

## Ein Jahr Umweltzone Stufe 2 in Berlin



Untersuchungen zur Wirkung auf den Schadstoffausstoß des Straßenverkehrs und die Luftqualität in Berlin

**Impressum**

**Herausgeber**

Senatsverwaltung für Gesundheit,

Umwelt und Verbraucherschutz –

Referat III D

Brückenstraße 6

10179 Berlin

[www.berlin.de/senguv](http://www.berlin.de/senguv)

Redaktion

Dr. Annette Rauterberg-Wulff

Martin Lutz

Redaktionsschluss

Juni 2011

## Zusammenfassung

Berlin hat 2008 als eine der ersten deutschen Städte eine Umweltzone eingeführt und seit 2010 die Bedingungen verschärft. Damit dürfen seit 1.1.2010 nur noch Fahrzeuge mit grüner Plakette in die Umweltzone. Um die Wirkungen der Umweltzone bewerten zu können, wurden Untersuchungen zur Entwicklung der Fahrzeugflotte, der Emissionen und der Luftqualität durchgeführt. Hier die wichtigsten Ergebnisse:

### 1. Modernisierung der Fahrzeugflotte auf Berliner Straßen

Die Auswertung von Kfz-Kennzeichen an mehreren Hauptverkehrsstraßen ergab, dass es bei der Zusammensetzung der Fahrzeugflotte kaum Unterschiede innerhalb und außerhalb der Umweltzone gibt: knapp 94 % der Fahrzeuge innerhalb und gut 92 % der Fahrzeuge außerhalb der Umweltzone haben eine grüne Plakette. Bei den Lkws sind es 75 % innerhalb bzw. 72 % außerhalb. Insgesamt ist die Fahrzeugflotte gegenüber der Stufe 1 des Jahres 2009 erneut sauberer geworden: Der Anteil der Fahrzeuge mit grüner Plakette stieg um 25 % bei Pkws und um 40 % bei Lkws. Noch deutlicher wird der Modernisierungseffekt durch die Umweltzone bei einem Vergleich mit der Fahrzeugflotte die ohne Umweltzonenregelung in Berlin zu erwarten gewesen wäre. Demgegenüber ist der Anteil von Fahrzeugen mit grüner Plakette heute bei den Lkw drei Mal und bei den Pkw 1,5 Mal höher. Erreicht wurde dies auch durch Nachrüstung mit Partikelfiltern: Bis Ende 2010 wurden in Berlin 55.500 Fahrzeuge nachgerüstet. Im März 2009 waren es erst 17.600 Fahrzeuge.

### 2. Reduzierung der auspuffbedingten Emissionen des Straßenverkehrs

Bereits die 1. Stufe der Umweltzone hat den Ausstoß von Dieselruß um 24 % im ersten Jahr und 32 % im zweiten Jahr gegenüber der Trendentwicklung ohne Umweltzone gesenkt. Mit der 2. Stufe ging der Schadstoffausstoß von 299 Tonnen pro Jahr (Trendentwicklung) auf 126 Tonnen im Jahr 2010 zurück. Das sind 173 t oder 58 % weniger Rußpartikel gegenüber dem Trend ohne Umweltzone und 93 t oder 40 % weniger gegenüber der 1. Stufe mit einem Schadstoffausstoß von 219 Tonnen im Jahr 2009. Auch der Ausstoß von Stickoxiden ( $\text{NO}_x$ ) konnte durch die Umweltzone gesenkt werden. Mit der 2. Stufe wurden gegenüber der Trendentwicklung im Jahr etwa 1517 Tonnen oder 20 % und 424 Tonnen Stickoxide bzw. 6 % gegenüber der Stufe 1 vermieden. Die Schadstoffreduzierung wurde zu etwa gleichen Teilen durch die Modernisierung der Pkws und Lkws erreicht. Dies zeigt, wie wichtig die Einbeziehung der Pkw in die Umweltzonenregelung ist. Das Minderungspotenzial der 2. Stufe konnte trotz Ausnahmegenehmigungen für Rußpartikel zu etwa 88 % ausgeschöpft werden, für Stickoxide wurde sogar das gesamte Minderungspotenzial erreicht, weil eine Nachrüstung der noch vorhandenen Euro-3-Fahrzeuge mit Partikelfilter nur Partikel aber nicht die Stickoxide reduziert.

### 3. Wirkung der Umweltzone auf die Luftqualität

Im Jahr 2010 waren zwar die Konzentrationen für Feinstaub höher als im Jahr 2009, dies lag jedoch an den sehr ungünstigen meteorologischen Rahmenbedingungen mit einem Rekordwinter, vielen windschwachen Tagen und mehr Tagen mit Ostwind und Ferntransport. Unter Berücksichtigung dieser Randbedingungen lässt sich zeigen, dass die Feinstaubbelastung ohne Umweltzone im Jahresmittel etwa 2 Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) oder 7 % höher gewesen wäre und ca. 10 zusätzliche Überschreitungstage des 24h-Grenzwertes aufgetreten wären. Die Emissionsminderung führte besonders an Tagen mit hoher Luftbelastung über 50 Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) an den Verkehrsstationen zu einer Entlastung, denn an diesen Tagen mit schlechter Verdünnung der Abgase war die verkehrsbedingte Zusatzbelastung im Mittel etwa 6 Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) oder bis zu 60 % niedriger als in den Vorjahren an vergleichbaren Tagen. Die Stickstoffdioxidbelastung sank an den Verkehrsstationen um bis zu 5 % knapp 2 Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Wichtig für den Gesundheitsschutz ist die Reduzierung des im Feinstaub enthaltenen Dieselrußes. Anhand der routi-

nemäßigen Luftgüte-Messdaten lässt sich ein Rückgang der verkehrsbedingten Rußbelastung um 33 % gegenüber 2009 und um 52 % gegenüber den Werten im Jahr 2007 nachweisen.

<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>3</b>
1. MODERNISIERUNG DER FAHRZEUGFLOTTE AUF BERLINER STRAßEN	3
2. REDUZIERUNG DER AUSPUFFBEDINGTEN EMISSIONEN DES STRAßENVERKEHRS	3
3. WIRKUNG DER UMWELTZONE AUF DIE LUFTQUALITÄT	3
<b>1. EINLEITUNG</b>	<b>5</b>
<b>2. METHODIK DER WIRKUNGSUNTERSUCHUNGEN</b>	<b>6</b>
2.1 ERMITTLUNG VON DATEN ZUR FLOTTENZUSAMMENSETZUNG	7
2.2 ERMITTLUNG VON DATEN ZUR VERKEHRSMENGE	8
2.3 ERMITTLUNG VON LUFTQUALITÄTSDATEN IN BERLIN	9
2.4 METHODIK DER RÄUMLICHEN QUELLBEITRÄGE	10
<b>3. SCHADSTOFFAUSSTOß DES STRAßENVERKEHRS</b>	<b>12</b>
3.1 MODERNISIERUNG DES FAHRZEUGBESTANDES IN BERLIN	12
3.2 ZUSAMMENSETZUNG DER FAHRZEUGFLOTTE AUF BERLINER STRAßEN	14
<b>Fazit</b> .....	<b>16</b>
3.3 ENTWICKLUNG DER EMISSIONEN VON DIESELRUß UND STICKOXIDE	16
3.3.1 <i>Emission von Rußpartikeln</i> .....	17
3.3.2 <i>Emission von Stickoxiden</i> .....	18
<b>Fazit</b> .....	<b>20</b>
3.4 ENTWICKLUNG DER VERKEHRSMENGEN	20
<b>4. WIRKUNG AUF DIE LUFTQUALITÄT</b>	<b>22</b>
4.1 METEOROLOGISCHE RANDBEDINGUNGEN IM JAHR 2010	22
4.2 WIRKUNG DER UMWELTZONE AUF DIE FEINSTAUBBELASTUNG PM10	23
4.2.1 <i>Abschätzung der Wirkung der Umweltzone auf Basis einer PM2.5-Ursachenanalyse</i> ....	23
4.2.2 <i>Entwicklung der Luftqualität hinsichtlich der Feinstaubbelastung</i> .....	25
4.2.3 <i>Entwicklung des lokalen Verkehrsbeitrags für Ruß</i> .....	30
4.3 WIRKUNG DER UMWELTZONE AUF DIE BELASTUNG MIT STICKSTOFFDIOXID	31
4.4 DER GESUNDHEITLICHE NUTZEN DER UMWELTZONE	34
<b>Fazit</b> .....	<b>35</b>
<b>LITERATUR</b>	<b>36</b>
<b>ANHANG</b>	<b>37</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>37</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS</b>	<b>38</b>

# 1. Einleitung

Am 1.1.2010 wurde in Berlin die 2. Stufe der Umweltzone als zentrale Maßnahme des am 16.08.2005 vom Senat beschlossenen und mit Senatsbeschluss vom 20.03.2007 aktualisierten Luftreinhalte- und Aktionsplans für Berlin 2005-2010 eingeführt [1,2]. Diese Maßnahme war notwendig, weil in den Jahren 2002 bis 2006 die Luftqualitätsgrenzwerte für Feinstaub (PM10) überschritten wurden. In den Jahren 2007 und 2008 wurden die Grenzwerte für Feinstaub eingehalten. In den Jahre 2009 und 2010 traten wieder Grenzwertüberschreitungen auf.

Neben hohen Feinstaubbelastungen lagen auch die Stickstoffdioxidkonzentrationen an Straßen über dem zulässigen Jahresmittelwert, so dass auch zur Minderung von Stickoxiden Maßnahmen notwendig sind. Auch hier soll die Umweltzone einen Beitrag liefern.

Die Umweltzone wurde aus Gründen der Verhältnismäßigkeit zweistufig konzipiert, wobei die Verkehrsverbote 2007 an die entsprechenden Regelungen der bundesweiten Kennzeichnungsverordnung (35. BImSchV [3]) angepasst wurden. Mit der Stufe 1 wurde das System Umweltzone zum 1.1.2008 in Berlin eingeführt. Durch das Verkehrsverbot für Fahrzeuge der Schadstoffgruppe 1 (ohne Plakette) wurde bereits eine erste Emissionsminderung erreicht, die jedoch das durch Abgasminderungstechniken vorhandene Potential bei weitem nicht ausschöpfen.. Die zum 1.1.2010 eingeführte Stufe 2 dehnt das Verkehrsverbot auf Fahrzeuge der Schadstoffgruppe 2 (rote Plakette und nachrüstbare Fahrzeuge der Schadstoffgruppe 3 (gelbe Plakette) aus. Nicht-nachrüstbare Fahrzeuge mit dem Abgasstandard Euro 3 dürfen mit einer Bescheinigung der Nichtnachrüstbarkeit weiterhin in der Umweltzone genutzt werden [4].

Ziel ist es, dass mit der zweiten Stufe alle Fahrzeuge die Kriterien der Schadstoffgruppe 4 (grüne Plakette) einhalten. Gemäß den Modellrechnungen des Luftreinhalte- und Aktionsplans sollte damit der Ausstoß von Dieselruß gegenüber der Trendentwicklung ohne Umweltzone um etwa 45 % und der von Stickoxiden um etwa 10 % reduziert werden [1].

Die Umweltzone wurde in Berlin auf das Gebiet innerhalb des inneren S-Bahnringes begrenzt, da hier die höchste Dichte von hoch belasteten Straßenabschnitten lag. Dagegen werden in den Bereichen außerhalb der Umweltzone an den meisten Straßen die Grenzwerte eingehalten. Allerdings treten auch hier an großen Einfallstraßen Überschreitungen auf. Innerhalb der Umweltzone leben etwa 1 Millionen der 3,4 Millionen Einwohnerinnen und Einwohner Berlins.

Mit der folgenden Wirkungsanalyse soll untersucht werden, ob die Ziele, die mit der Einführung der Umweltzone im Rahmen des Luftreinhalteplans verfolgt wurden, erreicht werden konnten. Dazu werden nach einer Erläuterung der verwendeten Methoden in Kapitel 2, die Ergebnisse hinsichtlich der erreichten Flottenmodernisierung und der Reduzierung des Schadstoffausstoßes in Kapitel 3, sowie in Kapitel 4 die Wirkungen auf die Luftqualität. dargestellt. Zur Wirkung der ersten Stufe der Umweltzone wurde im Jahr 2009 bereits ein Bericht veröffentlicht [5].

## 2. Methodik der Wirkungsuntersuchungen

Die der Wirkungsanalyse zugrunde liegenden methodischen Überlegungen und Ansätze sollen hier kurz im Überblick beschrieben werden. Sie entsprechen dem Vorgehen bei der Untersuchung der ersten Stufe der Umweltzone [5].

Ziel der Umweltzone ist die Reduzierung der Luftbelastung durch abgasbedingte Schadstoffe des Straßenverkehrs und der damit verbundenen Gesundheitsgefährdungen. Entscheidend für die Bewertung der Wirkung der Umweltzone ist daher die Analyse, ob durch sie der Schadstoffausstoß des Verkehrs und letztlich die Konzentration von Luftschadstoffen in der Außenluft gegenüber der Situation ohne Umweltzone gesenkt werden konnte. Dies ist nur möglich unter Betrachtung der Wirkungskette der Luftverschmutzung von der Quelle, die Schadstoffe in die Atmosphäre ausstößt, über den Transport, Verdünnung und die Umwandlung der Schadstoffe in der Atmosphäre bis zur Auswirkung auf die Qualität der Außenluft, die mit dem Berliner Luftgütemessnetz gemessen wird.

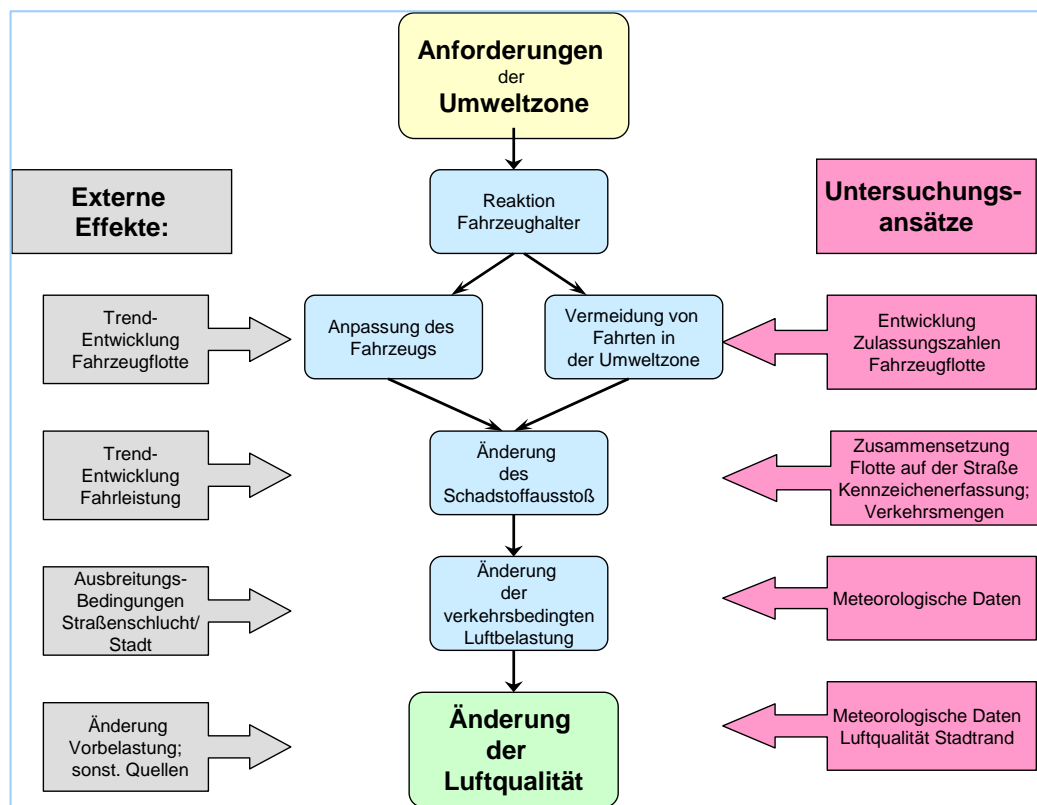
Aufgrund der vielfältigen Einflussfaktoren beim atmosphärischen Transport der Schadstoffe können selbst bei exakt gleichem Schadstoffausstoß schwankende Schadstoffkonzentrationen in der Luft auftreten. Und genauso ist es möglich, dass bei leicht unterschiedlichem Schadstoffausstoß die gleichen Schadstoffkonzentrationen in der Luft gemessen werden. Hinzu kommt beim Feinstaub ein hoher, aber stark schwankender Beitrag durch den Ferntransport von Partikeln in der Atmosphäre über hunderte von Kilometern.

Um statistisch abgesicherte Aussagen über die Wirkung von einzelnen Veränderungen der Emissionen im Wechselspiel mit anderen Einflussfaktoren allein anhand von Messdaten der Schadstoffkonzentrationen in der Atmosphäre treffen zu können, ist in der Regel die Auswertung mehrjähriger Datenreihen erforderlich. Der jetzt für die Bewertung der Wirkung der zweiten Stufe der Umweltzone untersuchte Zeitraum von einem Jahr kann daher gerade hinsichtlich des Einflusses auf die Luftqualität nur erste Hinweise auf den Trend der Entwicklung liefern. Angesichts der zahlreichen Quellen für Feinstaub und der Komplexität der Einflüsse auf die Feinstaubkonzentration in der Atmosphäre existiert – unter Wahrung der Verhältnismäßigkeit und der Verursachergerechtigkeit – keine einzige Einzelmaßnahme<sup>1</sup> zur Minderung der Feinstaubbelastung, die für sich genommen einen so großen Effekt erwarten lässt, dass er nach einer Beobachtungszeit von einem Jahr eindeutig aus Luftqualitätsmessungen erkennbar wäre.

Aufgabe der Wirkungsanalysen ist es, diese verschiedenen Prozesse aufzuschlüsseln und möglichst zu quantifizieren. Abbildung 2.1 gibt einen vereinfachten Überblick über das Wirkungsprinzip der Umweltzone und möglicher externer Einflussfaktoren.

---

<sup>1</sup> Bsp.: Eine Verbannung des gesamten Straßenverkehrs aus der Stadt würde zwar durchaus eindeutig messbare Effekte erwarten lassen, wäre aber nicht mehr verhältnismäßig oder verursachergerecht.



