

## **Anlage**

zur 4. Fortschreibung des Luftreinhalteplans München

**Bayerisches Landesamt  
für Umwelt**

Referat 24  
Luftgütemessungen Südbayern,  
Luftreinhalteplan beim Verkehr

**Stadt München  
Referat für Gesundheit  
und Umwelt**

Umweltschutz, Umwelt-  
planung, Luftreinhalteplan  
im Verkehr, Stadtklima

# **Minderungswirkung von Umweltzonen auf die Luftschadstoffbelastung**

**- Umweltzone München -**

## **Übersicht**

**Teil A: Auswirkungen auf die Zulassungszahlen und die Emissionen des Straßenverkehrs**

**Teil B: Auswirkungen auf die Schadstoffbelastung an Straßen**

In diesem Bericht wird die Minderungswirkung der einzelnen Stufen der Umweltzone in München untersucht. Teil A (erstellt vom Landesamt für Umwelt mit Ausnahme des Abschnitts 2.3, der von der Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt verfasst wurde) befasst sich mit den Zulassungszahlen von München und den Auswirkungen der Umweltzone auf die Emissionen. Teil B (erstellt von der Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt) befasst sich zusätzlich mit den Auswirkungen auf die Schadstoffbelastung (Immissionen).

## Zusammenfassung

In München wurde zum 01.10.2008 eine Umweltzone eingeführt. Sie umfasst den Bereich innerhalb des Mittleren Ringes. In der 1. Stufe der Umweltzone ist die Einfahrt für Fahrzeuge ohne Plakette verboten. Der Stadtrat der Landeshauptstadt München hat beschlossen, zum 01.10.2010 die zweite Stufe der Umweltzone, bei der auch Fahrzeuge mit roter Plakette ausgeschlossen werden und zum 01.10.2012 eine dritte Stufe, bei der zusätzlich auch Fahrzeuge mit gelber Plakette ausgeschlossen werden, einzuführen.

Die Wirksamkeit dieser Maßnahmen wurde von der Stadt München und vom Bayerischen Landesamt für Umwelt untersucht.

### Ergebnisse:

#### 1) Untersuchung der Wirkung der bestehenden 1. Stufe der Umweltzone

Im Zusammenhang mit der Einführung der 1. Stufe der Umweltzone wurde ein Rückgang der in München zugelassenen Pkw ohne Plakette um 58 % (-32.182 Pkw) und der Lkw um 13 % (-1.862 Lkw) beobachtet.

In den repräsentativ ausgewählten Straßenabschnitten Landshuter Allee und Prinzregentenstraße reduziert sich die Summe der auspuffbedingten Emissionen um bis zu **47 %** bei Feinstaub (PM<sub>10</sub>) und um bis zu **20 %** bei Stickstoffoxiden NO<sub>x</sub> (als NO<sub>2</sub>-Equivalent) (siehe Tabelle 3). Die aufgrund ihrer krebserzeugenden Eigenschaft besonders gesundheitsrelevanten Dieselrußpartikel werden dabei um bis zu **45 %** reduziert. Die Emissionsberechnungen hierzu erfolgten auf der Grundlage des neuen Handbuches der Emissionsfaktoren für den Straßenverkehr (HbEFA), Version 3.1,

Reduktion der Immissionsmesswerte: Da sich das Fahrverbot der ersten Stufe im Jahr 2008 aus Gründen der Verhältnismäßigkeit auf lediglich ca. 5% der zugelassenen Fahrzeugflotte bezog (Kap. 3.3 der 2. Fortschreibung) und der Verursacheranteil des lokalen Straßenverkehrs bei verkehrsnahen Messorten für PM<sub>10</sub> ca. 14 - 45 % beträgt (Kap. 2.4 der 1. Fortschreibung), ist es aufgrund des großen Einflusses der Meteorologie sehr schwierig, Minderungseffekte von nur wenigen µg/m<sup>3</sup> messtechnisch nachzuweisen<sup>1</sup>.

#### 2) Erfordernis der Notwendigkeit der weiteren Stufen und Bewertung deren Wirkung

Aufgrund der PM<sub>10</sub>-Überschreitungssituation in den Jahren 2008, 2009 und 2010 ergibt sich das Erfordernis die Feinstaub-Immissionsbelastung weiter zu vermindern und weitere Stufen der Umweltzone einzuführen.

Nach den Immissionsberechnungen mit der Vorgängerversion 2.1 des HbEFA<sup>2</sup> ergeben sich bei

<sup>1</sup> Zum Vergleich die PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwerte der LÜB-Messstation Landshuter Allee in 2005: 45 µg/m<sup>3</sup>, 2006: 44 µg/m<sup>3</sup>; 2007: 36 µg/m<sup>3</sup>; 2008: 37 µg/m<sup>3</sup> und 2009: 37 µg/m<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Nach Informationen des LfU sind die Änderungen der Emissionsfaktoren des neuen HbEFA Version 3.1, veröffentlicht im Februar 2010, gegenüber den Emissionsfaktoren des HbEFA Version 2.1 relativ gering, so dass die Änderung der Emissionsfaktoren auf Immissionsberechnungen für Feinstaub (PM<sub>10</sub>) kaum relevant sein dürften.

Einrichtung aller drei Stufen der Umweltzone bis zum Jahr 2012, bezogen auf das Ausgangsjahr 2005, folgende Immissionsminderungen:

An einzelnen Streckenabschnitten innerhalb der Umweltzone wird für  $PM_{10}$  eine Reduktion der Gesamtbelastung um bis zu **1,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  erreicht. Umgerechnet auf die Anzahl der Tage mit Überschreitungen des Tagesmittelgrenzwertes bedeutet dies eine Minderung von bis zu **6** Tagen. Die verkehrsbedingte Zusatzbelastung durch Dieselruß sinkt an einzelnen Straßenabschnitten innerhalb der Umweltzone um bis zu 50 %.

Für  $NO_2$  ergäben sich an Streckenabschnitten innerhalb der Umweltzone Reduktionen der Immissionsbelastung um bis zu  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Eine belastbare Bewertung der Wirkung auf die  $NO_2$ -Immissionen ist jedoch erst mit dem Update des verwendeten Immissionsrechnungsprogramms möglich, das die neuen Emissionsfaktoren des HbEFA Version 3.1 berücksichtigt.

Obwohl der Mittlere Ring nicht in die Umweltzone einbezogen ist, sind aufgrund der rascheren Flottenerneuerung bei Einführung weiterer Stufen der Umweltzone auch dort signifikante Minderungen der Luftschadstoffbelastung zu erwarten. Für die Streckenabschnitte am Mittleren Ring ergibt sich bei Errichtung aller drei Stufen bis 2012 (bezogen auf 2005) ein Rückgang für  $PM_{10}$  um bis zu  $5,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (-12,5 %) und für  $NO_2$  um bis zu  $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (-17 %).

Eine auf verschiedene Einführungszeitpunkte bezogene Auswertung über die 3. Stufe der Umweltzone zeigt, dass sich die höchsten Minderungspotenziale bei vorzeitiger Einführung im Jahr 2010 ergeben.

## **1. Sachstand:**

Aufgrund der Überschreitungen von Grenzwerten für Feinstaub (PM<sub>10</sub>) und Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) an mehreren Luftmessstationen an hochbelasteten Innerortsstraßen wurde für die Landeshauptstadt München ein Luftreinhalte-/Aktionsplan aufgestellt. Zur Verringerung der Schadstoffbelastung sieht dieser neben einem Bündel weiterer Maßnahmen auch die Einrichtung einer Umweltzone ab 01.10.2008 vor. Innerhalb der Umweltzone sind Fahrzeuge der Schadstoffklasse 1 (ohne Plakette) mit einem Fahrverbot belegt. Die derzeitige Fortschreibung des Luftreinhalte-/Aktionsplans sieht zur weiteren Verringerung der Schadstoffbelastung stufenweise auch Fahrverbote für Kraftfahrzeuge der Schadstoffklassen 2 und 3 vor (rote und gelbe Plakette). Vor Einführung weiterer Stufen der Umweltzone soll die Wirksamkeit der Stufe 1 belegt und die Notwendigkeit der weiteren Stufen nachgewiesen werden.

## **2. Methoden zur Untersuchung der Wirkung:**

Innerhalb einer Umweltzone werden hoch emittierende, ältere Fahrzeuge mit einem Fahrverbot belegt, wodurch diese stillgelegt, mit einem Partikelfilter nachgerüstet oder durch neuere, emissionsärmere Fahrzeuge ersetzt werden. Dadurch sinken die Auspuffemissionen der gesamten Fahrzeugflotte und die Schadstoffbelastung der Umgebungsluft nimmt ab.

Entscheidend für die Bewertung der Wirkung einer Umweltzone ist daher die Analyse, ob durch sie der Schadstoffausstoß des Verkehrs gesenkt werden konnte. Mit Rechenprogrammen lassen sich die Emissionsreduzierung sowie die zu erwartende Minderung der Luftbelastung abschätzen. Hierbei wird in der Regel angenommen, dass alle Fahrzeuge, die mit einem Fahrverbot belegt sind, durch die gleiche Anzahl an Neufahrzeugen ersetzt werden. Die Verkehrsstärke bleibt somit gleich, nur die Emissionen verringern sich.

Eine Untersuchung<sup>3</sup> der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz Berlin, hat gezeigt, dass sich dieser Austausch der Fahrzeugflotte nicht nur auf den Bereich innerhalb der Umweltzone beschränkt, sondern sich auf einen größeren Bereich bis ins Umland der Kommune ausdehnt. So fahren in Berlin 50 - 80 % weniger Fahrzeuge mit hohem Schadstoffausstoß (=keine Plakette) auf der Straße, wobei nur ein geringer Unterschied zwischen benachbarten Gebieten innerhalb und außerhalb der Umweltzone besteht. Dies ist verständlich, da die Fahrzeuge in aller Regel nicht nur ausschließlich innerhalb bzw. außerhalb einer Umweltzone eingesetzt werden. Folglich ist an unterschiedlichen Straßen im Stadtgebiet kein relevanter Unterschied bei der Flottenzusammensetzung zu erwarten.

Folgende Fälle sind beim Nachweis der Wirkung einer Umweltzone zu unterscheiden:

- (1) Prognose vor Errichtung im Rahmen der Erstellung eines Luftreinhalte-/Aktionsplans
- (2) Überprüfung der Wirkung nach Einführung der Umweltzone

---

<sup>3</sup> <http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/download/04-15-PK-Umweltzone.pdf>;  
[http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/download/umweltzone\\_1jahr\\_bericht.pdf](http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/download/umweltzone_1jahr_bericht.pdf)

Für den Fall (1) wird die Wirkung für die von der Umweltzone betroffenen Straßen durch qualifizierte Modellrechnung mittels wissenschaftlich anerkannter Rechenprogramme und anhand von aktuellen Verkehrsdaten prognostiziert. Dabei werden für die Luftschadstoffe PM<sub>10</sub> und NO<sub>2</sub> folgende zwei Aspekte betrachtet:

- Emissionsminderung der Umweltzone
- Immissionsminderung der Umweltzone

Die Ergebnisse dieser Wirkungsberechnungen sind in der 2. Fortschreibung unter Kap. 3.4 Auswirkungen aufgeführt<sup>4</sup>.

Für den Fall (2) wird die nach Einführung der Umweltzone eingetretene Wirkung anhand folgender Aspekte überprüft:

- Änderung der Flottenzusammensetzung vor/nach Einführung Umweltzone
- Veränderung der auspuffbedingten Emissionen des Straßenverkehrs durch die Umweltzone für PM<sub>10</sub>, Dieselruß und NO<sub>x</sub>:
- Nachweis der Reduktion der Immissionsbelastung

Schließlich kann die Reduktion der Immissionsbelastung im Prinzip auf zwei Arten nachgewiesen werden:

- a) Durchführung von qualifizierten Modellrechnungen zur Ermittlung der Immissionsanteile des lokalen Straßenverkehrs

Ausgehend von den Straßenverkehrsemissionen in einer konkreten Straße lässt sich der verkehrsbedingte Anteil an der lokalen Schadstoffbelastung durch Screeningmodelle berechnen. Hierfür wurde das Programm IMMIS<sup>Luft</sup> der Fa. Firma IVU Umwelt GmbH, Freiburg, eingesetzt (siehe Teil B). Die derzeit auf dem Markt befindliche Programmversion verwendet intern das HbEFA (Version 2.1). Die neue Version 3.1 wurde bisher noch nicht in das Rechenprogramm IMMIS<sup>Luft</sup> implementiert. Eine neue Programmversion, die auf dem aktuellen HbEFA 3.1 basiert, wird frühestens im Sommer 2010 zur Verfügung stehen. Aufgrund der bekannten Unterschiede zwischen den beiden Versionen des HbEFA ist zu erwarten, dass sich die Prognosen der PM<sub>10</sub>-Immissionen für die Folgejahre nicht wesentlich von denen der aktuellen IMMIS-Version unterscheiden werden, die NO<sub>2</sub>-Prognosen aber voraussichtlich geringere Abnahmeraten aufweisen werden als mit der Version 2.1 angenommen.

Führt man Immissionsberechnungen vor und nach der Einführung einer Umweltzone durch, lässt sich der Effekt der Umweltzone durch Differenzbildung der berechneten Immissionsanteile ermitteln. Diese Berechnungen wurden vom Referat für Gesundheit und Umwelt der Stadt München mit der Programmversion IMMIS<sup>Luft</sup>, Version 4.06, durchgeführt, das noch auf dem alten HbEFA 2.1 basiert (siehe Teil B).

---

<sup>4</sup> [http://www.stmug.bayern.de/umwelt/luftreinhaltung/luftreinhaltelaene/plaene\\_neu.htm](http://www.stmug.bayern.de/umwelt/luftreinhaltung/luftreinhaltelaene/plaene_neu.htm)

b) Abschätzungen durch Auswertung der Luftgüte-Messdaten

Die Wirksamkeit einer Umweltzone über Luftschadstoffmessungen vor und nach Einführung der Umweltzone nachzuweisen, ist aus fachlicher Sicht mit kurzzeitigen Messungen nicht möglich. Die Witterungsbedingungen sowie zahlreiche weitere Störparameter (Baustellen und Umleitungen, Änderungen der Verkehrsstärke und -zusammensetzung, schwankende Einflüsse von weiteren Emittenten wie Gebäudeheizung und Winterdienst auf Straßen sowie Sekundärpartikelbildung) haben einen großen Einfluss auf die Messergebnisse.

## **Teil A Auswirkungen auf die Zulassungszahlen und die Emissionen des Straßenverkehrs (Schwerpunkt Landesamt für Umwelt)**

### **1. Vorgehensweise**

#### **1.1 Zulassungszahlen**

Die Wirkung einer Umweltzone sollte sich anhand der zugelassenen Fahrzeuge erkennen lassen. Nach dem allgemeinen Trend des Fahrzeugaustausches (Stilllegung durch Überalterung bzw. infolge der Abwrackprämie usw.) beträgt die mittlere Lebenserwartung von Fahrzeugen zwischen 11 und 13 Jahren. Dadurch ist ein ständiger Austausch von alten durch Neufahrzeuge zu beobachten (Trend). Fahrzeuge, die mit einem Fahrverbot belegt sind, sollten nach Einführung einer Umweltzone merklich geringere Zulassungszahlen aufweisen, verglichen mit dem allgemeinen Trend.

#### **1.2 Emissionen des Straßenverkehrs**

Die Auspuffemissionen an einer konkreten Straße lassen sich anhand der Verkehrsstärke, der Flottenanteile und der Emissionsfaktoren der einzelnen Fahrzeugschichten (Euro-Stufen) mit dem Handbuch für Emissionsfaktoren (HbEFA) berechnen. Das bisherige HbEFA, Version 2.1, wurde inzwischen fortgeschrieben und im Februar 2010 als neue Version 3.1 (HbEFA 3.1<sup>5</sup>) veröffentlicht. Deshalb wurde für die Berechnungen in den folgenden Abschnitten des Teils A (ausgenommen Abschnitt 2.3) nur die neue Version 3.1 des HbEFA verwendet. Berechnet man die Auspuffemissionen vor und nach Einführung der Umweltzone mit der identischen Version, so lässt sich der Effekt der Umweltzone durch Differenzbildung ermitteln.

Die Wirkung der im Oktober 2008 eingeführten Umweltzone (**UWZ 1**) wird dadurch modelliert, dass ab diesem Zeitpunkt die Anteile der Pkw und Lkw ohne Plakette durch Fahrzeuge mit grüner Plakette (Euro 4/IV) ersetzt werden. Die Verschärfung der Umweltzone, die ab Oktober 2010 geplant ist (**UWZ 2**) wird entsprechend modelliert, d.h. es werden alle Fahrzeuge ohne Plakette und alle Fahrzeuge mit roter Plakette durch Fahrzeuge mit grüner Plakette (Euro 4/IV) ersetzt. Die Wahl von Euro 4/IV-Fahrzeugen als Ersatz für die Fahrzeuge, die nicht mehr in die Umweltzone einfahren dürfen, ermöglicht einen Vergleich mit den früheren Wirkungsprognosen zur Umweltzone. Diese wurden mit der Vorgängerversion des HbEFA (Version 2.1) erstellt, in der noch keine Emissionsfaktoren für Euro 5/V-Fahrzeuge in allen Fahrzeugschichten zur Verfügung standen.

