

**Ingenieurbüro Lohmeyer  
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,  
Aerodynamik, Umweltsoftware**

An der Roßweid 3, D - 76229 Karlsruhe

Telefon: +49 (0) 721 / 6 25 10 - 0

E-Mail: [info.ka@lohmeyer.de](mailto:info.ka@lohmeyer.de)

URL: [www.lohmeyer.de](http://www.lohmeyer.de)

**Messstelle nach §§ 26, 28 BImSchG**

**Emissions-/ Immissionsgutachten**

**ERGÄNZENDE AUSARBEITUNGEN ZUM  
LUFTREINHALTE-/AKTIONSPLAN  
FÜR DEN REGIERUNGSBEZIRK  
STUTTGART,  
TEILPLAN MARKGRÖNINGEN**

Auftraggeber: Regierungspräsidium Stuttgart  
Postfach 800709  
70507 Stuttgart

Dipl.-Umweltwiss. A. Friedrich  
Dipl.-Geogr. T. Nagel

Dr.-Ing. W. Bächlin

September 2013  
Projekt 62438-13-01  
Berichtsumfang 46 Seiten

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN .....</b>	<b>3</b>
<b>1 ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>6</b>
<b>2 AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>8</b>
<b>3 EINGANGSDATEN UND EMISSIONSFAKTOREN .....</b>	<b>9</b>
3.1 Lagedaten.....	9
3.2 Verkehr .....	11
3.3 Fahrzeugflotte.....	11
3.4 Emissionsfaktoren.....	16
3.4.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren .....	18
3.4.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren .....	18
3.4.3 Emissionsfaktoren mit möglichen technischen Minderungen .....	19
3.5 Meteorologische Daten .....	21
<b>4 AUSWIRKUNGEN DER MASSNAHME.....</b>	<b>23</b>
4.1 Auswirkungen auf Emissionen der Straßenabschnitte.....	23
4.2 Auswirkungen auf Immissionen an den Hauptverkehrsstraßen .....	25
<b>5 LITERATUR .....</b>	<b>30</b>
<b>A1 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION .....</b>	<b>34</b>
<b>A2 IMMISSIONSDARSTELLUNGEN FÜR DAS HAUPTVERKEHRSSTRASSEN- NETZ MARKGRÖNINGEN .....</b>	<b>42</b>

Hinweise:

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch Name und Jahreszahl zitiert. Im Kapitel Literatur findet sich dann die genaue Angabe der Literaturstelle.

Es werden Dezimalpunkte (= wissenschaftliche Darstellung) verwendet, keine Dezimalkommas. Eine Abtrennung von Tausendern erfolgt durch Leerzeichen.

## **ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN**

### **Emission / Immission**

Als Emission bezeichnet man die von einem Fahrzeug ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Gramm Schadstoff pro Kilometer oder bei anderen Emittenten in Gramm pro Stunde. Die in die Atmosphäre emittierten Schadstoffe werden vom Wind verfrachtet und führen im umgebenden Gelände zu Luftschadstoffkonzentrationen, den so genannten Immissionen. Diese Immissionen stellen Luftverunreinigungen dar, die sich auf Menschen, Tiere, Pflanzen und andere Schutzgüter überwiegend nachteilig auswirken. Die Maßeinheit der Immissionen am Untersuchungspunkt ist  $\mu\text{g}$  (oder  $\text{mg}$ ) Schadstoff pro  $\text{m}^3$  Luft ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$  oder  $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

### **Hintergrundbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung**

Als Hintergrundbelastung werden im Folgenden die Immissionen bezeichnet, die bereits ohne die Emissionen des Straßenverkehrs auf den betrachteten Straßen an den Untersuchungspunkten vorliegen. Die Zusatzbelastung ist diejenige Immission, die ausschließlich vom Verkehr auf dem zu untersuchenden Straßennetz oder der zu untersuchenden Straße hervorgerufen wird. Die Gesamtbelastung ist die Summe aus Hintergrundbelastung und Zusatzbelastung und wird in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  oder  $\text{mg}/\text{m}^3$  angegeben.

### **Grenzwerte / Vorsorgewerte**

Grenzwerte sind zum Schutz der menschlichen Gesundheit vom Gesetzgeber vorgeschriebene Beurteilungswerte für Luftschadstoffkonzentrationen, die nicht überschritten werden dürfen, siehe z.B. Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Vorsorgewerte stellen zusätzliche Beurteilungsmaßstäbe dar, die zahlenmäßig niedriger als Grenzwerte sind und somit im Konzentrationsbereich unterhalb der Grenzwerte eine differenzierte Beurteilung der Luftqualität ermöglichen.

### **Jahresmittelwert / Kurzzeitwert (Äquivalentwert)**

An den betrachteten Untersuchungspunkten unterliegen die Konzentrationen der Luftschadstoffe in Abhängigkeit von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Verkehrsaufkommen etc. ständigen Schwankungen. Die Immissionskenngrößen Jahresmittelwert und weitere Kurzzeitwerte charakterisieren diese Konzentrationen. Der Jahresmittelwert stellt den über das Jahr gemittelten Konzentrationswert dar. Eine Einschränkung hinsichtlich Beurteilung der Luftqualität mit Hilfe des Jahresmittelwertes besteht darin, dass er nichts über Zeiträume mit hohen Konzentrationen aussagt. Eine das ganze Jahr über konstante Konzentration kann

zum gleichen Jahresmittelwert führen wie eine zum Beispiel tagsüber sehr hohe und nachts sehr niedrige Konzentration.

Die Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV) fordert die Einhaltung von Kurzzeitwerten in Form des Stundenmittelwertes der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen von 200 µg/m<sup>3</sup>, der nicht mehr als 18 Stunden pro Jahr überschritten werden darf, und des Tagesmittelwertes der PM10-Konzentration von 50 µg/m<sup>3</sup>, der maximal an 35 Tagen überschritten werden darf. Da diese Werte derzeit nicht direkt berechnet werden können, erfolgt die Beurteilung hilfsweise anhand von abgeleiteten Äquivalentwerten auf Basis der Jahresmittelwerte bzw. 98-Perzentilwerte (Konzentrationswert, der in 98% der Zeit des Jahres unterschritten wird). Diese Äquivalentwerte sind aus Messungen abgeleitete Kennwerte, bei deren Unterschreitung auch eine Unterschreitung der Kurzzeitwerte erwartet wird.

### **Verkehrssituation**

Emissionen und Kraftstoffverbrauch der Kraftfahrzeuge (Kfz) hängen in hohem Maße vom Fahrverhalten ab, das durch unterschiedliche Betriebszustände wie Leerlauf im Stand, Beschleunigung, Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit, Bremsverzögerung etc. charakterisiert ist. Das typische Fahrverhalten kann zu so genannten Verkehrssituationen zusammengefasst werden. Verkehrssituationen sind durch die Merkmale eines Straßenabschnitts wie Geschwindigkeitsbeschränkung, Ausbaugrad, Vorfahrtregelung etc. charakterisiert. In der vom Umweltbundesamt herausgegebenen Datenbank „Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ sind für verschiedene Verkehrssituationen Angaben über Schadstoffemissionen angegeben.

### **Feinstaub / PM10 / PM2.5**

Mit Feinstaub bzw. PM10 / PM2.5 werden alle Partikel bezeichnet, die einen gröÙenselektierenden Lufterlass passieren, der für einen aerodynamischen Partikeldurchmesser von 10 µm bzw. 2.5 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50% aufweist. Die PM10-Fraktion wird auch als inhalierbarer Staub bezeichnet. Die PM2.5-Fraktion gelangt bei Inhalation vollständig bis in die Alveolen der Lunge; sie umfasst auch den wesentlichen Masseanteil des anthropogen erzeugten Aerosols, wie Partikel aus Verbrennungsvorgängen und Sekundärpartikel.

**Emissionsgrenzwerte für Partikel und NO<sub>x</sub> mit Geltungsjahr**

		<b>Euro 1</b>	<b>Euro 2</b>	<b>Euro 3</b>	<b>Euro 4</b>	<b>Euro 5</b>	<b>Euro 6</b>
<b>PKW</b>	<b>Jahr</b>	<b>1993</b>	<b>1996/97</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2009</b>	<b>2014</b>
	Partikel [g/km]	0.14	0.08	0.05	0.025	0,005	0,005
	<b>Jahr</b>	<b>1992</b>	<b>1996</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2009</b>	<b>2014</b>
	NO <sub>x</sub> Diesel [g/km]	-	-	0.50	0.25	0,18	0,08
	NO <sub>x</sub> Benzin [g/km]	-	-	0.15	0.08	0,06	0,06
<b>LKW</b>	<b>Jahr</b>	<b>1992/93</b>	<b>1995/96</b>	<b>2000/01</b>	<b>2005</b>	<b>2008</b>	<b>2012</b>
	Partikel [g/kWh]	0.4	0.15	0.10	0.02	0.02	0.01
	<b>Jahr</b>	<b>1992</b>	<b>1998</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2008</b>	<b>2012</b>
	NO <sub>x</sub> [g/kWh]	9.0	7.0	5.0	3.5	2.0	0.4

## 1 ZUSAMMENFASSUNG

Für die Ausarbeitungen zum Luftreinhalte- und Aktionsplan der Stadt Markgröningen sollen ergänzend die Auswirkungen eines modifizierten LKW-Durchfahrtsverbotes untersucht und bewertet werden. Es sind die emissions- und immissionsseitigen Auswirkungen der Maßnahme zu prognostizieren. Betrachtet werden die Schadstoffe NO<sub>2</sub> und PM10.

Folgende Maßnahmen werden betrachtet:

**Referenzfall** Verkehrssituation im Jahr 2013 (Ganzjähriges Lkw-Durchfahrtsverbot seit 01.07.2011 (ab 3,5 t; Lieferverkehr frei) und ganzjähriges Fahrverbot in der Umweltzone Markgröningen (gesamtes Stadtgebiet) für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppen 1, 2 und 3 nach der Kennzeichnungsverordnung ab 01.01.2013, d.h. Kraftfahrzeuge mit grüner Plakette frei

**M1 (P3)** Ganzjähriges Lkw-Durchfahrtsverbot (ab 3,5 t; Lieferverkehr frei), modifizierte Variante (M1 (P3)) und ganzjähriges Fahrverbot in der Umweltzone Markgröningen (gesamtes Stadtgebiet) für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppen 1, 2 und 3 nach der Kennzeichnungsverordnung ab 01.01.2013, d.h. Kraftfahrzeuge mit grüner Plakette frei

Für die ergänzenden Ausarbeitungen zum Luftreinhalte- und Aktionsplans für Markgröningen, wurden für den Referenzfall und die Maßnahme M1 (P3) aktuelle Verkehrsbelegungsdaten vorgelegt.

Für den Standort der verkehrsbezogenen Luftmessstationen in Markgröningen werden jeweils die Auswirkungen der oben genannten Maßnahme auf die Immissionen berechnet. Aus den verfügbaren Verkehrsdaten des Markgröninger Straßennetzes werden unter Berücksichtigung der aktuellen Emissionsdatenbank des UBA (Auspuffemissionen), d.h. HBEFA – Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.1, Stand 2010 auf der Grundlage der für Baden-Württemberg ermittelten Fahrzeugflotte und mit den aktuellen Erkenntnissen bezüglich nicht motorbedingter PM10-Beiträge die Änderungen der Emissionen und darauf basierend der Immissionen gegenüber dem Referenzfall aufgezeigt. Betrachtet werden die Schadstoffe NO<sub>2</sub> und PM10.

Für die Prognose der Auswirkungen der Maßnahme werden im ersten Schritt die Änderungen der Emissionen, d.h. der Schadstofffreisetzungen in den Straßenabschnitten, und im zweiten Schritt die Änderungen der Immissionen berechnet.

Bezüglich der NO<sub>x</sub>-Freisetzungen sind auf den Straßenabschnitten an der Luftmessstation in Markgröningen gegenüber dem Referenzfall 2013 mit der Maßnahme M1 (P3) ca. 81% der NO<sub>x</sub>-Emissionen zu erwarten. Die Maßnahme trägt damit zur Minderung der verkehrsbeding-

ten NO<sub>x</sub>-Emissionen bei; dabei wurde vorausgesetzt, dass alle LKW's das LKW-Durchfahrtsverbot befolgen.

Die PM10-Emissionen weisen auf dem Straßenabschnitt an der Luftmessstation gegenüber dem Referenzfall 2013 mit der Maßnahme M1 (P3) ca. 84% der PM10-Emissionen auf. Die Maßnahme trägt damit zur Minderung der verkehrsbedingten Partikel-Emissionen bei; dabei wurde vorausgesetzt, dass alle LKW's das LKW-Durchfahrtsverbot befolgen.

Bei den PM10-Emissionen ist zu beachten, dass der nicht motorbedingte Anteil durch die betrachtete Maßnahme nur dann verringert wird, wenn auch die Verkehrsbelastung verringert wird; die Auswirkungen der Maßnahme hinsichtlich der Verringerung der motorbedingten PM10-Emissionen werden durch die gleich bleibenden Anteile der nicht motorbedingten Beiträge deutlich abgeschwächt, da auch PKW und leichte Nutzfahrzeuge ohne Dieselmotor zu den Aufwirbelungen beitragen.

Die relativen Auswirkungen auf die Immissionen sind gegenüber den Emissionen geringer, da auch nicht verkehrsbedingte Beiträge in den Luftschadstoffbelastungen enthalten sind.

Die NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte weisen an den Luftmessstationen gegenüber dem Referenzfall 2013 mit der Maßnahme M1 (P3) ca. 93% der Gesamtbelastung auf. An der Luftmessstation sind durch die Kombination des LKW-Durchfahrtsverbots (M1 (P3)) mit der Maßnahme Umweltzone, Stufe 2 im Jahr 2013 die intensivsten Verringerungen zu erwarten.

Die PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) weisen an der Luftmessstation gegenüber dem Referenzfall 2013 mit der Maßnahme M1 (P3) ca. 96% der Gesamtbelastungen des Jahres 2011 auf. An der Luftmessstation sind durch die Kombination des LKW-Durchfahrtsverbots (M1 (P3)) mit der Maßnahme Umweltzone, Stufe 2 im Jahr 2013 die intensivsten Verringerungen zu erwarten.