**Abbildung 2.1: Wirkungsschema der Umweltzone, mögliche externe Einflussfaktoren und Untersuchungsansätze**

Im Rahmen der folgenden Wirkungsuntersuchungen werden folgende Gesichtspunkte betrachtet:

Veränderung des abgasbedingten Schadstoffausstoßes (Dieselruß und Stickoxide) durch die Modernisierung der Fahrzeugflotte

Veränderung der Verkehrsmengen und Verkehrsströme, z.B. Ausweichverkehre

Entwicklung der Luftqualität und der verkehrsbedingten Luftbelastung, unter Berücksichtigung meteorologischer Faktoren und Änderungen des Verkehrsaufkommens

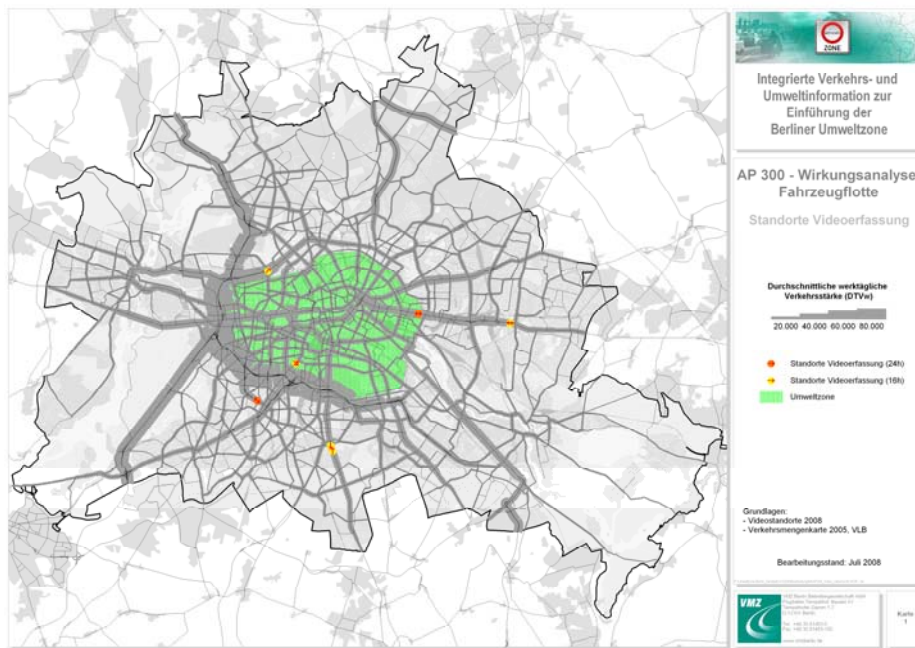
## 2.1 Ermittlung von Daten zur Flottenzusammensetzung

Zur Bestimmung der Flottenzusammensetzung hinsichtlich der Anteile der Schadstoffgruppen nach der 35. BImSchV sowie hinsichtlich der Abgasemissionen wurden die erforderlichen technischen Fahrzeugdaten beim Kraftfahrtbundesamt (KBA) und bei der Zulassungsbehörde Berlin abgefragt. Für die Flotte der in Berlin zugelassenen Fahrzeuge liegen die Daten jeweils zum 1. Januar des jeweiligen Jahres vor. Daten zur Partikelfilternachrüstung wurden von der Zulassungsbehörde Berlin vierteljährlich seit März 2008 mitgeteilt.

Für die Bestimmung der Zusammensetzung der auf Berliner Straßen aktiv eingesetzten Fahrzeugflotte wurden im Jahr 2008 Kennzeichen an 6 und 2009 und 2010 an 7 ausgewählten Straßenquerschnitten innerhalb und außerhalb der Umweltzone mittels Videokamera erfasst und dann die zugehörigen technischen Daten für Fahrzeuge mit Berliner Kennzeichen bei der Zulassungsbehörde Berlin und für deutsche auswärtige Kennzeichen beim KBA abgefragt. Für das Jahr 2007 lag nur eine Kennzeichenerhebung an der Frankfurter Allee vor. Die Lage der Erfassungsstandorte für 2008 ist in Abbildung 2.2 dargestellt. Der zusätzliche Standort in den Jahren 2009 und 2010 liegt an der Hauptstraße in Schöneberg.

Daten zur Partikelfilternachrüstung konnten dabei nur von der Berliner Zulassungsbehörde geliefert werden. Für auswärtige Kennzeichen fehlen diese Angaben. Das KBA kann bei einer

solchen Abfrage lediglich Angaben über Filterausstattungen ab Werk liefern (z.B. für Pkw mit Abgasstandard Euro 4, die bereits als Neufahrzeug mit Filter ausgeliefert wurden).



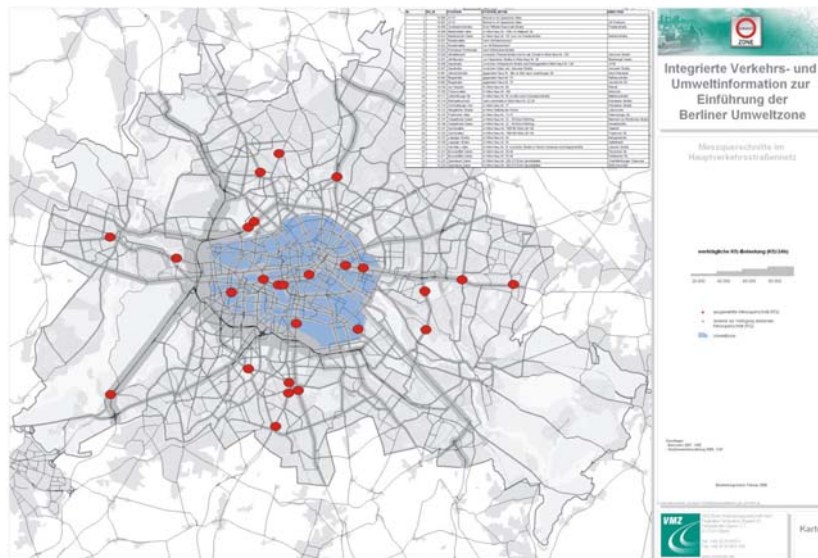
**Abbildung 2.2: Standorte der Kennzeichenerfassung zur Bestimmung der aktiven Flottenzusammensetzung**

## 2.2 Ermittlung von Daten zur Verkehrsmenge

Das Verkehrsgeschehen auf Berliner Hauptverkehrsstraßen wird seit dem Jahr 2002 durch automatische Verkehrszähleinrichtungen, sogenannten TEU (Traffic Eye Unit) überwacht. Diese Daten dienen der Bewertung des Verkehrsablaufs, so dass die Verkehrssteuerung angepasst und Stauprognosen und -warnungen erstellt werden können.

Mit den TEUs werden kontinuierlich die auf dem beobachteten Straßenquerschnitt fahrenden Pkw und Lkw gezählt. Die Differenzierung zwischen Pkw und Lkw erfolgt anhand der Fahrzeuglänge. Dabei werden Fahrzeuge mit einer Länge über 5,20 m als Lkw gezählt.

Eine Auswertung der Zähldaten über die letzten Jahre ermöglicht daher eine direkte Bewertung der Entwicklung der Verkehrsmengen auf diesen Straßenabschnitten. Um den Trend der letzten sechs Jahre zu analysieren, wurden 36 repräsentative Straßenquerschnitte ausgewählt. Berücksichtigt wurden tangentielle Straßenverbindungen, bedeutende Einfallstraßen in die Umweltzone und wichtige Trassen innerhalb der Umweltzone. Die ausgewählten Zählstellen sind in Abbildung 2.3 dargestellt.



**Abbildung 2.3: Lage der ausgewählten Verkehrszählstellen für die Bewertung der Verkehrsmengen 2002-2008**

Zusätzlich werden in Berlin von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung alle vier bis fünf Jahre Stichprobenzählungen im gesamten Hauptverkehrsstraßennetz durchgeführt, um daraus die netzweiten Verkehrsmengen differenziert nach Fahrzeugkategorien als durchschnittlicher täglicher Verkehr zu bestimmen. Zusätzlich wird mit Modellen die Verkehrsmenge in den Nebenstraßen berechnet. Aus diesen Daten ergibt sich die Gesamtfahrleistung in Berlin für die Fahrzeugkategorien Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, schwere Nutzfahrzeuge, Busse und Motorräder, aus der der Schadstoffausstoß des gesamten Berliner Straßenverkehrs berechnet wurde.

## 2.3 Ermittlung von Luftqualitätsdaten in Berlin

Luftgütemessungen, die den EU-weit festgelegten Qualitätskriterien für die Beurteilung der Luftqualität genügen, werden in Berlin kontinuierlich durch das [BLUME - Messnetz](#) an derzeit 16 Messstationen vorgenommen, wobei nicht an allen Standorten alle Komponenten gemessen werden. Die Messstellen sind am Stadtrand, in städtischen Wohngebieten und an Hauptverkehrsstraßen angeordnet, um räumlich repräsentative Aussagen über die Luftqualität zu erhalten.

An den Messstationen Frankfurter Allee und Neukölln werden nicht nur Partikel kleiner 10 µm (PM10) sondern auch kleiner als 2.5 Mikrometer (PM2.5) und 1 Mikrometer (PM1) bestimmt.

Ergänzend werden zusätzlich diskontinuierliche Messungen der Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) - Konzentration mit Passivsammlern und der Rußkonzentration an 29 Messpunkten mit einem vereinfachten Probennahmeverfahren („RUBIS“) durchgeführt. Diese Messungen liefern verfahrensbedingt nur Konzentrationsmittelwerte mit einem Mittelungszeitraum von zwei Wochen. Für die hiesige Auswertung der Wirkung der Umweltzone wurden 12 Messpunkte außerhalb der Umweltzone und 10 Standorte innerhalb der Umweltzone verwendet, für die Messwerte seit Anfang 2007 vorliegen.

Die räumliche Verteilung der Messorte ergibt sich aus Abbildung 2.4, wobei Messstationen in Wohngebieten und am Stadtrand mit Rechtecken und solche an verkehrsreichen Straßen mit Autosymbolen gekennzeichnet sind.

Das Messnetz wird kontinuierlich optimiert, wobei neue Messstandorte dazu kommen (z.B. Mariendorfer Damm ab 2009), RUBIS - Standorte verlegt oder Messstandorte aufgelöst bzw. hinsichtlich der Zahl der gemessenen Komponenten eingeschränkt werden.

Für die Auswertung der Wirkung der Umweltzone werden Daten für PM10, PM2,5, kohlenstoffhaltige Partikel und Stickstoffdioxid verwendet. Weitere Staubinhaltsstoffe wie Sulfate, Nitrate oder Schwermetalle werden nicht berücksichtigt.

Zusätzlich zu den Routinemessungen werden für besondere Fragestellungen Sondermessprogramme durchgeführt. Für die Beurteilung der Umweltzone wurden auch die Ergebnisse einer einjährigen Messkampagne im Jahr 2007 [6] verwendet.

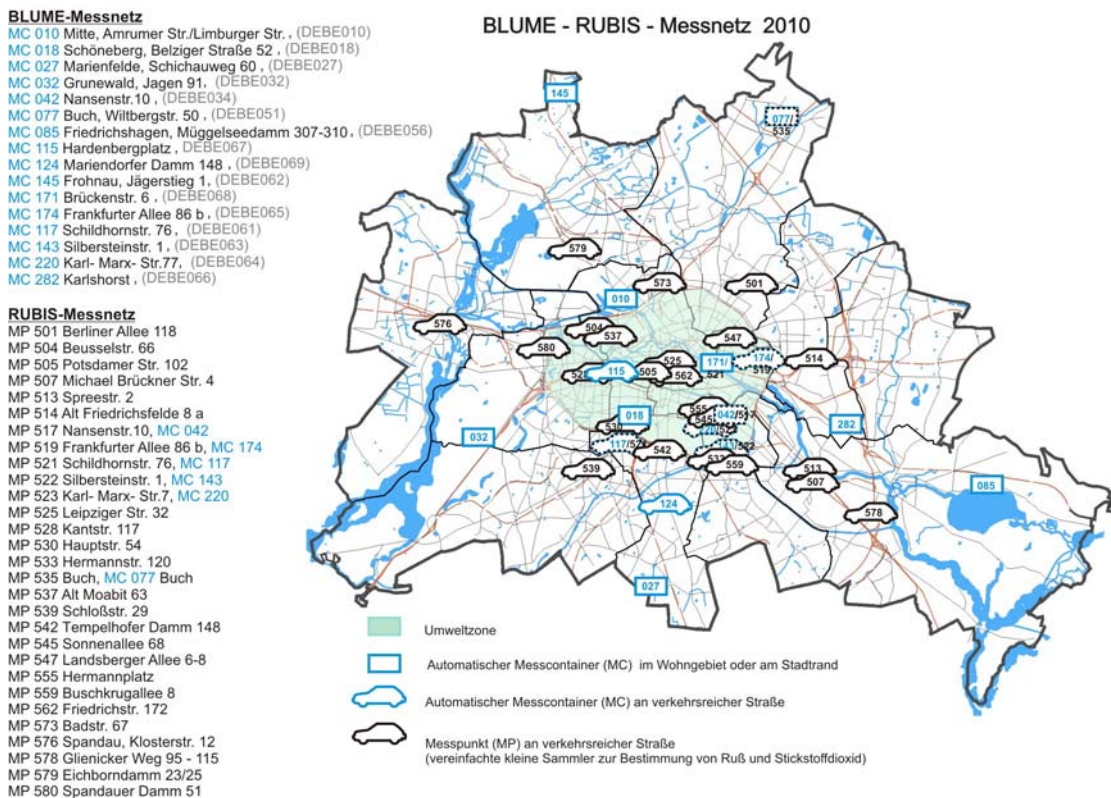


Abbildung 2.4: Standorte der Luftgüte-Messstellen in Berlin, Stand 2010

## 2.4 Methodik der räumlichen Quellbeiträge

Die an einer Straßenmessstation gemessene Schadstoffkonzentration stammt nicht allein von den dort vorbei fahrenden Kraftfahrzeugen, sondern ist immer die Summe aller Schadstoffbeiträge, die in der Atmosphäre aus den verschiedensten Quellen bis zur Messstation transportiert wurden. Die gemessene Konzentration von Feinstaub PM10 oder Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) ergibt sich somit additiv aus folgenden räumlichen Quellbeiträgen:

1. Beitrag des regionalen und überregionalen Hintergrunds durch Ferntransport, d.h. die Vorbelastung der Luft, die nach Berlin hineinströmt.
  - Dieser Beitrag wird repräsentiert vom Messwert der Stadtrandstation auf der Seite der Stadt, auf der die Luft von außen nach Berlin strömt (sog. Luv-Station).
2. Beitrag des städtischen (urbanen) Hintergrunds, d.h. der Beitrag aller städtischen Quellen inklusive Verkehr anderer Straßen, aber ausgenommen des Schadstoffausstoßes des lokalen Verkehrs des betrachteten Straßenabschnitts.
  - Dieser Beitrag ergibt sich aus der Differenz zwischen den Messwerten in städtischen Wohngebieten und dem Messwert am Stadtrand (Luv-Station).
3. Lokaler Verkehrsbeitrag, d.h. die Zusatzbelastung durch die an der betrachteten Verkehrsstation vorbeifahrenden Kraftfahrzeuge.

- Dieser Beitrag ergibt sich aus der Differenz zwischen den Messwerten der Straßenstationen und einer repräsentativen städtischen Hintergrundstation oder dem Mittel aus mehreren städtischen Hintergrundstationen.

Die Summe aus dem Beitrag des städtischen Hintergrunds und dem lokalen Verkehrsbeitrag wird als Stadtbeitrag bezeichnet. Das Zusammenspiel der Beiträge ist schematisch in Abbildung 2.5 dargestellt. Der lokale Verkehrsbeitrag ist dabei als rote Spitze dargestellt – entsprechend des räumlich begrenzt zu beobachtenden starken Anstiegs der Konzentration in Straßenschluchten. Dieser ausschließlich durch den Verkehr erzeugte Teil der Luftbelastung wird daher auch den Einfluss der Umweltzone am deutlichsten wiedergeben. Aufgrund der guten räumlichen Abdeckung des Stadtgebiets mit Luftgüte-Messstationen ist es in Berlin möglich, diese Anteile aus den Messungen zu berechnen.

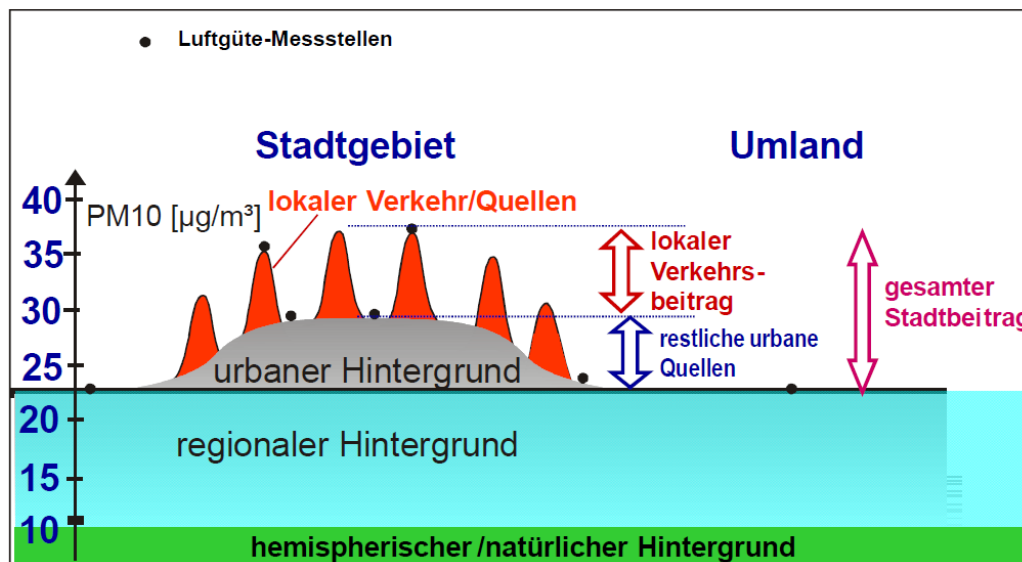


Abbildung 2.5: Schematische Darstellung der Herkunft und Verteilung der Feinstaubbelastung im Großraum Berlin

### 3. Schadstoffausstoß des Straßenverkehrs

Ziel der Umweltzone ist es, den spezifischen Schadstoffausstoß der auf Berliner Straßen eingesetzten Fahrzeuge zu reduzieren. Dies erfordert eine beschleunigte Modernisierung der Fahrzeugflotte durch Nachrüstung mit Partikelminderungssystemen oder durch Ersatz von hoch emittierenden Fahrzeugen durch sauberere Fahrzeuge. Daher wurde zuerst die Flottenzusammensetzung hinsichtlich der Entwicklung des Abgasstandards untersucht. Dies ist Voraussetzung für die darauf folgende Bestimmung des motorbedingten Schadstoffausstoßes des Straßenverkehrs. Partikelemissionen durch Abrieb und Aufwirbelung sind dagegen nicht abhängig vom Abgasstandard der Fahrzeuge und werden durch die Umweltzone nicht beeinflusst. Sie werden daher hier auch nicht betrachtet.

