

Fachtagung Luftqualität an Straßen



bast

**Bundesanstalt für Straßenwesen
5. und 6. März 2008**

Fachtagung Luftqualität an Straßen

**Beiträge der Tagung
vom 5. und 6. März 2008
in Bergisch Gladbach**

bast

Bundesanstalt für Straßenwesen

Herausgeber:

Bundesanstalt für Straßenwesen

Brüderstraße 53

51427 Bergisch Gladbach

Telefon 02204 43-0

Telefax 02204 43-673

E-Mail info@bast.de

Internet www.bast.de

Druck:

Pilgram Druck und Dienstleistung GmbH & Co. KG

Hauptstraße 272

51503 Rösrath

Bergisch Gladbach, März 2008



Vorwort

Die Luftqualität an Straßen ist durch die Limitierung verschiedener Luftschadstoffe in den letzten Jahren in den medialen Fokus gerückt. Hauptaugenmerk liegt in diesem Zusammenhang auf Feinstaub und auf Stickstoffdioxid, die sich negativ auf die menschliche Gesundheit auswirken können. In Ballungsräumen, insbesondere in der Nähe von Verkehrswegen, wirft die Einhaltung der für sie vorgegebenen Grenzwerte immer wieder Probleme auf.

Die Bundesanstalt für Straßenwesen beschäftigt sich auf dem weit gefächerten Gebiet des Verkehrs neben ingenieurwissenschaftlichen und technischen Fragestellungen auch mit umweltbezogenen Forschungsaufgaben. Daher ist es uns ein Anliegen, dass im Rahmen dieser Fachtagung aktuelle Forschungsaktivitäten und Maßnahmen auf dem Gebiet der Luftreinhaltung vorgestellt werden, um vorhandene Erfahrungen zu bündeln und eine Basis für eine koordinierte Zusammenarbeit zwischen Straßenverkehr und Umweltschutz zu schaffen.

Die Veranstaltung wendet sich an Fachleute aus Politik, Verwaltung und Wirtschaft, die sich mit der Luftreinhaltung allgemein und mit verkehrsbedingten Luftschadstoffen im Besonderen beschäftigen. Sie soll ein Forum sein für die unterschiedlichen Ideen und Lösungsstrategien auf dem Weg zu einer besseren Umwelt. Die tagungsbegleitende Poster- und Gerätepräsentation ergänzt den wissenschaftlichen Dialog, der durch die Fachvorträge angestoßen wird.

Prof. Dr.-Ing. Josef Kunz

Präsident der Bundesanstalt für Straßenwesen

Inhalt

Prof. Dr. Thomas Eikmann

Auswirkungen von Luftschadstoffen auf die menschliche Gesundheit _____ Seite 5

Prof. Dr. Peter Bruckmann

Die novellierte Luftqualitäts-Richtlinie der EU –
Was ändert sich, wo entstehen neue Anforderungen? _____ Seite 6

Dr. Holger Figge

Europäische Richtlinien für Luftqualität und deren Bedeutung für die
Straßenplanung _____ Seite 12

*Dr. Thomas Kuhlbusch, Dr. Astrid John, Dr. Ulrich Quass, Jörg
Lindermann, M. Beyer, Dr. M. Sulkowski, M. Sulkowski, A.V. Hirner,
Anja Baum*

Beitrag von diffusen Emissionen an der Partikelbelastung an BAB _____ Seite 18

Dr. Ingo Düring

Einfluss von Straßenzustand auf die Partikelbelastung an Straßen _____ Seite 25

Prof. Dr. Eberhard Schmidt

Einfluss von Straßenrandbegrünung auf die Feinstaubbelastung an
hoch frequentierten Straßen _____ Seite 32

Prof. Dr. Jan-Peter Frahm

Feinstaubreduktion an Straßenrändern durch Moosmatten _____ Seite 46

Anja Baum

Einfluss meteorologischer und verkehrlicher Parameter auf die
Partikelbelastung an BAB _____ Seite 48

Prof. Dr. Hans Puxbaum

AQUELLA – Aerosolquellenanalyse – Identifizierung inner- und außer-
städtischer Partikel-„Winterquellen“ _____ Seite 59

Karl Moritz

Einsatz von Solelösungen aus dem Winterdienst zur Schadstoffredu-
zierung _____ Seite 60

Dr. Wolfgang Hafner

PM10-Reduktion im städtischen Bereich durch Verwendung von Cal-
cium-Magnesium-Acetat (CMA) als Feinstaubkleber _____ Seite 63

Bert Schröder

Beitrag des kommunalen Fuhrparks zur Verbesserung der Luftqualität _____ Seite 70

Monika Floßdorf

Emissionsvorschriften und ihre Umsetzung _____ Seite 73

Dr. Jost Gail, Dr. Bernd Bugsel

Abgasnachbehandlung bei Kraftfahrzeugen _____ Seite 88

Dr. Manfred Breitenkamp

Einführung einer Umweltzone – erste Erfahrungen in Berlin _____ Seite 91

Dr. Eckhart Heinrichs

Synergieeffekte bei der gemeinsamen Luftreinhalte- und Lärmminde-
rungsplanung _____ Seite 104

Dr. Christiane Schneider, Sabine Fafflok, Arnold Niederau

MARLIS – Datenbank zu Maßnahmen der Reinhaltung der Luft _____ Seite 116

Poster-Ausstellung _____ Seite 123

Auswirkungen von Luftschadstoffen auf die menschliche Gesundheit

Prof. Dr. med. Thomas Eikmann,
Institut für Hygiene und Umweltmedizin der
Justus-Liebig-Universität Gießen

Zusammenfassung

Seit Anfang 2005 findet in Deutschland in allen einschlägigen Medien eine heftige öffentliche Debatte über das Vorkommen von Feinstäuben in der Außenluft statt. Anlass für diese Kontroverse war die Festlegung von neuen Grenzwerten für PM₁₀ in der Außenluft zum 1. Januar 2005. Durch eine große Anzahl an Studien und Publikationen ist belegt, dass Partikel in der Umwelt aufgrund ihrer negativen gesundheitlichen Einwirkungen auf Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen als das derzeit wichtigste lufthygienische Problem anzusehen sind. Insgesamt wird ein breites Spektrum an Effekten mit der Feinstaubexposition assoziiert. Diese reichen von Störungen der Gefäßmotorik, Herzrhythmusstörungen, Progression artherosklerotischer Prozesse, gesteigertem Herzinfarktrisiko bis hin zu neurodegenerativen Prozessen. Alle vorliegenden Daten unterstreichen das dringliche Handlungspotenzial, das mit dieser Umweltproblematik verbunden ist. Im Sinne der Prävention muss daher mittel- bis langfristig eine dauerhafte Senkung der Feinstaubkonzentrationen in der Außenluft aus unterschiedlichen Quellen erreicht werden. Wirkungen von Luftreinhaltemaßnahmen konnten bereits in mehreren Studien festgestellt werden. So verringerte sich beispielsweise bei Kindern in der Schweiz die Häufigkeit von Hustenperioden parallel zur Verbesserung der Luftqualität. Auch bei Erwachsenen sowohl in der Schweiz als auch in den USA konnten ähnlich positive Effekte nachgewiesen werden.

Die novellierte Luftqualitäts-Richtlinie der EU – Was ändert sich, wo entstehen neue Anforderungen?

Prof. Dr. Peter Bruckmann,
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW,
Recklinghausen

1. Verfahrensstand

Als wichtigen Baustein des CAFE-Prozesses (CLEAN AIR FOR EUROPE), der thematischen Strategie der EU zur Bekämpfung der Luftverschmutzung mit einem Zeithorizont bis 2020, legte die EU-Kommission am 21.09.2005 einen Vorschlag zur Revision der bestehenden EU-Richtlinie zur Luftqualität (Rahmenrichtlinie sowie 1. bis 3. Tochterrichtlinie; ausgenommen: 4. Tochterrichtlinie) sowie der Ratsentscheidung für den Datenaustausch vor. Ziel der Revision ist es zum einen, die Gesetzgebung durch Zusammenfassung der genannten Gesetzgebungsakte in eine Richtlinie zu straffen („better regulation“), zum anderen sollten einige neue Elemente wie insbesondere Regelungen zu der feinen Partikelfraktion PM_{2,5} aufgenommen werden, auf die im Folgenden eingegangen wird. Im Rahmen des CAFE-Prozesses wurden umfangreiche Vorarbeiten durchgeführt, wie insbesondere ein „Integrated Assessment Modelling“, eine Kosten-/Nutzenstudie sowie eine Neubewertung der Wirkungen wichtiger Luftschadstoffe durch die Weltgesundheitsorganisation (WHO).

Der Vorschlag der Kommission wurde in Mitentscheidungsverfahren parallel im Umweltrat und im Europaparlament beraten. Der Umweltrat beschloss am 25.06.2007 nach einer politischen Einigung bereits im Oktober 2006 einen „gemeinsamen Standpunkt“ von Mitgliedstaaten und EU-Kommission. Die 1. Lesung des Europaparlaments fand am 26.09.2006 statt, in der zahlreiche Änderungsanträge beschlossen wurden, die nur zum Teil für die Mitgliedstaaten und die EU-Kommission akzeptabel waren. Der 2. Lesung im Europaparlament am 11.12.2007 gingen deshalb

umfangreiche Verhandlungen zwischen Umweltrat, Kommission und Parlament voraus (der sogenannte „Trilog“), in denen eine Einigung gesucht und auch gefunden wurde. In seiner 2. Lesung billigte das Europaparlament deshalb den Richtlinienvorschlag mit breiter Mehrheit (619 gegen 33 Stimmen).

Der geänderte Richtlinienvorschlag muss nun noch formal vom EU-Ministerrat verabschiedet werden. Mit einem Inkrafttreten ist im Mai oder Juni 2008 zu rechnen. Innerhalb von 2 Jahren (bis Mai oder Juni 2010) muss die novellierte Richtlinie dann in nationales Recht umgesetzt werden.

2. Wichtige neue Elemente und Anforderungen der novellierten Luftqualitäts-Richtlinie

Abgesehen von der Vereinheitlichung und der Zusammenführung der bisherigen fünf getrennten Gesetzgebungsakte lassen sich die neuen Elemente im Wesentlichen in 2 Gruppen zusammenfassen:

- Regelungen zur feinen Partikelfraktion $PM_{2.5}$,
- Regelungen zur erhöhten Flexibilität der Erreichung der Grenzwerte.

2.1 Regelungen zu $PM_{2.5}$

Da die feine Partikelfraktion $PM_{2.5}$ noch besser als die gröbere Fraktion PM_{10} mit den gesundheitlichen Wirkungen korreliert, wurden folgende zusätzliche Regelungen europaweit getroffen:

- Ein allgemein verbindlicher Grenzwert von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ab 2015, der überall gilt und auch an Belastungsschwerpunkten (z.B. in Straßenschluchten) einzuhalten ist. Dieser Wert ist von 2010 bis 2015 Zielwert.
- Ein zunächst rechtlich nicht verbindlicher „Richtgrenzwert“ von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, einzuhalten ab 2020. In einer Revision der Richtlinie 2013

wird darüber entschieden, diesen Wert zu ändern bzw. ggf. rechtlich verbindlich festzulegen. Dieser zusätzliche Wert entspricht einem Kompromiss mit dem Europaparlament.

- Ein nationales Ziel zur Verringerung der durchschnittlichen urbanen Hintergrundbelastung der Bevölkerung von 2010 bis 2020. Dieses Ziel ist zunächst rechtlich nicht bindend und ist nach Belastungshöhe gestaffelt. Bei einer mittleren urbanen Belastung von 13 bis 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ beträgt das Reduktionsziel 15 %, über 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bis 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 20 %. Die Berechnung der durchschnittlichen nationalen urbanen Hintergrundbelastung (der nationale Expositionsindikator) wird durch Mittelwertbildung von (für Deutschland) ca. 40 Messstationen im städtischen Hintergrund vorgenommen, in dem die Zeiträume 2008 bis 2010 (bzw. 2009 bis 2011) und 2017 bis 2020 miteinander verglichen werden. Das Ziel zur Verringerung der durchschnittlichen Exposition ist als nationales Ziel definiert und muss deshalb ggf. zusätzlich nationale Maßnahmen (wie z.B. die Novellierung der 1. BImSchV für Kleinfeuerungsanlagen) auslösen; es ist nicht auf einzelne Ballungsräume und schon gar nicht auf einzelne Stationen zu beziehen. In der bereits erwähnten Revision im Jahr 2013 soll darüber entschieden werden, dieses Ziel ggf. rechtlich verbindlich zu machen. Hintergrund dieser Regelung ist, dass für die Wirkungen von Feinstaub (PM_{10} und $\text{PM}_{2,5}$) auf die menschliche Gesundheit bisher kein Schwellenwert nachgewiesen werden konnte. Die Verringerung der Exposition der Bevölkerung sollte deshalb auf breiter Basis erfolgen, nicht nur in isolierten Belastungsschwerpunkten.
- Eine rechtlich verbindliche Obergrenze der nationalen durchschnittlichen urbanen Exposition von 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, einzuhalten ab 2015. Dieser Wert wird aus dem nationalen Expositionsindikator berechnet. Auch diese Obergrenze stellt einen Kompromiss mit dem Europaparlament dar, das ursprünglich einen allgemein verbindlichen Grenzwert von 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (auch an Belastungsschwerpunkten) gefordert hatte.
- Alle Grenz- und Zielwerte der bisherigen Luftqualitäts-Richtlinien werden beibehalten.

2.2 Regelungen zur größeren Flexibilität

In 25 von 27 Mitgliedstaaten der EU werden derzeit die Grenzwerte für PM_{10} (insbesondere die Begrenzung für den Tagesmittelwert) nicht eingehalten. Rechtlich stellt dies eine Vertragsverletzung dar, da der rechtlich verbindliche PM_{10} -Grenzwert bereits ab 2005 hätte eingehalten werden müssen. Die EU-Kommission könnte die betroffenen Mitgliedstaaten vor dem Europäischen Gerichtshof verklagen. In der neuen Richtlinie sind deshalb einige neue Bestimmungen enthalten, die mehr Flexibilität beim Vollzug geben:

- Grenzwertüberschreitungen bleiben unberücksichtigt, soweit sie auf den Beitrag natürlicher Quellen (z.B. Episoden von Saharastaub) zurückzuführen sind. Ähnliches gilt für den Einsatz von Streumitteln im Winter. Der Mitgliedstaat muss dieses nachweisen; die EU-Kommission wird dazu Leitfäden veröffentlichen.
- Auf Antrag (Notifizierung betroffener Ballungsräume und Zonen bei der EU) kann die Frist zur Einhaltung der Grenzwerte wie folgt verlängert werden:
 - für PM_{10} um 3 Jahre nach Inkrafttreten der Richtlinie (also bis Mitte 2011),
 - für NO_2 und Benzol bis 2015.

Die Ausnahmeregelung ist jedoch kein Freibrief, sondern an strenge Kriterien gebunden. Der Mitgliedstaat muss nachweisen, dass er alle zumutbaren Maßnahmen auf nationaler, regionaler und lokaler Ebene auch ergriffen hat, um die Grenzwerte einzuhalten. Insbesondere müssen die EU-Richtlinien zur Luftreinhaltung voll umgesetzt und die erforderlichen Luftreinhaltepläne in Kraft gesetzt sein. Ferner muss der Mitgliedstaat glaubhaft machen, mit welchen Maßnahmen die Grenzwerte zum neuen Zieldatum erreicht werden (Prognose). Schließlich darf die Luftbelastung im Übergangszeitraum den Grenzwert zuzüglich maximaler Toleranzmarge nicht überschreiten.

- Die Anzahl der vorgeschriebenen Mindestanzahl von Stationen zur Messung von PM_{10} wurde gegenüber dem ursprünglichen Entwurf

deutlich reduziert. Die Mindestanzahl bezieht sich jetzt auf die Summe von Stationen zur Messung von PM_{10} und $PM_{2.5}$, deren Verhältnis innerhalb gewisser Grenzen variiert werden kann. Allerdings dürfen Messstationen mit bestehenden Überschreitungen der PM_{10} -Grenzwerte grundsätzlich nicht geschlossen oder versetzt werden.

- Die unteren und oberen Beurteilungsschwellen, die den Messaufwand steuern, wurden zum Teil deutlich heraufgesetzt und damit der Messaufwand verringert.
- Die Bezugsfläche, auf die sich die Grenzwerte zum Gesundheitsschutz beziehen (wichtig für die Modellierung), wurde etwas vergrößert bzw. präzisiert, um sehr kleinräumige Belastungsspitzen nicht zu beurteilen. Die verkehrsbezogenen Messstellen sollen z.B. für Straßenabschnitte von mindestens 100 m Länge repräsentativ sein, die anlagenbezogenen Messstellen für Gebiete von mindestens 250 x 250 m.
- Auf die Notwendigkeit europaweiter Minderungsmaßnahmen durch die EU zur Senkung der weiträumigen Hintergrundbelastung wurde in einem Erwägungsgrund und in einer Erklärung der EU-Kommission hingewiesen.

Weitere neue Regelungen der Richtlinie betreffen die Berichtspflichten der Mitgliedstaaten gegenüber der EU und der Öffentlichkeit sowie einige Präzisierungen von Orten, an denen eine Beurteilung der Luftqualität nicht erfolgen muss (z.B. auf Werksgeländen, auf Fahrbahnen oder an den Mittelstreifen mehrspuriger Straßen).

3. Ausblick

Obwohl die nationale Umsetzung der novellierten Luftqualitäts-Richtlinie noch aussteht, müssen einige neue Anforderungen schon jetzt umgesetzt bzw. in Angriff genommen werden. Dies betrifft insbesondere den Aufbau des nationalen urbanen Hintergrundmessnetzes für $PM_{2.5}$ durch die Bundesländer, den Umbau des bestehenden Partikelmessnetzes (Reduktion einiger PM_{10} -Stationen, Aufbau von $PM_{2.5}$ -Stationen auch an Belastungs-

schwerpunkten) und vor allem die Notifizierung von Gebieten mit Grenzwertüberschreitungen für die Fristverlängerung der Einhaltung mit den geforderten Nachweisen. Die Europäische Union gibt damit auch in Zukunft kräftige Impulse für die Luftreinhaltung, auch durch die Novellierung weiterer Richtlinien im Rahmen des CAFE-Prozesses wie die IVU-Richtlinie (Kommissionsentwurf am 21.12.2007), die NEC-Richtlinie (nationale Emissionsobergrenzen) im Frühjahr 2008 oder die Abgasgesetzgebung (z.B. nach EURO VI) ebenfalls am 21.12.2007.

Europäische Richtlinien für Luftqualität und deren Bedeutung für die Straßenplanung

Dr.-Ing. Holger Figge,
Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

1. Europäische Richtlinien für Luftqualität

Die Regelungen zur Luftreinhaltung auf europäischer Ebene sind zweistufig aufgebaut: Die „Richtlinie über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität“ – 96/62/EG – vom 27. September 1996 (**Rahmenrichtlinie**)

- setzt Rahmenbedingungen zur Verbesserung der Luftqualität
- nennt die zu betrachtenden Schadstoffe
- hat die Erhaltung guter Luftqualität bzw. ihre Verbesserung zum Ziel
- fordert Messungen zur Überwachung
- verpflichtet zur Information der Bevölkerung über die Luftqualität
- fordert das Aufstellen von Aktionsplänen
- gibt Berichtspflichten gegenüber der Kommission vor.

Von den auf der Basis der Rahmenrichtlinie entstandenen vier **Tochterrichtlinien** hat die erste, die „Richtlinie über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft“ – 99/30/EG – vom 22. April 1999 für die Straßenplanung die größte Bedeutung.

Die 2. Tochterrichtlinie – 2000/69/EG – vom 16. November 2000 beinhaltet Regelungen zu Benzol und Kohlenmonoxid, die 3. – 2002/3/EG – vom 12. Februar 2002 zu bodennahem Ozon und die 4. – 2004/107/EG – vom 15. Dezember 2004 zu Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen. Auf die Tochterrichtlinien Nr. 2 bis 4 soll hier wegen der geringen Bedeutung für den Straßenbau nicht weiter eingegangen werden.

Die Richtlinie **99/30/EG** enthält dagegen unter anderen die für straßenverkehrsnahe Beurteilungspunkte kritischen Stoffe Partikel (PM₁₀) und Stickstoffdioxid. Die Richtlinie legt für die betrachteten Stoffe konkrete Alarmschwellen und Grenzwerte fest. Insbesondere seit der Gültigkeit der Grenzwerte ohne Toleranzmarge ab dem 1. Januar 2005 haben sich Probleme in vielen Städten dadurch ergeben, dass die maximale Überschreitungshäufigkeit des Tagesgrenzwertes (50 µg/m³) von 35 pro Jahr nicht eingehalten werden konnte.

2. Nationale Umsetzung in Deutschland

Die europäischen Regelungen wurden im Jahr 2002 mit Änderungsgesetz zum **Bundes-Immissionsschutzgesetz** (BImSchG) umgesetzt. Im Wesentlichen wurden geändert bzw. ergänzt:

- § 40 Verkehrsbeschränkungen
- § 44 Überwachung der Luftqualität
- § 45 Verbesserung der Luftqualität
- § 46a Unterrichtung der Öffentlichkeit
- § 47 Luftreinhaltepläne, Aktionspläne, Landesverordnungen

Von Bedeutung ist der neue § 47. Er verlangt

- das Aufstellen von Luftreinhalteplänen durch die zuständige Behörde
- das Aufstellen von Aktionsplänen
- die Berücksichtigung des Verursacherprinzips
- das Beachten der Verhältnismäßigkeit von Maßnahmen
- Einvernehmen mit Straßenbau- und –verkehrsbehörden
- Beteiligung der Öffentlichkeit
- Berücksichtigung der Festlegungen durch Planungsträger

Auf Basis von § 48a BImSchG hat die Bundesregierung am 11. September 2002 die „22. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft – **22. BImSchV**)“ erlassen. Sie besteht im Wesentlichen aus zwei Teilen, deren zweiter mit Regelungen zum Ozon im Jahr 2004 gestrichen wurde. Er wurde im Februar 2007 mit aus der 4. Tochterrichtlinie über-

nommenen Festlegungen zu Arsen usw. aufgefüllt. Der erste Teil der 22. BImSchV enthält Konkretisierungen der Regelungen im BImSchG zu den Schadstoffen der ersten und zweiten Tochterrichtlinie.

Neben den Immissionsgrenzwerten enthält die Verordnung umfangreiche Regelungen zur Beurteilung der Luftqualität sowie weitere Festlegungen zu Luftreinhalte- und Aktionsplänen.

Der 22. BImSchV angehängt sind (heute) sieben Anlagen, die Einzelheiten zu Beurteilungsschwellen, Probenahmestellen, Beurteilungsmethoden sowie Informationen in Plänen und gegenüber der Öffentlichkeit behandeln. Die Anlage 2 legt die Lage der Probenahmestellen zum Schutz der menschlichen Gesundheit und von Ökosystemen fest und unterscheidet in großräumige und lokale Standortkriterien.

3. Straßenplanung und Luftqualität

Regelungen der 22. BImSchV werden aufgegriffen im „Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen – **MLuS 02** – geänderte Fassung 2005“. Das MLuS enthält ein konservatives Abschätzverfahren zur Bestimmung von Luftschadstoffbelastungen an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung. Als kritischer Stoff in der Nähe von Straßen ist PM_{10} zu sehen, dessen Modellierung im MLuS im Jahr 2005 verbessert wurde.

In Großstädten kommen knapp 30% der gesamten **PM_{10} -Belastung** aus dem Auspuff der Kraftfahrzeuge. Zusammen mit dem Reifen- und Fahrbahnabrieb sowie dem aufgewirbelten Staub macht das etwa die Hälfte der innerstädtischen Gesamtbelastung aus. Je nach Bebauungssituation und Hintergrundbelastung hat der Straßenverkehr einen Anteil von 30 bis 50% am PM_{10} . Auf die Fahrzeugkategorien aufgeteilt werden von

- Lkw etwa 55%
- Pkw etwa 25%
- Bussen und Zweirädern etwa 20%

Partikel emittiert.