Für Feinstaub werden auch die Auswirkungen auf die Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittelwertes von 50 µg/m<sup>3</sup> bezogen auf die Messdaten betrachtet. Im Referenzfall im Jahr 2013 sind in der Grabenstraße ca. 35 Überschreitungstage berechnet, mit der Maßnahme M1 (P3) sind es ca. 31 Überschreitungstage im Jahr.

Insgesamt ist aus den Ergebnissen der Berechnungen zu schließen, dass mit dem modifizierten LKW-Durchfahrtsverbot und der durch die Umweltzone vorgezogenen Erneuerung der Kfz-Fahrzeugflotte Verringerungen der motorbedingten Schadstofffreisetzungen verbunden sind, die auch zu Verringerungen der NO<sub>2</sub>-Belastungen, aber nicht an allen Straßenabschnitten zu einer Einhaltung der Grenzwerte führen. Entsprechend den Berechnungen ist eine Einhaltung der zulässigen Anzahl an PM10-Überschreitungstagen mit der Maßnahme nicht auszuschließen.

## 2 AUFGABENSTELLUNG

Für die Ausarbeitungen zum Luftreinhalte- und Aktionsplan der Stadt Markgröningen sollen ergänzend die Auswirkungen eines modifizierten LKW-Durchfahrtsverbotes untersucht und bewertet werden. Es sind die emissions- und immissionsseitigen Auswirkungen der Maßnahme zu prognostizieren. Betrachtet werden die Schadstoffe NO<sub>2</sub> und PM10.

Folgende Maßnahmen werden betrachtet:

**Referenzfall** Verkehrssituation im Jahr 2013, Ganzjähriges Lkw-Durchfahrtsverbot seit 01.07.2011 (ab 3,5 t; Lieferverkehr frei) und ganzjähriges Fahrverbot in der Umweltzone Markgröningen (gesamtes Stadtgebiet) für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppen 1, 2 und 3 nach der Kennzeichnungsverordnung ab 01.01.2013, d.h. Kraftfahrzeuge mit grüner Plakette frei

**M1 (P3)** Ganzjähriges Lkw-Durchfahrtsverbot (ab 3,5 t; Lieferverkehr frei), modifizierte Variante (M1 (P3)) und ganzjähriges Fahrverbot in der Umweltzone Markgröningen (gesamtes Stadtgebiet) für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppen 1, 2 und 3 nach der Kennzeichnungsverordnung ab 01.01.2013, d.h. Kraftfahrzeuge mit grüner Plakette frei

Für den Standort der verkehrsbezogenen Messstation in Markgröningen werden die Auswirkungen der oben genannten Maßnahme auf die Immissionen berechnet. Aus den verfügbaren Verkehrsdaten des Straßennetzes werden unter Berücksichtigung der aktuellen Emissionsdatenbank des UBA (Auspuffemissionen), d.h. HBEFA – Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.1, Stand 2010 auf der Grundlage der für Baden-Württemberg ermittelten dynamischen Fahrzeugflotte und mit den aktuellen Erkenntnissen bezüglich nicht motorbedingter PM10-Beiträge die Änderungen der Emissionen und darauf basierend der Immissionen gegenüber dem Referenzfall aufgezeigt.

### 3 EINGANGSDATEN UND EMISSIONSFAKTOREN

Für die immissionsseitige Berechnung der Auswirkungen der Maßnahme werden basierend auf den Verkehrsbelegungsdaten die auf den einzelnen Abschnitten freigesetzten Emissionen bestimmt und der Ausbreitungsrechnung zugeführt.

Im Februar 2010 wurde das Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs - HBEFA-, Version 3.1 veröffentlicht. Damit stellt die Datenbasis des HBEFA, Version 3.1 die aktuelle Emissionsdatenbasis für den Kfz-Verkehr dar. Die Informationen der fahrzeugflottenspezifischen Emissionsfaktoren im Handbuch basieren auf Emissionsmessungen an unterschiedlichen, repräsentativen Kfz mit den entsprechenden Motorenkonzepten sowie einer angesetzten Flottenzusammensetzung der Kfz in Deutschland. Für Baden-Württemberg wurden auf der Grundlage der gemeldeten Kfz auch für die hier zu betrachtenden Jahre 2011 und 2013 die dynamischen Flottenzusammensetzungen prognostiziert (AVISO, 2009) und zur Verfügung gestellt.

Für das verkehrsbedingte Feinstaubaufkommen sind neben den „motorbedingten“ Emissionen auch „nicht motorbedingte“ (Reifenabrieb, Staubaufwirbelung etc.) Beiträge zu berücksichtigen. Dies basiert auf aktuellen Angaben der Fachliteratur.

#### 3.1 Lagedaten

Die Stadt Markgröningen liegt westlich von Ludwigsburg und nördlich des Stadtgebietes von Stuttgart. Südwestlich der Stadt verläuft die B 10 nach Stuttgart. Östlich von Markgröningen verläuft die A 81 von Nord nach Süd.

Die L 1138 verbindet die B 10 mit dem Westen der Stadt Markgröningen. Dort führt sie mit der Vaihinger Straße und der Grabenstraße bis an den östlichen Rand des Stadtzentrums und zweigt dort mit der Bahnhofstraße Richtung Osten bis nach Asperg und nach Ludwigsburg ab. Von Norden her führt die L 1141 ins Zentrum von Markgröningen und wird dort mit der Unterriexinger Straße und der Schillerstraße nach Süden geführt. Südlich des Ortskerns verläuft sie mit der Grabenstraße bis zur Asperger Straße und zweigt dort nach Süden ab, von wo aus sie mit der Münchinger Straße die Stadt Markgröningen nach Süden mit der B 10 verbindet. Die Lage des Betrachtungsgebietes mit dem Ortsbereich von Markgröningen ist in **Abb. 3.1** aufgezeigt.

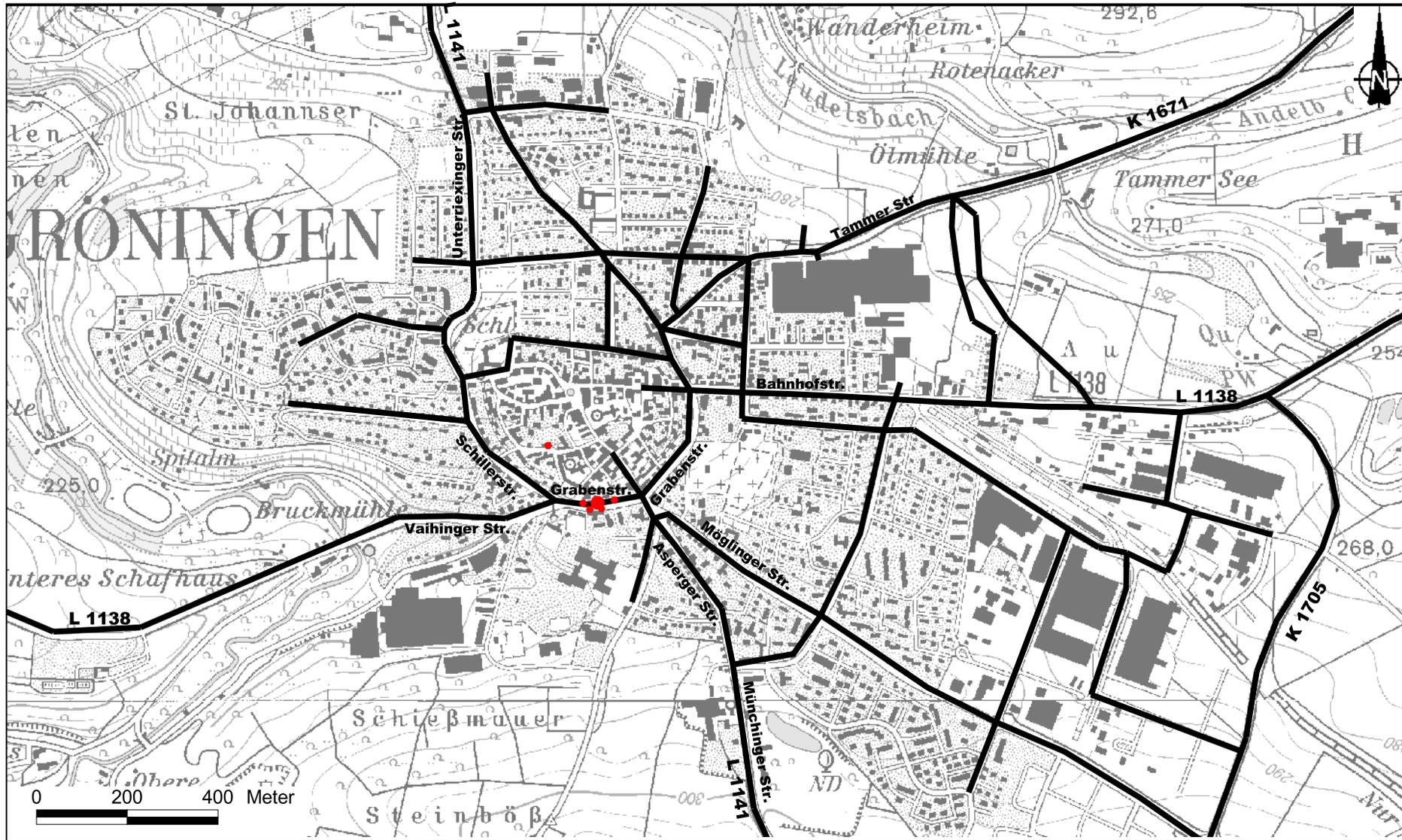


Abb. 3.1: Lageplan des Untersuchungsgebietes. Die Lagen der Messstellen sind als rote Punkte eingezeichnet

### 3.2 Verkehr

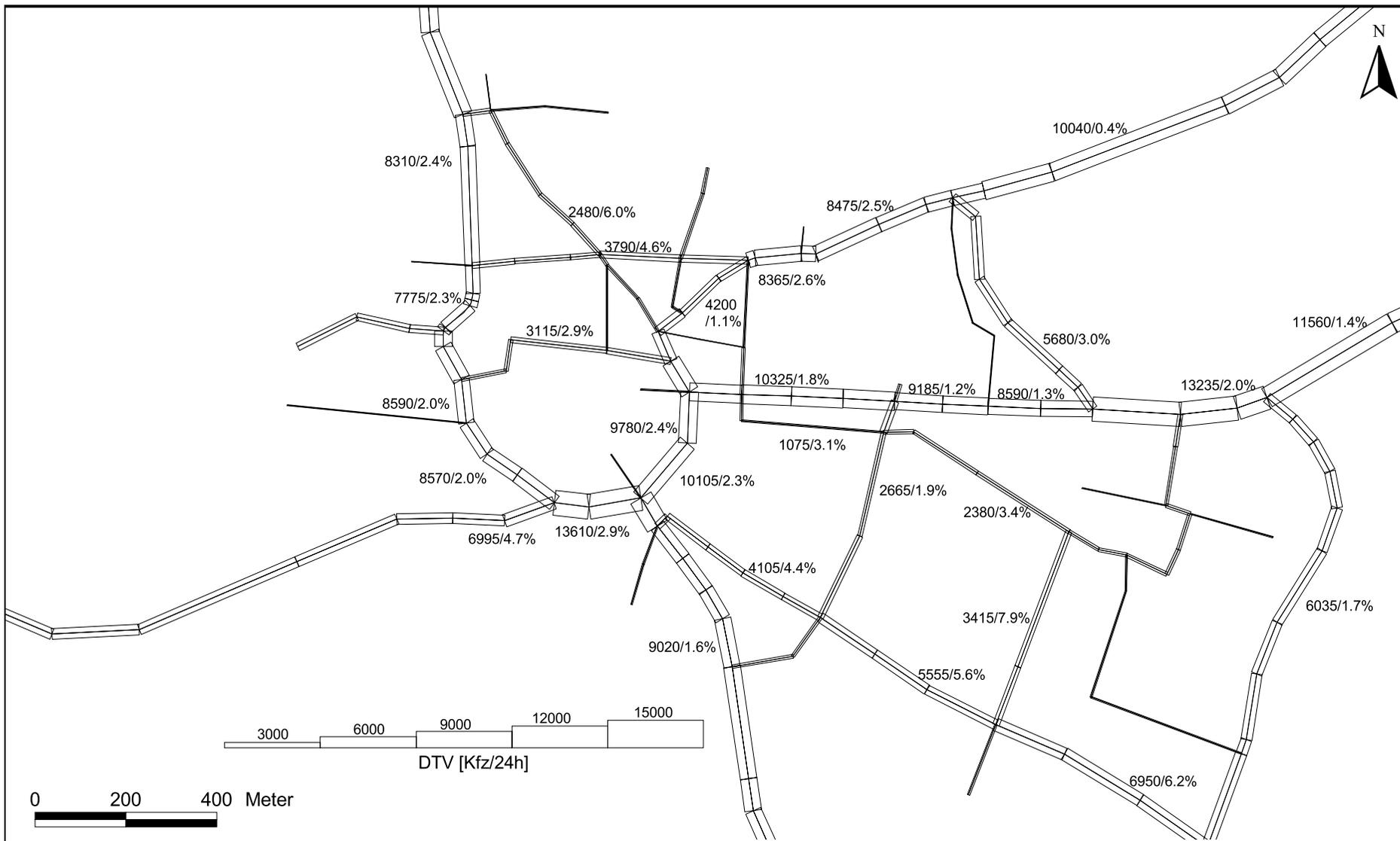
Für die rechnerische Umsetzung der Maßnahme „modifiziertes LKW-Durchfahrtsverbot (M1 (P3))“ wurden durch den Auftraggeber aktuelle Verkehrszahlen für das Jahr 2013 zur Verfügung gestellt (Stahl & Partner, 2013). Dabei handelt es sich um LKW-Zahlen in Kfz/24h für die Hauptverkehrsstraßen im Untersuchungsgebiet für den Referenzfall (Istzustand 2012) und die Maßnahme „modifiziertes LKW-Durchfahrtsverbot“. Neben den LKW-Zahlen werden Angaben zu den PKW-Zahlen in Kfz/24h für die Hauptverkehrsstraßen im Untersuchungsgebiet benötigt. Nach Angaben des Auftraggebers haben sich bei den PKW-Zahlen gegenüber den bisherigen Ausarbeitungen keine Änderungen ergeben; die PKW-Zahlen werden daher unverändert aus den bisherigen Ausarbeitungen übernommen.

