



Publikationen des  
Umweltbundesamtes

Verkehrliche  
Maßnahmen zur  
Reduzierung von  
Feinstaub -  
Möglichkeiten und  
Minderungspotenziale

Studie im Auftrag des  
Umweltbundesamtes

Juli 2006

**V. Diegmann**  
**F. Pfäfflin**  
**Dr. G. Wiegand**  
**H. Wursthorn**  
**F. Dünnebeil**  
**H. Helms**  
**U. Lambrecht**

**Umwelt  
Bundes  
Amt**   
Für Mensch und Umwelt

# Verkehrliche Maßnahmen zur Reduzierung von Feinstaub

-

## Möglichkeiten und Minderungspotenziale

von

V. Diegmann, F. Pfäfflin,  
Dr. G. Wiegand, H. Wursthorn  
IVU Umwelt GmbH, Freiburg  
[www.ivu-umwelt.de](http://www.ivu-umwelt.de)



F. Dünnebeil, H. Helms, U. Lambrecht  
IFEU Heidelberg  
[www.ifeu.de](http://www.ifeu.de)



für das

Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau

Juli 2006

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Entwicklung der Emissionen des Straßenverkehrs</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Bestimmung von Minderungspotenzialen</b>	<b>6</b>
3.1	Umweltzonen (Gebietsbezogene Nutzervorteile)	7
3.2	Durchfahrtsverbote für LKW	8
3.3	Nachrüstung mit Partikelfiltern	9
3.4	Erdgasfahrzeuge und synthetische Kraftstoffe	10
3.5	Reduktion der Aufwirbelungsemissionen	11
3.6	Verkehrsvermeidung und -verlagerung	12
<b>4</b>	<b>Kombination von Maßnahmen</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Übersicht der Maßnahmen</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerungen</b>	<b>15</b>
<b>7</b>	<b>Glossar</b>	<b>16</b>

Dieser Bericht ist Teil des Projektes des Umweltbundesamtes „Maßnahmen zur Reduzierung von Feinstaub und Stickstoffdioxid“ (FKZ 204 42 222) und stellt eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse zu Möglichkeiten und Minderungspotenzialen von Maßnahmen zur Reduzierung von Feinstaub dar. Detailergebnisse sind in dem ausführlichen Forschungsbericht dargestellt.

## 1 Einführung

Umfangreiche Untersuchungen zeigen die negative Wirkung der Luftbelastung mit Feinstaub (PM<sub>10</sub>) auf die Gesundheit des Menschen. Zum Schutz der Gesundheit hat die EU deshalb Grenzwerte erlassen, die in der 22. BImSchV in deutsches Recht umgesetzt wurden.

Diese ab dem Jahr 2005 gültigen Grenzwerte für PM<sub>10</sub> werden heute trotz einer deutlichen Verringerung der Partikelemissionen sowie deren Vorläufersubstanzen in den letzten Jahrzehnten an vielen Orten in Deutschland überschritten. Zur notwendigen Verbesserung der Luftqualität sind somit weitere Maßnahmen zur Reduzierung dieser Emissionen erforderlich.

Emissionen aus verschiedenen Sektoren wie z. B. Haushalt, Verkehr, Industrie und Gewerbe tragen zur Feinstaubbelastung bei. Neben lokalen Quellen führen auch regionale und überregionale Schadstofftransporte zu dieser Belastung. Je nach Emittentenstruktur sind die Verursacheranteile zwischen den Regionen und auch innerhalb einer Stadt sehr unterschiedlich. Die höchsten gemessenen Konzentrationen treten in der Nähe von verkehrsreichen Straßen auf. Daher liegt der Fokus der Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität sowohl in Deutschland als auch in den anderen europäischen Ländern auf dem Straßenverkehr.

Die Emittenten innerhalb eines von der Maßnahmenplanung betroffenen Gebietes tragen in Deutschland zwischen 30 % und 70 % zur PM<sub>10</sub>-Belastung an Überschreitungsstellen bei. Der Anteil des Verkehrs an den Belastungen liegt zwischen 25 % und 50 %. Dieser Verkehrsbeitrag setzt sich aus Abgasemissionen sowie Aufwirbelungs- und Abriebemissionen zusammen, deren Anteile stark variieren. Neben der Emittentenstruktur spielt bei der Anteilsbestimmung auch die Abgrenzung des für die Maßnahmen vorgesehenen Gebietes (z. B. Straßenzug, Kernstadt, Großraum) eine Rolle.

In den aktuellen Luftreinhalte- und Aktionsplänen werden zahlreichen Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität aufgeführt. Eine Quantifizierung der Effekte dieser Maßnahmen fehlt dagegen oft. Für die Bewertung der Maßnahmen in Hinblick auf ihre Wirkung ist eine solche Quantifizierung bedeutend. Deshalb wurde in dem Projekt „Maßnahmen zur Reduzierung von Feinstaub und Stickstoffdioxid“ des Umweltbundesamtes eine solche Quantifizierung für ausgewählte Maßnahmen vorgenommen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf einer Minderung der Dieselpartikel-Abgasemissionen des Straßenverkehrs. Andere primäre Partikelemissionen oder die Emissionen von Vorläufersubstanzen der Partikel sind nicht Bestandteil dieses Berichts.

Maßnahmen zur Reduzierung der Feinstaubbelastung sind notwendig.

Die Maßnahmen müssen bei allen Emittenten ansetzen - der Fokus liegt beim Straßenverkehr.

Der Anteil des Verkehrs an den Luftbelastungen unterscheidet sich zwischen verschiedenen Orten.