Die **Rechtsprechung** setzt sich seit 2002 mit den neueren europäischen Luftreinhalterichtlinien, insbesondere mit der 1. Tochtterrichtlinie auseinander.

So hat das Bundesverwaltungsgericht (BVerwG) in seinem Urteil vom 26.5.2004 (9 A 6.03) zur B 170 in Dresden festgestellt, dass im Planfeststellungsverfahren keine endgültige Lösung der Luftschadstoffproblematik erfolgen muss, sondern dass diese einem nachfolgenden Verfahren der Luftreinhalteplanung überlassen werden kann. Allerdings muss bei der Zulassung eines Straßenbauvorhabens sichergestellt sein, dass die Einhaltung der Luftschadstoffgrenzwerte auch tatsächlich später noch möglich ist.

Diese Auslegung wird im Urteil des BVerwG vom 18.11.2004 (4 CN 11.03) gestützt: Überschreiten die von der Straße herrührenden Immissionen bereits für sich allein die Grenzwerte, kann ein Luftreinhalteplan dies später nicht heilen und das Straßenbauvorhaben ist unzulässig.

Das BVerwG stellt in diesem Urteil auch fest, dass eine durchschnittliche Belastung in einem größeren Gebiet oder gar Ballungsraum nicht maßgebend ist. Das bedeutet, dass Bereiche durch Messungen erfasst werden müssen, in denen sich Betroffene tatsächlich aufhalten und die Orientierung eher an dem in der 22. BImSchV genannten Bereich von 200 m² zu erfolgen hat, um eine Bewältigung der Schadstoffproblematik „vor Ort“ zu gewährleisten.

Im Urteil des BVerwG vom 23.2.2005 (4 A 1.04) wird die Auffassung aus 9 A 6.03 bestätigt und präzisiert. Die Auswirkungen eines Vorhabens dürfen im Planfeststellungsverfahren nicht unberücksichtigt bleiben und müssen abgewogen werden. Das Gebot der Konfliktbewältigung ist aber erst dann verletzt, wenn die Planfeststellungsbehörde das Vorhaben zulässt, obwohl seine Verwirklichung offensichtlich ein Einhalten der Grenzwerte ausschließt.

In seinem Beschluss vom 29.3.2007 (7 C 9.06) sieht das BVerwG nach deutschem Recht keinen Anspruch eines Einzelnen auf Erstellen eines Ak-

tionsplanes. Dem Beschluss liegt ein vorinstanzliches Urteil des VGH Bayern zugrunde, das dem Kläger einen solchen Anspruch zugestand. Wegen Auslegungszweifeln, wie ein Betroffener seinen nach europäischem Recht vorhandenen individuellen Anspruch durchsetzen kann, hat das BVerwG beim Europäischen Gerichtshof um eine Vorabentscheidung gebeten.

Auch ohne einen existierenden Aktionsplan hat ein Dritter Anspruch, so das BVerwG in seinem Urteil vom 27.9.2007 (7 C 36.7), dass gesundheitliche Beeinträchtigungen durch planunabhängige Maßnahmen vermieden werden. Die zuständige Behörde muss unter Berücksichtigung anderer Belange Anordnungen treffen, die verhältnismäßig sind und zur Verbesserung der Schadstoffsituation beitragen, z.B. straßenverkehrsrechtlicher Art.

Verunsicherungen, wie mit den strengen Anforderungen der 1. Tochterrichtlinie umzugehen ist, traten bereits vor Erlass der 22. BImSchV auf. In Planfeststellungsverfahren wurde teilweise schon weit vor dem 1.1.2005 (Zeitpunkt der Gültigkeit der Grenzwerte ohne Toleranzmarge) die Einhaltung der kommenden Grenzwerte gefordert. Die Frage, wann ein Straßenbauvorhaben im Hinblick auf die Luftschadstoffsituation zulässig ist, konnte zunächst nicht beantwortet werden. Erst die oben zitierte Rechtsprechung brachte zunehmend Klarheit und ist (überwiegend) eingegangen in das **Eckpunktepapier** des BMVBS vom Januar 2006: „Auswirkungen der Grenzwerte für Partikel (PM₁₀) nach der 22. BImSchV auf die Planung von Straßen“. Das Papier wurde mit dem BMU abgestimmt und soll Straßenbauverwaltungen und Planfeststellern den Umgang mit dem europäischen bzw. national umgesetzten Luftreinhalterecht im Zusammenhang mit Straßenplanungen erleichtern.

Fazit:

- Adressat der 22. BImSchV ist die Umweltbehörde, nicht die Straßenbaubehörde
- Luftreinhalte- und Aktionspläne richten sich verursachergemäß gegen alle beitragenden Emittenten

- Bei straßenrelevanten Maßnahmen in Plänen ist Einvernehmen herzustellen
- Grenzwerte sind dort einzuhalten, wo Menschen Schadstoffen längere Zeit ausgesetzt sind
- Die Problembewältigung muss nicht abschließend im Genehmigungsverfahren für das Vorhaben erfolgen
- Planungsrechtliche Festlegungen in einem Luftreinhalteplan sind bei Straßenplanungen zu berücksichtigen
- Eine nur gebietsbezogene Betrachtungsweise ist unzulässig
- Ein Vorhaben kann nur zugelassen werden, wenn seine Verwirklichung die Einhaltung der Grenzwerte mit Mitteln der Luftreinhalteplanung nicht ausschließt

Beitrag von diffusen Emissionen an der Partikelbelastung an BAB

T.A.J. Kuhlbusch¹, A.C. John¹, U. Quass¹, J. Lindermann¹,
M. Beyer¹, M. & M. Sulkowski², A.V. Hirner², A. Baum³

¹ Luftreinhaltung & Nachhaltige Nanotechnologie, IUTA e. V.,
Bliersheimer Straße 60, 47229 Duisburg, Deutschland

² Universität Duisburg-Essen, Institute für Umweltanalytik, Essen,
Deutschland

³ Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Bergisch-Gladbach, Deutschland

1. Hintergrund und Aufgabenstellung

In der 1. Tochterrichtlinie (99/30/EG) zur Rahmenrichtlinie Luftqualität (96/69/EG) sind im Juli 1999 neue, verschärfte Grenzwerte unter anderem für Feinstaub (PM₁₀) eingeführt und mit der 22. BImSchV (11/09/2002) in deutsches Recht umgesetzt worden. Aufgrund der durch Messungen festgestellten Überschreitungen der Tagesgrenzwerte werden zurzeit Maßnahmenpläne zur Reduzierung der Luftbelastung erstellt. Der Straßenverkehr liefert hierbei einen relevanten Teil zu den Überschreitungen.

Der Verkehrsbeitrag zur Feinstaubbelastung geht auf drei Gruppen von Partikeln zurück:

1. direkt emittierte Primärpartikel aus den Abgasen (im Wesentlichen Ruß aus unvollständiger Kraftstoffverbrennung, Partikelgröße $< 1 \mu\text{m } d_{ae}^i$)
2. diffus emittierte Partikel (Reifenabrieb, Bremsabrieb, Kuppelungsabrieb, Straßenabrieb, Aufwirbelung von Straßenstaub, Korrosionspartikel Fahrzeug/Straße/Straßeneinbauten; Partikelgröße überwiegend $> 1 \mu\text{m } d_{ae}$)
3. Sekundärpartikel aus gasförmigen Vorläuferstoffen (im Wesentlichen Nitrate aus NO_x-Emission, aber auch partikelgebundene Kohlenstoffverbindungen aus VOC (volatile organic carbon) -Emissionen, Partikelgröße überwiegend $< 1 \mu\text{m } d_{ae}$)

Die Sekundärpartikel nach 3. spielen unmittelbar an der verkehrsbelasteten Stelle nur eine untergeordnete Rolle, da für die Konversion von NO_x zu Nitraten längere Aufenthaltszeiten in der freien Atmosphäre oder katalytisch wirksame Oberflächen notwendig sind. Sie tragen aber sowohl zur großräumigen Hintergrundbelastung als auch zum städtischen Hintergrund bei. Emissionsfaktoren für Stickstoffoxide sind durch prüfstandsgestützte Fahrzeugflottenprüfungen recht genau bekannt.

Auf gleichartigen Prüfungen basieren auch die Kenntnisse über die motorischen Primärpartikel-Emissionsfaktoren, die, nach verschiedenen Fahrzeugklassen, Fahrsituationen und weiteren Kriterien wählbar, im Handbuch für Emissionsfaktoren [HBEFA] niedergelegt sind.

Größere Unsicherheiten bestehen allerdings hinsichtlich des Beitrags der diffusen Partikelemissionen. Zwar hat sich hier der Kenntnisstand bezüglich der diffusen PM_{10} -Gesamtemission in den letzten Jahren durch verschiedene Studien deutlich erhöht, so dass mittlerweile ebenfalls pauschale Emissionsfaktoren für PKW und LKW zur Verfügung stehenⁱⁱ.

Die Aufteilung in die Teilprozesse und damit deren jeweilige Relevanz für die Gesamtemissionen ist jedoch noch weitgehend unklar. Dies ist u.a. durch die komplexe Zusammensetzung des an der Straße messbaren Feinstaubes und die in der Regel nicht eindeutig unterscheidbaren Emissionsprozesse zu erklären (z.B. kann primär emittierter Ruß auch auf der Straße deponiert und wieder aufgewirbelt werden). Bisher in diese Richtung durchgeführte Studien untersuchten, nicht zuletzt wegen der damit verbundenen erheblichen messtechnischen Anforderungen, stark frequentierte und hoch belastete Innerortsstraßen oder nutzten den partikelanreichernden Effekt von Tunneln^{iii,iv}. Die dabei erhaltenen Ergebnisse ließen sich somit nicht ohne Weiteres auf frei angeströmte Autobahnabschnitte übertragen, so dass Rückschlüsse auf die Gesamtemissionen von Autobahnverkehr nur eingeschränkt möglich waren.

Mit dem vorliegenden Projekt sollte diese Erkenntnislücke geschlossen und erstmals ermittelt werden, welchen Beitrag zur gesamten PM_{10} -Emission die Abriebs- und Aufwirbelungsprozesse an Autobahnen mit freier Luftanströmung und gleichmäßigem Verkehrsfluss leisten.

2. Methodischer Ansatz

Die Messungen fanden während des Zeitraums 01.09.2005 bis 07.01.2007 in zwei Phasen (09/2005-03/2006 und 06/2006 bis 01/2007) an der A 61 zwischen dem AK Meckenheim und dem AD Bad Neuenahr statt (s. Abbildung 1). Der DTV betrug dabei im Durchschnitt ca. 72.000 Fzg/Tag, mit einem Schwerverkehrs-Anteil von 20%, wobei dieser stundenweise betrachtet im Mittel bei 28% lag und zwischen 2 und 82% variierte).



Abbildung 1. Lage des Messortes an der A 61 (Google Earth Satellitenphotos)

Beidseitig der Fahrbahn wurden die Massenkonzentrationen der PM_{10} und PM_{10-1} -Fraktionen bestimmt. Die PM_{10-1} -Fraktion diente einer Differenzierung der gemessenen Zusatzbelastung in abgasbedingte und nicht abgasbedingte Emissionen, da davon ausgegangen wird, dass die nicht abgasbedingten Verkehrsemissionen fast ausschließlich zur PM_{10-1} -Größenfraktion 1-10 μm bei PM_{10} beiträgt. Die Messung erfolgte bei beiden Fraktionen sowohl kontinuierlich als auch diskontinuierlich. Zur Bestimmung der Gesamtemissionsfaktoren von PM_{10} , PM_{10-1} und PM_{1-10} wurde in Anlehnung an [1] die NO_x -Tracermethode¹ verwendet. Dazu wurden zeitaufgelöst die NO_x -Konzentrationen gemessen. Darüber hinaus erfolgte eine Messung der meteorologischen Parameter entsprechend der VDI-Richtlinie 3786.

¹ Dabei wird aus gemessenen NO_x -Immissionen und bekannten NO_x -Emissionsfaktoren ein Verdünnungsfaktor¹ ermittelt, der anschließend auf die gemessenen PM_x -Immissionen zur Rückrechnung der unbekanntem PM_x -Emissionsfaktoren angewendet wird.

Informationen zum Verkehrsaufkommen für 8+1 Fahrzeugklassen und jeden Fahrstreifen wurden von der Bundesanstalt für Straßenwesen zur Verfügung gestellt.

Die Konzentrationen ausgewählter PM₁₀-Inhaltsstoffe wurden durch chemische Analysen der beprobten Filter von insgesamt 68 nach Windrichtungs- und Belastungshöhe selektierten Tagen ermittelt. Diese Stichprobe umfasste Filter aus allen Messmonaten und allen Wochentagen. Die PM₁-Fraktion wurde zusätzlich auf den Gehalt an elementarem (EC) und organischem Kohlenstoff (OC) untersucht, da die als Differenz PM₁₋₁₀ errechenbare EC-Konzentration in der Grobstaubfraktion als ein möglicher Indikator für Reifenabrieb herangezogen werden sollte. Anhand dieser Analysendaten wurde eine Modellierung mit einer Positiv-Matrix-Faktorisierung (PMF) durchgeführt, um Emissionsfaktoren für Reifen-, Brems- und Straßenabrieb zu ermitteln.

3. Untersuchungsergebnisse

Nachstehende PM_x-Emissionsfaktoren wurden ermittelt:

Tabelle 1. Emissionsfaktoren für PM_x

	KFZ* [g/km*Fzg]	PKW* [g/km*PKW]	LKW* [g/km*LKW]	KFZ** [g/km*Fzg] (Analysentage)
EF PM10	0,067	0,033	0,187	0,066
EF PM1	0,039	0,017	0,119	0,030
EF PM1-10	0,027	0,016	0,068	0,035

* bestimmt aus den Halbstundenwerten (TEOM)

** bestimmt aus den Tageswerten (für die Analytik ausgewählte Filter, N=68)

Die Werte für PM₁₀ sind gut vergleichbar mit Ergebnissen anderer Studien bzw. im Fall von PM₁ mit den mittels HBEFA errechneten Emissionsfaktoren für die vorliegende Verkehrssituation (Autobahn ohne Geschwindigkeitseinschränkung, DTV 72.000, 20% LKW-Anteil). Deutliche Unterschiede ergaben sich für die auf Messung beruhenden Emissionsfaktoren der Fraktion PM₁₋₁₀ im Vergleich zu den Standard-Emissionsfaktorenⁱⁱ. Letztere

führen für die vorliegende Verkehrssituation zu einer Überschätzung der Emission von mehr als einem Faktor 2.

Abbildung 2 zeigt die vorgefundene chemische Zusammensetzung der PM₁₀-Fraktion in Vor-, Gesamt- und Zusatzbelastung. Die typischen Sekundäraerosol-Komponenten Sulfat, Nitrat und Ammonium spielen für die Zusatzbelastung erwartungsgemäß keine Rolle. Zunahmen der relativen Anteile in der Zusatzbelastung sind insbesondere für die Kohlenstoffkomponenten, NaCl und Metalloide zu erkennen.

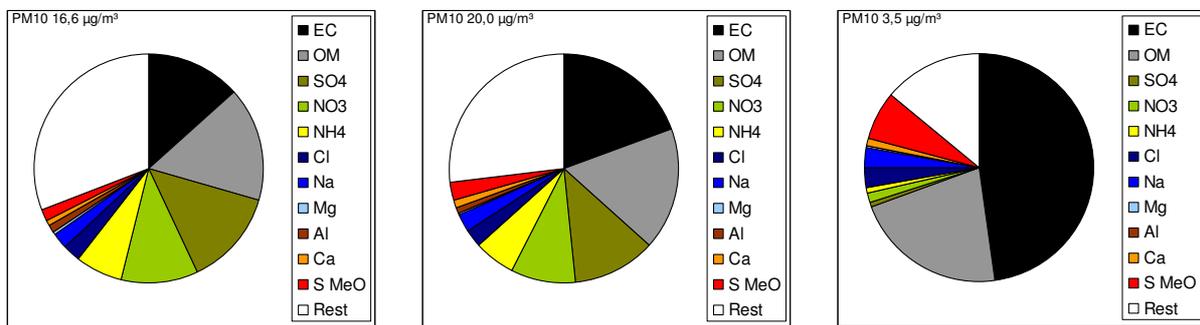


Abbildung 2. Mittlere Zusammensetzung der ausgewählten PM₁₀-Proben (links: unbelastete Seite, Mitte: belastete Seite, rechts: Zusatzbelastung)

Anhand der Inhaltsstoffanalysen wurde eine mehrstufige PMF-Modellierung durchgeführt. Nach Abtrennung der für die Zusatzbelastung irrelevanten Stoffe sowie der überwiegend mit dem Abgas emittierten PM₁-gebundenen Kohlenstoffkomponenten wurden die übrigen Stoffe noch 4 Faktoren zugeordnet und quellprozessspezifische Emissionsfaktoren erhalten (Tabelle 2).

Tabelle 2. Ergebnisse der Faktoranalyse

Quellprozess	Anteil an PM ₁₀ - Gesamtemission [%]	Emissionsfaktor [mg/km*Fzg]
Tausalz-Aufwirbelung (nur bei Winterdienst)	13	9
Bremsabrieb	14	9
Reifenabrieb	3	2
Aufwirbelung, Straßenabrieb	7	5
Motorische Emissionen	57	38
Nicht zugeordnet, überwiegend Aufwirbelung	6-19	3-12

4. Folgerungen

Die aus den hier vorgelegten PM₁₀- und PM₁-Messungen resultierenden Werte für die Grobfraction PM₁₋₁₀ erwiesen sich für die hier untersuchte Immissions- und Verkehrssituation „frei angeströmte Autobahn“ als nur etwa halb so hoch wie die aktuell verwendeten PM₁₀-Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abriebⁱⁱ. Dies indiziert eine mögliche Überschätzung der daraus resultierenden PM₁₀-Emissionen bei Anwendung auf das gesamte Autobahnnetz, wobei aber berücksichtigt werden muss, dass die hier ausgewerteten Messungen keine Jahresrepräsentanz aufweisen.

Erstmals wurden für die typischerweise auf Autobahnen anzutreffenden Verhältnisse mittels multivariater Faktorenanalyse Emissionsfaktoren für einzelne, die nicht-motorischen Emissionen des Straßenverkehrs bestimmende Prozesse quantifiziert. Die Ergebnisse waren im Rahmen der erzielbaren Genauigkeit mit Werten von Innerorts- bzw. Tunnelstudien^{i,ii} vergleichbar, lagen dabei aber z.T. am unteren Ende des berichteten Wertespektrums. Das Verhältnis von motorischen zu nicht-motorischen Emissionen ergab sich zu ca. 60:40. Bei Winterdienst mit Tausalzaufwirbelung

erhöhten sich die nicht-motorischen Emissionen, und das Verhältnis ist dann eher mit 50:50 zu beziffern. Diese Resultate bestätigen damit die Signifikanz der nicht-motorischen Partikelemissionen auch für den Autobahnverkehr.

5. Referenzen

ⁱ R. Gehrig, M. Hill, B. Buchmann, D. Imhof, E. Weingartner, U. Baltensperger: Verifikation von PM₁₀-Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Bericht von PSI und EMPA zum Forschungsprojekt ASTRA 2000/415, Dübendorf und Villingen, Juli 2003

ⁱⁱ I. Düring, A. Lohmeyer: Modellierung nicht motorbedingter PM₁₀-Emissionen von Straßen. KRdL Expertenforum Staub und Staubinhaltsstoffe 10/11. November 2004. KRdL-Schriftenreihe 33 (2004), 131 – 138

ⁱⁱⁱ A. Rauterberg-Wulff: Untersuchung über die Bedeutung der Staubaufwirbelung für die PM₁₀-Immission an einer Hauptverkehrsstraße. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie, TU Berlin, Fachgebiet Luftreinhaltung, Januar 2000

^{iv} Luhana Lakhu, Ranjeet Sokhl, Lynne Warner, Hongjun Mao, Paul Boulter, Ian McCrae, Julian Wright and Daniel Osborn: Characterisation of Exhaust Particulate Emissions from Road Vehicles (PARTICULATES), Oktober 2004

Einfluss von Straßenzustand auf die Partikelbelastung an Straßen

Dr. Ingo Düring,
Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul

Ausgangssituation

An verkehrsbeeinflussten Messstellen werden häufig PM_{10} -Grenzwerte nach 22. BImSchV (2007) überschritten. Neben verkehrslenkenden Maßnahmen und dem Verkehrsfluss werden dem Fahrbahnzustand relevante PM_{10} -Minderungspotenziale zugeschrieben. Hier gab es bisher wenige systematische Untersuchungen im Feldversuch.

Das Ziel eines Forschungsprojektes der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) (Düring et al., 2008) bestand deshalb darin, die Kenntnisse auf dem Gebiet der straßenverkehrsbedingten PM_{10} -Emissionen und -Immissionen u.a. in Abhängigkeit vom Straßenzustand auszubauen.

Untersuchungsverfahren

Im Rahmen der Umsetzung des Projektes erfolgte zunächst eine Literaturrecherche zum Thema. Auf Basis von Immissionsmessdaten an drei Straßenabschnitten wurde die Wirkung der Verbesserung des Fahrbahnzustandes unter Berücksichtigung des Einflusses verkehrlicher und meteorologischer Parameter auf die PM_{10} -Konzentrationen bzw. PM_{10} -Emissionen untersucht.

Von der TU Dresden, Institut für Verkehrsökologie, erfolgte dabei für zwei der drei Straßenabschnitte die messtechnische Analyse der Verkehrssituationen als wichtigen Input für die Berechnung der motorbedingten Emissionen mittels „Floating-Car-Methode“. Das IFEU Heidelberg berechnete darauf aufbauend für alle betrachteten Straßenabschnitte und Bezugszeiträume mittels TREMOD die motorbedingten PM_{10} -, NO_x - und Rußemissionen auf Basis aktueller Emissionsfaktoren und verfügbarer Fahrleistungsinformationen.

Neben der statistischen Analyse der Messdaten wurden auch Modellrechnungen mit dem prognostischen mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM durchgeführt. Diese dienen dazu, verschiedene, sich gegenseitig überlagernde Effekte (z. B. in den Bezugszeiträumen unterschiedliche Windverhältnisse und Motoremissionen) zu separieren bzw. die Minderungspotenziale der untersuchten Maßnahmen abzuschätzen.

Ergebnisse

Literatúrauswertung

Es gibt wie erwartet nachweislich zeitabhängige Veränderungen in den Eigenschaften der Fahrbahndeckschichten durch äußere Einflüsse. Diese sind u. a. abhängig von der Art der Deckschicht (Bindemittel, Mineralstoffarten, Zusatzstoffe). Zementfahrbahnen scheinen abriebfester zu sein als Asphaltfahrbahnen. Asphaltfahrbahnen mit Grauwacke als Mineralstoffsplitt scheinen polierresistenter (und damit abriebfester) zu sein, als zum Beispiel mit Kiessplitt oder Dolomit. Split-Mastix-Asphalt mit Quarzit emittierte in einem Rundlaufversuch bei gleicher Fahrzeuggeschwindigkeit mehrfach mehr PM_{10} als dichter Asphalt mit Granit. Hochfester Straßenbeton weist eine höhere Resistenz gegenüber Frost-Tausalz-Angriff und pH-lösenden Angriffen auf als normalfester Straßenbeton. Normalfester Straßenbeton scheint deshalb in der ersten Liegezeit höhere Materialverluste zu erleiden als hochfester Straßenbeton. Messungen in den USA zeigten, dass deutliche Minderungen sowohl bei PM_{10} als auch bei $PM_{2,5}$ für die Fälle auftraten, wo die Bankette mit Asphalt bzw. Zement befestigt wurden gegenüber den Fällen unbefestigter bzw. mit Splitt verdichteter Bankette. Gewaschener Splitt als Medium im Winterdienst lieferte in einem Rundlaufversuch unabhängig vom Reifentyp weniger PM_{10} als ungewaschener Sand.