Auf Grundlage dieser Daten wurde für den Referenzfall 2013 und die Maßnahme M1 (P3) der Gesamtverkehr (DTV) und der LKW-Anteil berechnet. Diese Verkehrsdaten sind als Übersichtsdarstellung für den Referenzfall in der **Abb. 3.2** und für die Maßnahme M1 (P3) in **Abb. 3.3** dargestellt.

Für den Standort der SPOT-Messstation Markgröningen in der Grabenstraße sind die Verkehrsbelegungsdaten ausgedrückt als Anzahl der Fahrten pro Tag in **Abb. 3.4** (oben) aufgezeigt. Die Angabe der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke (DTV) beinhaltet alle Kfz; ergänzend ist die durchschnittliche tägliche Anzahl der LKW-Fahrten aufgeführt. In **Abb. 3.4** (unten) ist die relative Änderung bezogen auf den Referenzfall aufgeführt, um die Auswirkungen der Maßnahme aufzuzeigen. Die Maßnahme M1 (P3) führt entsprechend den Annahmen der Verkehrsuntersuchung an der Grabenstraße gegenüber dem Referenzfall zu einer geringen Abnahme der Kfz-Fahrten auf 99% und einer deutlichen Abnahme der LKW-Fahrten auf 62%.

### 3.3 Fahrzeugflotte

Die Zusammensetzungen der dynamischen Fahrzeugflotten, d.h. die Zusammensetzung der auf den Straßen verkehrenden Fahrzeuge, sind für innerstädtische Bereiche der dynamischen Flottenzusammensetzung für Baden-Württemberg (Aviso, 2009) für das betrachtete Bezugsjahr 2013 entnommen und in **Abb. 3.5** aufgezeigt. Dabei ist zu beachten, dass die dynamische Fahrzeugflotte nicht direkt vergleichbar ist mit den Bestandszahlen für eine Region, die die statische Flottenzusammensetzung basierend auf den Zulassungszahlen angibt.



0 200 400 Meter

3000 6000 9000 12000 15000  
DTV [Kfz/24h]

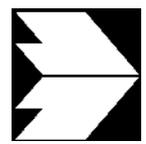
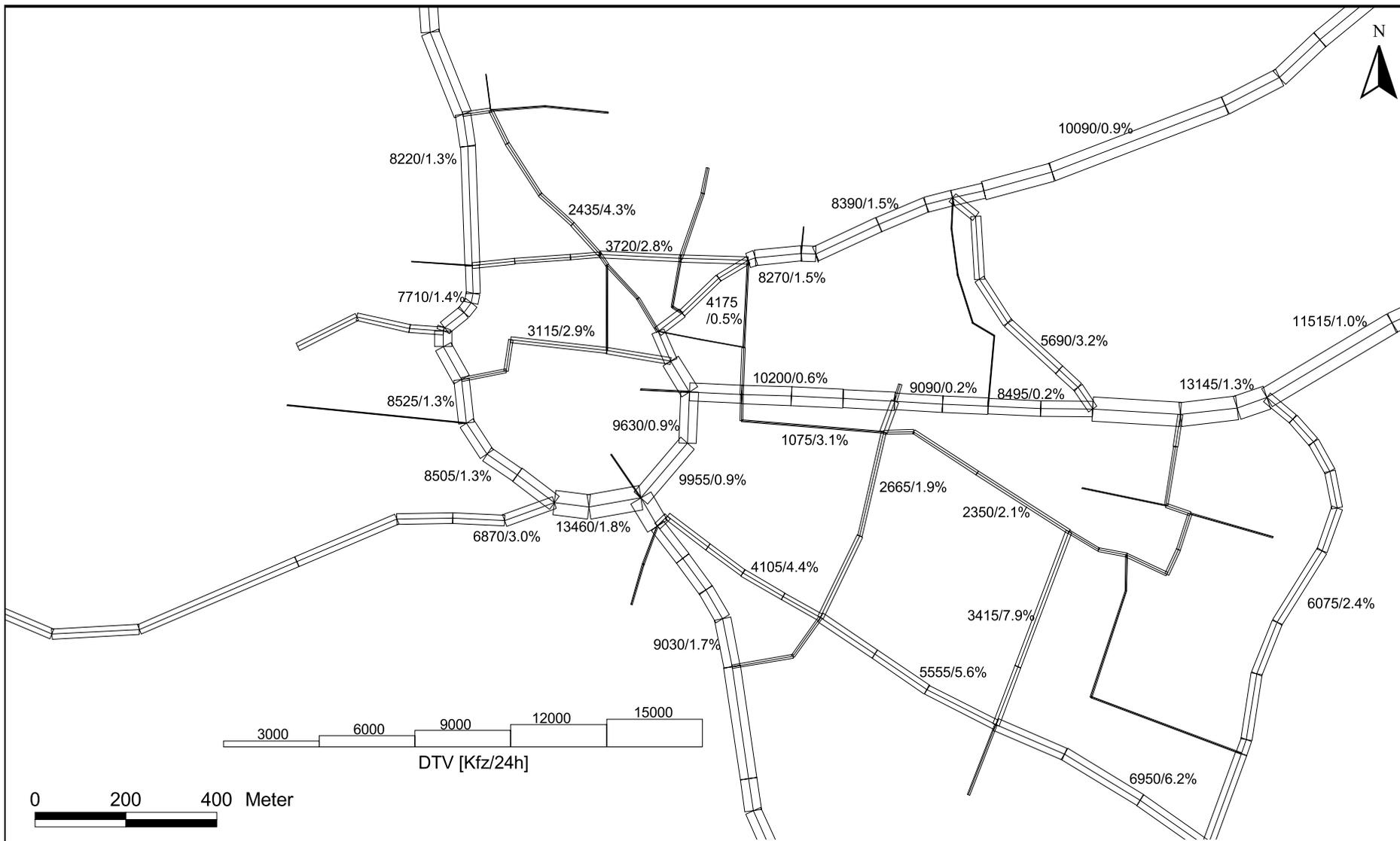


Abb. 3.2: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [Kfz/24h] und LKW-Anteil [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Referenzfall



0 200 400 Meter

3000 6000 9000 12000 15000  
DTV [Kfz/24h]

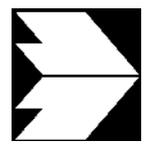


Abb. 3.3: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [Kfz/24h] und LKW-Anteil [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Planfall M1 (P3)

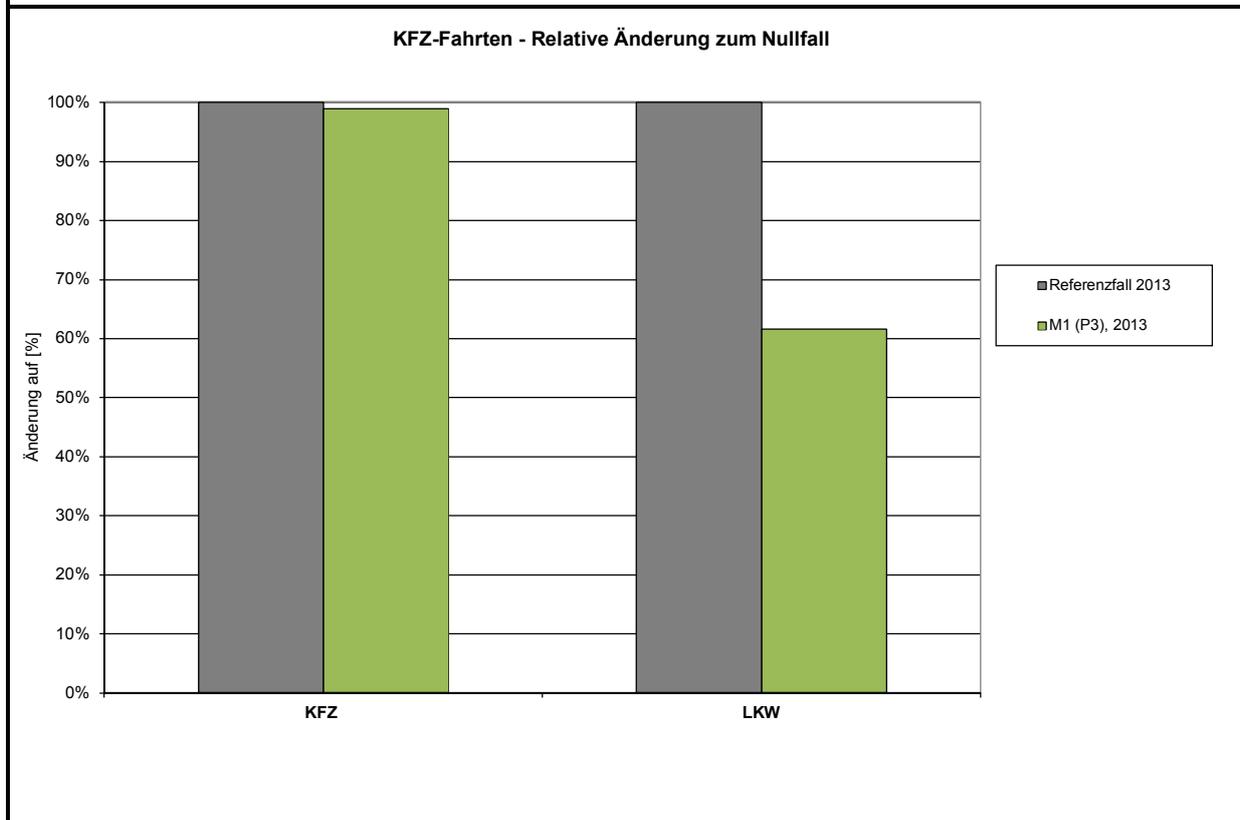
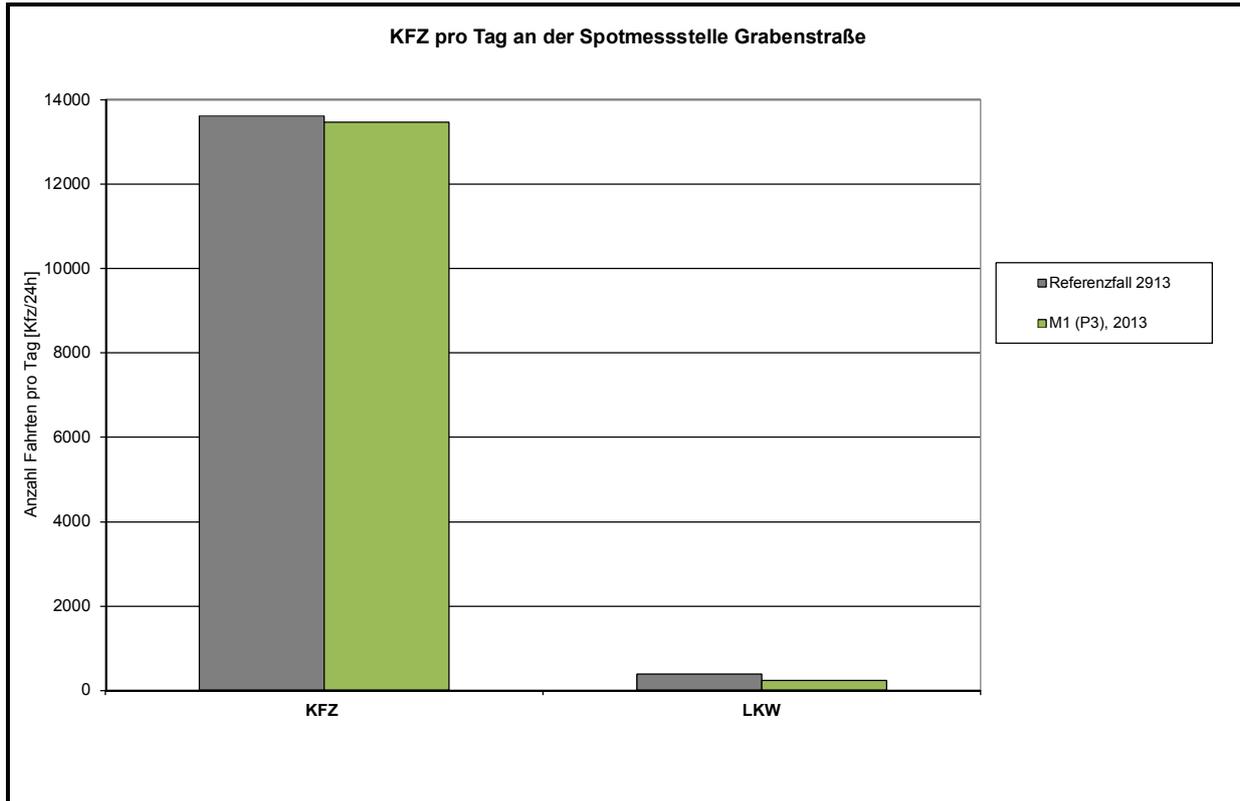


Abb. 3.4: Verkehrsbelegung an der Grabenstraße in Markgröningen für die betrachtete Maßnahme und den Referenzfall 2013.  
oben: Anzahl der täglichen Fahrten,  
unten: Relative Änderung gegenüber dem Referenzfall 2013.

