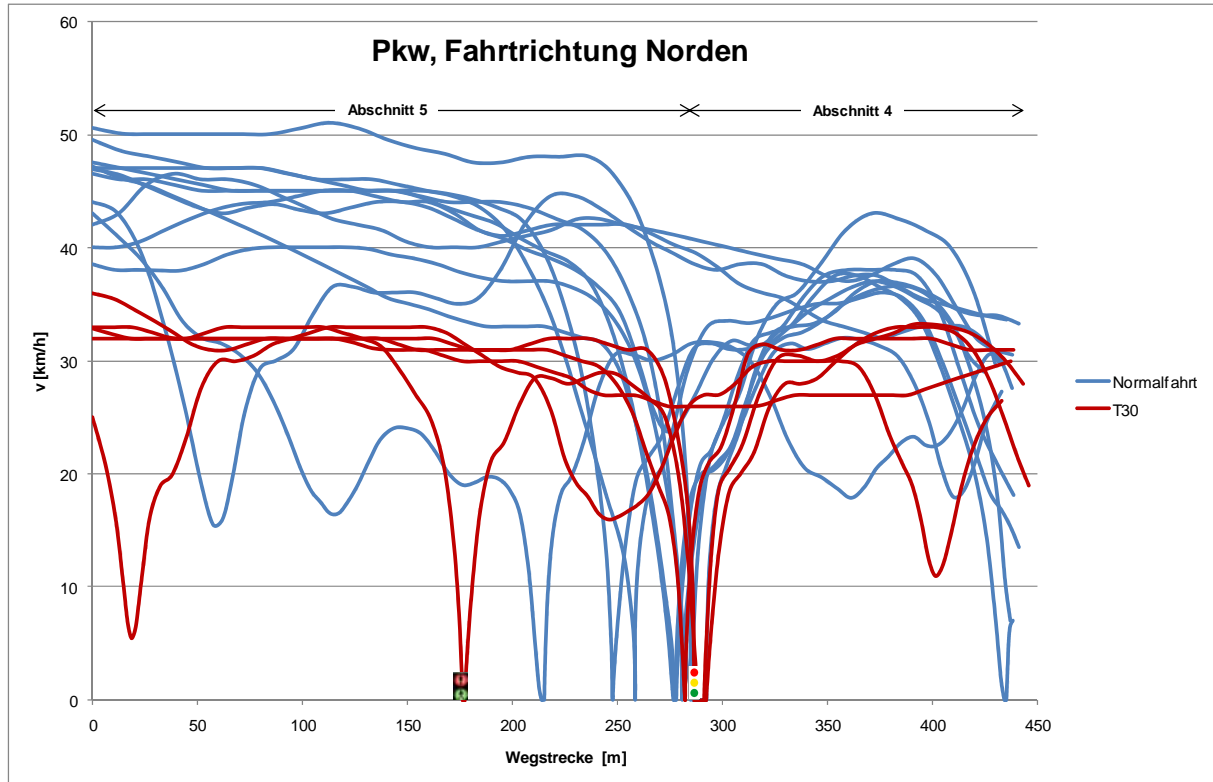


Bild 2.5: Fahrprofile der Messfahrten in Fahrtrichtung **Norden**: T50-Normalfahrt (blaue Linien) und T30-fiktiv (rote Linien), oben: Normalfahrten, unten: Lkw-Verfolgungsfahrten

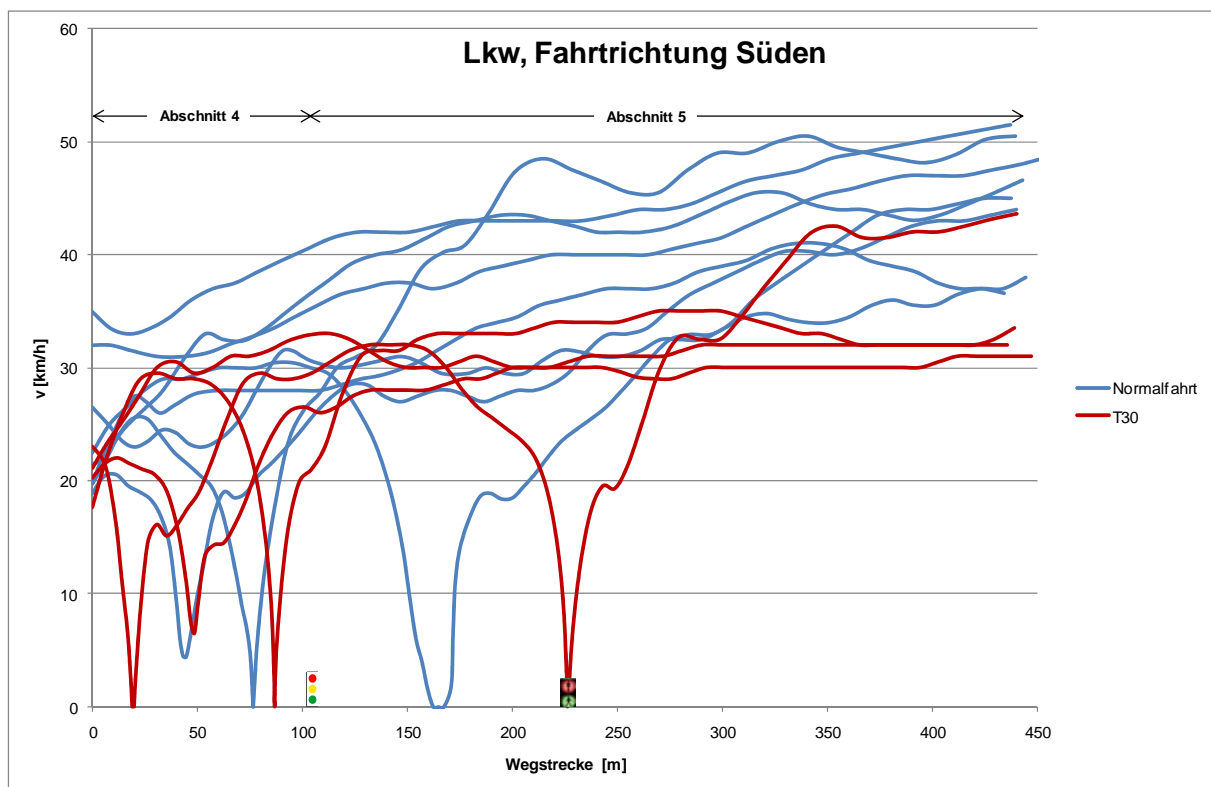
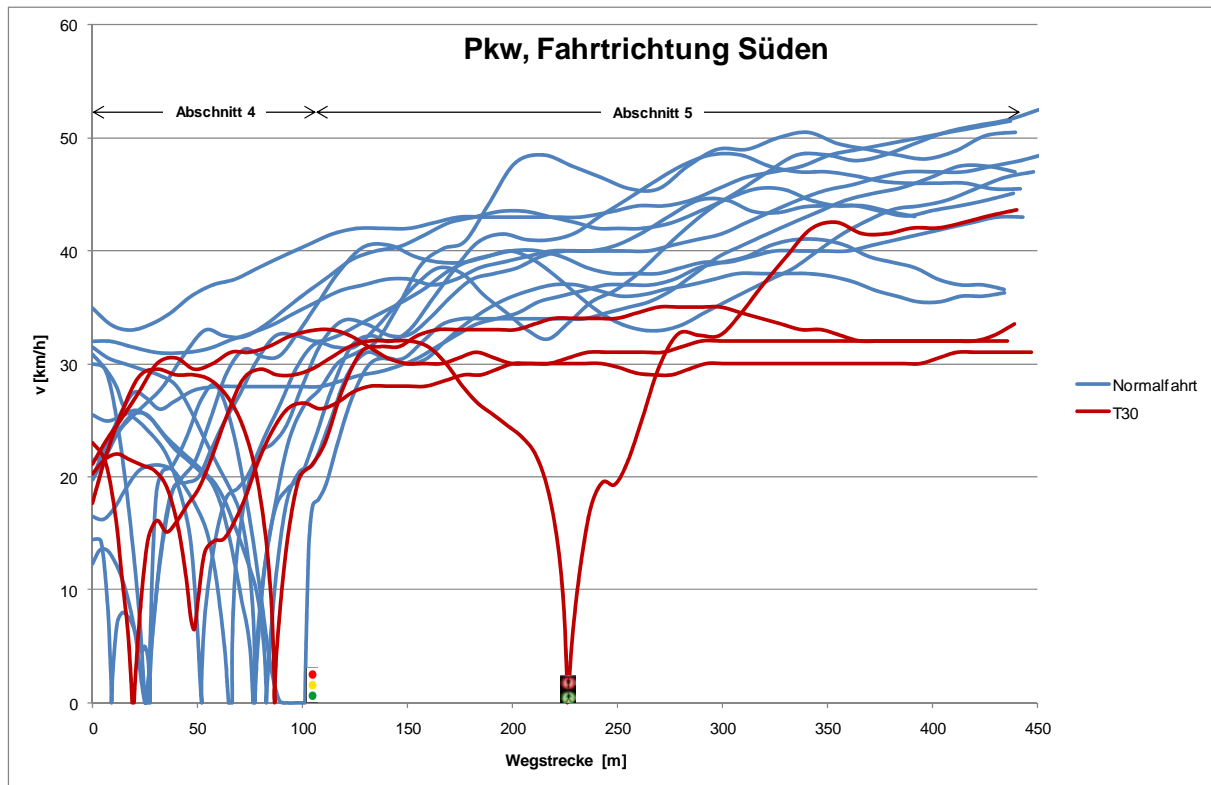


Bild 2.6: Fahrprofile der Messfahrten in Fahrtrichtung **Süden**: T50-Normalfahrt (blaue Linien) und T30-fiktiv (rote Linien), oben: Normalfahrten, unten: Lkw-Verfolgungsfahrten



## 2.3 Verkehrliche Grundlagedaten

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

Die Zählungen wurden durchgeführt:

- in Abschnitt 1 zwischen Pfarrstraße und Römerstraße,
- in Abschnitt 2 (Mitte),
- in Abschnitt 3 in Höhe der Schillerstraße sowie
- in Abschnitt 4 in Höhe der Achalmstraße.

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

- Verkehrsdaten für Pleidelsheim aus dem landesweiten Emissionskataster Baden-Württemberg /AVISO 2009/, differenziert nach den Fahrzeugarten Pkw, leichte Nutzfahrzeuge (INfz), schwere Nutzfahrzeuge (sNfz) und Kräder.
- Messdaten der Dauerzählstelle der LUBW an der Kreuzung am alten Rathaus (Knoten Beihinger Straße / Hauptstraße), Messpunkt Pleidelsheim-L1125
- Verkehrserhebungen vom 26.03.2009 im Rahmen der Erstellung des gemeinsamen Verkehrskonzepts Pleidelsheim – Ingersheim – Freiberg am Neckar – Bietigheim-Bissingen /BS 2010/
- Die Minderungen im Schwerverkehr aufgrund des geplanten Lkw-Durchfahrtsverbots wurden vereinbarungsgemäß aus dem Verkehrsmodell der Uni Stuttgart übernommen.

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

Zum Zeitpunkt der Zählungen war die Anschlussstelle Pleidelsheim der A 81 Richtung Osten gesperrt, was möglicherweise zu einer Erhöhung des Verkehrsaufkommens in Pleidelsheim (Ausweichverkehr) geführt haben kann. Die Daten der Dauerzählstelle Pleidelsheim-L1125 zeigen jedoch keine solche Erhöhung im Zeitraum der Sperrung. Es wurde daher angenommen, dass ein Großteil des Ausweichverkehrs von der Anschlussstelle Pleidelsheim den Ort auf der Querspange Ost umfährt. An den gezählten Verkehrswerten wurde folglich keine Korrektur vorgenommen.

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

| Kfz/ 24h        | Krad        | Pkw             | INfz        | sNfz        | Kfz              |
|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|------------------|
| Abschnitt 1     | 0<br>0,0%   | 7.301<br>94,9%  | 187<br>2,4% | 207<br>2,7% | 7.695<br>100,0%  |
| Abschnitt 2 (4) | 110<br>0,7% | 14.070<br>92,2% | 788<br>5,2% | 284<br>1,9% | 15.252<br>100,0% |
| Abschnitt 3     | 22<br>0,3%  | 7.448<br>93,2%  | 162<br>2,0% | 358<br>4,5% | 7.990<br>100,0%  |
| Abschnitt 5     | 102<br>1,2% | 7.978<br>94,8%  | 248<br>2,9% | 88<br>1,0%  | 8.416<br>100,0%  |

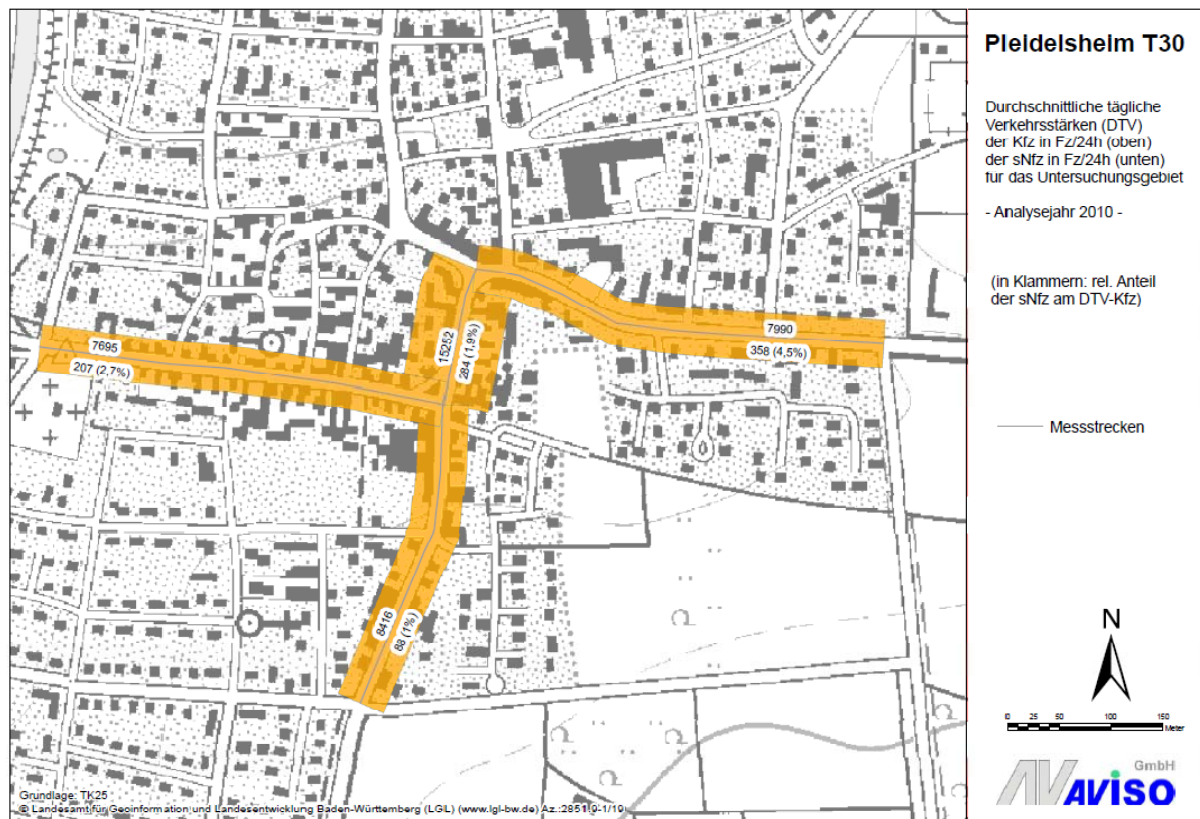


Bild 2.7: Jahresmittlere durchschnittliche Verkehrsstärken (DTV) für Kfz-gesamt und die schweren Nutzfahrzeuge (sNfz) auf den Messstrecken in Pleidelsheim, Analyse 2010 unter Berücksichtigung des geplanten Lkw-Durchfahrtsverbots

In Bild 2.7 sind die jahresmittleren Verkehrsstärken (DTV) für Kfz und schwere Nutzfahrzeuge (sNfz) nochmals grafisch dargestellt. Die Verkehrsstärken liegen in dem betrachteten Gebiet im Bereich von 8.000 – 16.000 Kfz/24h, der Anteil der schweren Nutzfahrzeuge im Mittel zwischen 1% und 5%.

## 2.4 Auswertung der dynamischen Fahrparameter

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:

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

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

Pro Fahrtengruppe (Pkw-Normalfahrt T50, Pkw T30, Lkw-Normalfahrt T50 und Lkw T30) wurden die mittleren Dynamik-Parameter  $v$  (Reisegeschwindigkeit unter Berücksichtigung von Halten und Haltezeiten) und RPA gemittelt über alle Fahrten der jeweiligen Fahrtengruppe berechnet und sind in Tab. 2.4 bis Tab. 2.7 ausgewiesen.

In Fahrtrichtung Osten liegt für die Pkw die mittlere Reisegeschwindigkeit bei 34,1 km/h, in Fahrtrichtung Westen bei 36,4 km/h, in Fahrtrichtung Norden bei 33,6 km/h und in Fahrtrichtung bei 31,8 km/h. Für die Lkw ergeben sich in Ost-West-Richtung etwas kleinere, in Nord-Süd-Richtung etwas größere mittlere Reisegeschwindigkeiten. In allen Fahrtrichtungen und für alle Fahrzeugarten liegen die mittleren Reisegeschwindigkeiten dicht beieinander.

Die Teilabschnitte 2 aus der Strecke in Ost-West-Richtung und 4 aus Strecke in Nord-Süd-Richtung sind identisch. Zusätzlich zum aufgrund der Streuung der Messfahrten vorhandenen Schwankungsbereich gibt es auch Gründe für systematische Abweichungen der Fahrparameter auf diesem Abschnitt: Je nach gefahrener Richtung sind jeweils andere Vorfahrtsbeziehungen und Hauptverkehrsströme relevant. Im Folgenden werden die Teilabschnitte 2 und 4 daher getrennt betrachtet.

Von den Teilabschnitten liegen jeweils für beide Fahrzeugarten und alle Fahrtrichtungen in Teilabschnitt 2 bzw. 4 die niedrigsten mittleren Reisegeschwindigkeiten vor. Dieser Abschnitt ist vergleichsweise kurz und durch die LSA am alten Rathaus charakterisiert. Bei der Mehrzahl der Fahrten musste hier gehalten werden. Außerdem sind hier die Verkehrswerte am höchsten, da sich die L 1125 und die L 1129 überlagern.