Sollten die von Huschek (2004) mittels Fahrbahnanalyse aufgezeigten Spurrinnen ausschließlich aus dem Straßenabrieb resultieren, so wären in Deutschland ca. 0.3 bis 0.6 mm Fahrbahnabrieb pro Jahr bzw. ca. 0.03 bis 0.06 mm/10⁶ Kfz aus den Untersuchungen abzuleiten. Dies liegt in der gleichen Größenordnung wie von Muschak (1990) und Diering (2001) ge-

funden, aber ca. eine Größenordnung niedriger als Werte von Sieker et al. (1988).

Ausgewertete Feldversuche

Der Einfluss von Straßenoberflächenänderungen auf die PM_x -Belastungen konnte im Feldversuch an drei Messstellen untersucht werden. Dies waren die

- Lützner Straße in Leipzig (Hauptverkehrsstraße Tempo 50 mit ca. 4% LKW-Anteil und Verkehrssituationsmix „HVS2/Kern/HVS4/LSA2“ ohne Längsneigung),
- die Berliner Straße in Nauen (Hauptverkehrsstraße Tempo 50 mit ca. 7.5% LKW-Anteil und Verkehrssituation „LSA3“ ohne Längsneigung)
- und die Bergstraße in Erfurt (Hauptverkehrsstraße als Einbahnstraße Tempo 30 mit ca. 1.5% LKW-Anteil und Verkehrssituation „Kern_T30“ bei +4.6% Längsneigung).

Meteorologische Einflüsse, Einflüsse variierender Hintergrundbelastungen sowie Verkehrsstärken und Fahrzeugflottenzusammensetzungen auf die beobachteten Konzentrationsänderungen vor und nach der Fahrbahnsanierung wurden in der Auswertung berücksichtigt.

Aus den Datenauswertungen und Modellrechnungen zur **Lützner Straße in Leipzig** kann Folgendes abgeleitet werden:

Innerhalb der Bauphase wurden deutliche Einflüsse der Baustelle auf die PM_{10} -Konzentrationen festgestellt. Dies manifestierte sich sowohl in einer Minderung der PM_{10} - (aber auch NO_x -) Konzentrationen wegen des eingeschränkten Verkehrsaufkommens, aber auch in der deutlichen Erhöhung der PM_{10} -Konzentrationen an Tagen mit staubproduzierenden Arbeiten.

Die messtechnisch beobachtete Abnahme der PM_{10} -Gesamtbelastung zwischen dem Auswertzeitraum vor der Straßensanierung (2004) und nach der Straßensanierung (2006) von $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in der PM_{10} -Zusatzbelastung (ZB) resultiert auch aus

- $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Erhöhung der regionalen Hintergrundbelastung,
- $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Abnahme der ZB durch unterschiedliche Windbedingungen,
- $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Erhöhung der ZB durch Versetzung der Messstelle

3 bis 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Reduktion der ZB durch Veränderung der Verkehrsmenge und -zusammensetzung sowie veränderten fahrzeugspezifischen Emissionen

Hinweis: 2006 war etwas trockener als 2004. Dieser Einfluss auf die PM_{10} -ZB konnte nicht ausreichend quantifiziert werden. Die Reduktion durch die Verbesserung des Straßenzustandes wäre möglicherweise noch größer.

Dadurch ergibt sich eine

Reduktion durch Verbesserung des Straßenzustandes von 2 bis 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ca. 20 - 30 % der PM_{10} -Zusatzbelastung)

Da der motorbedingte PM_{10} -Emissionsanteil im Jahr 2004 bei ca. 30 % und der Aufwirbelungs- und Abriebsanteil bei gutem Straßenzustand bei ca. 70 % gelegen hätte, ergibt sich

PM_{10} -Emission-Auf/Ab (schlecht) = 1.4 * PM_{10} -Emission-Auf/Ab (gut).

Aus den Datenauswertungen und Modellrechnungen zur **Berliner Straße in Nauen** kann Folgendes abgeleitet werden:

Die messtechnisch beobachtete Abnahme der PM_{10} -Gesamtbelastung zwischen dem Auswertzeitraum vor der Straßensanierung (1998) und nach der Straßensanierung (2000) von 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in der PM_{10} -Zusatzbelastung resultiert auch aus

7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Reduktion der regionalen Hintergrundbelastung,

0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ d. h. keine Veränderung der ZB durch unterschiedliche Windbedingungen,

2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Reduktion der ZB durch Veränderung der Verkehrsmenge und -zusammensetzung sowie veränderte fahrzeugspezifische Emissionen

Dadurch ergibt sich eine

Reduktion durch Verbesserung des Straßenzustandes von 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ca. 60 % der PM_{10} -Zusatzbelastung)

Da der motorbedingte PM_{10} -Emissionsanteil im Jahr 2004 bei ca. 30 % und der Aufwirbelungs- und Abriebsanteil bei gutem Straßenzustand bei ca. 70 % gelegen hätte, ergibt sich

PM_{10} -Emission-Auf/Ab (schlecht) = 3.6 * PM_{10} -Emission-Auf/Ab (gut).

Aus den Datenauswertungen und Modellrechnungen zur **Bergstraße in Erfurt** kann Folgendes abgeleitet werden:

Innerhalb der Bauphase wurden, wie auch bei der Lützner Straße in Leipzig, deutliche Einflüsse der Baustelle auf die PM₁₀-Konzentrationen festgestellt. Dies manifestierte sich insbesondere durch eine deutliche Erhöhung der PM₁₀-Konzentrationen an Tagen mit staubproduzierenden Arbeiten.

Die messtechnisch beobachtete Abnahme der PM₁₀-Gesamtbelastung zwischen dem Auswertzeitraum vor der Straßensanierung (2005/2006) und nach der Straßensanierung (April bis November 2007) von 6.5 µg/m³ bzw. 2 µg/m³ in der PM₁₀-Zusatzbelastung resultiert aus

- | | |
|-------------------------------|---|
| 2.5 µg/m ³ | Abnahme der regionalen Hintergrundbelastung, |
| 0.1 µg/m ³ | Zunahme der Zusatzbelastung durch unterschiedliche Windbedingungen, |
| 2.0 µg/m ³ | Abnahme der städtischen Zusatzbelastung, |
| 0.7 bis 1.5 µg/m ³ | Reduktion der ZB durch veränderte motorbedingte Emissionen. |

Dadurch ergibt sich für den Auswertzeitraum

eine Reduktion durch Verbesserung des Straßenzustandes von ca. 0.6 bis 1.4 µg/m³ (ca. 8 % bis 18% der PM₁₀-Zusatzbelastung).

Aus den durchgeführten Auswertungen konnte für die Bergstraße in Erfurt als Obergrenze für eine PM₁₀-Minderung der nicht motorbedingten Partikel beim Übergang vom schlechten zum guten Straßenzustand folgender Wert abgeleitet werden:

$$\text{PM}_{10}\text{-Emission-Auf/Ab (schlecht)} = 1.2 * \text{PM}_{10}\text{-Emission-Auf/Ab (gut)}.$$

Die höchste PM₁₀-Minderung wurde demnach an der Berliner Straße festgestellt. Diese war dort für den nicht motorbedingten Anteil der PM₁₀-Emissionen ca. 2.6-mal höher als an der Lützner Straße. Für beide Straßen wurde auch in der Zustandsbewertung ein Übergang des Straßenzustandes von „schlecht“ auf „gut“ festgestellt. Inwieweit der deutlich geringere Minderungseffekt in der Lützner Straße durch die örtlichen Gegebenheiten

ten oder durch den eingeschränkten Auswertzeitraum nach der Sanierung von 6 Monaten bedingt ist, könnte nur durch eine erweiterte Datenauswertung geklärt werden.

In der Bergstraße in Erfurt wurde bisher die geringste Minderung abgeschätzt. Ursachen dafür könnten sein:

- Wegen der Tempo 30-Signalisierung und der Bergauffahrt liegen die Fahrzeuggeschwindigkeiten in der Bergstraße deutlich niedriger als an den anderen beiden untersuchten Straßen. Dies führt ggf. zu einem geringeren Anteil der Aufwirbelungs- und Abriebsemissionen. Der abgeschätzte Anteil der Aufwirbelungs- und Abriebsemissionen von ca. 50 bis ca. 60% an der PM_{10} -Gesamtemission im Vergleich zu ca. 70% an der Lützner und Berliner Straße weist darauf hin.
- Die Schadenswertklasse lag vor der Sanierung mit 3.8 nur gering über der bisher auf mangelnder Datenlage festgelegten Schwelle des Übergangs von „gutem“ zu „schlechtem“ Straßenzustand von 3.5. Bei den anderen beiden Straßenabschnitten lag die Schadenswertklasse vor der Sanierung bei 4.1 bzw. 4.5, der Straßenzustand war in der Lützner Straße und der Berliner Straße vor der Sanierung also schlechter als in der Bergstraße. Dies könnte ebenfalls das beobachtete geringere Reduktionspotenzial begründen.

Insgesamt kann somit festgestellt werden, dass durch die Sanierung von im Sinne der PM_{10} -Emissionsmodellierung schlechten Fahrbahnen und Gehwegen an allen drei untersuchten Straßen eine PM_{10} -Minderung abgeleitet werden konnte, die Höhe der absoluten Minderung aber wahrscheinlich von weiteren Randbedingungen (Ausgangszustand, Fahrzeuggeschwindigkeit, Längsneigung) abhängig ist. Weiterführende Auswertungen werden deshalb empfohlen.

Literatur

22. BImSchV (2007): Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte). In: BGBl. I Nr. 66 vom 17.09.2002, S. 3626; zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I, S. 241).

- Diering (2001): Persönliche Information von Hr. Diering von der Bauabteilung der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, Referat für Straßenbau an Hr. Reichenbächer, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 1X D 2, Berlin.
- Düring, I., Lohmeyer, A., Moldenhauer, A. (2008): Einfluss von Straßenzustand, meteorologischen Parametern und Fahrzeuggeschwindigkeit auf die PM_x -Belastung an Straßen. Arbeitsstand zum FE 02.0265/2005/LRB vom 4.1.2008. Auftraggeber: Bundesanstalt für Straßenwesen.
- Huschek, S. (2004): Entwicklung der Oberflächeneigenschaften auf der Versuchsstrecke Bamberg A 70 - Messtechnische Erfassung 1999 - 2001. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 898/2004, Hrsg: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn, August 2004.
- Muschak, W. (1990): Pollution of street run-off by traffic and local conditions. In: The Science of the total Environment 93 (1990) S. 419 – 431.
- Sieker, F.; Grottker, M. (1988): Beschaffenheit von Straßenoberflächenwasser bei mittlerer Verkehrsbelastung. Bericht der Universität Hannover, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau, Juni 1987, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 530, 1988. Hrsg. BMV, Abt. Straßenbau, Bonn.

Einfluss von Straßenrandbegrünung auf die Feinstaubbelastung an hoch frequentierten Straßen

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Eberhard Schmidt,
Bergische Universität Wuppertal,
Fachgebiet Sicherheitstechnik/Umweltschutz

1. Einführung

Die Abscheidung von Partikeln aus Gasen mit unterschiedlichen technischen Verfahren zum Zwecke der Emissionsminderung ist hinreichend untersucht und beispielsweise in [1, 2] zusammenfassend dokumentiert. Eine Übertragung dieser Erkenntnisse auf winddurchströmte Pflanzen rückt zwar zunehmend in den Focus [3, 4], doch ist das Wissen noch sehr lückenhaft. Der Einfluss von Straßenrandbegrünung auf die PM_{10} -Belastung ist noch nicht ausreichend erfasst, um beispielsweise bei Luftreinhalteplänen fundierte Aussagen zuzulassen. Die Verbindung des Wissens um den Partikeltransport mit dem Wind zu den pflanzlichen Kollektoren am Straßenrand (siehe Bild 1), das Auftreffen und Haften der Partikeln auf diesen Kollektoren, das eventuelle Wiederablösen durch Wind und Regen sowie die Wirkung der abgeschiedenen Partikeln auf die Pflanzen ist noch nicht abschließend gelungen. Einen wichtigen Ansatz in diese Richtung findet man bei [5]. Eine Unterstützung experimenteller Aussagen durch Simulationsrechnungen ist aufgrund gesteigerter Rechnerkapazitäten inzwischen gut möglich.

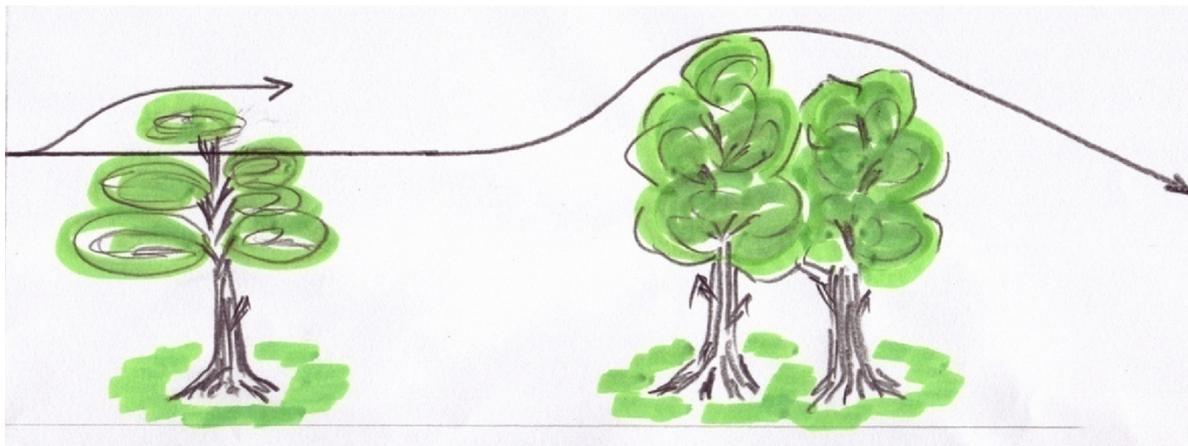


Bild 1: Schematische Darstellung der Durchströmung und Umströmung von Pflanzen mit feinstaubbelasteter Luft.

Die Minderungswirkung der Vegetation auf die PM_{10} -Belastung der Luft im Straßenseitenraum von Bundesfernstraßen außerorts wird im Rahmen eines von der Bundesanstalt für Straßenwesen geförderten Forschungsvorhabens seit April 2007 untersucht. Falls eine solche Minderungswirkung nachgewiesen werden sollte, könnten gezielte Begrünungsmaßnahmen in der Straßenplanung sowie in der Luftreinhalte- und Aktionsplanung Anwendung finden. Durch eine so herbeigeführte Absenkung der Luftschadstoffbelastung könnten den Straßenverkehr beschränkende Maßnahmen eventuell entfallen.

Die größte Bedeutung kann dieses Vorhaben für öffentliche Aufgaben erlangen, wenn eine Umsetzung der Ergebnisse in Luftreinhalte- und Aktionspläne der Immissionsschutzbehörden möglich wird. Aus wissenschaftlicher Sicht ist der interdisziplinäre Ansatz zwischen Ingenieur- und Naturwissenschaften, insbesondere zwischen der Partikeltechnologie und der Pflanzenphysiologie, als Erfolg versprechend und vielleicht auch für künftige Projekte als richtungsweisend anzusehen. Interessante wirtschaftliche Aspekte sind im Rahmen des Vorhabens auch dann zu erwarten, falls ein geeignetes abiotisches Sammelmateriale gefunden werden wird. Dies könnte an allen belasteten Straßen zur Feinstaubminderung eingesetzt werden.

Die Erfolgsaussichten des Forschungsvorhabens werden als sehr hoch eingeschätzt, was die qualitative und quantitative Beschreibung der Minderungswirkung von beispielsweise Hecken auf die PM_{10} -Konzentration angeht. Ob die Minderungswirkung so groß sein wird, dass eine gezielte An-

pflanzung von Hecken oder alternativen Staubsammlern empfohlen werden kann, werden erst die Ergebnisse zeigen. Eine diesbezügliche Prognose erscheint dem Autor als zu gewagt.

2. Experimentelle Untersuchungen

2.1 Bestäubungskammer

Am Anfang stehen die Untersuchungen im Labor in Bestäubungskammern zu den Mechanismen der Partikelabscheidung an unterschiedlichen Pflanzenarten und Pflanzenteilen, zum Verbleib des Staubes auf den Pflanzen und zur Widerstandsfähigkeit der Pflanzen.

In vorhandenen, mit entsprechender optisch arbeitender Partikelmess-technik ausgestatteten Pflanzenbestäubungskammern (siehe Bild 2) werden die Mechanismen der Partikelabscheidung (Impaktion, Diffusion, Sedimentation, Sperreffekt, ...) an den unterschiedlichen Pflanzenteilen (Blätter, Nadeln, Zweige, Stiele, ...) untersucht. Die Untersuchung der Mechanismen der Partikelabscheidung umfasst eine Bestimmung des partikelgrößenabhängigen Abscheidegrades für Staubpartikeln im Größenbereich von zunächst 0,5 μm bis 10 μm (gerechnet in aerodynamischen Durchmessern) für mindestens drei Windgeschwindigkeiten. Als Teststäube werden entsprechend fein gemahlene Kalkstein- und Aluminiumoxid-Pulver verwendet.

Die Pflanzen werden entweder aus der freien Natur entnommen oder im universitätseigenen Gewächshaus herangezogen. Die aus dem Straßen- und Verkehrswesen bekannten Informationen zur Eignung von Pflanzen für den Extremstandort Straße finden dabei Berücksichtigung. Es wurden zunächst vier Arten gewählt: Rote Heckenkirsche (*Lonicera xylosteum*), Berg-Johannisbeere (*Ribes alpinum*), Kartoffel-Rose (*Rosa rugosa*) und Purpurbeere (*Symphoricarpos* chen. Hancock). Weiterhin stehen aufgrund von Vorversuchen zur Pflanzenphysiologie drei weitere Arten auf der Liste: Fichte (*Picea abies*, siehe Bild 3), Kirschlorbeer (*Prunus laur.*) und Brennesselgewächse (*Urticaceae* juss., siehe Bild 4). Weitere Arten werden eventuell als Resultat der eigenen experimentellen Untersuchungen oder der Ergebnisse einer Literaturstudie ausgewählt werden müssen.

Bild 2
Fotografie von zwei zylindrischen
Pflanzenaufnahmesegmenten
(des Durchmessers 0,3 m) der für
einen Volumenstrom von maxi-
mal 5 m³/h ausgelegten
Bestäubungskammer.



Bild 3
Fotografie des Untersuchungsob-
jektes „Gemeine Fichte (Picea
abies)“ und eines Imitates (rechts
im Bild).



Bild 4
Fotografie des Untersuchungsob-
jektes „Brennnessel (Urtica L.)“.



Zur Bestimmung von Einflüssen von Staubemissionen auf die ausgewählten Pflanzen werden je nach Fragestellung verschiedene ökologische, chemische und pflanzenphysiologische Parameter herangezogen. Dabei werden Untersuchungen auf den Ebenen „Organismus“, „Gewebe, Organe“ und „Zelle“ vorgenommen. Beispielhaft seien die Ermittlung der Enzymaktivität, der Photosyntheserate und des Farbstoffgehaltes in den Blättern genannt.

Die Erstellung lichtmikroskopischer (siehe Bild 5) und elektronenmikroskopischer (siehe Bild 6) Aufnahmen und deren bildanalytische Auswertung können zur weiteren Charakterisierung mit herangezogen werden.

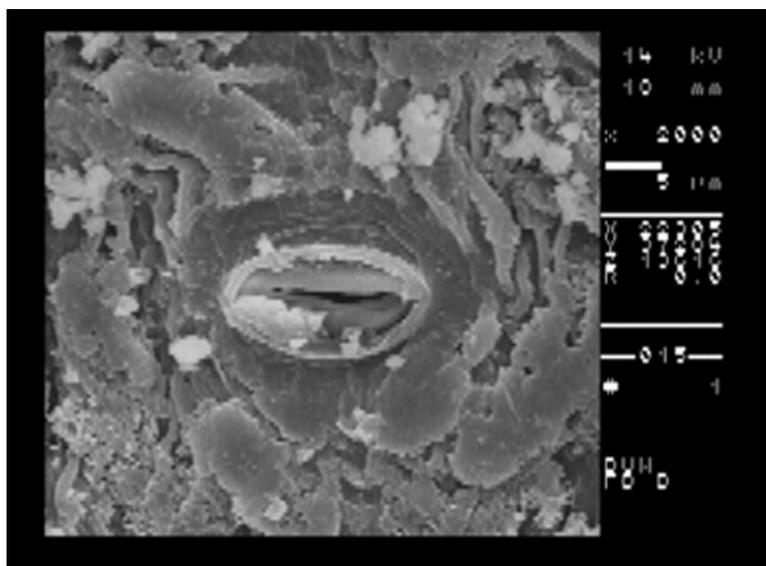
Bild 5

Fotografie der Oberfläche eines mit einzelnen Kalksteinpartikeln und Agglomeraten bestaubten Blattes (Bildausschnitt Durchmesser 4 mm).



Bild 6

Fotografie der Unterseite eines mit Kalksteinpartikeln bestaubten Blattes (Bildausschnitt Diagonale ca. 0,04 mm) im Bereich einer Spaltöffnung.



2.2 Windkanal

Die Untersuchungen im Labor im Windkanal dienen zunächst zur quantitativen Erfassung der Durchströmung und Umströmung von Pflanzenanordnungen (Hecken) unterschiedlicher Abmessungen. Für repräsentativ ausgewählte Modellhecken definierter Höhe, Breite und Porosität (Hohlraumvolumenanteil) wird im Windkanal für eine gegebene Anströmgeschwindigkeit untersucht, welcher Luftanteil durch die Hecke durch und welcher um die Hecke herum geführt wird. Nur der erstere ist für die gemäß Abschnitt 2.1 ermittelten Abscheidemechanismen relevant und deshalb für straßentypische transiente Windverhältnisse zu erfassen. Mindestens drei verschiedene Heckenarten (sowohl Laubgehölze als auch Koniferen) werden untersucht werden. Pro Heckenart werden drei Höhen, drei Breiten und drei Porositäten vermessen, um unterschiedliche Bewuchsformen und Bewuchsdichten zu simulieren.

In Bild 7 ist der Messaufbau des sich gerade im Aufbau befindlichen Windkanals schematisch stark vereinfacht dargestellt. Eine Fotografie eines Kanalteiles (der Querschnittsfläche von ca. einem Quadratmeter) wird in Bild 8 wiedergegeben.

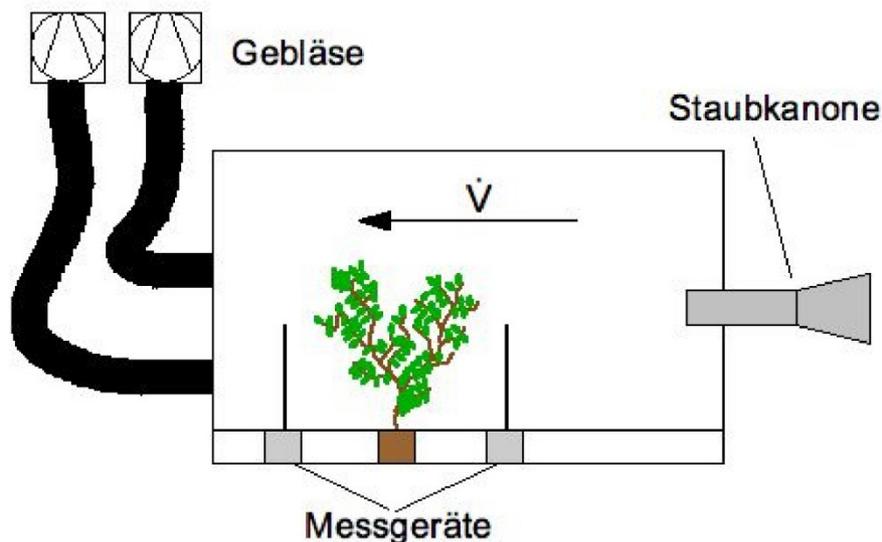


Bild 7

Schematische Darstellung des Windkanals mit Anordnung der Hecke, zweier optischer Aerosolspektrometer und des zur Aerosolerzeugung verwendeten Gerätes zur Dosierung und Dispergierung von Staub.