### Dynamische Fahrzeugflotte innerorts

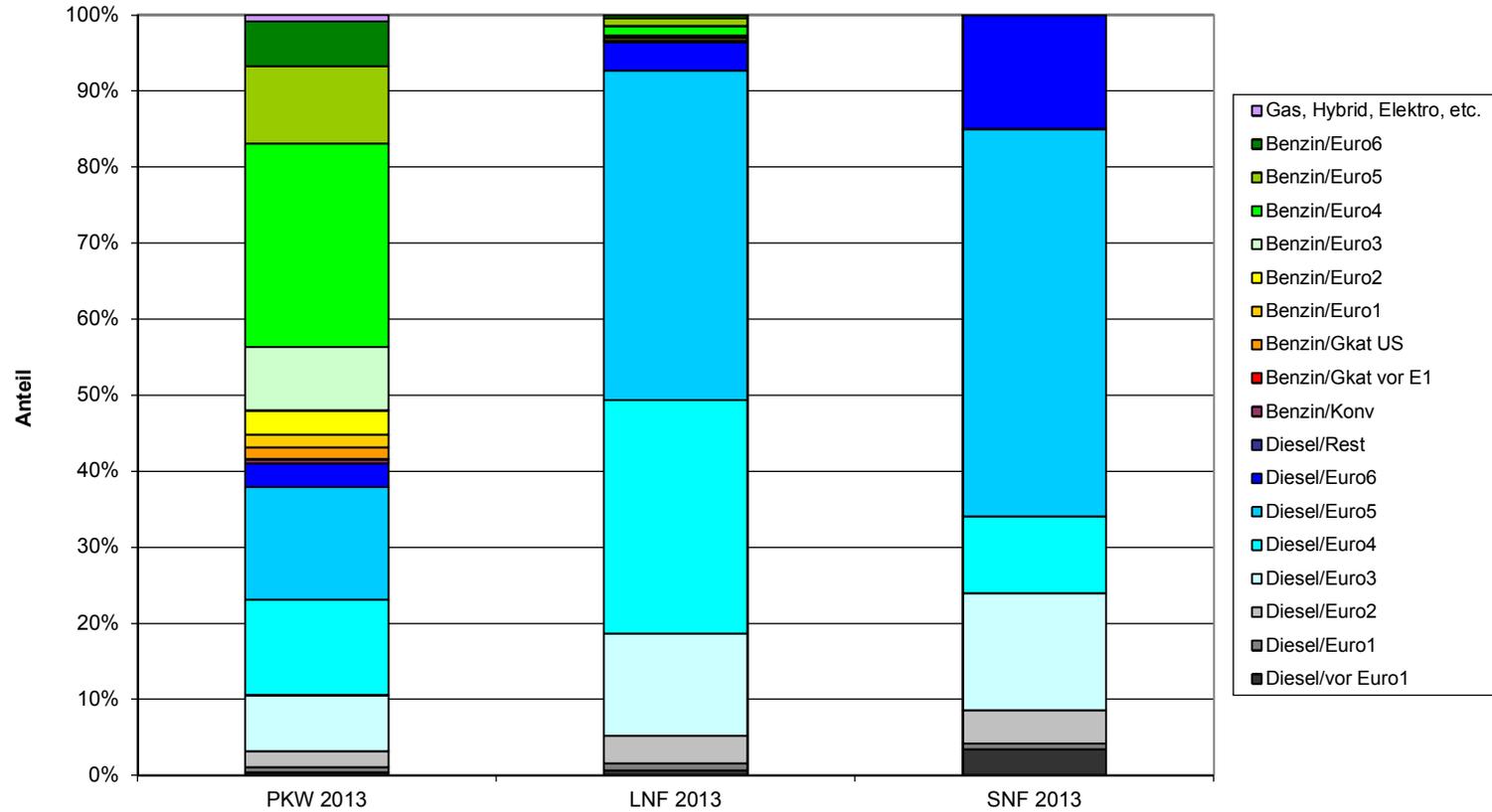


Abb. 3.5: Zusammensetzung der innerörtlichen dynamischen Kfz-Flotte für das Jahr 2013 für Baden-Württemberg, unterteilt nach PKW, leichte Nutzfahrzeuge (LNF), Reisebusse, Linienbusse und schwere Nutzfahrzeuge (SNF)

Der Anteil der dieselbetriebenen PKW-Fahrten umfasst im Jahr 2013 ca. 40%; der Anteil der dieselbetriebenen leichten Nutzfahrzeugfahrten umfasst ca. 96.4%; bei den Bussen und schweren Nutzfahrzeugen setzen sich die Fahrten ausschließlich aus Dieselbetriebenen zusammen.

Für die geltende Umweltzonenregelung Umweltzone Stufe 2 werden für den Referenzfall und für die betrachtete Maßnahme die in der Datengrundlage beschriebenen Zusammensetzungen der Fahrzeugflotten verändert, indem die vom Fahrverbot betroffenen Fahrzeugarten aus der Fahrzeugflotte ausgeschlossen werden, unter Berücksichtigung, dass ein Anteil von 20% dieser Fahrten aufgrund von Ausnahmegenehmigungen dennoch erfolgt. In **Abb. 3.6** sind die prozentualen Anteile der innerörtlichen Fahrten aufgezeigt, die von dem Fahrverbot betroffen sind.

Von den PKW-Fahrten sind im Jahr 2013 durch die Umweltzonenregelung ca. 11% der Fahrten vom Fahrverbot betroffen. Der Wirtschaftsverkehr wird überwiegend mit dieselbetriebenen Kfz durchgeführt; durch das Fahrverbot sind ca. 19% der Lieferwagenfahrten und ca. 24% der LKW-Fahrten betroffen. Für die rechnerische Umsetzung der Maßnahme wird auch hier berücksichtigt, dass im Wirtschaftsverkehr nur notwendige Fahrten durchgeführt werden und deshalb eine vollständige Verlagerung der Fahrten ohne Ausnahmegenehmigungen auf Fahrzeuge erfolgt, die nicht vom Fahrverbot betroffen sind. Damit ist eine Änderung der Zusammensetzung der Fahrzeugflotte des Wirtschaftsverkehrs verbunden. Diese Annahme wurde auch auf den PKW-Verkehr übertragen und ebenfalls rechnerisch eine Änderung der Fahrzeugflotte durchgeführt.

### 3.4 Emissionsfaktoren

Zur Ermittlung der Emissionen werden die Verkehrsdaten und für jeden Luftschadstoff so genannte Emissionsfaktoren benötigt. Die Emissionsfaktoren sind Angaben über die pro mittlerem Fahrzeug der Fahrzeugflotte und Straßenkilometer freigesetzten Schadstoffmengen. Im vorliegenden Gutachten werden die Emissionsfaktoren für die Fahrzeugarten Leichtverkehr (LV) und Schwerverkehr (SV) unterschieden. Die Fahrzeugart LV enthält dabei die PKW, die leichten Nutzfahrzeuge (INfz) inklusive zeitlicher Entwicklung des Anteils am LV nach TREMOD (2010) und die Motorräder, die Fahrzeugart SV versteht sich inklusive Lastkraftwagen, Sattelschlepper, Busse usw..

Die Emissionsfaktoren setzen sich aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ (Reifenabrieb, Staubaufwirbelung etc.) Emissionsfaktoren zusammen.

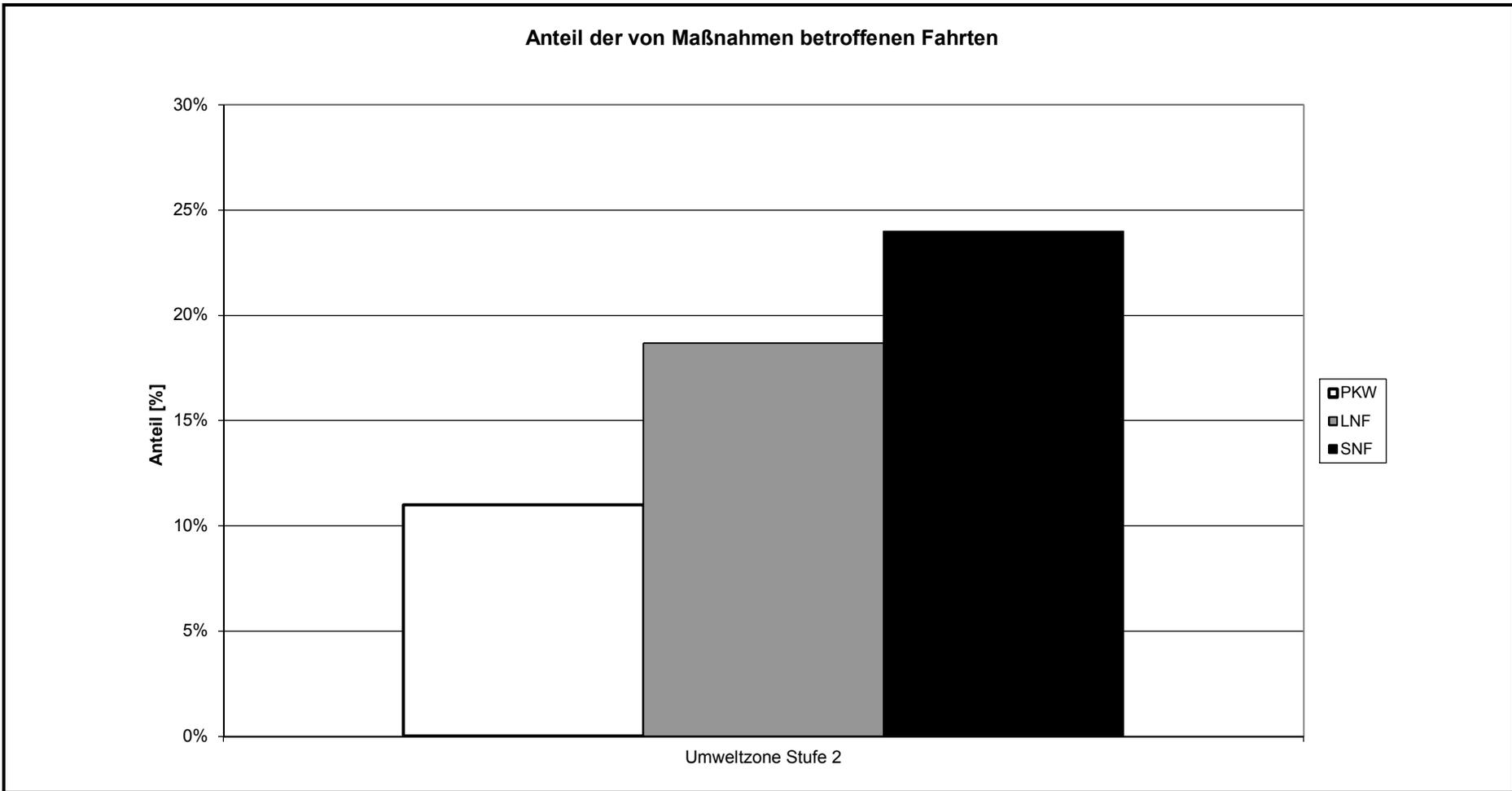


Abb. 3.6: Anteil der von den Fahrverboten der Maßnahme Umweltzone Stufe 2 betroffenen Fahrten getrennt für PKW, Lieferwagen (LNF) und LKW

Im Folgenden werden die Grundlagen der „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ Emissionsfaktoren beschrieben, dann erfolgt die Anwendung für Markgröningen im Zusammenhang mit möglichen Emissionsminderungen.

### 3.4.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mithilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.1 (UBA, 2010) unter Berücksichtigung der dynamischen Kfz-Flottenzusammensetzung für Baden-Württemberg berechnet. Sie hängen für die Fahrzeugarten PKW, INfz, LKW und Busse im Wesentlichen ab von:

- den so genannten Verkehrssituationen („Fahrverhalten“), das heißt der Verteilung von Fahrgeschwindigkeit, Beschleunigung, Häufigkeit und Dauer von Standzeiten,
- der sich fortlaufend ändernden Fahrzeugflotte (Anteil Diesel etc.),
- der Zusammensetzung der Fahrzeugschichten (Fahrleistungsanteile der Fahrzeuge einer bestimmten Gewichts- bzw. Hubraumklasse und einem bestimmten Stand der Technik hinsichtlich Abgasemission, z.B. EURO 2, 3, ...) und damit vom Jahr, für welches der Emissionsfaktor bestimmt wird (= Bezugsjahr),
- der Längsneigung der Fahrbahn (mit zunehmender Längsneigung nehmen die Emissionen pro Fahrzeug und gefahrenem Kilometer entsprechend der Steigung deutlich zu, bei Gefällen weniger deutlich ab) und
- dem Prozentsatz der Fahrzeuge, die mit nicht betriebswarmem Motor betrieben werden und deswegen teilweise erhöhte Emissionen (Kaltstarteinfluss) haben.

Die Zusammensetzung der Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeugkategorien wird für das zu betrachtende Bezugsjahr dem HBEFA (UBA, 2010) entnommen. Darin ist die Gesetzgebung bezüglich Abgasgrenzwerten (EURO 2, 3, ...) berücksichtigt. Die Längsneigung der Straßen wurde aus dem digitalen Geländemodell abgeleitet. In den **Tab. 3.1** und **Tab. 3.2** sind die für die vorliegende Untersuchung verwendeten motorbedingten Emissionsfaktoren aufgelistet.

### 3.4.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren

Untersuchungen der verkehrsbedingten Partikelmissionen zeigen, dass neben den Partikeln im Abgas auch nicht motorbedingte Partikelemissionen zu berücksichtigen sind, hervorgerufen durch Straßen- und Bremsbelagabrieb, Aufwirbelung von auf der Straße aufliegendem Staub etc.. Diese Emissionen sind im HBEFA nicht enthalten, sie sind auch derzeit

nicht mit zufrieden stellender Aussagegüte zu bestimmen. Die Ursache hierfür liegt in der Vielfalt der Einflussgrößen, die bisher noch nicht systematisch parametrisiert wurden und für die es derzeit auch keine verlässlichen Aussagen gibt.

In der vorliegenden Untersuchung werden die PM10-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen, Kupplung und Straßenbelag) und infolge der Wiederaufwirbelung (Resuspension) von Straßenstaub entsprechend der in BAST (2005) sowie Düring und Lohmeyer (2011) beschriebenen Vorgehensweise angesetzt. Es werden zur Berechnung der Emissionen für die Summe aus Reifen-, Brems-, Kupplungs- und Straßenabrieb sowie Wiederaufwirbelung von eingetragenem Straßenstaub die in den **Tab. 3.1** und **Tab. 3.2** exemplarisch für die innerstädtischen Verkehrssituationen an den verkehrsnahen Messstellen in Markgröningen aufgeführten Emissionsfaktoren verwendet.

### **3.4.3 Emissionsfaktoren mit möglichen technischen Minderungen**

Für die Berücksichtigung der geltenden Umweltzonenregelung werden die dynamischen Flottenzusammensetzungen derart verändert, dass die vom Fahrverbot betroffenen Fahrzeugarten aus der Fahrzeugflotte ausgeschlossen werden, unter Berücksichtigung, dass ein Anteil von 20% dieser Fahrten aufgrund von Ausnahmegenehmigungen dennoch erfolgt. Damit erhöhen sich die verbleibenden Fahrzeugartanteile entsprechend der vorliegenden Flottenzusammensetzung.

In der Grabenstraße werden folgende Verkehrssituationen herangezogen:

IO-HVS50d: Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr

IO-HVS50g: Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, gesättigter Verkehr

Die an der verkehrsnahen Messstelle in Markgröningen angesetzten Verkehrssituationen sowie die Längsneigungen der betrachteten Straßen (falls ungleich Null durch Unterstrich von den Verkehrssituationen getrennt) sind in **Tab. 3.1** aufgeführt, klassifiziert wie im HBEFA (UBA, 2010) für Längsneigungsklassen in 2%-Stufen.