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

| Fahrt-<br>parameter | Pkw         |            |                         |              | sNFz        |            |                         |              |
|---------------------|-------------|------------|-------------------------|--------------|-------------|------------|-------------------------|--------------|
|                     | v [km/h]    | stddev v   | RPA [m/s <sup>2</sup> ] | stddev RPA   | v [km/h]    | stddev v   | RPA [m/s <sup>2</sup> ] | stddev RPA   |
| <b>T50 N Ri Ost</b> |             |            |                         |              |             |            |                         |              |
| <b>gesamt</b>       | <b>34,1</b> | <b>8,3</b> | <b>0,145</b>            | <b>0,076</b> | <b>29,4</b> | <b>5,2</b> | <b>0,147</b>            | <b>0,014</b> |
| Abschnitt 1         | 32,1        | 9,5        | 0,066                   | 0,084        | 29,0        | 6,3        | 0,018                   | -0,004       |
| Abschnitt 2         | 28,2        | 4,4        | 0,249                   | 0,136        | 21,8        | 2,7        | 0,424                   | 0,237        |
| Abschnitt 3         | 40,5        | 6,3        | 0,186                   | 0,122        | 36,5        | 6,8        | 0,175                   | 0,082        |
| <b>T30 Ri Ost</b>   |             |            |                         |              |             |            |                         |              |
| <b>gesamt</b>       | <b>26,1</b> | <b>7,9</b> | <b>0,087</b>            | <b>0,056</b> | <b>25,3</b> | <b>3,1</b> | <b>0,132</b>            | <b>0,008</b> |
| Abschnitt 1         | 24,0        | 7,0        | 0,035                   | 0,047        | 24,8        | 3,8        | 0,025                   | 0,002        |
| Abschnitt 2         | 22,8        | 5,4        | 0,283                   | 0,146        | 19,7        | 4,4        | 0,604                   | 0,284        |
| Abschnitt 3         | 31,9        | 4,8        | 0,066                   | 0,054        | 31,7        | 1,7        | 0,066                   | 0,011        |
| <b>Reduktion</b>    |             |            |                         |              |             |            |                         |              |
| <b>gesamt</b>       | <b>-23%</b> |            | <b>-40%</b>             |              | <b>-14%</b> |            | <b>-10%</b>             |              |
| Abschnitt 1         | -25%        |            | -47%                    |              | -15%        |            | 36%                     |              |
| Abschnitt 2         | -19%        |            | 14%                     |              | -10%        |            | 42%                     |              |
| Abschnitt 3         | -21%        |            | -64%                    |              | -13%        |            | -62%                    |              |

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

| Fahrt-<br>parameter  | Pkw         |            |                         |              | sNFz        |            |                         |              |
|----------------------|-------------|------------|-------------------------|--------------|-------------|------------|-------------------------|--------------|
|                      | v [km/h]    | stddev v   | RPA [m/s <sup>2</sup> ] | stddev RPA   | v [km/h]    | stddev v   | RPA [m/s <sup>2</sup> ] | stddev RPA   |
| <b>T50 N Ri West</b> |             |            |                         |              |             |            |                         |              |
| <b>gesamt</b>        | <b>36,4</b> | <b>4,2</b> | <b>0,143</b>            | <b>0,035</b> | <b>35,5</b> | <b>4,6</b> | <b>0,118</b>            | <b>0,019</b> |
| Abschnitt 1          | 38,1        | 3,8        | 0,210                   | 0,095        | 34,9        | 5,4        | 0,204                   | 0,093        |
| Abschnitt 2          | 26,3        | 7,9        | 0,160                   | 0,216        | 27,4        | 8,5        | 0,116                   | 0,137        |
| Abschnitt 3          | 42,6        | 4,3        | 0,068                   | 0,034        | 41,6        | 3,8        | 0,034                   | 0,009        |
| <b>T30 Ri West</b>   |             |            |                         |              |             |            |                         |              |
| <b>gesamt</b>        | <b>29,2</b> | <b>1,4</b> | <b>0,051</b>            | <b>0,022</b> | <b>31,4</b> | <b>5,2</b> | <b>0,051</b>            | <b>0,023</b> |
| Abschnitt 1          | 30,8        | 0,8        | 0,080                   | 0,043        | 31,7        | 3,8        | 0,084                   | 0,056        |
| Abschnitt 2          | 23,5        | 7,3        | 0,034                   | 0,096        | 27,6        | 8,1        | 0,020                   | 0,073        |
| Abschnitt 3          | 31,2        | 2,2        | 0,008                   | 0,005        | 32,9        | 4,5        | 0,029                   | 0,027        |
| <b>Reduktion</b>     |             |            |                         |              |             |            |                         |              |
| <b>gesamt</b>        | <b>-20%</b> |            | <b>-64%</b>             |              | <b>-12%</b> |            | <b>-57%</b>             |              |
| Abschnitt 1          | -19%        |            | -62%                    |              | -9%         |            | -59%                    |              |
| Abschnitt 2          | -11%        |            | -79%                    |              | 1%          |            | -83%                    |              |
| Abschnitt 3          | -27%        |            | -89%                    |              | -21%        |            | -14%                    |              |

Tab. 2.6: Mittlere Reisegeschwindigkeit und RPA pro Fahrtengruppe für die T50-Normalfahrten und T30-Fahrten (Gesamtstrecke und Teilabschnitte Richtung **Norden**)

| Fahrt-<br>parameter  | Pkw         |            |                         |              | sNFz        |             |                         |              |
|----------------------|-------------|------------|-------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------------------|--------------|
|                      | v [km/h]    | stddev v   | RPA [m/s <sup>2</sup> ] | stddev RPA   | v [km/h]    | stddev v    | RPA [m/s <sup>2</sup> ] | stddev RPA   |
| <b>T50 N Ri Nord</b> |             |            |                         |              |             |             |                         |              |
| <b>gesamt</b>        | <b>33,6</b> | <b>7,9</b> | <b>0,153</b>            | <b>0,047</b> | <b>34,5</b> | <b>10,7</b> | <b>0,111</b>            | <b>0,052</b> |
| Abschnitt 4          | 29,3        | 7,7        | 0,299                   | 0,245        | 29,9        | 11,4        | 0,266                   | 0,297        |
| Abschnitt 5          | 37,1        | 8,5        | 0,069                   | 0,016        | 39,2        | 8,2         | 0,023                   | -0,040       |
| <b>T30 Ri Nord</b>   |             |            |                         |              |             |             |                         |              |
| <b>gesamt</b>        | <b>26,5</b> | <b>5,8</b> | <b>0,146</b>            | <b>0,073</b> | <b>27,1</b> | <b>5,8</b>  | <b>0,092</b>            | <b>0,073</b> |
| Abschnitt 4          | 23,8        | 6,7        | 0,324                   | 0,238        | 23,9        | 7,2         | 0,245                   | 0,270        |
| Abschnitt 5          | 29,3        | 4,6        | 0,044                   | 0,024        | 30,6        | 2,9         | 0,005                   | -0,022       |
| <b>Reduktion</b>     |             |            |                         |              |             |             |                         |              |
| <b>gesamt</b>        | <b>-21%</b> |            | <b>-4%</b>              |              | <b>-21%</b> |             | <b>-17%</b>             |              |
| Abschnitt 4          | -19%        |            | 8%                      |              | -20%        |             | -8%                     |              |
| Abschnitt 5          | -21%        |            | -36%                    |              | -22%        |             | -80%                    |              |

Tab. 2.7: Mittlere Reisegeschwindigkeit und RPA pro Fahrtengruppe für die T50-Normalfahrten und T30-Fahrten (Gesamtstrecke und Teilabschnitte Richtung **Süden**)

| Fahrt-<br>parameter | Pkw         |            |                         |              | sNFz        |            |                         |              |
|---------------------|-------------|------------|-------------------------|--------------|-------------|------------|-------------------------|--------------|
|                     | v [km/h]    | stddev v   | RPA [m/s <sup>2</sup> ] | stddev RPA   | v [km/h]    | stddev v   | RPA [m/s <sup>2</sup> ] | stddev RPA   |
| <b>T50 N Ri Süd</b> |             |            |                         |              |             |            |                         |              |
| <b>gesamt</b>       | <b>31,8</b> | <b>9,0</b> | <b>0,264</b>            | <b>0,056</b> | <b>35,1</b> | <b>6,4</b> | <b>0,175</b>            | <b>0,057</b> |
| Abschnitt 4         | 25,3        | 10,6       | 0,469                   | 0,309        | 28,7        | 7,2        | 0,230                   | 0,153        |
| Abschnitt 5         | 41,7        | 5,3        | 0,147                   | -0,004       | 40,7        | 5,7        | 0,144                   | 0,048        |
| <b>T30 Ri Süd</b>   |             |            |                         |              |             |            |                         |              |
| <b>gesamt</b>       | <b>28,1</b> | <b>5,8</b> | <b>0,138</b>            | <b>0,091</b> | <b>30,0</b> | <b>5,8</b> | <b>0,090</b>            | <b>0,091</b> |
| Abschnitt 4         | 24,7        | 7,2        | 0,330                   | 0,271        | 28,2        | 6,7        | 0,201                   | 0,172        |
| Abschnitt 5         | 31,5        | 4,6        | 0,028                   | 0,042        | 31,4        | 3,4        | 0,026                   | 0,036        |
| <b>Reduktion</b>    |             |            |                         |              |             |            |                         |              |
| <b>gesamt</b>       | <b>-12%</b> |            | <b>-48%</b>             |              | <b>-15%</b> |            | <b>-49%</b>             |              |
| Abschnitt 4         | -2%         |            | -30%                    |              | -2%         |            | -13%                    |              |
| Abschnitt 5         | -24%        |            | -81%                    |              | -23%        |            | -82%                    |              |

Es zeigen sich für alle Fahrtrichtungen und Fahrzeugarten beim Vergleich T30 zu T50-Normalfahrt Reduktionen der mittleren Fahrgeschwindigkeit, die für die Gesamtstrecke zwischen -12% und -23% liegen.

Auch der Dynamik-Parameter RPA zeigt in Pleidelsheim auf den Gesamtstrecken überall Abnahmen zwischen -4% und -64%. Auf den Einzelstrecken ist die Tendenz uneinheitlich, sowohl Abnahmen wie auch Zunahmen treten auf.

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

## **3 Emissionsberechnung**

### **3.1 Modell PHEM**

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

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

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

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

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

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



# PHEM Passenger car and Heavy duty Emission Model

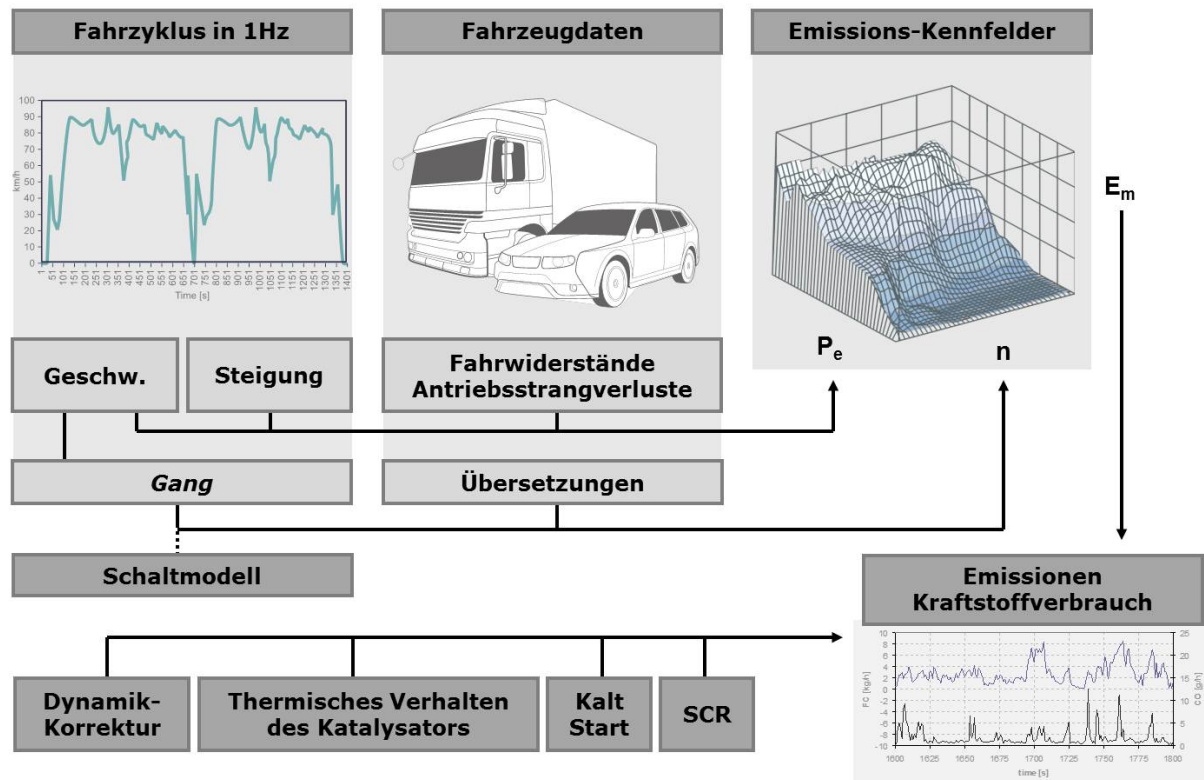


Bild 3.1: Das Modell PHEM zur Erstellung der Basis-Emissionsfaktoren in HBEFA3.1, Quelle: TU Graz, 2010

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

Die Flotte der schweren Nutzfahrzeuge wird stärker vom überregionalen als vom regionalen Bestand bestimmt, daher wurde für die schweren Nutzfahrzeuge die aktuelle bundesmittlere Flottenzusammensetzung aus HBEFA3.1 verwendet.

In Tab. 3.1 sind die Flottenzusammensetzungen für Pkw und die schweren Nutzfahrzeuge (sNfz) auf Innerortsstraßen für 2010 aufgeführt.



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

| Pkw            |        | INfz           |        | sNfz       |        |
|----------------|--------|----------------|--------|------------|--------|
| Otto vor E1    | 0,6%   | Otto vor E1    | 0,3%   | Ds vor E I | 5,4%   |
| Otto E1        | 4,4%   | Otto E1        | 0,2%   | Ds E I     | 3,0%   |
| Otto E2        | 5,2%   | Otto E2        | 0,7%   | Ds E II    | 12,1%  |
| Otto E3        | 21,9%  | Otto E3        | 0,7%   | Ds E III   | 27,5%  |
| Otto E4        | 31,2%  | Otto E4        | 2,2%   | Ds E IV    | 15,5%  |
| Otto E5        | 1,2%   | Otto E5        | 0,0%   | Ds E V     | 36,6%  |
| Otto E6        | 0,0%   | Otto E6        | 0,0%   | Ds E VI    | 0,0%   |
| Gas/Alternativ | 0,4%   | Gas/Alternativ | 0,0%   |            |        |
| Ds vor E1      | 0,4%   | Ds vor E1      | 1,5%   |            |        |
| Ds E1          | 1,0%   | Ds E1          | 2,2%   |            |        |
| Ds E2          | 2,5%   | Ds E2          | 11,6%  |            |        |
| Ds E3          | 11,2%  | Ds E3          | 27,0%  |            |        |
| Ds E4          | 18,8%  | Ds E4          | 52,8%  |            |        |
| Ds E5          | 1,1%   | Ds E5          | 0,7%   |            |        |
| Ds E6          | 0,1%   | Ds E6          | 0,0%   |            |        |
| gesamt         | 100,0% | gesamt         | 100,0% | gesamt     | 100,0% |

Das Ergebnis der oben beschriebenen Mittelungen sind mittlere Ganglinien für die Emissionen der Pkw, der leichten und der schweren Nutzfahrzeuge, jeweils für beide Fahrtrichtungen. Sie sind in Bild 3.2 bis Bild 3.9 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 Pleidelsheim lässt sich aus diesen Bildern folgendes ableiten:

- Die Emissionsfaktoren für Stickoxide und Feinstaub sind im Bereich der LSA am alten Rathaus am höchsten. Hier musste bei der Mehrzahl der Fahrten gehalten werden, und der Abschnitt weist auch hohe Verkehrswerte auf (siehe oben). Auch bei den Normalfahrten wird im Bereich der LSA die Höchstgeschwindigkeit nicht erreicht.
- Die T30-Emissionsfaktoren liegen im Bereich der LSA noch über den T50-Emissionsfaktoren. Dies ist zum Teil eine Folge der vom Schaltmodell in Abhängigkeit von Geschwindigkeit, Steigung und Motorleistung ermittelten Gangwahl. Es lässt sich zeigen, dass an diesen Stellen die mittlere Motordrehzahl bei den T30-Fahrten gegenüber den T50-Fahrten erhöht ist. Höhere Motordrehzahlen wirken sich emissionserhöhend aus.
- Nach der LSA am alten Rathaus wird in allen Richtungen beschleunigt (Richtung Osten in Abschnitt 3, Richtung Westen in Abschnitt 1 und Richtung Süden in Abschnitt 5). In diesen Beschleunigungsphasen sind die Emissionsfaktoren bei Tempo 50 höher als bei Tempo 30, da im letzteren Fall die Zielgeschwindigkeit eher erreicht ist.

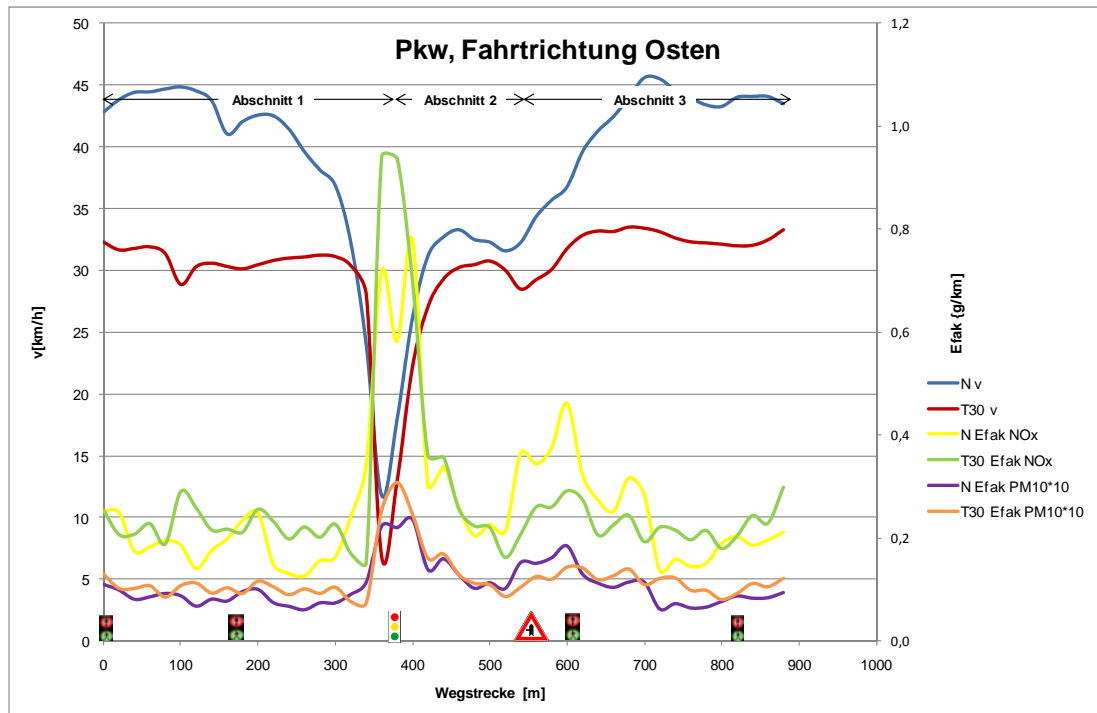


Bild 3.2: Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der  $\text{NO}_x$ - und  $\text{PM}_{10}$ -Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für **Pkw in Richtung Osten**; die  $\text{PM}_{10}$ -Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht

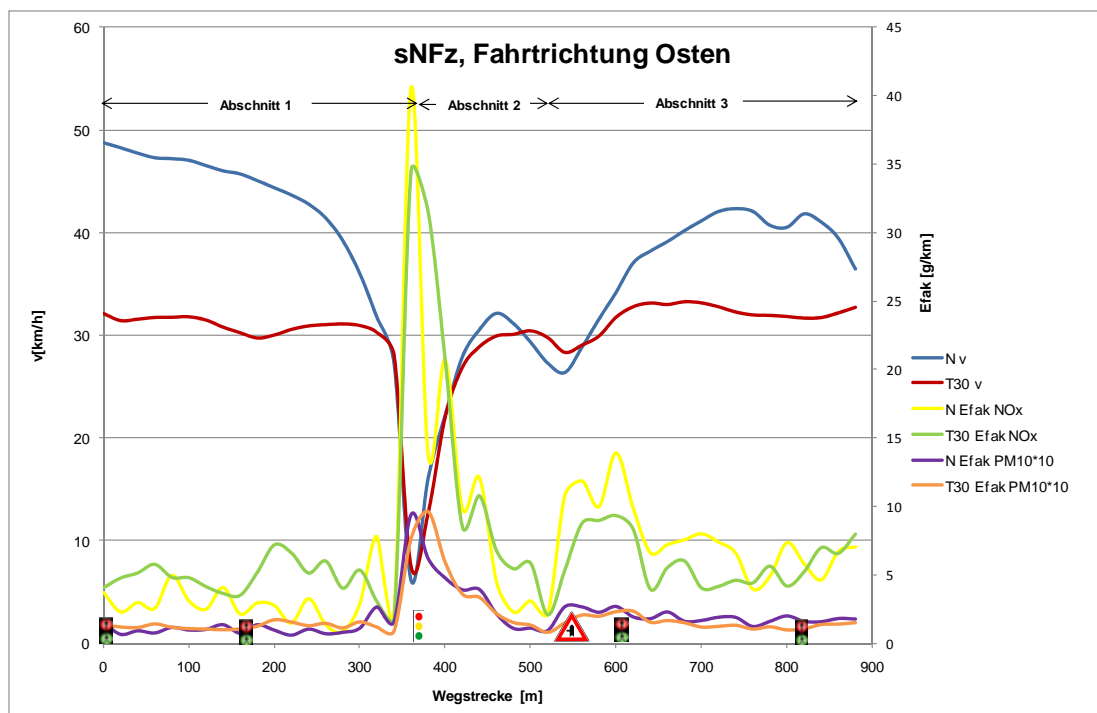


Bild 3.3: Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der  $\text{NO}_x$ - und  $\text{PM}_{10}$ -Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für **sNFz in Richtung Osten**; die  $\text{PM}_{10}$ -Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht

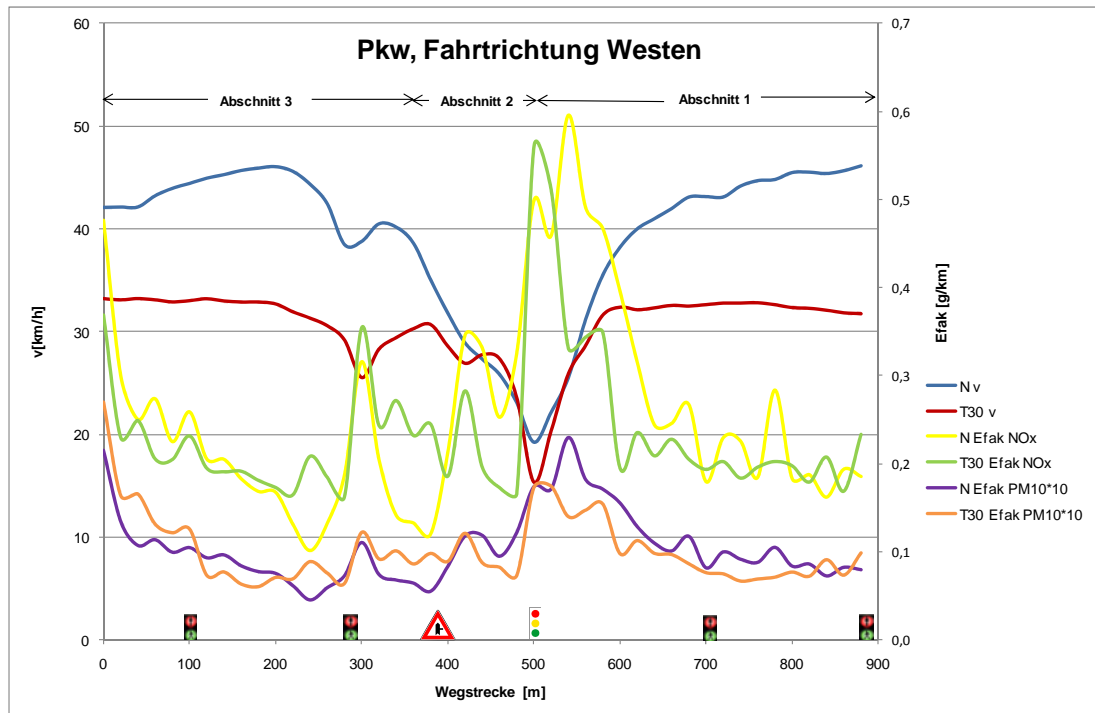


Bild 3.4: Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für **Pkw in Richtung Westen**; die PM10-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht

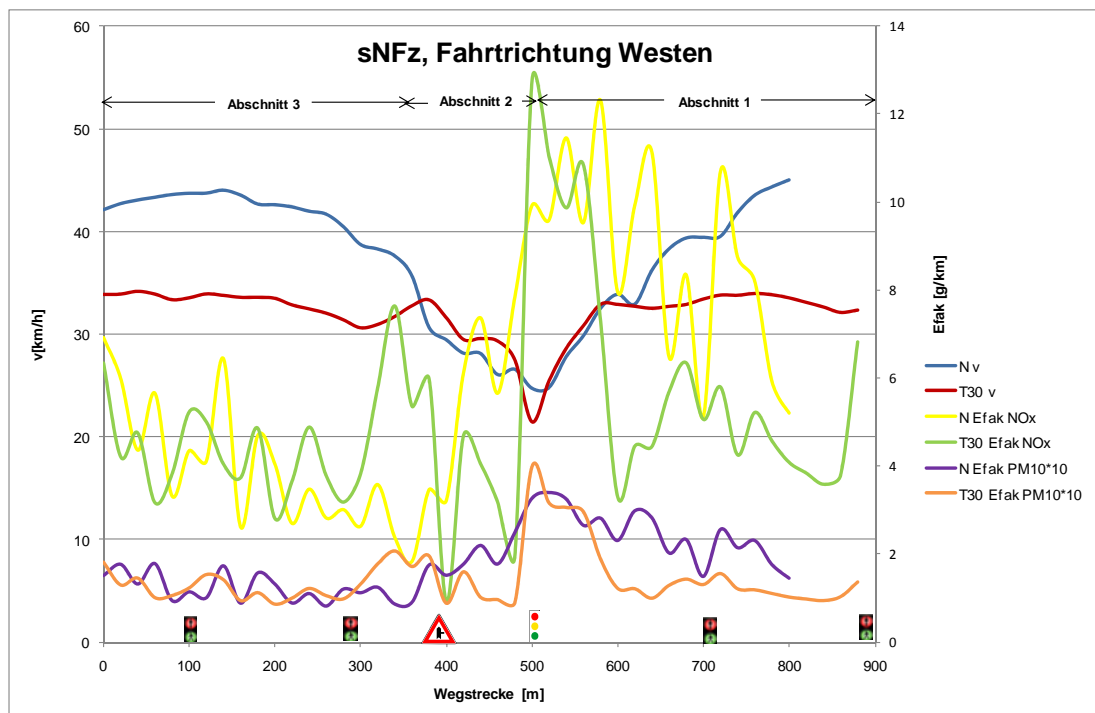


Bild 3.5: Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für **sNFz in Richtung Westen**; die PM10-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht

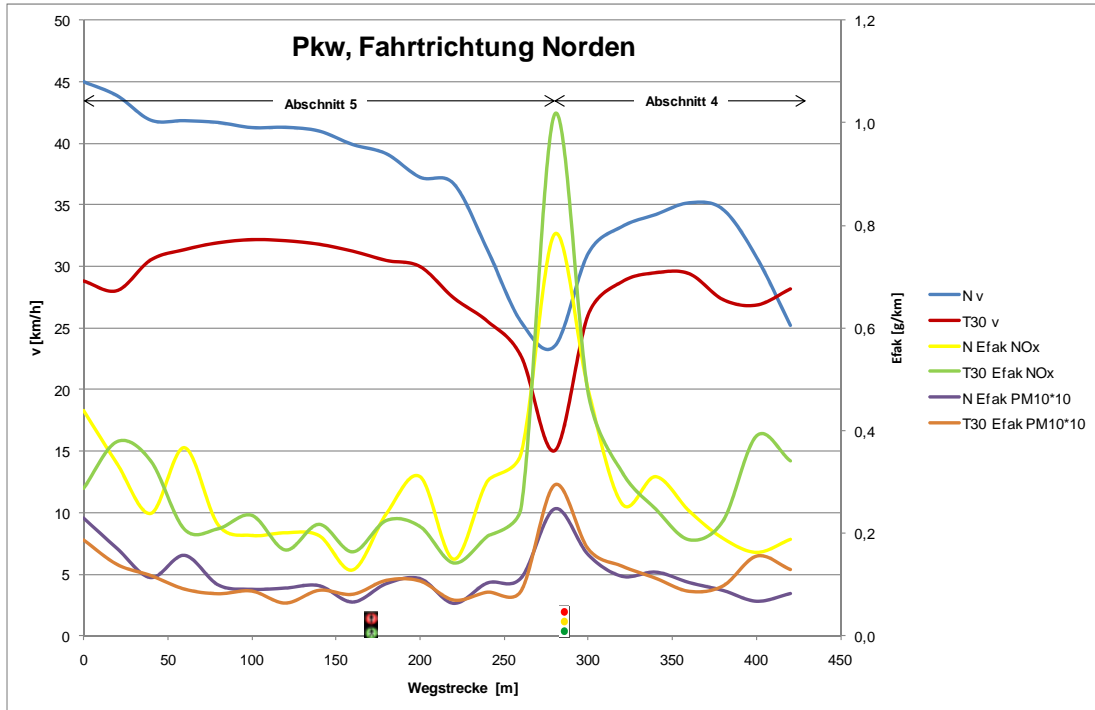


Bild 3.6: Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für **Pkw in Richtung Norden**; die PM10-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht

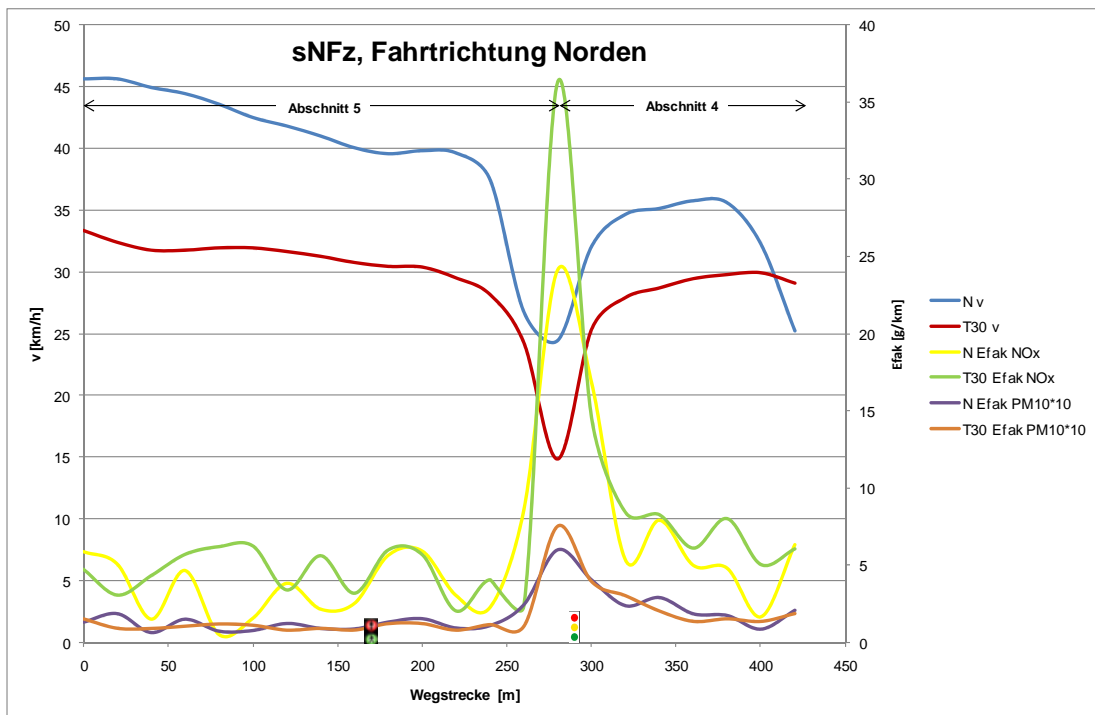


Bild 3.7: Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für **sNFz in Richtung Norden**; die PM10-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht

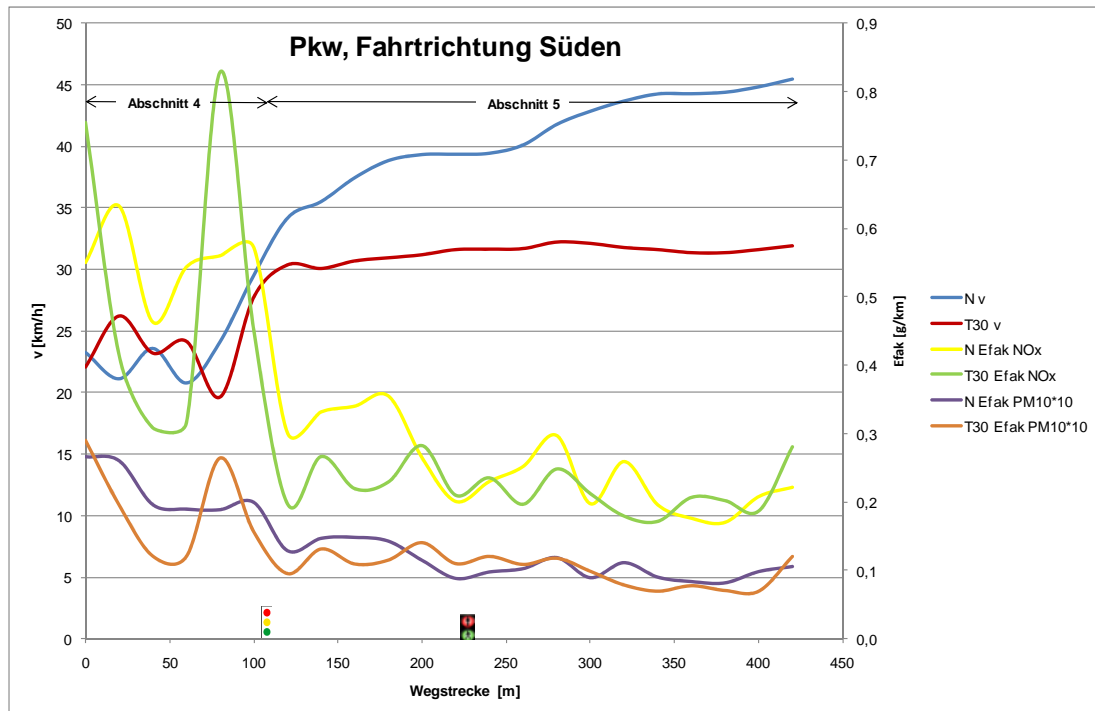


Bild 3.8: Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO<sub>x</sub>- und PM<sub>10</sub>-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für **Pkw in Richtung Süden**; die PM<sub>10</sub>-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht

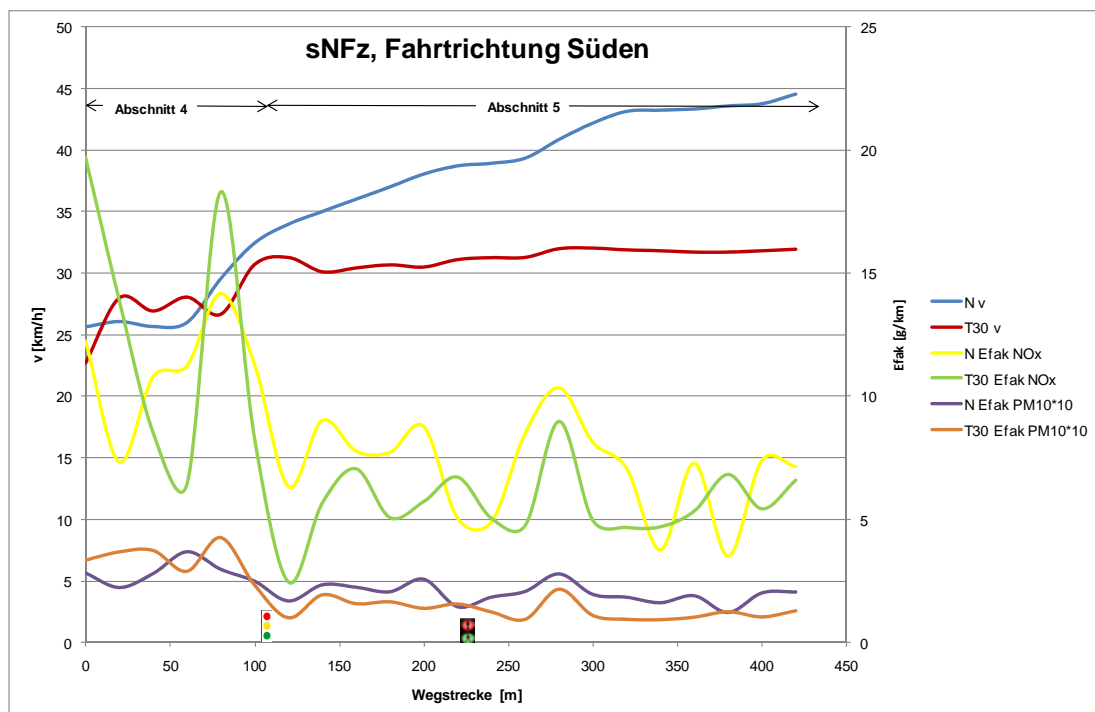


Bild 3.9: Profile der Fahrgeschwindigkeit sowie der NO<sub>x</sub>- und PM<sub>10</sub>-Emissionsfaktoren (Abgas) für T50-Normalfahrten (N) und die T30-fiktiv (T30) für **sNFz in Richtung Süden**; die PM<sub>10</sub>-Emissionsfaktoren sind aus Darstellungsgründen um den Faktor 10 überhöht

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

Aus den in Bild 3.2 bis Bild 3.9 dargestellten Ganglinien können für alle drei Fahrzeuggruppen mittlere „warme“ Emissionsfaktoren für NO<sub>x</sub> und PM10 (Abgas) auf den Messstrecken abgeleitet werden. Wenn die Strecken hinsichtlich ihrer Verkehrswerte, Verkehrssituationen (LSA etc.) oder der Steigung sehr heterogen sind, kann es sinnvoll sein, zusätzlich Emissionsfaktoren für Unterabschnitte zu bestimmen. Die Unsicherheiten auf den Teilabschnitten sind jedoch aus folgenden Gründen höher als für die Gesamtstrecken:

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

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

Die so gebildeten Emissionsfaktoren für NO<sub>x</sub> und PM10 (Abgas) für die Fahrzeuggruppen Pkw, leichte und schwere Nutzfahrzeuge sind gemittelt über die in Bild 2.1 eingetragenen Teilabschnitte in Tab. 3.2 bis Tab. 3.9 getrennt nach Fahrrichtungen dargestellt. Ebenfalls angegeben sind die Standardabweichungen aus der Mittelung über die Fahrten jeweils als Absolutwerte und als relativer Anteil. Im unteren Teil der Tabellen ist jeweils die Veränderung von T30 gegenüber T50 angegeben.