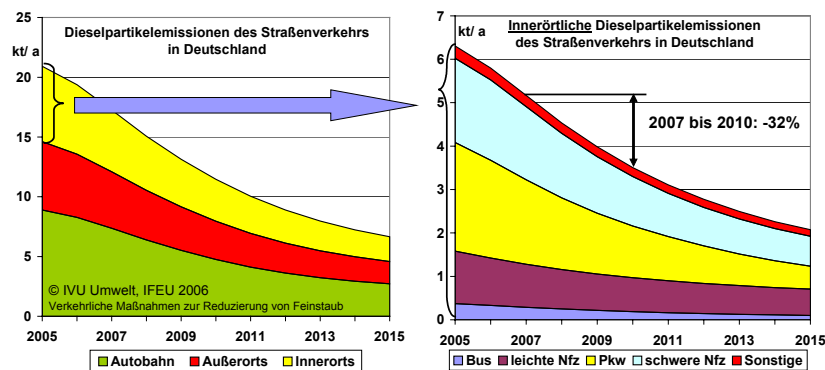
Über die konkrete Wirkung von Maßnahmen wird in vielen Luftreinhalte- und Aktionsplänen wenig ausgesagt.

## 2 Entwicklung der Emissionen des Straßenverkehrs

Die Abgasemissionen des Straßenverkehrs werden vor allem durch die technische Ausrüstung bzw. die Grenzwertstufe (sog. Euro-Stufe) der Fahrzeuge bestimmt. Dieselfahrzeuge dominieren die Menge der Partikel-Abgasemissionen des Straßenverkehrs. Partikelemissionen von Benzinfahrzeugen sind bisher deutlich geringer als bei Dieselfahrzeugen.

Durch die Verschärfung der EU-Abgasgrenzwerte sind die Dieselpartikelemissionen des Straßenverkehrs in Deutschland in den letzten Jahren, trotz einer Zunahme der Fahrleistung, deutlich zurückgegangen. Auch in den nächsten Jahren werden die Emissionen weiter zurückgehen. So wird allein für den Zeitraum 2007 bis 2010 ein Rückgang der gesamten innerörtlichen Dieselpartikel-Abgasemissionen um 32 % erwartet (Abb. 1).

Die Partikelemissionen des Straßenverkehrs sind durch die Einführung von strengeren Grenzwerten deutlich gesunken.

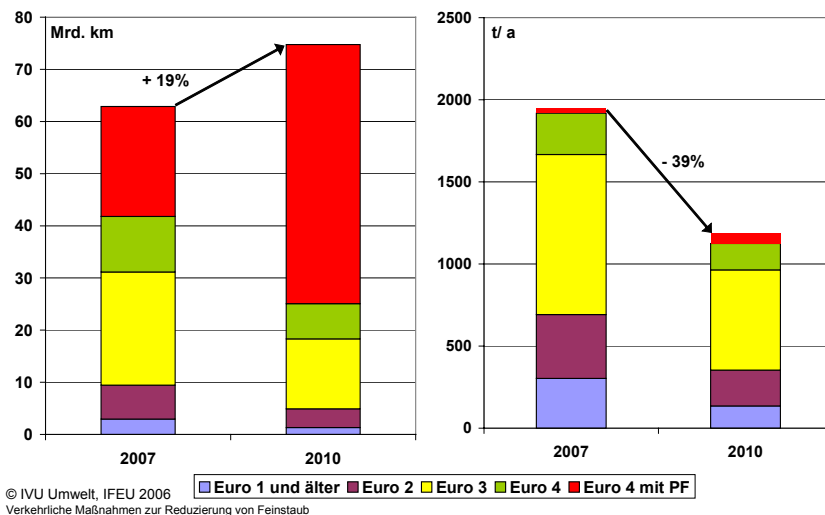


Für die innerörtlichen Dieselpartikel-Emissionen wird zwischen 2007 und 2010 ein Rückgang um 32 % erwartet.

**Abb. 1: Entwicklung der Dieselpartikel-Emissionen in Deutschland**

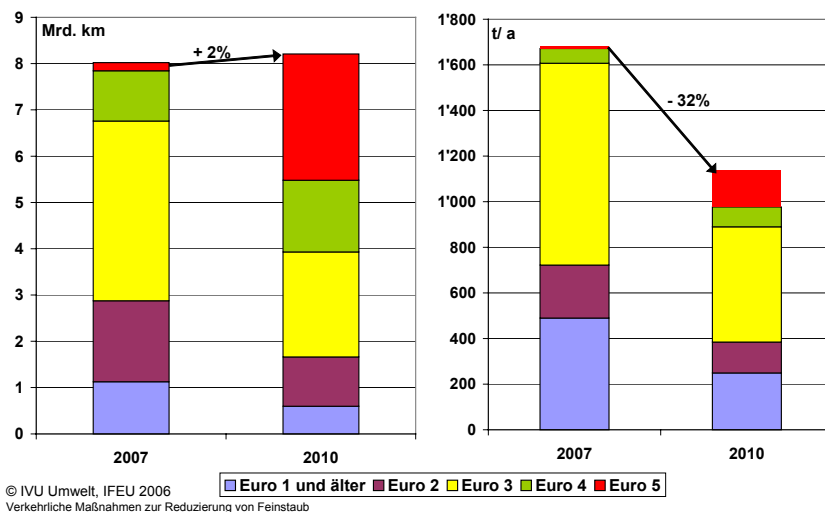
Die Diesel-PKW tragen zu diesem Rückgang, trotz eines erheblichen Anstiegs der Fahrleistung um 19 %, überproportional bei (Abb. 2). Dies liegt u.a. daran, dass seit 2005 verstärkt PKW mit Partikelfiltern auf den Markt kommen. Da das Emissionsniveau dieser neuen Fahrzeuge sehr gering ist, werden die Emissionen von älteren Fahrzeugen, vor allem der Grenzwertstufe Euro-3, beherrscht, obwohl diese nur einen geringen Anteil an der Fahrleistung haben.

Ältere Fahrzeuge haben einen überproportionalen Anteil an den Partikelemissionen von PKW.