Verkehrssituation (Kürzel)	Geschwindigkeit (PKW)	Spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] für das Bezugsjahr 2013					
		NO <sub>x</sub>		PM10 (nur Abrieb und Aufwirb.)		Partikel (nur Abgas)	
		PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW
S2-IO-HVS50d_6	39.6	0.387	3.050	0.030	0.30	0.0081	0.0344
S2-IO-HVS50g_2	34.0	0.407	4.002	0.050	0.45	0.0089	0.0462

Tab. 3.1: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz an der verkehrsnahen Messstelle für das Bezugsjahr 2013 nach HBEFA unter Berücksichtigung der Flotte für Baden-Württemberg für die Umweltzone Stufe 2

Seit 2011 bestehen auf den Hauptverkehrsstraßen im Innenstadtbereich von Markgröningen, das betrifft u.a. die Schillerstraße und die Grabenstraße, Geschwindigkeitsbegrenzungen auf 30 km/h. Für diese Verkehrssituation sind im HBEFA3.1 keine entsprechenden Emissionsfaktoren enthalten. In Baden-Württemberg wurden im Zusammenhang mit Maßnahmen der Luftreinhalteplanung Messfahrten durchgeführt, um verkehrstechnische Fahrzeugparameter bei Tempo 30 km/h bzw. 40 km/h auf Hauptverkehrsstraßen im Vergleich zu Tempo 50 km/h auf Hauptverkehrsstraßen zu erfassen und einer detaillierten Emissionsmodellierung zuzuführen (LUBW, 2011 und 2012). Danach zeichnen sich je nach örtlichen Gegebenheiten variierende emissionsseitige Beiträge ab, die bei Tempo 30 km/h teils unter und teils über denen für Tempo 50 km/h liegen; dabei wirkt sich insbesondere die Auslastung der Straße bzw. des Verkehrsflusses aus. In den Berichten sind keine Zahlenwerte der Änderungen direkt genannt. Emissionsminderungen sind tendenziell aber dann zu erwarten, wenn sich durch die Verringerung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit das Fahrverhalten verstetigt. Für die betreffenden Straßenabschnitte in Markgröningen kann u.a. aufgrund der kurzen Abstände zwischen den bestehenden Kreuzungsbereichen und dem Auslastungsgrad der Straßen nicht mit Sicherheit auf eine Änderung des Verkehrsflusses durch die Einführung von Tempo 30 geschlossen werden. Um die Wirkung von Tempo 30 in Markgröningen quantitativ zu erfassen wären Messfahrten erforderlich. Daher werden die Verkehrssituationen entsprechend den vorangegangenen Ausarbeitungen unverändert für das berücksichtigte Straßennetz in Markgröningen angesetzt, zumal die mittleren Fahrgeschwindigkeiten bei diesen Verkehrssituationen zwischen 30 km/h und 40 km/h liegen.

### 3.5 Meteorologische Daten

Für die Berechnung der Schadstoffimmissionen werden so genannte Ausbreitungsklassenstatistiken benötigt. Das sind Angaben über die Häufigkeit verschiedener Ausbreitungsverhältnisse in den unteren Luftschichten, die durch Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Stabilität der Atmosphäre definiert sind.

Die Ausbreitungsklassenstatistik wurde aus den vorangegangenen Ausarbeitungen zum Luftreinhalte- und Aktionsplan Markgröningen (Lohmeyer, 2010) entnommen und unverändert für die ergänzenden Ausarbeitungen angesetzt. Dabei handelt es sich um durch die LUBW erfasste Windmessdaten der Station Ludwigsburg.

Die Station befindet sich am westlichen Rand der Stadt an einem Sportplatz in einem Wohngebiet. In **Abb. 3.7** ist die Häufigkeitsverteilung von Windrichtung und Windgeschwindigkeit an der Station dargestellt. Die Windrichtungsverteilung wird von Winden aus westlichen Richtungen geprägt, für welche auch die höchsten Windgeschwindigkeiten zu beobachten sind. Winde aus südöstlichen Richtungen bilden ein weiteres Maximum. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 2.0 m/s.

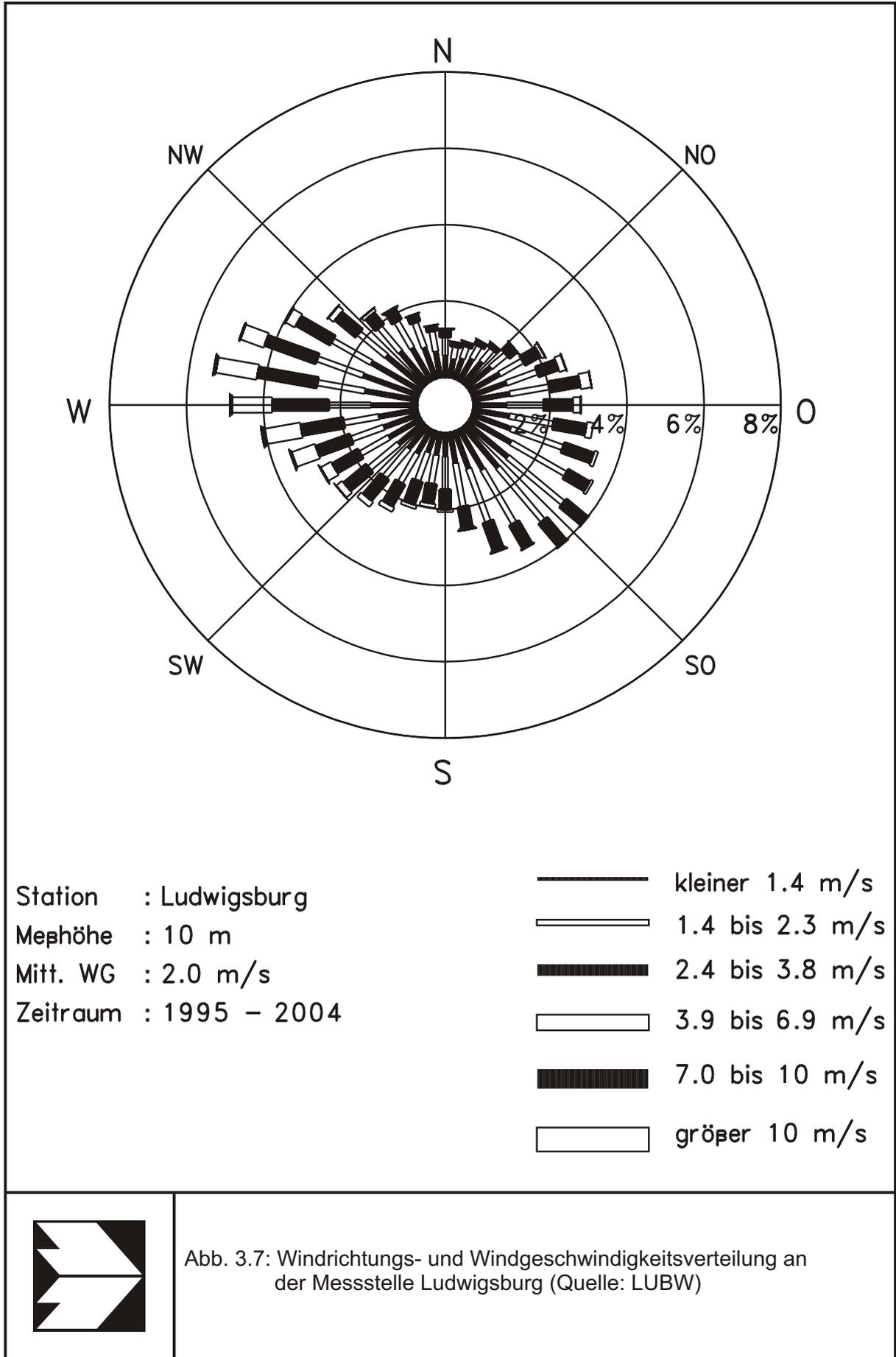


Abb. 3.7: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung an der Messstelle Ludwigsburg (Quelle: LUBW)

## 4 AUSWIRKUNGEN DER MASSNAHME

### 4.1 Auswirkungen auf Emissionen der Straßenabschnitte

Basierend auf den o.g. Flotten- und Emissionsdaten werden die Emissionen für die Hauptverkehrsstraßen in Markgröningen berechnet. Die Darstellung der Berechnungsergebnisse konzentriert sich im Folgenden auf die Grabenstraße, an der Immissionsmessdaten der SPOT-Messung vorliegen.

Mit den in Kap. 3 aufgeführten Emissionsfaktoren durch Modifizierungen der Flotte werden folgend die Emissionen der genannten Streckenabschnitte für den Referenzfall 2013 sowie für den Maßnahmenfall im Bezugsjahr 2013 aufgeführt.

Aufgrund der aktualisierten Verkehrsdaten sind die berechneten Emissionen nicht direkt vergleichbar mit einem der Fälle vorangegangener Ausarbeitungen zum Luftreinhalteplan Markgröningen.

Die berechneten mittleren täglichen Emissionen sind in **Abb. 4.1** (oben) und als relative Darstellungen, bezogen auf die Emissionsmodellierung des Ausgangszustandes im Bezugsjahr 2013, in **Abb. 4.1** (unten) aufgezeigt. Bei den Darstellungen sind die Summe aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ Partikelemissionen sowie die NO<sub>x</sub>-Emissionen betrachtet.

Entsprechend den Zusammensetzungen der Verkehrsbelegungsdaten zeigen sich bei der betrachteten Maßnahme deutliche Variationen der Emissionen (**Abb. 4.1**). In dem betrachteten Straßenabschnitt der Grabenstraße sind gegenüber dem Referenzfall 2013 mit der Maßnahme M1 (P3) ca. 81% der NO<sub>x</sub>-Emissionen zu erwarten. Die Maßnahme trägt damit zur Minderung der verkehrsbedingten NO<sub>x</sub>-Emissionen bei.

Die PM10-Emissionen weisen in den betrachteten Straßenabschnitten gegenüber dem Referenzfall 2013 mit der Maßnahme M1 (P3) ca. 84% der PM10-Emissionen auf. Die Maßnahme trägt somit zur Minderung der verkehrsbedingten Partikel-Emissionen bei.

Bei den PM10-Emissionen ist zu beachten, dass der nicht motorbedingte Anteil durch die betrachteten Fälle nur dann verringert wird, wenn auch die Verkehrsbelastung verringert wird; die Auswirkungen der Maßnahme hinsichtlich der Verringerung der motorbedingten PM10-Emissionen wird durch die gleich bleibenden Anteile der nicht motorbedingten Beiträge deutlich abgeschwächt, da auch PKW und leichte Nutzfahrzeuge ohne Dieselmotor zu den Aufwirbelungen beitragen. Die „nicht motorbedingten“ Beiträge der PM10-Belastungen sind überwiegend der gröberen Fraktion zuzuschreiben und damit gegenüber den sehr feinen motorbedingten Partikeln weniger lungengängig.

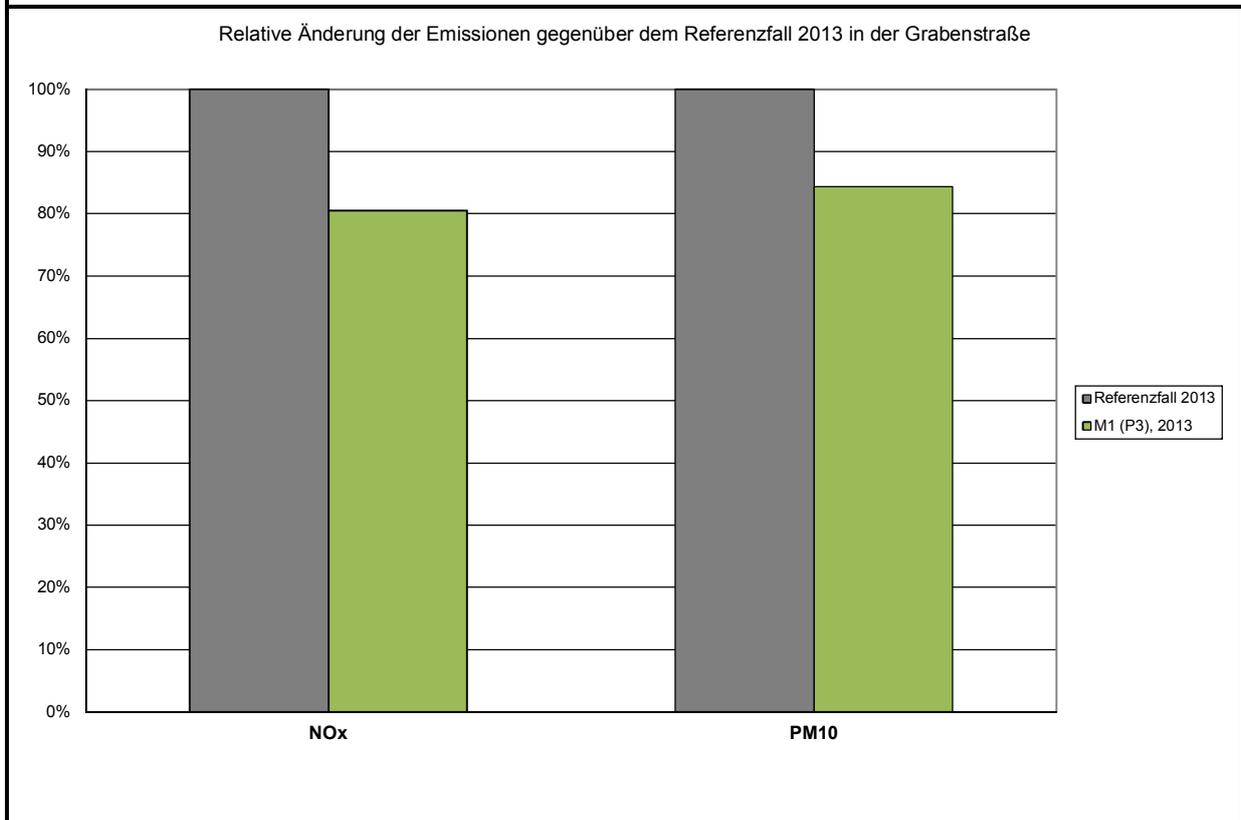
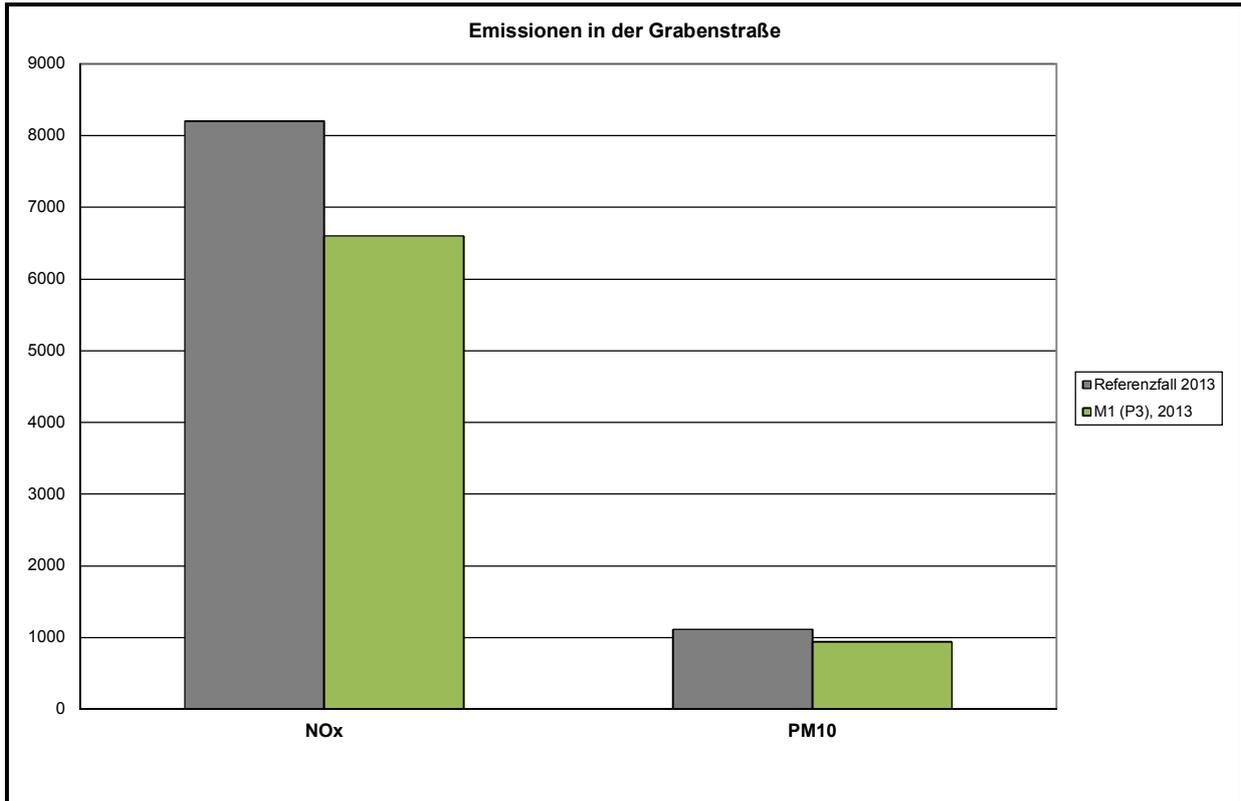