Auch hier werden die größenabhängigen Partikelabscheidegrade – zumindest für die hinreichend grenzwertrelevanten Fraktionen PM_{10} , $PM_{2,5}$ und PM_1 – mit optischen, d. h. direkt anzeigenden Messverfahren für drei mittlere Durchströmungsgeschwindigkeiten erfasst. Hierzu werden vor und nach der Hecke lokal Aerosolproben entnommen und online ausgewertet.



Bild 8
Fotografie des Pflanzenaufnahmesegementes des für einen Volumenstrom von maximal $20.000 \text{ m}^3/\text{h}$ ausgelegten Windkanals der Querschnittsfläche von ca. 1 m^2 .

Laboruntersuchungen zum Einsatz abiotischer, offenporiger, witterungsbeständiger Materialien als Alternative zu Pflanzen sind geplant. In Anlehnung an aus der Klimatechnik bekannten Verfahren der Partikelabscheidung aus Gasen werden Strukturen entwickelt und getestet werden, die den rauen Bedingungen an einer Straße standhalten und zugleich eine nennenswerte Partikelabscheidung bei der Durchströmung realisieren können. Mindestens zwei verschiedene Alternativen, die sich in den charakteristischen Abmessungen der Einzelkollektoren unterscheiden, werden untersucht. Pro Alternative werden drei Höhen, drei Breiten und drei Porositäten vermessen. Ein wichtiges Augenmerk wird in diesem Zusammenhang der Regenerierung der Strukturen zukommen, dass heißt dem zyklischen Abtransport der abgeschiedenen Partikeln beispielsweise durch Regenwasser.

2.3 Feldversuche

Durch Felduntersuchungen an geeigneten Standorten wie hoch frequentierten Außerortsstraßen im Raum Wuppertal werden die im Labor gefundenen Ergebnisse durch Messungen unter realen Bedingungen an Straßen vor Ort zu verschiedenen Jahreszeiten ergänzt (siehe Bilder 9 und 10). Obwohl vor Ort die Versuchsbedingungen schwerer zu erfassen und kaum zu kontrollieren sind, werden trotzdem wichtige Rückschlüsse auf den Einfluss der Straßenrandbegrünung zur Heckendurchströmung resp. Heckenumströmung und Partikelminderung erwartet.



Bild 9

Fotografien der für die Messstellen an der Autobahn A1 ausgewählten Bereiche.



Bild 10

Fotografien der für die Messstellen an der Autobahn A46 ausgewählten Bereiche.

Es sind sechs Messperioden zu unterschiedlichen Jahreszeiten à mindestens zwei Messorten à mindestens einer Woche reine Messdauer geplant. Die Messorte wurden so gewählt, dass jeweils mindestens drei verschiedene Heckenabmessungen verfügbar sein werden. Neben meteorologischen Daten (wie Temperatur, Druck, Feuchte, Windgeschwindigkeit, Windrichtung) sind die lokalen Geometrien und Strömungsverhältnisse im Bereich der Hecke (Luftgeschwindigkeit vor, in, über, nach der Hecke) und insbesondere die zugehörigen PM_{10} -Konzentrationen zu erfassen. Bild 11 zeigt hierzu schematisch eine mögliche Anordnung von Messgeräten.

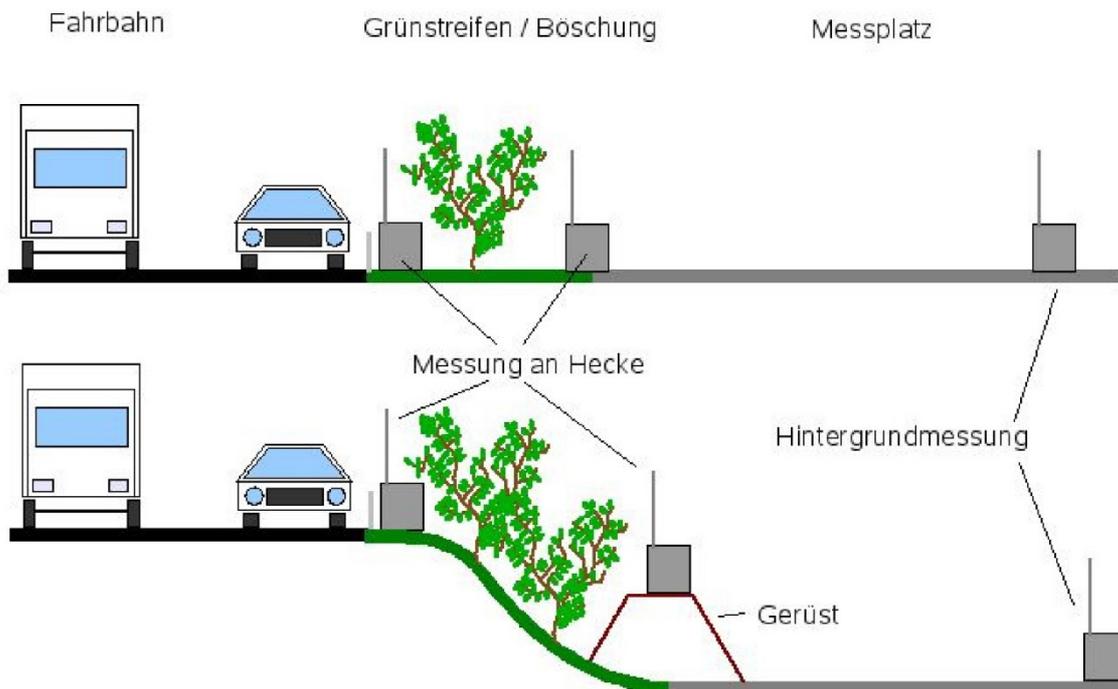


Bild 11

Schematische Darstellung der Feldmessungen mit Anordnung der Straße, der Hecke und der Aerosolspektrometer.

3. Modelle und Simulationsrechnungen

Theoretische Simulationen zu Mehrphasenströmungen durch und um poröse Systeme mit Methoden der Computational Fluid Dynamics (CFD) und Vergleich mit den experimentell gewonnenen Ergebnissen wurden begonnen. In Bild 12 ist beispielhaft das Ergebnis einer Berechnung der Strömung in einer Bestäubungskammer ohne Einbauten und Pflanzen dargestellt. Die Netzgenerierung erfolgte mit dem Programm „Gambit“; die Rechnungen selbst wurden auf einem Arbeitsplatzrechner mit dem erprobten Softwarepaket „Fluent“ ausgeführt.

Alle experimentellen Vorgehensweisen werden unterstützend begleitet durch Simulationsrechnungen. Hierdurch wird die Zahl der durchzuführenden Experimente deutlich reduziert werden; nur so kann innerhalb des vorgesehenen Zeitraumes eine ausreichende Datenbasis geschaffen werden. Dies wird insbesondere die Strömungsbedingungen um die und in den Hecken und die Berechnung der PM_{10} -Minderung bei der „Zusammenschaltung“ verschiedener Mechanismen betreffen.

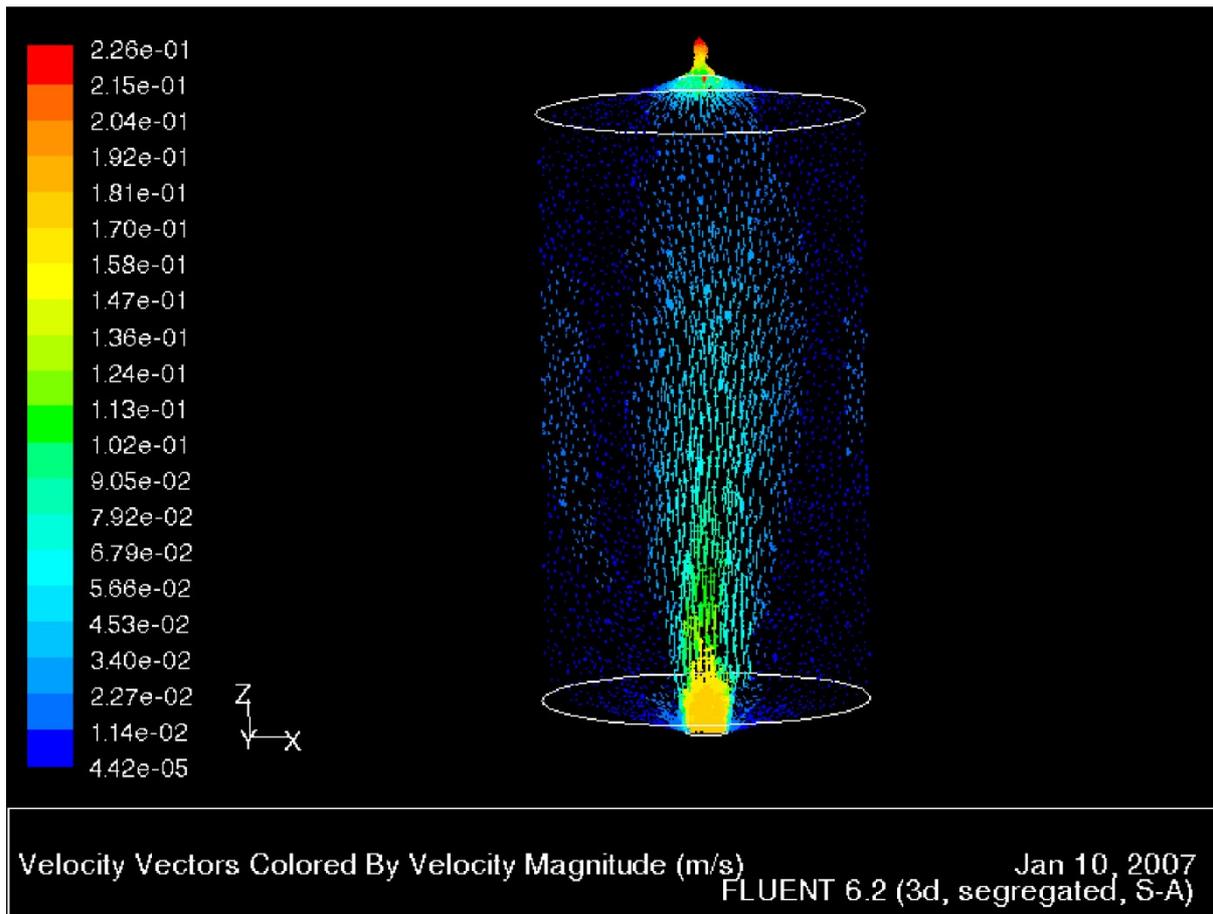


Bild 12

Strömungssimulation zur Durchströmung eines zylindrischen Pflanzenaufnahmesegmentes der Bestäubungskammer (vgl. Bild 2).

In Bild 13 ist ein von links nach rechts durchströmter, zylindrischer Raum mit einem auf der Achse angeordneten, scheibenförmigen Kollektor (Durchmesser 50 mm) abgebildet. Dieser Kollektor kann um den Winkel Alpha zur Strömung angestellt werden. In einem ersten Schritt erfolgte die Vernetzung mit einer Million tetrahedraler Zellen, so dass sich ca. zwei Millionen dreieckige Grenzflächen und ca. 175.000 Knoten ergeben. Die Turbulenzmodellierung erfolgte mit dem k-omega-Ansatz.

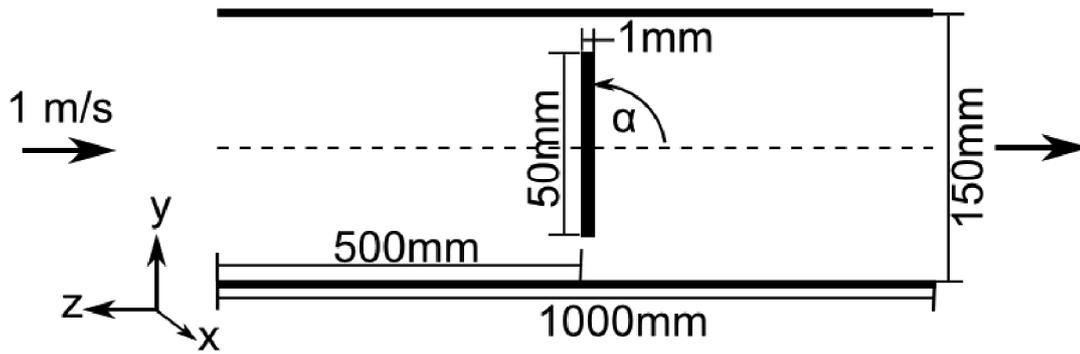


Bild 13

Geometrische Randbedingungen zur Berechnung der Partikelabscheidung an einem blattförmigen Kollektor in einem zylindrischen Modellraum.

In Bild 14 sind Partikelbahnen der Kollektorumströmung bei 60 Grad Neigung gegenüber der Mittellinie dargestellt. Auf dem blattförmigen Kollektor endende Bahnen kennzeichnen die Orte der Partikelabscheidung. In Bild 15 werden diese separat größenspezifisch betrachtet.

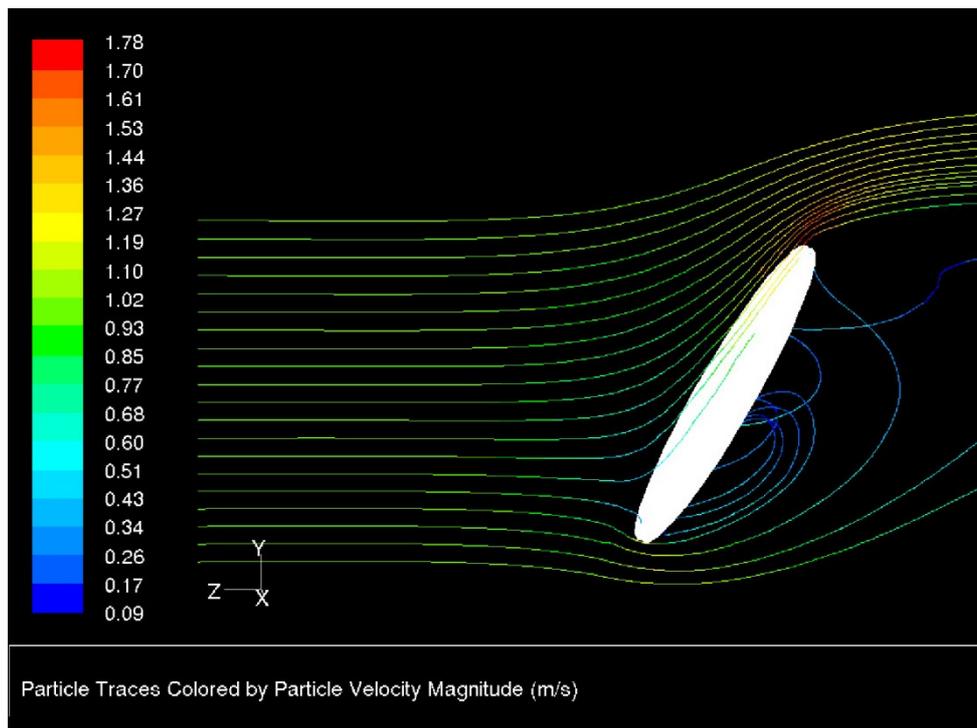


Bild 14

Darstellung von Partikelbahnen der An- und Umströmung eines Kollektors.

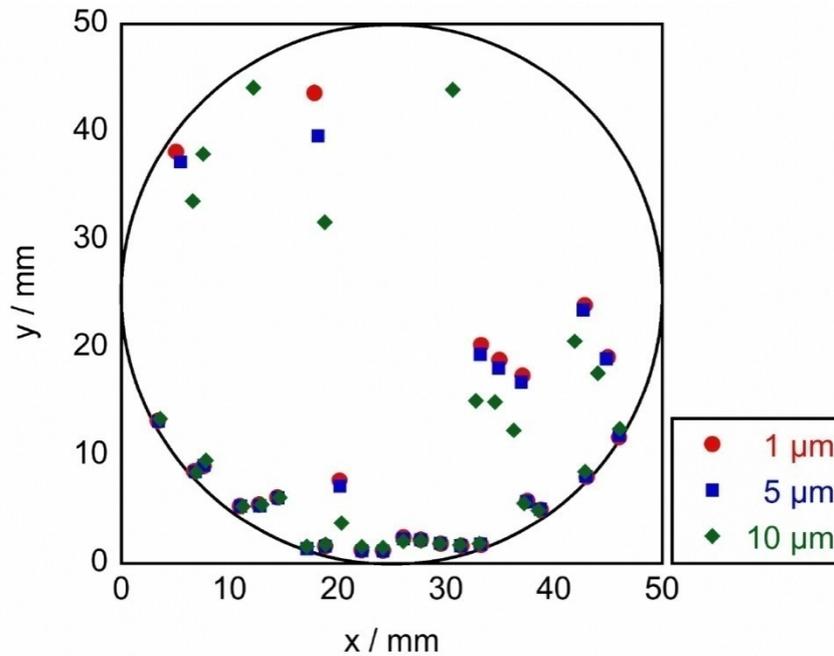


Bild 15

Darstellung der Abscheideorte auf der Vorderseite eines geeigneten Kollektors für Partikeln unterschiedlicher Durchmesser.

4. Zusammenfassung

Es gilt die Frage zu beantworten, in welchem Maße entlang von stark befahrenen Straßen vorhandene Anpflanzungen an diese durch Luftströmung herangetragenen Feinstaub abscheiden und so die PM_{10} -Belastung mindern können. Diese quellnahe Feinstaubreduzierung könnte im Erfolgsfalle als eine Maßnahme in Luftreinhalte- und Aktionspläne Einzug halten.

Hierzu wird ein Versuchsprogramm beschrieben, das von der Betrachtung des einzelnen Blattes über die Untersuchung von kleinen Hecken im Labor (Bestaubungskammer und Windkanal) bis hin zu Feldmessungen an Bundesautobahnen reicht. Zur Ergänzung der Experimente werden Simulationsrechnungen durchgeführt werden, die gleichfalls alle relevanten Größenskalen überstreichen.

5. Literatur

- [1] E. Schmidt: Gasreinigung, Chem.-Ing.-Tech., 79 (2007) 11, 1883 – 1892.
- [2] E. Schmidt: Kurz gefasste Grundlagen der Partikelcharakterisierung und Partikelabscheidung. Shaker, Aachen (2001).
- [3] K.P. Beckett, P. Freer-Smith, G. Taylor: Effective tree species for local air-quality management. Journal of Arboriculture 26 (2000) 1, 12 – 19.
- [4] M. Thönnessen, B. Hellack: Staubfilterung durch Gehölzblätter. Anreicherung und Vermeidung von Stäuben bei Wildem Wein und Platane. Stadt und Grün 54 (2005) 12, 10 – 15.
- [5] A. Tiwary, H.P. Morvan, J.J. Colls: Modelling the size-dependent collection efficiency of hedgerows for ambient aerosols. Journal of Aerosol Science 37 (2005), 990 – 1015.

6. Danksagung

Herrn David Bracke, Frau Ganna Reznik, Frau Helga Mölleken und Herrn Wolfgang Berteit sei für die Bearbeitung resp. intensive Unterstützung bei der Durchführung des Projektes und der Bundesanstalt für Straßenwesen für die Finanzierung herzlich gedankt.

Feinstaubreduktion an Straßenrändern durch Moosmatten

Prof. Dr. Jan-Peter Frahm,
Nees-Institut für Biodiversität an Pflanzen, Universität Bonn

Moose sind hinsichtlich ihres Baues und ihrer Physiologie grundlegend von höheren Pflanzen unterschieden. Sie besitzen z.B. keine Wurzeln und nehmen Wasser und Nährstoffe dafür über ihre Oberfläche auf. Diese Eigenschaften befähigen Moose, Feinstaub festzuhalten bzw. abzubauen:

1. Laubmoose mit ihren an dicht gestellten Stängeln sitzenden zahlreichen Blättchen besitzen eine riesige Oberfläche. Die Oberfläche eines Moosrasens ist dadurch um den Faktor 30 vergrößert.
2. Ihre Oberfläche ist negativ geladen und mit positiv geladenen H⁺-Ionen besetzt, wodurch sie Partikel nach Art eines Mikrofaserstaubtuches festhalten.
3. Die benötigten Nährstoffe werden über die ganze Oberfläche durch Kationenaustausch aufgenommen.
4. Die Oberfläche der Moose ist mit einem Biofilm aus Bakterien bedeckt.

Das bedeutet In Hinblick auf den Feinstaub:

1. Wenn Feinstaub mit Moosen in Berührung kommt, wird dieser elektrostatisch festgehalten und geht nicht wieder als Schwebstaub in die Luft.
2. Anorganische wasserlösliche Substanzen werden durch Ionenaustausch von den Moosen aufgenommen und verstoffwechselt.
3. Organische Bestandteile werden durch die auf den Moosen lebenden Bakterien abgebaut.
4. Unlösliche anorganische Feinstaubanteile werden schließlich zwischen den Moospflänzchen festgehalten und sedimentieren dort.

Diese Vorteile von Moosen zur Feinstaubreduzierung werden in Form von patentierten Moosmatten nutzbar gemacht, welche die Fa. Behrens Systementwicklung in Groß-Ippener bei Bremen ursprünglich zur Dachbegrü-

nung entwickelt hat und produziert. Dabei handelt es sich um Plastikschlingenmatten als Rollware, die mit resistenten Moosarten bepflanzt werden, beimpft werden oder sich vor Ort selbst besiedeln. Der Feinstaubabbau beträgt allein durch Adsorption bei einer Wassersättigung von 40-50% zwischen 13 und 22g/m². Das ist ein Vielfaches der Feinstaubdepositionsmengen pro Quadratmeter und Jahr.

Die Zusammensetzung des Feinstaubes ist sehr unterschiedlich. Zwischen 20% und 80% des Feinstaubes besteht aus Ammoniumsalzen (vorwiegend Ammoniumnitrat, weniger Ammoniumsulfat), die sich aus Emissionen von Ammoniak (aus der Landwirtschaft und Katalysatoren) sowie Stickoxiden (aus Industrie, Hausbrand und Dieselfahrzeugen) bilden. Dies ist aber Pflanzendünger, der von den Moosen aufgenommen wird. Geht man von dem Mittelwert aus, so werden 50% des Feinstaubes von den Moosen verstoffwechselt und in Phytomasse verwandelt. Etwa 25% des Feinstaubes bestehen aus organischen Substanzen (z.B. Reifenabrieb), der durch den Bakterienfilm verwertet wird. Dadurch werden durch Moosmatten 75% des Feinstaubes abgebaut. Die restlichen 25% anorganischen unlöslichen Bestandteile (z.B. Gesteinsstaub) werden in den Moosen festgehalten und langfristig durch Hydrolyse mit schwachen Säuren aus dem Regenwasser zersetzt. Die deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) hat diese Innovation für eine Präsentation während der Woche der Umwelt 2007 des Bundespräsidenten im Park von Schloss Bellevue am 5./6. Juni ausgewählt.

Eine Anbringung von Moosmatten an Orten mit starker Feinstaubbelastung kann dazu beitragen, diese Werte zu reduzieren. Genaue Daten darüber liegen noch nicht vor, da bislang noch keine Feldversuche möglich waren.