Tab. 3.2: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für  $\text{NO}_x$  in Fahrtrichtung **Osten**, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 1 bis 3 nach Tab. 2.1)

| Efaktor $\text{NO}_x$<br>[g/km] | Pkw         |             |             | INFz          |             |             | sNFz        |             |             |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                 | MW          | stddev abs. | stddev rel. | MW            | stddev abs. | stddev rel. | MW          | stddev abs. | stddev rel. |
| <b>T50 N Ri Ost</b>             |             |             |             |               |             |             |             |             |             |
| <b>gesamt</b>                   | <b>0,26</b> | <b>0,05</b> | <b>20%</b>  | <b>0,68</b>   | <b>0,14</b> | <b>21%</b>  | <b>6,71</b> | <b>1,04</b> | <b>15%</b>  |
| Abschnitt 1                     | 0,22        | 0,12        | 55%         | 0,54          | 0,29        | 54%         | 4,95        | 2,09        | 42%         |
| Abschnitt 2                     | 0,38        | 0,12        | 32%         | 0,98          | 0,38        | 39%         | 9,44        | 2,61        | 28%         |
| Abschnitt 3                     | 0,25        | 0,08        | 30%         | 0,70          | 0,28        | 40%         | 7,47        | 2,60        | 35%         |
| <b>T30 Ri Ost</b>               |             |             |             |               |             |             |             |             |             |
| <b>gesamt</b>                   | <b>0,27</b> | <b>0,02</b> | <b>8%</b>   | <b>0,56</b>   | <b>0,08</b> | <b>14%</b>  | <b>7,13</b> | <b>2,27</b> | <b>32%</b>  |
| Abschnitt 1                     | 0,26        | 0,05        | 21%         | 0,49          | 0,15        | 31%         | 6,28        | 5,19        | 83%         |
| Abschnitt 2                     | 0,44        | 0,15        | 33%         | 1,08          | 0,30        | 27%         | 12,77       | 0,95        | 7%          |
| Abschnitt 3                     | 0,23        | 0,02        | 7%          | 0,43          | 0,07        | 16%         | 5,90        | 0,00        | 0%          |
| <b>Änderung</b>                 |             |             |             |               |             |             |             |             |             |
| <b>gesamt</b>                   | <b>4,9%</b> |             |             | <b>-17,7%</b> |             |             | <b>6,2%</b> |             |             |
| Abschnitt 1                     | 15,0%       |             |             | -9,3%         |             |             | 26,8%       |             |             |
| Abschnitt 2                     | 13,8%       |             |             | 10,7%         |             |             | 35,3%       |             |             |
| Abschnitt 3                     | -9,0%       |             |             | -38,8%        |             |             | -21,1%      |             |             |

Tab. 3.3: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für  $\text{NO}_x$  in Fahrtrichtung **Westen**, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 1 bis 3 nach Tab. 2.1)

| Efaktor $\text{NO}_x$<br>[g/km] | Pkw          |             |             | INFz          |             |             | sNFz          |             |             |
|---------------------------------|--------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|
|                                 | MW           | stddev abs. | stddev rel. | MW            | stddev abs. | stddev rel. | MW            | stddev abs. | stddev rel. |
| <b>T50 N Ri West</b>            |              |             |             |               |             |             |               |             |             |
| <b>gesamt</b>                   | <b>0,26</b>  | <b>0,04</b> | <b>15%</b>  | <b>0,68</b>   | <b>0,13</b> | <b>18%</b>  | <b>6,07</b>   | <b>1,19</b> | <b>20%</b>  |
| Abschnitt 1                     | 0,29         | 0,08        | 28%         | 0,79          | 0,27        | 34%         | 8,71          | 3,54        | 41%         |
| Abschnitt 2                     | 0,30         | 0,24        | 79%         | 0,69          | 0,61        | 89%         | 6,22          | 6,69        | 108%        |
| Abschnitt 3                     | 0,21         | 0,06        | 29%         | 0,57          | 0,21        | 38%         | 3,93          | 0,30        | 8%          |
| <b>T30 Ri West</b>              |              |             |             |               |             |             |               |             |             |
| <b>gesamt</b>                   | <b>0,24</b>  | <b>0,05</b> | <b>20%</b>  | <b>0,52</b>   | <b>0,15</b> | <b>28%</b>  | <b>5,12</b>   | <b>1,58</b> | <b>31%</b>  |
| Abschnitt 1                     | 0,24         | 0,04        | 19%         | 0,51          | 0,13        | 25%         | 5,81          | 1,74        | 30%         |
| Abschnitt 2                     | 0,26         | 0,23        | 89%         | 0,62          | 0,51        | 82%         | 4,80          | 8,78        | 183%        |
| Abschnitt 3                     | 0,22         | 0,05        | 24%         | 0,50          | 0,21        | 42%         | 4,54          | 1,94        | 43%         |
| <b>Änderung</b>                 |              |             |             |               |             |             |               |             |             |
| <b>gesamt</b>                   | <b>-8,8%</b> |             |             | <b>-23,1%</b> |             |             | <b>-15,7%</b> |             |             |
| Abschnitt 1                     | -16,8%       |             |             | -35,2%        |             |             | -33,2%        |             |             |
| Abschnitt 2                     | -13,4%       |             |             | -9,9%         |             |             | -22,9%        |             |             |
| Abschnitt 3                     | 4,5%         |             |             | -12,2%        |             |             | 15,4%         |             |             |

Tab. 3.4: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für  $\text{NO}_x$  in Fahrtrichtung **Norden**, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 4 bis 5 nach Tab. 2.1)

| Efaktor $\text{NO}_x$<br>[g/km] | Pkw         |             |             | INFz         |             |             | sNFz         |             |             |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
|                                 | MW          | stddev abs. | stddev rel. | MW           | stddev abs. | stddev rel. | MW           | stddev abs. | stddev rel. |
| <b>T50 N Ri Nord</b>            |             |             |             |              |             |             |              |             |             |
| <b>gesamt</b>                   | <b>0,29</b> | <b>0,08</b> | <b>29%</b>  | <b>0,69</b>  | <b>0,19</b> | <b>27%</b>  | <b>5,68</b>  | <b>3,10</b> | <b>54%</b>  |
| Abschnitt 4                     | 0,33        | 0,16        | 48%         | 0,85         | 0,51        | 60%         | 9,00         | 7,99        | 89%         |
| Abschnitt 5                     | 0,26        | 0,11        | 41%         | 0,61         | 0,21        | 34%         | 3,79         | 1,57        | 41%         |
| <b>T30 Ri Nord</b>              |             |             |             |              |             |             |              |             |             |
| <b>gesamt</b>                   | <b>0,29</b> | <b>0,07</b> | <b>23%</b>  | <b>0,63</b>  | <b>0,22</b> | <b>34%</b>  | <b>7,06</b>  | <b>2,41</b> | <b>34%</b>  |
| Abschnitt 4                     | 0,40        | 0,19        | 48%         | 0,90         | 0,45        | 50%         | 11,59        | 7,12        | 61%         |
| Abschnitt 5                     | 0,23        | 0,05        | 22%         | 0,48         | 0,23        | 48%         | 4,47         | 0,46        | 10%         |
| <b>Änderung</b>                 |             |             |             |              |             |             |              |             |             |
| <b>gesamt</b>                   | <b>2,0%</b> |             |             | <b>-9,1%</b> |             |             | <b>24,2%</b> |             |             |
| Abschnitt 4                     | 22,1%       |             |             | 6,1%         |             |             | 28,8%        |             |             |
| Abschnitt 5                     | -12,2%      |             |             | -21,1%       |             |             | 18,1%        |             |             |

Tab. 3.5: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für  $\text{NO}_x$  in Fahrtrichtung **Süden**, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 4 bis 5 nach Tab. 2.1)

| Efaktor $\text{NO}_x$<br>[g/km] | Pkw           |             |             | INFz          |             |             | sNFz         |             |             |
|---------------------------------|---------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
|                                 | MW            | stddev abs. | stddev rel. | MW            | stddev abs. | stddev rel. | MW           | stddev abs. | stddev rel. |
| <b>T50 N Ri Süd</b>             |               |             |             |               |             |             |              |             |             |
| <b>gesamt</b>                   | <b>0,33</b>   | <b>0,09</b> | <b>27%</b>  | <b>0,84</b>   | <b>0,18</b> | <b>22%</b>  | <b>8,18</b>  | <b>1,60</b> | <b>20%</b>  |
| Abschnitt 4                     | 0,49          | 0,33        | 66%         | 1,20          | 0,76        | 63%         | 10,31        | 5,38        | 52%         |
| Abschnitt 5                     | 0,24          | 0,02        | 8%          | 0,63          | 0,03        | 5%          | 6,96         | 0,95        | 14%         |
| <b>T30 Ri Süd</b>               |               |             |             |               |             |             |              |             |             |
| <b>gesamt</b>                   | <b>0,30</b>   | <b>0,08</b> | <b>26%</b>  | <b>0,65</b>   | <b>0,28</b> | <b>43%</b>  | <b>7,49</b>  | <b>2,20</b> | <b>29%</b>  |
| Abschnitt 4                     | 0,44          | 0,20        | 46%         | 1,12          | 0,68        | 61%         | 10,39        | 6,53        | 63%         |
| Abschnitt 5                     | 0,22          | 0,06        | 27%         | 0,38          | 0,18        | 47%         | 5,84         | 0,31        | 5%          |
| <b>Änderung</b>                 |               |             |             |               |             |             |              |             |             |
| <b>gesamt</b>                   | <b>-10,1%</b> |             |             | <b>-22,2%</b> |             |             | <b>-8,4%</b> |             |             |
| Abschnitt 4                     | -10,7%        |             |             | -6,3%         |             |             | 0,8%         |             |             |
| Abschnitt 5                     | -9,4%         |             |             | -39,6%        |             |             | -16,2%       |             |             |



Tab. 3.6: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für **PM10** (Abgas) in Fahrtrichtung **Osten**, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 1 bis 3 nach Tab. 2.1)

| Efaktor PM10<br>[g/km] | Pkw          |              |             | INFz         |              |             | sNFz         |              |             |
|------------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
|                        | MW           | stddev abs.  | stddev rel. | MW           | stddev abs.  | stddev rel. | MW           | stddev abs.  | stddev rel. |
| <b>T50 N Ri Ost</b>    |              |              |             |              |              |             |              |              |             |
| gesamt                 | 0,011        | 0,002        | 22%         | 0,049        | 0,008        | 15%         | 0,193        | 0,016        | 8%          |
| Abschnitt 1            | 0,009        | 0,004        | 49%         | 0,042        | 0,017        | 40%         | 0,151        | 0,041        | 27%         |
| Abschnitt 2            | 0,016        | 0,005        | 32%         | 0,065        | 0,022        | 33%         | 0,328        | 0,102        | 31%         |
| Abschnitt 3            | 0,011        | 0,003        | 29%         | 0,049        | 0,013        | 26%         | 0,186        | 0,046        | 25%         |
| <b>T30 Ri Ost</b>      |              |              |             |              |              |             |              |              |             |
| gesamt                 | <b>0,012</b> | <b>0,001</b> | <b>8%</b>   | <b>0,047</b> | <b>0,004</b> | <b>9%</b>   | <b>0,188</b> | <b>0,024</b> | <b>13%</b>  |
| Abschnitt 1            | 0,011        | 0,002        | 21%         | 0,042        | 0,006        | 15%         | 0,157        | 0,061        | 39%         |
| Abschnitt 2            | 0,018        | 0,005        | 28%         | 0,079        | 0,025        | 32%         | 0,392        | 0,106        | 27%         |
| Abschnitt 3            | 0,011        | 0,001        | 12%         | 0,040        | 0,005        | 14%         | 0,145        | 0,023        | 16%         |
| <b>Änderung</b>        |              |              |             |              |              |             |              |              |             |
| gesamt                 | <b>11,6%</b> |              |             | <b>-3,5%</b> |              |             | <b>-2,5%</b> |              |             |
| Abschnitt 1            | 16,4%        |              |             | 0,1%         |              |             | 3,8%         |              |             |
| Abschnitt 2            | 12,1%        |              |             | 21,1%        |              |             | 19,4%        |              |             |
| Abschnitt 3            | 7,3%         |              |             | -18,5%       |              |             | -21,9%       |              |             |

Tab. 3.7: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für **PM10** (Abgas) in Fahrtrichtung **Westen**, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 1 bis 3 nach Tab. 2.1)

| Efaktor PM10<br>[g/km] | Pkw          |              |             | INFz         |              |             | sNFz          |              |             |
|------------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|---------------|--------------|-------------|
|                        | MW           | stddev abs.  | stddev rel. | MW           | stddev abs.  | stddev rel. | MW            | stddev abs.  | stddev rel. |
| <b>T50 N Ri West</b>   |              |              |             |              |              |             |               |              |             |
| gesamt                 | <b>0,011</b> | <b>0,002</b> | <b>15%</b>  | <b>0,050</b> | <b>0,006</b> | <b>13%</b>  | <b>0,180</b>  | <b>0,038</b> | <b>21%</b>  |
| Abschnitt 1            | 0,012        | 0,003        | 27%         | 0,053        | 0,012        | 24%         | 0,241         | 0,083        | 35%         |
| Abschnitt 2            | 0,011        | 0,008        | 72%         | 0,052        | 0,033        | 63%         | 0,210         | 0,167        | 79%         |
| Abschnitt 3            | 0,009        | 0,002        | 27%         | 0,046        | 0,012        | 26%         | 0,121         | 0,019        | 16%         |
| <b>T30 Ri West</b>     |              |              |             |              |              |             |               |              |             |
| gesamt                 | <b>0,010</b> | <b>0,002</b> | <b>23%</b>  | <b>0,048</b> | <b>0,009</b> | <b>20%</b>  | <b>0,145</b>  | <b>0,051</b> | <b>35%</b>  |
| Abschnitt 1            | 0,010        | 0,003        | 26%         | 0,045        | 0,008        | 18%         | 0,152         | 0,056        | 37%         |
| Abschnitt 2            | 0,010        | 0,008        | 75%         | 0,053        | 0,031        | 58%         | 0,161         | 0,199        | 123%        |
| Abschnitt 3            | 0,011        | 0,004        | 34%         | 0,049        | 0,014        | 29%         | 0,131         | 0,059        | 45%         |
| <b>Änderung</b>        |              |              |             |              |              |             |               |              |             |
| gesamt                 | <b>-3,3%</b> |              |             | <b>-3,4%</b> |              |             | <b>-19,8%</b> |              |             |
| Abschnitt 1            | -16,5%       |              |             | -13,9%       |              |             | -37,0%        |              |             |
| Abschnitt 2            | -5,9%        |              |             | 2,5%         |              |             | -23,3%        |              |             |
| Abschnitt 3            | 14,6%        |              |             | 6,1%         |              |             | 8,1%          |              |             |

Tab. 3.8: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für **PM10** (Abgas) in Fahrtrichtung **Norden**, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 4 bis 5 nach Tab. 2.1)

| Efaktor PM10<br>[g/km] | Pkw          |              |             | INFz         |              |             | sNFz         |              |             |
|------------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
|                        | MW           | stddev abs.  | stddev rel. | MW           | stddev abs.  | stddev rel. | MW           | stddev abs.  | stddev rel. |
| <b>T50 N Ri Nord</b>   |              |              |             |              |              |             |              |              |             |
| <b>gesamt</b>          | <b>0,012</b> | <b>0,004</b> | <b>32%</b>  | <b>0,053</b> | <b>0,012</b> | <b>22%</b>  | <b>0,179</b> | <b>0,061</b> | <b>34%</b>  |
| Abschnitt 4            | 0,012        | 0,006        | 45%         | 0,057        | 0,025        | 43%         | 0,275        | 0,188        | 68%         |
| Abschnitt 5            | 0,011        | 0,005        | 43%         | 0,051        | 0,014        | 27%         | 0,124        | 0,027        | 22%         |
| <b>T30 Ri Nord</b>     |              |              |             |              |              |             |              |              |             |
| <b>gesamt</b>          | <b>0,012</b> | <b>0,003</b> | <b>24%</b>  | <b>0,051</b> | <b>0,012</b> | <b>25%</b>  | <b>0,172</b> | <b>0,080</b> | <b>47%</b>  |
| Abschnitt 4            | 0,015        | 0,006        | 39%         | 0,061        | 0,021        | 35%         | 0,285        | 0,205        | 72%         |
| Abschnitt 5            | 0,010        | 0,003        | 29%         | 0,044        | 0,015        | 33%         | 0,107        | 0,018        | 17%         |
| <b>Änderung</b>        |              |              |             |              |              |             |              |              |             |
| <b>gesamt</b>          | <b>-1,2%</b> |              |             | <b>-5,4%</b> |              |             | <b>-4,2%</b> |              |             |
| Abschnitt 4            | 19,1%        |              |             | 7,7%         |              |             | 3,4%         |              |             |
| Abschnitt 5            | -13,7%       |              |             | -13,6%       |              |             | -13,9%       |              |             |

Tab. 3.9: Mittlere („warme“) Emissionsfaktoren für **PM10** (Abgas) in Fahrtrichtung **Süden**, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 4 bis 5 nach Tab. 2.1)

| Efaktor PM10<br>[g/km] | Pkw          |              |             | INFz          |              |             | sNFz          |              |             |
|------------------------|--------------|--------------|-------------|---------------|--------------|-------------|---------------|--------------|-------------|
|                        | MW           | stddev abs.  | stddev rel. | MW            | stddev abs.  | stddev rel. | MW            | stddev abs.  | stddev rel. |
| <b>T50 N Ri Süd</b>    |              |              |             |               |              |             |               |              |             |
| <b>gesamt</b>          | <b>0,014</b> | <b>0,004</b> | <b>27%</b>  | <b>0,062</b>  | <b>0,012</b> | <b>19%</b>  | <b>0,220</b>  | <b>0,061</b> | <b>28%</b>  |
| Abschnitt 4            | 0,020        | 0,011        | 55%         | 0,082         | 0,037        | 45%         | 0,262         | 0,138        | 53%         |
| Abschnitt 5            | 0,010        | 0,002        | 19%         | 0,051         | 0,007        | 14%         | 0,196         | 0,047        | 24%         |
| <b>T30 Ri Süd</b>      |              |              |             |               |              |             |               |              |             |
| <b>gesamt</b>          | <b>0,013</b> | <b>0,003</b> | <b>23%</b>  | <b>0,053</b>  | <b>0,014</b> | <b>26%</b>  | <b>0,187</b>  | <b>0,101</b> | <b>54%</b>  |
| Abschnitt 4            | 0,017        | 0,006        | 37%         | 0,080         | 0,036        | 44%         | 0,289         | 0,184        | 64%         |
| Abschnitt 5            | 0,010        | 0,003        | 28%         | 0,037         | 0,008        | 22%         | 0,129         | 0,047        | 37%         |
| <b>Änderung</b>        |              |              |             |               |              |             |               |              |             |
| <b>gesamt</b>          | <b>-8,0%</b> |              |             | <b>-14,3%</b> |              |             | <b>-15,0%</b> |              |             |
| Abschnitt 4            | -12,3%       |              |             | -1,6%         |              |             | 10,1%         |              |             |
| Abschnitt 5            | -3,3%        |              |             | -26,1%        |              |             | -34,2%        |              |             |

Beim Vergleich der Emissionsfaktoren NO<sub>x</sub> für T30 mit den Emissionsfaktoren NO<sub>x</sub> für T50-Normalfahrt zeigen sich für Pkw und schwere Nutzfahrzeuge auf der Gesamtstrecke in Fahrtrichtung Osten und Norden Zunahmen, in Fahrtrichtung Westen und Süden dagegen Abnahmen. Die Zunahmen können, wie oben beschrieben, zum Teil auf ein ungünstigeres Schaltverhalten zurückgeführt werden. Bei den leichten Nutzfahrzeugen kommt es überall zu Abnahmen.

Bei PM10 kommt es durch T30 gegenüber T50 für die Pkw in Fahrtrichtung Osten zu Zunahmen, in den anderen Fahrtrichtungen zu Abnahmen. Bei leichten und schweren Nutzfahrzeugen würde T30 überall zu Abnahmen führen.

Ähnliche Tendenzen, allerdings auch zum Teil gegenläufige Effekte, ergeben sich bei der Betrachtung der Einzelabschnitte. Auf Abschnitt 2 (4), wo sich die Messstation befindet, sind die Zunahmen der Emissionsfaktoren sogar noch stärker ausgeprägt. Wie oben schon erläutert, sind jedoch die Unsicherheiten bei Betrachtung der Einzelabschnitte groß.

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

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

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

Angesichts der hohen Unsicherheiten auf den Einzelabschnitten sollen hier jedoch nur die Emissionsfaktoren für die Gesamtstrecken verglichen werden. Diese verlaufen im Wesentlichen ohne Gefälle. 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 3.10 (NO<sub>x</sub>) und Bild 3.11 (PM10, Abgas) den Emissionsfaktoren gegenübergestellt, die über die Messfahrten und PHEM-Berechnungen ermittelt wurden. Ziel war es, zu analysieren inwieweit mit den Basisdaten aus HBEFA3.1 die Emissionssituation an dem betrachteten Streckenabschnitt für die Ist-Situation T50 abgebildet werden kann.