---

<sup>5</sup> <http://www.hbefa.net/d/index.html>

Zur Berücksichtigung der Flottenanteile in den betrachteten Straßen sind zwei Ansätze möglich:

- Verwendung der bundesweit durchschnittlichen **Flottenanteile** der Fahrzeugschichten für die jeweiligen Bezugsjahre nach HbEFA Version 3.1
- Verwendung der von der Stadt München zur Verfügung gestellten **Zulassungszahlen** der letzten Jahre für die einzelnen Schadstoffklassen. Es besteht allerdings ein Unterschied zwischen den zugelassenen und den im Verkehr fahrenden Fahrzeuganteilen. So werden z.B. ältere Fahrzeuge etwas weniger häufig gefahren als neue Fahrzeuge. Nachdem keine Daten über die Verteilung der verschiedenen Schadstoffklassen im fließenden Straßenverkehr (Flottenzusammensetzung) von München zur Verfügung stehen, wird diese Unschärfe in Kauf genommen und angenommen, dass die Verteilung der Schadstoffklassen im Straßenverkehr mit der Verteilung aus der Zulassungsstatistik identisch ist.

Für die vorliegenden Emissionsberechnungen wurden die Zulassungszahlen für München verwendet, da diese die Verhältnisse an den Münchner Straßen genauer repräsentieren. Damit sind allerdings Berechnungen nur bis zum Jahr 2010 möglich, denn für zukünftige Zeitpunkte liegen keine Zulassungszahlen vor.

Zur Darstellung des Minderungspotentials wurden die Emissionen für folgende Verkehrszusammensetzungen ermittelt:

- a) Emissionen des bundesweit durchschnittlichen Trends für die Jahre 2007 – 2010 auf der Grundlage des HbEFA 3.1, wobei im HbEFA bereits die (fahrleistungsgewichteten) Anteile der Fahrzeugschichten implementiert sind (**Trend nach HbEFA**).
- b) Emissionen des Münchner Trends auf der Grundlage der Zulassungszahlen von München für die Jahre 2007 – 2010. Dabei wurden die mit Fahrverbot belegten Fahrzeuge jedoch nicht durch Fahrzeuge der Stufe Euro 4/IV ersetzt (**Trend München**).
- c) Emissionen des Münchner Trends auf der Grundlage der Zulassungszahlen von München, wobei jetzt allerdings mit Einführung der Umweltzone zum 01.10.2008 alle Fahrzeuge, die mit einem Fahrverbot belegt wurden durch Fahrzeuge der Stufe Euro 4/IV ersetzt wurden (**München UWZ-1**). Diese Darstellung kommt der realen Situation mit Umweltzone Stufe 1 am nächsten.
- d) Analog wie unter c) wurden in zwei weiteren Darstellungen die Einführung der Umweltzone Stufe 2 bzw. Stufe 3 zum 01.10.2010 modelliert (**München UWZ-2** bzw. **München UWZ-3**).



## 2. Methodik und Ergebnisse

### 2.1 Zulassungszahlen

In Tabelle 1 werden die von der Stadt München übermittelten Zulassungszahlen für die einzelnen Schadstoffklassen sowie für verschiedene Bezugszeitpunkte dargestellt (prozentuale Anteile an den zugelassenen Fahrzeugarten Pkw und Lkw). Die dargestellten Zeitpunkte überdecken den Einführungszeitraum der Umweltzone am 01.10.2008 und ermöglichen damit, eine Auswirkung der Umweltzone auf die Zulassungszahlen zu erkennen.

Tabelle: 1: Zulassungszahlen München (Anteile) zum Stichtag für Pkw und Lkw

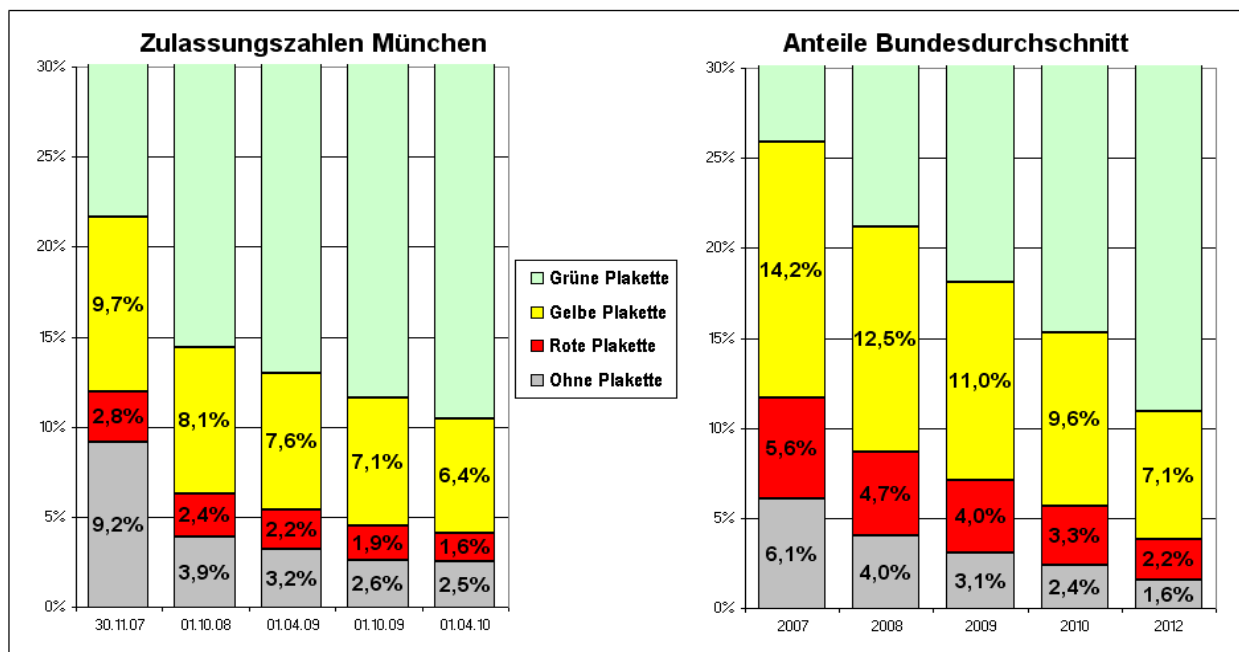
	30.11.07	01.10.08	01.04.09	01.10.09	01.04.10
<b>Pkw</b>					
Ohne Plakette	9,2 %	3,9 %	3,2 %	2,6 %	2,5 %
Rote Plakette	2,8 %	2,4 %	2,2 %	1,9 %	1,6 %
Gelbe Plakette	9,7 %	8,1 %	7,6 %	7,1 %	6,4 %
Grüne Plakette	78,4 %	85,7 %	87,0 %	88,3 %	89,6 %
<b>Lkw</b>					
Ohne Plakette	31,5 %	28,2 %	26,1 %	25,0 %	24,1 %
Rote Plakette	15,8 %	14,5 %	13,8 %	13,1 %	11,6 %
Gelbe Plakette	33,7 %	31,3 %	30,5 %	29,2 %	28,2 %
Grüne Plakette	19,0 %	26,0 %	29,6 %	32,7 %	36,1 %

In Tabelle 2 werden im Vergleich hierzu die Anteile der Schadstoffklassen aus dem HbEFA 3.1 gezeigt, die auf einer **bundesweiten Verteilung ohne Umweltzone** beruhen. Damit ist ein Vergleich der Entwicklung in München (mit Umweltzone) gegenüber dem allgemeinen Trend möglich.

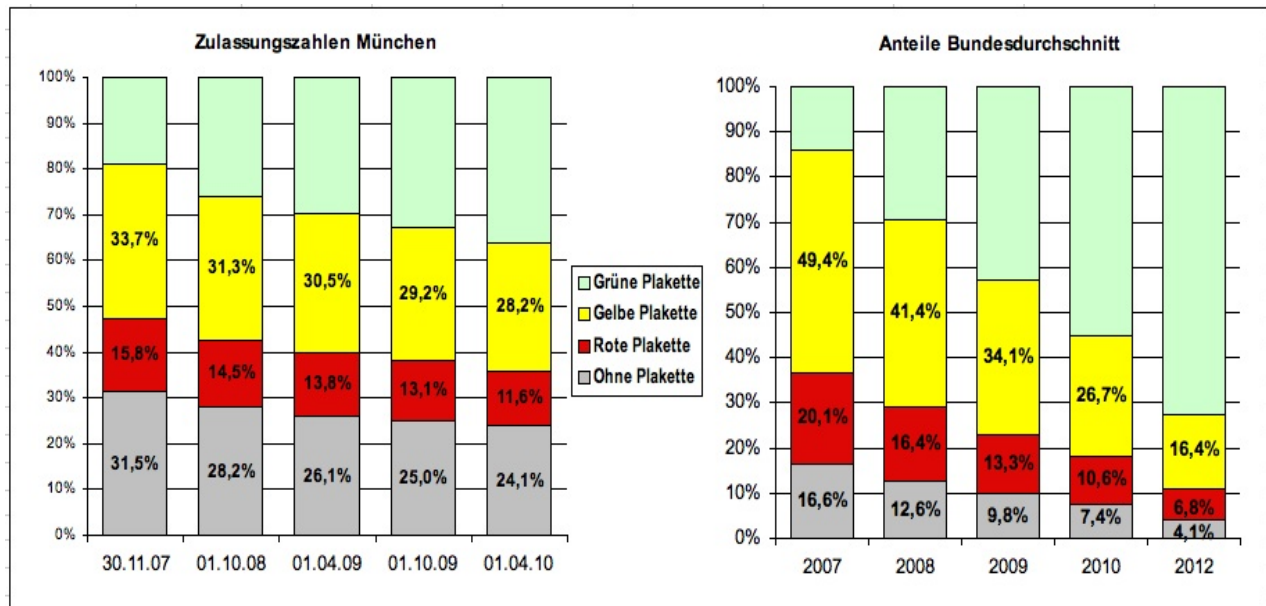
Tabelle: 2: Anteile der Schadstoffklassen aus dem HbEFA 3.1 im jeweiligen Bezugsjahr für Pkw und Lkw (bundesweit durchschnittlicher Trend)

	2007	2008	2009	2010	2012
<b>Pkw</b>					
Ohne Plakette	6,1 %	4,0 %	3,1 %	2,4 %	1,6 %
Rote Plakette	5,6 %	4,7 %	4,0 %	3,3 %	2,2 %
Gelbe Plakette	14,2 %	12,5 %	11,0 %	9,6 %	7,1 %
Grüne Plakette	74,0 %	78,8 %	81,9 %	84,7 %	89,0 %
<b>Lkw</b>					
Ohne Plakette	16,6 %	12,6 %	9,8 %	7,4 %	4,1 %
Rote Plakette	20,1 %	16,4 %	13,3 %	10,6 %	6,8 %
Gelbe Plakette	49,4 %	41,4 %	34,1 %	26,7 %	16,4 %
Grüne Plakette	14,0 %	29,5 %	42,8 %	55,3 %	72,7 %

In den folgenden Abbildungen 1 und 2 werden die beiden Entwicklungen für Pkw und Lkw getrennt verglichen. Die Verteilung der Lkw auf die einzelnen Schadstoffklassen unterscheidet sich deutlich von der bundesdeutschen (fahrleistungsgewichteten) Verteilung. Es zeigt sich, dass bei den Pkw - insbesondere der Schadstoffklasse 1 (ohne Plakette) - der Anteil in München mit Einführung der Umweltzone zum 01.10.2008 von 9,2 % auf 3,9 % sehr stark abgenommen hat (Rückgang um 58 %). Die Entwicklung im Bundesdurchschnitt ist viel weniger ausgeprägt (Abnahme nur um 34 %). Bei den Lkw beträgt die Abnahme in München 10 % (Rückgang des Anteils von 31,5 % auf 28,2 %). Die Abnahme der Schadstoffklassen findet sich jeweils in einer Zunahme bei der Schadstoffklasse 3 wieder. Da bis zum Zeitpunkt der Einführung der Umweltzone am 01.10.2008 noch keine Fahrverbote für die Schadstoffklasse 1 bestanden, muss dieser Rückgang einer „**Vorab-Wirkung**“ der Umweltzone zugeschrieben werden, also den Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit und Medienberichterstattung. Die Umweltprämie für Altfahrzeuge („Abwrackprämie“) kann hierbei noch keine Rolle gespielt haben, da sie erst Anfang 2009 eingeführt wurde. Betrachtet man nur die in München zugelassenen Diesel-Pkw ohne Plakette, so zeigt sich im Zeitraum 01.10.2008 - 01.04.2009 eine Abnahme um 28 % und vom 01.04. - 01.10.2009 eine weitere Abnahme um 16 %. Diese Minderungen wurden sehr wahrscheinlich auch durch die Umweltprämie mitbestimmt.

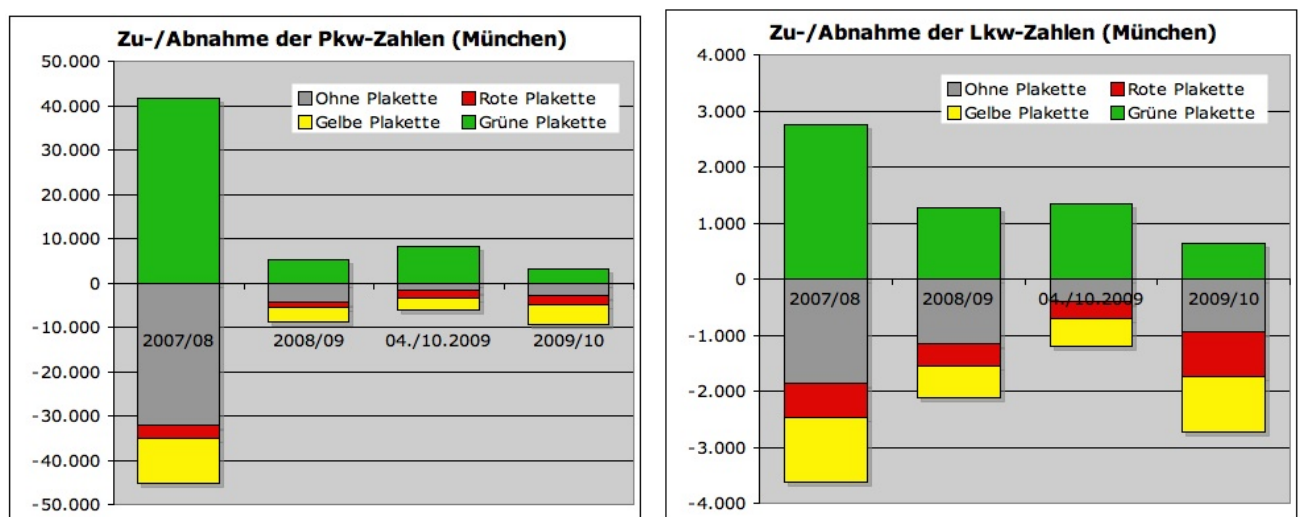


**Abb. 1:** Verlauf der **Pkw**-Schadstoffklassen-Anteile in München und im Bundesdurchschnitt (unterschiedliche Zeitskalen)



**Abb. 2:** Verlauf der Lkw-Schadstoffklassen-Anteile in München und im Bundesdurchschnitt (unterschiedliche Zeitskalen)

Betrachtet man die in Abbildung 3 dargestellten Zu- und Abnahmen der einzelnen Schadstoffklassen, so wird die Entwicklung einer deutlichen Abnahme der Zulassungszahlen für Fahrzeuge der Schadstoffgruppe 1 (ohne Plakette) bei gleichzeitiger Zunahme der "grünen" Fahrzeuge im Zeitraum vor Einführung der Umweltzone sowohl bei Pkw als auch bei Lkw leicht erkennbar. Bei den Pkw ist dieser Wechsel vor dem 01.10.2008 (Einführung der Umweltzone) besonders stark ausgeprägt.



**Abb. 3:** Änderungen 2007 - 2010 bei den Zulassungszahlen München für Pkw (links) und Lkw (rechts)

## 2.2 Änderungen der Emissionen - Berechnungen für einzelne Straßenabschnitte nach neuem HbEFA 3.1

Wie unter 1.2. beschrieben werden hier die Emissionen für die Jahre 2007 – 2010 für verschiedene Szenarien betrachtet. Die Ergebnisse für Feinstaub ( $PM_{10}$ ) und Stickstoffoxide ( $NO_x$ ) sind in den Abbildungen 4a, 4b für die Landshuter Alle und in den Abbildungen 5a, 5b für die PrinzrebenstraÙe dargestellt. Die Serie „Trend nach HbEFA“ zeigt die Schadstoffentwicklung mit einer bundesweiten Verteilung der Fahrzeugschichten, wie sie im HbEFA 3.1 implementiert ist. Die Serie „Trend München“ verwendet statt der bundesweiten Verteilung die Zulassungszahlen von München, jedoch noch ohne Aussperrung der Fahrzeuge ohne Plakette. Die Serie „München UWZ-1“ stellt den Trend München dar, jedoch ab 01.10.2008 auch mit Aussperrung der Fahrzeuge ohne Plakette. Die Emissionsbeträge unter „München UWZ-2“ und „München UWZ-3“ wurden ermittelt, indem die Stufe 2 bzw. 3 der Umweltzone im Jahr 2010 modelliert wurde. Stufe 2 der Umweltzone ist gemäß dem Luftreinhalte-/Aktionsplan für frühestens 01.10.2010 vorgesehen, Stufe 3 allerdings erst ab 01.10.2012. Letztere wird hier bereits für das Jahr 2010 modelliert, da für die Zukunft keine Zulassungszahlen vorliegen. Die für die Emissionsberechnung verwendeten Verkehrsdaten (DTV, Lkw-Anteil) wurden über die betrachteten Jahre als konstant angenommen.