Im August 2007 wurde eine 150 m lange Teststrecke auf dem Autobahnmittelstreifen der A 562 in Bonn mit Moosmatten belegt. Dies dient der Erprobung der Anbringung und Befestigung auf Autobahnmittelstreifen neuer Bauart, für die Moosmatten eine kostengünstige und zudem noch über Jahre völlig wartungsfreie Bepflanzung darstellen.

Frahm, J.-P., Sabovljevic, M. 2007. Feinstaubreduzierung durch Moosmatten. Immissionsschutz 4/2007: 152-156.

Einfluss meteorologischer und verkehrlicher Parameter auf die Partikelbelastung an BAB

Anja Baum,
Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach

1. Einleitung

Seit Januar 2005 fordert die 22. Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (22. BImSchV) Grenzwerte für Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner 10 μm (PM_{10}). Sie legt unter anderem einen Jahresmittelgrenzwert für PM_{10} von 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sowie einen Tagesmittelgrenzwert von 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ fest. Der Tagesmittelgrenzwert darf hierbei lediglich 35 Mal pro Kalenderjahr überschritten werden. Werden die Anforderungen der 22. BImSchV nicht eingehalten, sind von den zuständigen Immissionsschutzbehörden Luftreinhalte- und Aktionspläne zur Senkung der Luftschadstoffbelastung aufzustellen und geeignete Maßnahmen zu ergreifen.

Messungen an hoch belasteten Straßenabschnitten haben in den letzten Jahren gezeigt, dass diese Anforderungen insbesondere in Ballungsräumen und Großstädten nicht eingehalten werden konnten und die Belastungswerte sehr wahrscheinlich auch in naher Zukunft nicht deutlich sinken werden. Lediglich bei günstigen Wetterlagen ohne Inversionsbedingungen und während milder Winter mit geringen Heizleistungen und Streueinsätzen sinkt die Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittelgrenzwertes spürbar ab.

Um effektivere Maßnahmen zur Minderung der verkehrsbedingten Schadstoffbelastung einsetzen zu können, wurde daher der Einfluss der verkehrlichen sowie der meteorologischen Parameter auf die PM_{10} -Konzentration an Straßen näher untersucht. Hierzu wurden an zwei BAB-Messquerschnitten der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) über bis zu sechs Kalenderjahre Daten von PM_{10} -Konzentration, Verkehrsmengen, Fahrzeuggeschwindigkeiten, Fahrtzweckgruppen, relativer Luftfeuchtigkeit, Niederschlag, Temperatur, Strahlung sowie Windrichtung und Windgeschwindigkeit ausgewertet und Zusammenhänge zwischen den einzel-

nen Parametern und der Feinstaubbelastung sowie untereinander untersucht. Ziel war es dabei, ein besseres Verständnis für die physikalischen Interaktionen der Partikel mit ihrer Umgebung zu erhalten.

2. Standorte

Die BAST betreibt seit 1986 an der BAB A4 und seit 2001 an der BAB A61 Messquerschnitte zur Aufnahme verschiedener Luftschadstoffe und meteorologischer Parameter. Beide Standorte befinden sich in unmittelbarer Nähe zu automatischen Dauerzählstellen des Zählstellennetzes, mit dem die Bundesländer in Zusammenarbeit mit der BAST die Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen untersuchen (s. Bilder 1 und 2).



Bilder 1 und 2: Standorte an der BAB A4 bei Bensberg (links) und der BAB A61 südlich von Meckenheim am Ratsplatz „Goldene Meile“ (rechts)

Nördlich der Autobahntrasse des Messquerschnittes an der A4 liegt eine mäßig befahrene Gemeindestraße sowie das BAST-Gebäude, südlich schließt sich das Waldgebiet Königsforst an. Im Jahr 1997 wurde auf der Trassennordseite eine etwa 5 m hohe Lärmschutzwand errichtet.

Der Messquerschnitt an der A61 liegt auf dem Betriebsgelände der Autobahnmeisterei Mendig. Direkt angrenzend befindet sich in Fahrtrichtung Koblenz der Rastplatz „Goldene Meile“. Der Messquerschnitt ist umgeben von landwirtschaftlichen Nutzflächen und frei von Wohnbebauung oder Begrünung.

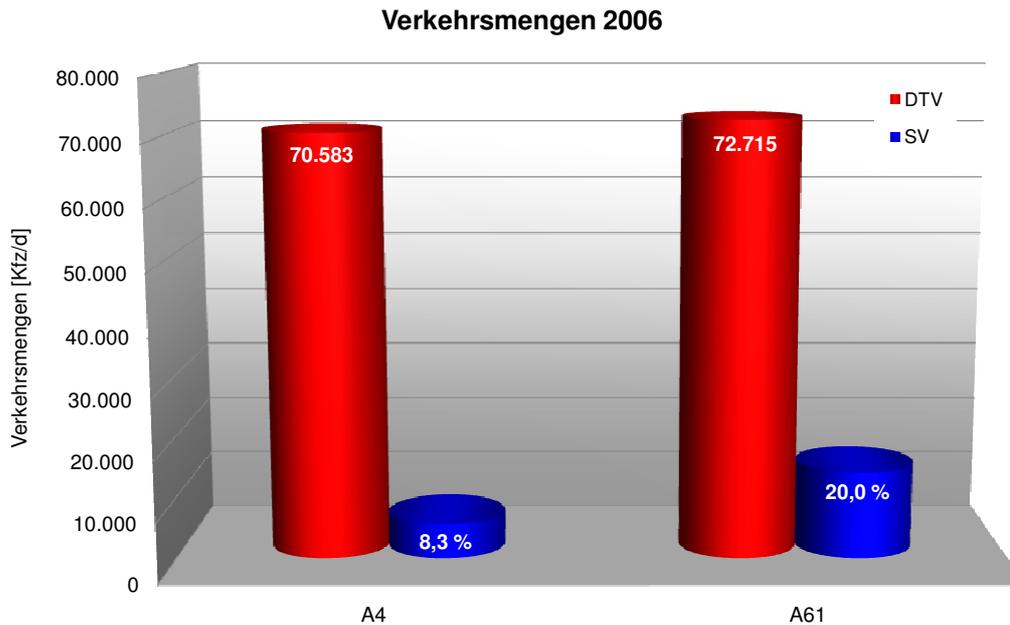


Bild 3: Gegenüberstellung des durchschnittlichen täglichen Verkehrs (DTV) und des prozentualen Schwerverkehr-Anteils der Messquerschnitte an der BAB A4 und der BAB A61 (Daten: BASt, Bezugsjahr 2006)

An beiden Querschnitten wird ein etwa gleich starker Durchschnittlicher Täglicher Verkehr (DTV) von ca. 71.000 Kfz/d (A4) bzw. 73.000 Kfz/d (A61) gemessen. Bei Betrachtung des Lkw-Anteils jedoch unterscheiden sich beide Messquerschnitte mit 8,3 % an der A4 und 20,0 % an der A61 deutlich voneinander (Bild 3).

3. Untersuchungsergebnisse

Zu Beginn der Untersuchungen wurden verschiedene Annahmen postuliert, die aus Erfahrungen mit innerstädtischen und ballungsraumspezifischen Datenauswertungen abgeleitet wurden. So kann z.B. angenommen werden, dass mit stetig steigender Verkehrsstärke auch die PM_{10} -Belastung zunimmt. Auch wird im Allgemeinen hohen Windgeschwindigkeiten und Niederschlag eine schadstoffmindernde Wirkung zugesprochen.

In Bezug auf die Fahrzeuggeschwindigkeit nimmt die Emission von Schadstoffen durch den höheren Kraftaufwand des Motors mit der Fahrzeuggeschwindigkeit zu. Mit zunehmender Geschwindigkeit wächst der Luftwiderstand und der Motor braucht entsprechend mehr Kraft, um diesen

Parameter	Verhalten Parameter	Annahme Wirkung auf PM ₁₀ -Konzentration
Verkehrsstärke	Zunahme	Zunahme
	Abnahme	Abnahme
Fahrtzweckgruppen	Werktage	Maximum
	Urlaubswerkzeuge	mittlere Werte
	Sonn- und Feiertage	Minimum
Fahrzeuggeschwindigkeit	Zunahme	Zunahme
	Abnahme	Abnahme
Windrichtung	Luv	Minimum
	Lee	Maximum
	sonstige Richtungen	mittlere Werte
Windgeschwindigkeit	Zunahme	Abnahme
	Abnahme	Zunahme
Niederschlagsmenge	Zunahme	Abnahme
	Abnahme	Zunahme
Dauer nach Niederschlagsereignis	Zunahme	Zunahme
	Abnahme	Abnahme
Temperatur	Abnahme	Zunahme
	Zunahme	Abnahme
Relative Luftfeuchtigkeit	Zunahme	Abnahme
	Abnahme	Zunahme

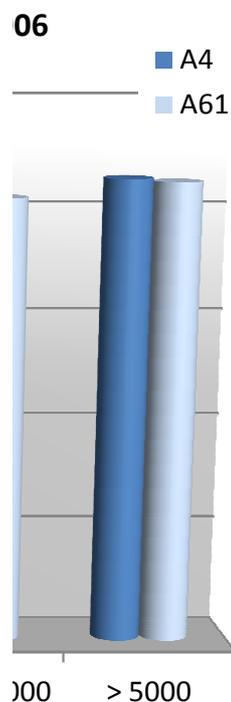
Tabelle 1: Annahmen zu den Auswirkungen der untersuchten Parameter auf die PM₁₀-Belastung.

Widerstand zu überwinden; so verbrennt er mehr Treibstoff, wodurch höhere Emissionen entstehen. Aber nicht nur die motorbedingten Partikel-Emissionen steigen mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit. Auch die Partikel-Emissionen durch Abriebe und Wiederaufwirbelung werden durch diesen Parameter beeinflusst. Zum einen verursacht eine höhere Fahrzeuggeschwindigkeit mehr Turbulenzen sowohl hinter dem Fahrzeug als auch durch die Reifen, die zu einer vermehrten Aufwirbelung von Material führen. Zum anderen führen höhere Fahrzeuggeschwindigkeiten zu einem Anstieg der Reibungskräfte zwischen Reifen und Fahrbahnoberfläche. Die Reibungsenergie wird hierbei sowohl in Wärme umgewandelt als auch zum Herauslösen von Partikeln aus Reifen und Fahrbahn genutzt. Auch muss mit höherem Verschleiß und somit Abrieb bei Bremsbelägen gerechnet werden, wenn bei höheren Geschwindigkeiten abgebremst wird. Die mittlere Fahrzeuggeschwindigkeit an einem Messquerschnitt

wiederum hängt vom Verkehrsfluss ab, somit also auch von Tages- und Jahreszeiten. So wurden den Untersuchungen die in Tabelle 1 aufgeführten Hypothesen vorangestellt.

Die Untersuchungen selber zeigten zum Teil deutliche Einflüsse auf die Partikel-Belastung, jedoch nicht immer wie in den genannten Hypothesen angenommen.

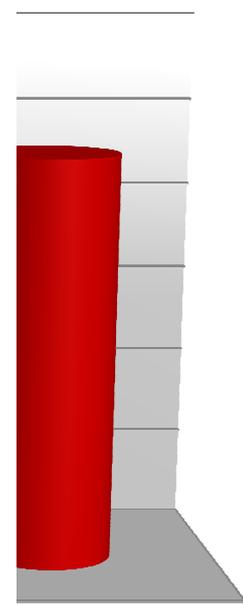
In Bezug auf die verkehrlichen Parameter konnte festgestellt werden, dass die Verkehrsstärke in der Nähe von stark frequentierten Bundesautobahnen einen Einfluss auf die Belastung der Umgebungsluft durch Partikel hat. Hierbei entstehen PM_{10} -Tagesgänge, die einen für Straßenverkehr typischen Verlauf aufweisen mit Maxima, die zeitlich leicht verlagert zu den Hauptstoßzeiten des Berufsverkehrs auftreten. Diese mit dem Berufsverkehr korrelierenden Maxima sind jedoch bei weitem weniger stark ausgeprägt, als dies bei Gasen wie z.B. Stickoxiden der Fall ist. Des Weiteren wurde eine Zunahme der Partikelbelastung mit zunehmender Verkehrsstärke beobachtet, wobei sich bei sehr hohen staugefährdeten Verkehrsstärken andeutet, dass der stockende Verkehr zu höheren PM_{10} -Konzentrationen führt als der richtige Stau (s. Bild 4).



Anteil von der Gesamt-

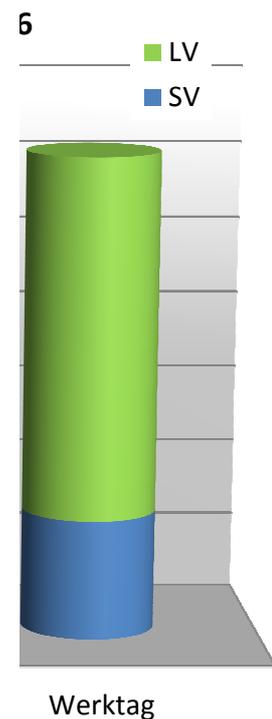
Die Betrachtung des Einflusses von Fahrtzweckgruppen auf die PM_{10} -Belastung an hoch frequentierten BAB zeigt, dass die unterschiedlichen Fahrmuster an Werktagen, Urlaubswerktagen sowie Sonn- und Feiertagen zum Teil durch den Zusammenhang mit der Verkehrsstärke erklärt werden kann. Für einen Standort kann es hierbei entscheidend sein, ob er an einer typischen Urlaubs- und Fernverkehrsstrecke liegt (wie z.B. an der A61) oder eher eine typische Verbindungsstrecke für Berufspendler darstellt (wie an der A4).

Wie in Bild 5 dargestellt steigt die Partikelkonzentration an Werktagen deutlich höher als an Sonn- und Feiertagen oder Urlaubswerktagen. Da die Verkehrsstärke des Gesamtverkehrs (Leichtverkehr LV plus Schwerverkehr SV) jedoch an Urlaubswerktagen und Werktagen ähnlich hoch ausfällt, muss die Höhe des Schwerverkehrs einen sehr viel stärkeren Einfluss haben als die des Leichtverkehrs, da der Schwerverkehr an Werktagen deutlich höher liegt als an Urlaubswerktagen (s. Bild 6).



Werktag

Rheinland-Pfalz für



htverkehr LV) in Ab-
rschnitt an der A61

Die Fahrzeuggeschwindigkeiten, die sich in Bezug auf die Emissionen im Allgemeinen deutlich auswirken, indem mit zunehmender Einzelfahrzeug-Geschwindigkeit auch die PM-Konzentrationen bei Prüfstands-Messungen ansteigen, scheinen auch immissionsseitig einen Einfluss zu nehmen. Es ist ein deutlicher Unterschied zwischen den mittleren Geschwindigkeiten des Leichtverkehrs und denen des Schwerverkehrs zu beobachten. Bei zunehmenden Fahrzeuggeschwindigkeiten des Leichtverkehrs deuten die Daten auf eine Abnahme der Immissionsbelastungen hin.

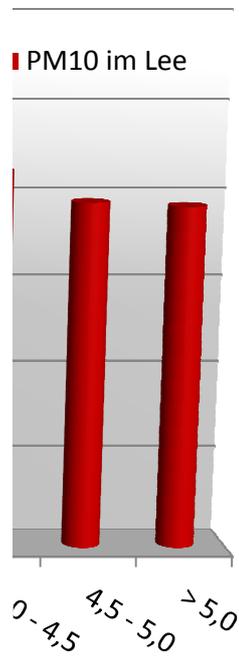
Dies kann durch eine gleichmäßigere Fahrweise bei Verkehrssituationen hervorgerufen werden, die eine hohe Geschwindigkeit zulassen, oder auch durch geringere Verkehrsmengen zu Tageszeiten, an denen die Straßen gering frequentiert sind. Beim Schwerverkehr hingegen ist eine hohe Schadstoffbelastung bei sehr geringen und bei sehr hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten festzustellen.

Bei den meteorologischen Parametern wirkt sich der Wind durch die Aufwirbelung von Schwebstaubpartikeln auf die PM_{10} -Konzentration aus, da

durch ihn Schadstoffe von den Messstandorten weg oder auch zu ihnen herangetragen werden können. Hier ist nicht nur die Windrichtung von Bedeutung, sondern auch die Windgeschwindigkeit. Hohe Windgeschwindigkeiten können dabei schadstoffsenkend wirken, da Partikel während dieser Wetterlagen besser aufgewirbelt, weggetragen und in der Atmosphäre verteilt werden. In Bezug auf die Immissionswerte vor Ort jedoch scheint durch diese Aufwirbelungen zunächst eine Erhöhung der PM₁₀-Konzentration eintreten zu können wie in Bild 7 für die Windsituationen dargestellt, bei denen die Messstation im Lee liegt. Erst ab höheren Windgeschwindigkeiten von ca. 2,5 m/sec tritt nach einer kontinuierlichen Zunahme eine Abnahme der PM₁₀-Gesamtbelastung ein.

Der Niederschlag, der bis dato lediglich an dem Messquerschnitt an der BAB A4 seit dem Kalenderjahr 2005 aufgezeichnet wird, wirkt sich insgesamt mindernd auf die Partikelbelastung der Umgebungsluft aus, wobei starke sowie lange Niederschlagsereignisse auch für eine größere Absen-

06 A4



dem Messquer-

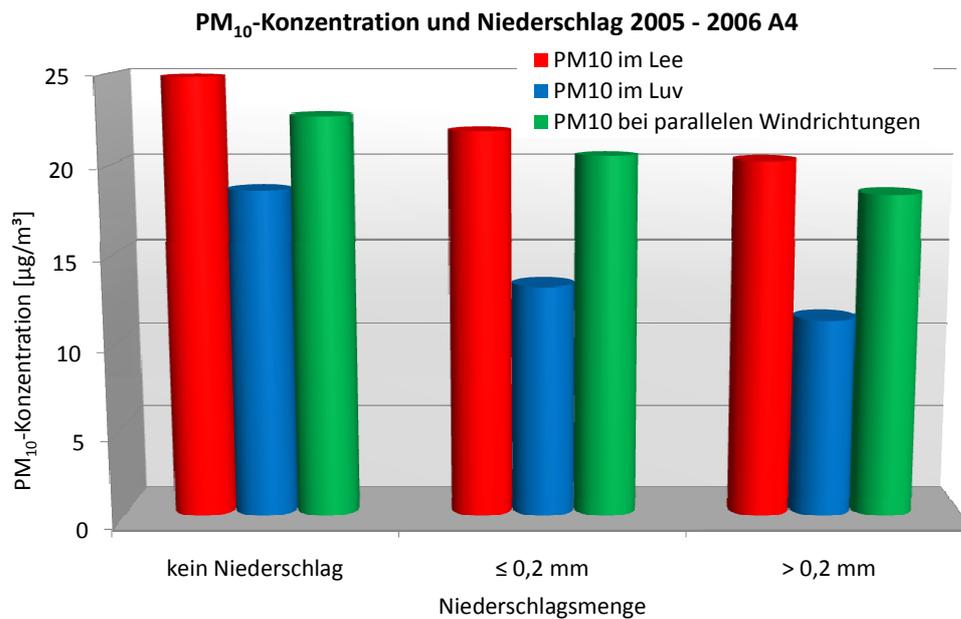


Bild 8: PM₁₀-Konzentration in Abhängigkeit zur Niederschlagsmenge an dem Messquerschnitt an der A4

kung sorgen. So nimmt insbesondere bei zunehmender Niederschlagsmenge die Partikelbelastung ab (s. Bild 8) – egal ob die Messungen bei Luv- oder Lee-Windsituationen oder aber bei Windrichtungen parallel zur Fahrbahn durchgeführt wurden. Aber auch die Dauer der trockenen Tage nach einem Regenereignis zeigt Auswirkungen auf die Schadstoffbelastung. Nimmt diese zu, weist die PM₁₀-Konzentration einen zunehmenden Trend auf.

Die Untersuchungen haben darüber hinaus gezeigt, dass die Temperatur einen interessanten Einfluss auf die Feinstaubbelastung hat (s. Bild 9). Ein Maximum der PM₁₀-Konzentration tritt bei winterlichen Temperaturen zwischen -10 und 0°C auf. Mit zunehmender Temperatur fällt die Schadstoffbelastung dann zunächst wieder ab, um mit sommerlichen Temperaturen kontinuierlich anzusteigen.

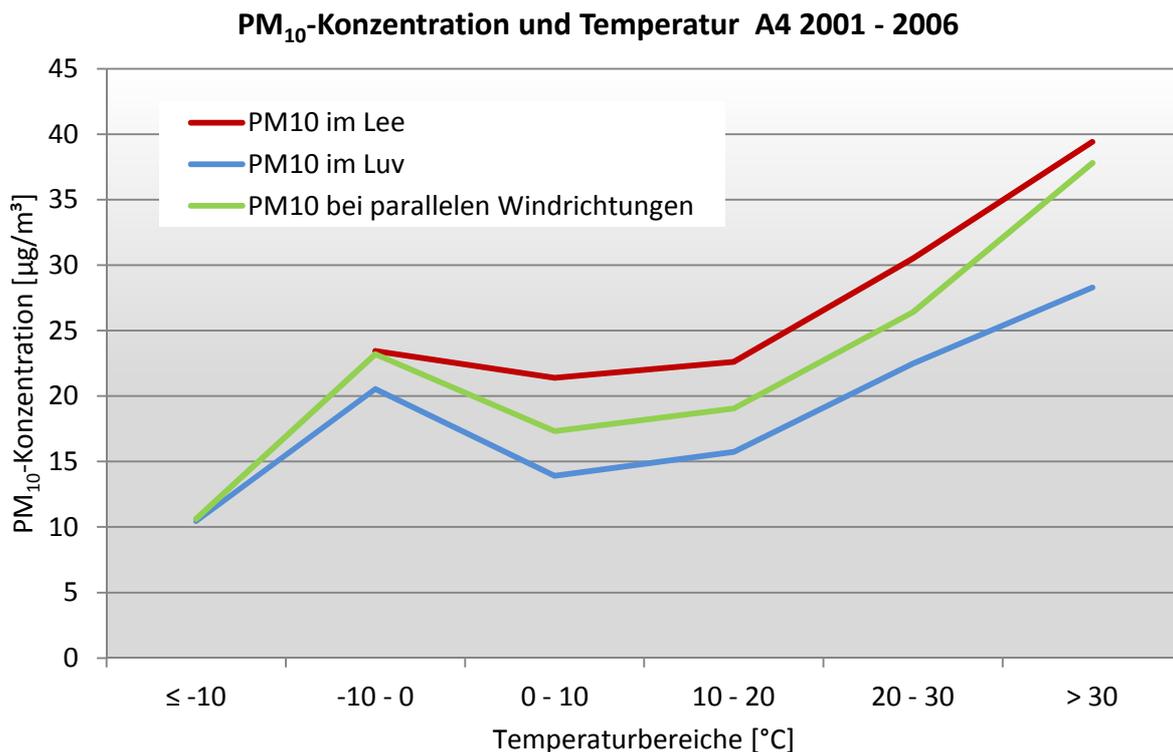


Bild 9: PM₁₀-Konzentration in Abhängigkeit von der Temperatur für den Messquerschnitt an der A4

4. Zusammenfassung und Ausblick

Es hat sich gezeigt, dass die verkehrsbedingte Zusatzbelastung in der Umgebung von hoch frequentierten BAB von vielen unterschiedlichen, teilweise miteinander in Wechselwirkung tretenden Parametern abhängt. Hinzu kommt der Einfluss durch das meteorologische Geschehen, dessen chaotischer Charakter es jedoch zum Teil schwer macht, die genauen Einflussgrößen und –bedingungen bestimmen zu können. Insgesamt konnten die zu Beginn der Untersuchungen aufgestellten Hypothesen nicht immer bestätigt werden.