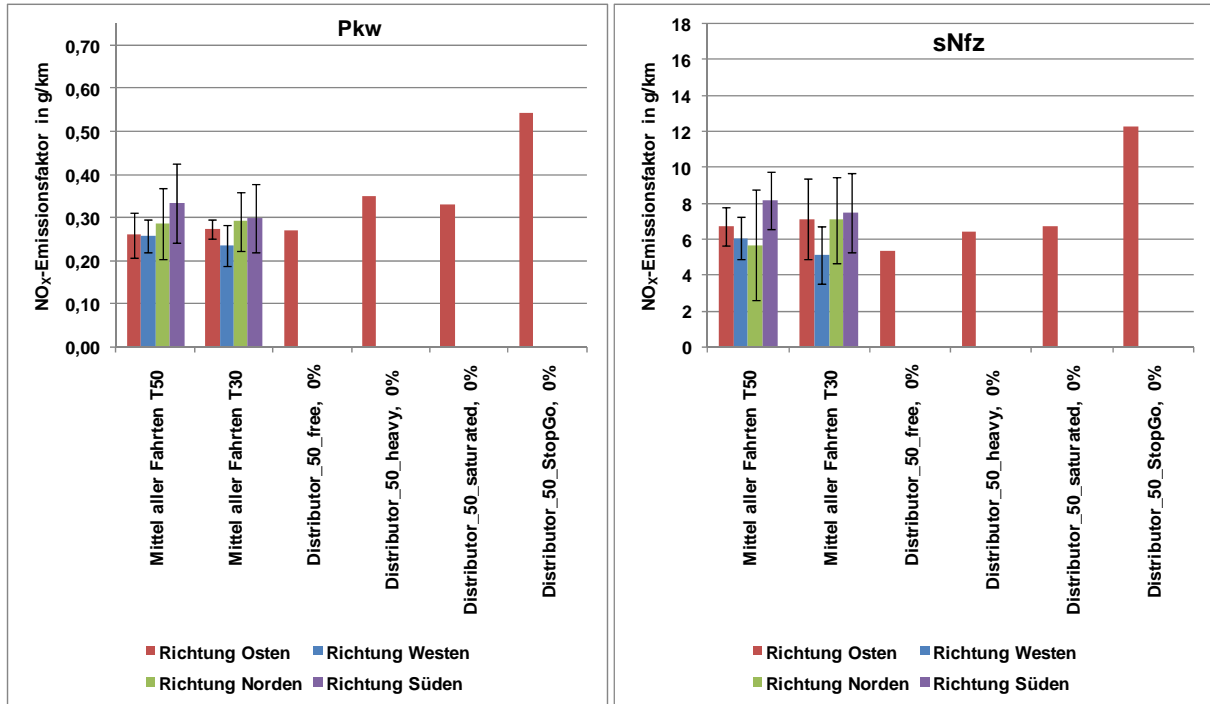


Bild 3.10: Vergleich der warmen NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktoren für die Verkehrssituation „Distributor 50 km/h“ mit unterschiedlichen Störungsgraden für 0% Steigung aus HBEFA3.1 mit den mittleren („warmen“) Emissionsfaktoren abgeleitet aus den Messfahrten für Pkw und sNfz für die Ortsdurchfahrten in Pleidelsheim

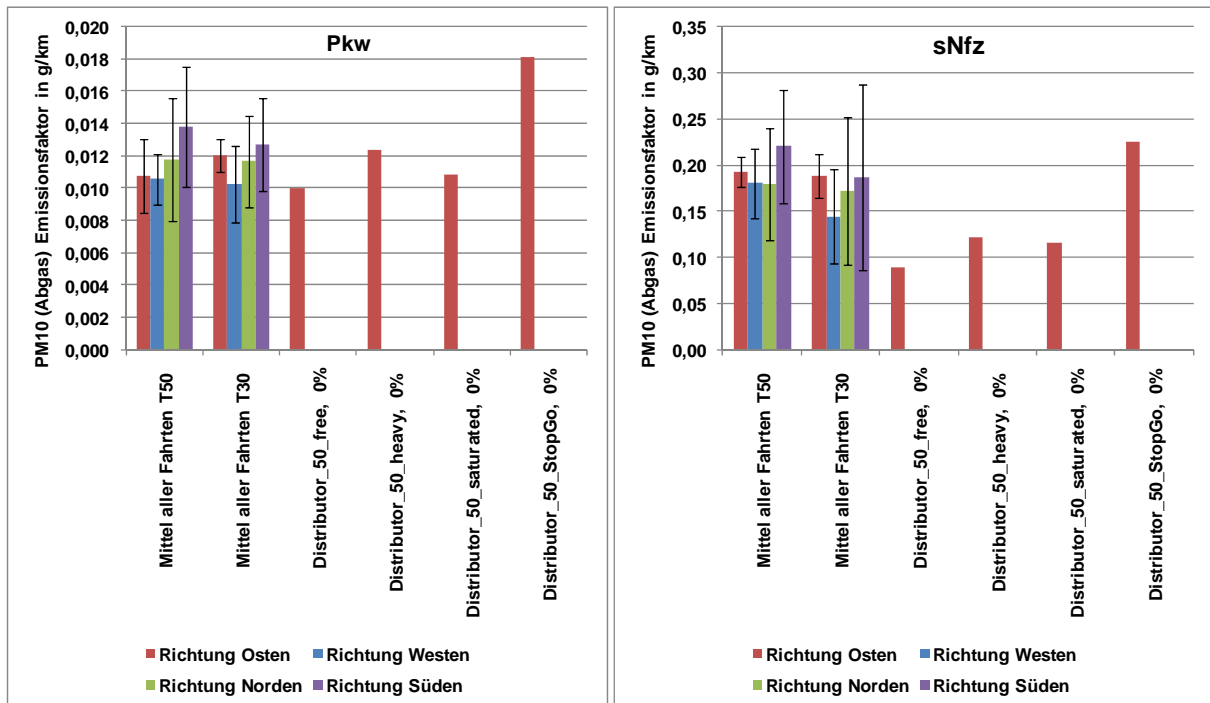


Bild 3.11: Vergleich der warmen PM10-Emissionsfaktoren für die Verkehrssituation „Distributor 50 km/h“ mit unterschiedlichen Störungsgraden für 0% Steigung aus HBEFA3.1 mit den mittleren („warmen“) Emissionsfaktoren abgeleitet aus den Messfahrten für Pkw und sNfz für die Ortsdurchfahrten in Pleidelsheim

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

Aus den gemessenen Fahrprofilen konnte abgeleitet werden, dass der Störungsgrad im Tagzeitbereich im Bereich von geringen (free) bis mittleren Störungen (heavy) liegt. Auf Teilabschnitt 2 (4) traten an dem Tag, an dem die Messungen stattgefunden haben, teilweise auch große Störungen mit Stop&Go-Verkehr auf.

Für die Pkw liegen die aus den Messfahrten abgeleiteten Emissionsfaktoren sowohl für NO<sub>x</sub> wie auch für PM10 innerhalb der Spannweiten der Emissionsfaktoren nach HBEFA3.1 für die relevanten Verkehrssituationen.

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

### **3.5 Jahresemissionen**

Mit dem durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV, Tab. 2.3) können die Emissionsfaktoren zu Jahresemissionen in Kilogramm pro Kilometer und Jahr hochgerechnet werden. Dabei wird unterstellt, dass die an einem Werktag zu allen Tageszeiten durchgeführten Messfahrten für das gesamte Jahr repräsentativ sind. Als Summe über die Fahrzeuggruppen und Richtungen ergeben sich die in Tab. 3.10 angegebenen Werte.

Tab. 3.10: „Warme“ Abgas-Emissionen (NO<sub>x</sub> und PM10, Abgas) für die Ortsdurchfahrten Pleidelsheim, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (Abschnitt 1 bis 5 nach Tab. 2.1)

|                   | <b>NO<sub>x</sub></b><br>[kg/(km*a)] | <b>stddev NO<sub>x</sub></b> | <b>stddev rel.</b> | <b>PM10 (Abgas)</b><br>[kg/(km*a)] | <b>stddev PM10</b> | <b>stddev rel.</b> |
|-------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|
| <b>T50 N</b>      |                                      |                              |                    |                                    |                    |                    |
| <b>W-O gesamt</b> | <b>1.514</b>                         | <b>264</b>                   | <b>17,5%</b>       | <b>56,3</b>                        | <b>9,3</b>         | <b>16,6%</b>       |
| Abschnitt 1       | 1.245                                | 504                          | 40,5%              | 45,9                               | 15,9               | 34,6%              |
| Abschnitt 2       | 2.817                                | 1.556                        | 55,2%              | 113,5                              | 55,0               | 48,4%              |
| Abschnitt 3       | 1.417                                | 390                          | 27,5%              | 49,8                               | 12,6               | 25,3%              |
| <b>N-S gesamt</b> | <b>1.548</b>                         | <b>450</b>                   | <b>29,0%</b>       | <b>63,3</b>                        | <b>18,0</b>        | <b>28,4%</b>       |
| Abschnitt 4       | 3.421                                | 2.126                        | 62,2%              | 130,6                              | 68,2               | 52,2%              |
| Abschnitt 5       | 972                                  | 235                          | 24,2%              | 42,1                               | 12,4               | 29,3%              |
| <b>T30</b>        |                                      |                              |                    |                                    |                    |                    |
| <b>W-O gesamt</b> | <b>1.458</b>                         | <b>317</b>                   | <b>21,7%</b>       | <b>55,4</b>                        | <b>9,6</b>         | <b>17,4%</b>       |
| Abschnitt 1       | 1.155                                | 403                          | 34,9%              | 42,0                               | 11,3               | 27,0%              |
| Abschnitt 2       | 2.955                                | 1.589                        | 53,8%              | 119,7                              | 56,6               | 47,3%              |
| Abschnitt 3       | 1.325                                | 233                          | 17,6%              | 50,5                               | 12,8               | 25,3%              |
| <b>N-S gesamt</b> | <b>1.499</b>                         | <b>410</b>                   | <b>27,3%</b>       | <b>59,2</b>                        | <b>16,5</b>        | <b>27,8%</b>       |
| Abschnitt 4       | 3.606                                | 1.894                        | 52,5%              | 132,8                              | 59,7               | 44,9%              |
| Abschnitt 5       | 866                                  | 192                          | 22,2%              | 37,0                               | 10,4               | 28,1%              |
| <b>Änderung</b>   |                                      |                              |                    |                                    |                    |                    |
| <b>W-O gesamt</b> | <b>-3,7%</b>                         |                              |                    | <b>-1,6%</b>                       |                    |                    |
| Abschnitt 1       | -7,3%                                |                              |                    | -8,7%                              |                    |                    |
| Abschnitt 2       | 4,9%                                 |                              |                    | 5,4%                               |                    |                    |
| Abschnitt 3       | -6,4%                                |                              |                    | 1,4%                               |                    |                    |
| <b>N-S gesamt</b> | <b>-3,2%</b>                         |                              |                    | <b>-6,4%</b>                       |                    |                    |
| Abschnitt 4       | 5,4%                                 |                              |                    | 1,6%                               |                    |                    |
| Abschnitt 5       | -10,8%                               |                              |                    | -12,1%                             |                    |                    |

Es ergeben sich für die Ortsdurchfahrten Pleidelsheim für die motorbedingten „warmen“ Emissionen in West-Ost-Richtung insgesamt Abnahmen von -3,7% bei NO<sub>x</sub> und von -1,6% bei PM10 (Abgas). In Nord-Süd-Richtung ergeben sich Abnahmen von -3,2% bei NO<sub>x</sub> und von -6,4% bei PM10 (Abgas).

In Teilabschnitt 2 (4), auf dem sich die Messstation befindet, würde die Einführung von T30 hingegen zu Emissionszunahmen führen. Aufgrund der teilweise hohen Streuungen bei den Einzelabschnitten sind hier entsprechend auch die Aussagen unsicherer als für die Gesamtabschnitte.

Die Berechnung der Jahresemissionen einschließlich der Kaltstarts wurde unter Berücksichtigung folgender Annahmen durchgeführt:

- Für die Kaltstartemissionen, die in HBEFA3.1 für Pkw und INfz zusätzlich ausgewiesen sind, wurde angenommen, dass diese durch die Veränderung von T50 auf T30 unbeein-

flusst 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 auf den Abschnitten 1, 3 und 5 durch die Einführung von T30 um ca. 10% reduziert werden können; auf Abschnitt 2 (4), der stark von der LSA am alten Rathaus beeinflusst ist, wurde keine Reduktion angesetzt (in Anlehnung an /BAST 2009/).

In Tab. 3.11 sind die so bestimmten Jahresemissionen für T50 sowie T30 mit angenommenen Befolgungsgraden von 100% und 50% für die Gesamtstrecke dargestellt.

*Tab. 3.11: Zusammensetzung der Jahresemissionen (NO<sub>x</sub> und PM10) für die Ortsdurchfahrt Pleidelsheim, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile*

| jährliche Emissionen [kg/(km*a)]          | NO <sub>x</sub><br>Strecke W-O | NO <sub>x</sub><br>Strecke N-S | PM10<br>Strecke W-O | PM10<br>Strecke N-S |
|---|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|
| "Warme" Emissionen T50                    | 1.514                          | 1.548                          | 56                  | 63                  |
| "Warme" Emissionen T30                    | 1.458                          | 1.499                          | 55                  | 59                  |
| Kaltstartzuschlag                         | 64                             | 73                             | 10                  | 12                  |
| Aufwirbelung und Abrieb T50               |                                |                                | 118                 | 120                 |
| Aufwirbelung und Abrieb T30               |                                |                                | 106                 | 108                 |
| Jahresemissionen T50                      | 1.577                          | 1.621                          | 184                 | 195                 |
| Jahresemissionen T30, Befolgungsgrad 100% | 1.521                          | 1.572                          | 171                 | 179                 |
| Jahresemissionen T30, Befolgungsgrad 50%  | 1.549                          | 1.597                          | 178                 | 187                 |
| Änderung Befolgungsgrad 100%              | -3,5%                          | -3,0%                          | -6,9%               | -8,2%               |
| Änderung Befolgungsgrad 50%               | -1,8%                          | -1,5%                          | -3,4%               | -4,1%               |

In Tab. 3.12 sind diese Jahresemissionen richtungsgetreunt für die Einzelabschnitte angegeben (nur Befolgungsgrad 100%). Ebenso angegeben sind die durch Einführung von T30 jeweils erreichbaren Emissionsminderungen.

Tab. 3.12: Jahresemissionen (NO<sub>x</sub> und PM10 inklusive Kaltstartzuschlägen sowie Aufwirbelung und Abrieb), richtungsgetreunt für die Teilstrecken der Ortsdurchfahrten Pleidelsheim, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (angenommener Befolgungsgrad: 100%, Abschnitt 1 bis 5 nach Tab. 2.1)

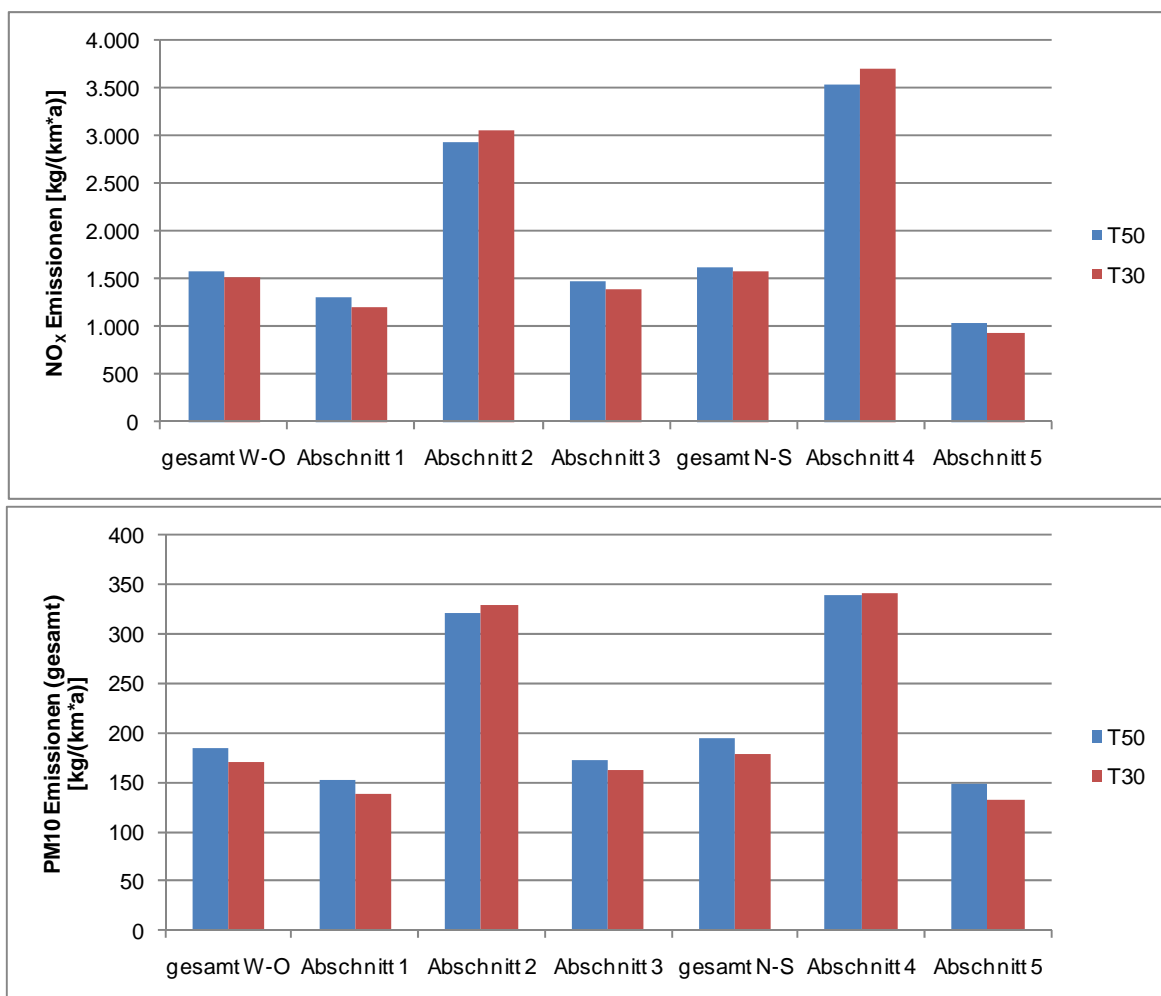
| Gesamt-<br>emissionen<br>[kg/(km*a)] | NOx                  | PM10<br>(gesamt) | NOx                  | PM10<br>(gesamt) | NOx          | PM10<br>(gesamt) |
|--------------------------------------|----------------------|------------------|----------------------|------------------|--------------|------------------|
|                                      | Fahrtrichtung Osten  |                  | Fahrtrichtung Westen |                  | gesamt       |                  |
| <b>T50 N</b>                         |                      |                  |                      |                  |              |                  |
| <b>gesamt</b>                        | <b>806</b>           | <b>92,4</b>      | <b>771</b>           | <b>91,5</b>      | <b>1.577</b> | <b>183,9</b>     |
| Abschnitt 1                          | 532                  | 72,8             | 770                  | 80,1             | 1.302        | 152,9            |
| Abschnitt 2                          | 1.676                | 171,1            | 1.246                | 150,9            | 2.922        | 322,0            |
| Abschnitt 3                          | 880                  | 89,3             | 594                  | 83,2             | 1.475        | 172,5            |
| <b>T30</b>                           |                      |                  |                      |                  |              |                  |
| <b>gesamt</b>                        | <b>842</b>           | <b>88,1</b>      | <b>680</b>           | <b>83,1</b>      | <b>1.521</b> | <b>171,2</b>     |
| Abschnitt 1                          | 625                  | 70,1             | 586                  | 68,9             | 1.211        | 139,0            |
| Abschnitt 2                          | 2.001                | 181,3            | 1.059                | 146,9            | 3.060        | 328,1            |
| Abschnitt 3                          | 739                  | 81,7             | 645                  | 80,0             | 1.383        | 161,7            |
| <b>Veränderung</b>                   |                      |                  |                      |                  |              |                  |
| <b>gesamt</b>                        | <b>4,4%</b>          | <b>-4,7%</b>     | <b>-11,8%</b>        | <b>-9,1%</b>     | <b>-3,5%</b> | <b>-6,9%</b>     |
| Abschnitt 1                          | 17,5%                | -3,7%            | -23,8%               | -13,9%           | -6,9%        | -9,1%            |
| Abschnitt 2                          | 19,4%                | 5,9%             | -15,0%               | -2,7%            | 4,7%         | 1,9%             |
| Abschnitt 3                          | -16,1%               | -8,5%            | 8,5%                 | -3,8%            | -6,2%        | -6,3%            |
| Gesamt-<br>emissionen<br>[kg/(km*a)] | NOx                  | PM10<br>(gesamt) | NOx                  | PM10<br>(gesamt) | NOx          | PM10<br>(gesamt) |
|                                      | Fahrtrichtung Norden |                  | Fahrtrichtung Süden  |                  | gesamt       |                  |
| <b>T50 N</b>                         |                      |                  |                      |                  |              |                  |
| <b>gesamt</b>                        | <b>732</b>           | <b>94,9</b>      | <b>889</b>           | <b>100,1</b>     | <b>1.621</b> | <b>195,0</b>     |
| Abschnitt 4                          | 1.487                | 158,6            | 2.039                | 180,4            | 3.526        | 339,1            |
| Abschnitt 5                          | 506                  | 74,2             | 527                  | 73,8             | 1.033        | 147,9            |
| <b>T30</b>                           |                      |                  |                      |                  |              |                  |
| <b>gesamt</b>                        | <b>773</b>           | <b>88,3</b>      | <b>799</b>           | <b>90,7</b>      | <b>1.572</b> | <b>179,0</b>     |
| Abschnitt 4                          | 1.815                | 165,9            | 1.895                | 175,4            | 3.711        | 341,2            |
| Abschnitt 5                          | 464                  | 66,4             | 464                  | 66,8             | 928          | 133,2            |
| <b>Veränderung</b>                   |                      |                  |                      |                  |              |                  |
| <b>gesamt</b>                        | <b>5,8%</b>          | <b>-7,0%</b>     | <b>-10,1%</b>        | <b>-9,4%</b>     | <b>-3,0%</b> | <b>-8,2%</b>     |
| Abschnitt 4                          | 22,9%                | 4,6%             | -7,0%                | -2,8%            | 5,3%         | 0,6%             |
| Abschnitt 5                          | -8,9%                | -10,4%           | -12,0%               | -9,5%            | -10,2%       | -10,0%           |