Abb. 4.1: Emissionen in der Grabenstraße in Markgröningen für die betrachtete Maßnahme und den Referenzfall 2013  
oben: Emission in [g/(km d)],  
unten: Relative Änderung gegenüber dem Referenzfall 2013 in %.

## 4.2 Auswirkungen auf Immissionen an den Hauptverkehrsstraßen

Seit Januar 2007 werden in Markgröningen an der Grabenstraße so genannte Spot-Messungen durch die LUBW durchgeführt. Neben den Messdaten an der Hauptmessstelle (MP6) in der Grabenstraße wurden an vier weiteren Messstellen in der Grabenstraße östlich und westlich der Hauptmessstelle und an einer Messstelle in der Badgasse (MP5) die NO<sub>2</sub>-Immissionen erfasst. Alle Messstellen in der Grabenstraße befinden sich praktisch direkt am Straßenrand und an der Randbebauung. Die Messwerte der Badgasse repräsentieren die Hintergrundbelastung. **Tab. 4.1** zeigt eine Zusammenstellung der Messdaten in Markgröningen der Jahre 2007 bis 2013; die Messwerte für 2013 wurden durch den Auftraggeber in Form von vorläufigen Messwerten für NO<sub>2</sub> für den Zeitraum 01.01.2013 bis Mitte Juli 2013 und für PM10 für den Zeitraum 01.01.2013 bis 18.09.2013 zur Verfügung gestellt.

Für die Anwendung der vorgestellten Emissionsermittlung und der darauf aufbauenden Maßnahme werden Ausbreitungsrechnungen mit dem Berechnungsverfahren PROKAS und dem Bebauungsmodul PROKAS\_B durchgeführt. Abweichend von der Vorgehensweise der vorhergehenden Immissionsberechnungen erfolgt hier die Berücksichtigung der NO-NO<sub>2</sub>-Konversion mit einem vereinfachten Chemiemodell (Düring et al., 2011) unter Berücksichtigung der direkten NO<sub>2</sub>-Freisetzung des Kfz-Verkehrs und einer Ozon-Hintergrundbelastung von 39 µg/m<sup>3</sup>. Damit können die gemessenen hohen NO<sub>2</sub>-Belastungen am Straßenrand rechnerisch adäquat abgebildet werden und die Entwicklungen der direkten NO<sub>2</sub>-Emissionen berücksichtigt werden. Die in den Berechnungen anzusetzende Hintergrundbelastung wird aus dem Vergleich der Berechnungs- und Messergebnisse des Ortsbereiches bzw. umliegender Stationen abgeleitet und dann auf die verkehrsbeeinflussten Stationsstandorte angewendet, um einen Vergleich zwischen den Mittelwerten der Messdaten und den Berechnungsergebnissen zu erhalten. Bei den Berechnungen wird die Randbebauung typisiert nach Straßenraumbreite mit einer Länge von ca. 100 m berücksichtigt. Innerhalb dieser Straßenabschnitte wird eine einheitliche Immission berechnet; mit diesem Berechnungsverfahren kann keine weitere örtliche Differenzierung erfolgen, sodass für die Straßenabschnitte der Grabenstraße westlich und östlich der Messstelle jeweils ein Rechenwert zugeordnet wird. Für feinere räumliche Auflösungen der berechneten Immissionen wäre der Einsatz eines mikroskaligen Rechenverfahrens mit Berücksichtigung von Gebäudeumströmungen erforderlich.

Schadstoffkomponente	Jahr	Markgrö- ningen MP1	Markgrö- ningen MP2	Markgrö- ningen MP3	Markgrö- ningen MP4	Markgrö- ningen MP5	Markgrö- ningen MP6
NO <sub>2</sub> -Jahresmittel	2007	70	69	55	53	29	47
	2008	72	68	53	49	26	47
	2009	-	-	-	-	-	54
	2010	-	-	-	-	-	52
	2011	-	-	-	-	-	53
	2012	-	-	-	-	-	52
	2013	-	-	-	-	-	48
NO <sub>2</sub> -98-Perzentil	2007	-	-	-	-	-	-
	2008	-	-	-	-	-	97
	2009	-	-	-	-	-	122
	2010	-	-	-	-	-	-
	2011	-	-	-	-	-	-
	2012	-	-	-	-	-	-
	2013	-	-	-	-	-	-
PM10-Jahresmittel	2007	-	-	-	-	-	34
	2008	-	-	-	-	-	32
	2009	-	-	-	-	-	34
	2010	-	-	-	-	-	35
	2011	-	-	-	-	-	32
	2012	-	-	-	-	-	29
	2013	-	-	-	-	-	31
PM10- Überschreitungen (Anzahl der Tage über 50 µg/m <sup>3</sup> )	2007	-	-	-	-	-	47
	2008	-	-	-	-	-	43
	2009	-	-	-	-	-	54
	2010	-	-	-	-	-	64
	2011	-	-	-	-	-	55
	2012	-	-	-	-	-	38
	2013	-	-	-	-	-	38

Tab. 4.1: Messdaten an den Messstationen in Markgröningen. Quelle LUBW (2007 bis 2013; 2013 vorläufige Messwerte)

	<b>NO<sub>2</sub>- Jahresmittelwert [µg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>NO<sub>2</sub>-98- Perzentilwert [µg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>PM10- Jahresmittelwert [µg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>PM10-Über- schreitungstage [Anzahl]</b>
SPOT - Markgröningen	48	104	29	35

Tab. 4.2: Berechnete Immissionen an der Messstation MP6 in Markgröningen.

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen für die Grabenstraße an der Messstation MP6 in Markgröningen sind basierend auf den Verkehrsbelegungsdaten für den Referenzfall 2013 und den Emissionsfaktoren für das Jahr 2013 in **Tab. 4.2** aufgeführt. Die berechneten NO<sub>2</sub>-Belastungen weisen eine gute Übereinstimmung mit den Messdaten auf. Die berechneten PM10-Jahresmittelwerte weisen an der Messstelle ebenfalls eine befriedigende Übereinstimmung mit den Messwerten auf. Der geltende Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte von 40 µg/m<sup>3</sup> wird nicht überschritten. Jedoch wird eine PM10-Belastung mit 29 µg/m<sup>3</sup> berechnet und gemessen. Mehr als 35 Überschreitungstage sind ab einem Jahresmittelwert von 29 µg/m<sup>3</sup> zu erwarten.

Mit derselben Vorgehensweise wurden basierend auf den prognostizierten Verkehrsbelegungsdaten für die Maßnahme M1 (P3) die Immissionsberechnungen im Bezugsjahr 2013 durchgeführt. Die Ergebnisse werden zusammenfassend für die genannten Straßenabschnitte als relative Änderungen dargestellt, um die Auswirkungen der Maßnahme und der zeitlichen Entwicklungen der Kfz-Flotte auf die Gesamtbelastungen zu beschreiben.

In **Abb. 4.2** (oben) sind die berechneten Jahresmittelwerte für NO<sub>2</sub> und PM10 sowie in **Abb. 4.2** (unten) die relativen Änderungen der berechneten NO<sub>2</sub> und PM10-Belastungen für den Referenzfall 2013 sowie für die Maßnahme M1 (P3) bezogen auf den Referenzfall 2013 aufgezeigt. Im Anhang A2 sind die berechneten Immissionen für die betrachteten Straßen in Markgröningen grafisch dargestellt.

Die berechneten NO<sub>2</sub>-Immissionen verringern sich an der Grabenstraße ausgehend vom Referenzfall 2013 mit 48 µg/m<sup>3</sup> durch die Maßnahme M1 (P3) bis auf ca. 45 µg/m<sup>3</sup>. Gegenüber dem Referenzfall 2013 weisen die NO<sub>2</sub>-Immissionen mit der Maßnahme M1 (P3) im Jahr 2013 ca. 93% der Gesamtbelastung auf.

Die PM10-Belastungen verringern sich an der Grabenstraße ausgehend vom Referenzfall 2013 mit ca. 29 µg/m<sup>3</sup> auf 28 µg/m<sup>3</sup> durch die Maßnahme M1 (P3). Gegenüber dem Referenzfall 2013 werden durch die Maßnahme M1 (P3) im Jahr 2013 ca. 96% der Gesamtbelastung erwartet.

Anhand der Jahresmittelwerte können Rückschlüsse auf die Anzahl an Überschreitungstagen mit Tagesmittelwerten über  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gezogen werden. Im Referenzfall im Jahr 2013 sind in der Grabenstraße ca. 35 Überschreitungstage berechnet, mit der Maßnahme M1 im Jahr 2013 sind es ca. 31 Überschreitungstage im Jahr.

Insgesamt ist aus den Ergebnissen der Berechnungen zu schließen, dass mit dem modifizierten LKW-Durchfahrtsverbot und der durch die Umweltzone vorgezogenen Erneuerung der Kfz-Fahrzeugflotte Verringerungen der motorbedingten Schadstofffreisetzungen verbunden sind, die auch zu Verringerungen der  $\text{NO}_2$ -Belastungen, aber nicht an allen Straßenabschnitten zu einer Einhaltung der Grenzwerte führen. Entsprechend den Berechnungen ist eine Einhaltung der zulässigen Anzahl an  $\text{PM}_{10}$ -Überschreitungstagen mit der Maßnahme nicht auszuschließen. Dabei wurde vorausgesetzt, dass das modifizierte LKW-Durchfahrtsverbot komplett befolgt wird.