Die kontinuierlichen Feinstaubmessungen an den beiden Messquerschnitten der Bundesanstalt für Straßenwesen werden im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte fortgesetzt. Des Weiteren wurden im Kalenderjahr 2007 an einem dritten Standort Messungen aufgenommen, der in Bezug auf seine Umgebungsbedingungen mit dem an der A61 vergleichbar ist, jedoch einen sehr viel geringeren Schwerverkehrsanteil am Gesamtverkehr aufweist (5,5%).

Literatur

22. Bundesimmissionsschutzverordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes vom 11. September 2002, BGBl, Jahrgang 2002, Teil I, Nr. 66, 2002.

Baum, A., Hasskelo, H., Becker, R., Weidner, W.: „PM_x-Belastungen an BAB“, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 137, NW-Verlag, Bergisch Gladbach, 2006.

Düring, I., Bösing, R., Lohmeyer, A.: „PM₁₀-Emissionen an Außerortsstraßen“, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 125, NW-Verlag, Bergisch Gladbach, 2005.

Esser, J. und Hasskelo, H.: „Schadstoffbelastung an BAB in Abhängigkeit von der Entwicklung des Verkehrsaufkommens und der Abgasgesetzgebung“, Schlussbericht zum AP-Projekt 83 605/V3, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, 2001.

Fraunhofer Institut: „Statistische Quellgruppenanalyse für die PM₁₀-Belastungen in Sächsischen Ballungsräumen“, im Auftrag des Landesamtes für Umwelt und Geologie, Dresden, 2004.

Umweltbundesamt: „Episodenhafte PM₁₀-Belastung in der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 2000 bis 2003“, 2004.

AQUELLA – Aerosolquellenanalyse – Identifizierung inner- und außerstädtischer Partikel-, „Winterquellen“

Prof. Dr. Hans Puxbaum,
Institut für Chemische Technologien und Analytik, TU Wien

Im Projekt AQUELLA wurde an österreichischen Städten über jeweils ein Jahr mit „Doppel-Probenahme“ Feinstaub PM_{10} beprobt und nach verschiedenen Gesichtspunkten als „Probenpools“ analysiert. Die „Doppelprobenahme“ erfolgte simultan mit einem mit Quarzfaserfilter bestücktem Hi-Volume Sammler und einem mit Celluloseester bestücktem Lo-Volume Sammler. Die Bildung der „Probenpools“ erfolgte derart, dass einerseits Episoden erhöhter Staubbelastung erfasst, jedenfalls aber auch die Bildung der Monatsmittelwerte ermöglicht wurde. Das Hauptziel von AQUELLA war die Untersuchung der Ursachen der Überschreitung des Grenzwertes für PM_{10} des Immissionsschutzgesetzes-Luft. Da die Überschreitungen fast ausschließlich im Winterhalbjahr auftreten, wurde eine differentielle Analyse von Sommer– gegenüber Winterzuständen und eine räumlich differenzierte Analyse zwischen straßennahen Messstellen und Messstellen an Randlagen durchgeführt.

Analysiert wurden über 100 organische und anorganische Makro- und Spurenkomponenten. Die Analyse ergab, dass die Überschreitungen auf spezielle Winterquellen und verringerten Luftaustausch zurückzuführen sind. Als Winterquellen wurden einerseits Quellen, die überwiegend aus dem ländlichen Raum stammen (Holzrauch, Ammoniumnitrat) und solche, die stadtspezifisch sind (Mineralstaub durch Winterdienstvorgänge) identifiziert. Zur Einhaltung der IG-Luft – Grenzwerte sind in österreichischen Ballungsräumen Reduktionen der PM_{10} Emissionen im Bereich von 25-35% erforderlich.

Einsatz von Solelösungen aus dem Winterdienst zur Schadstoffreduzierung

Karl Moritz,
Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach

Seit im Winterdienst Taustoffe zum Verhindern und Beseitigen von Glätte auf Fahrbahnen eingesetzt werden, gibt es zwischen Winterdienstverantwortlichen und Umweltschützern ständige Diskussionen um Notwendigkeit und Menge des Einsatzes derartiger Stoffe. In neuester Zeit ist allerdings eine für den Winterdienst völlig neue Situation eingetreten: Vor allem in Kommunen wird ein Einsatz von Taustofflösungen aus ökologischen Gründen erwägt. Was ist passiert?

In den letzten Jahren wurde international eine ganze Anzahl unterschiedlicher Maßnahmen erprobt, um die insbesondere in Städten auftretende hohe Feinstaubbelastung zu vermindern. Unter anderem wurden Straßen gezielt befeuchtet, um mit dem Wasser Feinstaub (auf Fahrbahnen) zu binden. Diese Maßnahme erwies sich jedoch als nicht nachhaltig: Die Wirkungsdauer ist kurz, die Reduzierung der Belastungen erreicht nicht das erhoffte Maß. Eine bessere Wirkung versprochen hier Lösungen mit Salzen, die aufgrund ihrer Hygroskopizität zum einen die Oberflächenspannung der Lösung herabsetzen und zum anderen die Straßenoberfläche länger feucht halten.

Derartige Versuche wurden in den letzten Jahren in verschiedenen Staaten durchgeführt, 13 dieser Versuche sind dokumentiert:

Staat	A	FIN	I	N	NL	S	USA
Anzahl	4	1	1	2	1	3	1
Salz	CMA	CaCl ₂	CMA	MgCl ₂	CaCl ₂	CMA/ MgCl ₂	MgCl ₂

Dabei wurden im Einzelfall Feinstaubreduzierungen von bis zu 80% innerhalb von zwei Stunden und bis zu 36% des Tagesmittelwertes erzielt.

Sämtliche genannten Salze (Calcium- und Magnesiumchlorid sowie Calcium-Magnesium-Acetat) sind aus dem Winterdienst bekannt, werden eingesetzt (CaCl_2 , MgCl_2) oder wurden zumindest als alternativer Taustoff diskutiert. Was liegt also näher, als die für Winterdiensteinsätze vorhandene Ausrüstung für Zwecke der Schadstoffminderung einzusetzen?

Bei einem solchen Vorhaben sind jedoch die unterschiedlichen Zielsetzungen zu berücksichtigen. Der Winterdienst soll „nach besten Kräften“ dafür sorgen, dass die Verkehrssicherheit gewährleistet und der Verkehrsfluss aufrecht erhalten wird. Auf dieses Ziel sind sämtliche Bemühungen ausgerichtet, die Ausstattung der jeweiligen Betriebshöfe ausgelegt. In Deutschland wird als Taustoff FS30 (Feuchtsalz 30) eingesetzt. FS30 besteht zu 70% aus trockenem Natriumchlorid (NaCl), das beim Ausbringen mit einem Anteil 30% Salzlösung (Natrium-, Calcium- oder Magnesiumchlorid) angefeuchtet wird. So werden Wehverluste vermieden und der Taustoff besser auf der Fahrbahn fixiert. Was hat das für Konsequenzen?

Es werden – mit Ausnahme von TMS – keine reinen Lösungen ausgebracht. Das hat verschiedene Gründe:

CaCl_2 : Calciumchlorid fällt als industrielles Nebenprodukt an. Es wird in Deutschland kaum noch hergestellt. Kurz vor dem Abtrocknen der ausgebrachten Lösung nimmt das CaCl_2 -Molekül Wasser auf und bildet so ein Hexahydrat, das auf der Fahrbahn einen Schmierereffekt hervorruft, der bei TMS bereits mehrfach zu Unfällen geführt hat.

MgCl_2 : Magnesiumchlorid ist ein Abfallprodukt der Gewinnung von Kaliumchlorid. Beim Einsatz von reiner MgCl_2 -Lösung vermindert sich der Kraftschlussbeiwert um etwa die Hälfte.

CMA: Calciummagnesiumacetat ($\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + \text{Mg}(\text{CH}_3\text{COO})_2$) wird aus Dolomit und Essigsäure hergestellt. CMA gilt als biologisch gut abbaubar und wenig korrosiv. Versuche haben jedoch ergeben, dass diese Vorteile in der Praxis nicht zum Tragen kommen, weil CMA gegenüber dem gebräuchlichen NaCl mindestens doppelt so hoch

dosiert werden muss, um die gleiche Tauwirkung zu erzielen. CMA ist bis zu 30 mal teurer als die chloridischen Salze.

Winterdienstfahrzeuge sind mit Streumaschinen ausgerüstet, die für das Ausbringen von FS 30 ausgelegt sind. Sie sind demzufolge mit einem Behälter für trockenes Streugut (70%), zwei seitlichen Lösungstanks (30%) und einem Streuteller ausgestattet, auf dem beide Komponenten vor dem Ausbringen gemischt werden. Geräte zum Versprühen reiner Flüssigkeiten sind in Deutschland nicht vorhanden.

Um beide angestrebten Ziele – einen effektiven Winterdienst sowie die ökologische Forderung nach einer Feinstaubreduzierung – möglichst effizient erreichen zu können, hat die Bundesanstalt für Straßenwesen im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung einen Forschungsauftrag vergeben. Wesentliche Inhalte dieser Arbeit sind:

- Klären der technischen Voraussetzungen (Art des Taustoffes, erforderliche Geräte, Lagerhaltung)
- Untersuchungen zur Höhe der möglichen Feinstaubreduzierung in Abhängigkeit vom eingesetzten Salz

PM₁₀-Reduktion im städtischen Bereich durch Verwendung von Calcium-Magnesium-Acetat (CMA) als Feinstaubkleber

Dr. Wolfgang Hafner,
Magistrat der Landeshauptstadt Klagenfurt, Abt. Umweltschutz

Im Rahmen des LIFE-UMWELT-Projektes KAPA GS (Klagenfurts Anti-PM₁₀-Aktionsprogramm mit Graz und Südtirol, 2004-2007, www.kapags.at) wurden nach einer genauen Verursacheranalyse unterschiedlichste Maßnahmen zur Feinstaubreduzierung modelliert, getestet und so adaptiert, dass eine messbare Verbesserung der Luftqualität erreicht werden konnte.

Eines der überraschendsten Ergebnisse in KAPA GS war der hohe Verursacheranteil von Wiederaufwirbelung und Abrieb an der Feinstaubbelastung in der Nähe stark befahrener Straßen in Klagenfurt (22%) und Graz (26%).

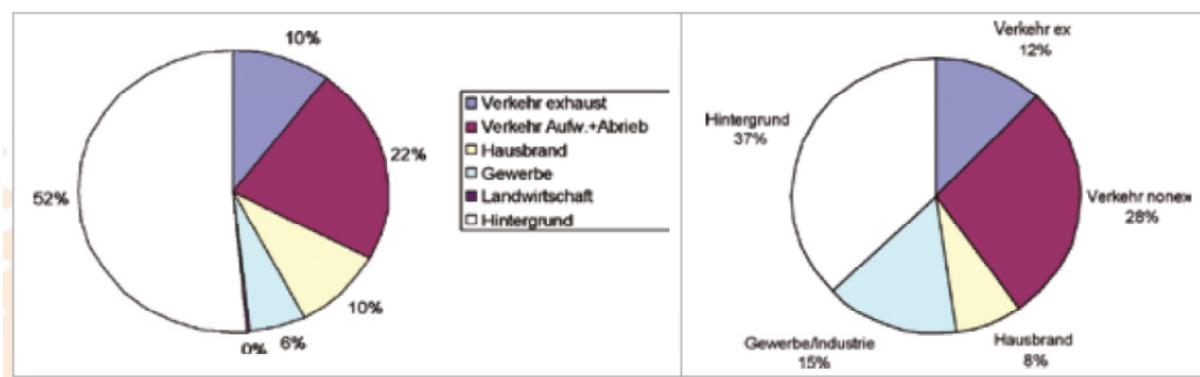


Abb. 1 Verursacherzuordnung Klagenfurt, Völkermarkterstr., Bezugsjahr 2005 und Graz, Don Bosco, Bezugsjahr 2006

Ausgehend von den Untersuchungen in Stockholm¹ wurde in Klagenfurt erstmals im Februar 2006 25%-Calcium-Magnesium-Acetat (CMA) als

¹ Norman M. and Johansson C., 2006: Studies of some measures to reduce road dust emissions from paved roads in Scandinavia.

Feinstaubkleber an einer 600 m langen Teststrecke in Klagenfurt eingesetzt.

Aufgrund der positiven Ergebnisse wurde im darauf folgenden Winter 2006/2007 der Einsatz von CMA (CM Austrosafe®) als Streumittel in einem Großversuch in Klagenfurt (25.11.06 – 7.2.07, ca. 20 Straßenkilometer) und einem Test in Lienz (1.12.2006 – 28.02.2007, 1, 5 km entlang der B100) untersucht. Auf Basis der Auswertungen von Luftgütemessungen wurde das Reduktionspotential für die Bereiche der Messstandorte von der Technischen Universität Graz ermittelt².

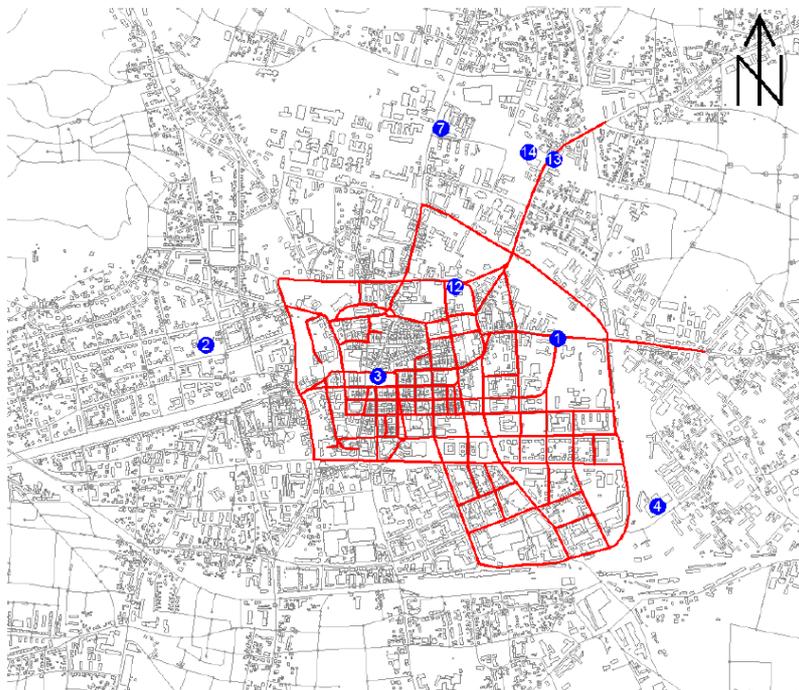


Abb. 2 Lage der Versuchsstrecken und Messstationen in Klagenfurt 2006/2007

Die Auswirkungen auf die PM_{10} - Immissionskonzentration lässt sich aus einem Vergleich der Werte der Luftgütemessstelle Völkermarkter Straße (Nr. 1: straßennahe Station im CMA-Streugebiet) mit jener der Messstelle Koschatstraße (Nr. 2: urbane Hintergrundstation, außerhalb des CMA - Streugebietes) für die Winterperioden ohne und mit CMA-Streuung ablei-

² Bachler G., 2007: Ausbringung von CM Austrosafe als Maßnahme zur Reduktion der Wiederaufwirbelung von Straßenstaub in Klagenfurt.

ten. Um meteorologische Unterschiede der Winter 2004/05, 2005/06 und 2006/07 weitestgehend zu eliminieren, erfolgte eine Normierung der Werte auf NO_x , da die NO_x -Emissionsmenge jahreszeitlich nur wenig unterschiedlich ist.

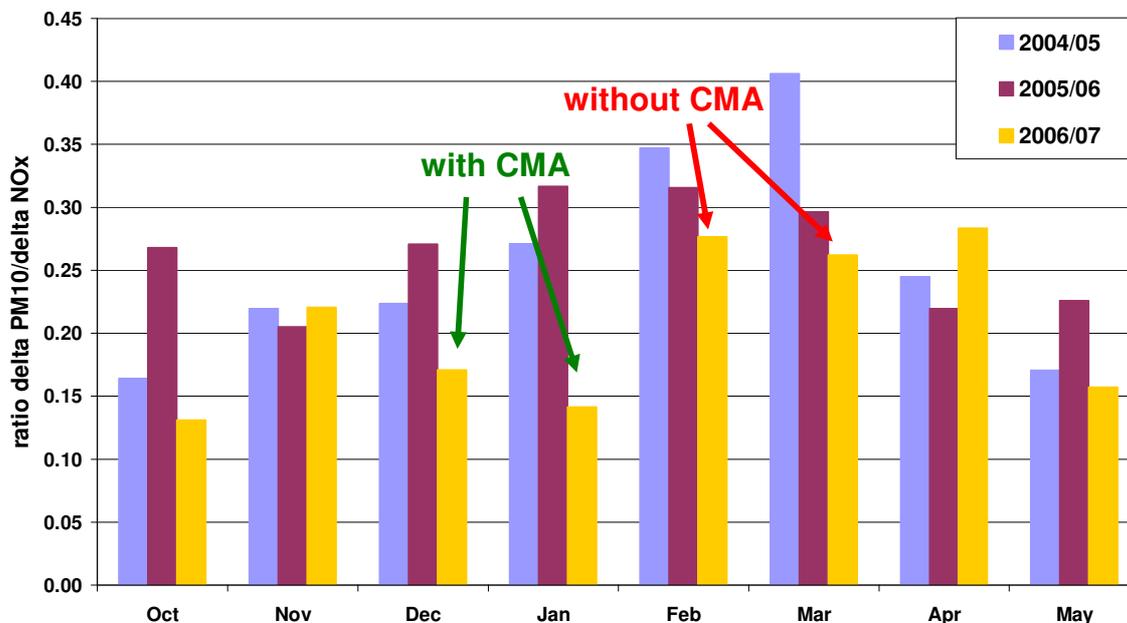


Abb. 3 delta PM_{10} – NO_x -Verhältnis der Messstationen Völkermarkter Str. und Koschatstr. in Klagenfurt, Monatsmittelwerte 2004/05 – 2006/07

Der Vergleich mit der Winterperiode 2004/05 (Oktober bis Mai) zeigte, dass das Verhältnis von delta PM_{10} zu delta NO_x , in diesem Winter um $\sim 20\%$ niedriger war. Das bedeutet mit anderen Worten, dass die vom Verkehr verursachten PM_{10} -Immissionen (Exhaust & Non-Exhaust) um $\sim 20\%$ reduziert wurden. Allein für den Aufwirbelungsanteil bedeutet das ein Reduktionspotential von $\sim 30\%$.

Vergleicht man den Jänner 2007 mit dem Jänner 2005, so fällt das Ergebnis noch deutlicher aus. Im Monat mit der häufigsten CM Austrosafe® - Ausbringung konnten die PM_{10} -Immissionen des Verkehrs (Exhaust & Non-Exhaust) um knapp 50% gesenkt werden. Das entspricht einem Reduktionspotential für die Aufwirbelung von $\sim 70\%$. In Bezug auf die PM_{10} -Belastung aller Hauptemittenten (Verkehr, Hausbrand, Industrie) beträgt

die Reduktion immissionsseitig $\sim 17\%$. Dies entspricht einer Einsparung von 15 Tagen mit Grenzwertüberschreitungen.

Durch Vergleiche des Szenarios „ohne CMA-Ausbringung“ mit dem Szenario „mit CMA-Ausbringung“ konnte das theoretische Reduktionspotenzial unter der Annahme einer regelmäßigen Ausbringung in den Monaten November bis April für das gesamte Straßennetz berechnet werden. Auf dieser Grundlage ergab sich für den Jahresmittelwert an PM_{10} (Non-Exhaust) eine durchschnittliche Reduktion von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In Bezug auf den Wintermittelwert wurde ein Reduktionspotenzial von $\sim 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für die Innenstadt berechnet.

Entlang von wichtigen Straßenabschnitten erhöht sich das Reduktionspotenzial auf bis zu $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

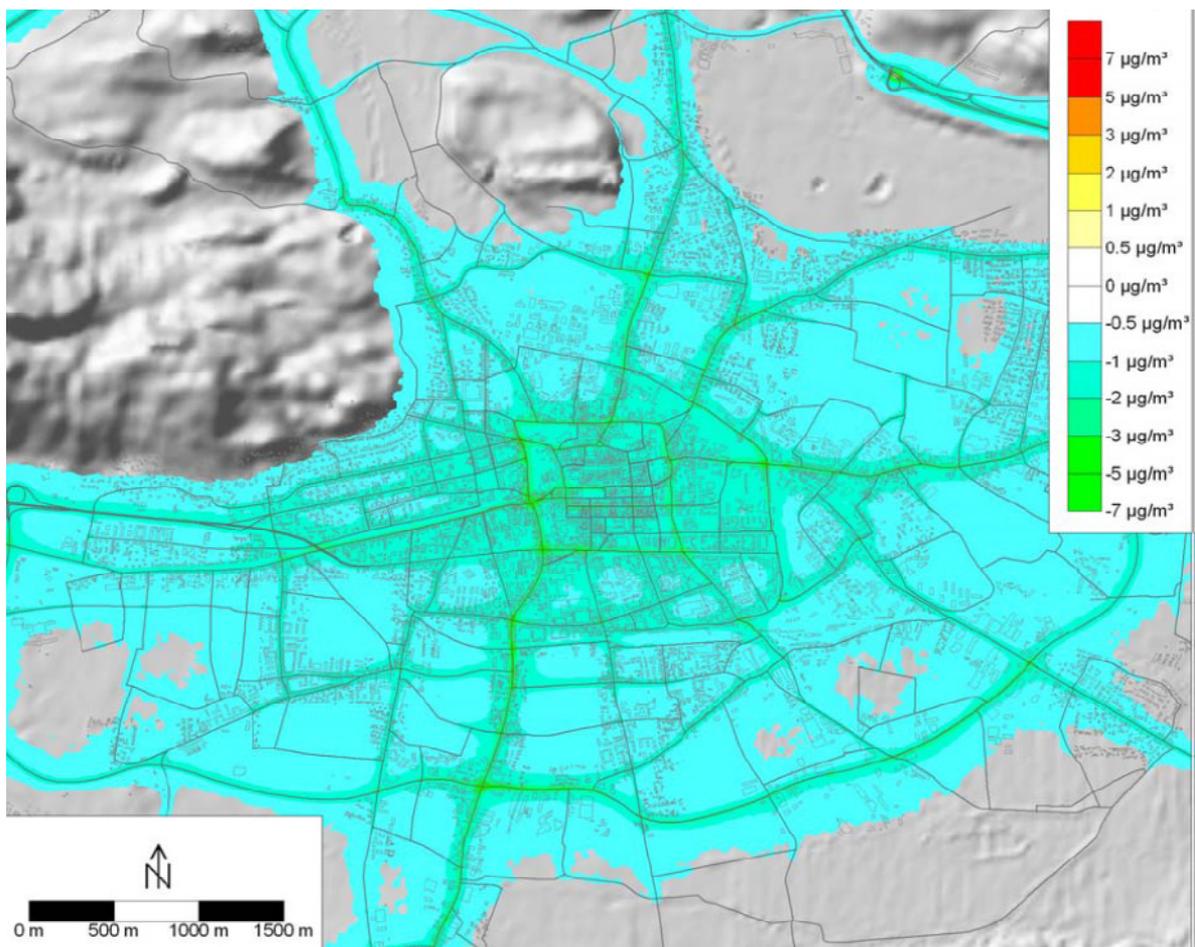


Abb. 4 Veränderung der PM_{10} -Belastung bei flächendeckender CMA-Anwendung in den Monaten November bis April in Klagenfurt

In Lienz stand nur die Messstation Amlacherkreuzung direkt an der mit CM-Austrosafe® behandelten stark befahrenen B 100 zur Verfügung. Trotzdem ist bei einem Vergleich der PM_{10}/NO_x -Verhältnisse die reduzierende Wirkung von CMA ebenfalls deutlich erkennbar.