Wie schon bei den Emissionsfaktoren (siehe Tab. 3.2 bis Tab. 3.9) gibt es auch bei den Gesamtemissionen in den Fahrrichtungen Westen und Süden für  $\text{NO}_x$  und  $\text{PM}_{10}$  Abnahmen, die zwischen -9% und -12% liegen. In Fahrtrichtung Osten (Norden) treten bei  $\text{NO}_x$  Zunahmen von 4% (6%) und bei  $\text{PM}_{10}$  Abnahmen von -5% (-7%) auf.

Über beide Fahrrichtungen gemittelt überwiegen die Abnahmen: Auf der Ost-West-Strecke (Nord-Süd-Strecke) ergeben sich Abnahmen von -4% (-3%) bei  $\text{NO}_x$  und -7% (-8%) bei  $\text{PM}_{10}$ . Auf dem am höchsten belasteten Abschnitt 2 (4), auf dem sich die Messstation befindet, kommt es jedoch auch richtungsgemittelt zu Zunahmen. Hier sind, wie auch bei den Emissionsfaktoren und den „warmen“ Emissionen, hohe Unsicherheiten aufgrund der Kürze des Abschnitts zu beachten.

In Bild 3.12 sind die Jahresemissionen bei angenommenem Befolgungsgrad von 100% auch für die Einzelabschnitte grafisch dargestellt.



**Bild 3.12:** Jahresemission (oben:  $\text{NO}_x$ , unten:  $\text{PM}_{10}$  (gesamt)) unter Berücksichtigung von Kaltstarts sowie Aufwirbelung und Abrieb für die Ortsdurchfahrten Pleidelsheim, abgeleitet aus den mit PHEM berechneten Emissionen auf Basis der gemessenen Fahrprofile (angenommener Befolgungsgrad: 100%)

## 4 Weitere Maßnahmen zur Verstetigung des Verkehrs

Als Alternative oder Ergänzung zur Einführung eines Tempolimits 30 km/h kommen zur Senkung von Verkehrsemissionen auch verkehrsverflüssigende Maßnahmen in Betracht. Die Auswirkungen solcher Maßnahmen auf die NO<sub>x</sub>- bzw. PM10-Emissionen sollen im folgenden Kapitel untersucht werden.

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

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

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

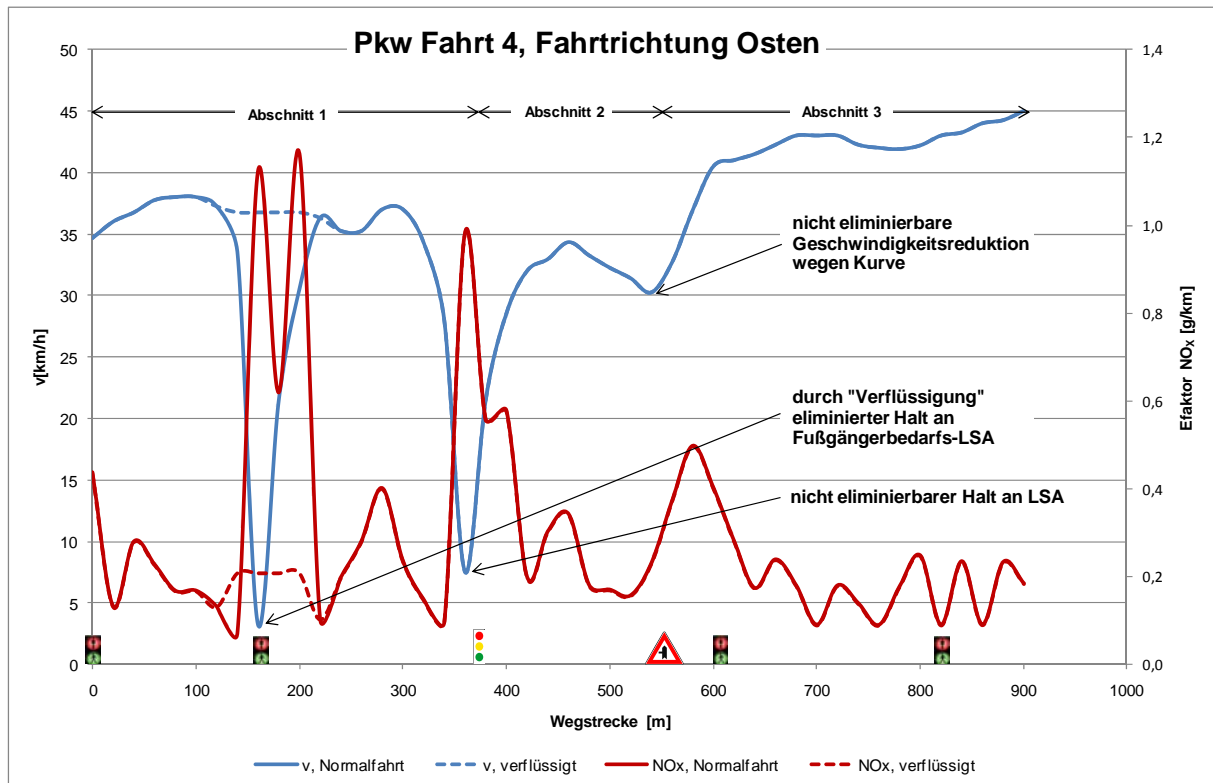
Nach Aussagen der Stadt Pleidelsheim /Pleidelsheim 2010/ ist ein Wegfall von Parkmöglichkeiten entlang der Ortsdurchfahrt keine Option zur Verkehrsverflüssigung, so dass hierzu keine weiteren Untersuchungen für Pleidelsheim durchgeführt wurden.

### 4.1 Maximales Potential für eine Verkehrsverflüssigung

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

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

Durch die Linienführung der Straße bedingte fahrdynamische „Störungen“ sowie die Halte an der vollverkehrsabhängig gesteuerten LSA am Knoten Beihinger Straße / Hauptstraße bleiben beibehalten. In den identifizierten Störungsbereichen werden mittlere Emissionsfaktoren der „ungestörten“ Fahrten angesetzt. In Bild 4.1 ist dieses Vorgehen exemplarisch für eine Pkw-Fahrt dargestellt.



**Bild 4.1:** Exemplarische Darstellung der „Verflüssigung“ der Fahrprofile und der Auswirkungen auf die NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktoren

Aus den so bestimmten Emissionsfaktoren für die „verflüssigten“ Fahrten wurden analog zum Verfahren in Kapitel 3 unter den in Abschnitt 3.5 beschriebenen Annahmen Jahresemissionen für NO<sub>x</sub> und PM<sub>10</sub> einschließlich Aufwirbelung und Abrieb berechnet. Diese sind, wie auch die Gesamtemissionen der ursprünglichen Fahrprofile, in Tab. 4.1 angegeben.

Das maximale Minderungspotential durch Verflüssigung beträgt in Richtung Ost-West (Nord-Süd) -5% (-1%) für die NO<sub>x</sub>- und -4% (-2%) für die PM<sub>10</sub>-Emissionen.

Tab. 4.1: **Maximale Verkehrsverflüssigung:** Jährliche NO<sub>x</sub>- und PM10 (gesamt)- Emissionen für die originalen T50-Fahrprofile<sup>1</sup> sowie für „verflüssigte“ Fahrprofile ohne eliminierbare Störungen (Abschnitt 1 bis 5 nach Tab. 2.1).

| Gesamt-emissionen | NO <sub>x</sub>       | PM10       | NO <sub>x</sub>                    | PM10       | NO <sub>x</sub>                        | PM10         |
|-------------------|-----------------------|------------|------------------------------------|------------|--|--------------|
|                   | [kg/(km*a)]           |            | [kg/(km*a)]                        |            | Veränderung (maximale "Verflüssigung") |              |
|                   | originale Fahrprofile |            | maximal "verflüssigte" Fahrprofile |            |  |              |
| <b>gesamt W-O</b> | <b>1.577</b>          | <b>184</b> | <b>1.507</b>                       | <b>176</b> | <b>-4,5%</b>                           | <b>-4,2%</b> |
| Abschnitt 1       | 1.302                 | 153        | 1.220                              | 146        | -6,3%                                  | -4,4%        |
| Abschnitt 2       | 2.922                 | 322        | 2.922                              | 322        | 0,0%                                   | 0,0%         |
| Abschnitt 3       | 1.475                 | 173        | 1.407                              | 165        | -4,6%                                  | -4,6%        |
| <b>gesamt N-S</b> | <b>1.704</b>          | <b>198</b> | <b>1.685</b>                       | <b>194</b> | <b>-1,1%</b>                           | <b>-1,8%</b> |
| Abschnitt 4       | 3.535                 | 339        | 3.535                              | 339        | 0,0%                                   | 0,0%         |
| Abschnitt 5       | 1.070                 | 149        | 1.046                              | 144        | -2,3%                                  | -3,2%        |

## 4.2 Auswirkungen eines Abschaltens der Fußgängerbedarfs-LSA

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

Die durch die Abschaltung der Bedarfs-LSA erreichbaren Emissionsminderungen finden sich vornehmlich im Bereich der Ampel „L 1125 / b. d. Bank“ nahe der Gemeindeverwaltung Pleidelsheim in Abschnitt 3. Diese LSA ist von Fußgängern hoch frequentiert, fast 18% aller im Zeitraum der Videoaufnahmen erfassten Fahrzeuge mussten dort ihre Geschwindigkeit signifikant reduzieren, teilweise bis zum Stillstand. Die Emissionsminderungen, die in Abschnitt 3 durch ein Abschalten dieser LSA erreichbar wären, betragen für NO<sub>x</sub> und PM10 jeweils -4%.

<sup>1</sup> Bei der Berechnung der Jahresemissionen in Tab. 3.12 wurden T50- und T30-Fahrten so gewichtet, dass vergleichbare Störungsgrade gewährleistet sind. Die Gesamtemissionen in Tab. 4.1 basieren dagegen auf allen T50-Messfahrten. Daher können im Vergleich zu Tab. 3.12 leicht abweichende Werte auftreten.

Tab. 4.2: **Verkehrsverflüssigung durch Abschalten der Bedarfs-LSA: Jährliche NO<sub>x</sub>- und PM10 (gesamt)- Emissionen für die originalen T50-Fahrprofile sowie für Profile ohne Halte an Fußgängerbedarfs-LSA (Abschnitt 1 bis 5 nach Tab. 2.1)**

| Gesamt-emissionen | NO <sub>x</sub>                      | PM10       | NO <sub>x</sub>   | PM10       | NO <sub>x</sub>                                    | PM10         |
|-------------------|--------------------------------------|------------|---|------------|--|--------------|
|                   | [kg/(km*a)]<br>originale Fahrprofile |            | [kg/(km*a)]<br>Fahrprofile ohne Halte<br>an Bedarfs-LSA |            | Veränderung<br>durch Abschalten der<br>Bedarfs-LSA |              |
| <b>gesamt W-O</b> | <b>1.577</b>                         | <b>184</b> | <b>1.557</b>  | <b>182</b> | <b>-1,3%</b>                                       | <b>-1,3%</b> |
| Abschnitt 1       | 1.302                                | 153        | 1.286   | 152        | -1,3%  | -0,9%        |
| Abschnitt 2       | 2.922                                | 322        | 2.922   | 322        | 0,0%   | 0,0%         |
| Abschnitt 3       | 1.475                                | 173        | 1.416   | 166        | -4,0%  | -4,0%        |
| <b>gesamt N-S</b> | <b>1.704</b>                         | <b>198</b> | <b>1.703</b>  | <b>197</b> | <b>0,0%</b>  | <b>-0,1%</b> |
| Abschnitt 4       | 3.535                                | 339        | 3.535   | 339        | 0,0%   | 0,0%         |
| Abschnitt 5       | 1.070                                | 149        | 1.068   | 148        | -0,2%  | -0,3%        |

Die weiteren Bedarfsampeln in Pleidelsheim werden weniger häufig betätigt, ihr Abschalten würde entsprechend nur zu geringen Emissionenreduktionen führen. Die Störungen auf Abschnitt 2 sind durch die bereits voll verkehrsabhängig gesteuerte LSA am Knoten Beihinger Straße / Hauptstraße sowie die Kurve bei der Einmündung der Mundelsheimer Straße verursacht und können durch Verflüssigungsmaßnahmen nicht weiter reduziert werden.

Insgesamt ergibt sich in Richtung Ost-West ein Einsparpotential von jeweils -1% für NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen durch ein Abschalten der Fußgängerbedarfs-LSA. In Richtung Nord-Süd ist der Effekt nahezu Null.

### 4.3 Wirkungen von Linksabbiegeverboten in Nebenstraßen

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

Die Basis für die Simulationen bildeten die Fahrprofile der normalen T50-Fahrten. Das Modell wurde mit diesen Messfahrten kalibriert, dazu wurden 455 Normalfahrten in Nord-Süd-Richtung und 922 Normalfahrten in Ost-West-Richtung simuliert. Anschließend wurden in Nord-Süd-Richtung 448 und in Ost-West-Richtung 1133 T50-Fahrten simuliert, bei denen Linksabbieger in Nebenstraßen unterdrückt wurden.

Die Simulationsergebnisse sind jeweils in Form der Parameter „mittlere Geschwindigkeit“, „RPA“, „Standzeitanzahl“ und „Konstantfahrtanteil“ für beide Messstrecken getrennt nach

Richtungen sowohl für die Normalfahrten wie auch für die nicht durch Linksabbiegen in Nebenstraßen gestörten Fahrten in Tab. 4.3 zusammengefasst.

Tab. 4.3: RPA und mittlere Geschwindigkeit  $v_m$  der simulierten Fahrprofile auf den Messstrecken, jeweils T50 Normalfahrt und T50 mit Unterdrückung der Linksabbieger ohne eigene Abbiegespur in Nebenstraßen (Abschnitt 1 bis 5 nach Tab. 2.1)

| Fahrparameter                    | Richtung Osten     |       | Richtung Westen |       | Richtung Norden    |       | Richtung Süden |       |
|----------------------------------|--------------------|-------|-----------------|-------|--------------------|-------|----------------|-------|
|                                  | Abschnitte 1 bis 3 |       |                 |       | Abschnitte 4 und 5 |       |                |       |
|                                  | Wert               | stdev | Wert            | stdev | Wert               | stdev | Wert           | stdev |
| <b>Normalfahrt T50</b>           |                    |       |                 |       |                    |       |                |       |
| RPA [ $m/s^2$ ]                  | 0,193              | 0,038 | 0,172           | 0,031 | 0,222              | 0,044 | 0,228          | 0,030 |
| $v_m$ [km/h]                     | 32,9               | 6,3   | 34,6            | 5,0   | 28,9               | 8,5   | 34,2           | 5,8   |
| Standzeitanteil                  | 18,1%              | 11,3% | 10,4%           | 8,6%  | 33,2%              | 18,3% | 11,8%          | 11,0% |
| Konstantfahrtanteil              | 70,6%              | 7,8%  | 74,7%           | 9,3%  | 62,1%              | 9,4%  | 66,3%          | 10,0% |
| <b>Linksabbieger unterdrückt</b> |                    |       |                 |       |                    |       |                |       |
| RPA [ $m/s^2$ ]                  | 0,198              | 0,036 | 0,176           | 0,031 | 0,220              | 0,045 | 0,225          | 0,037 |
| $v_m$ [km/h]                     | 31,1               | 7,2   | 34,2            | 5,0   | 26,6               | 7,0   | 32,7           | 6,6   |
| Standzeitanteil                  | 28,2%              | 13,7% | 10,9%           | 8,9%  | 28,4%              | 15,6% | 13,0%          | 12,1% |
| Konstantfahrtanteil              | 68,5%              | 7,3%  | 73,4%           | 8,8%  | 61,4%              | 9,9%  | 65,8%          | 10,1% |
| <b>Änderung</b>                  |                    |       |                 |       |                    |       |                |       |
| RPA [ $m/s^2$ ]                  | 2,8%               |       | 2,5%            |       | -0,6%              |       | -1,3%          |       |
| $v_m$ [km/h]                     | -5,4%              |       | -1,1%           |       | -7,8%              |       | -4,5%          |       |
| Standzeitanteil                  | 55,9%              |       | 4,0%            |       | -14,6%             |       | 10,2%          |       |
| Konstantfahrtanteil              | -3,0%              |       | -1,7%           |       | -1,2%              |       | -0,7%          |       |

Entgegen der Erwartung führt ein Unterdrücken von Linksabbiegern ohne eigene Abbiegespur in Nebenstraßen nicht zu einer Verstärkung des Verkehrsflusses auf der Hauptstraße: In allen Richtungen nimmt die mittlere Geschwindigkeit durch die Abbiegeverbote ab, in Ost-West-Richtung nimmt RPA zu, in Nord-Süd-Richtung nur minimal ab. Der Grund dafür ist, dass durch die Abbiegeverbote die Verkehrsmenge an der voll verkehrabhängig gesteuerten LSA am Knoten Beihinger Straße / Hauptstraße durch die unterdrückten Linksabbieger erhöht wird. Dort nehmen die Wartezeiten entsprechend zu, wie insbesondere die deutliche Zunahme des Standzeitanteils in Fahrtrichtung Osten um 56% zeigt. Die Störungen werden nur räumlich verlagert.