**Abb. 2: Innerörtliche Fahrleistungen und Partikel-Emissionen von Diesel-PKW**

Die Fahrleistung der schweren Nutzfahrzeuge (LKW) bleibt, im Gegensatz zum starken Anstieg bei den Diesel-PKW, zwischen 2007 und 2010 annähernd gleich (Abb. 3). Die Emissionen gehen im gleichen Zeitraum jedoch deutlich, um 32 %, zurück. Wie bei den Diesel-PKW werden die Emissionen der schweren Nutzfahrzeuge von Fahrzeugen der Grenzwertstufe Euro-3 dominiert.



**Abb. 3: Innerörtliche LKW-Fahrleistungen und Dieselpartikel-Emissionen**

Die Differenzierung der Fahrleistungen und Emissionen nach Euro-Stufen erlaubt eine detaillierte Berechnung der Maßnahmenwirkung und damit auch eine Beurteilung der Effizienz einer Maßnahme. Wegen der höheren spezifischen Emissionen und des hohen Anteils an den Emissionen sollten Minderungsmaßnahmen insbesondere bei älteren Fahrzeugen ansetzen.

Die innerörtlichen Emissionen der Diesel-PKW nehmen trotz der Zunahme der Fahrleistung ab.

Trotz etwa gleich bleibender Fahrleistung wird ein Rückgang der Innerortsemissionen von LKW erwartet.

Detaillierte Daten zu Fahrleistungen und Emissionen ermöglichen die Abschätzung der Wirksamkeit von Maßnahmen.



### 3 Bestimmung von Minderungspotenzialen

Für ausgewählte, in den Luftreinhalte- und Aktionsplänen genannte Maßnahmen, wurden die Emissionsminderungen sowie deren Auswirkung auf die Verbesserung der Luftqualität ermittelt. Dabei werden betrachtet:

- Umweltzonen
- Durchfahrtsverbote für LKW
- Nachrüstung von Diesel-Kfz mit Partikelfilter
- Erdgasfahrzeuge und synthetische Kraftstoffe
- Verminderung der Aufwirbelungsemissionen
- Verkehrsvermeidung und Verlagerung
- Nutzungsbeschränkungen bei Baumaschinen

Bei der Ermittlung der Wirkung einer konkreten Maßnahme sind ortsspezifische Gegebenheiten zu beachten. Insbesondere wegen der unterschiedlichen Anteile der verschiedenen Quellen an der Luftbelastung kann die gleiche Maßnahme an verschiedenen Orten zu unterschiedlichen Minderungen führen. Zur Ermittlung der Wirkung von Maßnahmen auf die Luftbelastung wurden Modellrechnungen für die Gebiete Berlin und Kassel verwendet. In Berlin werden dabei mittlere Verhältnisse wiedergegeben. Kassel stellt aufgrund seines niedrigen Verkehrsanteils eine untere Abschätzung der Wirkung verkehrlicher Maßnahmen dar.

Auch die Emittentenstruktur weist deutliche Unterschiede zwischen verschiedenen Orten auf. So unterscheiden sich beim Verkehr z. B. die Struktur des Kfz-Bestandes (Alter, Anteil der Diesel-PKW, Abgasminderungstechnologie), die Verkehrsstärke und der LKW-Anteil am Verkehr. Die Minderungspotenziale wurden für den durchschnittlichen Kfz-Bestand Deutschlands im Jahre 2007 und 2010 ermittelt.

Das Minderungspotenzial der Maßnahmen wird zunächst in Bezug auf den Jahresmittelwert berechnet. Zur Prüfung auf Einhaltung des Tagesgrenzwertkriteriums wurde der statistische Zusammenhang zwischen dem Jahresmittelwert und der Anzahl der Überschreitungen des Tagesgrenzwertes ermittelt:

- Demnach kann bei einem Jahresmittelwert von  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  der Grenzwert von 35 Überschreitungen im Jahr erreicht werden.
- Eine Minderung des Jahresmittelwerts im Bereich von  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  um  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  führt im Mittel zu einer Reduktion um 3 bis 4 Überschreitungstage.

Dieser funktionale Zusammenhang zwischen Jahresmittelwert und Überschreitungstagen kann allerdings nur angewendet werden, wenn die Verteilung der Überschreitungstage annähernd ähnlich bleibt und die Maßnahmen gleichmäßig über das ganze Jahr wirken.

Für die Wirkungsabschätzung wurden verschiedene Maßnahmen ausgewählt.

Die Wirkungen einzelner Maßnahmen wurden exemplarisch für zwei Gebiete in Deutschland ermittelt.

Die Emissionsminderungen der Maßnahmen wurden für den durchschnittlichen Kfz-Bestand der Jahre 2007 und 2010 ermittelt.

Die Wirkung der Maßnahmen wird bezüglich Jahresmittelwert und erwarteten Tagesgrenzwertüberschreitungen ermittelt.

### 3.1 Umweltzonen (Gebietsbezogene Nutzervorteile)

Intensiv werden in der Öffentlichkeit so genannte Umweltzonen diskutiert. Dabei wird der Zugang in ein von hoher Luftbelastung betroffenes Stadtgebiet nur bestimmten Fahrzeuggruppen gestattet. Somit kann der Zugang Fahrzeugen mit hohen Schadstoffemissionen untersagt werden. Dies kann sowohl zu einer Reduktion der Fahrleistungen als auch zu einer beschleunigten Erneuerung der Flotte führen. Bei ersatzlosem Wegfallen der Fahrleistungen können höhere Minderung erreicht werden, als wenn Fahrzeuge durch emissionsärmere Modelle ersetzt werden, deren Fahrleistung aber gleich bleibt (Umschichtungsszenario).

Durch eine Kennzeichnung von Fahrzeugen unterschiedlichen Emissionsverhaltens (Schadstoffgruppen) mit Plaketten können Umweltzonen sehr verschieden ausgestaltet werden. Dies führt auch zu unterschiedlichen Emissionsminderungen. Die mit Abstand höchste Emissionsminderungswirkung von bis zu 80 % bei Wegfall der Fahrleistung und 62 % bei Umschichtung wird 2007 erzielt, wenn auch die Schadstoffgruppe 3, also die Euro-3-Diesel-Kfz ausgesperrt werden (Abb. 4). Betroffen sind davon 24 % der PKW-Fahrleistung und 84 % der LKW-Fahrleistung. In anderer Ausgestaltung ist die Minderung deutlich geringer.