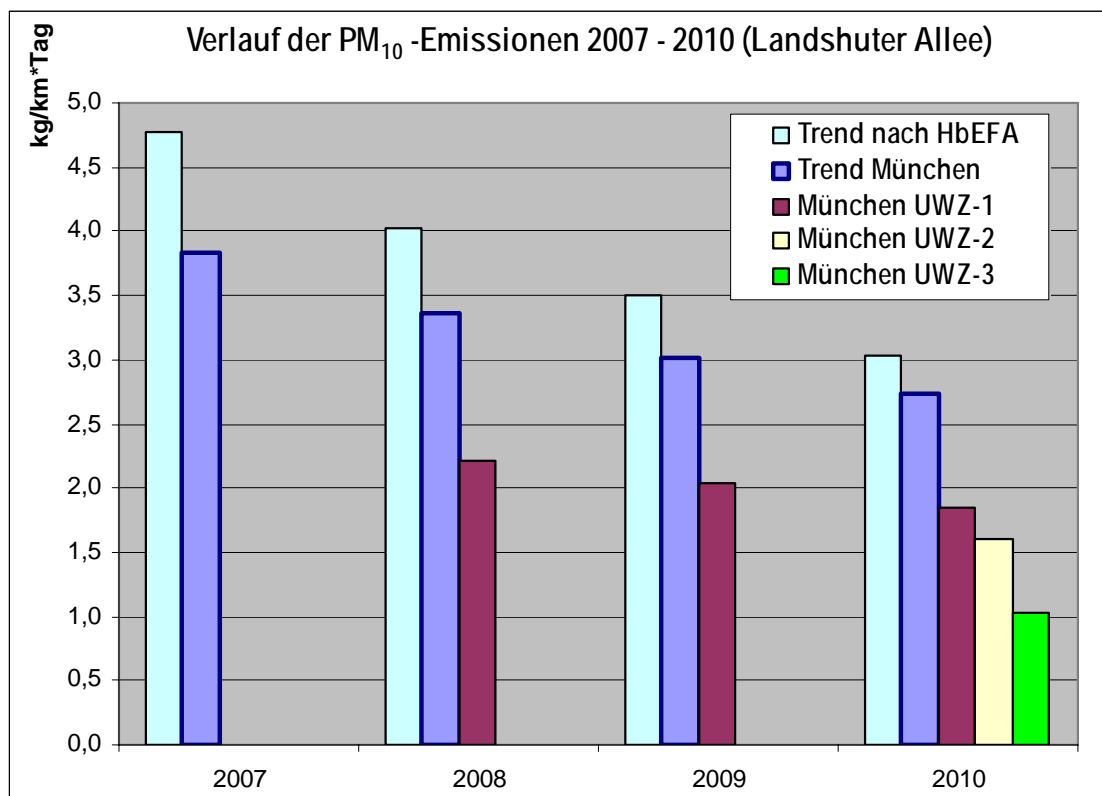


Abb. 4a:  $PM_{10}$ -Emissionen an der Landshuter Allee (130.000 Fz./Tag, 8 % Lkw-Anteil)

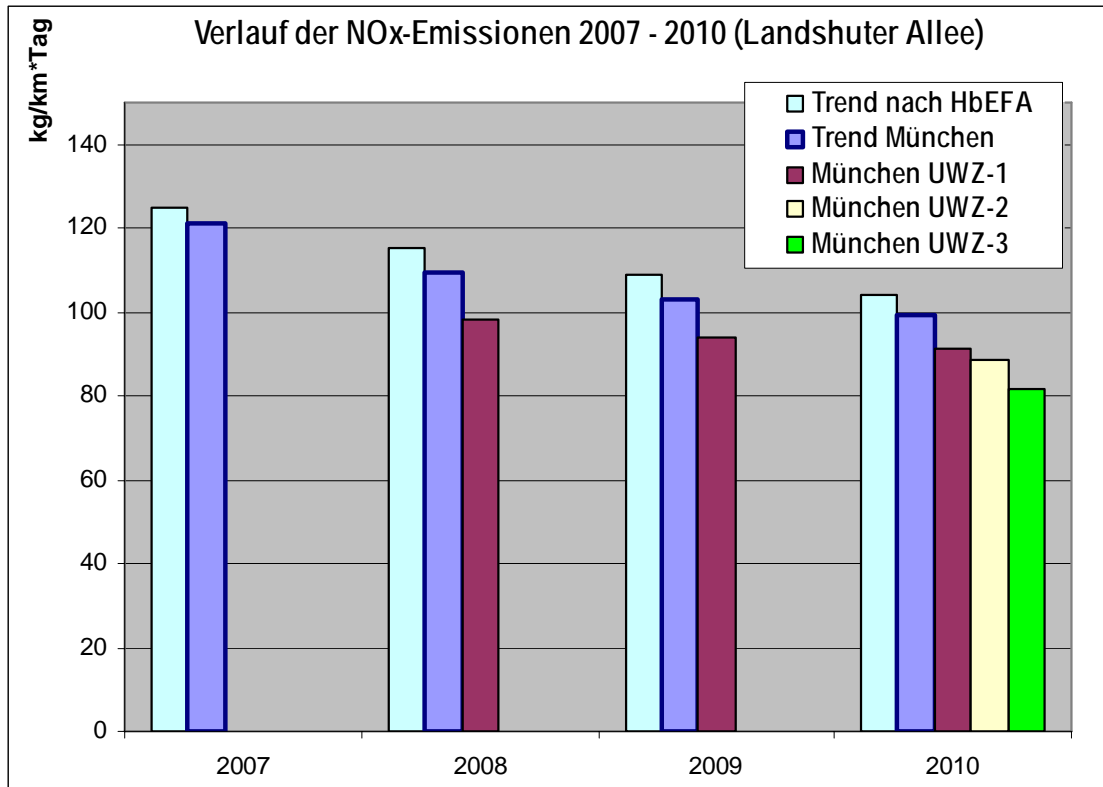


Abb. 4b: NO<sub>x</sub>-Emissionen an der Landshuter Allee (130.000 Fz./Tag, 8 % Lkw-Anteil)

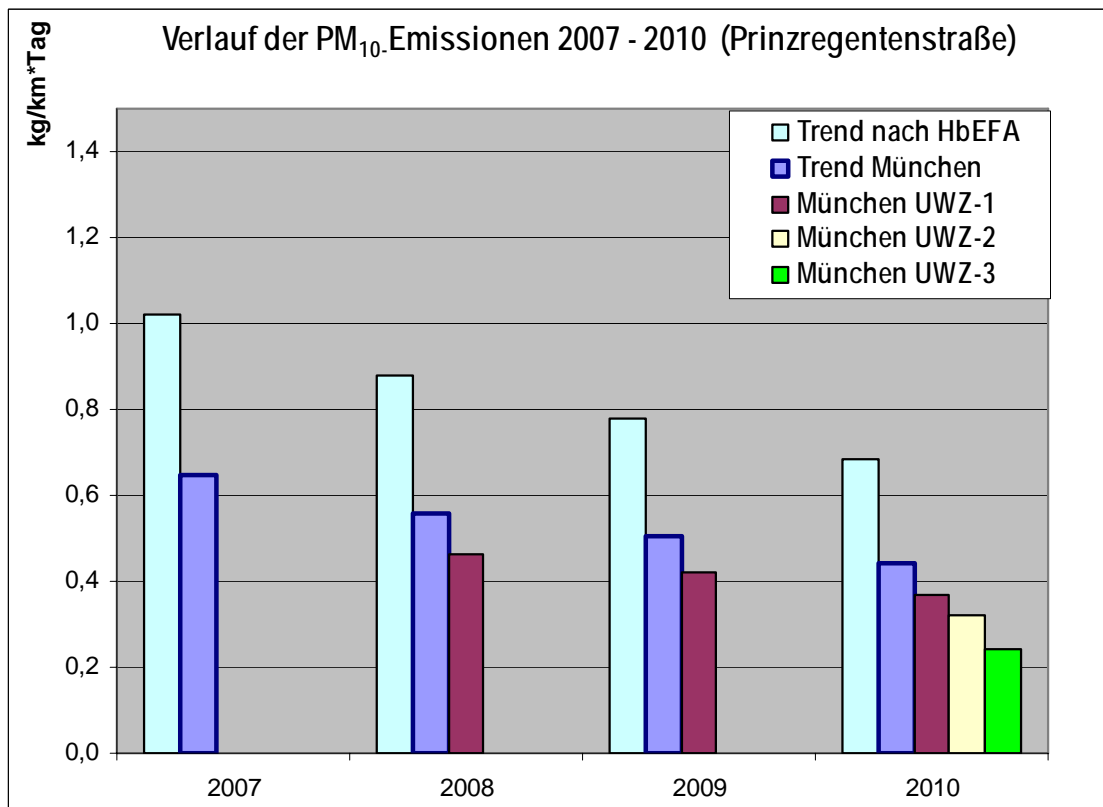
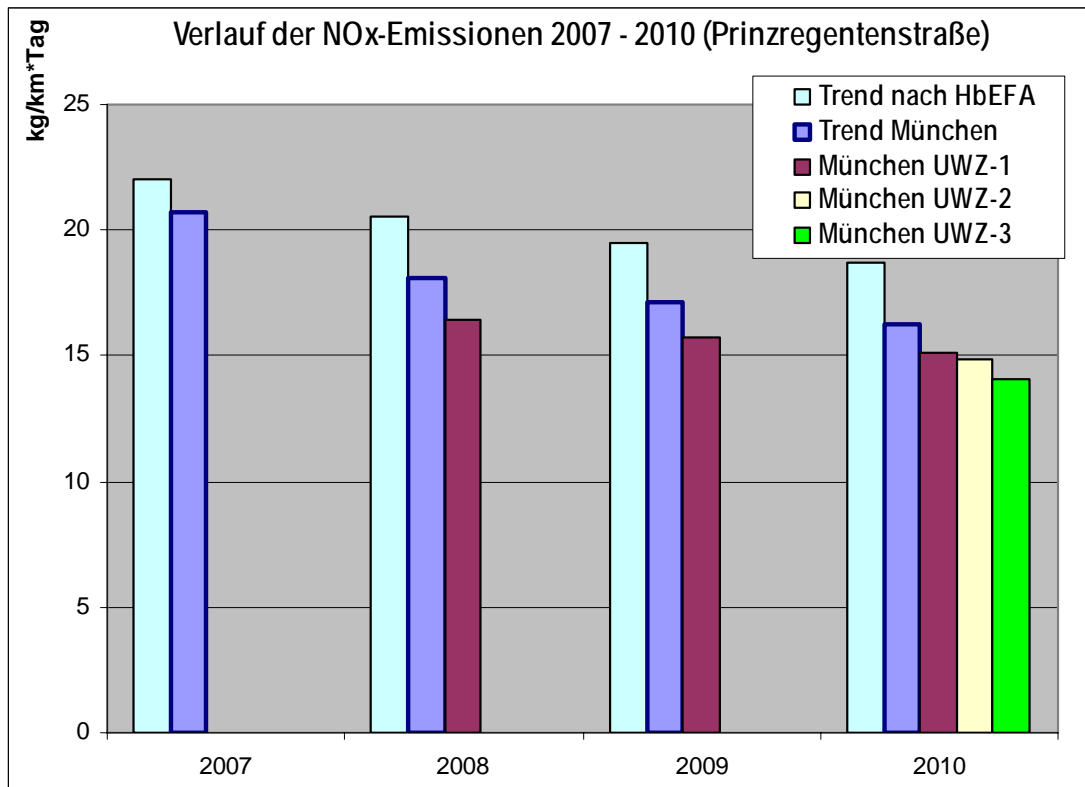


Abb. 5a: PM<sub>10</sub>-Emissionen an der Prinzregentenstraße (39.000 Fz./Tag, 1,5 % Lkw-Anteil)



**Abb. 5b:** NO<sub>x</sub>-Emissionen an der Prinzregentenstraße (39.000 Fz./Tag, 1,5 % Lkw-Anteil)

Aus den obigen Abbildungen ist ersichtlich, dass auch ohne die Einrichtung einer Umweltzone die emittierten Schadstofffrachten im Laufe der Jahre abnehmen (Trend nach HbEFA). Dies rührt daher, dass die Fahrzeugflotte ständig erneuert wird (ein zusätzlicher Effekt ist auf die Abwrackprämie zurück zu führen).

In der folgenden Tabelle 3 sind die Minderungsraten bei den Emissionen bezogen auf den Trend nach HbEFA und den Trend München für die Jahre 2008 (Umweltzone Stufe 1) und 2010 (Umweltzone Stufe 2 bzw. Stufe 3) aufgelistet. Die Minderungen beziehen sich auf die Diagramme der Abbildungen 4a, b und 5a, b. Hierbei bedeuten:

- 2008 UWZ-1: Unterschied zwischen bundesdurchschnittlichen Trend nach HbEFA und München UWZ-1 (= München mit 1. Stufe Umweltzone 01.10.2008)
- 2008 Sperrg: Unterschied zwischen Trend München (ohne Fahrverbot; nur Vorab-Wirkung der Umweltzone) und München UWZ-1 (mit Fahrverbot Stufe 1)
- 2010 UWZ-2: Unterschied zwischen München UWZ-1 und UWZ-2 (2010); stellt die Wirkung der Umweltzone Stufe 2 dar, eingeführt in 2010
- 2010 UWZ-3: Unterschied zwischen München UWZ-1 und UWZ-3 (2010); stellt die Wirkung der Umweltzone Stufe 3 dar, eingeführt bereits in 2010 statt 2012

Die Werte unter „2008 UWZ-1“ gehen davon aus, dass der „Trend nach HbEFA“ (bundesdeutscher Durchschnitt) näherungsweise die Emissionen ohne die Wirkung einer Umweltzone darstellt. Dies trifft nur zum Teil zu, da die Verteilung der Fahrzeugschichten in der Großstadt München grundsätzlich vom Bundesdurchschnitt abweichen kann. Außerdem kann sich hier auch der Unterschied zwischen den Zulassungszahlen von München und der Flottenverteilung im HbEFA bemerkbar machen.

**Tabelle 3:** Minderungsraten bei den Auspuff-Emissionen, am Beispiel Landshuter Allee und Prinzregentenstraße

<b>PM<sub>10</sub> [kg/km*Tag]</b>	<b>2008 UWZ-1</b>		<b>2008 Sperrg.</b>		<b>2010 UWZ-2</b>		<b>2010 UWZ-3</b>	
Landshuter Allee	1,8	45 %	1,1	34 %	0,25	13 %	0,82	44 %
Prinzregentenstraße	0,42	47 %	0,10	17 %	0,05	13 %	0,13	35 %
<b>NOx [kg/km*Tag]</b>								
Landshuter Allee	14	15 %	8,6	10 %	1,6	2,2 %	8,2	11 %
Prinzregentenstraße	4,0	20 %	1,6	9,1 %	0,23	1,5 %	1,0	6,8 %
<b>Ruß [kg/km*Tag]</b>								
Landshuter Allee	0,94	43 %	0,48	28 %	0,13	13 %	0,39	39 %
Prinzregentenstraße	0,24	45 %	0,05	14 %	0,03	13 %	0,07	30 %

Aus der Tabelle 3 ist die Abnahme sowohl der Feinstaub- und Ruß- als auch der Stickstoffoxid-Emissionen zu erkennen. Die Gesamtwirkung der Umweltzone auf die Feinstaubemissionen aus dem Auspuff (Vorab-Wirkung mit Rückgang der Zulassungszahlen bei Fahrzeugen ohne Plakette und Wirkung der Fahrverbote) ist mit 45 % an der Landshuter Allee und mit 47% an der Prinzregentenstraße relativ hoch. Ein Großteil der Auspuffpartikel besteht aus dem gesundheitsschädlichen Dieselruß, der ähnlich wie Feinstaub um 43 % bzw. 45 % gemindert wurde. Die Minderungsraten sind - wie erwartet - bei den Stickstoffoxid-Emissionen geringer, da hier bereits die Emissionsfaktoren des neuen HbEFA (Version 3.1) verwendet wurden. Diese geben das Abgasverhalten realitätsnäher wieder als die Faktoren der vorhergehenden Version 2.1.

Außerdem ist zu erkennen, dass die Einführung einer Umweltzone, Stufe 2, am 01.10.2010, verglichen mit der Einführung der Stufe 1 zum 01.10.2008, eine deutlich geringere Wirkung zeigen würde. Dies rührt im Wesentlichen daher, dass die nach Einführung der Stufe 2 mit einem Fahrverbot belegte Schadstoffgruppe 2 (rote Plakette) sowohl bei Pkw als auch bei Lkw einen deutlich geringeren Anteil an den zugelassenen Fahrzeugen besitzt als die Schadstoffgruppe 3 (gelbe Plakette).

## 2.3 Summe der Emissionen des motorisierten Straßenverkehrs im gesamten Hauptstraßennetz innerhalb der Umweltzone

(Referat für Gesundheit und Umwelt, Stadt München)

Anders als in den vorhergehenden Abschnitten erfolgen die Berechnungen für diesen Abschnitt mit dem HbEFA Version 2.1 und nach den Grundlagen zur Modellierung, die im Teil B, Abschnitt 2 dargelegt sind.