In Ost-West-Richtung sind aufgrund des steigenden RPA Emissionszunahmen zu erwarten, in Nord-Süd-Richtung liegen mögliche Emissionsminderungen unter einem Prozent.

## 5 Grundlagen der Immissionsberechnung

### 5.1 Einleitung

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

### 5.2 Das Screeningmodell

Ein Screening-Modell ist ein Verfahren, mit dessen Hilfe unter Vorgabe bestimmter Randbedingungen die Immissionskonzentrationen im Nahbereich von Quellen abgeschätzt werden können. Die Grundlage des hier eingesetzten Screening-Modells ISIS /Bangert 1996/ bilden so genannte Transmissionskoeffizienten, die im Vorfeld mit dem komplexen mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM /Eichhorn 1989/ für standardisierte Randbedingungen gewonnen und in einer Datenbank abgelegt werden. „Standardisierte Randbedingungen“ bedeutet, dass die Transmissionskoeffizienten für fest vorgegebene

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

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

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

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

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

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

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

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

### 5.3 Festlegung der Bebauungsstrukturen

Zur Festlegung der Bebauungsstrukturen wurden folgende Unterlagen verwendet:

- Katasterpläne
- Luftbilddaufnahmen
- Videoaufnahmen.

Auf der Basis dieser Unterlagen wurden die mittleren Gebäudehöhen für einzelne Streckenabschnitte der Beihinger Straße Hohenzollernstraße im Süden und Schillerplatz im Norden, der Marbacher Straße zwischen Schillerplatz im Westen und Schillerstraße im Osten sowie der Hauptstraße zwischen Talstraße im Westen und Beihinger Straße im Osten festgelegt. Die für die Immissionsabschätzung gewählten Streckenabschnitte sind Abschnitte mit gleich bleibenden Verkehrs- und damit Emissionswerten sowie ähnlicher Bebauungsstruktur oder Straßengeometrie. Emissionsseitig erfolgte, wie in Bild 2.1 dargestellt, eine Aufteilung in fünf Abschnitte, von denen die Abschnitte 2 und 4 identisch sind. Der Abschnitt wurde in der Emissionsrechnung als Teil der west-östlichen und der nord-südlichen Messstrecke getrennt



betrachtet, für die Immissionsrechnung werden mit den Verkehrsströmen gemittelte Werte verwendet. Des Weiteren wurden drei der vier Abschnitte wegen deutlich unterschiedlicher Bebauungsstrukturen und Straßengeometrien in Unterabschnitte unterteilt:

- ID 1\_1 zwischen Kanalstraße und Römerstraße,
- ID 1\_2 zwischen Römerstraße und Beihingerstraße,
- ID 3\_1 zwischen Mundelsheimerstraße und Friedrichstraße,
- ID 3\_2 zwischen Friedrichstraße und Schillerstraße und
- ID 3\_3 zwischen Schillerstraße und Blumenstraße.
- ID 5\_1 zwischen Johann-Glock-Straße und Hauptstraße,
- ID 5\_2 zwischen Hohenzollernstraße und Johann-Glock-Straße,

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

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

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

## 5.4 Möglichkeiten und Grenzen des Screening-Modells

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

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

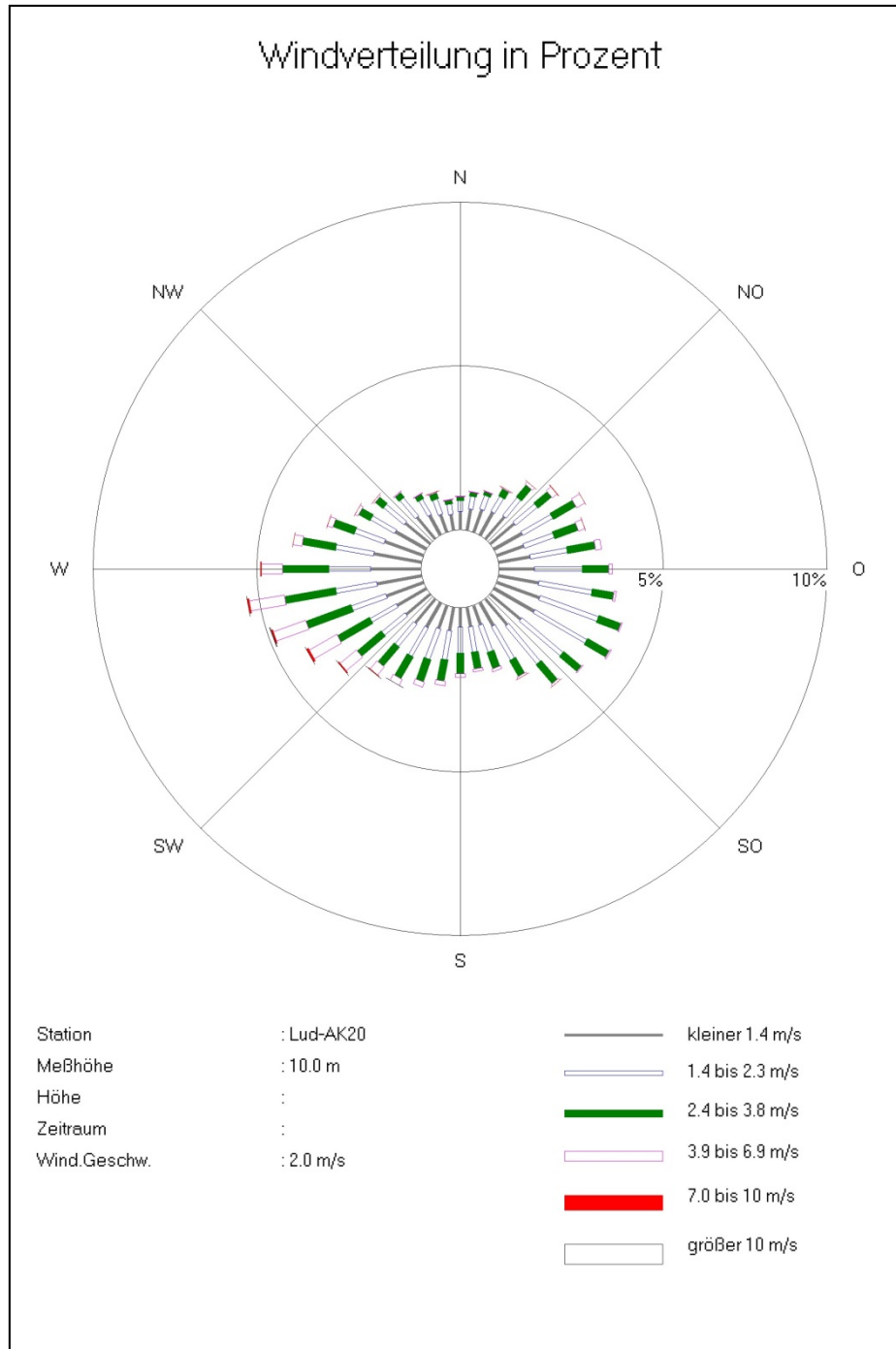
## **6 Berechnung statistischer Kenngrößen der Immissions-Gesamtbelastung**

### **6.1 Ermittlung der Jahresmittelwerte**

#### **6.1.1 Windstatistik**

Für die Berechnung statistischer Kennwerte mit dem Screening-Modell sollten meteorologische Daten herangezogen werden, die für das Untersuchungsgebiet repräsentativ sind. Nächstgelegene Messstationen sind die Stationen Ludwigsburg und Bietigheim. Bei Bietigheim handelt es sich lediglich um eine einjährige Messreihe, bei Ludwigsburg um eine 10-jährige Messreihe. Die Hauptwindrichtungen in Ludwigsburg sind, topografisch bedingt, Nordwest und Südost. Synthetische Ausbreitungsklassenstatistiken, die von der ARGE IB Rau/METCON flächendeckend in einem Raster von 500 m x 500 m für das ganze Land Baden-Württemberg erstellt wurden, zeigen für den Raum Pleidelsheim eher Winde aus West und Ost-südost und geben damit die auf Grund der Topographie zu erwartenden Windverteilungen realistisch wieder. Bei Drehung der in Ludwigsburg gemessenen Windrose um ca. 20° im Gegenuhrzeigersinn erhält man eine Verteilung mit dem Hauptmaximum aus West und dem Nebenmaximum aus Ost bis Südost. Da im Rahmen des bisher vorliegenden Luftreinhalteplans für Pleidelsheim mit den Ludwigsburger Messdaten gerechnet wurde, wurden auch hier aus Konsistenzgründen diese Daten zugrunde gelegt.

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



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

## 6.1.2 Hintergrundbelastung

Die Berechnungen mit ISIS liefern als Ergebnis die durch die Straßenemissionen eines Streckenabschnitts verursachten Immissionszusatzbelastungen. Die Immissionsgesamtbelastung an einem Ort ergibt sich durch Überlagerung der berechneten Zusatzbelastung mit

der Hintergrundbelastung, die durch Gewerbe und Industrie, Hausbrand sowie die Kfz-Immissionen außerhalb des Untersuchungsgebietes bestimmt wird.

In Absprache mit dem RP Stuttgart wurden die Hintergrundbelastungswerte, die großräumig durch das Ingenieurbüro Lohmeyer im Bereich der Messstelle, ebenfalls mit einem Screening-Modell, berechnet wurden, herangezogen. Danach liegt die Hintergrundbelastung für das NO<sub>2</sub>-Jahresmittel bei 32,7 µg/m<sup>3</sup>. Für das Jahresmittel von PM10 wurde für das Jahresmittel im Bereich der Messstelle in der Beihinger Straße ein Wert von 20,5 µg/m<sup>3</sup> ermittelt.

### **6.1.3 Bestimmung der Gesamtbelastung**

Mit den charakteristischen Werten für die Hintergrundbelastung werden durch Überlagerung mit den berechneten Zusatzbelastungswerten aus ISIS die statistischen Kenngrößen (Jahresmittelwerte für PM10 und NO<sub>x</sub>) der Gesamtbelastung zum Vergleich mit den Grenzwerten berechnet. Die Überlagerung der Hintergrundbelastungswerte mit den Zusatzbelastungswerten erfolgt durch Addition der Jahresmittelwerte.

Da mit ISIS nur die Ausbreitung inerter Schadstoffe simuliert werden kann, andererseits jedoch die Konzentrationen des reaktiven Schadstoffs NO<sub>2</sub> bestimmt und beurteilt werden soll, muss bei der Berechnung der statistischen Kenngrößen für NO<sub>2</sub> die NO-NO<sub>2</sub>-Konversion berücksichtigt werden. Die chemische Umwandlung von NO<sub>x</sub> nach NO<sub>2</sub> ist äußerst komplex und von einer Reihe von Parametern wie UV-Strahlung, Ozonwert, Temperatur, um nur einige zu nennen, abhängig. Im Rahmen dieser Screening-Berechnungen erfolgt die Umwandlung mittels des empirischen Modelansatzes nach Düring /DÜRING 2009/, das den NO-NO<sub>2</sub>-Umwandlungsgrad als Funktion der NO<sub>x</sub>-Gesamtimmission und der O<sub>3</sub>-Hintergrundkonzentration beschreibt.

### **6.1.4 Beurteilungsgrundlage**

Für die Beurteilung der Immissionskonzentrationen von NO<sub>2</sub> und PM10 werden die Grenzwerte der EU-Richtlinie 2008/50/EG herangezogen, die mit der 39. BImSchV in deutsches Recht umgesetzt wurde und seit 06.08.2010 in Kraft getreten ist. Die Grenzwerte sind in Tab. 6.1 zusammengestellt. Wie aus Tab. 6.1 zu entnehmen ist, müssen die Grenzwerte für NO<sub>2</sub> seit Beginn des Jahres 2010 eingehalten werden. Die Grenzwerte für PM10 gelten seit Anfang 2005.

Tab. 6.1: Lufthygienische Grenzwerte der EU-Richtlinie (39. BImSchV) für die verkehrsrelevanten Luftschadstoffe NO<sub>2</sub> und PM<sub>10</sub>

| Luftschadstoff               | Immissionswert                                | Statistische Definition   | Zeitpunkt, seit dem der Grenzwert eingehalten werden muss |
|------------------------------|---|---|---|
| NO <sub>2</sub>              | 40 µg/m <sup>3</sup><br>200 µg/m <sup>3</sup> | Jahresmittelwert (Kalenderjahr)<br>1 Stunde; 200 µg/m <sup>3</sup> dürfen bis zu 18 mal im Kalenderjahr überschritten werden  | gültig seit 01.01.2010<br>gültig seit 01.01.2010          |
| Partikel (PM <sub>10</sub> ) | 40 µg/m <sup>3</sup><br>50 µg/m <sup>3</sup>  | Jahresmittelwert (Kalenderjahr)<br>24 Stunden; 50 µg/m <sup>3</sup> dürfen bis zu 35 mal im Kalenderjahr überschritten werden | gültig seit 01.01.2005<br>gültig seit 01.01.2005          |

### 6.1.5 Berechnung von Kurzzeitwerten der Gesamtbelastung

Die 39. BImSchV, deren Grenzwerte für die Immissionsbeurteilung relevant sind, enthält neben den Immissionsgrenzwerten für die Jahresmittelwerte von NO<sub>2</sub> und PM<sub>10</sub> auch Immissionsgrenzwerte für den Kurzzeitwert (Mittelungszeit 1 Stunde) von NO<sub>2</sub>, der nicht öfter als 18 mal im Kalenderjahr überschritten werden darf (entspricht einem 99,8%-Wert), sowie für den Tagesmittelwert von PM<sub>10</sub>, der nicht öfter als 35 mal im Kalenderjahr überschritten werden darf. Mit den vorliegenden Eingangsdaten und dem eingesetzten Berechnungsverfahren können direkt keine Kurzzeitwerte bestimmt werden. Hierzu wären eine meteorologische Zeitreihe, Zeitreihen der Stundenmittelwerte der Vorbelastung sowie detaillierte, möglichst stundenfeine Informationen bzgl. des Verkehrsablaufs notwendig. Diese Datengrundlage wäre nur mit großem Aufwand zu erstellen.

Aus den in Deutschland in den Jahren 2001 bis 2008 gemessenen NO<sub>2</sub>-Stundenmittelwerten und NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerten lässt sich zumindest ableiten, dass bei einem Jahresmittelwert unter 60 µg/m<sup>3</sup> der Kurzzeitgrenzwert sicher eingehalten wird, wohingegen bei Jahresmittelwerten über 80 µg/m<sup>3</sup> von Überschreitungen des Kurzzeit-Grenzwertes ausgegangen werden muss /LUBW 2011/.

Es gibt jedoch empirische Ansätze, mit deren Hilfe eine Angabe zur Anzahl der Überschreitungen der Kurzzeitgrenzwerte für NO<sub>2</sub> und PM<sub>10</sub> möglich ist.

Bei PM<sub>10</sub> ist es derzeit Standard, den 90,4%-Wert auf der Basis des Jahresmittelwertes abzuschätzen. Die Auswertung umfangreicher Messungen von kontinuierlich betriebenen Dauermessstellen in Deutschland und europäischen Nachbarländern zeigt einen funktionalen Zusammenhang zwischen dem 90,4%-Wert der Tagesmittelwerte vom Jahresmittelwert. Bei einem zulässigen 24-Stundenwert von 50 µg/m<sup>3</sup> liegen die Schwellenwerte für den Jahresmittelwert etwa zwischen 28 und 31 µg/m<sup>3</sup>. Das LANUV NRW kommt auf Grund der neueren

Auswertung der PM10-Messungen von bundesweit über 1000 Messstellen zu dem Ergebnis, dass ab einem Jahresmittel von  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in über 90% der Fälle von mehr als 35 Überschreitungstagen ausgegangen werden kann.

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

## 7 Ergebnisse und Bewertung der Immissionsberechnungen

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

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

| ID Straße              | Jahresmittlere Konzentrationen in µg/m <sup>3</sup> |      |      |                      | Reduktion gegenüber T50 |                      |
|------------------------|---|------|------|----------------------|-------------------------|----------------------|
|                        | Berechnungsfall                                     |      |      |                      | Berechnungsfall         |                      |
|                        |   | T50  | T30  | T50 ohne Bedarfs-LSA | T30                     | T50 ohne Bedarfs-LSA |
| 1_1 Hauptstraße        | NO <sub>2</sub>                                     | 48,7 | 47,9 | 48,6                 | -1,6%                   | -0,2%                |
|                        | PM10  | 24,7 | 24,4 | 24,7                 | -1,2%                   | 0,0%                 |
| 1_2 Hauptstraße        | NO <sub>2</sub>                                     | 48,0 | 47,2 | 47,8                 | -1,7%                   | -0,4%                |
|                        | PM10  | 24,4 | 24,1 | 24,4                 | -1,2%                   | 0,0%                 |
| 2 (4) Beihinger Straße | NO <sub>2</sub>                                     | 62,9 | 64,1 | 62,9                 | 1,9%                    | 0,0%                 |
|                        | PM10  | 29,7 | 30,0 | 29,7                 | 1,0%                    | 0,0%                 |
| 3_1 Marbacher Straße   | NO <sub>2</sub>                                     | 50,1 | 49,3 | 49,6                 | -1,6%                   | -1,0%                |
|                        | PM10  | 24,9 | 25,0 | 24,9                 | 0,4%                    | 0,0%                 |
| 3_2 Marbacher Straße   | NO <sub>2</sub>                                     | 42,3 | 41,9 | 42,1                 | -0,9%                   | -0,5%                |
|                        | PM10  | 22,4 | 22,4 | 22,4                 | 0,0%                    | 0,0%                 |
| 3_3 Marbacher Straße   | NO <sub>2</sub>                                     | 46,7 | 46,1 | 46,3                 | -1,3%                   | -0,9%                |
|                        | PM10  | 23,8 | 23,9 | 23,8                 | 0,4%                    | 0,0%                 |
| 5_1 Beihinger Straße   | NO <sub>2</sub>                                     | 49,0 | 47,8 | 48,9                 | -2,4%                   | -0,2%                |
|                        | PM10  | 25,5 | 25,0 | 25,4                 | -2,0%                   | -0,4%                |
| 5_2 Beihinger Straße   | NO <sub>2</sub>                                     | 43,9 | 43,1 | 43,9                 | -1,8%                   | 0,0%                 |
|                        | PM10  | 23,4 | 23,2 | 23,4                 | -0,9%                   | 0,0%                 |

Im Basisfall T50 werden mit ISIS für den Streckenabschnitt ID 2 (4) mit 62,9 µg/m<sup>3</sup> bzw. 29,7 µg/m<sup>3</sup> die höchsten Jahresmittelwerte für NO<sub>2</sub> bzw. PM10 berechnet. Der Grenzwert für das Jahresmittel von NO<sub>2</sub> wird in diesem Streckenabschnitt wie auch in allen anderen betrachteten Streckenabschnitten im Analysejahr überschritten. Die berechneten Jahresmittelwerte für PM10 unterschreiten dagegen den Grenzwert für das Jahresmittel von 40 µg/m<sup>3</sup> sicher. Die Jahresmittelwerte liegen in allen Streckenabschnitten unter dem in Abschnitt 6.1.5 diskutierten Schwellenwert von 30 µg/m<sup>3</sup>. In Abschnitt 2 (4) wird der Schwellen-



wert von  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nur knapp unterschritten. Bis auf diesen Abschnitt ist eine Einhaltung der maximal zulässigen 35 Überschreitungen des Kurzzeitwertes für PM10 sichergestellt. In Streckenabschnitt 2 (4) liegt der Messpunkt, an dem in den letzten Jahren Spotmessungen durchgeführt wurden. Gemessen wurden in den Jahren 2007 bis 2010  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte von 57, 64, 66 und  $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sowie PM10-Jahresmittelwerte von 31, 30, 32 und  $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Die mit ISIS für diesen Abschnitt berechneten Konzentrationen, basierend auf mittleren meteorologischen Verhältnissen, geben mit  $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für  $\text{NO}_2$  und  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM10 diese Wertespanne ( $57\text{-}66 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für  $\text{NO}_2$  und  $30\text{-}32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM10) sehr gut wieder.