Umweltzonen führen zu einer von der konkreten Ausgestaltung stark abhängigen Minderung der Emissionen.

Bei ersatzloser Aussperung können die Emissionen um bis zu 80 % und bei Flottenumschichtung um bis zu 62 % gesenkt werden.

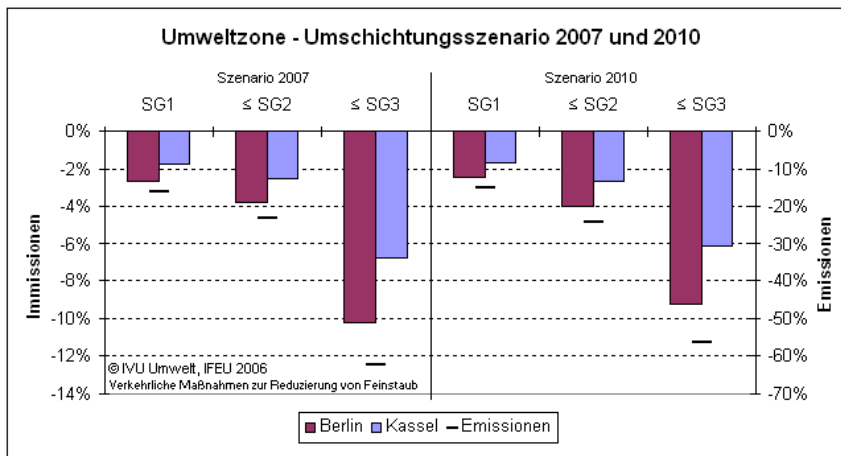


Abb. 4: Umweltzonen – Wirkung auf Emission und Immission

Im Umschichtungsszenario für 2007 liegen die Minderungen für den Jahresmittelwert von Feinstaub zwischen 2 % und 10 % (Abb. 4). Damit lassen sich 3 bis 20 Überschreitungstage verhindern (Tab. 1). 2010 ist die Wirkung erwartungsgemäß etwas geringer.

Der PM<sub>10</sub> Jahresmittelwert kann durch eine restriktive Umweltzone um bis zu 10 % gesenkt werden.

Durch die Maßnahme können bis zu 20 Überschreitungstage pro Jahr verhindert werden.

Tab. 1: Umweltzonen –Tagesüberschreitungen

	2007		2010	
	Berlin	Kassel	Berlin	Kassel
SG 1	- 5	- 3	- 5	- 3
≤ SG 2	- 8	- 5	- 8	- 5
≤ SG 3	- 20	- 12	- 18	- 11

Die Schadstoffgruppen (SG) umfassen Otto-Kfz ohne geregelten Katalysator sowie Diesel-Kfz der entsprechenden Euro-Stufe.



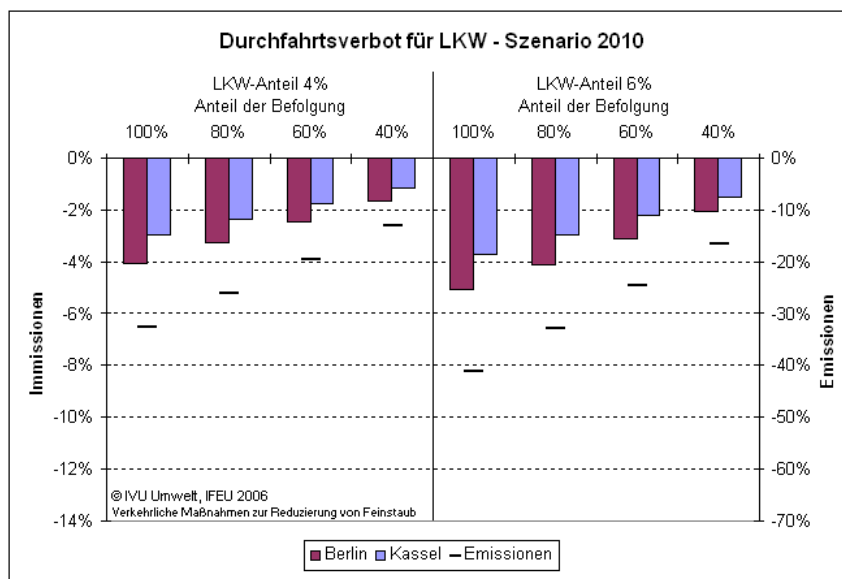
### 3.2 Durchfahrtsverbote für LKW

Durchfahrtsverbote für LKW wurden bereits in einigen hochbelasteten Straßen in Deutschland eingeführt (z. B. Düsseldorf). Die Minderungswirkung zeigt sich hier allerdings nur in der für die Durchfahrt gesperrten Straße. Durch Ausweichverkehre kann es in einem großräumigeren Gebiet insgesamt sogar zu einer Emissionserhöhung kommen. Wichtig ist es eine möglichst hohe Befolgung zu gewährleisten. Die Minderungswirkung der PM<sub>10</sub>-Belastung reduziert sich entsprechend einer niedrigen Befolgsrate.

Die Minderungswirkung hängt auch stark vom Verkehrsaufkommen der ausgesperrten Fahrzeuge ab. In der durchschnittlichen deutschen Innerortssituation haben schwere Nutzfahrzeuge einen Anteil am gesamten durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV) von etwa 4 %. Bei 100%iger Befolgung eines Durchfahrtsverbots führt dies zu einer lokalen Emissionsminderung um 33 %. Bei einem höheren LKW-Anteil an der gesamten DTV von 6 % liegt das Emissionsminderungspotenzial bei 41 %.

Durchfahrtsverbote für LKW wirken auf die lokale Belastung.