#### 3.1 Modernisierung des Fahrzeugbestandes in Berlin

Seit 1.1.2010 dürfen nur noch Fahrzeuge der Schadstoffgruppe 4 (grüne Plakette) in der Umweltzone verkehren. Von der Verschärfung der Umweltzone waren ausschließlich Dieselfahrzeuge betroffen, denn Fahrzeuge mit Otto-Motor (Benziner) bekommen entweder eine grüne Plakette oder fallen in die Schadstoffgruppe ohne Plakette, die bereits in der ersten Stufe der Umweltzone vom Verkehrsverbot betroffen war.

Anhand der Zulassungsdaten jeweils zum 1. Januar der letzten Jahre wurden der Abgasstandard der in Berlin zugelassenen, etwa 1,2 Millionen plakettenpflichtigen Fahrzeuge und die zugehörige Schadstoffgruppe (Plakette), bestimmt. Die hier dargestellten Ergebnisse umfassen alle in Berlin zugelassenen Fahrzeuge innerhalb und außerhalb der Umweltzone, da eine adressgenau differenzierte Statistik nicht erhoben wird.

Es zeigt sich, dass durch die Einführung der Stufe 2 der Anteil der Fahrzeuge, die eine grüne Plakette erhalten können, stark angestiegen ist (Abbildung 3.1). Von den in Berlin zum 1.1.2010 zugelassenen Fahrzeugen erreichten 96 % aller Pkw (Benziner + Diesel), 81 % aller Diesel-Pkw und 59 % aller Lkw (leichte und schwere Nutzfahrzeuge) die grüne Plakette. Bis zum 1.1.2011 stieg die Quote der Fahrzeuge mit grüner Plakette noch weiter an, da viele Nachrüstungen erst im Verlauf des Jahres 2010 erfolgten. Dies gilt besonders für Nutzfahrzeuge mit einem Anstieg von 59 auf 73%.

Als Vergleichsmaßstab für die Wirkung der Umweltzone wurde eine Trendentwicklung ohne Umweltzone verwendet. Dieser Trend wurde mit der Annahme berechnet, dass jährlich 10 % der Pkw und 8 % der Nutzfahrzeuge ohne grüne Plakette durch Neufahrzeuge bzw. Fahrzeuge mit grüner Plakette ersetzt werden. Diese Änderungsraten wurden aus der langjährigen Entwicklung der Fahrzeugflotte in den Jahren vor Einführung der Umweltzone abgeleitet.

Der Vergleich zeigt, dass durch die Umweltzone die Fahrzeugflotte beschleunigt modernisiert wurde. Gegenüber dieser Trendentwicklung hat sich bei den Lkw der Anteil von Fahrzeugen mit grüner Plakette in etwa verdoppelt, bei den Diesel-Pkw liegt er um 40 % höher.

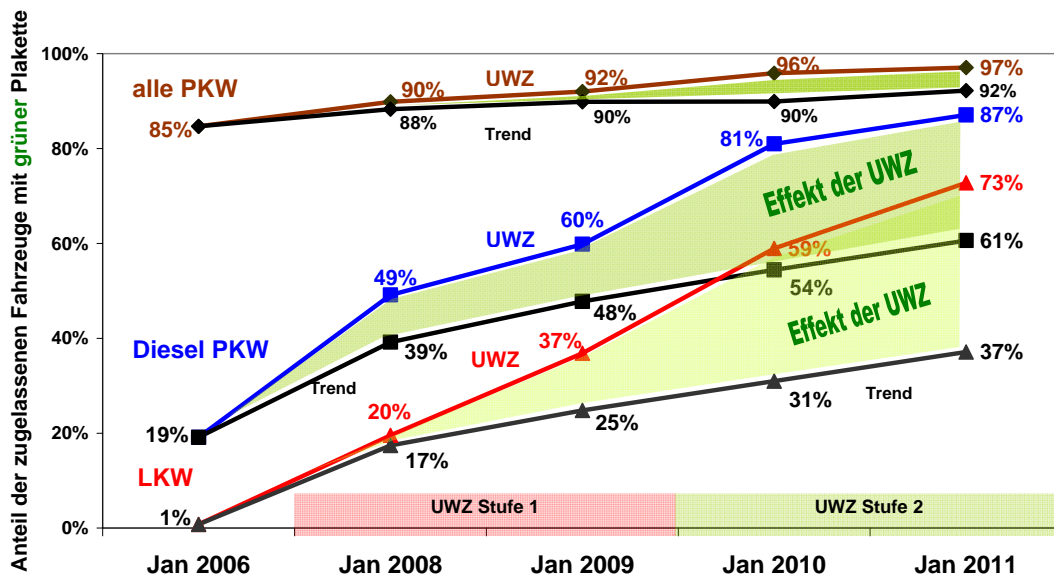


Abbildung 3.1: Entwicklung des Anteils von Fahrzeugen mit grüner Plakette im Berliner Fahrzeugbestand

Einen erheblichen Anteil am Zuwachs von Fahrzeugen mit grüner Plakette haben Nachrüstungen von Fahrzeugen mit Dieselpartikelfilter. Bis Dezember 2010 wurden in Berlin 55.541 Fahrzeuge nachgerüstet, davon 14.221 Nutzfahrzeuge (Lkw). Ein besonders starker Anstieg wurde während der Einführungsphase der Stufe 2 im Zeitraum von September 2009 bis März 2010 beobachtet (Abbildung 3.2).

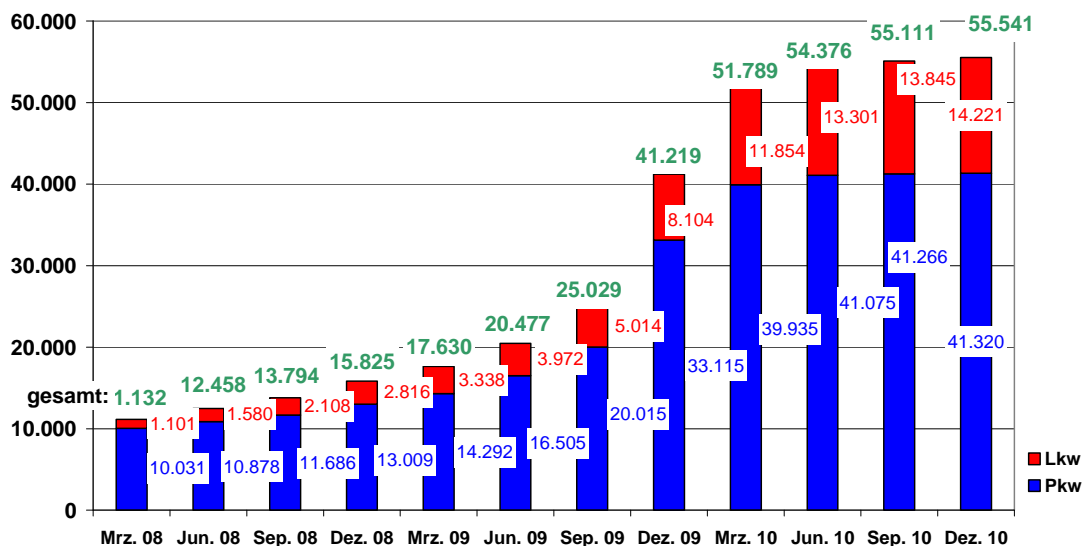


Abbildung 3.2: Entwicklung der Zahl mit Partikelfilter nachgerüsteter Fahrzeuge im Berliner Fahrzeugbestand

Wie die folgende Zusammenstellung zeigt, konnte ein großer Teil der in Berlin zugelassenen Fahrzeuge, die noch ein Jahr vor Einführung der Stufe 2 von dem kommenden Verkehrsverbot betroffen gewesen wären, bis zum 1.1.2010 ausgetauscht oder nachgerüstet werden. Von den etwa 1,19 Millionen zum 1.1.2011 zugelassenen Fahrzeugen haben nur 4,3 % Fahrzeuge eine

rote oder gelbe Plakette. Sie können in Berlin außerhalb der Umweltzone weiterhin eingesetzt werden können.

**Tabelle 3.1: Entwicklung der Zulassungszahlen von Fahrzeugen mit roter oder gelber Plakette von 2009 bis 2011**

	UWZ Stufe 1	UWZ Stufe 2	
	01.01.2009	01.01.2010	01.01.2011
Pkw mit roter Plakette	21.182	13.398	7.832
Pkw mit gelber Plakette	56.517	21.386	16.429
Nutzfahrzeuge mit roter Plakette	12.754	9.936	7.502
Nutzfahrzeuge mit gelber Plakette	28.589	12.816	7.448
Summe der vom Verkehrsverbot der Stufe 2 zusätzlich betroffenen Fahrzeuge	<b>131.052</b>	<b>69.547</b>	<b>51.223</b>

Außerdem sind in Berlin derzeit noch etwa 7.000 Nutzfahrzeuge und 8.000 Pkw der Schadstoffgruppe 1 zugelassen, die schon unter das Verkehrsverbot der Stufe 1 fielen. Sie können ebenfalls weiterhin außerhalb der Umweltzone eingesetzt werden. Gegenüber der Trendentwicklung ist die Zahl der Fahrzeuge mit dem höchsten Schadstoffausstoß um 70 bis 80 % zurückgegangen.

### 3.2 Zusammensetzung der Fahrzeugflotte auf Berliner Straßen

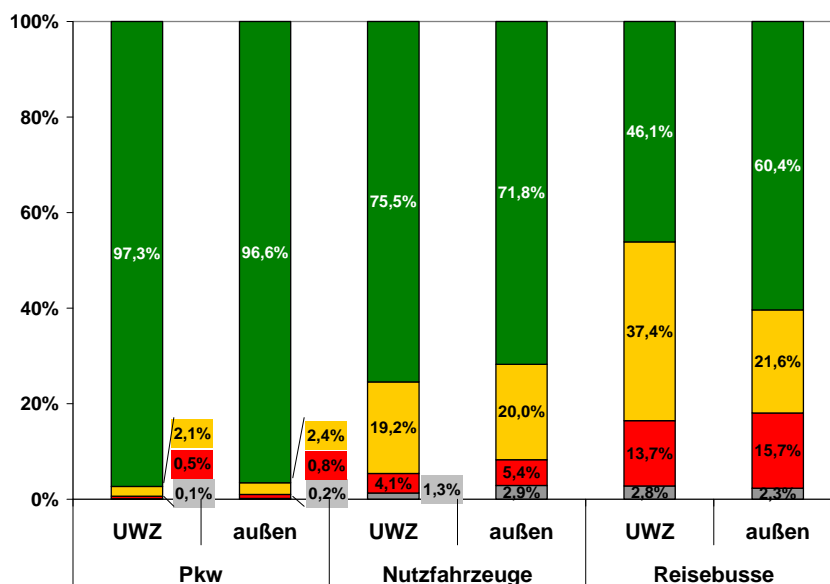
Da die Zulassungszahlen noch keine Aussage darüber erlauben, welche Fahrzeuge tatsächlich auf den Straßen in Berlin fahren, wurden in den letzten Jahren an 6 bis 7 Straßenquerschnitten innerhalb und außerhalb der Umweltzone während eines Werktages Kennzeichenerfassungen durchgeführt. Anhand der Kennzeichen konnten die technischen Daten der Fahrzeuge bei der Berliner Zulassungsbehörde (für Berliner Fahrzeuge) oder dem Kraftfahrt-Bundesamt (für auswärtige Fahrzeuge) abgefragt werden.

Die Zuordnung der Fahrzeuge zu den Schadstoffgruppen der 35. BImSchV erfolgte anhand der Emissionsschlüsselnummer und Fahrzeugklassen (Pkw oder Lkw). Soweit mitgeteilt, wurden Nachrüstungen mit Partikelfilter berücksichtigt. Diese Angaben waren jedoch unvollständig, da vom KBA keine Angaben zur Filternachrüstung geliefert werden konnte. Damit wird die Zahl der Fahrzeuge mit Partikelfilter bei der Auswertung unterschätzt.

Ein Vergleich der Ergebnisse innerhalb und außerhalb der Umweltzone wie in Abbildung 3.3 zeigt, dass es bei der Zusammensetzung der Fahrzeugflotte kaum Unterschiede gibt: knapp 94 % der Fahrzeuge innerhalb und gut 92 % der Fahrzeuge außerhalb der Umweltzone haben eine grüne Plakette. Bei den Lkws sind es 75 % innerhalb bzw. 72 % außerhalb. Sowohl bei Pkw als auch bei Lkw fahren außerhalb der Umweltzone etwas doppelt so viele Fahrzeuge der Schadstoffgruppe 1 (ohne Plakette), allerdings bei den Pkw auf einem Niveau von 0,1 bis 0,2 % und bei den Lkw auf einem Niveau von 1 bis 3 % aller Fahrzeuge. Die schlechteste Flotte weisen die Reisebusse auf. Allerdings sind diese Werte aufgrund der geringen Fahrzeugzahlen an einigen Messquerschnitten mit einer hohen statistischen Unsicherheit verbunden.

Reisebusse dürfen bis Ende 2011 auch mit gelber Plakette in die Umweltzone. Daher ist die Quote grüner Fahrzeuge noch deutlich niedriger als in allen anderen Fahrzeugkategorien. Dass die Quote grüner Fahrzeuge außerhalb der Umweltzone sogar höher ist als innerhalb, ist

auch auf die insgesamt geringen Fahrzeugzahlen zurückzuführen. In der Summe über Fahrzeuge mit grüner und der ebenfalls erlaubten gelben Plakette erreichen Reisebusse innerhalb und außerhalb vergleichbare Einhaltequoten von 84 % bzw. 82 %. Auffällig ist auch der bei Reisebussen immer noch hohe Anteil von Fahrzeugen mit roter Plakette während der Anteil von Fahrzeugen ohne Plakette nicht höher ist als bei Nutzfahrzeugen.



**Abbildung 3.3: Anteile der Plakettenfarben an den Fahrzeugflotten innerhalb und außerhalb der Umweltzone gemäß der Auswertung von Kennzeichen an drei Straßen innerhalb und vier Straßen außerhalb der Umweltzone**

Die Entwicklung der Fahrzeugflotten in der Jahren 2007 bis 2010 ist für ausgewählte Fahrzeugkategorien in Abbildung 3.4 für den Straßenquerschnitt an der Frankfurter Allee, einer sechsspurigen Hauptverkehrsstraße innerhalb der Umweltzone, dargestellt. Die Ergebnisse sind als weitgehend repräsentativ für alle untersuchten Querschnitte anzusehen, da die Unterschiede zwischen den Verteilungen innerhalb und außerhalb der Umweltzone noch im Bereich der Unsicherheit einer derartigen Stichprobe liegen. Um die Wirkung der Umweltzone zu beurteilen, wurde die Entwicklung der Fahrzeugflotte wieder mit der im Trendfall ohne Umweltzone zu erwartenden Flottenzusammensetzung verglichen.

Mit der Einführung der zweiten Stufe der Umweltzone ist die Flotte gegenüber 2009 erneut sauberer geworden: Der Anteil der Fahrzeuge mit grüner Plakette stieg um 25 % bei Pkws und um 40 % bei Lkws. Gegenüber der Trendentwicklung ist der Anteil der Fahrzeuge mit grüner Plakette im Jahr 2010 aufgrund der Umweltzone sogar 1,5 bis 3 mal höher. Den höchsten Einhaltegrad der grünen Umweltzone erreichen Pkw (Otto und Diesel) mit 97 % (nicht dargestellt) bzw. Diesel-Pkw mit 91 %. Für Nutzfahrzeuge liegen die Anteile der grünen Plakette zwischen 65 % für kleine Lkw bis 7,5 t und etwa 75 bzw. 73 % für leichte Nutzfahrzeuge und Lkw über 7,5 t. Der Anteil der hoch emittierenden Fahrzeuge ohne Plakette liegt gegenüber der Trendentwicklung um 70-85 % und der Anteil der Fahrzeuge mit roter Plakette um 50 bis 70 % niedriger.

Zu erkennen ist auch, dass bereits mit Einführung der Umweltzone im Jahr 2008 der Anteil der Fahrzeuge mit grüner Plakette sprunghaft angestiegen ist, da Fahrzeuge der Schadstoffgruppen 1 und 2 frühzeitig durch Fahrzeuge der Schadstoffgruppe 4 ersetzt wurden.

### Entwicklung der Flottenanteile an der Frankfurter Allee nach Schadstoffgruppen

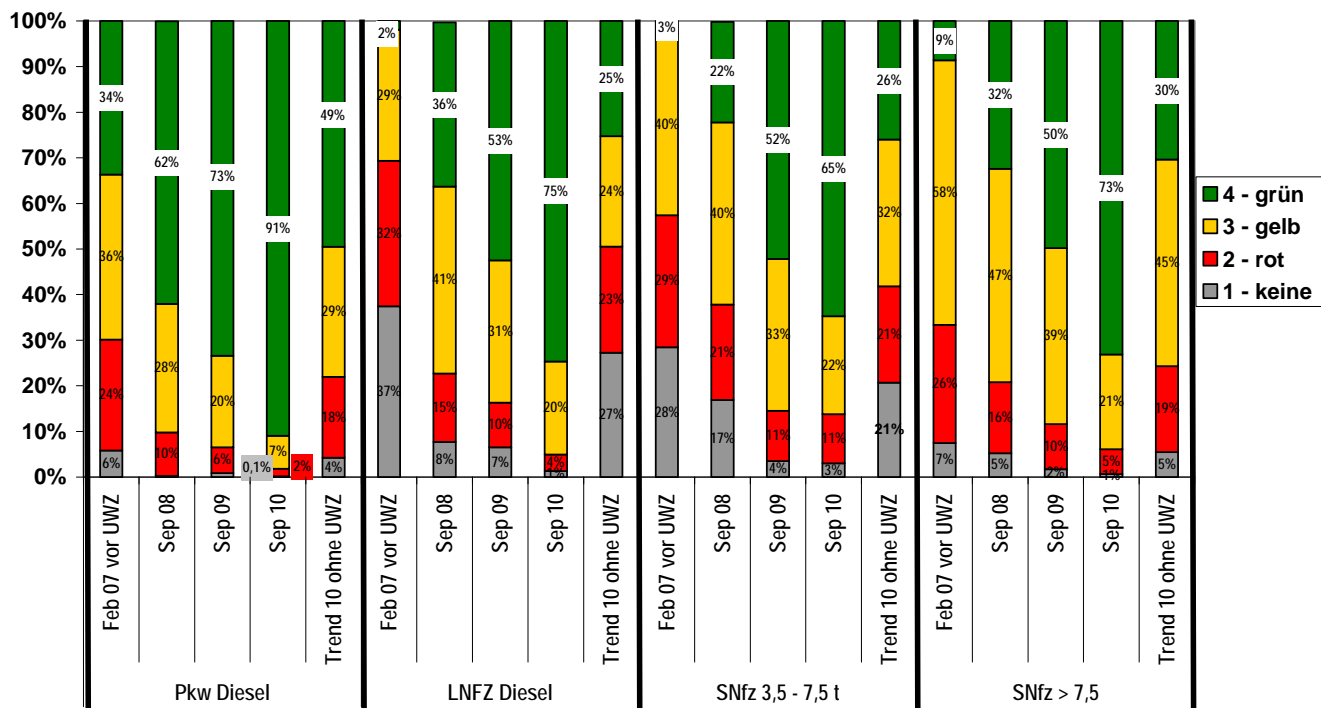


Abbildung 3.4: Entwicklung der aktiven Fahrzeugflotte in Berlin seit 2007 hinsichtlich der Anteile der Schadstoffgruppen der 35. BImSchV, ermittelt aus Kennzeichenerhebungen

#### Fazit:

Die Umweltzone Stufe 2 hat zu einer signifikanten Modernisierung der Fahrzeugflotte auf Berliner Straßen geführt. Gegenüber der Trendentwicklung ist der Anteil der Fahrzeuge mit grüner Plakette im Jahr 2010 aufgrund der Umweltzone sogar 1,5 bis 3 mal höher und liegt bei den Diesel-Pkw über 90 % statt 49 % und bei den Lkw bei 65 bis 75 % an Stelle von 25 bis 30 %.