An der Messstelle wurde im Jahr 2009 für  $\text{NO}_2$  mit  $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ein sehr hoher Jahresmittelwert gemessen. Dabei wurde der 1-h-Wert 17 mal überschritten. Daraus lässt sich ableiten, dass im gegebenen Fall in etwa bei einem Jahresmittel unter  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sicher von einer Einhaltung des Kurzzeitgrenzwertes ausgegangen werden kann. Für PM10 wurden bei einem Jahresmittel von  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  41 Überschreitungen des Kurzzeitwertes festgestellt. Daraus lässt sich ableiten, dass im Bereich der Messstelle die maximal zulässigen 35 Überschreitungen des Tagesmittelwertes mit hoher Wahrscheinlichkeit bei einem Schwellenwert von  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eingehalten werden.

Auf die berechneten Immissionskonzentrationen übertragen bedeutet dies, dass in dem Abschnitt ID 2 (4) mit den höchsten, berechneten Immissionskonzentrationen mit hoher Wahrscheinlichkeit bei allen drei Szenarien der Kurzzeitwert für  $\text{NO}_2$  eingehalten wird. Allerdings ist bei PM10 bei allen drei Szenarien mit einer Überschreitung des Kurzzeitwertes zu rechnen.

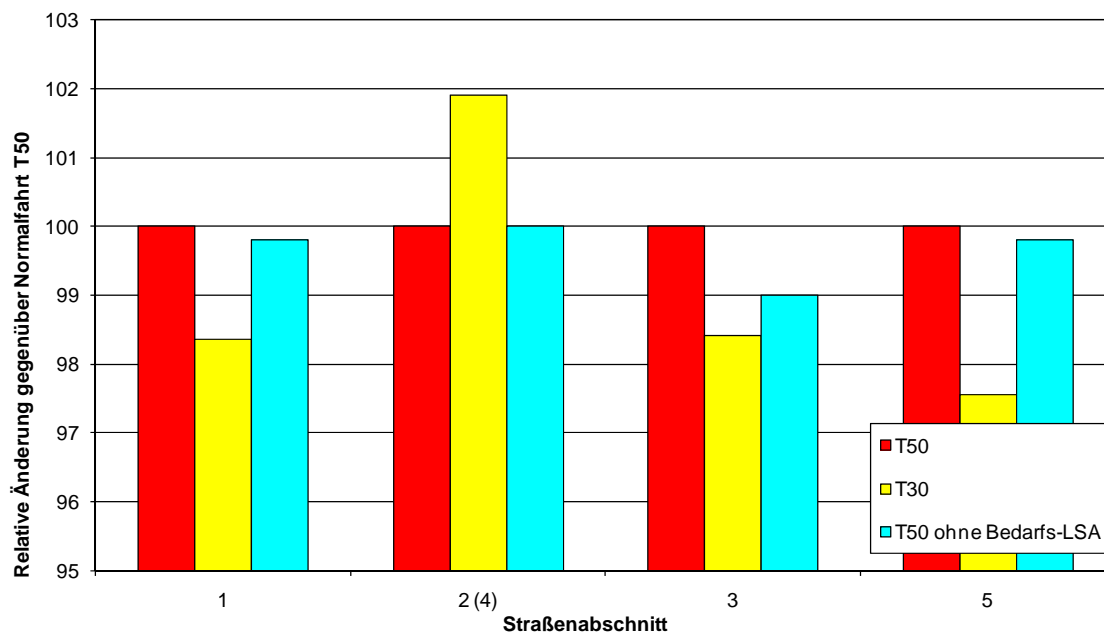
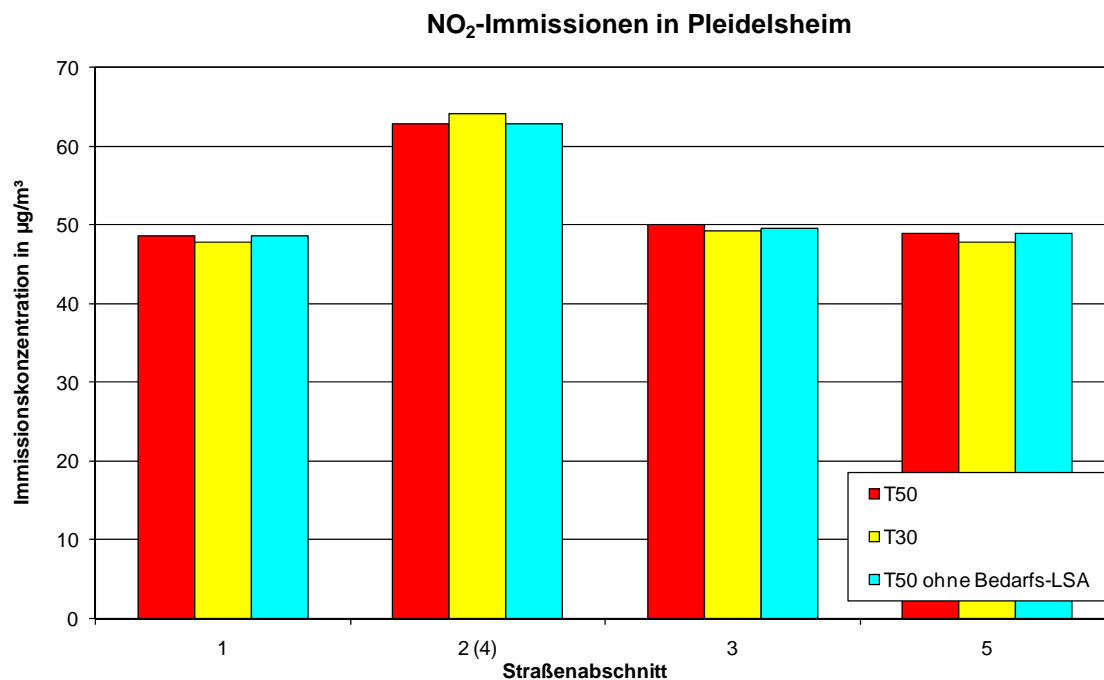


Bild 7.1: Zusammenstellung der für die betrachteten Straßenabschnitte und Szenarien berechneten maximal zu erwartenden Jahresmittelwerte für NO<sub>2</sub> in µg/m<sup>3</sup> sowie Änderungen gegenüber dem Basisfall T50 in [%]

### PM10-Immissionen in Pleidelsheim

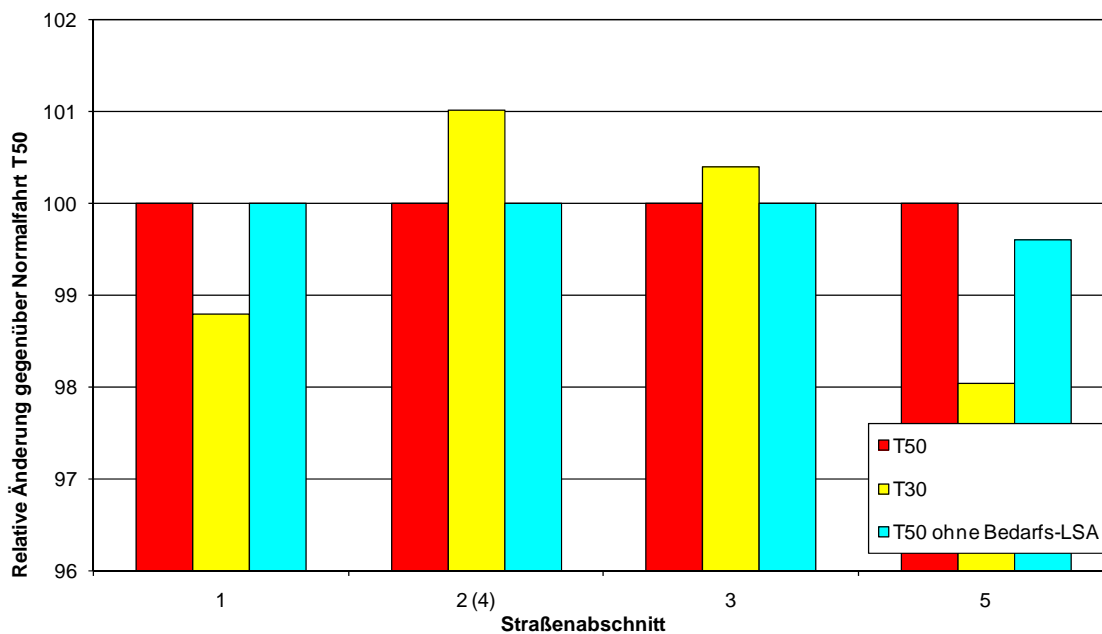
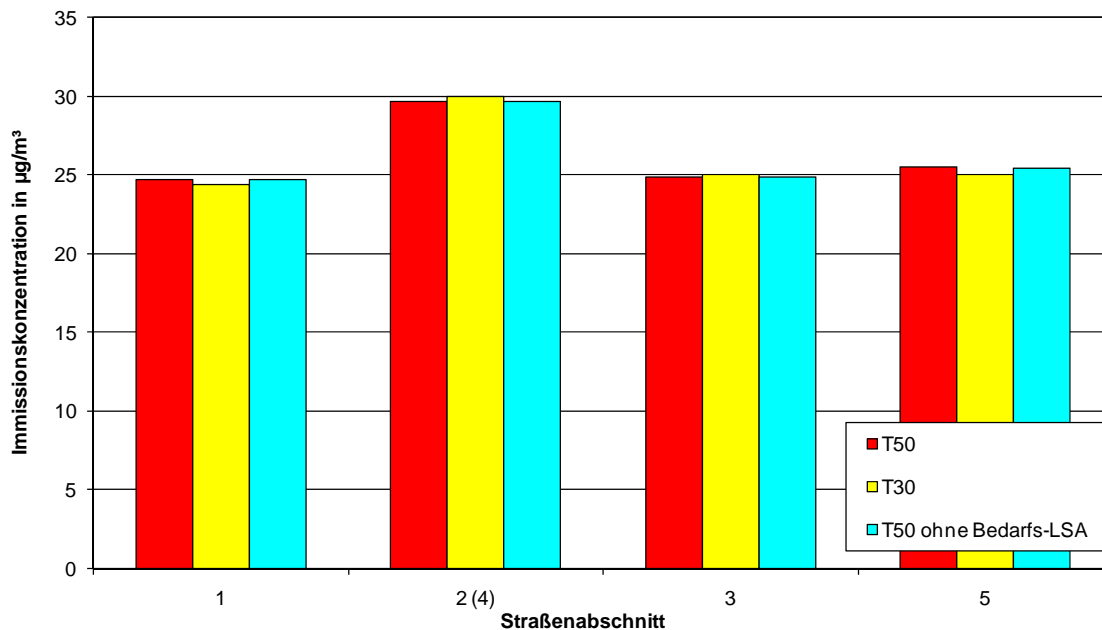


Bild 7.2: Zusammenstellung der für die betrachteten Straßenabschnitte und Szenarien berechneten maximal zu erwartenden Jahresmittelwerte für PM10 in µg/m³ sowie Änderungen gegenüber dem Basisfall T50 in [%]

In Bild 7.1 bzw. Bild 7.2 sind die jahresmittleren Immissionskonzentrationen (oben) sowie die relativen Anteile bezogen auf den Basisfall T50 (unten) für NO<sub>2</sub> bzw. PM10 grafisch dargestellt. Bei den in mehrere Abschnitte unterteilten Straßen wurde jeweils der am höchsten belastete Abschnitt ausgewählt.

Der Vergleich von T30 mit T50 zeigt Folgendes (s. Tab.7.1 sowie Bild 7.1):

- Die Auswirkungen von Tempo 30 auf die Immissionen sind wie bei den Emissionen auf den einzelnen Streckenabschnitten unterschiedlich.
- Bis auf den Straßenabschnitt, in dem die Messstelle steht (ID 2 (4)), ist für NO<sub>2</sub> in allen Abschnitten ein leichter Rückgang der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen feststellbar. In dem Straßenabschnitt ID 2 (4) nimmt die NO<sub>2</sub>-Konzentration um 2% zu. Bei PM10 sind in den einzelnen Straßenabschnitten zum Teil Zu-, zum Teil Abnahmen für T30 gegenüber T50 zu verzeichnen. In Abschnitt ID 2 (4) wird bei PM10 mit 1% die stärkste Zunahme berechnet.
- In keinem Streckenabschnitt führt die Einführung von T30 dazu, dass der Grenzwert für die Jahresmittlere NO<sub>2</sub> Konzentration eingehalten werden kann.
- Bei PM10 wird der Grenzwert für das Jahresmittel deutlich unterschritten. Bis auf ID 2 (4) wird der Kurzzeitwert sicher eingehalten.

Die Auswirkungen einer Verflüssigung durch Abschalten aller Fußgängerbedarfs-LSA bei T50 auf die Immissionskonzentrationen sind folgende:

- Die Verflüssigung bringt gegenüber dem Basisfall T50 bei NO<sub>2</sub> im Jahresmittel Reduktionen zwischen 0 und 1,1% und bei PM10 zwischen 0 und 0,4%. Insgesamt ist die Wirkung einer Verflüssigung sehr gering.

Zusammenfassend führt Tempo 30 für NO<sub>2</sub> nur zu geringen Veränderungen, und zwar sowohl zu leichten Zunahmen (Abschnitt ID 2 (4)) als auch zu leichten Abnahmen der Immissionskonzentrationen. Eine Verflüssigung würde überall zu leichten Abnahmen führen. Trotzdem wird in allen Streckenabschnitten der Grenzwert für das Jahresmittel von NO<sub>2</sub> immer noch überschritten. Für PM10 verändern sich die Immissionskonzentrationen für Tempo 30 bzw. T50 mit Verflüssigung nur wenig gegenüber Tempo 50.

## 8 Zusammenfassung

Im neuen Emissionsfaktoren-Handbuch HBEFA3.1 gibt es noch keine Emissionsfaktoren für T30 auf Hauptverkehrsstraßen. Daher wurden zur Ermittlung der Auswirkungen eines Tempolimits von 30 km/h auf den Ortsdurchfahrten von Pleidelsheim (West-Ost-Richtung: L 1125: Hauptstraße, Beihinger Straße, Schillerplatz, Marbacher Straße, sowie Nord-Süd-Richtung: L 1129: Beihinger Straße) am 28.9.2010 mit einem Pkw Messfahrten zur Aufnahme von Fahrprofilen ( $v=f(t)$ ) mit Tempo 50 und Tempo 30 „fiktiv“ sowie Lkw-Verfolgungsfahrten durchgeführt. Zusätzlich wurden manuelle Kurzzeitmessungen mit Differenzierung nach Fahrzeugarten vorgenommen und die Strecke mit Video und Digitalkamera erfasst und dokumentiert.

Basierend auf den erhobenen Fahrprofilen wurden mit dem Modell PHEM (Passenger car and Heavy duty Emission Model) der TU Graz die Abgasemissionen sekundlich berechnet. Unter Berücksichtigung der lokalen dynamischen Fahrzeugbestände und der bei den Zählungen erhobenen Verkehrsstärken wurden „warme“ Abgas-Emissionsfaktoren sowie jährliche Emissionen (unter Einbeziehung von Kaltstarts) für  $\text{NO}_x$  und  $\text{PM}_{10}$  (einschließlich Aufwirbelung und Abrieb) berechnet.

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

Für die Ortsdurchfahrten Pleidelsheim ergeben sich bei den Gesamtemissionen inklusive Kaltstartzuschlägen sowie Aufwirbelung und Abrieb (in Anlehnung an /BAST 2009/) in den Fahrrichtungen Westen und Süden für  $\text{NO}_x$  und  $\text{PM}_{10}$  Abnahmen, die zwischen -9% und -12% liegen. In Fahrtrichtung Osten (Norden) treten bei  $\text{NO}_x$  Zunahmen von 4% (6%) und bei  $\text{PM}_{10}$  Abnahmen von -5% (-7%) auf. Über beide Fahrtrichtungen gemittelt überwiegen die Abnahmen: Auf der Ost-West-Strecke (Nord-Süd-Strecke) ergeben sich daraus resultierende Abnahmen von -4% (-3%) bei  $\text{NO}_x$  und -7% (-8%) bei  $\text{PM}_{10}$ .

Zur Abschätzung der Auswirkungen zusätzlicher verkehrsverflüssigender Maßnahmen wurde als Maximalfall ein Abschalten aller Fußgängerbedarfs-LSA entlang der Messstrecken angenommen. Dies führt auf der Ost-West-Strecke zu Reduktionen der Emissionen von ca. -1% sowohl bei  $\text{NO}_x$  wie auch bei  $\text{PM}_{10}$ , in Richtung Nord-Süd ist der Effekt noch geringer. Diese Emissionsminderungen finden sich vornehmlich im Bereich der Bedarfs-LSA „L 1125 / b. d. Bank“ nahe der Gemeindeverwaltung Pleidelsheim in Abschnitt 3. Die durch ein Abschalten dieser LSA in Abschnitt 3 erreichbaren Emissionsminderungen betragen für  $\text{NO}_x$  und  $\text{PM}_{10}$  jeweils -4%.

Emissionsmindernde Wirkungen aufgrund von Linksabbiegeverboten sind nicht zu erwarten, da die Störungen räumlich verlagert werden. Nach Aussagen der Stadt Pleidelsheim ist ein Wegfall von Parkmöglichkeiten entlang der Ortsdurchfahrt keine Option zur Verkehrsverflüssigung.

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

Aufgrund der Beiträge der Hintergrundbelastung führen die Emissionsänderungen durch T30 selbst unter Annahme eines Befolgungsgrads von 100% nur zu geringen Änderungen der Konzentrationen: Bis auf den Straßenabschnitt, in dem die Messstelle steht, ist für NO<sub>2</sub> in allen Abschnitten ein leichter Rückgang der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen zwischen -1% und -2% feststellbar. In dem Straßenabschnitt, der die Messstation enthält, nimmt die NO<sub>2</sub>-Konzentration um 2% zu. Bei PM10 sind in den einzelnen Straßenabschnitten zum Teil geringe Zu-, zum Teil geringe Abnahmen für T30 gegenüber T50 zu verzeichnen, die jeweils zwischen -2% und +1% liegen.

In keinem Streckenabschnitt führt die Einführung von T30 dazu, dass der Grenzwert für die Jahresmittlere NO<sub>2</sub> Konzentration eingehalten werden kann. Bei PM10 wird der Grenzwert für das Jahresmittel deutlich unterschritten. Bis auf den Abschnitt, der die Messstation enthält, wird der Kurzzeitwert sicher eingehalten.

Ein Abschalten der Fußgängerbedarfs-LSA würde überall zu leichten Abnahmen führen: Die Verflüssigung bringt gegenüber dem Basisfall T50 bei NO<sub>2</sub> im Jahresmittel Reduktionen zwischen 0 und -1,1% und bei PM10 zwischen 0 und -0,4%. Insgesamt ist die Wirkung einer Verflüssigung sehr gering.

## Literaturverzeichnis

### AVISO 2009

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

### BANGERT ET AL. 1996

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

### BAST 2009

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

### 39. BIMSCHV 2010

Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen). In: BGBl. I S. 1065 (Nr. 40) vom 02.08.2010

### DÜRING 2009

Tendenzen der NO<sub>2</sub>-Belastung in Brandenburg von 1997 bis 2020. Immissionsschutz 3-10.

### EICHHORN 1989

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

### HBEFA 2010

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

### LENSING 2003

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

### LUBW 2011

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

### LUTZ 2010

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

### Pleidelsheim 2010

Email von Ralf Trettner, Bürgermeister von Pleidelsheim, 2010

### TRAFFGO 1992

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