Die Einführung weiterer Stufen der Münchner Umweltzone führt nach den Berechnungen mit der bundesdeutschen Standardflotte zu deutlichen Minderungen bei den auspuffbedingten Emissionen in den Jahren 2010 und 2012. Dies zeigt sich in den nachfolgenden Abbildungen, in denen die **Summe der Emissionen des motorisierten Straßenverkehrs im gesamten Hauptstraßennetz innerhalb der Umweltzone** (UWZ) dargestellt sind (Nebenstraßen konnten in der Berechnung mangels geeigneter Verkehrsdaten nicht berücksichtigt werden, d.h. die realen Emissionen liegen höher).

Die auspuffbedingten PM<sub>10</sub>-Emissionen nehmen von 10,2 t/Jahr im Bezugsjahr 2005 nach Einführung der weiteren Stufen der Umweltzone auf 5,5 t/Jahr in 2012 ab; die als besonders gesundheitsgefährdend eingestufteten Dieselrußpartikel von 5,8 t/Jahr auf 3,2 t/Jahr (s. Abb. 6). Dies entspricht einem Rückgang der Emissionen um 47 % bzw. 45 % im Vergleich zum Bezugsjahr 2005.

Im Vergleich dazu hat bei den auspuffbedingten Emissionen die zweite Stufe der Umweltzone im Jahr 2010 einen ähnlich Minderungseffekt (- 34 %) wie eine Minderung des Verkehrsaufkommens um 10 % ohne Einfahrtsbeschränkungen, bezogen auf das Jahr 2010 (- 33 %).

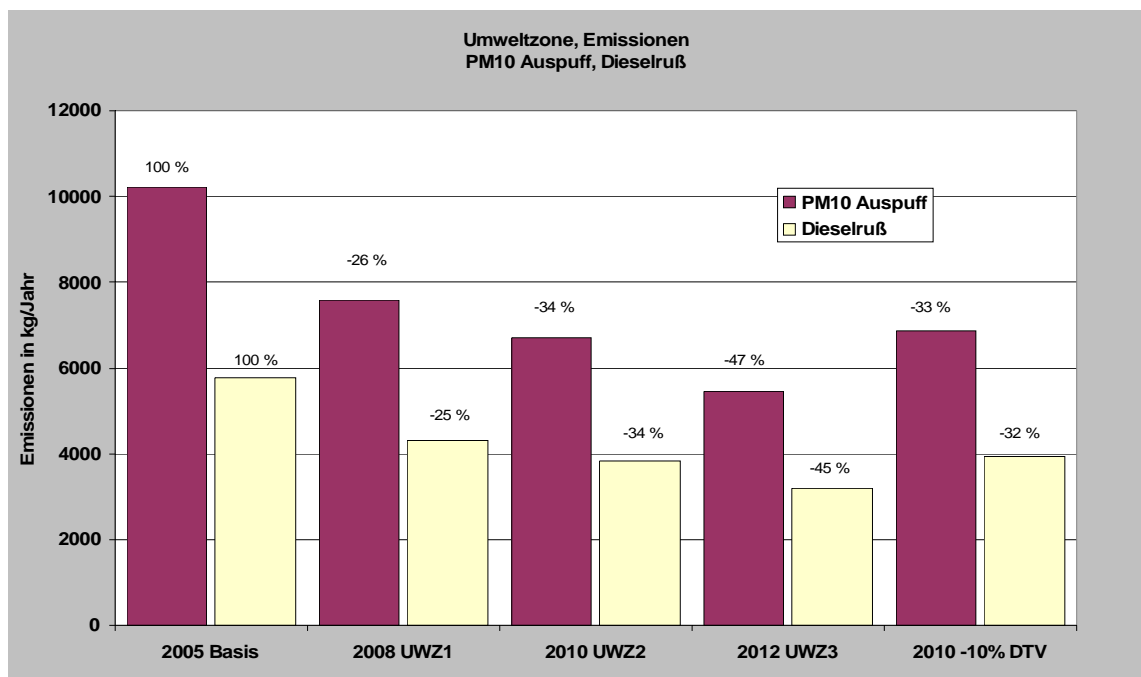


Abb. 6: Auspuffbedingte PM<sub>10</sub> – und Dieselrußemissionen in kg/Jahr



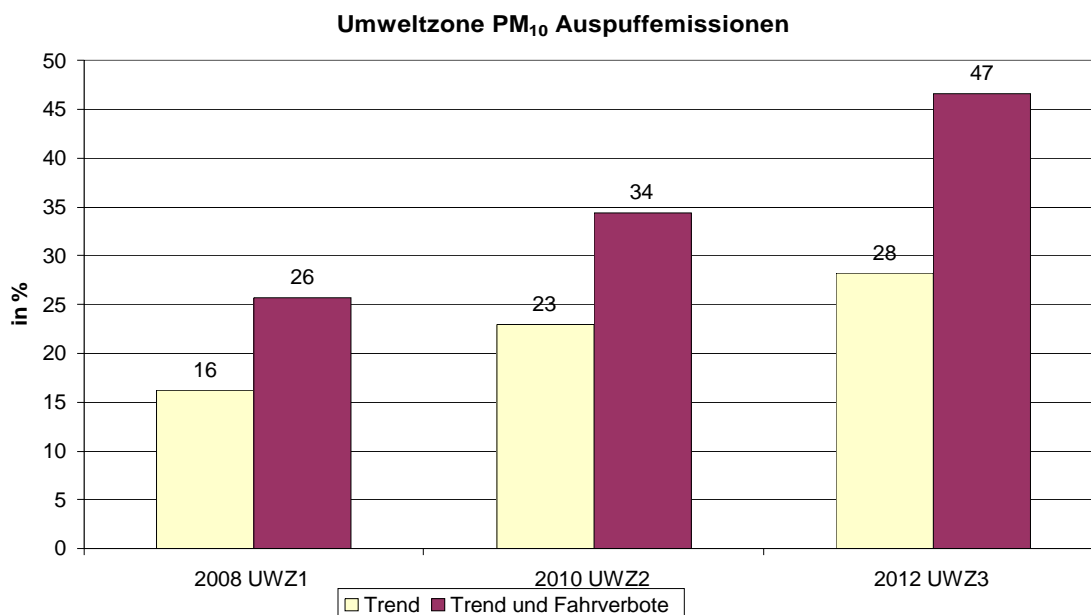


Abb. 7: PM<sub>10</sub> Auspuffemissionen, Anteile der Trendentwicklung an Emissionsminderung

Die Abb.7 zeigt, den Anteil der Emissionsreduzierung, die auf die prognostizierte Trendentwicklung zurückzuführen ist und den zusätzlichen Effekt durch die Einführung der Umweltzone.

Die Minderung der – hier nicht dargestellten - gesamten PM<sub>10</sub>-Emissionen, also der Summe der auspuffbedingten und der durch Aufwirbelung verursachten Emissionen ist mit 11 % bis zum Jahr 2012 geringer. Nach den Modellannahmen sind die aufgewirbelten Emissionen größer als die auspuffbedingten Emissionen und werden als konstanter Faktor von der Verkehrsmenge modelliert; entsprechend dieser Annahmen bleibt der Anteil der wieder aufgewirbelten Emissionen bis 2012 unverändert. Der Anteil der aufgewirbelten Emissionen an den PM<sub>10</sub> Emissionen beträgt nach den Modellannahmen, wie die Abb. 8 zeigt, zwischen 75 % und über 80 %.

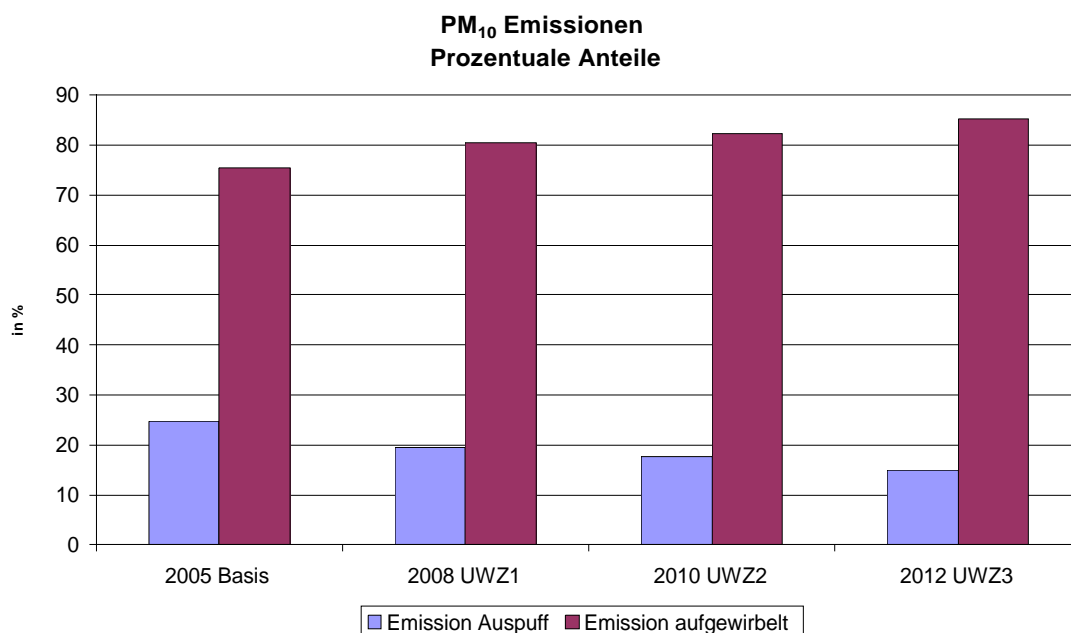


Abb. 8: Prozentuale Anteile der Auspuiffemissionen und des aufgewirbelten Anteils an den PM<sub>10</sub>-Emissionen

Der Minderungseffekt bei den auspuiffbedingten Stickstoffoxid-Emissionen ist ähnlich groß wie bei PM<sub>10</sub>. Er beträgt 44 %, die Stickstoffoxid-Emissionen reduzieren sich demnach von 255 t/Jahr im Bezugsjahr 2005 auf etwa 143 t/Jahr im Jahr 2012.

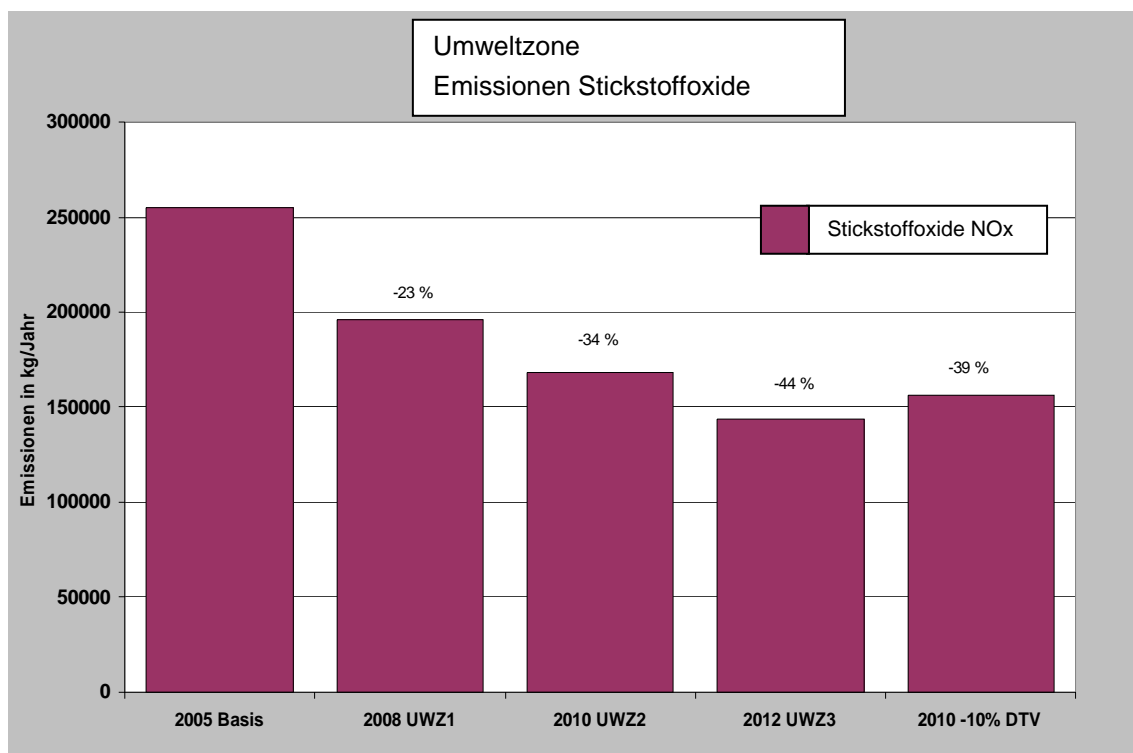


Abb. 9: Stickstoffoxid- (NO<sub>x</sub>-) Emissionen in kg/Jahr

**Anhang zu Teil A:****Tab. 4:** Zulassungszahlen München: Anzahl der Fahrzeuge

<b>Pkw</b>	<b>30.11.07</b>	<b>01.10.08</b>	<b>01.04.09</b>	<b>01.10.09</b>	<b>01.04.10</b>
Ohne Plakette	55.741	23.559	19.193	17.530	14.619
Rote Plakette	17.336	14.550	13.372	11.540	9.564
Gelbe Plakette	59.506	49.114	45.772	43.019	38.413
Grüne Plakette	479.125	520.865	525.985	534.256	537.469
<b>Pkw gesamt</b>	<b>611.708</b>	<b>608.088</b>	<b>604.322</b>	<b>606.345</b>	<b>600.065</b>
Abnahme ohne Plakette zum jeweiligen Vorjahr		32.182 58%	4.366 19%	1.663 9%	2.911 17%

<b>Lkw</b>	<b>30.11.07</b>	<b>01.10.08</b>	<b>01.04.09</b>	<b>01.10.09</b>	<b>01.04.10</b>
Ohne Plakette	14.430	12.568	11.407	10.999	10.056
Rote Plakette	6.334	5.736	5.340	5.042	4.248
Gelbe Plakette	13.470	12.314	11.759	11.276	10.292
Grüne Plakette	9.120	11.883	13.160	14.498	15.123
<b>Lkw gesamt</b>	<b>43.354</b>	<b>42.501</b>	<b>41.666</b>	<b>41.815</b>	<b>39.719</b>
Abnahme ohne Plakette zum jeweiligen Vorjahr		1.862 13%	1.161 9%	408 4%	943 9%

In der Tabelle 5 werden für die Jahre 2008 bis 2012 die Emissionsfaktoren für NO<sub>x</sub> und PM<sub>10</sub> aus dem HBEFA 3.1 dargestellt.

**Tab. 5:** Emissionsfaktoren für NO<sub>x</sub> und PM<sub>10</sub> aus dem HbEFA 3.1 in g/km

<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
PKW	0,424	0,393	0,374	0,36
LNF	1,116	1,076	1,037	0,986
SNF	6,577	6,019	5,607	5,342
<b>PM<sub>10</sub></b>				
PKW	0,017	0,015	0,013	0,011
LNF	0,109	0,094	0,086	0,08
SNF	0,184	0,15	0,125	0,104

In der Tabelle 6 werden für die Jahre 2008 bis 2010 die Emissionsfaktoren für NO<sub>x</sub> und PM<sub>10</sub> aus dem HBEFA 3.1 unter der Annahme einer Umweltzone (UWZ) dargestellt. Für die Jahre 2008 und 2009 wird die Wirkung der Umweltzone (UWZ 1) dadurch bestimmt, dass die PKW und LKW ohne Plakette durch Euro 4 Fahrzeuge ersetzt wurden. Die Fortschreibung der Umweltzone (UWZ 2) im Jahr 2010 wird dadurch simuliert, dass Fahrzeuge ohne Plakette und mit roter Plakette durch Fahrzeuge mit grüner Plakette ersetzt werden.

**Tab. 6:** Emissionsfaktoren für NO<sub>x</sub> und PM<sub>10</sub> und Wirkung der Umweltzone UWZ1 und UWZ2 berechnet mit Emissionsfaktoren für NO<sub>x</sub> und PM<sub>10</sub> aus dem HBEFA 3.1 in g/km

<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>2007</b>	<b>2008 UWZ 1</b>	<b>2009 UWZ 1</b>	<b>2010 UWZ 2</b>
PKW	0,424	0,368	0,355	0,34
LNF	1,116	0,94	0,927	0,819
SNF	6,577	5,698	5,37	5,004
<b>PM<sub>10</sub></b>				
PKW	0,017	0,013	0,012	0,008
LNF	0,109	0,063	0,06	0,048
SNF	0,184	0,107	0,092	0,071

In der Tab 7 wird mit den Zulassungszahlen München der Verlauf der Emissionsfaktoren NO<sub>x</sub> und PM<sub>10</sub> von 2007 bis 2010 dargestellt. Die Vorab-Wirkung der Umweltzone ist hierbei enthalten.

**Tab. 7:** Emissionsfaktoren für NO<sub>x</sub> und PM<sub>10</sub> und Wirkung der Umweltzone UWZ-1

<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
PKW	0,421	0,364	0,344	0,325
LNF	0,672	0,555	0,522	0,492
SNF	6,898	6,455	6,105	5,932
<b>PM<sub>10</sub></b>				
PKW	0,013	0,011	0,01	0,008
LNF	0,024	0,023	0,023	0,022
SNF	0,231	0,207	0,187	0,179

In der Tab 8 wird mit den Zulassungszahlen München die Emissions-Faktoren NO<sub>x</sub> und PM10 die Wirkung der Umweltzonen UWZ1 und UWZ2 dargestellt. Hierbei ist nicht nur die Vorab-Wirkung (Zulassungszahlen) berücksichtigt, sondern auch die mit Fahrverbot belegten Schadstoffgruppen wurden im Modell "ausgesperrt".