Dabei wirkt diese Modernisierung sowohl innerhalb als auch außerhalb der Umweltzone und damit im gesamten Berliner Straßennetz.

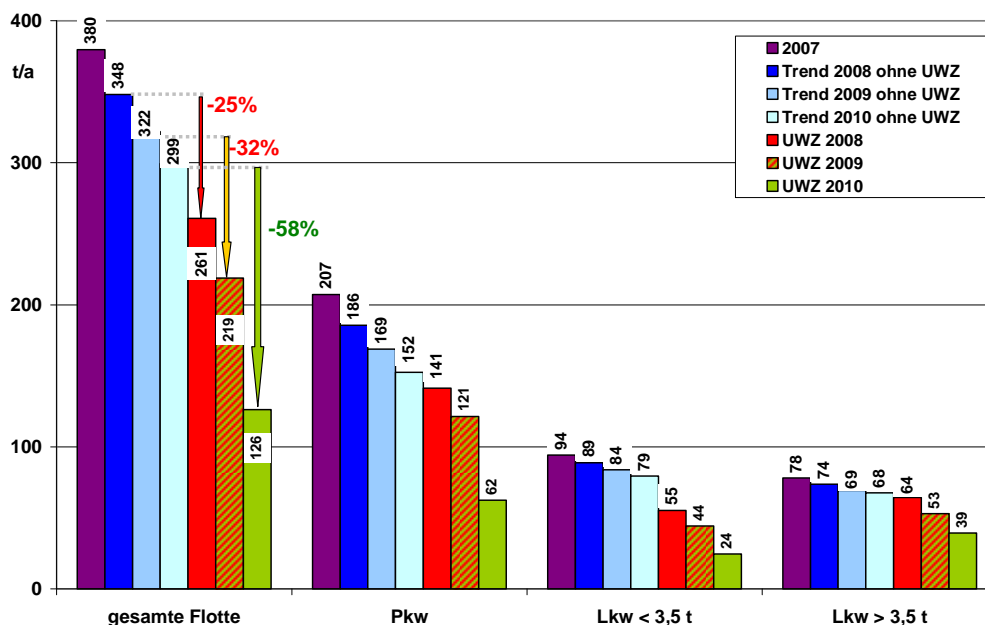
### 3.3 Entwicklung der Emissionen von Dieselruß und Stickoxide

Um die Wirkung der Umweltzone auf den Schadstoffausstoß des Verkehrs zu bestimmen, wurden die abgasbedingten Emissionen für die Jahre 2007 bis 2010 berechnet. Hierzu wurden zunächst die Fahrzeuge anhand der technischen Daten den sogenannten Fahrzeugschichten des Handbuchs für Emissionsfaktoren in der Version 3.1 zugeordnet. Gegenüber den Schadstoffgruppen der Kennzeichnungsverordnung erfordert die Emissionsberechnung eine feinere technische Aufteilung, um Fahrzeuggröße, Motorart und Abgastechnologie besser berücksichtigen zu können. Das Handbuch für Emissionsfaktoren liefert für jede Fahrzeugschicht u.a. mittlere Emissionsfaktoren in Gramm Schadstoff pro Kilometer für den Innerortsverkehr. Zusammen mit der Jahresfahrleistung können damit der jährliche Schadstoffausstoß des Berliner Straßenverkehrs vereinfacht berechnet werden. Dabei wurde für alle Jahre die gleiche Gesamtfahrleistung angenommen, um tatsächlich nur den Effekt der Veränderung der Fahrzeugflotte unabhängig von sich ändernden Fahrleistungen zu bestimmen.

Emissionen von Linienbussen wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt, da diese bereits weitgehend vor der Umweltzone mit Partikelfiltern ausgestattet wurden, so dass mit der Umweltzone kein zusätzlicher Effekt auf die Emissionen zu erwarten ist.

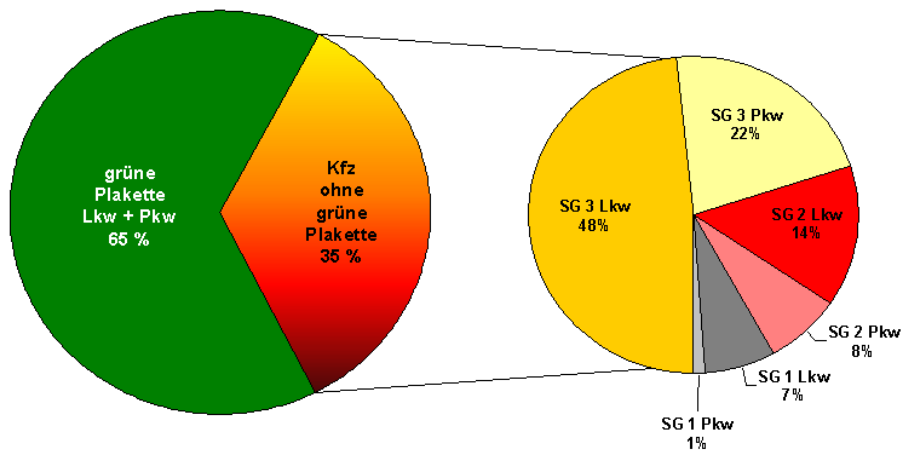
### 3.3.1 Emission von Rußpartikeln

Abbildung 3.5 zeigt die Emissionen von Rußpartikeln der Fahrzeugflotte im Februar 2007 vor Einführung der Umweltzone, die Trendentwicklung ohne Umweltzone und die mit der Umweltzone in den Jahren 2008 bis 2010 erreichten niedrigeren Emissionen. Dabei wurden auch die Partikelemissionen aus Ottomotoren berücksichtigt. Für die gesamte Flotte und damit den Straßenverkehr in Berlin ergibt sich für die Stufe 1 der Umweltzone ein Rückgang der Rußemissionen gegenüber der Trendentwicklung von 25 % im Jahr 2008 und 32 % im Jahr 2009. Mit der Verschärfung der Umweltzone auf die grüne Plakette sinkt der Schadstoffausstoß im Jahr 2010 gegenüber der Trendentwicklung um 58 % und gegenüber dem Jahr 2009 mit der Stufe 1 der Umweltzone um 42 %. Fahrzeuge mit Otto-Motor verursachten 2010 etwa 11 % der Partikelemissionen.



**Abbildung 3.5: Veränderung der Emissionen von Rußpartikeln (Diesel + Otto) in Berlin nach HBEFa 3.1 aufgrund der Umweltzone (Flottenzusammensetzung an der Frankfurter Allee; gleiche Verkehrsleistungen; ohne Kaltstartemissionen)**

Der für das Jahr 2010 berechnete Partikelaustritt wird zu 65 % durch Fahrzeuge mit grüner Plakette und zu 35 % von Fahrzeugen verursacht, die dieses Kriterium noch nicht einhalten. Etwa drei Viertel dieser Emissionen stammen von Fahrzeugen mit gelber Plakette (SG 3) (s. Abbildung 3.6). Diese Fahrzeuge dürfen zum einen aufgrund der Ausnahme für nicht-nachrüstbare Euro-3-Fahrzeuge per Allgemeinverfügung oder aufgrund von Einzelausnahmen im Rahmen der Flottenregelungen in der Umweltzone verkehren. Fahrzeuge der Schadstoffgruppen 1 und 2 können im Rahmen von Einzelausnahmen fahren oder sind aufgrund der Ausnahmeregelungen in Anhang 3 der 35. BImSchV von der Plakettenpflicht befreit und fallen damit nicht unter das Verkehrsverbot. Welche Art Ausnahme genutzt wird, kann anhand der Kennzeichenerhebung nicht bestimmt werden.



**Abbildung 3.6: Verteilung der Dieselrußemissionen der Fahrzeugflotte im Jahr 2010 (Stufe 2 der Umweltzone) nach Fahrzeugen mit grüner oder ohne grüne Plakette sowie Verteilung der Emissionen der Fahrzeuge, die die Kriterien der Umweltzone nicht einhalten, auf die Schadstoffgruppen 1 (ohne Plakette), 2 (rote Plakette) und 3 (gelbe Plakette)**

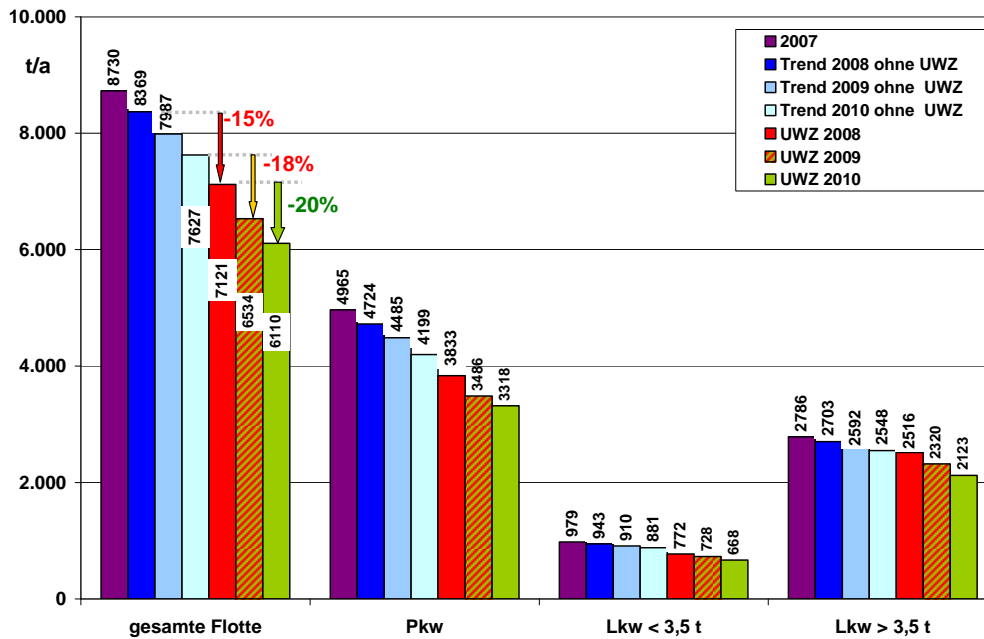
Nimmt man an, dass alle Fahrzeuge ohne grüne Plakette das Kriterium der Stufe 2 einhalten würden (Partikelemissionen wie Euro 3 mit Filternachrüstung), dann würde sich der Ausstoß an Dieselrußpartikeln um weitere 24 t/a reduzieren, d.h. die ohne Ausnahmen (und Verstöße) erreichbare Emissionsminderung beträgt etwa 197 t/a. Verglichen mit dem Rückgang in der realen Flotte von 173 t/a konnte somit in der Praxis 88 % der ohne Ausnahmen möglichen emissionsmindernden Wirkung der Umweltzone erreicht werden.

### 3.3.2 Emission von Stickoxiden

Auch die Emission von Stickoxiden ( $\text{NO}_x$ ) ging durch die Umweltzone zurück (Abbildung 3.7). Mit der Stufe 1 der Umweltzone sank der Stickoxidausstoß gegenüber der Trendentwicklung um 15 % im Jahr 2008 und um 18 % im Jahr 2009. Mit der Stufe 2 liegt der Schadstoffausstoß im Jahr 2010 mit 6110 t/a etwa 20 % niedriger als ohne Umweltzone mit 7627 t/a zu erwarten gewesen wäre. Damit konnten mit der Umweltzone im Jahr 2010 gut 1500 t Stickoxide vermieden werden. Gegenüber 2009 lagen die Emissionen im Jahr 2010 um etwa 6 % niedriger.

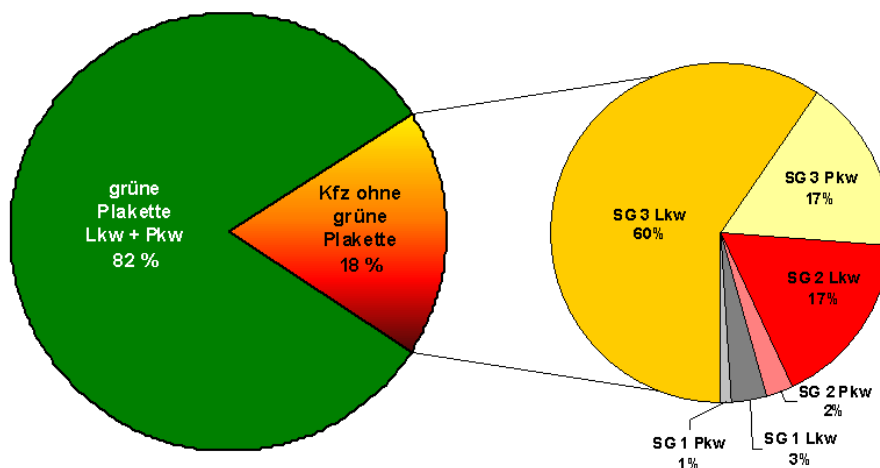
Den größten Anteil an der Emissionsminderung haben wie schon bei Rußpartikeln die Pkw, wobei bei den Stickoxiden der Rückgang älterer Otto-Pkw einen ähnlichen Beitrag lieferte wie die Modernisierung der Diesel-Pkw-Flotte. Dies zeigt, dass die oft kritisierte Einbeziehung aller Pkw in die Umweltzonenregelung unverzichtbar ist, zumal die Anpassungskosten im Pkw-Sektor deutlich niedriger sind als bei Lkw.

Der Rückgang der Stickoxid-Emissionen der schweren Nutzfahrzeuge über 3,5 t ist dagegen deutlich niedriger. Dies liegt daran, dass die Abstufungen der Abgasgrenzwerte gerade für Stickoxide zwischen den Abgasnormen kleiner sind als bei Pkw, die Nachrüstung mit Partikelfilter keine Stickoxide reduziert und die verwendeten Verfahren zur Reduzierung der Stickoxidemissionen bei modernen Lkw der Abgasnorm Euro 4 und Euro 5 im Innerortsverkehr nicht ihre volle Wirksamkeit erreichen.



**Abbildung 3.7: Veränderung der Emissionen von Stickoxiden (ohne Kaltstartbeiträge) in Berlin nach HBEFa 3.1 aufgrund der Umweltzone (Flottenzusammensetzung an der Frankfurter Allee; gleiche Verkehrsleistungen; ohne Kaltstartemissionen)**

Die folgende Abbildung 3.8 zeigt, dass bereits heute die Fahrzeuge ohne grüne Plakette nur noch 18 % der Stickoxid-Emissionen verursachen. Den größten Anteil daran haben die Fahrzeuge mit gelber Plakette mit 77 %, was auch an dem höheren Anteil an der Fahrleistung liegt. Ein Ersatz aller Fahrzeuge ohne grüne Plakette durch Fahrzeuge, die das Mindestkriterium der Stufe 2, d.h. Euro 3 mit Partikelfilter, einhalten, bringt jedoch keine weitere Emissionsminderung für Stickoxide. Erst mit der Einführung des Abgasstandards Euro 6 oder mit Nachrüstsystemen für die Stickoxidminderung, für die es jedoch noch keine Zulassungsvorschriften gibt, sind größere Minderungen erreichbar.



**Abbildung 3.8: Verteilung der Stickoxidemissionen der Fahrzeugflotte im Jahr 2010 (Stufe 2 der Umweltzone) nach Fahrzeugen mit grüner oder ohne grüne Plakette sowie Verteilung der Emissionen der Fahrzeuge, die die Kriterien der Umweltzone nicht einhalten, auf die Schadstoffgruppen 1 (ohne Plakette), 2 (rote Plakette) und 3 (gelbe Plakette)**

## Fazit:

Die Umweltzone Stufe 2 hat zu einer Abnahme des verkehrsbedingten Schadstoffausstoßes gegenüber 2009 um 40 % bei Dieselruß und 6 % bei Stickoxiden geführt. Gegenüber dem Emissionsniveau von 2007 wurden sogar 67 % weniger Dieselrußpartikel und 30 % weniger Stickoxide vom Straßenverkehr freigesetzt. Gegenüber der Trendentwicklung ohne Umweltzone wurden 2010 immerhin 58 % weniger Rußpartikel und 20 % weniger Stickoxide emittiert.

Trotz Ausnahmeregelungen konnte das Minderungspotenzial der Umweltzone für Rußpartikel zu 88 % erreicht werden. Für Stickoxide wurde sogar das gesamte Minderungspotenzial ausgeschöpft.