Im Durchschnitt kann eine Emissionsminderung um bis zu 33 %, an Straßen mit starkem LKW Verkehr um bis zu 41 % erreicht werden.



Die Minderung der Luftbelastung kann an Straßen mit starkem LKW Verkehr bis zu 5 % betragen.

Abb. 5: LKW-Verbote – Wirkung auf Emission und Immission

Der Jahresmittelwert kann durch die Maßnahme an Straßen mit starkem LKW-Verkehr um bis zu 5 % gesenkt werden (Abb. 5). Dies entspricht etwa der Verhinderung von bis zu 11 Überschreitungstagen (Tab. 2). Die Minderungen hängen dabei aber stark vom LKW-Anteil und von der Befolgung ab.

Durch lokale Durchfahrtsverbote können bis zu 11 Überschreitungstage verhindert werden.

Tab. 2: LKW-Durchfahrtsverbote –Tagesüberschreitungen

LKW-Anteil	2007		2010	
	Berlin	Kassel	Berlin	Kassel
4% DTV	- 8	- 5	- 8	- 5
6% DTV	- 11	- 7	- 10	- 7

### 3.3 Nachrüstung mit Partikelfiltern

Nachrüstung von Diesel-Kfz mit Partikelfiltern führt zu einer Reduktion der Partikelemissionen. Im Gegensatz zu den lokalen und kommunalen Maßnahmen wirkt eine flächendeckende Nachrüstung mit Partikelfiltern auch auf die Hintergrundbelastung. Die Anzahl der für eine Nachrüstung geeigneten Fahrzeuge hängt dabei von technischen Voraussetzungen für die Nachrüstung und auch einem attraktiven Restwert für ein nachgerüstetes Fahrzeug ab. Für eine Nachrüstung scheinen vor allem Fahrzeuge, die die Euro-2- und Euro-3-Norm erfüllen, geeignet. Der Umfang der tatsächlich durchgeführten Nachrüstung hängt von der Verfügbarkeit der Partikelfilter und der Einbaukapazitäten sowie von der Art und Höhe einer Förderung ab. Auch die Einführung und Ausgestaltung von Umweltzonen und Durchfahrtsverboten wird einen Einfluss auf die Nachrüstung haben.

Nach den Prüfvorschriften für die Nachrüstung von Russpartikelfiltern in Diesel-PKW muss das verwendete System dauerhaft mindestens 30 % der emittierten Partikelmasse mindern. Bei den schweren Nutzfahrzeugen können durch Nutzung von geschlossenen Partikelfiltersystemen Emissionsminderungen von über 90 % erreicht werden können. Linienbusse sind zu einem großen Teil schon mit Partikelfiltern ausgestattet, so dass hier in vielen Städten keine relevanten Minderungspotenziale erwartet werden.

Bei einer Nachrüstung aller Euro-2- und Euro-3-Dieselfahrzeuge bis Ende 2006 wird 2007 die maximale Nachrüstungswirkung erreicht, die dann langsam abnimmt. 2007 würde dadurch in Berlin eine Minderung der Innerortsemissionen um 29 % erreicht. Durch die gleichzeitige Minderung der Hintergrundbelastung führt die Maßnahme zu einer Senkung des Jahresmittelwerts um knapp 6 % (Abb. 6). Dies entspricht einer Verhinderung von etwa 12 Überschreitungen des Tagesgrenzwertes. In der Praxis werden jedoch deutlich geringere Nachrüstraten und damit auch geringere Minderungen erwartet.

Der Umfang einer Nachrüstung hängt von verschiedenen Randbedingungen ab.

Es wird von einer Reduktion der Partikelemissionen durch Nachrüstung bei PKW um 30 % und bei LKW um 90 % ausgegangen.

Das Immissionsminderungspotenzial liegt 2007 bei knapp 6 % bzw. 12 Überschreitungen der Tagesgrenzwerte.

Die Minderungswirkung hängt von der Anzahl der nachgerüsteten Fahrzeuge ab und nimmt nach 2007 langsam ab.

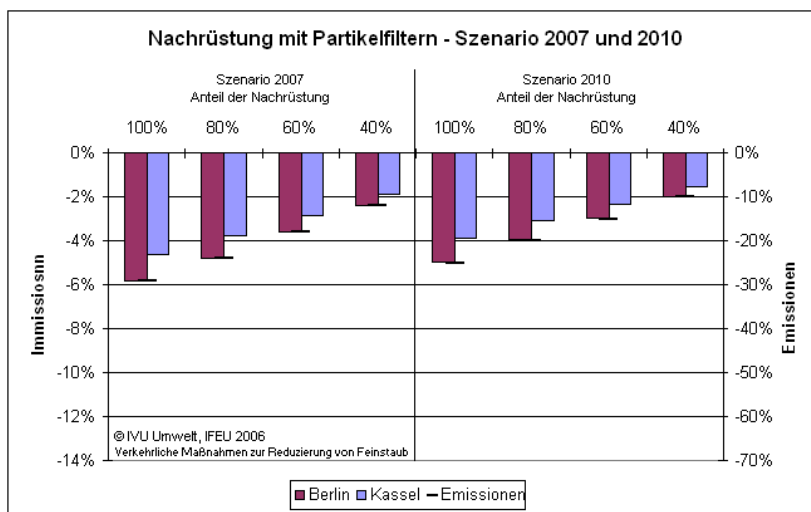


Abb. 6: Nachrüstung – Wirkung auf Emission und Immission

### 3.4 Erdgasfahrzeuge und synthetische Kraftstoffe

Erdgasbetriebene (Compressed Natural Gas; CNG) Fahrzeuge zeigen ein geringeres Partikelemissionsniveau als konventionelle Dieselfahrzeuge. Zur optimalen Nutzung einer zusätzlichen Erdgasinfrastruktur und wegen der noch geringeren Reichweite der Erdgasfahrzeuge sind z. B. städtische Busflotten für den Erdgas-einsatz besonders geeignet.