**Tab. 8:** Emissionsfaktoren für NO<sub>x</sub> und PM<sub>10</sub> und Wirkung der Umweltzone UWZ-1 und UWZ-2

<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>2007</b>	<b>2008 UWZ 1</b>	<b>2009 UWZ 1</b>	<b>2010 UWZ 2</b>
PKW	0,421	0,334	0,319	0,303
LNF	0,672	0,495	0,472	0,445
SNF	6,898	5,733	5,496	5,2
<b>PM<sub>10</sub></b>				
PKW	0,013	0,01	0,009	0,006
LNF	0,024	0,021	0,021	0,02
SNF	0,231	0,108	0,102	0,084

In den folgenden Abbildungen 6 bis 11 werden NO<sub>x</sub>- und PM<sub>10</sub>- Emissionsfaktoren, die in den Tabellen 5 bis 8 dargestellt sind, grafisch gezeigt.

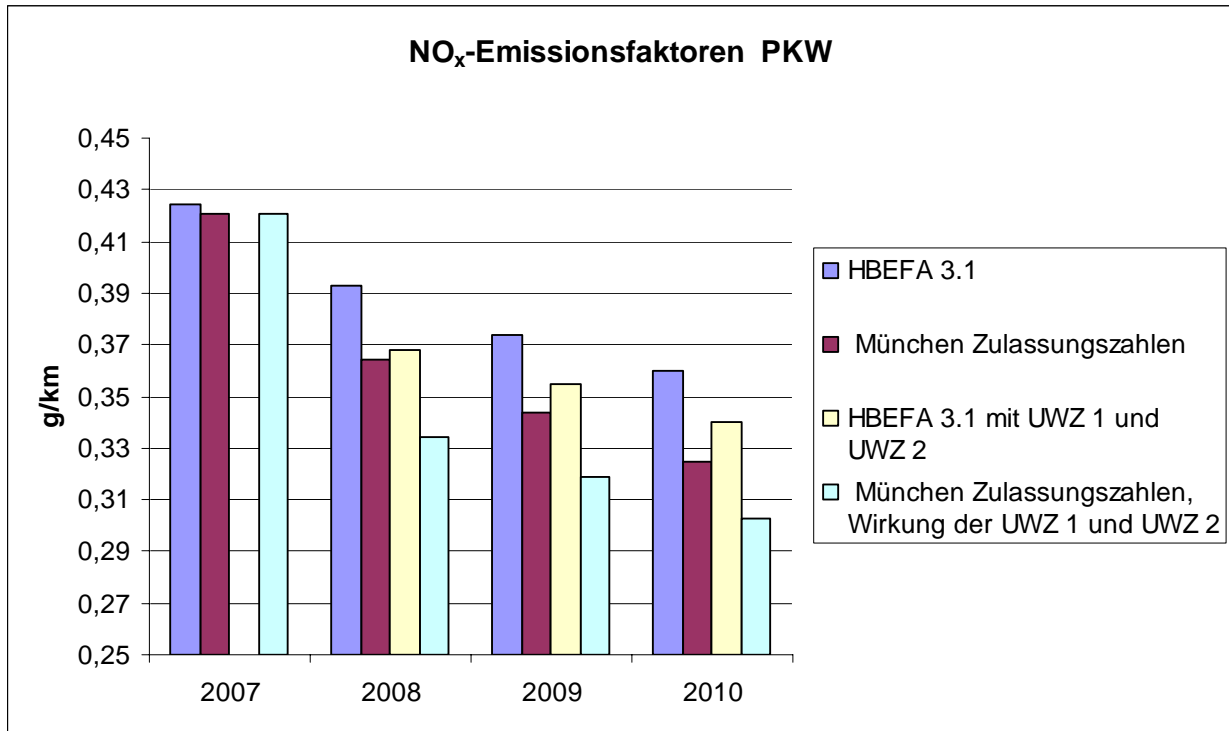


Abb. 6: NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktoren für Personenkraftwagen

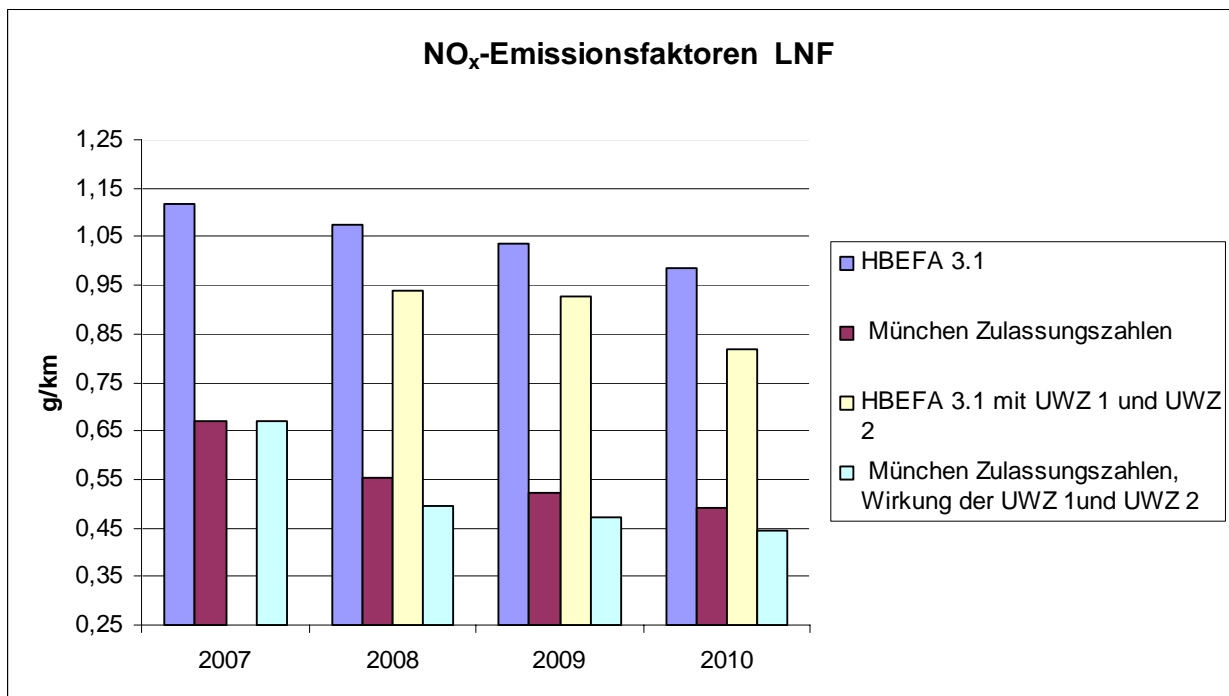
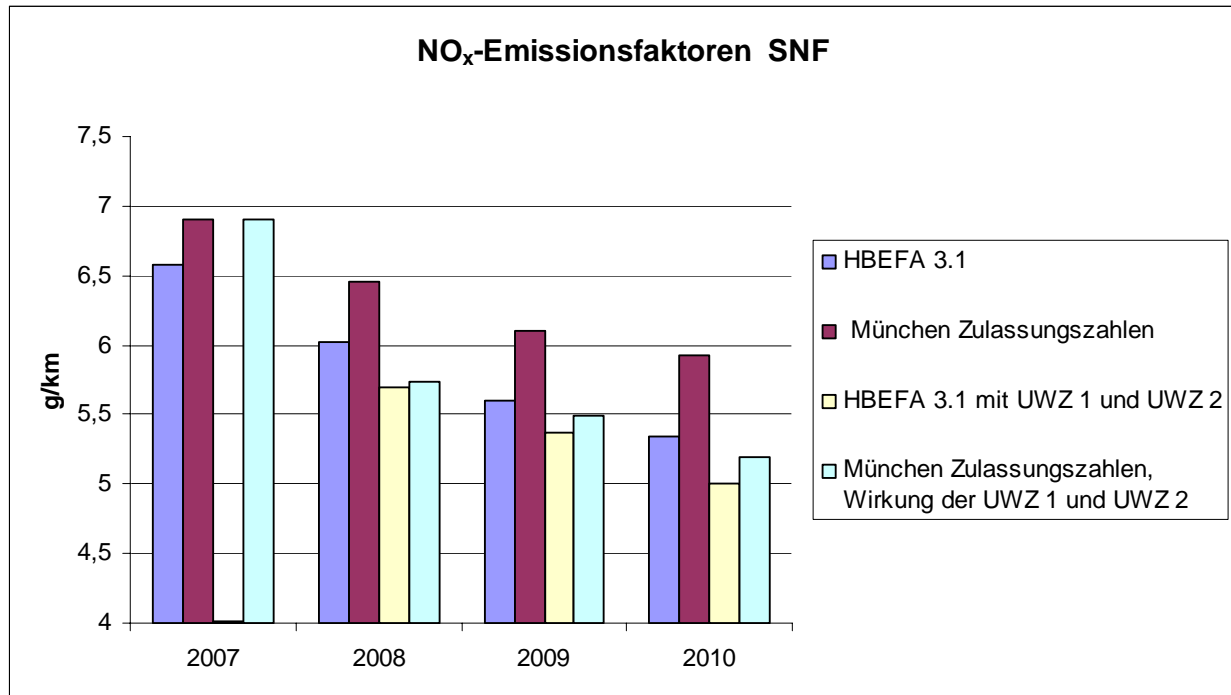
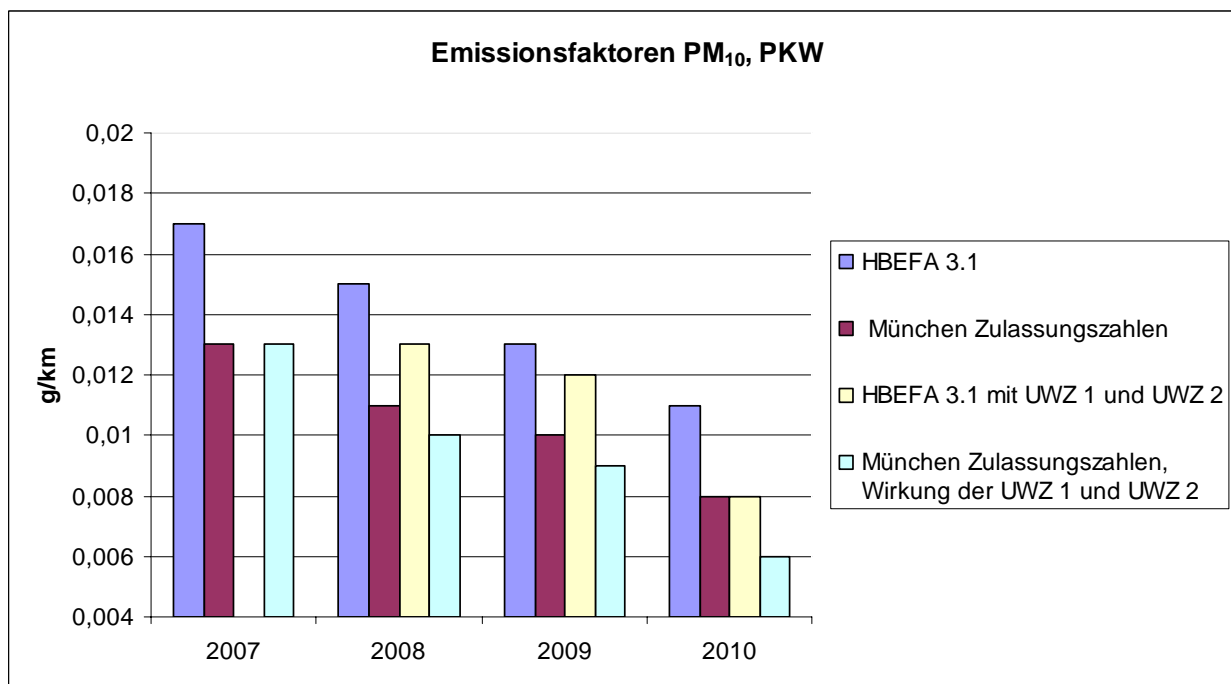


Abb. 7: NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktoren für Leichte Nutzfahrzeuge



**Abb. 8:** NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktoren für Schwere Nutzfahrzeuge



**Abb. 9:** PM<sub>10</sub>-Emissionsfaktoren für Personenkraftwagen

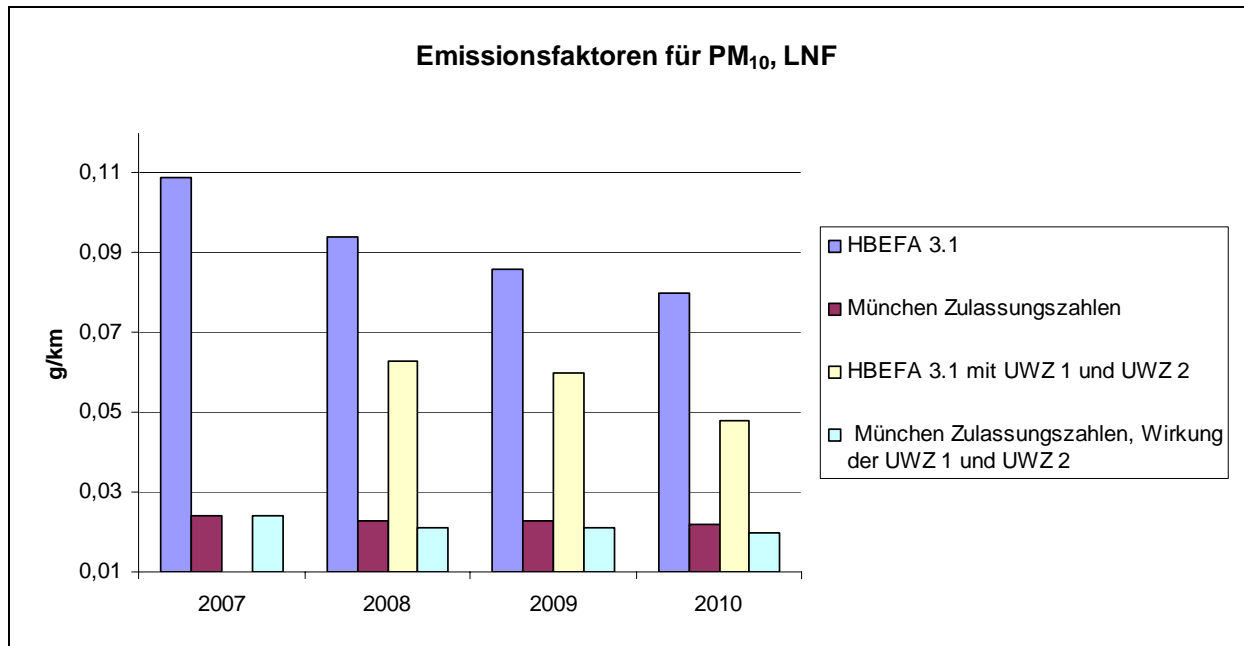


Abb. 10: PM<sub>10</sub>-Emissionsfaktoren für Leichte Nutzfahrzeuge

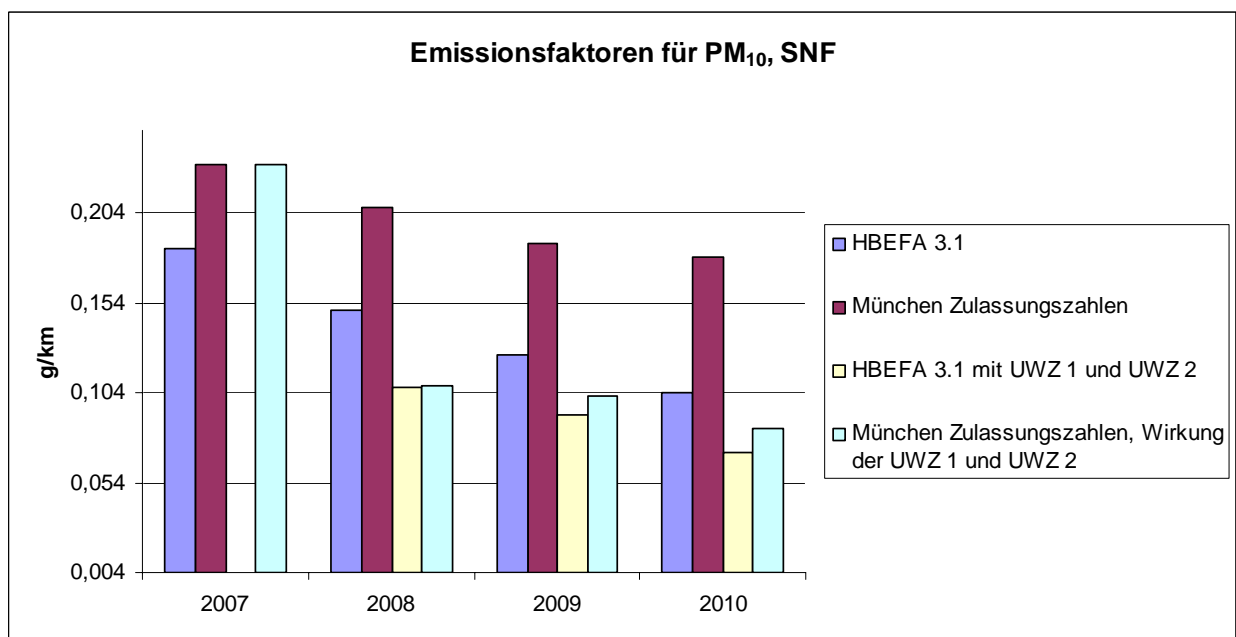


Abb. 11: PM<sub>10</sub>-Emissionsfaktoren für Schwere Nutzfahrzeuge

## Teil B Auswirkungen auf die Schadstoffbelastung (Immissionen) an Straßen (Stadt München)

**Stadt München**  
**Referat für Gesundheit**  
**und Umwelt**

Umweltschutz, Umweltplanung,  
Luftreinhalteung im Verkehr,  
Stadtklima

### 1. Grundlagen

Die Immissionsbelastung an einem Straßenabschnitt setzt sich aus dem regionalen Hintergrund bzw. der großräumigen Belastung, der städtischen Hintergrundbelastung und der direkten lokalen Belastung im Straßenabschnitt (= lokale Zusatzbelastung) zusammen (s. Abb. 1)