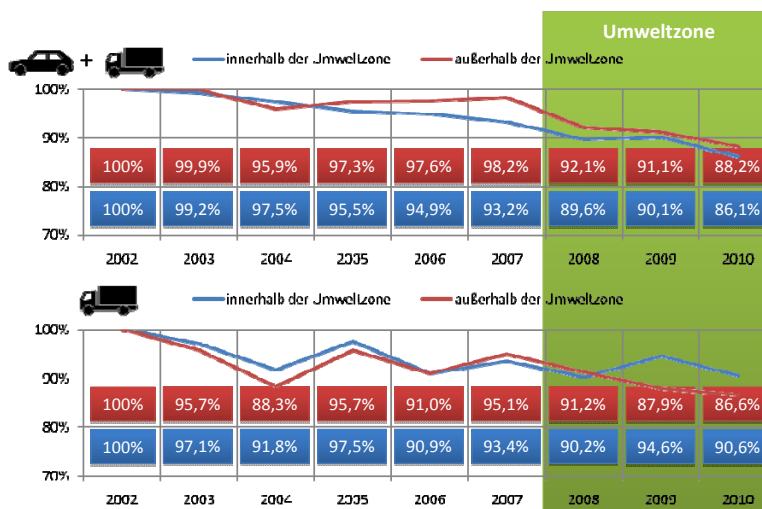
## 3.4 Entwicklung der Verkehrsmengen

Eine Auswertung der Daten automatischer Verkehrszähleinrichtungen an 36 repräsentativen Straßenquerschnitten innerhalb und außerhalb der Umweltzone von 2002 bis Ende 2010 ergibt für den gesamten Zeitraum einen stetigen Rückgang der Verkehrsmengen seit 2002 von insgesamt circa 12 % an den Zählstellen außerhalb der Umweltzone und etwa 14 % innerhalb der Umweltzone, d.h. in den innerstädtischen Gebieten Berlins (s. Abbildung 3.9). Die Einführung der Umweltzone im Jahr 2008 hat dabei keinen Einfluss auf diesen Trend. Allerdings ist zwischen 2007 und 2008 ein besonders starker Rückgang des Verkehrsaufkommen zu beobachten, der jedoch außerhalb der Umweltzone mit 6,3 % höher ist als innerhalb mit 3,9 %. Dies zeigt, dass die Verkehrsmengen weit stärker anderen Einflüssen wie den im Jahr 2008 besonders hohen Kraftstoffpreisen unterliegen.

Auch der Lkw-Verkehr ist zwischen 2002 und 2010 tendenziell rückläufig, allerdings sind stärkere Schwankungen zu beobachten, d.h. in einzelnen Jahren sind auch Anstiege aufgetreten.

Die Veränderung der Verkehrsmengen wird bei der folgenden Auswertung der Messdaten zur Luftqualität berücksichtigt, da ein Rückgang der Luftbelastung durch weniger Verkehr kein Effekt der Umweltzone ist. Eine Zunahme des Verkehrs wiederum kompensiert teilweise die umweltzonenbedingte Reduzierung des Schadstoffausstoßes.

**Jahresentwicklung der Verkehrsstärken innerhalb und außerhalb der Umweltzone 2002-2010**  
2002 = 100%



**Abbildung 3.9: Entwicklung der Verkehrsmengen als Mittelwert über automatische Zählstellen innerhalb und außerhalb der Umweltzone in den Jahren 2002 und 2010**

Zusätzlich zu den für das Verkehrsmanagement und Stauprognosen installierte Netz von automatischen Verkehrszähleinrichtungen wurden ab 2007 auch an verkehrsnahen Luftgütemessstationen Zähleinrichtungen installiert, um den Einfluss der Verkehrsmenge auf die gemessenen Schadstoffkonzentrationen beurteilen zu können. Die Ergebnisse der Zählungen sind in Tabelle 3.2 zusammengefasst. Angegeben ist die durchschnittliche Fahrzeuganzahl pro Tag (DTV) für Lkw, Pkw und das gesamte Verkehrsaufkommen. Wie zu erkennen ist schwanken die Verkehrsmengen von Jahr zu Jahr. Zu beachten ist, dass im Jahr 2010 die Verkehrsmengen an allen Stationen zurückgingen. Am stärksten ausgeprägt ist dies an der Frankfurter Allee, in der der Verkehr stark durch Bauarbeiten beeinträchtigt wurde.

**Tabelle 3.2: Entwicklung der Verkehrsmengen an den Luftmessstationen von 2007 bis 2010 in Anzahl der Fahrzeuge pro Tag**

	2007	2008	2009	2010	Veränderung 2010 geg. 2009
<b>Lkw Schildhornstraße</b>	1.710	1.366	1.555	1.396	-10,2%
<b>Kfz Schildhornstraße</b>	34.841	29.261	31.922	29.704	-6,9%
<b>Lkw Silbersteinstraße</b>	456	467	470	461	-1,9%
<b>Kfz Silbersteinstraße</b>	11.593	11.894	12.176	11.360	-6,7%
<b>Lkw Frankfurter Allee</b>	1.498	1.411	1.434	1.305	-9,0%
<b>Kfz Frankfurter Allee</b>	49.147	48.242	49.148	43.665	-11,2%
<b>Lkw Karl-Marx-Straße</b>	-	-	2.007	1.808	-9,9%
<b>Kfz Karl-Marx-Straße</b>	-	-	20.128	19.956	-0,9%

## 4. Wirkung auf die Luftqualität

Im Folgenden soll untersucht werden, wie sich die Einführung der Stufe 2 der Umweltzone mit der daraus resultierenden Reduzierung des Schadstoffausstoßes auf die Luftqualität in Berlin ausgewirkt hat.

Aufgrund der komplexen Zusammenhänge zwischen Schadstoffemissionen, meteorologischen Ausbreitungsbedingungen und externen Einflüssen durch Ferntransport lässt sich diese Frage nicht durch einen einfachen Vergleich der gemessenen Schadstoffkonzentrationen oder Überschreitungshäufigkeiten des PM10-Kurzzeitgrenzwertes vor und nach Einführung der Umweltzone beantworten. Auch ohne Veränderungen des Schadstoffausstoßes innerhalb Berlins werden in der Berliner Luft in aufeinander folgenden Jahren mal höhere mal niedrigere Schadstoffkonzentrationen gemessen. Umgekehrt kann jedoch erwartet werden, dass bei identischen meteorologischen Bedingungen die lokalen Schadstoffkonzentrationen in Berlin von der Höhe der Emissionen in Berlin bestimmt wird, d.h. dass eine Reduzierung der Emissionen auch die Außenluftkonzentrationen senkt. Notwendig für die Beurteilung der Wirkung der Umweltzone auf die Luftqualität sind daher Methoden, mit denen sich der Einfluss der Meteorologie aufzeigen oder sogar eliminieren lässt.

Die Frage lautet also: Wie hoch wäre die Luftbelastung im Jahr 2010 ohne Einführung der Umweltzone gewesen?

Um diese Frage zu beantworten, wurden die folgenden methodischen Ansätze verfolgt, um den Umweltzoneneffekt unabhängig von den genannten Einflussfaktoren ermitteln zu können:

- Abschätzung des Rückgangs der Schadstoffbelastung („Immission“) auf der Grundlage der Untersuchung über die Ursachen der Feinstaubbelastung in der Berliner Innenstadt im Jahr 2007 vor Einführung der Umweltzone und der ermittelten Reduktion der Auspuffemissionen des Straßenverkehrs durch die Umweltzone.
- Auswertung der Berliner Lüftgütemessdaten durch Vergleich der Messwerte vor und nach Einführung der Umweltzone, unter Berücksichtigung möglicher Änderungen des Verkehrsaufkommens, der Hintergrundkonzentration und des Wittereinflusses.

Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass die Wirkung der Umweltzone nicht schlagartig eintrat. Die beschriebene Verbesserung der Berliner Fahrzeugflotte ist vielmehr ein sich über Monate hinziehender allmählicher Anpassungsprozess, so dass ein Teil der Wirkung schon im Vorjahr eintrat.

Vor der Analyse der Luftgütedaten soll im Folgenden ein kurzer Überblick über die meteorologischen Randbedingungen der letzten Jahre gegeben werden.

### 4.1 Meteorologische Randbedingungen im Jahr 2010

Das Jahr 2010 wies in mehrfacher Hinsicht meteorologische Extremwerte auf, die zu erhöhten Schadstoffemissionen, schlechterer Ausbreitung der Abgase und höheren Belastungen durch grenzüberschreitenden Transport von Feinstaub führten.

Hervorzuheben ist, dass im Jahr 2010 an der Station Berlin-Dahlem die meisten Eistage (Tagesmaximum der Temperatur  $< 0\text{ °C}$ ) und Neuschneetage seit Beginn der jeweiligen Messungen im Jahr 1908 bzw. 1892 auftraten. Die Zahl der Frosttage (Tagesminimum der Temperatur unter  $0\text{ °C}$ ) war die höchste seit 14 Jahren. Der resultierende Heizbedarf (charakterisiert durch die Heizgradsumme) war ebenfalls der höchste seit 14 Jahren. Dies führte zu höheren Emissionen durch Heizungen, nicht nur in Berlin, sondern in allen Gebieten, aus denen Luft nach Berlin transportiert wird. Prägend für die Luftqualität war außerdem der hohe Anteil von Winden aus östlichen Richtungen mit niedrigen Windgeschwindigkeiten, da diese gerade in den Wintermonaten hoch vorbelastete Luft nach Berlin transportieren. Die Häufigkeit derartiger

Windrichtungen aus dem Sektor 90° bis 150° war im Jahr 2010 um 27 % höher als in 2009 und um 37 % höher als im Jahr 2007 vor Einführung der Umweltzone.

Auffällig ist auch die hohe Zahl von trüben Tagen mit einer weitgehend geschlossenen Wolkendecke (mehr als 6,4 Achtel Bedeckung). An solchen Tagen mit wenig Sonneneinstrahlung ist in der Regel die atmosphärische Turbulenz geringer, was zu einer schlechteren Verdünnung der Abgase führen kann. Wettersituationen mit einer besonders guten Verdünnung der Abgase aufgrund hoher Windgeschwindigkeiten waren dagegen seltener. So wurde im Jahr 2010 die niedrigste Zahl von Tage mit Windböen über 10,8 m/s oder 6 Beaufort seit 1997 gemessen. Aufgrund dieser meteorologischen Randbedingungen ist mit einem Anstieg der Luftbelastung zu rechnen.

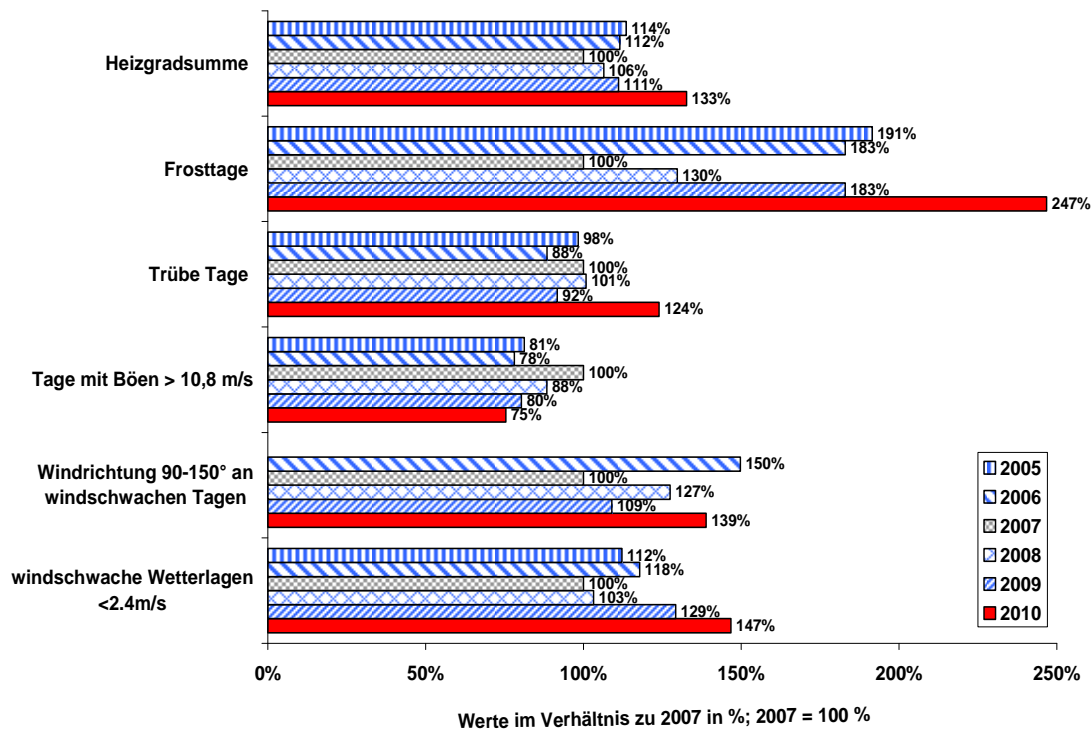


Abbildung 4.1: Vergleich meteorologischer Parameter für die Jahre 2005-2010 [9], die einen Einfluss auf Emission, Transport und Verdünnung von Luftschadstoffen haben

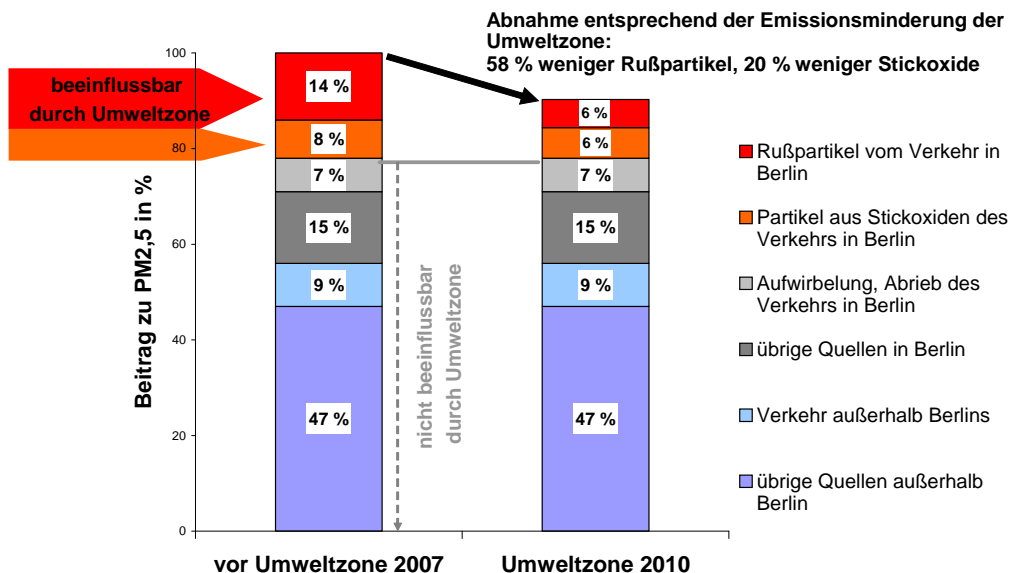
## 4.2 Wirkung der Umweltzone auf die Feinstaubbelastung PM10

Im Folgenden wird zunächst die Wirkung der Umweltzone auf die Feinstaubkonzentration bestimmt, die bei gleicher Meteorologie, Verkehrsmengen und gleichbleibender Emission aller übrigen Quellen zu erwarten gewesen wäre. Hierzu wird die Ursachenanalyse für Feinstaub PM2.5 aus dem Jahr 2007, also dem Jahr direkt vor Einführung der Umweltzone verwendet. Anschließend werden die Effekte der Umweltzone anhand der Auswertung von Luftqualitätsdaten untersucht.

### 4.2.1 Abschätzung der Wirkung der Umweltzone auf Basis einer PM2.5-Ursachenanalyse

Ein Verfahren, dass mit einer Mischung aus Messungen und modellhaftem Ansatz die Wirkung der Umweltzone aufzeigt, besteht darin, die im Verkehrsbereich erreichten Emissionsminderungen auf die Verursacheranteile des Verkehr anzurechnen, die in einer Studie 2007 [6] ein Jahr vor Einführung der Umweltzone bestimmt wurden. Dieser Ansatz wird in Abbildung 4.2 veranschaulicht. Die linke Säule zeigt die Anteile der wichtigsten Quellen an der Konzentration der feinen PM2.5-Partikel an einem verkehrsnahen Messpunkt (Frankfurter Allee) in der Umweltzone in der Berliner Innenstadt, wie sie im Jahr 2007 vor Einführung der Umweltzone er-

mittelt wurden. Unter den meteorologischen Bedingungen und mit den Verkehrsemissionen im Jahr 2007 trugen Rußpartikel aus Abgasen des Berliner Straßenverkehrs 14 % zum PM2.5-Jahresmittelwert bei, 8% waren Partikel, die aus den Stickoxiden des Berliner Verkehrs gebildet wurden. Dabei spielt nicht nur der lokale Verkehr, das heißt der Beitrag der Fahrzeuge in der betreffenden Hauptverkehrsstraße (Frankfurter Allee) eine Rolle, sondern auch die Verkehrsemission im übrigen Stadtgebiet. Nur diese beiden Anteile werden durch die Einführung der Umweltzone gemindert. Die Konzentration der durch Aufwirbelung und Straßen-, Reifen- und Bremsenabrieb in die Luft geratenen Partikel ist davon ebenso unabhängig, wie der Anteil der übrigen Berliner Quellen (Hausheizung, Industrie, etc.) und der insgesamt 56%-ige Beitrag der Quellen außerhalb der Stadt.



**Abbildung 4.2: Schätzung der Wirkung der Umweltzone auf die PM2.5-Belastung anhand der Veränderung des Verursacheranteils der Auspuffemissionen**

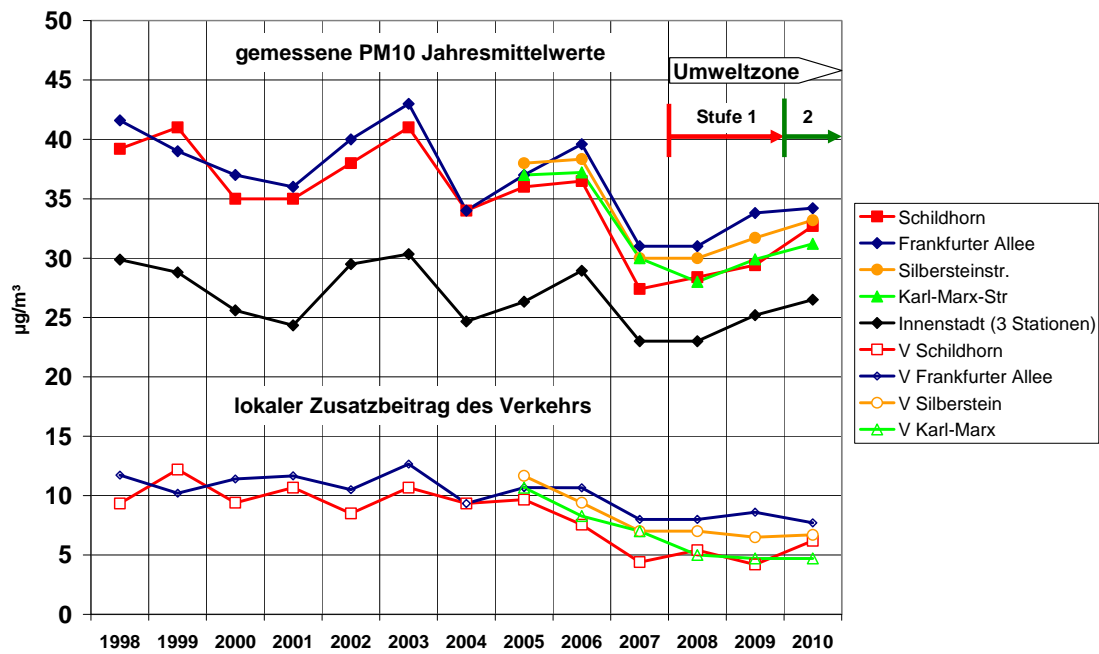
Aus der Kennzeichenerfassung wurde infolge der Umweltzone auf der Basis eines gleichbleibenden Verkehrsaufkommens ein prozentualer Rückgang von 58 % für die auspuffbedingten Partikel und von 20 % für die Stickoxide ermittelt. Man kann annehmen, dass sich dadurch der Anteil der Partikel aus diesen Quellen an der gesamten PM2.5-Konzentration in der Luft, also die roten und orangenen Anteile, um dieselben Prozentsätze verringert. Dies bedeutet für die Rußpartikel eine Reduzierung des Verursacheranteils von 14 auf 6,1 Prozentpunkte und für stickoxidbedingte Partikel von 8 auf etwa 6 %. Entsprechend sinkt die PM2,5-Konzentration um etwa 10 %.