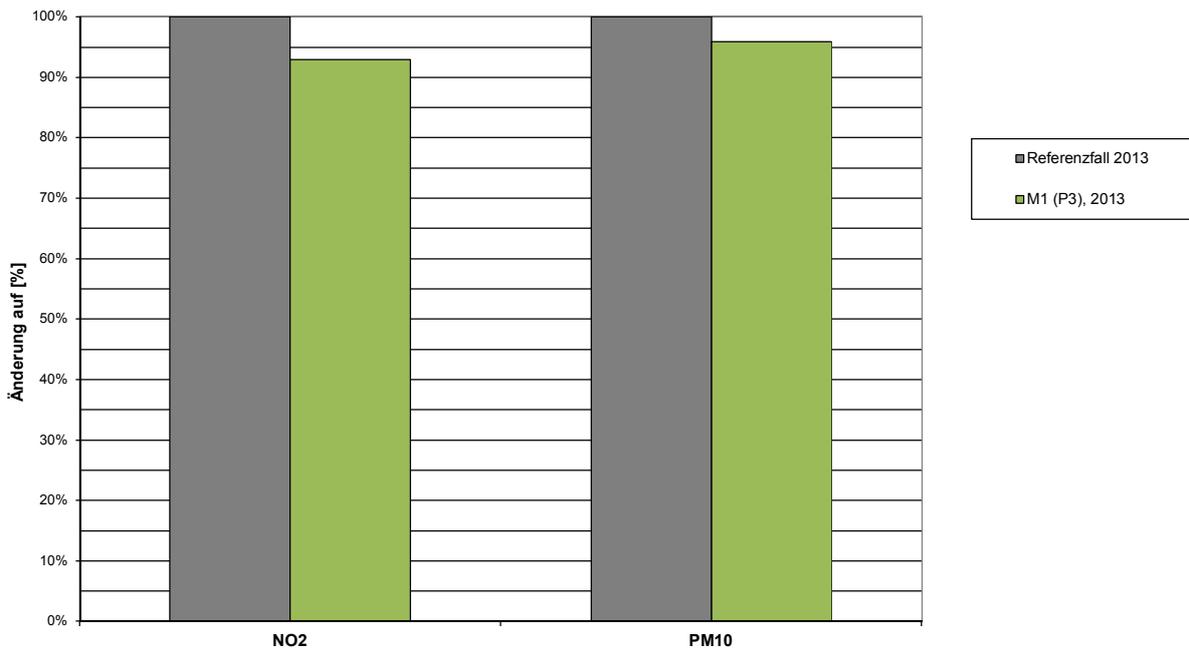
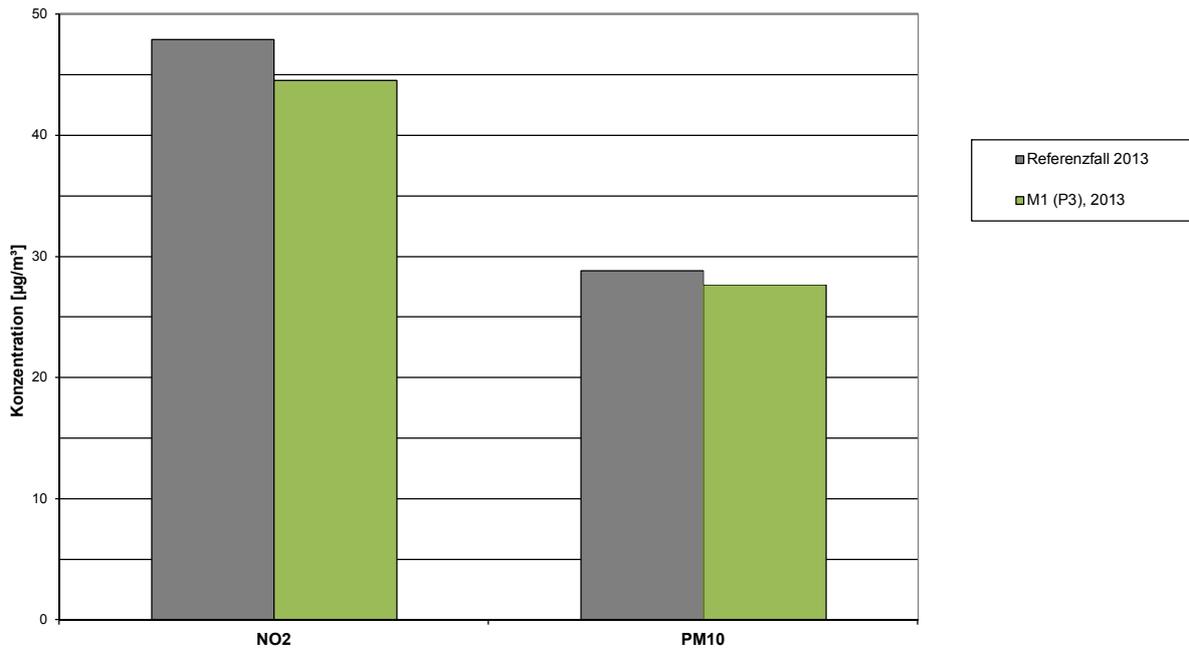


Abb. 4.2: Immissionen an der Grabenstraße in Markgröningen für die betrachtete Maßnahme und den Referenzfall 2013  
oben: Immission in [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]  
unten: Relative Änderung gegenüber dem Referenzfall 2013 in %.

## 5 LITERATUR

39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Luftqualitätsrichtlinie der EU durch Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV) und BImSchG – Änderung in deutsches Recht umgesetzt. Im Internet unter [www.bmu.de](http://www.bmu.de)
- AVISO (2009): Prognose der dynamischen KFZ-Flotte für Stuttgart für die Jahre 2010 und 2012 im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg.
- Bächlin, W., Böisinger, R. (2007): Aktualisierung des NO-NO<sub>2</sub>-Umwandlungsmodells für die Anwendung bei Immissionsprognosen für bodennahe Stickoxidfreisetzung. Projekt 60976-04-01. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG. Gutachten im Auftrag des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen (unveröffentlicht).
- BAST (1986): Straßenverkehrszählungen 1985 in der Bundesrepublik Deutschland. Erhebungs- und Hochrechnungsmethodik. Schriftenreihe Straßenverkehrszählungen, Heft 36. Im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bergisch Gladbach, 1986. Hrsg.: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.
- BAST (2005): PM10-Emissionen an Außerortsstraßen – mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM10-Konzentrationen aus Messungen an der A 1 Hamburg und Ausbreitungsrechnungen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 125, Bergisch-Gladbach, Juni 2005.
- Düring, I., Bächlin, W., Ketzler, M., Baum, A., Friedrich, U., Wurzler, S. (2011): A new simplified NO/NO<sub>2</sub> conversion model under consideration of direct NO<sub>2</sub>-emissions. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 20 067-073 (February 2011).
- Düring und Lohmeyer (2011): Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul unter Mitarbeit der TU Dresden sowie der BEAK Consultants GmbH. Projekt 70675-09-10, Juni 2011. Gutachten im Auftrag von: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.

- Flassak, Th., Bächlin, W., Böisinger, R., Blazek, R., Schädler, G., Lohmeyer, A. (1996): Einfluss der Eingangsparameter auf berechnete Immissionswerte für KFZ-Abgase - Sensitivitätsanalyse. In: FZKA PEF-Bericht 150, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Kühlwein, J. (2004): Unsicherheiten bei der rechnerischen Ermittlung von Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs und Anforderungen an zukünftige Modelle. Dissertation, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart, 20. September 2004.
- Kutzner, K., Diekmann, H., Reichenbacher, W. (1995): Luftverschmutzung in Straßenschluchten - erste Messergebnisse nach der 23. BImSchV in Berlin. VDI-Bericht 1228, VDI-Verlag, Düsseldorf.
- Lohmeyer, A., Nagel, T., Clai, G., Düring, I., Öttl, D. (2000): Bestimmung von Kurzzeitbelastungswerten - Immissionen gut vorhergesagt. In: Umwelt (kommunale ökologische Briefe) Nr. 01/05.01/2000.
- Lohmeyer (2010): Luftreinhalte-/Aktionsplan für den Regierungsbezirk Stuttgart, Teilplan Markgröningen. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe, Projekt 61540, April 2010. Gutachten im Auftrag des Regierungspräsidiums Stuttgart.
- LUA NRW (2006): Jahresbericht 2005, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, Februar 2006, [www.lua.nrw.de](http://www.lua.nrw.de) bzw. [www.lanuv.nrw.de](http://www.lanuv.nrw.de)
- LUBW (2007-2012): Spotmessungen 2006 bis 2011 – Darstellung der Messergebnisse. Hrsg.: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe. Im Internet unter [www.lubw.baden-wuerttemberg.de](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de).
- LUBW (2011): Fahrprofil-Messfahrten in Städten in Baden-Württemberg bei Tempo 30 / 50 und anschließende PHEM-Modellierung. Fachgespräch Emissionen und Minderungspotenziale im Verkehrsbereich – Was bringt Tempo 30 und wie stark wird Euro 6 die NO<sub>2</sub>-Emissionen im Realbetrieb senken? Auftraggeber: LUBW Baden-Württemberg. Hrsg.: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.
- LUBW (2012): Ersteinschätzung der Wirkung von Tempo 30 auf Hauptverkehrsstraßen auf die NO<sub>x</sub>- und PM<sub>10</sub>-Emissionen. Hrsg.: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.

- Röckle, R., Richter, C.-J. (1995): Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen -. Abschlussbericht PEF 92/007/02, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Romberg, E., Bösing, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E. (1996): NO-NO<sub>2</sub>-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für KFZ-Abgase. Hrsg.: Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, Band 56, Heft 6, S. 215-218.
- Schädler, G., Bächlin, W., Lohmeyer, A., van Wees, T. (1996): Vergleich und Bewertung derzeit verfügbarer mikroskaliger Strömungs- und Ausbreitungsmodelle. In: Berichte Umweltforschung Baden-Württemberg (FZKA-PEF 138).
- Stahl + Partner (2013): Luftreinhalte-/Aktionsplan Stadt Markgröningen. Gutachten im Auftrag des Regierungspräsidiums Stuttgart.
- TREMODO (2010): TREMOD – Transport Emission Model: Fortschreibung und Erweiterung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030". Im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 3707 45 101, Version 5.1, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. 2010.
- UBA (2010): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.1/Febr. 2010. Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS AG Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit IFEU Heidelberg. Hrsg.: Umweltbundesamt Berlin. Herunterladbar unter <http://www.hbefa.net/>.
- UMK (2004): Partikelemissionen des Straßenverkehrs. Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“. Oktober 2004.

**A N H A N G A 1:**  
**BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS-**  
**ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION**

## **A1 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION**

Für die Berechnung der Schadstoffimmission an einem Untersuchungspunkt kommt das Berechnungsverfahren PROKAS zur Anwendung, welches den Einfluss des umgebenden Straßennetzes bis in eine Entfernung von mehreren Kilometern vom Untersuchungspunkt berücksichtigt. Es besteht aus dem Basismodul PROKAS\_V (Gaußfahnenmodell) und dem integrierten Bebauungsmodul PROKAS\_B, das für die Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung eingesetzt wird.

### **A1.1 Berechnung der Immissionen mit PROKAS\_V**

Die Zusatzbelastung infolge des Straßenverkehrs in Gebieten ohne oder mit lockerer Randbebauung wird mit dem Modell PROKAS ermittelt. Es werden jeweils für 36 verschiedene Windrichtungsklassen und 9 verschiedene Windgeschwindigkeitsklassen die Schadstoffkonzentrationen berechnet. Die Zusatzbelastung wird außerdem für 6 verschiedene Ausbreitungsklassen ermittelt. Mit den berechneten Konzentrationen werden auf der Grundlage von Emissionsganglinien bzw. Emissionshäufigkeitsverteilungen und einer repräsentativen Ausbreitungsklassenstatistik die statistischen Immissionskenngrößen Jahresmittel- und 98-Perzentilwert ermittelt.

Die Parametrisierung der Umwandlung des von Kraftfahrzeugen hauptsächlich emittierten NO in NO<sub>2</sub> erfolgt für die Kurzzeitbelastungen nach Romberg et al. (1996), modifiziert für hohe Belastungen nach Bächlin et al. (2007). Für Jahresmittelwerte wird die NO-NO<sub>2</sub>-Konversion mit einem vereinfachten Chemiemodell berücksichtigt (Düring et al., 2011).

### **A1.2 Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung mit PROKAS\_B**

Im Falle von teilweise oder vollständig geschlossener Randbebauung (etwa einer Straßenschlucht) ist die Immissionsberechnung nicht mit PROKAS\_V durchführbar. Hier wird das ergänzende Bebauungsmodul PROKAS\_B verwendet. Es basiert auf Modellrechnungen mit dem mikroskaligen Ausbreitungsmodell MISKAM für idealisierte Bebauungstypen. Dabei wurden für 20 Bebauungstypen und jeweils 36 Anströmrichtungen die dimensionslosen Abgaskonzentrationen  $c^*$  in 1.5 m Höhe und 1 m Abstand zum nächsten Gebäude bestimmt.

Die Bebauungstypen werden unterschieden in Straßenschluchten mit ein- oder beidseitiger Randbebauung mit verschiedenen Gebäudehöhe-zu-Straßenschluchtbreite-Verhältnissen und unterschiedlichen Lückenanteilen in der Randbebauung. Unter Lückigkeit ist der Anteil nicht verbauter Flächen am Straßenrand mit (einseitiger oder beidseitiger) Randbebauung zu verstehen. Die Straßenschluchtbreite ist jeweils definiert als der zweifache Abstand zwischen Straßenmitte und straßennächster Randbebauung. Die **Tab. A3.1** beschreibt die Einteilung der einzelnen Bebauungstypen. Straßenkreuzungen werden auf Grund der Erkenntnisse aus Naturmessungen (Kutzner et al., 1995) und Modellsimulationen nicht berücksichtigt. Danach treten an Kreuzungen trotz höheren Verkehrsaufkommens um 10% bis 30% geringere Konzentrationen als in den benachbarten Straßenschluchten auf.

Aus den dimensionslosen Konzentrationen errechnen sich die vorhandenen Abgaskonzentrationen  $c$  zu

$$c = \frac{c^* \cdot Q}{B \cdot u'}$$

wobei:	$c$	=	Abgaskonzentration [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
	$c^*$	=	dimensionslose Abgaskonzentration [-]
	$Q$	=	emittierter Schadstoffmassenstrom [ $\mu\text{g}/\text{m s}$ ]
	$B$	=	Straßenschluchtbreite [m] beziehungsweise doppelter Abstand von der Straßenmitte zur Randbebauung
	$u'$	=	Windgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der fahrzeug-induzierten Turbulenz [m/s]

Die Konzentrationsbeiträge von PROKAS\_V für die Hintergrundbelastung und von PROKAS\_B werden für jede Einzelsituation, also zeitlich korreliert, zusammengefasst.

Typ	Randbebauung	Gebäudehöhe/ Straßenschluchtbreite	Lückenanteil [%]
0*	locker	-	61 - 100
101	einseitig	1:3	0 - 20
102	"	1:3	21 - 60
103	"	1:2	0 - 20
104	"	1:2	21 - 60
105	"	1:1.5	0 - 20
106	"	1:1.5	21 - 60
107	"	1:1	0 - 20
108	"	1:1	21 - 60
109	"	1.5:1	0 - 20
110	"	1.5:1	21 - 60
201	beidseitig	1:3	0 - 20
202	"	1:3	21 - 60
203	"	1:2	0 - 20
204	"	1:2	21 - 60
205	"	1:1.5	0 - 20
206	"	1:1.5	21 - 60
207	"	1:1	0 - 20
208	"	1:1	21 - 60
209	"	1.5:1	0 - 20
210	"	1.5:1	21 - 60

Tab. A2.1: Typisierung der Straßenrandbebauung

### A1.3 Fehlerdiskussion

Immissionsprognosen als Folge der Emissionen des Kfz-Verkehrs sind ebenso wie Messungen der Schadstoffkonzentrationen fehlerbehaftet. Bei der Frage nach der Zuverlässigkeit der Berechnungen und der Güte der Ergebnisse stehen meistens die Ausbreitungsmodelle im Vordergrund. Die berechneten Immissionen sind aber nicht nur abhängig von den Ausbreitungsmodellen, sondern auch von einer Reihe von Eingangsinformationen, wobei jede Einzelne dieser Größen einen mehr oder weniger großen Einfluss auf die prognostizierten Konzentrationen hat. Wesentliche Eingangsgrößen sind die Emissionen, die Bauungsstruktur, meteorologische Daten und die Hintergrundbelastung.