### Schema der Feinstaubbelastung

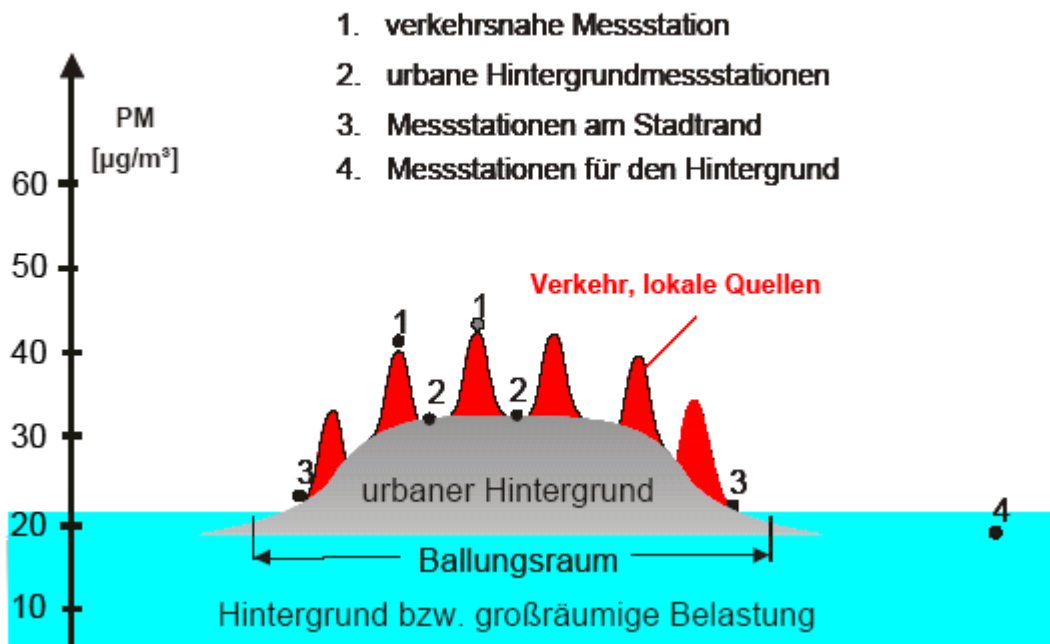


Abb. 1: Schema der Feinstaubbelastung

### 2. Verwendetes Berechnungsmodell, Grundlagen zur Modellierung

Die Abschätzung der möglichen lufthygienischen Wirkungen der Umweltzone erfolgte mit dem Programmsystem IMMIS<sup>em/net/luft</sup> (DIEGMANN, V., 2005). Die Firma IVU Umwelt GmbH, Freiburg wurde vom Referat für Gesundheit und Umwelt beauftragt, die Immis-



sionsbelastungen bezogen auf das Jahr 2005 im gesamten Hauptstraßennetz von München zu berechnen sowie die Wirkungen der 1. Stufe der Umweltzone abzuschätzen. Auf Basis dieser Studie „Immissionsbelastung im Hauptstraßennetz von München, 2005“ (IVU, 2005) wurden vom RGU weitere Berechnungen zu möglichen Wirkungen der weiteren Stufen der Umweltzone München mit dem im RGU vorhandenen Programmteil IMMIS<sup>luft</sup> durchgeführt. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass im Rahmen des Werkvertrages die für die Berechnungen erforderlichen Grundlagen vom Entwickler dieses Modells aufbereitet wurden und dann für gezielte weitere Analysen zur Verfügung mit dem Modellsystem IMMIS<sup>luft</sup> Version 4.06 zur Verfügung stehen.

IMMIS<sup>luft</sup> ermöglicht als Screening-Modell die Berechnung der Immissionsbelastung gesamter Straßenabschnitte bzw. von Straßennetzen mit ausreichender Genauigkeit. Im Ergebnis wird die höchste Belastung an Streckenabschnitten ermittelt. Im Gegensatz dazu existieren räumlich hochauflösende Modelle, mit denen einzelne Straßenabschnitte bis ins Detail modelliert werden können, nicht jedoch gesamte Streckennetze.

## 2.1 Regionaler Hintergrund

Der Anteil der regionalen Hintergrund bzw. der großräumigen Belastung wird üblicherweise aus Luftschadstoffmessungen des LÜB abgeschätzt und als Konstante angenommen. Im vorliegenden Fall beträgt diese für PM<sub>10</sub> 22 µg/m<sup>3</sup> und für NO<sub>x</sub> 21 µg/m<sup>3</sup>.

## 2.2 Städtische Hintergrundbelastung

Basierend auf den Daten zur Emissionsbestimmung des Verkehrs und der weiteren Quellen sowie den meteorologischen Daten wurde im Rahmen der o.a. Studie mit IMMIS<sup>NET</sup> die Vorbelastung in einem regelmäßigen 1 km x 1 km-Gitter und als Hintergrund für jeden IMMIS<sup>luft</sup>-Abschnitt berechnet. Bei der Berechnung für die Gitterpunkte wurden Aufpunkte, die direkt auf einer Quelle lagen, aus dem Quellbereich verschoben.

Bei IVU, 2005 wurden die Veränderungen bei der städtischen Hintergrundbelastung nach Einführung der 1. Stufe der Umweltzone berechnet. Auf die Streckenabschnitte innerhalb des Mittleren Ringes bezogen reduziert sich nach diesen Berechnungen bei der Maßnahme „Umweltzone 1“ der Anteil der städtischen Hintergrundbelastung um bis zu 0,25 µg/m<sup>3</sup>, was einer Reduktion von weniger als einem Prozent der jeweiligen Gesamtbelastung entspricht. Bei den unten aufgeführten Berechnungen zu den weiteren Szenarien konnten die Auswirkungen auf den städtischen Hintergrund nicht berechnet werden; demnach wird hier der konservativste Fall betrachtet.

## 2.3 Lokale Belastung im Straßenabschnitt (= lokale Zusatzbelastung)

Die Berechnung der durch den Verkehr im Straßennetz bedingten lokalen Zusatzbelastung an Straßen erfolgt über die Bestimmung der Emissionen der Fahrzeuge und darauf aufbauend unter Berücksichtigung mittlerer meteorologischer Bedingungen sowie Kenngrößen der lokalen Luftaustauschbedingungen, in die z.B. die Straßenrandbebauungen eingehen.

### 2.3.1 Fahrzeugemissionen

Zur Berechnung der Emissionen des Straßenverkehrs kam das Modell IMMIS<sup>em</sup> (DIEGMANN, V., 2005), das auf dem „Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs Version 2.1“ (HB-Efa 2.1) des Umweltbundesamts (INFRAS AG, 2004) basiert, zum Einsatz. Mit diesem Modell wurden die Straßenverkehrsemissionen unter Berücksichtigung von Nicht-Auspuff-PM<sub>10</sub>-Emissionen gemäß DÜRING, I. und LOHMEYER, A., 2004 berechnet.

Bei der Emissionsmodellierung werden u.a. berücksichtigt:

- die Verkehrsbelastung, d.h. der durchschnittliche tägliche Verkehr (DTV),
- die Verkehrssituation, also z.B. der Verkehrsfluss,
- die Flottenzusammensetzung (u.a. Art und Alter der Fahrzeuge).

#### 2.3.1.1 Verkehrsbelastung

Die Verkehrsbelastung an den einzelnen Streckenabschnitten des Hauptstraßennetzes wurde durch den durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV) und den Anteil des Schwerverkehrs aus den Auswertungen des Planungsreferates der Landeshauptstadt München übernommen.

#### 2.3.1.2 Flottenzusammensetzung

Im HB-Efa 2.1 ist für jedes Bezugsjahr zwischen 1994 und 2020 eine Flottenzusammensetzung definiert. Dort wird unterschieden zwischen Pkw, leichten und schweren Nutzfahrzeugen, Krafträdern und Bussen sowie bei den Pkw zwischen diesel- und benzinbetriebenen Fahrzeugen. Die Flottendatei bezieht sich auf ein konkretes Bezugsjahr, es werden die geltenden Abgasnormen, der Altersmix der in der Flotte befindlichen Fahrzeuge, sowie die fahrzeugspezifische Fahrleistung der Fahrzeuge innerhalb der Flotte berücksichtigt.

Aufgrund dieser Annahmen und Prognosen zum zukünftigen Fahrzeugbestand verringern sich in Abstand vom Prognosezeitpunkt (z.B. 2012) im Vergleich zum Basisjahr (2005) die fahrzeugbedingten Emissionen (Trendentwicklung). Die Nicht-Auspuff-PM<sub>10</sub>-Emissionen (z.B. Aufwirbelung) werden für die einzelnen Jahre als konstant, also ohne Trendentwicklung angenommen.

Eine Anpassung der Flottenzusammensetzung an die lokale Situation ist theoretisch möglich, erfordert aber einen sehr hohen Aufwand. Die Emissionsfaktoren sind erheblich differenzierter festgelegt als die Einteilung in vier Schadstoffgruppen gemäß der 35. BImSchV und sind zusätzlich gewichtet mit Fahrleistungsanteilen. Hinzu kommt, dass die real fahrende Flotte und nicht die zugelassene berücksichtigt werden müsste. Diese für München zu erfassen, würde u.a. eine umfassende repräsentative Kennzeichenverfolgung inkl. Auswertung sowie eine nachfolgende Anpassung der Emissionsfaktoren erfordern. Bisher sind derartige Untersuchungen nur für Berlin bekannt. Eine Anpassung der bundesweiten Flottendatei an die konkreten Münchener Verhältnisse konnte mit den verfügbaren Daten und zugänglichen Informationen nicht geleistet werden.

### 2.3.1.3 Modellierung von Fahrverboten

Die Modellierung von Fahrverboten einer Umweltzone erfolgt über einen in IMMIS<sup>luft</sup> integrierten Modellbaustein. Dabei werden die Fahrzeugklassen PKW Benzin, PKW Diesel, Leichte LKW, Taxi, Schwere LKW, sonstige Busse (Reisebusse) und Linienbusse unterschieden.

Wird für eine oder mehrere Schichten ein Fahrverbot gesetzt, werden die verbleibenden Anteile des Fahrzeugstyp so neu verteilt, dass die bestehenden Verhältnisse zwischen den Schichten erhalten bleiben und die Summe der Schichten pro Fahrzeugtyp weiterhin gleich 1 ist. Beim Fahrzeugtyp PKW wird dabei noch zwischen Diesel und PKW unterschieden.

Bei der Modellierung von Fahrverboten wird also grundsätzlich angenommen, dass diese zu keinen Änderungen bei den Verkehrsmengen führen, da sich der Fahrzeugpark über kurz oder lang erneuern wird.

### 2.3.2.2 Immissionsbelastung

Die Einbindung der meteorologischen Bedingungen bei der Bestimmung der Immissionsbelastung erfolgt bei IMMIS<sup>luft</sup> über sogenannte Koppelungskoeffizienten. Diese werden auf Basis einer Langzeitstatistik (10 Jahre) der meteorologischen Bedingungen in München ermittelt. Demzufolge ergeben sich aus den Berechnungen Immissionskonzentrationen für mittlere Bedingungen, die nicht die Ergebnisse der Immissionsmessungen eines konkreten Jahres wiedergeben.

Die Art der Randbebauung, die einen wesentlichen Einfluss auf das lokale Windfeld und damit die lokale Immissionsbelastung hat, wird über die Porosität der Bebauung in das Modell integriert. Die Porosität leitet sich aus der Länge des Straßenabschnittes, dem Bebauungsabstand und der Länge der Bebauung auf beiden Seiten der Straße ab.

Die Berechnung der Immissionen erfolgt nicht für konkrete Punkte, sondern für Streckenabschnitte. Diese sind über weitgehend einheitliche Randbedingungen (z.B. Verkehrsbelastung, Porosität) bestimmt. Die Berechnungen erfolgen nur für bebaute Straßen.

Das Straßennetz innerhalb der Umweltzone wurde nach diesen Vorgaben in 688 Streckenabschnitte unterteilt, das gesamte Hauptstraßennetz von München in 2419 Abschnitte.

Bei den im Folgenden diskutierten Ergebnissen der Berechnungen wird nur der Anteil der lokalen Zusatzbelastung durch den Verkehr betrachtet. Aufgrund des hohen Anteils der regionalen und städtischen Hintergrundbelastung (s. 3.1 und 3.2) sind relevante Änderungen der Immissionsbelastung nur an Straßen mit hoher Zusatzbelastung zu erwarten.

Auf den Ergebnissen der Berechnungen des IST-Zustandes aufbauend, wurden die möglichen lufthygienischen Auswirkungen verschiedener Szenarien untersucht.

Es wurden folgende Szenarien berechnet:

- 2005 Basis      Bezugsjahr 2005 ohne Einfahrtbeschränkungen
- 2008 UWZ1      Bezugsjahr 2008, Einfahrt mit roter, gelber oder grüner Plakette
- 2010 UWZ1      Bezugsjahr 2010, Einfahrt mit roter, gelber oder grüner Plakette
- 2010 UWZ2      Bezugsjahr 2010; Einfahrt mit gelber oder grüner Plakette
- 2012 UWZ2      Bezugsjahr 2012; Einfahrt mit gelber oder grüner Plakette
- 2010 UWZ3      Bezugsjahr 2010; Einfahrt mit grüner Plakette
- 2012 UWZ3      Bezugsjahr 2012; Einfahrt mit grüner Plakette

Aus den Modellergebnissen können nur Jahresmittelwerte, aber keine Tagesmittelwerte erhalten werden. Bei Feinstaub, wo die Überschreitungshäufigkeit der Tagesmittelwerte der für zu ergreifende Maßnahmen ein relevanter Wert ist – wird die gute Korrelation zwischen Jahresmittelwert und Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittelgrenzwertes genutzt. Gemäß dieser Beziehung für München, die vom RGU für die Jahre 2001 bis 2008 ermittelt wurde, ist ab einem Jahresmittelwert von etwa  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in München davon auszugehen, dass die zulässige Anzahl von Überschreitungstagen ( $>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) von 35 (22. BImSchV) nicht eingehalten wird.

### 3. Prognoseergebnisse

Bei den nachfolgend dargestellten Ergebnissen wird – wie schon dargelegt - davon ausgegangen, dass die Einführung der Umweltzone zu keiner nachhaltigen Verkehrsminderung führt. Die Einführung der Umweltzone wird sich in erster Linie in einem rascheren Austausch älterer Fahrzeuge auswirken, also zu einer Beschleunigung der im HB-Efa 2.1 prognostizierten Trendentwicklung führen.

Dies bedeutet, dass sich die positiven Wirkungen der Umweltzone nicht nur auf den Bereich innerhalb dieser Zone, sondern auch im gesamten Straßennetz, insbesondere auch auf dem Mittleren Ring auswirken. Die Tatsache, dass sich die Umweltzonen aufgrund der beschleunigten Flottenerneuerung über den direkten Umgriff hinaus positiv auswirken, wurde z.B. auch beim Vergleich Berlin und Potsdam festgestellt.

In den folgenden Abbildungen werden die Ergebnisse, falls nicht eigens aufgeführt, für die einzelnen Jahre als Summe der Wirkungen der Umweltzone und der Trendentwicklung (ohne Umweltzone) dargestellt.

## Immissionsbelastung

Die Ergebnisse der Berechnungen für das gesamte Stadtgebiet bezogen auf das Jahr 2005 und ohne Fahrverbote (Basis-Fall) sind für PM<sub>10</sub> in Abb. 6 dargestellt. Man erkennt, dass sich die Streckenabschnitte mit erhöhter Luftschadstoffbelastung vor allem innerhalb und am Mittleren Ring befinden. In diesen Bereichen ist auch der Anteil der städtischen Hintergrundbelastung, erkennbar an den hellblauen Flächen, am größten.