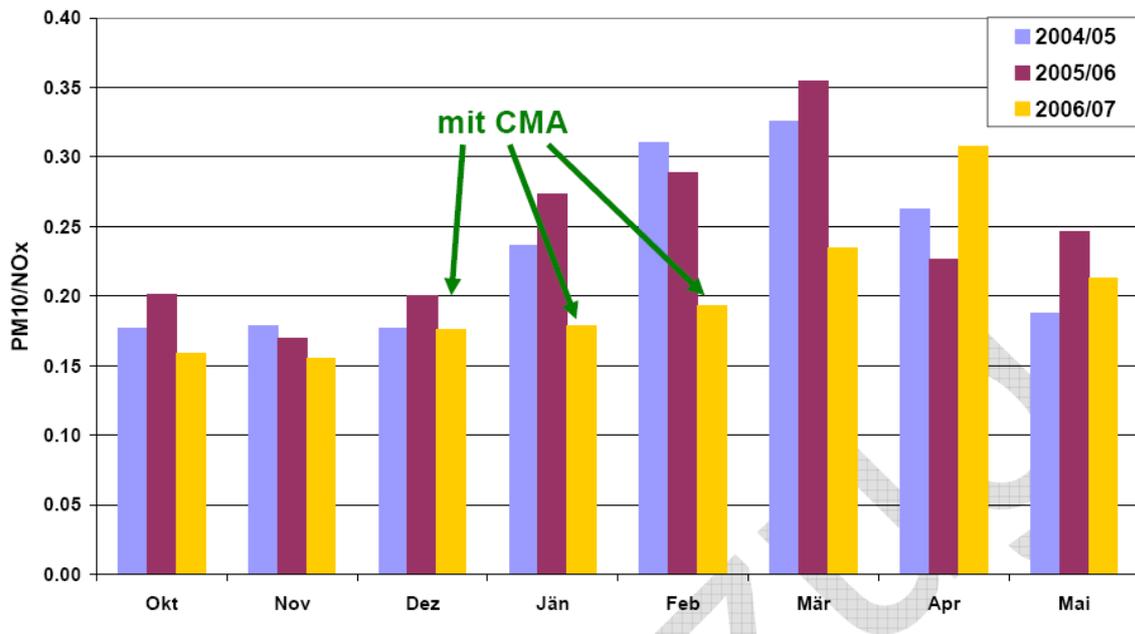


Abb. 5 Entwicklung von PM_{10}/NO_x an der Amlacherkreuzung auf Basis von Monatsmittelwerten 2004-2007

CMA wurde in den Versuchen standardmäßig jeden 3. Tag mit rund 20 g/m^2 mit Drehteller oder Sprühwagen aufgebracht. Am 7.02.2007 musste der Versuch in Klagenfurt abgebrochen werden, da vermutet wurde, dass die Griffigkeit der Fahrbahnoberfläche durch die CMA-Aufbringung abnimmt und die Verkehrssicherheit gefährdet sei. Unfälle, die auf CMA zurückzuführen waren, konnten jedoch nicht beobachtet werden. In Lienz konnte der Versuch planmäßig zu Ende geführt werden, es gab keine Beobachtungen über eine verminderte Griffigkeit.

Seit Beginn der CMA-Versuche wurden Griffigkeitsuntersuchungen mit unterschiedlichsten Methoden (Bremstests, G-Messungen, Roadstar) sowohl im Straßennetz in Klagenfurt als auch im Fahrsicherheitszentrum vorgenommen.

Ein Beispiel zeigt das Ergebnis einer Roadstar-Untersuchung in Klagenfurt:

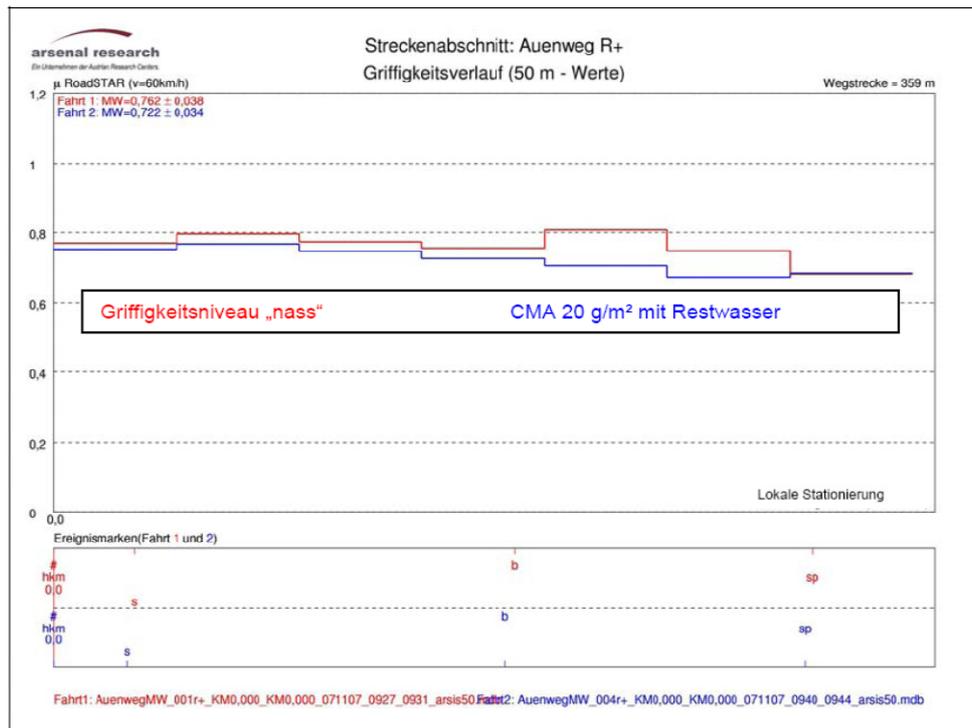


Abb. 6 Gegenüberstellung Griffigkeitsniveau nass mit Griffigkeitsniveau nach Aufbringung von 20 g CMA/m² auf einer Teststrecke in Klagenfurt am 7.11.2007

Die Messergebnisse unter Standardmessbedingungen lt. RVS 11.06.65 zeigen ein Griffigkeitsniveau von $\mu \approx 0,8$. In Anlehnung an die RVS 13.05.15 kann dieses Niveau der Klasse 1 – “sehr gut“ zugeordnet werden.

Nach Aufbringung von 20 g/m² CM Austrosafe® konnte keine wesentliche Änderung der Griffigkeit im mit dem Restwasser der RVS-Messung besetzten Teil der Messstrecke festgestellt werden. Die Erhöhung der Dosierung durch eine neuerliche Ausbringung auf insgesamt 40 g/m² hatte ebenfalls keine wesentliche Änderung der gemessenen Griffigkeit zur Folge.

Insgesamt brachten die bisherigen Untersuchungen zur Griffigkeit unterschiedliche Ergebnisse und reichen von Verminderung des Griffigkeitsverhaltens bis zu keinen Veränderungen oder Veränderungen auf Nassniveau. Alle bisherigen Ergebnisse sind nicht auf die realen Verhältnisse vor

Ort übertragbar und erlauben keine konkreten Aussagen zur Verkehrssicherheit. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, vor allem braucht es eine standardisierte Methode.

Wegen der unsicheren Datenlage bezogen auf die Verkehrssicherheit wurde vorerst von einer großflächigen Ausbringung im gesamten Stadtgebiet von Klagenfurt Abstand genommen. Im Winter 2007/2008 wurden stattdessen zwei speziell und auffällig gekennzeichnete Teststrecken eingerichtet, für die zusätzlich Tempo 30 verordnet wurde.

In Lienz wird weiterhin entlang der B100 regelmäßig CM Austrosafe® aufgebracht. Damit sollte es möglich sein, dass in Lienz die zulässigen Grenzwerte für PM₁₀ eingehalten werden.

Die regelmäßige Aufbringung von CM Austrosafe® während der Wintermonate bringt eine deutliche, unmittelbar messbare Reduktion der PM₁₀-Belastung an stark befahrenen Straßen. Das Einsparungspotenzial liegt immissionsseitig bei 10% bezogen auf den Jahresmittelwert. Außer rigorosen Verkehrsbeschränkungen gibt es derzeit keine Maßnahme zur Feinstaubreduktion mit einem ähnlich hohen und umsetzbaren Wirkungspotenzial. Im Vergleich zu anderen feinstaubreduzierenden Maßnahmen liegen die Kosten der CMA-Aufbringung in vertretbarem Rahmen.

Zur flächendeckenden Anwendung sind jedoch noch weitere Untersuchungen zur Verkehrssicherheit und Optimierungen bei Aufbringung und Dosierung notwendig.

Dazu wurde von der Stadt Klagenfurt ein weiterer Projektantrag im Rahmen des EU-Förderprogramms LIFE+ mit den Städten Lienz und Bruneck eingereicht.

Beitrag des kommunalen Fuhrparks zur Verbesserung der Luftqualität

Bert Schröer,
AWISTA, Düsseldorf

Kommunale Fuhrparkbetreiber stehen traditionell im Rampenlicht der Öffentlichkeit. Dies zwingt sie seit jeher zu einem Spagat zwischen hoch-effizienter Betriebsführung, um den Steuer- oder Gebührenzahler nicht zu enttäuschen und umwelttechnischer Vorreiterrolle, um den Ansprüchen der Umweltinstitutionen zu entsprechen. So entsteht eine keineswegs einfach zu lösende Aufgabe, vor allem, weil durch unterschiedliche politische Strömungen das eine oder das andere Thema weiter in den Vordergrund zu rücken vermag.

Die vielfältigen Aufgaben der kommunalen Betriebe spiegeln sich in einem stark diversifizierten Fuhrpark wider. Wie in Abbildung 1 dargestellt, erreicht die Bandbreite der Fahrzeuge nahezu das Gesamtspektrum des Fahrzeugmarktes.

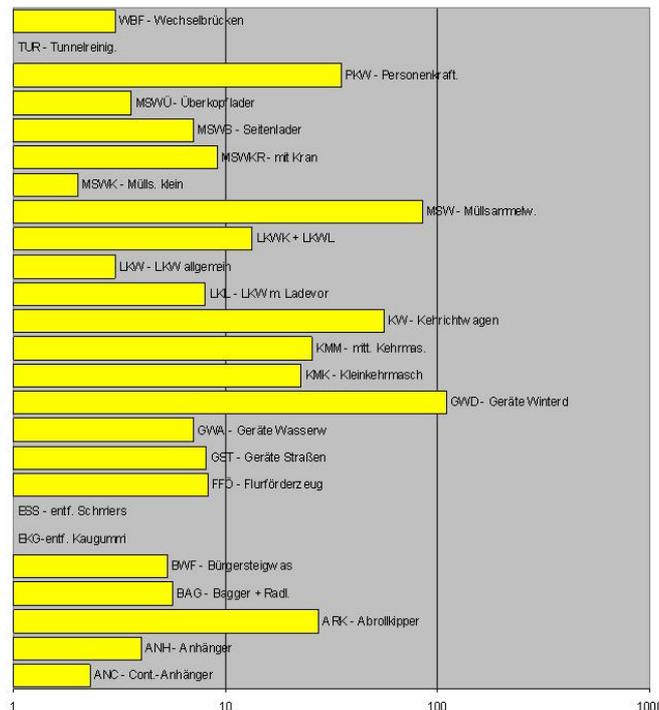


Abbildung 1: Fahrzeugspektrum der Abfallwirtschaft und Stadtreinigung

Mit dem Wissen um die hohe wirtschaftliche und ökologische Verantwortung ist der kommunale Betrieb gezwungen, mit einem möglichst strategisch langfristig ausgerichteten Fuhrparkmanagement eine verantwortungsvolle Linie zu fahren. Die seit einigen Jahren verschärft ausgebrochene Diskussion um die Feinstaubminimierung trifft natürlich besonders die städtischen Fuhrparks: Ihre Einsatzgebiete sind vor allem die staubbelasteten Innenstädte und die Zusammensetzung der Fuhrparks weist in der Regel einen hohen Anteil von Diesel getriebenen Nutzfahrzeugen und Maschinen aus. Darüber hinaus stellt die Straßenreinigung mit Kehrmaschinen aller Art seit jeher ein Potential für Staubaufwirbelung dar.

Die Abfallwirtschaftsbetriebe der Stadt Düsseldorf (AWISTA) sind sich ihrer hohen Verantwortung bewusst und haben sich auf die Situation mit folgenden Maßnahmen eingestellt:

- Umfangreiche Nachrüstung des bestehenden Fuhrparks mit Partikelfilter
- Kurz- und mittelfristige Aussonderung von Fahrzeugen mit niedriger Abgasklassifikation



- Konsequenter Einsatz von alternativen Antriebsarten mit hoher Einsatzsicherheit
- Erprobung staubmindernder Reinigungskonzepte in der Straßenreinigung
 - Feinstaubkehrmaschine
 - Schwemmen von Straßen

Durch einen systematischen Austausch der Fahrzeuge mit ungünstigen Schadstoffklassen kann mittelfristig der Schadstoffaustausch beträchtlich gesenkt werden. Auf den Gesamtfuhrpark betrachtet lässt sich somit eine Verminderung der Rußpartikel um ca. 150 Tonnen p.a. erzielen.

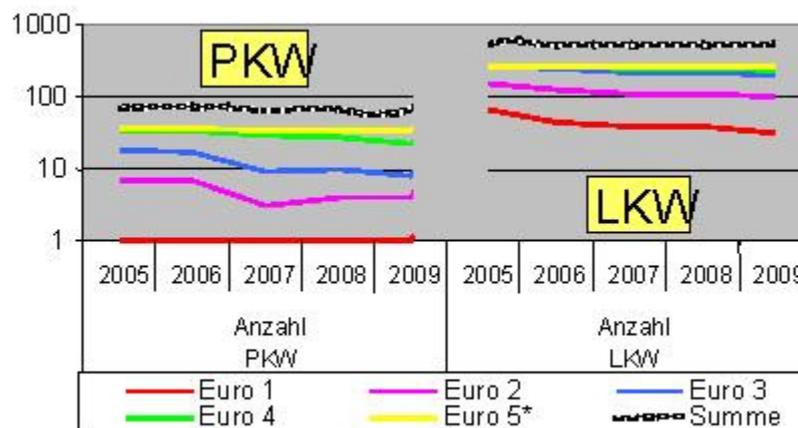


Abbildung 2: Entwicklung der Schadstoffklassen

Emissionsvorschriften und ihre Umsetzung

Monika Floßdorf,
Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

1. Gesellschaftliche Herausforderungen

Unsere Gesellschaft hatte sich zu jeder Zeit und hat sich auch heute vielen neuen Herausforderungen zu stellen, die insbesondere mit dem Wachstum der Weltbevölkerung, der steigenden Energienachfrage, der knapper werdenden Rohstoffe, der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern sowie der Umweltverträglichkeit von Produkten zusammenhängen.

Die ersten Kfz-technischen Vorschriften waren rein national in der StVZO geregelt. Dann entstanden Vorschriften auf UN-ECE-Ebene (ECE = Economic Commission for Europe, WP = World Forum for Harmonisation, 58er Übereinkommen), denen die Vertragsstaaten beitreten konnten.

In den 70er Jahren begann die Harmonisierung von Kfz-technischen Vorschriften in der Europäischen Gemeinschaft. Nationale Experten arbeiten seitdem auf internationaler Ebene an der Entwicklung dieser Vorschriften mit, auch unter Berücksichtigung nationaler Interessen. Die Harmonisierung lag und liegt auch im Interesse der Automobil-, Zulieferer- und Mineralöl-Industrie, denn es wurde somit mehr Chancengleichheit im europäischen Wettbewerb erreicht.

Die Anforderungen an die Umweltverträglichkeit von Kraftfahrzeugen sind erst seit 1970 stetig gestiegen. In Deutschland wurden erste nationale Anforderungen mit den Anlagen XXIII, XXIV und XXV in der StVZO festgelegt. 1993 wurden die ersten europäischen und zugleich anspruchsvollen Vorschriften, die als Euro 1 bis 4 bekannt sind, obligatorisch in Deutschland eingeführt und bereits vorzeitig von vielen Fahrzeugen eingehalten.

Auf strengere Anforderungen an die Umweltvorschriften von Kfz reagierte die Industrie anfangs oft zurückhaltend bis ablehnend (wegen der Zielkonflikte zu anderen Anforderungen), dann aber waren die Vorschriften doch Ansporn zur Suche nach neuen technischen Lösungen (geregelt Katalysa-

toren, Partikelminderungssysteme). Und es sind auch nicht nur die europäischen Vorschriften, sondern vor allem die Kalifornischen Vorschriften, wonach ein bestimmter Prozentsatz der verkauften Fahrzeuge eines Herstellers auch sog. „Nullemissionsfahrzeuge“ sein sollten, die die Hersteller gezwungen haben, über neue Lösungen nachzudenken, um auf dem amerikanischen Markt bestehen zu können.

Auch bei den Anforderungen an Kraftstoffe zeigt die Entwicklung von anfangs nationalen Verbesserungen (z. B. zur Verringerung des Bleigehalts) über europäische Anforderungen, die ebenfalls stetig verschärft wurden, (Senkung des Schwefel-Gehalts) enorme Fortschritte. Da eine nennenswerte Substitution der fossilen Kraftstoffe durch alternative Kraftstoffe erst mittel- bis langfristig möglich sein wird, wurde mit der Kraftstoffstrategie der Bundesregierung, die in Zusammenarbeit mit der Fahrzeug- und Mineralölindustrie erarbeitet wurde, eine Orientierung für zukunftsfähige Entwicklungen gegeben. Dies ist unter der Prämisse geschehen, dass nicht nur Fragen der Umweltverträglichkeit sondern auch der Wirtschaftlichkeit und der Versorgungssicherheit Berücksichtigung finden.

Ein verstärkter Einsatz alternativer Kraftstoffe und alternativer Techniken wird im Zusammenhang mit den gesellschaftspolitischen Forderungen nach drastischer Reduktion der Kohlendioxid- (CO₂) und Schadstoffemissionen (Stickoxide (NO_x), Kohlenwasserstoffe (HC), Kohlenmonoxid (CO) und Partikel) immer notwendiger.

Die Europäische Union und die Mitgliedstaaten bzw. weltweit agierende Gremien schaffen für die konkurrenzfähige Markteinführung alternativer Fahrzeuge die politischen Rahmenbedingungen (z. B. steuerliche Förderung, Benutzervorteile) und die genehmigungstechnischen Voraussetzungen. Hersteller bekommen somit frühzeitig Planungs- und Rechtssicherheit für die Zulassung solcher Fahrzeuge. Weitere Voraussetzung für eine Chance auf dem Markt sind angemessene Entwicklungskosten im Verhältnis zum erwarteten Nutzen. Letztlich muss die alternative Technik Serienreife erlangen können, vom Käufer akzeptiert werden und für ihn bezahlbar sein.

Die bisher eingeleiteten technischen Maßnahmen zur Emissionsreduzierung zeigen z. B. folgende positive Entwicklung bei der Reduzierung der Stickoxide und der Partikelemissionen (Bilder 1 und 2).

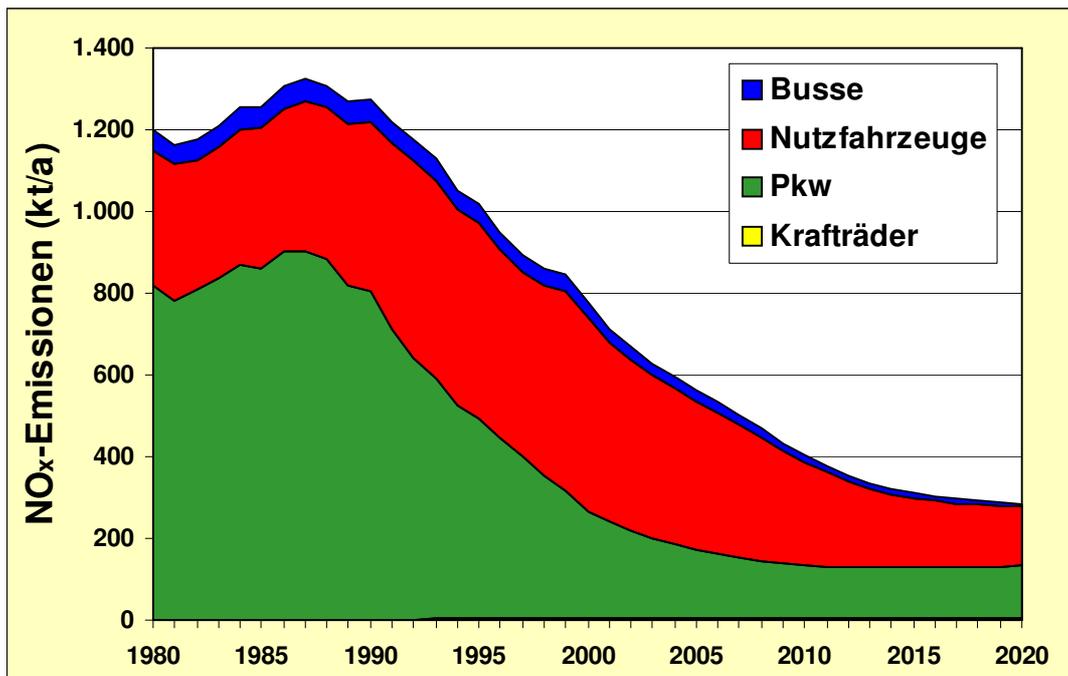


Bild 1: Reduzierung der NO_x-Emission

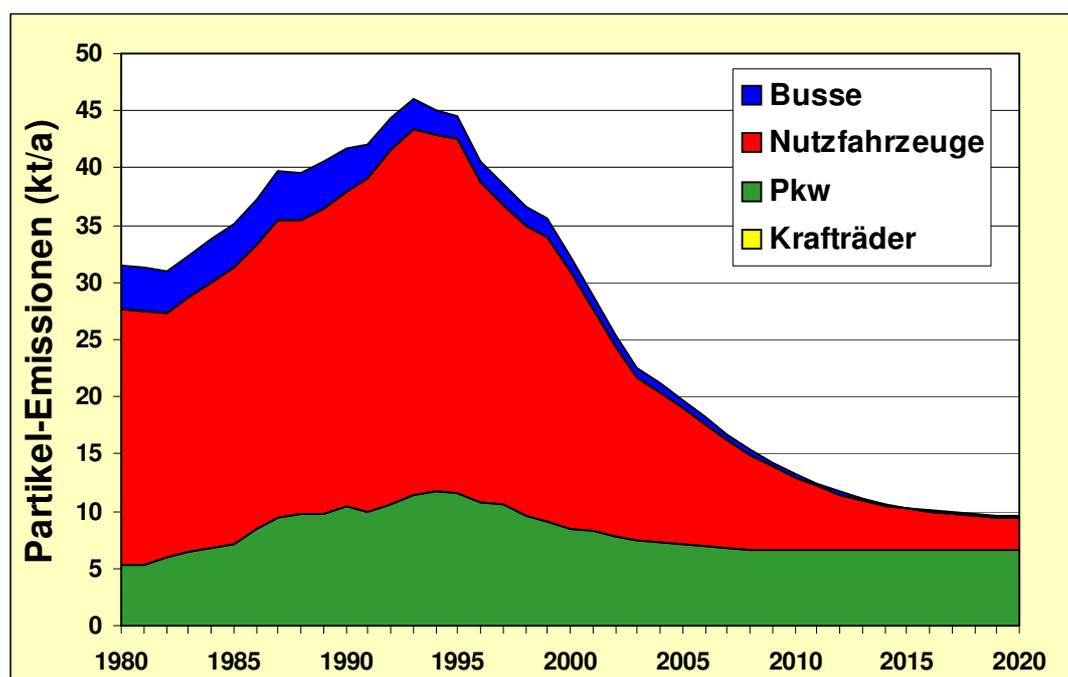


Bild 2: Reduzierung von Partikelemissionen

Während wir in Europa - insbesondere durch die schrittweise Verschärfung von Schadstoffgrenzwerten - bei der Reduzierung der klassischen Luftschadstoffe durchaus beeindruckende Erfolge verbuchen können, stehen wir beim Thema Klimaschutz noch vor gewaltigen Herausforderungen.