Um den prozentualen Anteil der Minderung nun auf die PM10-Partikelfraktion zu beziehen, ist auch der Anteil der größeren Partikel mit einem Durchmesser zwischen 2,5 µm und 10 µm zu berücksichtigen. Ihr Anteil beträgt in einer verkehrsreichen Straße etwa 30 % [6] und besteht überwiegend aus aufgewirbelten Staubpartikeln, Abrieb und natürlichen Bestandteilen, die durch die Umweltzone nicht beeinflusst werden. Der PM10-Feinstaub besteht demnach zu 70 % aus PM2.5. Der auf PM10 bezogene Minderungseffekt beträgt also 70 % des oben ermittelten, auf PM2.5 bezogenen Minderungseffekts von 10 %. Damit beträgt der Minderungseffekt der Umweltzone bezogen auf die gesamte PM10-Belastung 7 %. Bezogen auf den PM10-Jahresmittelwert im Jahr 2007 von 31 Mikrogramm pro Kubikmeter (µg/m³) bedeutet dies eine Reduzierung um etwa 2 Mikrogramm pro Kubikmeter (µg/m³). Dies entspricht im Durchschnitt 6 bis 10 Tage weniger Überschreitungen des 24h-Grenzwertes für PM10.

Alle weiteren, die Luftbelastung beeinflussenden Rahmenbedingungen, wie Wettereinfluss, Verkehrsbelastung und Importanteil der Feinstaubbelastung wurden bei diesen Betrachtungen konstant auf dem Niveau des Jahres 2007 vor Einführung der Umweltzone gehalten. Das hier erhaltene Ergebnis ist also der von diesen Faktoren weitgehend unabhängige Umweltzoneneffekt.

## 4.2.2 Entwicklung der Luftqualität hinsichtlich der Feinstaubbelastung

Abbildung 4.3 zeigt die langjährige Entwicklung der Feinstaubjahresmittelwerte an ausgewählten Verkehrsmessstationen und als Mittel über städtische Hintergrundstationen seit 1998. Innerhalb der Umweltzone liegen die Stationen Frankfurter Allee und Karl-Marx-Straße. Außerdem ist der lokale Zusatzbeitrag des Verkehrs an den Verkehrsmessstationen dargestellt, der sich aus der Differenz der Verkehrsstation und dem Mittel der städtischen Hintergrundstationen ergibt.



**Abbildung 4.3: Entwicklung der Feinstaubkonzentrationen zwischen 1998 und 2010 an verkehrsnahen Messstationen und als Mittelwert über drei städtische Hintergrundstationen sowie Entwicklung des lokalen Zusatzbeitrags des Verkehrs als Differenz zwischen Verkehrsstation und Mittel des städtischen Hintergrundes**

Zu erkennen sind die starken Schwankungen der Jahresmittelwerte. Ab 2007 liegen die Werte für Feinstaub (PM10) insbesondere an den Verkehrsstationen deutlich niedriger als in den Jahren zuvor. Die Anstiege in den Jahren 2009 und 2010 sind in erster Linie auf Anstiege bei der Vorbelastung der nach Berlin einströmenden Luft sowie im Jahr 2010 auch auf erhöhte Emissionen aus Heizungen zurückzuführen, während der Verkehrsbeitrag trotz schlechterer lokaler Ausbreitungsbedingungen (wie niedrigere Windgeschwindigkeiten) weitgehend gleichbleibt. Insbesondere das Jahr 2010 wies, wie oben dargestellt, sehr ungünstige Bedingungen für die Luftreinhaltung auf.

Der an der Station Schildhornstraße beobachtete Anstieg ist auf den Einfluss von Großbaustellen in der Umgebung zurückzuführen, da in der nahegelegenen Schloßstraße Einkaufszentren abgerissen wurden und nun neu gebaut werden. Der Abtransport des Baustaubes erfolgte dabei zum größten Teil durch die Schildhornstraße entlang der Messstation. Dadurch lässt sich auch der Verkehrsbeitrag nicht mehr zutreffend berechnen, da die gewählten Messstationen im städtischen Hintergrund die Vorbelastung der Luft in der Schildhornstraße nicht mehr repräsentativ wiedergeben.

Tabelle 4.1 zeigt die Jahresmittelwerte aller Stationen für Feinstaub (PM10) für die Jahre 2006 bis 2010. Hinsichtlich des Grenzwertes für das Jahresmittel traten bei Feinstaub keine Überschreitungen auf.

Tabelle 4.1: Jahresmittelwerte für Feinstaub an Berliner Messstationen 2006 - 2010

Lage	Station	Standort	Feinstaub PM <sub>10</sub>				
			Jahresmittelwert in Mikrogramm pro Kubikmeter (µg/m <sup>3</sup> )				
	Nr.		2006	2007	2008	2009	2010
Stadtrand	027	Marienfelde	26,0	22,0	18,2	23,4	24,9
	032	Grunewald	27,0	21,3	19,5	20,8	22,1
	077	Buch	23,4	20,0	18,6	22,0	22,4
	085	Friedrichshagen	26,6	22,0	20,7	22,3	24,5
städt.	010	Wedding	28,7	22,1	22,3	23,9	25,1
Hintergrund	018	Schöneberg	26,8	22,1	22,1	24,6	26,4
	042	Neukölln	31,3	25,2	25,5	27,2	27,9
	171	Mitte	36,2*	23,7	24,5	27,5	28,3
Straße	115	Hardenbergplatz	34,1	26,4	26,8	28,5	29,9
	117	Schildhornstr.	36,5	27,4	28,4	29,4	32,7*
	143	Silbersteinstr.	38,3	30,7	30,9	31,7	33,2
	174	Frankfurter Allee	39,6	31	31	33,8	34,2
	220	Karl-Marx-Str.	37,2	30,0	28,4	29,9	31,2

\*= Baustelleneinfluss

Tabelle 4.2: Anzahl der Überschreitung des Tagesgrenzwertes für PM10 in Berlin

Lage	Station	Standort	Anzahl der Tage mit Tagesmittelwerten über 50 Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )				
			pro Jahr				
	Nr.		2006	2007	2008	2009	2010
Stadtrand	027	Marienfelde	23	13	2	12	28
	032	Grunewald	22	9	5	11	22
	077	Buch	27	9	6	9	22
	085	Friedrichshagen	21	9	6	7	28
städt. Hintergrund	010	Wedding	26	13	10	14	31
	018	Schöneberg	26	13	10	16	35
	042	Neukölln	<b>37</b>	17	10	20	<b>39</b>
	171	Mitte	<b>59*</b>	14	10	19	33
Straße	115	Hardenbergplatz	<b>48</b>	18	13	22	<b>36</b>
	117	Schildhornstr.	<b>54</b>	22	15	28	<b>48*</b>
	143	Silbersteinstr.	<b>67</b>	29	21	35	<b>48</b>
	174	Frankfurter Allee	<b>71</b>	30	24	<b>39</b>	<b>54</b>
	220	Karl-Marx-Str.	<b>55</b>	23	11	23	<b>43</b>

\*= Baustelleneinfluss

Tabelle 4.1 zeigt, dass an allen Messstationen die Feinstaubkonzentration im Jahresmittel im Jahr 2010 gegenüber 2009 wetterbedingt angestiegen ist. Am Stadtrand betrug der Anstieg im Mittel 1,35 Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), im städtischen Hintergrund 1,23 (ohne Station Mitte, die für Wohngebiete nicht repräsentativ ist) und an den Straßenstationen etwa 1,15 Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (ohne Station Schildhornstraße wegen Baustelleneinfluss). Damit war der Anstieg an allen Stationen etwa gleich hoch. Wie oben gezeigt wurde, wäre jedoch ohne die Emissionsminderung im Straßenverkehr durch die Umweltzone ein um etwa 2 Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) höherer Jahresmittelwert zu erwarten gewesen, d.h. der Anstieg von 2009 zu 2010 hätte gerade an den Straßenstationen aufgrund der schlechteren meteorologischen Ausbreitungsbedingungen für die Fahrzeugabgase im Mittel nicht 1 Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), sondern etwa 3 Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) betragen.

Die Annahme, dass bei geänderten meteorologischen Ausbreitungsbedingungen die Veränderung an Straßenstationen ohne weitergehende emissionsmindernde Maßnahmen höher sein sollte, als an Stationen des städtischen Hintergrundes oder am Stadtrand, wird gestützt, wenn

die Veränderung der Jahresmittelwerte zwischen 2006 und 2007 betrachtet wird. Aufgrund der sehr günstigen meteorologischen Bedingungen im Jahr 2007 (den besten in mindestens den letzten 6 Jahren) lagen die Jahresmittelwerte deutlich niedriger als im Vorjahr 2006. Dabei ist zu beobachten, dass der Rückgang an Straßenstationen mit 8 Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) deutlich höher ist als der Rückgang an den Messstationen des städtischen Hintergrunds mit 6 Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und am Stadtrand mit etwa 4 Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Tabelle 4.2 enthält die Anzahl der Tage mit Überschreitung des PM10-Kurzzeitwertes von 50 Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) als Tagesmittelwert, der nicht häufiger als 35 mal pro Jahr überschritten werden darf. Die Überschreitung der Grenzwerte ist durch Fettdruck hervorgehoben. Dieser Grenzwert wurde in den Jahren 2006 und 2010 an allen Verkehrsmessstationen und der städtischen Hintergrundstation in der Nansenstraße überschritten, im Jahr 2009 allein an der Station Frankfurter Allee. Wichtiges Ziel der Luftreinhalteplanung muss es daher sein, die Zahl der Überschreitungen und die Höhe der Luftbelastung gerade an diesen Tagen zu reduzieren.

Auffällig ist der starke Anstieg der Zahl der Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwertes im Jahr 2010 gegenüber den Vorjahren 2007 bis 2009 – trotz Einführung der Stufe 2 der Umweltzone. Im Folgenden soll daher untersucht werden, ob sich an diesen Tagen ein Entlastungseffekt der Umweltzone zeigen lässt.

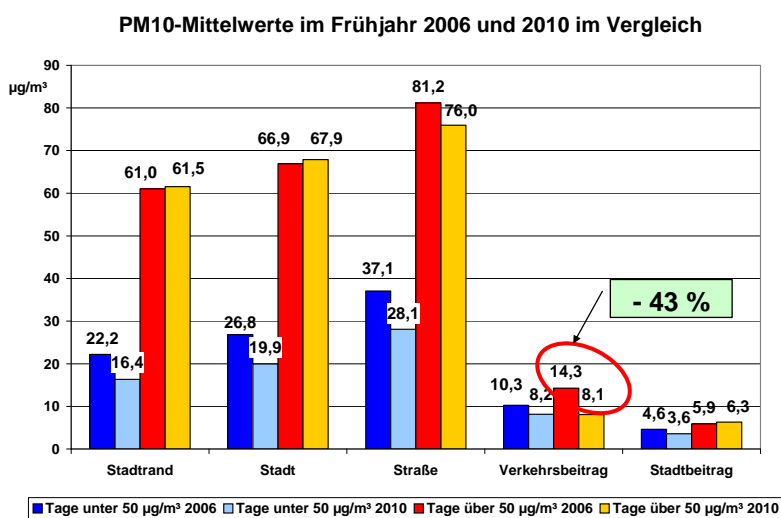
Wie die Stadtrandstationen zeigen, ist der Anstieg im Jahr 2010 besonders auf den Eintrag stark vorbelasteter Luftmassen zurückzuführen. Eintragsstationen bei Wetterlagen mit Ferntransport sind die Stationen Marienfelde und Friedrichshagen. Diese Stationen weisen mit jeweils 28 Überschreitungstagen deutlich höhere Werte auf als die beiden anderen Stadtrandstationen mit je 22 Überschreitungstagen. An der Stadtrandstation Friedrichshagen stieg die Zahl der Überschreitungen gegenüber 2009 um 21 Tage. Deutlich niedriger war der Anstieg an der Frankfurter Allee, an der 2010 15 Überschreitungen mehr als im Jahr 2009 gezählt wurden.

Wie oben dargestellt wurde, wäre mit der Umweltzone die Luftbelastung im Jahresmittel um ca. 2 Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) höher gewesen. Dies entspricht aufgrund des statistischen Zusammenhangs der Überschreitungshäufigkeit mit dem Jahresmittelwert etwa 10 zusätzlichen Überschreitungstagen. Ohne die Umweltzone wären somit an der Frankfurter Allee 64 statt 54 Überschreitungen zusätzlich zu erwarten gewesen, d.h. die Zahl der Überschreitungen wäre fast 20 % höher gewesen.

Ein Vergleich der Überschreitungshäufigkeiten im Jahr 2006, das meteorologisch am ehesten mit 2010 vergleichbar ist, mit dem Jahr 2010 zeigt, dass die Zahl der an der Straße zusätzlich gegenüber dem Stadtrand oder dem städtischen Hintergrund auftretenden Überschreitungen im Jahr 2010 sehr viel niedriger war. So lag im Jahr 2006 die Zahl der Überschreitungen an der Frankfurter Allee noch 34 Tage über dem städtischen Hintergrund, im Jahr 2009 waren es noch 19 Überschreitungen mehr, im Jahr 2010 trotz schlechterer Ausbreitungsbedingungen aber nur 15 zusätzliche Überschreitungstage (immer als Differenz zur Station Neukölln). Damit konnte mit der Umweltzone erreicht werden, dass die zusätzliche Belastung von Anwohnerinnen und Anwohnern von Hauptverkehrsstraßen, die diese im Vergleich zu Wohngebieten im städtischen Hintergrund ausgesetzt sind, reduziert werden konnte.

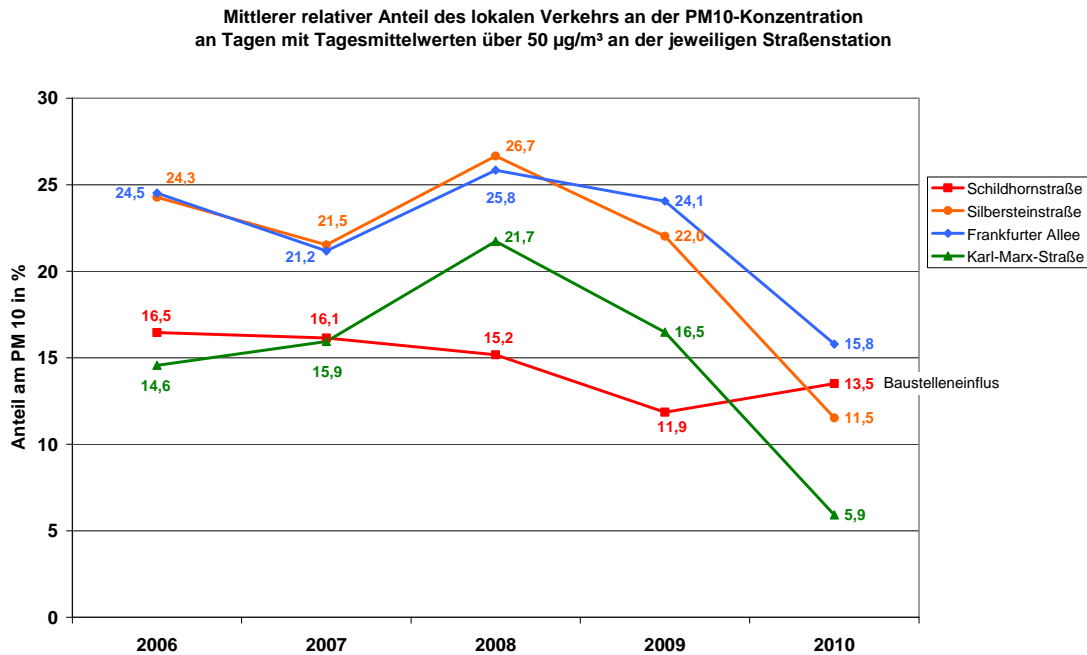
Besondere Kritik an der Wirksamkeit von Umweltzone wurde im Frühjahr 2010 laut, als zahlreiche Überschreitungen des Tagesgrenzwertes für PM10 auftraten. So wurden bis Ende März an den Verkehrsmessstationen in Berlin 33 bis 43 und an den Stadtrandstationen 23 bis 26 Überschreitungen gezählt. Wie im Luftreinhalteplan ausführlich dargestellt wurde, können nicht mit einer einzelnen lokale Maßnahme alleine – auch nicht mit der Umweltzone – Grenzwertüberschreitungen bei ungünstigen Witterungsverhältnissen mit tiefen Temperaturen am Boden und schwacher östlicher Luftströmung – so wie sie im Frühjahr 2010 auftraten – vermieden werden. Aber trotz der hohen Feinstaubbelastung lässt sich ein positiver Effekt der Umweltzone nachweisen. Bei einem Vergleich der Feinstaubwerte des Frühjahrs 2010 mit dem Frühjahr 2006, das ebenfalls durch eine lang andauernde Episode mit hohen Feinstaubkonzentrationen

trationen, schlechten Ausbreitungsbedingungen und Ferneintrag geprägt war, zeigt sich, dass die Luftbelastung an der Frankfurter Allee ohne Umweltzone mit großer Wahrscheinlichkeit gerade an den Überschreitungstagen im Mittel noch bis zu 6 Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) höher gewesen wäre. Bei einer ähnlich hohen Zahl von Tageswertüberschreitungen in 2006 wie in 2010 nahm gerade an den Überschreitungstagen, an denen auch in der Straßenschlucht selbst in der Regel ungünstige Ausbreitungsbedingungen herrschen, der lokale Verkehrsbeitrag im Frühjahr 2010 von 14 Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) auf 8 Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und damit um 43 % deutlich ab. Dies lässt sich durch reduzierte Emissionen der Fahrzeugflotte erklären, zumal das Verkehrsaufkommen selbst aufgrund der im Winter 2009/2010 herrschenden Betriebsstörungen bei der Berliner S-Bahn nicht niedriger gewesen sein dürfte als 2006, als die S-Bahn noch weitgehend fahrplanmäßig fuhr. An Tagen, an denen der Tagesgrenzwert nicht überschritten wurde, war dagegen der Verkehrsbeitrag im Frühjahr 2010 nur 2 Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) niedriger als 2006, allerdings sank anders als an Überschreitungstagen zusätzlich der Stadtbeitrag als Differenz zwischen den Werten an den städtischen Hintergrundstationen und dem Stadtrand um etwa 1 Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Die entsprechenden Werte sind in Abbildung 4.4 dargestellt.