CNG-Busse haben Partikelemissionen, die um bis zu 90 % unter denen konventioneller Dieselsebusse ohne Abgasnachbehandlung liegen. Damit besteht ein enormes Minderungspotenzial durch die Ersetzung von konventionellen Dieselsebussen (ohne Partikelfilter) durch CNG-Busse. Bereits heute ist jedoch ein großer Teil der Linienbusse in Deutschland mit Partikelfiltern ausgestattet. Die Umstellung auf CNG-Busse hat gegenüber diesen Bussen kaum Vorteile bezüglich der Partikelemissionen.

Synthetische Kraftstoffe wie BTL (Biomass-to-liquids) und GTL (Gas-to-liquids) ermöglichen eine genaue Abstimmung ihrer Zusammensetzung und können damit zur Optimierung des Verbrennungsprozesses und somit zu einer Minderung von Partikelemissionen beitragen. Diese Kraftstoffe können in herkömmliche Diesel-Motoren eingesetzt werden. Zur Erreichung einer hohen Minderung durch den Einsatz dieser Kraftstoffe sind ebenfalls besonders innerstädtische Busflotten geeignet. Es können Minderungen der Partikelemissionen um etwa 30 % erreicht werden, was insbesondere bei älteren Fahrzeugen zu hohen absoluten Emissionsminderungen führt. Bei mit Partikelfiltern ausgestatteten Fahrzeugen führt die Nutzung von synthetischen Kraftstoffen allerdings zu keinen relevanten Minderungen der Partikelemissionen – wohl aber zu einer Erhöhung der Standfestigkeit der Partikelfilter.

Hohe Minderungspotenziale bestehen also insbesondere bei der Umstellung von Dieselsebusflotten, die noch nicht mit Partikelfiltern ausgestattet sind. Durch den meist begrenzten Anteil der Busflotte an den verkehrlichen Emissionen bleibt das Immissionsminderungspotenzial an den meisten Stellen unter 1 %. Damit können ein bis zwei Überschreitungen des Tagesgrenzwertes verhindert werden. An Straßen mit einem sehr hohen Busanteil können jedoch deutlich höhere Minderungen erreicht werden.

Erdgasbusse haben ein deutliches niedrigeres Emissionsniveau als konventionelle Fahrzeuge, aber kaum Vorteile gegenüber Fahrzeugen mit Partikelfiltern.

BTL und GTL können in herkömmlichen Dieselmotoren genutzt werden und führen bei Fahrzeugen ohne Partikelfilter zu Minderungen um 30 %.

Durch den begrenzten Anteil der Busflotte an den verkehrlichen Emissionen liegt das Immissionsminderungspotenzial unter 1 %.

### 3.5 Reduktion der Aufwirbelungsemissionen

Es wird derzeit von vielen Wissenschaftlern davon ausgegangen, dass die Aufwirbelung der Staubbilddung von Straßen durch Fahrzeuge einen deutlichen Beitrag zur  $PM_{10}$ -Belastung leistet. Demnach können die  $PM_{10}$ -Belastungen durch eine Verringerung der Staubbilddung (z. B. Nassreinigung) und eine Verringerung der Fahrzeugeinflüsse (z. B. Geschwindigkeitsbegrenzungen, Verkehrsverflüssigung) reduziert werden. Solche Maßnahmen werden im Rahmen der Aktions- und Luftreinhaltepläne diskutiert und z. T. schon umgesetzt. Anhand wissenschaftlicher Begleituntersuchungen können einige Tendenzen der Minderungswirkung wiedergegeben werden.

Bei einer Nassreinigung wird die Feinstaubbelastung der betroffenen Straße in der Regel abgespült oder abgesaugt; die Straße wird dabei auch befeuchtet. Aktuelle Feldversuche in Bremen und Berlin haben an trockenen Tagen jedoch keine signifikante Änderung der Immissionskonzentration durch Abspülmaßnahmen feststellen können.

An der Corneliusstraße in Düsseldorf hingegen führte ein Versuch mit angepasster Nassreinigung zu einer Minderung der Belastung an Reinigungstagen um  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Damit könnte die Nassreinigung einen Beitrag zur Vermeidung von Überschreitungstagen leisten. Das durchschnittliche Minderungspotenzial bezogen auf den Jahresmittelwert wird jedoch nur auf  $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  geschätzt.

Ebenfalls wurde für die Corneliusstraße für Maßnahmen zur Verkehrsverflüssigung mit daraus folgender geringerer Aufwirbelung ein Minderungspotenzial von  $0,4$  bis  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bezogen auf den Jahresmittelwert abgeschätzt. Dieses Potenzial liegt damit zwar über den Schätzungen für die Wirkung der angepassten Nassreinigung von  $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , die Maßnahme wird jedoch trotzdem nur einen geringen Beitrag zur Minderung der Überschreitungen des Tagesgrenzwertes leisten können.

Maßnahmen zur Reduktion der Aufwirbelungsemissionen sind Teil vieler Aktions- und Luftreinhaltepläne.

Die Minderungswirkung der Nassreinigung ist umstritten; lokal und temporär wurde ein beschränkter Minderungseffekt von etwa  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  festgestellt.

Auch Maßnahmen zur Verkehrsverflüssigung haben nur ein geringes Minderungspotenzial

### 3.6 Verkehrsvermeidung und -verlagerung

Verschiedene organisatorische Maßnahmen können zu einer Verminderung des Verkehrsaufkommens oder einer Verlagerung auf andere Verkehrsmittel führen. Hierzu gehören eine Verbesserung des ÖPNV, Parkgebühren, City-Maut, Umweltzonen usw. Die Wirkung von einzelnen Maßnahmen auf das Verkehrsaufkommen oder eine Verkehrsverlagerung ist sehr stark von den Randbedingungen in den einzelnen Kommunen und der Ausgestaltung der Maßnahme abhängig. Die Minderungswirkung eines konkreten Maßnahmenbündels konnte daher nicht quantifiziert werden. Es kann jedoch ermittelt werden, wie sich bestimmte Minderungen des Verkehrsaufkommens auf die Schadstoffbelastung auswirken.