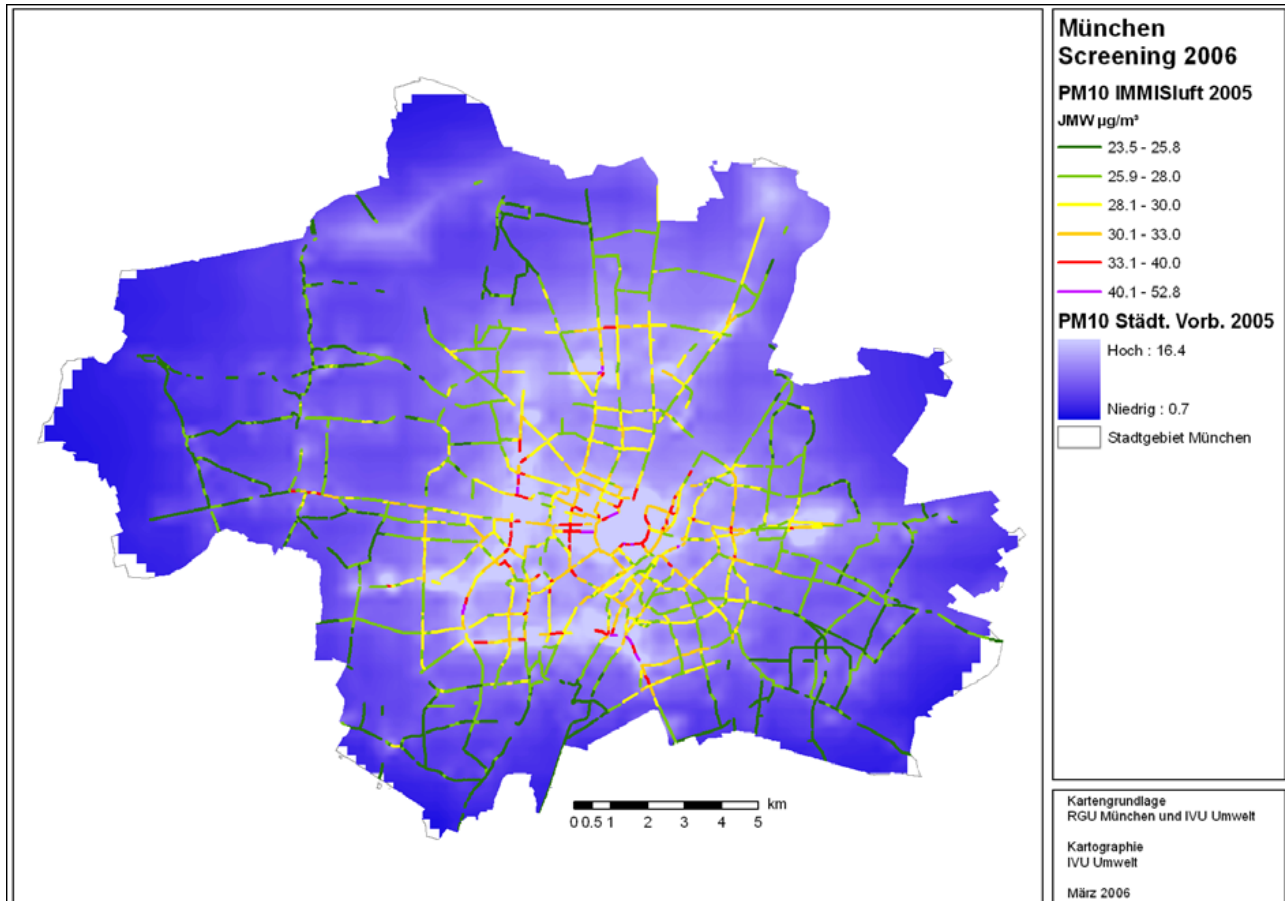


Abb. 2: Berechnete PM<sub>10</sub>-Immissionen in München, bezogen auf das Jahr 2005

Auf Basis dieser Berechnungen wurden die Schadstoffminderungspotenziale nach Einführung der einzelnen Stufen der Umweltzone ermittelt. Wie unter Punkt 4 festgestellt, sind aufgrund der rascheren Flottenerneuerung Minderungen der Luftschadstoffbelastung nicht nur innerhalb der Umweltzone, sondern auch auf Straßen außerhalb, insbesondere am Mittleren Ring zu erwarten.

Die Ergebnisse der Berechnungen werden nachfolgend exemplarisch an hoch belasteten Streckenabschnitten innerhalb des Mittleren Ringes und an zwei Abschnitten des Mittleren Ringes dargestellt.

Tabelle 1: Ausgewählte Streckenabschnitte; durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV), Anteil des Schwerverkehrs, berechnete PM<sub>10</sub>- und NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte Konzentrationen Basis 2005

Streckenabschnitt	DTV	Anteil Schwerverkehr in %	PM <sub>10</sub> Jahresmittelwert 2005 in µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> Jahresmittelwert 2005 in µg/m <sup>3</sup>
Prinzregentenstraße	39000	1,5	34,5	46,6
Kapuzinerstraße	24000	1,0	33,4	45,7
Schwanthalerstraße	20000	0,6	40,9	45,2
Innere Wiener Straße	18000	0,6	39,9	45,0
Frauenstraße	24000	1,0	42,6	43,8
Emil-Riedel-Straße	24000	1,1	34,1	42,5
Paul-Heyse-Straße	25000	1,1	39,5	43,6
Plinganserstraße	33000	1,0	33,5	43,3
Ludwigstraße	40000	1,6	37,4	43,3
Landshuter Allee	131000	8,0	45,6	71,3
Garmischer Straße	100000	7,3	42,8	67,6

Vergleicht man die für das Jahr 2005 berechneten Werte mit Messergebnissen so deutet sich an, dass die Berechnungen die PM<sub>10</sub>-Belastung eher über- und die NO<sub>2</sub>-Belastung eher unterschätzen. Aufgrund der Modellphilosophie kann auch, wie sich insbesondere bei der Bearbeitung deutlich herausstellte, die konkrete Situation der Münchner Messstationen des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LÜB-Stationen) aufgrund deren spezieller lokalen Bedingungen nicht bzw. nur bedingt nachgebildet werden.

Für die Interpretation der nachfolgend dargestellten Ergebnisse ist der durchschnittliche tägliche Verkehr (DTV) an den Streckenabschnitten und vor allem der Anteil des Schwerverkehrs von Bedeutung. Hohe Minderungspotenziale sind aufgrund der jeweiligen Flottenzusammensetzungen vor allem bei Strecken mit einem hohen Schwerverkehrsanteil zu erwarten, da hier ein deutlich höherer Anteil an Fahrzeugen mit roten und gelben Plaketten zugelassen ist, als bei den PKW (s. Abb. 15).

### 3.1 Feinstaub PM<sub>10</sub>

Bei Feinstaub PM<sub>10</sub> ergibt sich für die Straßen innerhalb des Mittleren Rings nach Einführung der 2. Stufe der Umweltzone eine Minderung von bis zu 0,9 µg/m<sup>3</sup> und nach Einführung der 3. Stufe von bis zu 1,1 µg/m<sup>3</sup> (bezogen auf das Basisjahr 2005 einschließlich der vorausgegangen Stufen). Dies ist, wie in Abb. 3 dargestellt, etwa 2-3 % der Gesamtbelastung.

Umgerechnet auf die Anzahl der Tage mit Überschreitung des Grenzwertes für den Tagesmittelgrenzwert bedeutet dies in der 2. Stufe der Umweltzone Minderungen von bis zu 5 Tagen und in der 3. Stufe Minderungen von bis zu 6 Tagen (bezogen auf Basisjahr 2005 einschließlich der vorausgegangenen Stufen).

Deutlich höhere Minderungspotenziale zeigen sich an den hoch belasteten Streckenabschnitten am Mittleren Ring. Die berechnete Reduzierung der Feinstaubbelastung liegt nach Einführung der Stufe 2 bei  $2,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und der Stufe 3 bei  $5,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Die daraus abgeleitete Minderung der Anzahl der Tage mit Überschreitung des Grenzwertes für den Tagesmittelwert bei Einführung der 2. Stufe der Umweltzone im Jahr 2010 liegt an der Landshuter Allee bei 23 Tagen und an der Garmischer Straße bei 21 Tagen; nach Einführung der 3. Stufe im Jahr 2012 bei 34 bzw. 29 Tagen. Hier ist jedoch zu beachten, dass die verwendete Korrelationen zwischen Jahresmittelwert und der Anzahl der Tage mit Überschreitungen zu hohen Jahresmittelwerten hin exponentiell ansteigt und die Anzahl der Überschreitungstage und damit auch die Minderungspotenziale eher überschätzt werden.

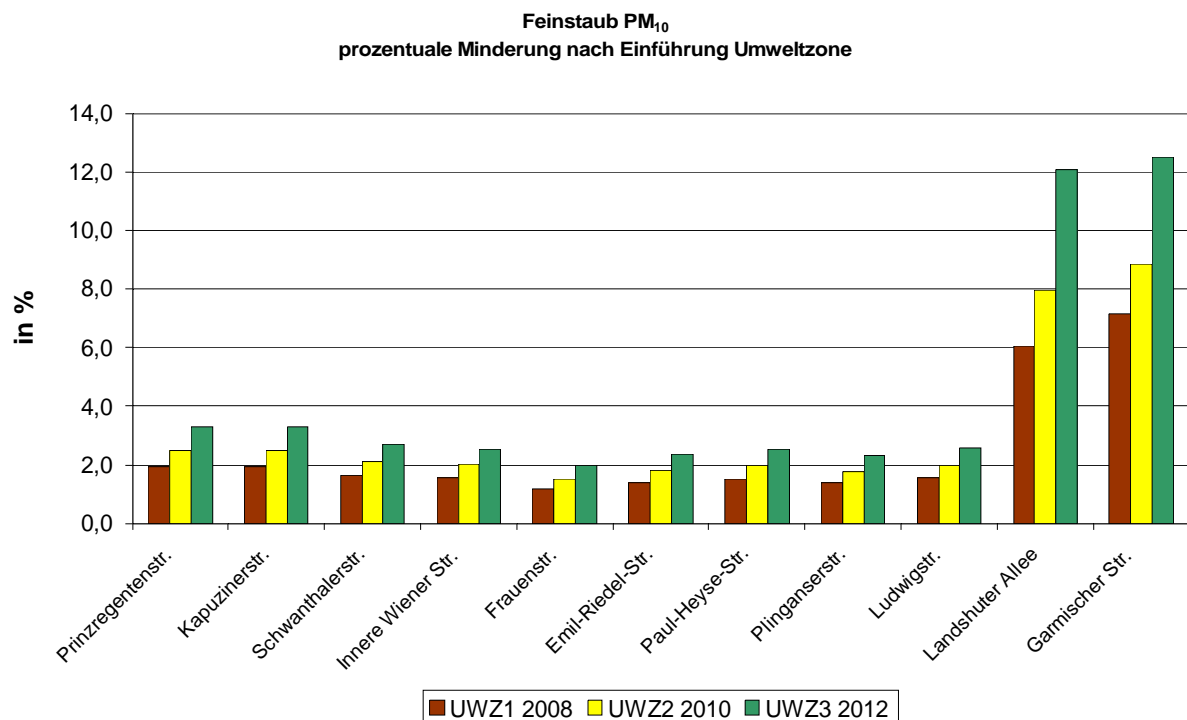


Abb. 3: Prozentuale Minderung der Feinstaubbelastung nach Einführung der verschiedenen Stufen der Umweltzone

Die vergleichsweise geringen Minderungspotenziale an den Streckenabschnitten innerhalb des Mittleren Rings erklären sich zum einen über die unter Punkt 4.1 dargestellten Verhältnisse zwischen den Anteilen der auspuffbedingten und der wieder aufgewirbelten Anteilen von PM<sub>10</sub> und zum anderen an dem vergleichsweise hohen Anteil der Hintergrundbelastung, die bei diesen Streckenabschnitten bis über 70 % der Gesamtbelastung beträgt.

In der Abbildung 4 sind ergänzend zu den auf die Ausgangssituation (Basisjahr 2005) bezogenen Minderungen die auf das jeweils gleiche Bezugsjahr bezogenen Änderungen der Immissionsbelastung nach Einführung der aufgeführten Stufen der Umweltzone, also die Änderung der Immissionsbelastung nach Einführung der Stufe 2 verglichen mit Stufe 1 im Jahr 2010 (2010 UWZ2 - UWZ1), dargestellt. Diese Auswertungen zeigen die höchsten berechneten Minderungspotenziale bei Einführung der 3. Stufe der Umweltzone bereits im Jahr 2010 und nur geringe Minderungspotenziale bei Einführung der 2. Stufe der Umweltzone in 2010. Grund dafür ist, dass bei der 2. Stufe der Umweltzone nach der im Handbuch prognostizierten Flottenerneuerung bis zum Jahr 2010 nur wenige Fahrzeuge betroffen sind.

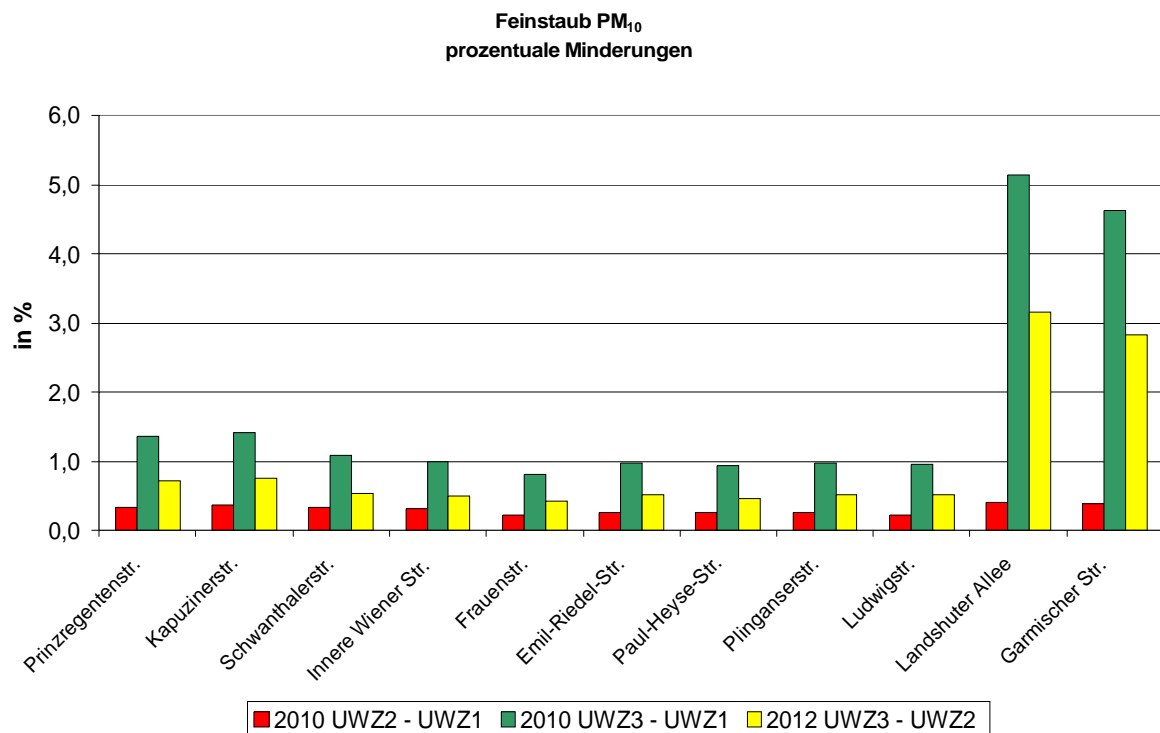


Abb. 4: Prozentuale Änderungen der Feinstaubbelastung nach Einführung der verschiedenen Stufen der Umweltzone, bezogen auf die jeweils aufgeführten Bezugsjahre

Betrachtet man nur den Anteil der verkehrsbedingten Zusatzbelastung von Dieselruß, so ergeben sich mit 25 % bis 60 % erheblich höhere Minderungen. Dies ist insofern von Bedeutung, da nach den Aussagen der medizinischen Wirkungsforscher von Dieselruß das höchste Gesundheitsrisiko ausgeht.