**Abbildung 4.4: Vergleich der PM10-Konzentrationen im Frühjahr 2010 (Januar bis März) mit dem Frühjahr 2010 differenziert nach Tagen, an denen an der Frankfurter Allee die Werte über oder unter 50 Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) lagen**

Wie eine Auswertung der PM10-Verkehrsbeiträge als Differenz zwischen dem Messwert an der Straße und dem städtischen Hintergrund für die Jahre 2006 bis 2010 für Tage mit hohen Luftbelastungen in Abbildung 4.5 zeigt, ging der Verkehrsbeitrag mit der zweiten Stufe der Umweltzone an drei der Stationen um bis zu 65 % zurück. An der Schildhornstraße wurde ein Anstieg um 13 % beobachtet, der wie oben dargelegt vermutlich auf den Einfluss nahegelegener Großbaustellen in südöstlicher Richtung zurückzuführen ist. Gerade an Tagen mit hohen Luftbelastungen herrschen häufig süd-östliche Windrichtungen vor, so dass die Staubemissionen der Baustelle sich zwar noch auf die Messstation Schildhornstraße, nicht aber auf die viel weiter entfernten Messstationen im städtischen Hintergrund auswirken. Die zur Bestimmung des Verkehrsbeitrags verwendeten Messwerte repräsentieren daher in diesen Fällen nicht wie im Modell angenommen die Vorbelastung der Luft, die in die Straßenschlucht strömt. Es ist daher zu vermuten, dass die Zusatzbelastung durch den lokalen Verkehr auch in der Schildhornstraße niedriger ist, als mit dieser Methodik berechnet. Die Annahme wird gestützt von dem Umstand, dass in der Schildhornstraße im Gegensatz zur steigenden PM10-Konzentration die zum großen Teil von Diesel - Kfz stammenden kohlenstoffhaltigen Bestandteile im Feinstaub (PM10) im Vergleich zu 2009 nicht zugenommen haben. Da das Verkehrsaufkommen im gleichen Zeitraum zurückging (s. Tab. 3.3), ist die Zunahme von Feinstaub in der Schildhornstraße wahrscheinlich der erwähnten lokalen Freisetzung und Aufwirbelung von Baustaub geschuldet.

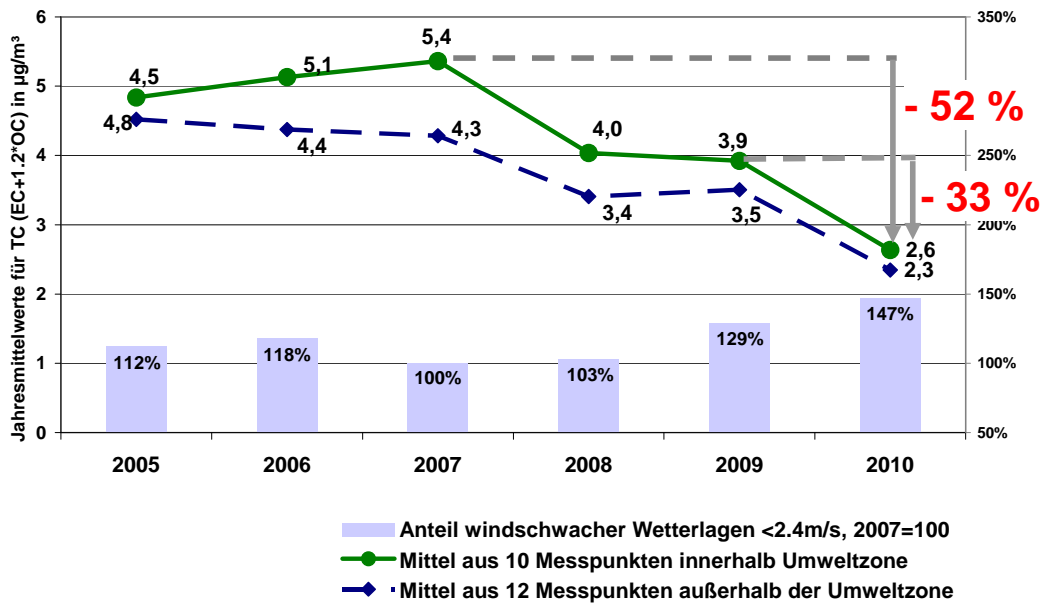


**Abbildung 4.5: Entwicklung des mittleren lokalen PM10-Verkehrsbeitrags in den Jahren 2006 bis 2010 an den Verkehrsstationen für Tagen, an denen der Tagesmittelwert an den jeweiligen Straßenstationen einen Tagesmittelwert von 50 Mikrogramm pro Kubikmeter (µg/m<sup>3</sup>) überschreitet**

#### 4.2.3 Entwicklung des lokalen Verkehrsbeitrags für Ruß

Mit der Umweltzone Stufe 2 wurde der Ausstoß von Rußpartikeln des Verkehrs um circa 58 % reduziert. Diese Rußpartikel bestehen zu über 95 % aus einer Mischung von elementaren und organisch gebundenen Kohlenstoff (EC und OC). Der Effekt der Umweltzone sollte daher besonders an den Messwerten für Ruß an Straßen erkennbar sein. In Berlin wird Ruß an 22 Messpunkten von Hauptverkehrsstraßen mit einem vereinfachten Probenahmeverfahren („RU-BIS“) diskontinuierlich gemessen. Die Proben werden alle zwei Wochen gesammelt und anschließend thermisch analysiert. Der daraus gemittelte 12 - Monatsmittelwert der Rußkonzentration ist abhängig vom Einfluss des jährlich schwankenden Verkehrsaufkommens, da z.B. bei abnehmender Verkehrsmenge auch die gemessene Rußkonzentration direkt abnimmt. Der Jahresmittelwert der Rußkonzentration wird deshalb entsprechend der Zu- oder Abnahme des Verkehrsaufkommens gewichtet. Die Gewichtung erfolgt mit dem Verhältnis des jeweiligen Verkehrsaufkommens zum Wert in 2007, gemittelt über alle Verkehrszahlendaten innerhalb und außerhalb der Umweltzone, die aus Abbildung 3.9 der Jahresentwicklung der Verkehrsstärken entnommen werden kann.

Das Ergebnis ist in der Abbildung 4.6 dargestellt und zeigt den Trendverlauf der Rußkonzentration des Gesamtkohlenstoffs TC, der aus der Summe des elementaren und organisch gebundenen Kohlenstoffs (EC und OC) berechnet ist. TC ist vom Einfluss der jährlich schwankenden Verkehrsstärken bereinigt und gibt so die Wirkung der Umweltzone realistischer wieder. Die Abbildung 4.6 zeigt zwei Trendkurven, als Mittel über 10 bzw. 12 Messpunkte innerhalb und außerhalb der Umweltzone dar. Die Trendkurven wurden auf den Wert des Jahres 2007 normiert, so dass die prozentuale Abnahme nach Einführung der Umweltzone unmittelbar abgelesen werden kann. Mit der Einführung der Stufe 1 im Jahr 2008 sank der lokale Verkehrsbeitrag von Ruß im Mittel über die Messpunkte innerhalb der Umweltzone von 5,4 auf 4,0 Mikrogramm pro Kubikmeter (µg/m<sup>3</sup>), ein Rückgang um 25 %. Außerhalb der Umweltzone betrug der Rückgang im Mittel 21 %, allerdings auf einem etwas niedrigeren Belastungsniveau. Für das Jahr 2010 ergab sich mit der Stufe 2 der Umweltzone ein lokaler Verkehrsbeitrag von 2,6 Mikrogramm pro Kubikmeter (µg/m<sup>3</sup>), d.h. ein Rückgang gegenüber 2007 um 52 % und gegenüber dem Jahr 2009 (Stufe 1 der Umweltzone) um 33 %.



**Abbildung 4.6: Entwicklung des lokalen Verkehrsbeitrags kohlenstoffhaltiger Partikel (Ruß) von 2005 bis 2010 innerhalb und außerhalb der Umweltzone (Messwerte wurden entsprechend der Änderungen des Verkehrsaufkommens gewichtet)**

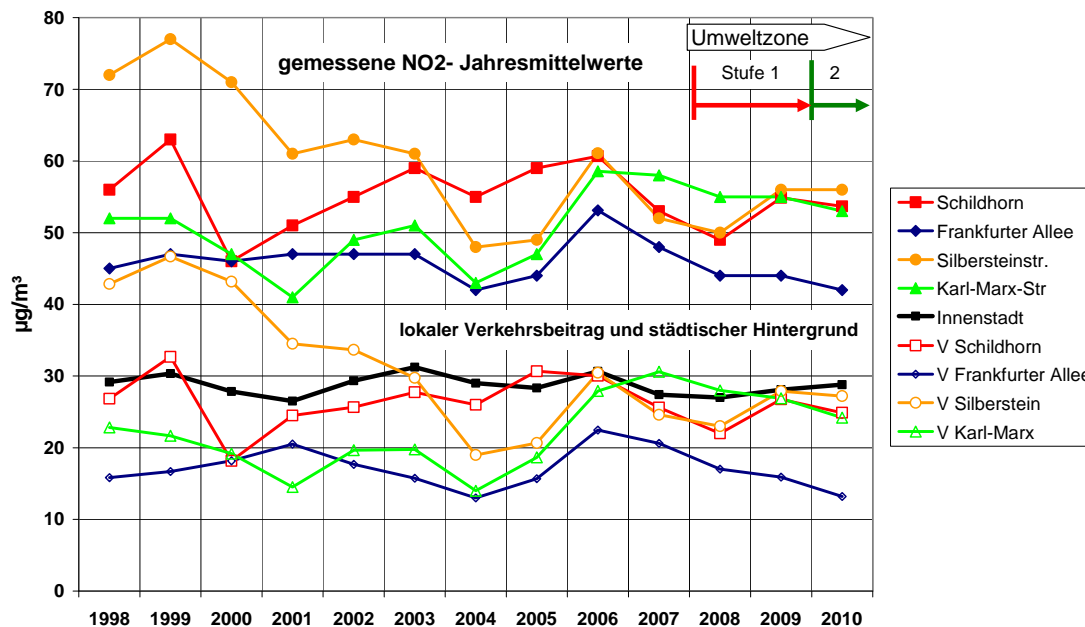
Dieser Rückgang ist jedoch noch immer wetterabhängig. Um diese Anhängigkeit zumindest qualitativ zu illustrieren, wird in Abbildung 4.6 zusätzlich der Anteil windschwacher Wetterlagen mit Windgeschwindigkeiten unter 2,4 m/s auf das Jahr 2007 normiert, dargestellt. Da bei geringen Windgeschwindigkeiten Abgase langsamer verdünnt werden, ist bei einem höheren Anteil dieser Wetterlagen, d.h. Werte über 100 %, bei gleichem Schadstoffausstoß eine höhere Zusatzbelastung als 2007 zu erwarten. Besonders in den Jahren 2009 und noch ausgeprägter im Jahr 2010 traten diese ungünstigen Bedingungen sehr viel häufiger auf. Der im Jahr 2010 gegenüber 2009 beobachtete Rückgang von mehr als 30 % der Rußpartikel muss somit auf der Schadstoffminderung durch die Umweltzone Stufe 2 beruhen. Auch der Rückgang der Rußkonzentration mit Einführung der Stufe 1 im Jahr 2008 gegenüber dem Jahr 2007 dürfte auf einem Rückgang des Schadstoffausstoßes zurückzuführen sein, da sich aus den Windverhältnissen keine besseren, sondern geringfügig schlechtere Ausbreitungsbedingungen ableiten lassen. Zwischen 2008 und 2009 konnte kein Rückgang des Verkehrsbeitrags erreicht werden, da hier der eher kleine Rückgang der Rußpartikelemission um 14 % durch die stärkere Verschlechterung der Ausbreitungsbedingungen kompensiert wurde.

### 4.3 Wirkung der Umweltzone auf die Belastung mit Stickstoffdioxid

Neben den Grenzwertüberschreitungen durch Feinstaub PM10 treten in Berlin auch hohe Belastungen durch Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) auf. Die langjährige Entwicklung der Stickstoffdioxid-Konzentrationen an ausgewählten Verkehrsmessstationen sowie im städtischen Hintergrund ist in Abbildung 4.7 dargestellt. Gezeigt wird auch der lokale Verkehrsbeitrag für Stickstoffdioxid an den Verkehrsstationen, als Differenz zur städtischen Hintergrundbelastung.

Die Belastung mit NO<sub>2</sub> weist von Jahr zu Jahr erhebliche Schwankungen auf, die im Wesentlichen durch die jeweiligen meteorologischen Ausbreitungsbedingungen erklärt werden können. Ein Trend bezüglich eines Rückgangs der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen ist für die letzten Jahre kaum erkennbar. Nur an der Station Silbersteinstraße sank die Belastung zwischen 1998 und 2004 signifikant. Der Grenzwert für das Jahresmittel von 40 Mikrogramm pro Kubikmeter (µg/m<sup>3</sup>) wird an allen Verkehrsstationen überschritten.

Die zu erwartende Abnahme der Stickoxidemissionen der letzten 10 Jahre durch die Verbesserung der Abgastechnik der Fahrzeuge, hat nicht im gleichen Maß zu einem Rückgang der Stickstoffdioxidbelastung geführt. Die offensichtliche Diskrepanz zwischen der Entwicklung der lufthygienisch relevanten NO<sub>2</sub>-Belastung und den NO<sub>x</sub>-Emissionen des Straßenverkehrs ist kein auf Berlin beschränktes Phänomen, sondern wird in vielen europäischen Ballungsräumen beobachtet. Sie beruht zum einen auf einem gestiegenen Anteil von Dieselfahrzeugen und der Verschiebung des NO/NO<sub>2</sub>-Anteils in Richtung NO<sub>2</sub> durch Einführung des Oxidationskatalysators bei Dieselfahrzeugen.



**Abbildung 4.7: Entwicklung der Stickstoffdioxidkonzentrationen zwischen 1998 und 2010 an verkehrsnahen Messstationen und als Mittelwert über drei städtischen Hintergrundstationen sowie Entwicklung des lokalen Zusatzbeitrags des Verkehrs als Differenz zwischen Verkehrsstation und Mittel des städtischen Hintergrundes**

Wie Abbildung 4.7 auch zeigt, trägt der lokale Verkehrsbeitrag anders als beim Feinstaub PM<sub>10</sub> in gleicher Größenordnung wie die städtische Hintergrundbelastung zu den an den Verkehrsstationen gemessenen NO<sub>2</sub>-Konzentrationen bei. Die zwischen 2006 und 2007 beobachteten Abnahmen sind im Wesentlichen meteorologisch bedingt, da 2007 ein Jahr mit besonders guten Ausbreitungsbedingungen aufgrund hoher Windgeschwindigkeiten war. Der zwischen 2007 und 2008 erkennbare Rückgang sowohl der gemessenen NO<sub>2</sub>-Konzentrationen als auch des jeweiligen Verkehrsbeitrages kann der Umweltzone zugeschrieben werden, da in 2008 ungünstigere Ausbreitungsbedingungen als in 2007 auftraten, (siehe Abbildung 4.6 zur Rußbelastung). In 2009 verhielten sich die Verkehrsstationen und auch die Verkehrsbeiträge unterschiedlich: An der Frankfurter Allee und an der Karl-Marx-Straße sanken sie weiter, an den Stationen Schildhornstraße und Silbersteinstraße stiegen sie wieder an. Zu erwarten gewesen wäre ein Anstieg an allen Stationen, da durch die Umweltzone im Jahr 2009 gegenüber 2008 nur ein geringfügiger Rückgang des Stickoxid-Ausstoßes erreicht wurde, andererseits aber an allen Stationen die Verkehrsmengen anstiegen (s. Tabelle 3.2) und der Anteil der windschwachen Wetterlagen im Vergleich zu 2008 um etwa 25 % höher war.

Tabelle 4.3 zeigt die Konzentration der Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid aller Stationen für die Jahre 2006 bis 2010. Die Überschreitung der Grenzwerte ist durch Fettdruck hervorgehoben. Der Grenzwert von 40 Mikrogramm pro Kubikmeter (µg/m<sup>3</sup>) für das Jahresmittel wird an allen Verkehrsstationen überschritten. An den Stationen des städtischen Hintergrundes und am Stadtrand wird der Grenzwert dagegen weit unterschritten. Überschreitungen des Grenzwertes für den Kurzzeitwert (1h-Wert über 200 Mikrogramm pro Kubikmeter (µg/m<sup>3</sup>) mehr als 18 mal überschritten) traten in Berlin nicht auf.