Eine signifikante Minderung der  $PM_{10}$ -Belastung von 3 % bis 4 % zeigt sich erst bei einer erheblichen Reduktion des Verkehrsaufkommens um 20 % bis 30 %. Nach der Modellrechnung für Berlin würde eine derartige Reduktion der Fahrleistung zwischen 6 und 9 Überschreitungen des Tagesgrenzwertes verhindern. Insgesamt hängen Wirksamkeit und Kosten der Maßnahmen von Umfang und Aufwand zur Vermeidung und Verlagerung des städtischen Verkehrsaufkommens ab.

Organisatorische Maßnahmen können das Verkehrsaufkommen verringern.

Eine Reduktion des Verkehrsaufkommens um 20 % führt zu einer Senkung des Jahresmittelwerts um etwa 3 %.

## 4 Kombination von Maßnahmen

Für die hier vorgestellten Maßnahmen wurde die Wirkung jeweils isoliert betrachtet. Die aktuelle Diskussion zeigt, dass verschiedene Maßnahmen auf unterschiedlichen politischen Ebenen durchgeführt werden. So werden in den Luftreinhalte- und Aktionsplänen überwiegend lokale und kommunale Maßnahmen vorgeschlagen. Darüber hinaus gibt es aber auch Bestrebung auf Bundesebene, z. B. auf die Nachrüstung mit Partikelfiltern oder auf strengere Grenzwerte einzuwirken.

Teilweise bedingen sich die vorgestellten Maßnahmen oder unterliegen zumindest vielfältigen Wechselwirkungen. Eine Addition der hier dargestellten Minderungspotenziale ist daher in der Regel nicht möglich. So kann das Minderungspotenzial einer Umweltzone nicht unabhängig davon ermittelt werden, in welchem Umfang eine Nachrüstung mit Partikelfiltern stattfindet.

Auf der einen Seite kann die Umweltzone ein wesentlicher Anreiz zur Nachrüstung von Partikelfiltern sein, wenn nachgerüstete Fahrzeuge weiterhin Zugang zur Umweltzone haben. Der Umfang dieser Anreizwirkung ist allerdings kaum zu quantifizieren, da eine Umweltzone nicht überall vorgesehen ist und regional sehr unterschiedlich ausgestaltet sein wird. Für eine flächendeckende Nachrüstung werden daher auch andere, finanzielle, Anreize notwendig sein.

Auf der anderen Seite verringert sich bei einer relevanten Nachrüstung das Minderungspotenzial von Umweltzonen. Dies liegt daran, dass die nachgerüsteten Fahrzeuge bereits geringere Emissionen haben.

Vor allem bei höheren Anforderungen an das Emissionsniveau von Fahrzeugen kann davon ausgegangen werden, dass in relevantem Ausmaß Fahrzeuge ausgesperrt bzw. umgeschichtet werden, da sie das geforderte Emissionsniveau selbst durch eine Nachrüstung nicht erreichen können.

Es sind verschiedene Maßnahmen auf unterschiedlichen Ebenen geplant.

Die Maßnahmen bedingen sich teilweise; eine Addition der Minderungspotenziale ist daher nicht möglich.

Umweltzonen können einen Anreiz zur Nachrüstung mit Partikelfiltern geben.

Nachrüstung kann das Minderungspotenzial von Umweltzonen verringern.



## 5 Übersicht der Maßnahmen

Die vorliegenden Abschätzungen des Potenzials von verkehrlichen Maßnahmen zur Minderung von Partikelemissionen zeigen, dass einzelne Maßnahmen – wenn auch unter relativ extremen Annahmen - den Jahresmittelwert von  $PM_{10}$  bis zu 10 % senken können. Bei einer Überschreitungshäufigkeit von z. B. 70 Tagen mit Werten größer  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  können durch solchen Maßnahmen die Anzahl der Überschreitungstage um 20 Tage gesenkt werden. An einigen Standorten können solche Maßnahmen alleine schon zur Erreichung des Grenzwertes beitragen, an anderen Standort würde dabei immer noch die zulässige Anzahl von 35 Tagen überschritten werden.

Das größte Minderungspotenzial unter den untersuchten Maßnahmen hat die Maßnahme Umweltzone, bei der auch der Zugang von verhältnismäßig hoch  $PM_{10}$ -emittierenden Dieselfahrzeugen der Euro-3-Norm beschränkt ist. Das Potenzial wurde auf 10 % Reduktion des Jahresmittelwertes von  $PM_{10}$  abgeschätzt.

Die vollständige Nachrüstung von Diesel-Kfz mit Partikelfiltern hat mit etwa 6 % Verbesserung der  $PM_{10}$ -Jahresbelastung ein etwas höheres Potenzial als lokale vollständige Durchfahrtsverbote für LKW mit etwa 5 % und wirkt dabei in der Regel auf ein größeres Gebiet und somit auch auf die Hintergrundbelastung. Bei mangelnder Befolgung eines Verbots bzw. niedrigerer Nachrüstungsrate von Partikelfiltern wird die Absenkung des Jahresmittelwerts jedoch entsprechend geringer ausfallen.

Die Minderungswirkung organisatorischer Maßnahmen zur Verkehrsvermeidung und -verlagerung hängt stark von der konkreten Realisierung ab. Eine Minderung des Verkehrsaufkommens um 30 % führt zu einer Absenkung des Jahresmittelwerts um etwa 4 % bis 5 %. Das Minderungspotenzial durch den Einsatz von Erdgas in einer städtischen Busflotte liegt in der Regel bei unter 1 %, kann in Straßen mit sehr starkem Busverkehr aber auch wesentlich höher sein.

Einzelne Maßnahmen können den Jahresmittelwert nur um maximal 10 % senken.

Die Umweltzone hat bei strenger Ausgestaltung das höchste Minderungspotenzial, gefolgt von einer Nachrüstung mit Partikelfiltern.