\* Typ 0 wird angesetzt, wenn mindestens eines der beiden Kriterien (Straßenschluchtbreite  $\geq 5 \times$  Gebäudehöhe bzw. Lückenanteil  $\geq 61\%$ ) erfüllt ist.

Es ist nicht möglich, auf Basis der Fehlerbandbreiten aller Eingangsdaten und Rechenschritte eine klassische Fehlerberechnung durchzuführen, da die Fehlerbandbreite der einzelnen Parameter bzw. Teilschritte nicht mit ausreichender Sicherheit bekannt sind. Es können jedoch für die einzelnen Modelle Vergleiche zwischen Naturmessungen und Rechnungen gezeigt werden, anhand derer der Anwender einen Eindruck über die Güte der Rechenergebnisse erlangen kann.

In einer Sensitivitätsstudie für das Projekt "Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung - PEF" (Flassak et al., 1996) wird der Einfluss von Unschärfen der Eingangsgrößen betrachtet. Einen großen Einfluss auf die Immissionskenngrößen zeigen demnach die Eingangsparameter für die Emissionsberechnungen sowie die Bebauungsdichte, die lichten Abstände zwischen der Straßenrandbebauung und die Windrichtungsverteilung.

Hinsichtlich der Fehlerabschätzung für die Kfz-Emissionen ist anzufügen, dass die Emissionen im Straßenverkehr bislang nicht direkt gemessen, sondern über Modellrechnungen ermittelt werden. Die Genauigkeit der Emissionen ist unmittelbar abhängig von den Fehlerbandbreiten der Basisdaten (d.h. Verkehrsmengen, Emissionsfaktoren, Fahrleistungsverteilung, Verkehrsablauf).

Nach BAST (1986) liegt die Abweichung von manuell gezählten Verkehrsmengen (DTV) gegenüber simultan erhobenen Zählwerten aus automatischen Dauerzählstellen bei ca. 10%.

Für die statistische Fehlerbandbreite der  $\text{NO}_x$ -Emissionsfaktoren mit warmem Motor findet man bei Kühlwein (2004) Abschätzungen von 10% bis 20% für Autobahnen bzw. Innerortsstraßen. Aussagen über die statistischen Fehler bei der Berücksichtigung von Kaltstartkorrekturen sind nach Angaben des Autors nicht möglich.

Weitere Fehlerquellen liegen in der Fahrleistungsverteilung innerhalb der nach Fahrzeugschichten aufgeschlüsselten Fahrzeugflotte, dem Anteil der mit nicht betriebswarmem Motor gestarteten Fahrzeuge (Kaltstartanteil) und der Modellierung des Verkehrsablaufs. Je nach betrachtetem Schadstoff haben diese Eingangsdaten einen unterschiedlich großen Einfluss auf die Emissionen. Untersuchungen haben beispielsweise gezeigt, dass die Emissionen, ermittelt über Standardwerte für die Anteile von leichten und schweren Nutzfahrzeugen und für die Tagesganglinien im Vergleich zu Emissionen, ermittelt unter Berücksichtigung ent-

sprechender Daten, die durch Zählung erhoben wurden, Differenzen im Bereich von +/-20% aufweisen.

Die Güte von Ausbreitungsmodellierungen war Gegenstand weiterer PEF-Projekte (Röckle & Richter, 1995 und Schädler et al., 1996). Schädler et al. führten einen ausführlichen Vergleich zwischen gemessenen Konzentrationskenngrößen in der Göttinger Straße, Hannover, und MISKAM-Rechenergebnissen durch. Die Abweichungen zwischen Mess- und Rechenergebnissen lagen im Bereich von 10%, wobei die Eingangsdaten im Fall der Göttinger Straße sehr genau bekannt waren. Bei größeren Unsicherheiten in den Eingangsdaten sind höhere Rechenunsicherheiten zu erwarten. Dieser Vergleich zwischen Mess- und Rechenergebnissen dient der Validierung des Modells, wobei anzumerken ist, dass sowohl Messung als auch Rechnung fehlerbehaftet sind.

Hinzuzufügen ist, dass der Fehler der Emissionen sich direkt auf die berechnete Zusatzbelastung auswirkt, nicht aber auf die Hintergrundbelastung, d.h. dass die Auswirkungen auf die Gesamtimmissionsbelastung geringer sind.

#### **A1.4 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte**

Die 39. BImSchV definiert u.a. als Kurzzeitgrenzwert für NO<sub>2</sub> einen Stundenmittelwert von 200 µg/m<sup>3</sup>, der nur 18-mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend einem einfachen praktikablen Ansatz basierend auf Auswertungen von Messdaten (Lohmeyer et al., 2000) kann abgeschätzt werden, dass dieser Grenzwert dann eingehalten ist, wenn der 98-Perzentilwert 115 µg/m<sup>3</sup> bis 170 µg/m<sup>3</sup> nicht überschreitet. Die genannte Spannweite, abgeleitet aus der Analyse von Messdaten verschiedener Messstellen, ist groß; die Interpretationen der Messdaten deuten darauf hin, dass bei einer Unterschreitung des 98-Perzentilwertes von 130 µg/m<sup>3</sup> (= Äquivalentwert) der genannte Grenzwert für die maximalen Stundenwerte eingehalten wird.

Zur Ermittlung der in der 39. BImSchV definierten Anzahl von Überschreitungen eines Tagesmittelwertes der PM10-Konzentrationen von 50 µg/m<sup>3</sup> wird ein ähnliches Verfahren eingesetzt. Im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Bundesanstalt für Straßenwesen wurde aus 914 Messdatensätzen aus den Jahren 1999 bis 2003 eine gute Korrelation zwischen der Anzahl der Tage mit PM10-Tagesmittelwerten größer als 50 µg/m<sup>3</sup> und dem PM10-Jahresmittelwert gefunden (**Abb. A1.1**). Daraus wurde eine funktionale Abhängigkeit der PM10-Überschreitungshäufigkeit vom PM10-Jahresmittelwert abgeleitet (BAST, 2005).

Die Regressionskurve nach der Methode der kleinsten Quadrate („best fit“) und die mit einem Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöhte Funktion („best fit + 1 sigma“) sind ebenfalls in der **Abb. A1.1** dargestellt.

Im Oktober 2004 stellte die Arbeitsgruppe „Umwelt und Verkehr“ der Umweltministerkonferenz (UMK) aus den ihr vorliegenden Messwerten der Jahre 2001 bis 2003 eine entsprechende Funktion für einen „best fit“ vor (UMK, 2004). Diese Funktion zeigt bis zu einem Jahresmittelwert von ca.  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  einen nahezu identischen Verlauf wie der o.g. „best fit“ nach BAST (2005). Im statistischen Mittel wird somit bei beiden Datenauswertungen die Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes bei einem PM10-Jahresmittelwert von  $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$  erwartet.

Im vorliegenden Gutachten wird wegen der Unsicherheiten bei der Berechnung der PM10-Emissionen sowie wegen der von Jahr zu Jahr an den Messstellen beobachteten meteorologisch bedingten Schwankungen der Überschreitungshäufigkeiten eine konservative Vorgehensweise gewählt. Dazu wird die in BAST (2005) angegebene „best fit“-Funktion um einen Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöht. Mehr als 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Grenzwert) werden mit diesem Ansatz für PM10-Jahresmittelwerte ab  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  abgeleitet. Dieser Ansatz stimmt mit dem vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen vorgeschlagenen Vorgehen überein (LUA NRW, 2006).

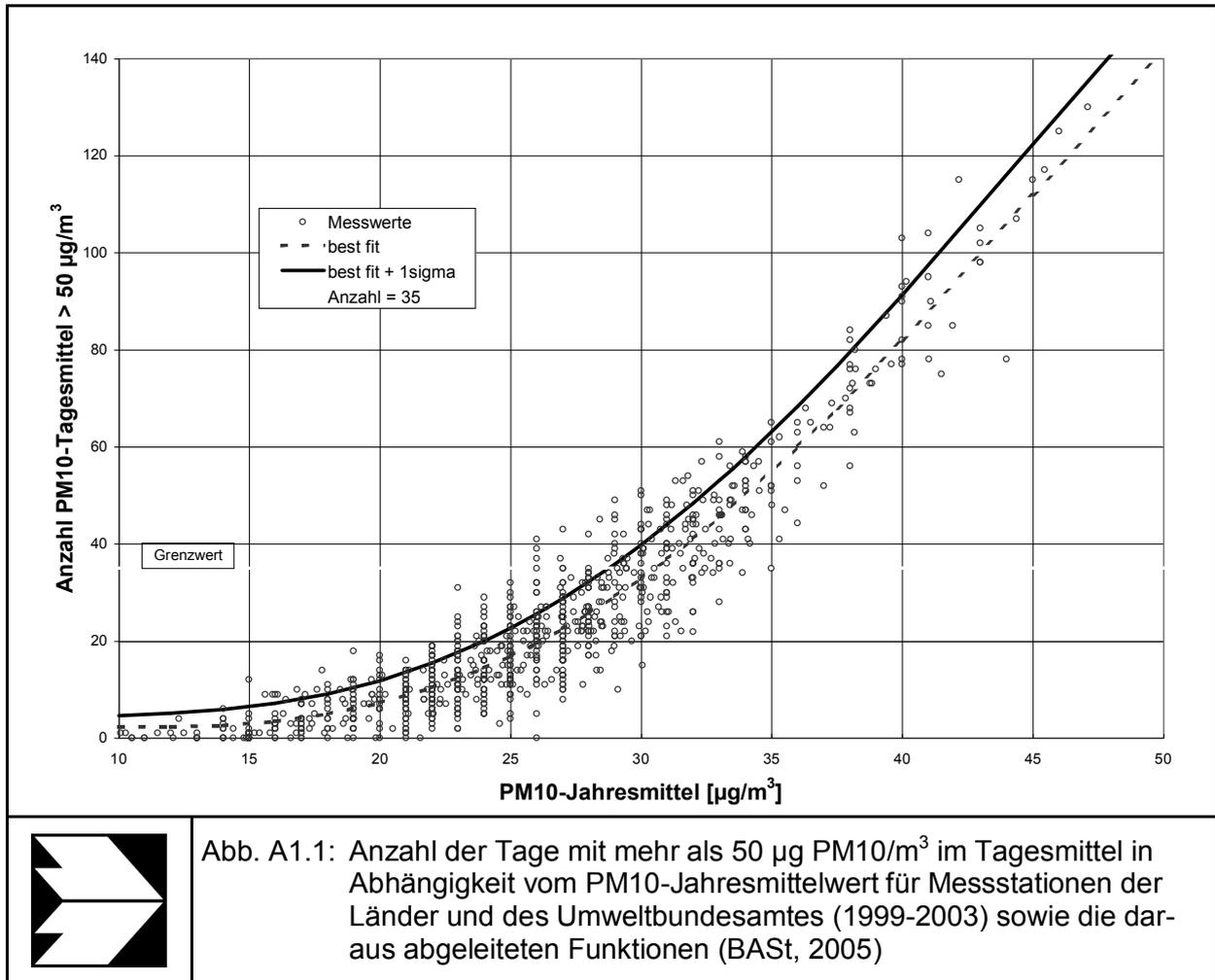


Abb. A1.1: Anzahl der Tage mit mehr als 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  im Tagesmittel in Abhängigkeit vom PM10-Jahresmittelwert für Messstationen der Länder und des Umweltbundesamtes (1999-2003) sowie die daraus abgeleiteten Funktionen (BASt, 2005)

**AN H A N G A 2:**  
**IMMISSIONSDARSTELLUNGEN FÜR DAS HAUPTVERKEHRSSTRASSENNETZ**  
**MARKGRÖNINGEN**

## A2 IMMISSIONSDARSTELLUNGEN FÜR DAS HAUPTVERKEHRSTRASSEN- NETZ MARKGRÖNINGEN

In Kap. 4 sind die relativen Änderungen der Immissionen an dem betrachteten Straßenabschnitt der bestehenden verkehrsnahen Messstelle aufgeführt. Für den Referenzfall 2013 und für die Maßnahme M1 (P3) im Jahr 2013 sind in **Abb. A2.1** und **Abb. A2.2** die berechneten NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte für alle betrachteten Hauptverkehrsstraßen im Stadtgebiet von Markgröningen dargestellt. Die Berechnungen erfolgen an den Straßenabschnitten mit bestehender Randbebauung für Bereiche mit zur Fahrbahn nächstgelegenen Bebauung und für Straßenabschnitte ohne Randbebauung für einen Immissionsort in ca. 10 m Abstand zur Straße. In der Grafik sind Konzentrationswerte über 40 µg/m<sup>3</sup>, d.h. über dem NO<sub>2</sub>-Grenzwert der 39. BImSchV, in gelben und roten Farben dargestellt. An stark frequentierten Straßenabschnitten, insbesondere entlang der Grabenstraße, sind teilweise weiterhin hohe NO<sub>2</sub>-Belastungen prognostiziert, die bei entsprechenden Nutzungen zu Überschreitungen des Grenzwertes führen.

In **Abb. A2.3** und **Abb. A2.4** sind die berechneten PM10-Jahresmittelwerte für den Referenzfall 2013 und für die Maßnahme M1 (P3) im Jahr 2013 für alle betrachteten Hauptverkehrsstraßen in Markgröningen aufgezeigt. Der Schwellenwert von 29 µg/m<sup>3</sup> zur Ableitung der PM10-Kurzzeitbelastung (siehe Kap. A1.4), d.h. mehr als 35 Überschreitungen pro Jahr eines PM10-Tagesmittelwertes von 50 µg/m<sup>3</sup>, ist in den Grafiken mit der gelben Farbe versehen. An allen gelb gekennzeichneten Straßenabschnitten kann eine Überschreitung des PM10-Kurzzeitbelastungswertes bei entsprechenden Nutzungen erwartet werden. Damit sind im an den stark frequentierten Straßenabschnitten insbesondere entlang der Grabenstraße, zum Teil hohe PM10-Jahresmittelwerte berechnet, die mit der Maßnahme M1 (P3) verringert werden, wobei die zulässige Anzahl an PM10-Überschreitungstagen mit der Maßnahme M1 (P3) wahrscheinlich eingehalten werden kann.