Tabelle 4.3: Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid in Berlin 2006-2010

Lage	Station	Standort	NO <sub>2</sub> Jahresmittelwert in [Mikrogramm pro Kubikmeter (µg/m <sup>3</sup> ) ]				
			Nr.	2006	2007	2008	2009
Stadtrand	027	Marienfelde	15,9	15,6	15,1	16,1	17,4
	032	Grunewald	16,8	13,8	14,3	14,6	15,4
	077	Buch	18,6	15,2	14,8	14,2	14,1
	085	Friedrichshagen	16,9	14,1	13,8	12,9	13,0
	145	Frohnau	16,2	13,1	12,2	13,4	13,0
Innenstadt	010	Wedding	29,3	26,2	27,0	28,4	28,1
	018	Schöneberg	31,6	27,4	26,8	28,3	29,9
	042	Neukölln	31,4	28,5	27,2	27,6	28,4
	171	Mitte	29,6	26,7	21,4	27,7	28,0
	282	Karlshorst	24,6	22,0	26,7	20,9	22,0
Straße	115	Hardenbergplatz	<b>69,5</b>	<b>60,3</b>	<b>59,1</b>	<b>62,5</b>	<b>62,5</b>
	117	Schildhornstr.	<b>60,7</b>	<b>53,1</b>	<b>49,3</b>	<b>54,9</b>	<b>53,7</b>
	143	Silbersteinstr.	<b>61,1</b>	<b>51,8</b>	<b>49,8</b>	<b>55,7</b>	<b>55,6</b>
	174	Frankfurter Allee	<b>53,1</b>	<b>47,7</b>	<b>43,6</b>	<b>43,7</b>	<b>42,2</b>
	220	Karl-Marx-Str.	<b>58,6</b>	<b>57,7</b>	<b>54,8</b>	<b>54,7</b>	<b>53,2</b>

Im Jahr 2010 sank die NO<sub>2</sub>-Belastung an allen Verkehrsstationen um bis zu 1,5 Mikrogramm pro Kubikmeter (µg/m<sup>3</sup>), während die NO<sub>2</sub>-Konzentrationen am Stadtrand und im städtischen Hintergrund um bis zu 1,6 Mikrogramm pro Kubikmeter (µg/m<sup>3</sup>) stiegen. Die höchsten Belastungen werden in allen Jahren an der Station Hardenbergplatz gemessen. Diese Station liegt direkt an der Ausfahrt der zentralen Busstation auf dem Hardenbergplatz, so dass sich hier die Stickoxidemissionen der zahlreichen, dort verkehrenden Busse direkt auswirken.

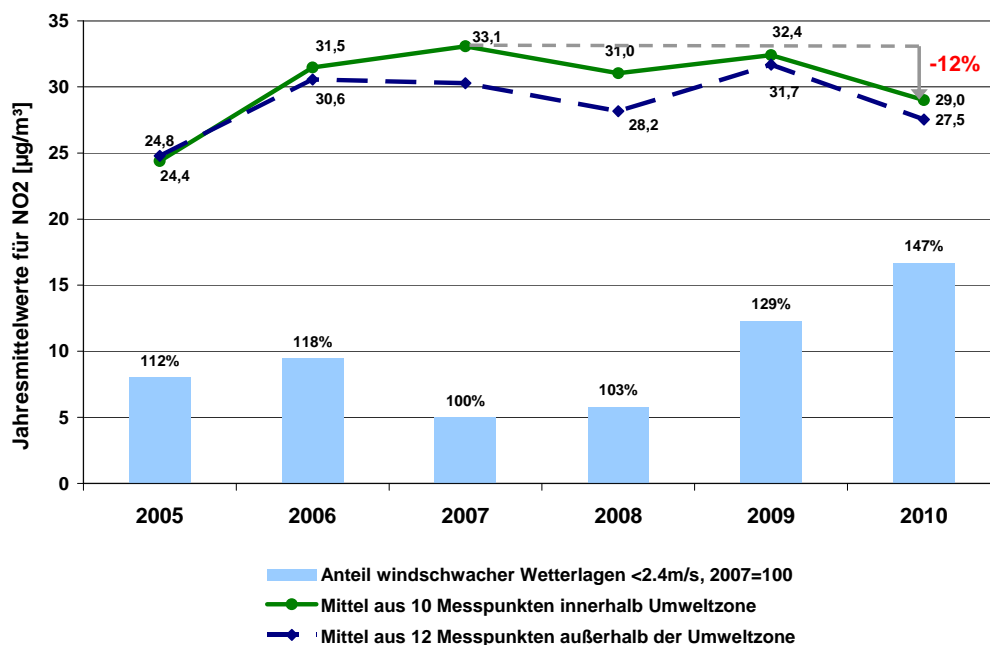
Die Verkehrsbeiträge waren im Jahr 2010 bis zu 2,7 Mikrogramm pro Kubikmeter (µg/m<sup>3</sup>) niedriger als 2009 – trotz des gestiegenen Anteils windschwacher Wetterlagen, die gegenüber 2009 18 % häufiger auftraten. Dies entspricht einem Rückgang der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen um bis zu 5 %.

Die im Vorfeld der Einführung der zweiten Stufe der Umweltzone geäußerte Befürchtung, dass der vermehrte Einsatz von Partikelfiltern zu einer Erhöhung der NO<sub>2</sub>-Emissionen

im Abgas der Fahrzeuge führt und somit zu einer Erhöhung der NO<sub>2</sub>-Immissionskonzentration ,hat sich nicht bestätigt.

Um die Stickstoffdioxid-Belastung für eine größere Zahl Straßen beurteilen zu können, wurde parallel zu den Ruß - Messungen an 22 Messpunkten von verkehrsreichen Straßen mit Passivsammlern NO<sub>2</sub> gemessen. Diese Daten wurden zur Beurteilung der Umweltzone ebenfalls herangezogen. Wie bei der Auswertung der Rußmessungen wurde der lokale Verkehrsbeitrag gebildet, als Differenz zur städtischen Hintergrundmessstation in der Nansenstraße, an der neben dem Referenzmessverfahren ebenfalls ein Passivsammler betrieben wird. Der berechnete Verkehrsbeitrag wurde auch wieder entsprechend der Entwicklung der Verkehrsmengen in Berlin gewichtet.

Abbildung 4.8 zeigt im Ergebnis, dass der lokale NO<sub>2</sub>-Verkehrsbeitrag im Jahr 2010 mit der Stufe 2 unter Berücksichtigung der reduzierten Verkehrsmengen im Mittel gegenüber 2007 um 12 % gesunken ist. Damit wirkt sich ein großer Teil der erreichten Minderung des NO<sub>x</sub>-Ausstoß um 20 % auch auf die Luftbelastung aus. Bei dieser Bewertung wurde nicht berücksichtigt, dass die Ausbreitungsbedingungen im Jahr 2010 schlechter waren als in 2009, so dass bei gleichen meteorologischen Bedingungen ein noch höherer Rückgang des NO<sub>2</sub>-Verkehrsbeitrags möglich gewesen wäre.



**Abbildung 4.8: Entwicklung des lokalen Verkehrsbeitrags für Stickstoffdioxid von 2005 bis 2010 innerhalb und außerhalb der Umweltzone, gemessen mit Passivsammlern (Messwerte wurden entsprechend der Änderungen des Verkehrsaufkommens gewichtet)**

#### 4.4 Der gesundheitliche Nutzen der Umweltzone

In epidemiologischen Langzeitstudien des Helmholtz Zentrums München wurde in Nordrhein-Westfalen über 18 Jahre das Sterblichkeitsrisiko von fast 5000 Frauen in Abhängigkeit von den Belastungen durch Feinstaub/Stickstoffdioxid an ihren jeweiligen Wohnorten untersucht [7]. Die Analyse zeigte deutliche Zusammenhänge zwischen Verkehrsbelastung und verkehrsabhängigen Schadstoffen einerseits und der Sterblichkeit an Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Atemwegserkrankungen und Lungenkrebs andererseits. Hierdurch bestätigte sich einmal mehr der erhebliche Einfluss hoher Partikelbelastungen auf die Gesundheit der Anwohner. Bei Frauen, die näher als 50 Meter an einer Hauptverkehrsstraße lebten, erhöhte sich die allgemeine Sterblichkeit um fast 40 %, das Risiko, an einer Herz-Kreislauf- oder Atemwegserkrankung zu erkranken um fast 40 %.

kung zu versterben, stieg sogar um fast 80 %. Hierfür ist vor allem Dieselruß verantwortlich [10]. Der Autor der Studie, Prof. Dr. H. E. Wichmann folgert daraus [8], „dass die Reduktion von PM10 um 6-12% in Umweltzonen durchaus sehr relevant ist: Tatsächlich sind nur ca. 20% des Feinstaubes hochtoxischer Ruß, während ca. 80% wenig toxische Anteile wie aufgewirbelten Staub, Reifenabrieb, biologische Materialien, Staub aus dem Ferntransport etc. ausmachen“. Aus der in Berlin erreichten Reduzierung der Rußpartikel wurde von Prof. Wichmann der gesundheitliche Nutzen der Umweltzone wie folgt bewertet: „In der Berliner Umweltzone, in der eine Million Menschen leben, werden dadurch pro Jahr rechnerisch 144 Dieselruß bedingte Todesfälle vermieden.“ [8]

## Fazit:

Der positive Effekt der 2. Stufe der Umweltzone ist auch in den Messungen der Luftqualität wiederzufinden.

Ohne die Umweltzone wäre die Konzentration an Feinstaub (PM10) im Jahr 2010 an Straßenstationen ca. 2 Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) oder etwa 7 % höher, wenn man ein unverändertes Verkehrsaufkommen und konstante meteorologische Rahmenbedingungen für die Schadstoffausbreitung wie im Jahre 2007 vor der Einführung der Umweltzone zugrunde legt. Es wären etwa 10 zusätzliche Tage mit Überschreitungen des 24h-Grenzwertes für Feinstaub (PM10) aufgetreten, wenn die Umweltzone nicht eingeführt worden wäre.

Die im Jahr 2010 sich massiv verschlechternden meteorologischer Bedingungen für die Schadstoffausbreitung verbunden mit vermehrtem Ferntransport von Feinstaub aus Gebieten außerhalb der Region hat zu einem unvermeidlichen großräumigen Anstieg der Feinstaubwerte geführt. Infolge der Umweltzone fiel diese Zunahme an verkehrsreichen Straßen in der Innenstadt deutlich geringer aus als am Stadtrand. Im Vergleich zum Jahr 2006 mit ähnlich ungünstigen Wetterbedingung ging an Tagen mit Überschreitungen des 24h-Feinstaubgrenzwertes der verkehrsbezogene Anteil der Feinstaubbelastung um 40-60% zurück.

Auch die Konzentration von Stickstoffdioxid an Hauptverkehrsstraßen ging trotz der ungünstigen Wetterbedingungen in 2010 um etwa 5 % oder um bis zu etwa 2 Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) zurück. Der lokale Verkehrsbeitrag zur NO<sub>2</sub>-Belastung sank bei Annahme eines konstanten Verkehrsaufkommens sogar um 12%, gemittelt über 10 verkehrsnahen Messpunkte in der Umweltzone. Die Befürchtung, durch die infolge der Umweltzone vielfach ausgelöste Nachrüstung mit Partikelfiltern könne der direkte Ausstoß von NO<sub>2</sub> deutlich steigen und die NO<sub>2</sub> Belastung deshalb zunehmen hat sich also nicht bestätigt.

Am deutlichsten fiel die Konzentration der besonders gesundheitsschädlichen Rußpartikel. Im Vergleich zu 2007 vor Einführung der Umweltzone hat sich der Verkehrsbeitrag zur Rußbelastung an Hauptstraßen in 2010 mehr als halbiert. Am stärksten mit 33% war der Rückgang im Vergleich zu 2009, was auf die durch die 2. Stufe der Umweltzone hervorgerufene vermehrte Nachrüstung der Dieselfahrzeuge mit Partikelfilter zurückgeführt werden kann. Mit der Einführung der Umweltzone wurde insbesondere der besonders toxische Anteil an der Feinstaubkonzentration bekämpft, so dass dem durch die Umweltzone verursachten Rückgang der Feinstaubwerte ein beträchtlicher gesundheitlicher Nutzen zugewiesen werden kann.

## Literatur

- [1] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (Hrsg.): Luftreinhalteplan und Aktionsplan für Berlin 2005-2010. Berlin, August 2005. unter:  
<http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/dokumentation.shtml>
- [2] Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.): Anpassung des Aktionsplans Berlin. Berlin März 2007. unter:  
<http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/dokumentation.shtml>
- [3] 35. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung – 35. BImSchV) vom 10. Oktober 2006 (BGBl I S.2218), geändert durch die Verordnung vom 5. Dezember 2007 (BGBl. I S. 2793)
- [4] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung: Allgemeinverfügung vom 10. September 2009. Berliner ABl. Nr. 45, S. 2315
- [5] Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.): ein Jahr Umweltzone Berlin: Wirkungsuntersuchungen. Berlin Mai 2009. unter:  
[http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/doku\\_umweltzone.shtml](http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/doku_umweltzone.shtml)
- [6] Pesch, M., Frenzel, W., Kanitz, T.: Ursachenanalyse von PM<sub>2,5</sub> Feinstaub-Immissionen in Berlin. Abschlussbericht. im Auftrag der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, Berlin 2008
- [7] Wichmann, HE, Thiering, E., Heinrich, J.: Feinstaubkohortenstudie Frauen in NRW Langfristige gesundheitliche Wirkungen von Feinstaub Folgeuntersuchungen bis 2008. LANUV Fachbericht 31. Hrsg: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW), Düsseldorf 2011 unter: <http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/fachberichte/fabe31/fabe31.pdf>
- [8] Deutsche Umwelthilfe: Umweltzonen retten Menschenleben. Pressemitteilung vom 7. April 2011
- [9] Klimatologische Mittelwerte von Berlin-Dahlem. Beiträge zur Berliner Wetterkarte, ISSN 0177-3984
- [10] Wichmann HE (2008): Umweltmedizin in Forschung und Praxis, Schützen Umweltzonen unsere Gesundheit oder sind sie unwirksam? Umweltmed Forsch Prax 13, 7-10

# Anhang

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Wirkungsschema der Umweltzone, mögliche externe Einflussfaktoren und Untersuchungsansätze	7
Abbildung 2.2: Standorte der Kennzeichenerfassung zur Bestimmung der aktiven Flottenzusammensetzung	8
Abbildung 2.3: Lage der ausgewählten Verkehrszählstellen für die Bewertung der Verkehrsmengen 2002-2008	9
Abbildung 2.4: Standorte der Luftgüte-Messstellen in Berlin, Stand 2010	10
Abbildung 2.5: Schematische Darstellung der Herkunft und Verteilung der Feinstaubbelastung im Großraum Berlin	11
Abbildung 3.1: Entwicklung des Anteils von Fahrzeugen mit grüner Plakette im Berliner Fahrzeugbestand	13
Abbildung 3.2: Entwicklung der Zahl mit Partikelfilter nachgerüsteter Fahrzeuge im Berliner Fahrzeugbestand	13
Abbildung 3.3: Anteile der Plakettenfarben an den Fahrzeugflotten innerhalb und außerhalb der Umweltzone gemäß der Auswertung von Kennzeichen an drei Straßen innerhalb und vier Straßen außerhalb der Umweltzone	15
Abbildung 3.4: Entwicklung der aktiven Fahrzeugflotte in Berlin seit 2007 hinsichtlich der Anteile der Schadstoffgruppen der 35. BImSchV, ermittelt aus Kennzeichenerhebungen	16
Abbildung 3.5: Veränderung der Emissionen von Rußpartikeln (Diesel + Otto) in Berlin nach HBEFa 3.1 aufgrund der Umweltzone (Flottenzusammensetzung an der Frankfurter Allee; gleiche Verkehrsleistungen; ohne Kaltstartemissionen)	17
Abbildung 3.6: Verteilung der Dieselußemissionen der Fahrzeugflotte im Jahr 2010 (Stufe 2 der Umweltzone) nach Fahrzeugen mit grüner oder ohne grüne Plakette sowie Verteilung der Emissionen der Fahrzeuge, die die Kriterien der Umweltzone nicht einhalten, auf die Schadstoffgruppen 1 (ohne Plakette), 2 (rote Plakette) und 3 (gelbe Plakette)	18
Abbildung 3.7: Veränderung der Emissionen von Stickoxiden (ohne Kaltstartbeiträge) in Berlin nach HBEFa 3.1 aufgrund der Umweltzone (Flottenzusammensetzung an der Frankfurter Allee; gleiche Verkehrsleistungen; ohne Kaltstartemissionen)	19
Abbildung 3.8: Verteilung der Stickoxidemissionen der Fahrzeugflotte im Jahr 2010 (Stufe 2 der Umweltzone) nach Fahrzeugen mit grüner oder ohne grüne Plakette sowie Verteilung der Emissionen der Fahrzeuge, die die Kriterien der Umweltzone nicht einhalten, auf die Schadstoffgruppen 1 (ohne Plakette), 2 (rote Plakette) und 3 (gelbe Plakette)	19
Abbildung 3.9: Entwicklung der Verkehrsmengen als Mittelwert über automatische Zählstellen innerhalb und außerhalb der Umweltzone in den Jahren 2002 und 2010	20
Abbildung 4.1: Vergleich meteorologischer Parameter für die Jahre 2005-2010 [9], die einen Einfluss auf Emission, Transport und Verdünnung von Luftschadstoffen haben	23
Abbildung 4.2: Schätzung der Wirkung der Umweltzone auf die PM <sub>2.5</sub> -Belastung anhand der Veränderung des Verursacheranteils der Auspuffemissionen	24
Abbildung 4.3: Entwicklung der Feinstaubkonzentrationen zwischen 1998 und 2010 an verkehrsnahen Messstationen und als Mittelwert über drei städtische Hintergrundstationen sowie Entwicklung des lokalen Zusatzbeitrags des Verkehrs als Differenz zwischen Verkehrsstation und Mittel des städtischen Hintergrundes	25

<b>Abbildung 4.6: Entwicklung des lokalen Verkehrsbeitrags kohlenstoffhaltiger Partikel (Ruß) von 2005 bis 2010 innerhalb und außerhalb der Umweltzone (Messwerte wurden entsprechend der Änderungen des Verkehrsaufkommens gewichtet)</b>	<b>31</b>
<b>Abbildung 4.7: Entwicklung der Stickstoffdioxidkonzentrationen zwischen 1998 und 2010 an verkehrsnahen Messstationen und als Mittelwert über drei städtischen Hintergrundstationen sowie Entwicklung des lokalen Zusatzbeitrags des Verkehrs als Differenz zwischen Verkehrsstation und Mittel des städtischen Hintergrundes</b>	<b>32</b>
<b>Abbildung 4.8: Entwicklung des lokalen Verkehrsbeitrags für Stickstoffdioxid von 2005 bis 2010 innerhalb und außerhalb der Umweltzone, gemessen mit Passivsammlern (Messwerte wurden entsprechend der Änderungen des Verkehrsaufkommens gewichtet)</b>	<b>34</b>

## **Tabellenverzeichnis**

<b>Tabelle 3.1: Entwicklung der Zulassungszahlen von Fahrzeugen mit roter oder gelber Plakette von 2009 bis 2011</b>	<b>14</b>
<b>Tabelle 3.2: Entwicklung der Verkehrsmengen an den Luftmessstationen von 2007 bis 2010 in Anzahl der Fahrzeuge pro Tag</b>	<b>21</b>
<b>Tabelle 4.1: Jahresmittelwerte für Feinstaub an Berliner Messstationen 2006 - 2010</b>	<b>26</b>
<b>Tabelle 4.2: Anzahl der Überschreitung des Tagesgrenzwertes für PM10 in Berlin</b>	<b>27</b>
<b>Tabelle 4.3: Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid in Berlin 2006-2010</b>	<b>33</b>