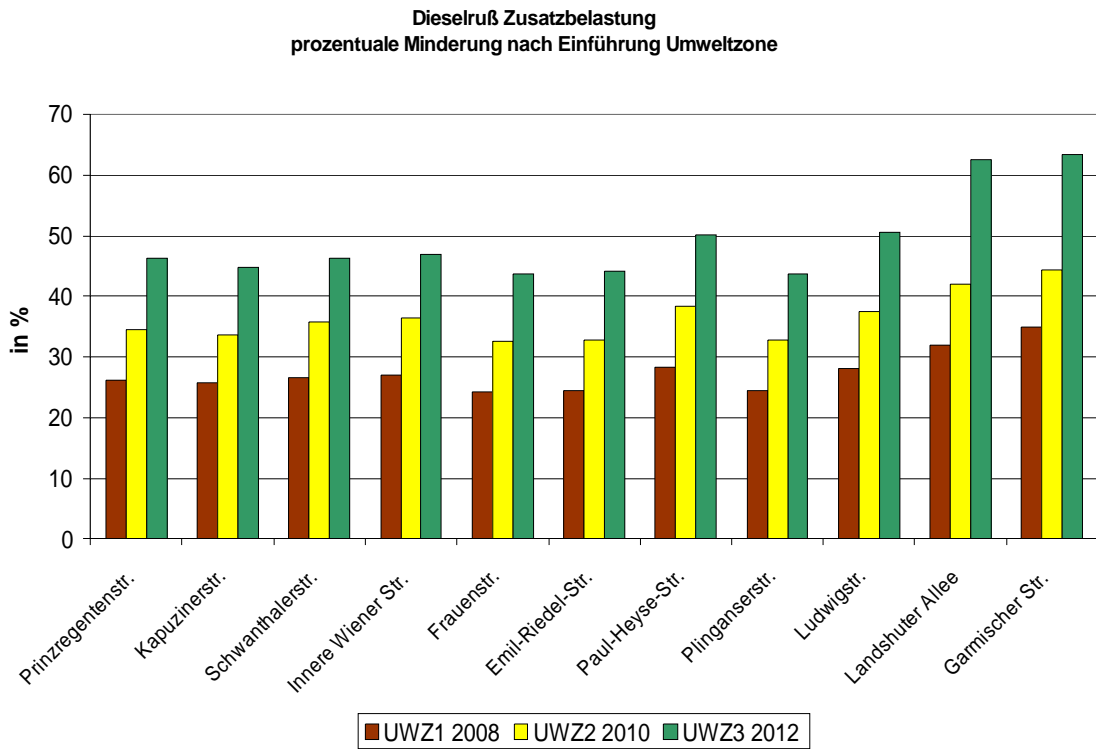


Abb. 5: Prozentuale Minderung der Zusatzbelastung von Dieselruß nach Einführung der verschiedenen Stufen der Umweltzone

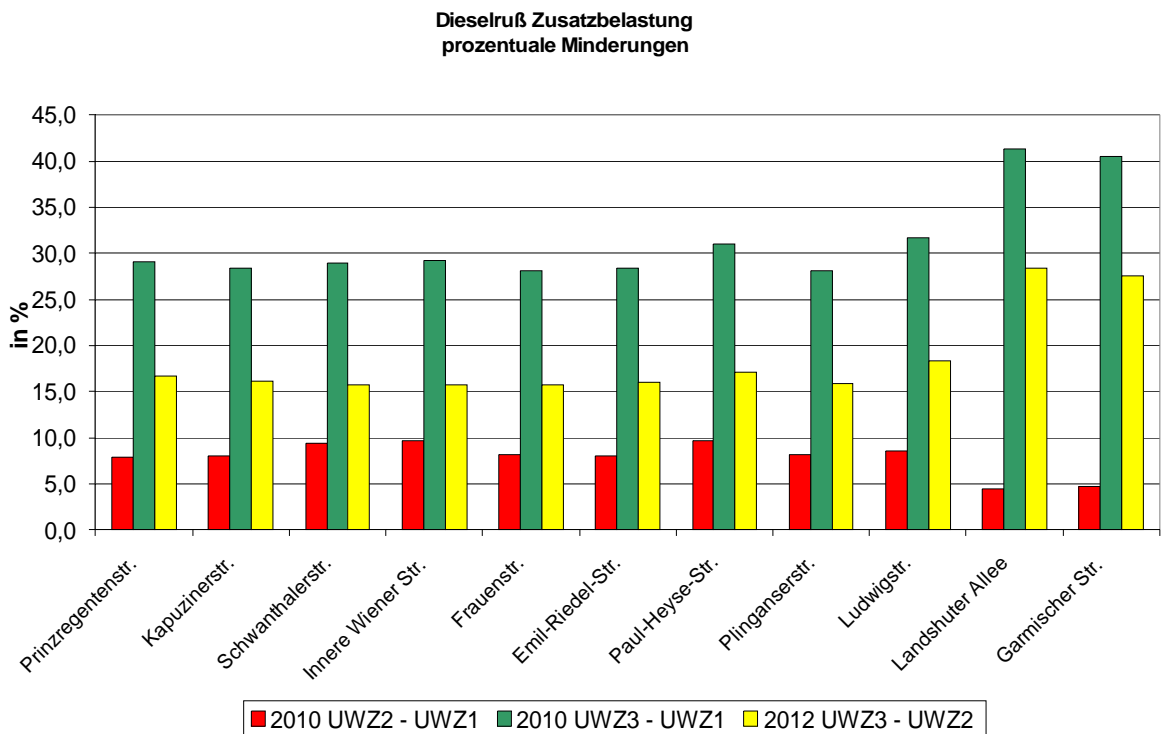


Abb. 6: Prozentuale Änderungen der Zusatzbelastung Dieselruß nach Einführung der verschiedenen Stufen Umweltzone, bezogen auf die jeweils aufgeführten Bezugsjahre

Die Abbildung 6 zeigt, dass auch bei der Zusatzbelastung für Dieselruß sich die höchsten Minderungspotenziale bei Einführung der Stufe 3 der Umweltzone in 2010 ergeben.

Bei der Dieselruß-Zusatzbelastung sind in erster Linie die auspuffbedingten Emissionen relevant; die absoluten Werte der berechneten Minderungen sind hier deutlich höher als für Feinstaub.

### 3.2 Stickstoffdioxid<sup>6</sup> NO<sub>2</sub>

Bei NO<sub>2</sub> ist nach Einführung der 2. Stufe der Umweltzone an den Strecken innerhalb des Mittleren Ringes eine Minderung des Jahresmittelwertes von bis zu 4,4 µg/m<sup>3</sup> (etwa 10 %) und nach Einführung der Stufe 3 um bis zu 6 µg/m<sup>3</sup> (etwa 13 %) zu erwarten (Abb. 7).

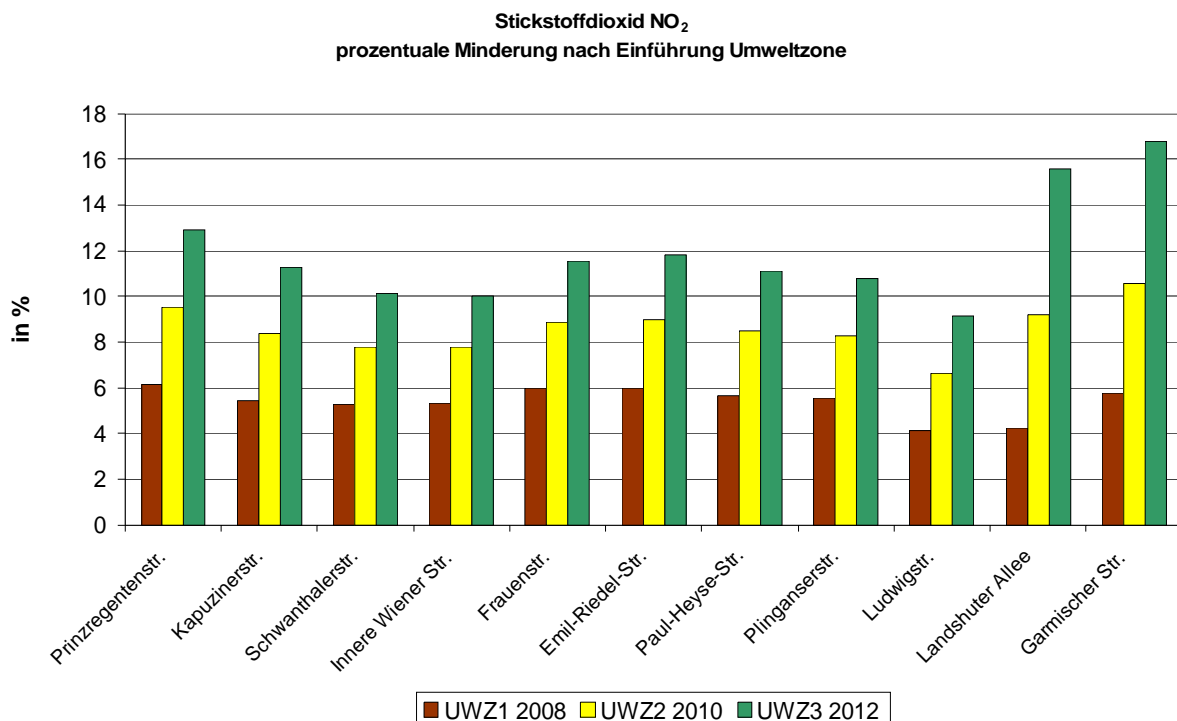


Abb. 7: Prozentuale Minderung der Stickstoffdioxid-(NO<sub>2</sub>-) Belastung nach Einführung der verschiedenen Stufen der Umweltzone

Das Minderungspotenzial an den untersuchten Streckenabschnitten am Mittleren Ring ist wie auch bei PM<sub>10</sub> deutlich höher. Die NO<sub>2</sub>-Belastung reduziert sich hier nach Einführung der Stufe 2 um bis zu 7,2 µg/m<sup>3</sup> (-11 %) und nach Einführung der Stufe 3 um bis zu 11,3 µg/m<sup>3</sup> (-17 %). An den Straßen innerhalb des Mittleren Ringes wird demzufolge nach Einführung der Stufe 3 der Umweltzone im Jahr 2012 der Grenzwert für NO<sub>2</sub> eingehalten bzw. nur knapp (bis zu 0,6 µg/m<sup>3</sup>) überschritten; an den Streckenabschnitten am Mittleren Ring kann mit dieser Maßnahme allein der Grenzwert nicht eingehalten werden.

<sup>6</sup> Aufgrund der Berechnung mit der Vorgängerversion des HbEFA 2.1 haben die Ergebnisse für NO<sub>2</sub> nur orientierenden Charakter (siehe Zusammenfassung)

Auch für NO<sub>2</sub> werden bei der differenzierten Betrachtung die höchsten Minderungspotenziale bei Einführung der Stufe 3 im Jahr 2010 berechnet (Abb. 8).

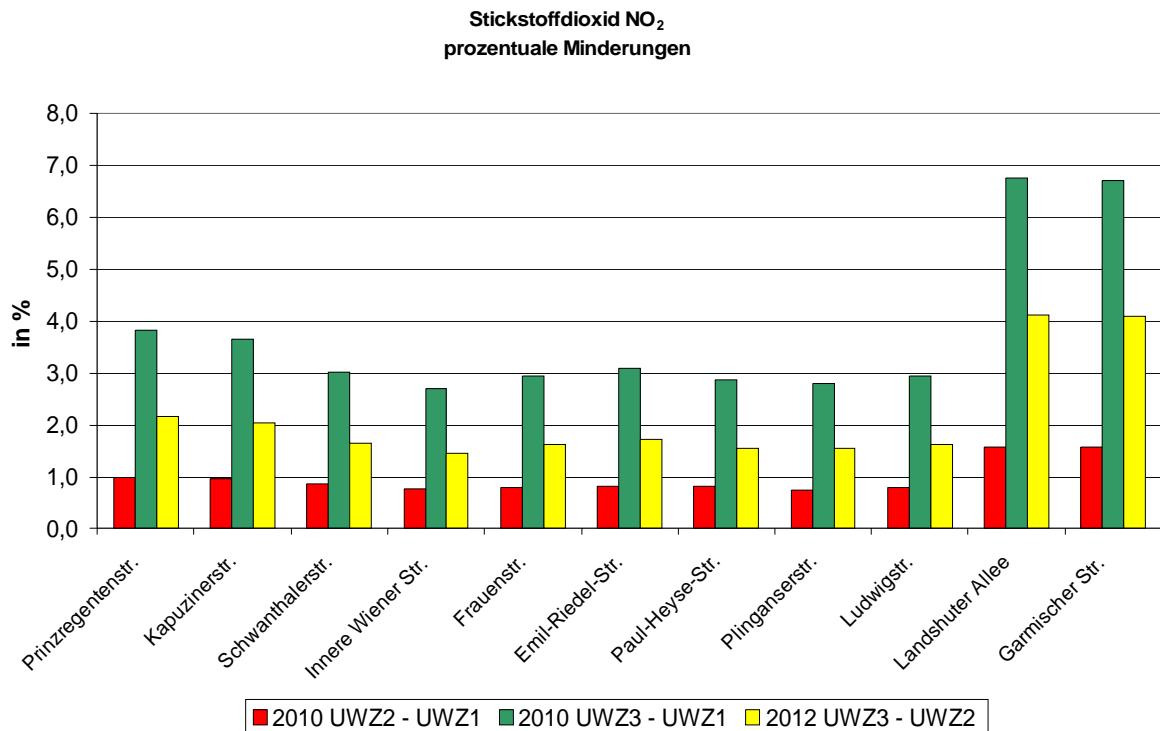


Abb. 8: Prozentuale Änderungen der Zusatzbelastung Dieselruß nach Einführung der verschiedenen Stufen der Umweltzone, bezogen auf die jeweils aufgeführten Bezugsjahre

#### 4. Erfahrungen nach Einführung der 1.Stufe der Umweltzone in München

Die 1. Stufe der Umweltzone mit einem Einfahrtverbot für Fahrzeuge ohne Plakette wurde in München ab dem 01.10.2008 eingeführt.

##### 4.1 Verkehrsmengen

Das Planungsreferat der Landeshauptstadt München berichtet dem Stadtrat in größeren Abständen über die Entwicklung des Straßenverkehrs in München, die anhand regelmäßiger Verkehrszählungen und sonstiger Erhebungen im Hauptstraßennetz beobachtet wird.

Es werden Verkehrszählungen durchgeführt und ausgewertet mit dem Ziel, die Verkehrsentwicklung in München zwischen den Jahren 2004 bis 2009 aufzuzeigen.

In dem betrachteten Zeitraum der Verkehrsentwicklung fällt auch die Einführung der Umweltzone, die seit dem 01.10.2008 innerhalb des Mittleren Ringes gilt.

Nach Auswertungen sämtlicher Zählungen können Aussagen getroffen werden, wie sich der Verkehr über die Stadtgrenze bzw. über den Mittleren Ring verändert hat. Die Wirkungen werden anhand der Maßnahmen gespiegelt, die während dieser Zeit umgesetzt wurden, wie z. B. der erfolgte Ausbau des ÖPNV, die weitere Umsetzung des

Parkraummanagements oder die Einführung der Umweltzone. Eine detaillierte Zuordnung der einzelnen Maßnahmen hinsichtlich ihrer Verkehrswirkung ist in diesem Rahmen jedoch nicht möglich. In der Gesamtheit tragen die Maßnahmen jedoch alle dazu bei, den Verkehr innerhalb des Mittleren Ringes und die dadurch verursachten Umweltbelastungen in Grenzen zu halten. Einen – nicht konkret quantifizierbaren - Anteil daran hat hierbei auch die seit 01.10.2008 eingeführte Umweltzone.

#### 4.2 Immissionsmesswerte

Für einen Vergleich der Immissionsbelastung vor und nach Einführung der Umweltzone stehen die Ergebnisse der Luftschadstoffmessungen an den LÜB-Stationen aus dem Zeitraum Oktober 2007 bis einschließlich September 2008 und von Oktober 2008 bis September 2009 zur Verfügung.

Vergleicht man in der Tabelle die Mittelwerte jeweils aus dem Zeitraum Oktober bis September des Folgejahres so zeigt sich ein uneinheitliches Bild. Bei PM<sub>10</sub> ergibt sich an allen Stationen eine Zunahme der Immissionskonzentrationen, bei NO<sub>2</sub> sowohl Zu- als auch Abnahmen. Wesentlicher Grund dafür sind die Bedingungen im Januar, wo 2009 aufgrund lang anhaltender Inversionswetterlagen deutlich höhere Immissionswerte gemessen wurden, als im Januar 2008.

Tabelle 2: Immissionsmesswerte an LÜB-Stationen im Vergleich

Messtation	PM <sub>10</sub> 2008 in µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> 2009 in µg/m <sup>3</sup>	Differe- renz in % von 2008	NO <sub>2</sub> 2008 in µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> 2009 in µg/m <sup>3</sup>	Differe- renz in % von 2008
Stachus	30,5	<b>33,0</b>	<b>+8</b>	72,2	<b>78,8</b>	<b>+9</b>
Prinzregenten- straße	26	<b>26,4</b>	<b>+2</b>	77,4	<b>75,9</b>	<b>-2</b>
Lothstraße	22,8	<b>25,1</b>	<b>+10</b>	38,1	<b>34,6</b>	<b>-9</b>
Landshuter Al- lee	37,2	<b>38,7</b>	<b>+4</b>	83,9	<b>89,6</b>	<b>+7</b>
Johanneskir- chen	20,7	<b>22,6</b>	<b>+9</b>	28,5	<b>29,1</b>	<b>+2</b>
Andechs	15,3	<b>15,8</b>	<b>+3</b>	14,7	<b>12,3</b>	<b>-16</b>

Wesentlich ist auch, dass das Verhältnis der an den jeweiligen LÜB-Stationen gemessenen Luftschadstoffkonzentrationen untereinander nicht konstant ist. So liegt die PM<sub>10</sub>-Belastung an den nicht unmittelbar vom Verkehr beeinflussten Stationen außerhalb der Umweltzone im Januar 2009 um mehr als das Doppelte über den Konzentrationen des Januar 2008. Dem gegenüber ist die Zunahme an den Verkehrsstationen geringer.

Der dominierende Einfluss der Witterungsbedingungen vor und nach Einführung der Umweltzone kann, wenn überhaupt, nur über umfassende statistische Analysen über mehrere Jahre hinweg analysiert und die Messdaten witterungsbereinigt dargestellt werden.

## **Literatur:**

IVU Umwelt GmbH, 2006:

Immissionsbelastung im Hauptstraßennetz von München, 2005.

Endbericht IVU Umwelt GmbH im Auftrag des Referates für Gesundheit und Umwelt der Landeshauptstadt München

DÜRING, I.; LOHMEYER, A., 2004:

Modellierung nicht motorbedingter PM<sub>10</sub>-Emissionen von Straßen.

KRdL-Expertenforum Staub und Staubinhaltsstoffe; Düsseldorf

10./11.11.2004

DIEGMANN, V., 2005:

IMMIS<sub>em/luft</sub> – Handbuch zur Version 3.2; IVU Umwelt GmbH; Sexau, 2005

(<http://www.ivuumwelt.de/download/handbuecher/immisluft32.pdf>)

INFRAS AG, 2004:

Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs Version 2.1; Bern,

Februar 2004