Maßnahmen bei der Busflotte haben nur eine geringe Wirkung.

## 6 Schlussfolgerungen

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass die geltenden Grenzwerte für  $PM_{10}$  in Deutschland auch in Zukunft an verkehrlich hochbelasteten Stellen überschritten werden. Vorgesehene einzelne verkehrliche Maßnahmen zur Reduktion der  $PM_{10}$ -Belastung können zwar relevant zur Minderung der Kfz-Emissionen beitragen, beeinflussen aber die Immissionsbelastung wegen des Beitrags von anderen Emissionsquellen in geringerem Ausmaß. Selbst bei einer Kombination von Maßnahmen kann nicht sichergestellt werden, dass mittelfristig die geltenden  $PM_{10}$ -Grenzwerte überall in Deutschland eingehalten werden.

Damit besteht weiterhin die Aufgabe, Maßnahmen auf allen möglichen Ebenen und Emittenten zu ergreifen, um ein ausreichendes Minderungspotenzial zu erreichen. Einige kommunale Maßnahmen bewirken dabei zusätzlich zur lokalen Entlastung auch eine Reduktion des städtischen Hintergrundniveaus.

Neben den in dieser Untersuchung betrachteten primären Partikelemissionen müssen verstärkt auch die Emissionen, die zur Sekundärbildung von  $PM_{10}$  beitragen, vermindert werden. Hier und auch bei den Aufwirbelungsemissionen bestehen allerdings noch große Unsicherheiten sowohl in der Quantifizierung als auch im physikalischen Verständnis. Ebenso muss festgestellt werden, dass auch bei der Bilanzierung von Quellgruppen wie Hausbrand, mobilen Quellen oder mineralischen Stäuben noch großer Klärungsbedarf besteht.

Ferner wird der ab 2010 geltende Grenzwert für  $NO_2$  aller Voraussicht nach an vielen hochbelasteten Straßen in Deutschland nicht eingehalten. Die Anzahl der Forderungen nach Luftreinhalteplänen bei weiterer Abnahme der Toleranzmarge für  $NO_2$  wird in den nächsten Jahren zunehmen. Daher müssen die jetzt diskutierten Maßnahmen zur  $PM_{10}$ -Minderung auch dahingehend untersucht werden, welchen Einfluss sie auf die  $NO_2$ -Immissionssituation haben.

$PM_{10}$ -Grenzwerte in Deutschland werden wahrscheinlich auch in Zukunft überschritten werden.

Neben den primären Emissionen sollten auch die sekundären Emissionen verstärkt berücksichtigt werden.

Die ab 2010 geltenden Grenzwerte für  $NO_2$  sollten in der Maßnahmenplanung für  $PM_{10}$  berücksichtigt werden.

## 7 Glossar

22. BImSchV	Die 22. <u>Bundesimmissionsschutzverordnung</u> legt unter anderem die Grenzwerte für PM <sub>10</sub> und das Vorgehen beim Überschreiten der Grenzwerte fest.
City-Maut	Erhebung von Gebühren für die Nutzung innerstädtischer Straßen für PKW und / oder LKW (z. B. London Congestion Charge).
DTV	Der <u>d</u> urchschnittliche <u>t</u> ägliche <u>V</u> erkehr gibt die Anzahl der Kraftfahrzeuge an, die gemittelt über alle Tage eines Jahres auf einem Straßenabschnitt fahren.
Emission	Emission ist der Vorgang des Freisetzens von Luftschadstoffen in die Atmosphäre; angegeben in Masse des Schadstoffs pro Zeit (z. B. t/a).
EU	Europäische Union
Euro-Stufen	Europäische Abgasnorm, die für Kraftfahrzeuge die Einhaltung festgelegter, nach Stufen differenzierter Grenzwerte für verschiedene Schadstoffe vorschreibt.
Fahrleistung	Die von Kraftfahrzeugen über einen bestimmten Zeitraum (z. B. Jahr) gefahrenen Strecken; angegeben als Strecke pro Zeitraum (z. B. km/Jahr).
Immission	Immission ist die Konzentration von Luftverunreinigung für ein definiertes Zeitintervall, z.B. Jahresmittelwert; angegeben in Masse des Schadstoffs pro Volumen (z. B. µg/m <sup>3</sup> ).
Partikelfilter	Technisches System zur Reduzierung der im Abgas von Dieselmotoren vorhandenen Partikel.
PM <sub>10</sub>	Bezeichnung für eine Größenfraktion des Feinstaubs (englisch Particulate Matter), der einen sogenannten aerodynamischen Durchmesser von 10 Mikrometer hat und damit durch den Menschen inhaliert wird.
Prüfvorschriften für Nachrüstung	Vom Bundesrat am 21.12.2005 beschlossene technische Anforderungen an die Wirksamkeit von nachgerüsteten Partikelfiltern für Diesel-PKW. Die verwendeten Systeme müssen u. a. dauerhaft mindestens 30 % der Partikelemissionen mindern.
Schadstoffgruppe	Kennzeichnung des Emissionsniveaus von Kraftfahrzeugen mit Plaketten. Orientiert sich für Dieselfahrzeuge weitgehend an den europäischen Grenzwertstufen. Zur Schadstoffgruppe 1 gehören zusätzlich noch die Otto-Fahrzeuge ohne geregelten Katalysator.
Tagesgrenzwertkriterium	Die 22. BImSchV legt neben einem Grenzwert für den Jahresmittelwert von PM <sub>10</sub> in Höhe von 40 µg/m <sup>3</sup> auch einen Tagesgrenzwert von 50 µg/m <sup>3</sup> fest. Dieser Tagesgrenzwert darf maximal 35 mal im Kalenderjahr überschritten werden. Eine Überschreitung dieses <i>Tagesgrenzwertkriteriums</i> ist also erst mit dem 36. Tag mit einem Tagesmittelwert von PM <sub>10</sub> über 50 µg/m <sup>3</sup> eingetreten.