Weltweit steigen die CO₂-Emissionen des Verkehrs weiter an, in Deutschland ist jedoch eine Trendwende erreicht (Bild 3).

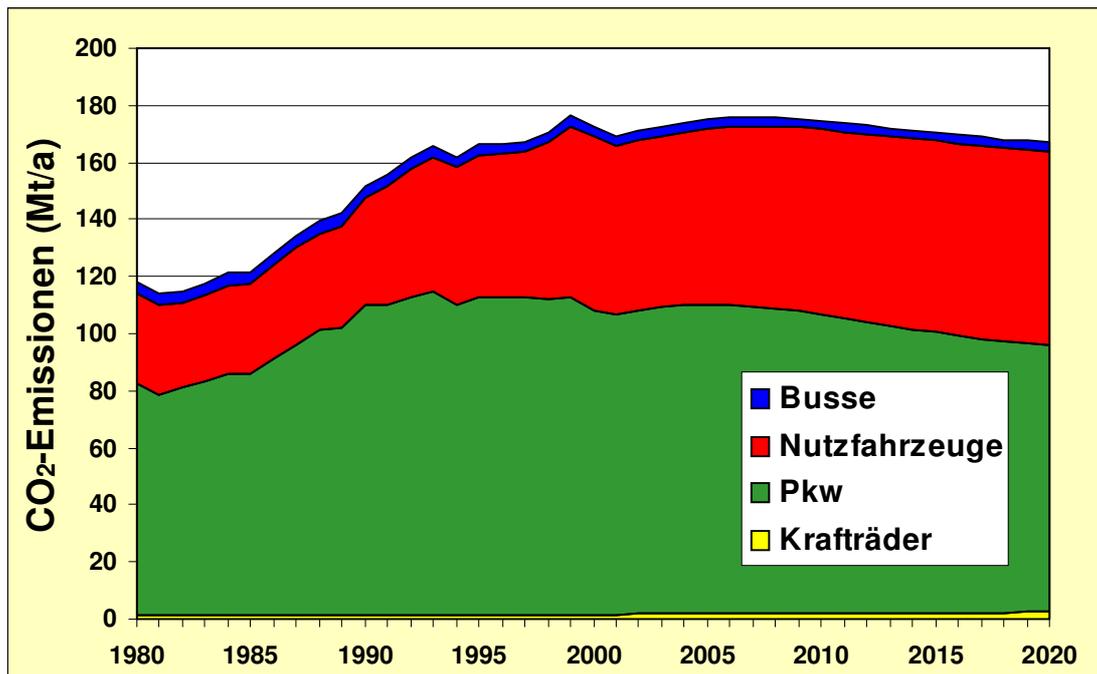


Bild 3: Entwicklung der CO₂-Emissionen

2. Genehmigungstechnische Voraussetzungen

Kraftfahrzeuge müssen, wenn sie für den Straßenverkehr zugelassen werden sollen (Zulassung mit amtlichem Kennzeichen), über eine gültige Betriebserlaubnis (BE) / Betriebsgenehmigung (BG) verfügen (Bild 4). D.h., sie müssen aus technischer Sicht - hinsichtlich ihrer Bau- und Wirkungsweise - für den Betrieb auf der Straße genehmigt sein. Der Fahrzeughersteller - im Falle einer Einzelbetriebserlaubnis (EBE) auch der Fahrzeughalter - beantragt diese BE/BG, nachdem der Nachweis über die Einhaltung der jeweils relevanten Vorschriften der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO), der EG-Richtlinien oder ECE-Regelungen über die aktive und passive Sicherheit sowie über die Emissionsvorschriften erbracht

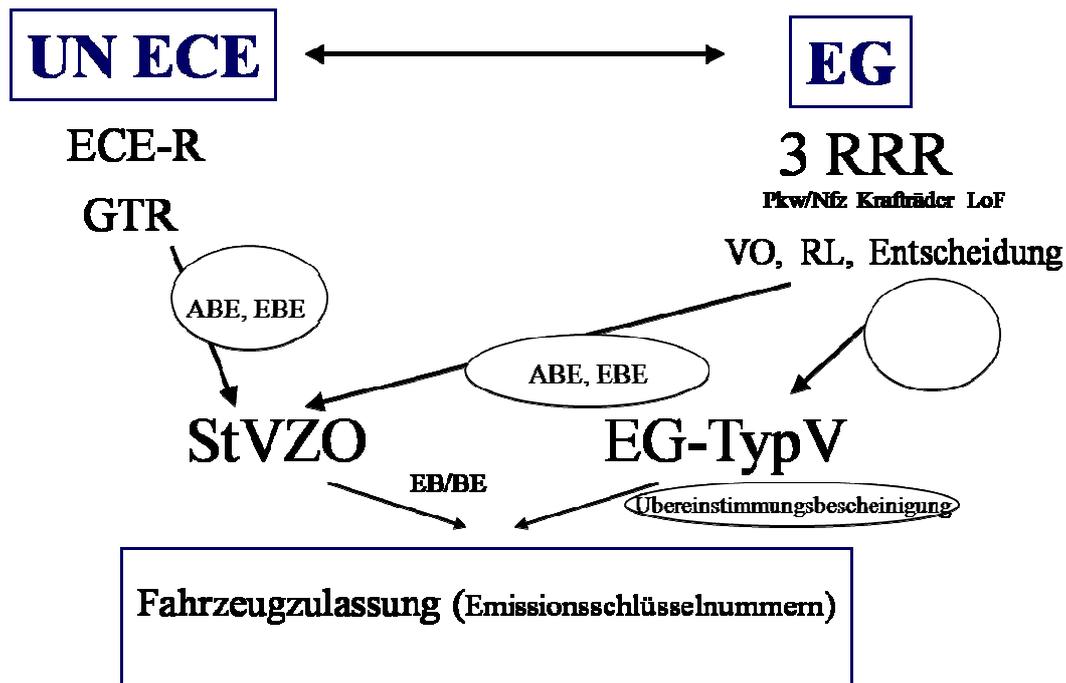


Bild 4: Genehmigungs-technische Voraussetzungen für die Kraftfahrzeugzulassung

worden ist, bei einer Genehmigungsbehörde in der Europäischen Union (in Deutschland ist das KBA Genehmigungsbehörde).

Im Falle der EBE wird durch die Zulassungsbehörde gleichzeitig die BE/BG sowie die Zulassung zum Straßenverkehr erteilt.

Grundlage für die BE/BG eines Fahrzeugs ist also die Einhaltung von technischen Vorschriften (Problem bei nachträglichen Veränderungen am Fahrzeug, wie z. B. Tuning).

Mit dem neuen Zulassungsverfahren auf Grundlage der Richtlinie 1999/37/EG wird klargestellt, dass die EG-Typgenehmigung, die ABE oder EBE nicht Bestandteil der Zulassung, sondern Voraussetzung für die Zulassung ist.

3. Abgasemissionsanforderungen an Kfz

Im Weiteren liegt der Schwerpunkt der Ausführungen bei den Schadstoff- und den CO₂-Emissionen von Pkw.

Die Emissionsvorschriften für Kraftfahrzeuge sind Wirkvorschriften. D.h., dass Emissionsgrenz- oder -zielwerte mit Bezug auf bestimmte Testmethoden für bestimmte Zeiträume vorgeschrieben werden, aber keine bestimmten Techniken oder Bauteile. Dies hat den Vorteil, dass den Fahr-

zeugherstellern überlassen bleibt, mit welcher Technik und mit welchen Kraftstoffen sie die Vorschriften erfüllen. Somit werden Innovationen/neue Techniken nicht behindert.

Allerdings wurde durch Umweltverbände und viele Politiker in den vergangenen 30 Jahren der Eindruck erweckt, dass Fahrzeuge einen geregelten Katalysator oder einen Partikelfilter haben müssen. Die Grenzwertanforderungen sollten diese Technik erzwingen. Letztlich war es so, dass sich die Hersteller diesem großen Druck gebeugt haben, ansonsten wäre deren Image beschädigt worden.

Bevor in der EG Schadstoffvorschriften entwickelt wurden, gab es bereits die Regelungen 15 und 83 auf UN-ECE-Ebene.

Die EG erließ erste harmonisierte Pkw-Vorschriften zur Begrenzung von Schadstoffemissionen aus dem Auspuff mit der RL 70/220/EWG. Für schwere Nutzfahrzeuge folgten Emissionsvorschriften erst mit der Richtlinie 88/77/EWG. Vorschriften für Land- oder Forstwirtschaftliche Maschinen (LoF) und motorisierte zwei- und dreirädrige Fahrzeuge (Krafträder) folgten später.

Bild 5 zeigt die unterschiedlichen Schadstoffanforderungen an Otto- und Diesel-Pkw gem. Euro-Stufen 1 – 6; die Bilder 6 und 7 verdeutlichen speziell die Entwicklung der Anforderungen an Diesel-Pkw.

**Schadstoffgrenzwerte (Serienproduktion)
für den klassischen Pkw nach RL 70/220/EWG**

(Grenzwerte in g/km, gemessen im Neuen Europäischen Fahrzyklus - NEFZ)

		1993 91/441/EWG	1997 94/12/EG	2001 98/69/EG, Zeile A	2006 98/69/EG, Zeile B	09/2009 VO 715/2007 Anh. I Tab. 1	09/2014 VO 715/2007 Anh. I Tab. 2
		Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6
Benzin	CO	3,16	2,20	2,30	1,000	1,000	1,000
	HC + NO _x	1,13	0,50	0,35	0,180		
	HC	-	-	0,20	0,100	0,100	0,100
	NO _x	-	-	0,15	0,080	0,060	0,060
Diesel	CO	3,16	1,00	0,64	0,500	0,050	0,050
	HC + NO _x	1,13	0,70	0,56	0,300	0,230	0,170
	NO _x	-	-	0,50	0,250	0,180	0,080
	Partikel	0,18	0,08	0,05	0,025	0,005	0,005

Bild 5: Schadstoffanforderungen an Otto- und Diesel-Pkw gemäß Euro 1 – 6

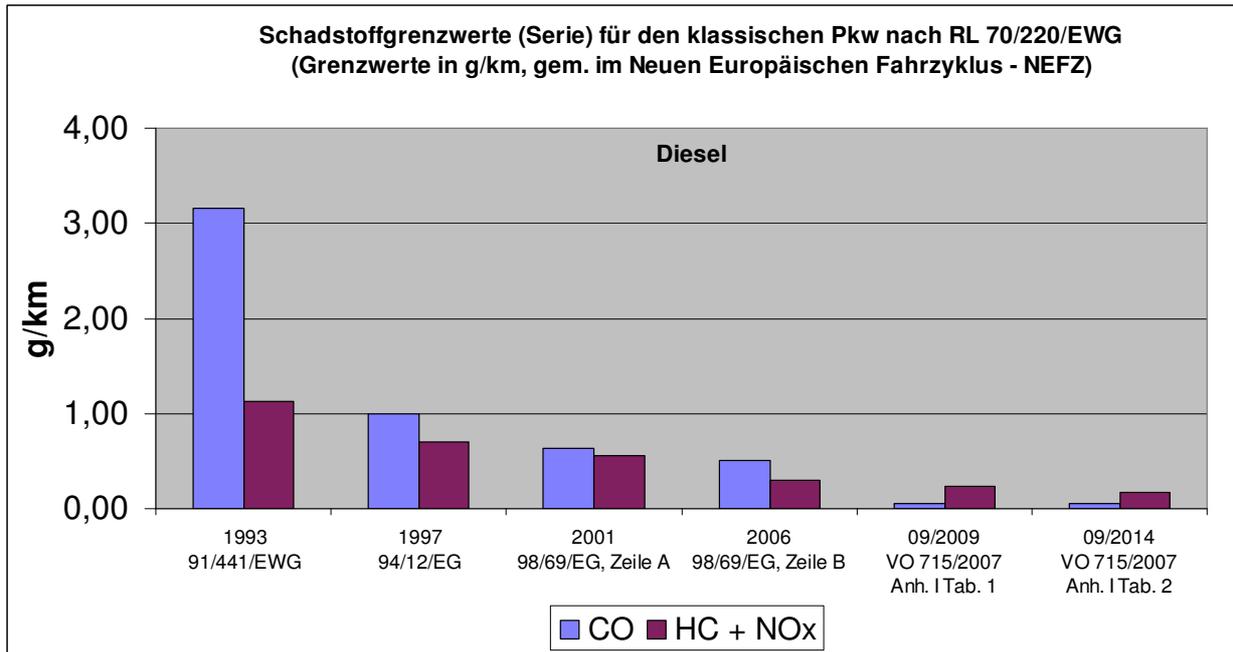


Bild 6: Entwicklung Anforderungen an Diesel-Pkw für CO und HC+NO_x

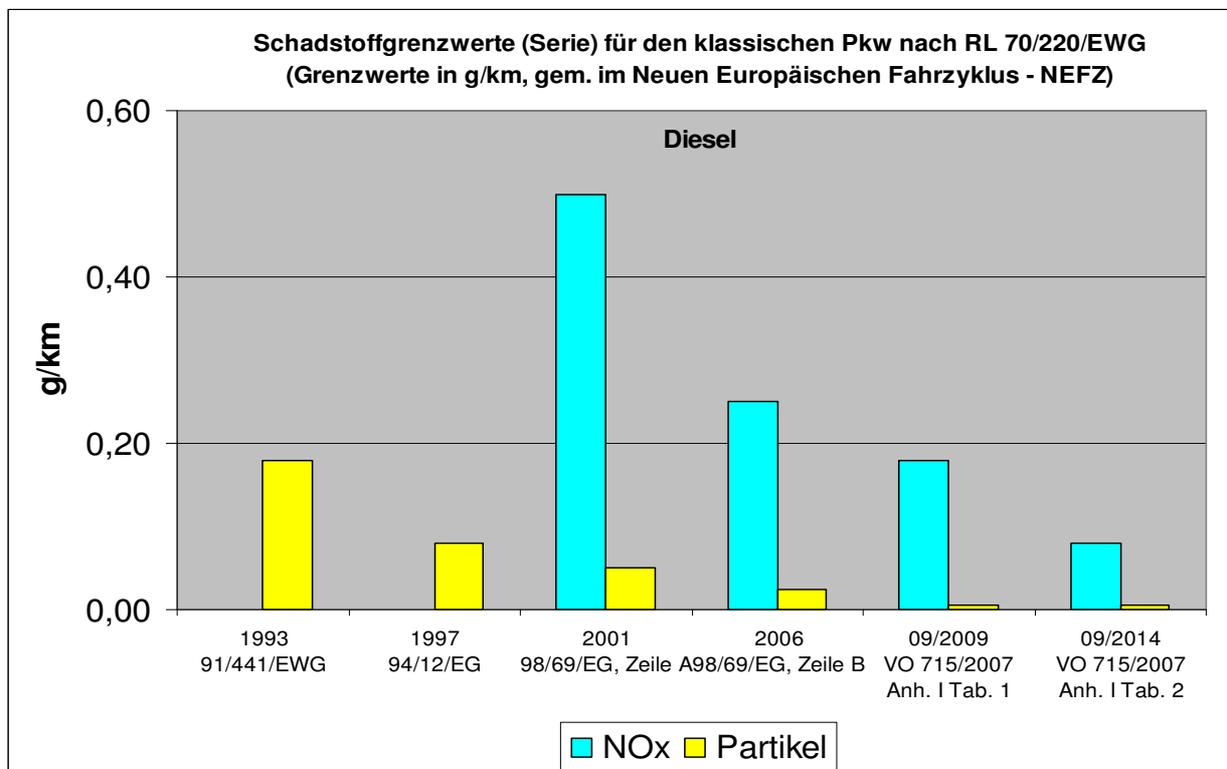


Bild 7: Entwicklung Anforderungen an Diesel-Pkw für NO_x und Partikel

Seit 1993 sind die EG-Emissionsvorschriften für Pkw verbindlich geworden. D.h., sie müssen in jedem Mitgliedstaat angewandt werden. Anderslautende und nationale Vorschriften sind nicht mehr zulässig.

Nationale Experten arbeiten verstärkt in den Arbeitsgruppen und Entscheidungsgremien mit, denn Emissionsvorschriften werden nur noch auf der Ebene der EU oder UN-ECE erarbeitet. Heute dürfen Pkw, LoF und Krafträder, die in Serie gefertigt werden, nur noch mit einer EG-Typgenehmigung (Genehmigung für das gesamte Fahrzeug) neu in den Verkehr gebracht bzw. neu zugelassen werden. Bei Nutzfahrzeugen wird die EG-Typgenehmigung erst frühestens ab 2010 verbindlich.

Zur Vermeidung von Handelshemmnissen sind die harmonisierten europäischen Vorschriften (EG-Richtlinien, jetzt auch EG-Verordnungen) für Kraftfahrzeuge gemäß EG-Typgenehmigungsrichtlinie und EG-Typgenehmigungs-VO verbindlich für in Serie zu fertigende Fahrzeuge anzuwenden. Deutschland hat diese EG-Vorschriften darüber hinaus grundsätzlich auch für Einzelfahrzeuge in der StVZO vorgeschrieben.

D.h., durch die Paragraphen 47 und 47d der StVZO werden die entsprechenden EG-Richtlinien eins zu eins übernommen. Die entsprechend angepassten ECE-Regelungen sind im Genehmigungsverfahren den EG-Richtlinien gleichwertig.

Anzuwendende Vorschriften für Schadstoffemissionen Pkw nach § 47 (1) StVZO

Ab 1993	RL 91/441/EWG	EURO 1	ECE R 83.01/02
Ab 1997	RL 94/12/EG	EURO 2	ECE R 83.03/04
Ab 2001	RL 98/69/EG, Zeile A	EURO 3	ECE R 83.05, Zeile A
Ab 2006	RL 98/69/EG, Zeile B	EURO 4	ECE R 83.05, Zeile B
Ab 2009	VO (EG) 715/07, Anh I Tab 1	EURO 5	
Ab 2014	VO (EG) 715/07, Anh I Tab 2	EURO 6	

Anmerkung: ab 2001 Zyklusänderung: - Wegfall von 40 s Leerlauf nach Start, bei Fahrzeugen mit Dieselmotor wurde ab Euro 3 neben Summengrenzwert HC + NO_x zusätzlich ein NO_x-Wert eingeführt, weitere Grenzwertstufen Euro 5 und 6 sind verabschiedet, die Durchführungsbestimmungen noch nicht.

Aber nicht allein die Grenzwertabsenkung bestimmt das gestiegene Anforderungsniveau, sondern auch Vorschriften wie z. B. über

- die Dauerhaltbarkeit der emissionsmindernden Bauteile,
- die Einführung von OBD-Systemen, mit denen sich eine Fehlfunktion der emissionsrelevanten Bauteile und Anlagen erkennen lässt,
- das in-use-compliance (IUC)- Verfahren oder
- das Verbot des Einsatzes von Abschaltvorrichtungen und anormalen Emissionsminderungsstrategien.

Im Falle der EG-Typgenehmigung muss der Hersteller gleichzeitig versichern, dass alle in der Serie produzierten Fahrzeuge dem genehmigten Typ entsprechen (Conformity of Production - CoP) sowie den Fahrzeugen eine Übereinstimmungsbescheinigung (Certificat of Conformity - CoC) beilegen (in Deutschland nur vorhalten, da wesentliche Angaben im Fahrzeugschein/Zulassungsbescheinigung Teil I übertragen sind). Für den Emissionsnachweis sind die Felder V9, 14 und 14.1 in der Zulassungsbescheinigung Teil I maßgebend. In Feld 14.1 ist die berühmte Emissionsnummer zu finden.

Die Kohlendioxidemissionen (CO₂) erfahren seit geraumer Zeit eine besondere Beachtung, seit über die Klimaänderungen debattiert wird. Das Gas CO₂, das zusätzlich zum natürlichen Anteil in der Luft insbesondere durch Verbrennung fossiler Kraftstoffe in die Atmosphäre gelangt, trägt entscheidend zum Treibhauseffekt bei. CO₂ soll damit für den Klimawandel mitverantwortlich sein. Selbst wenn Wissenschaftler nicht einer Meinung sind, ist es die Verantwortung der Bundesregierung, auf jeden Fall Vorsorge zu treffen.

Der Kraftstoffverbrauch, der mit den CO₂-Emissionen korreliert, steht im Zielkonflikt zu anderen Vorschriften, die für Kraftfahrzeuge anzuwenden sind (Bild 8). Der Verbrauch ist bis heute in der EU nicht begrenzt, aber es gibt seit 1980 ebenfalls Vorschriften zur Messung des Kraftstoffverbrauchs (RL /1268/EWG). Damals wurde der Drittelmix, bei dem die CO₂-Emissionen bei Konstantfahrten gemessen wurden, festgelegt. Seit 1996 ist die Messung im Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ), der größten-

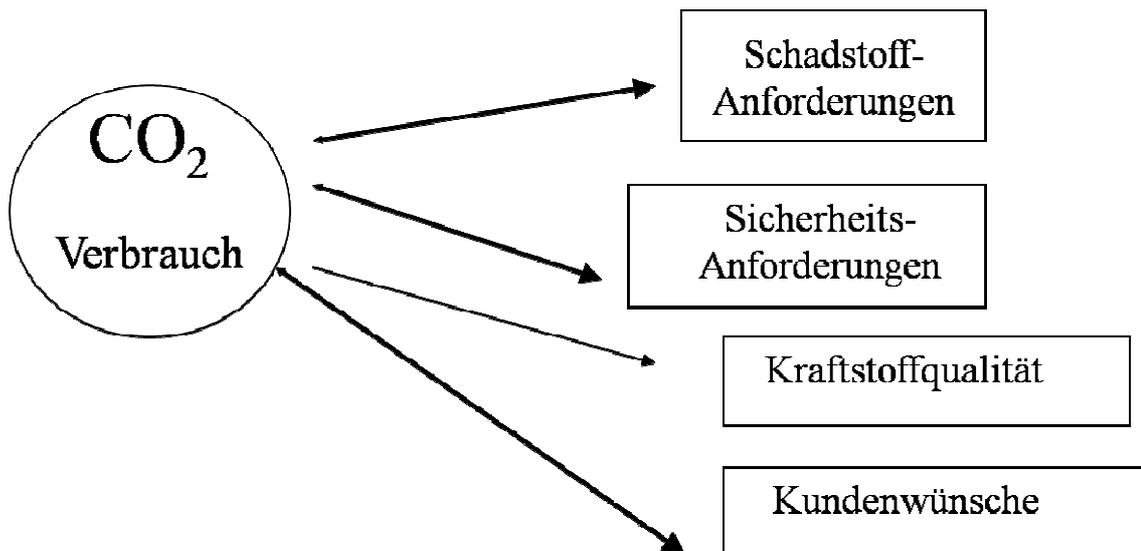


Bild 8: Zielkonflikte

teils dynamische Fahranteile enthält, verbindlich. Das ist der gleiche Prüfzyklus, der bei der Messung der Schadstoffemissionen angewandt wird. In Zukunft - dies wurde gerade mit den Euro5/6-Vorschriften eingeführt - sind die Vorschriften für die Messung der CO₂-Emissionen und der Schadstoffemissionen in einer Vorschrift zusammengefasst.

Die internationalen Automobilverbände in Europa hatten sich gegenüber der Europäischen Kommission (KOM) freiwillig verpflichtet, durchschnittliche CO₂-Emissionen von 140 g/km aller in 2008/9 verkauften Pkw zu erreichen. In einem Monitoring wurde die Zielerreichung überwacht (Bilder 9 und 10). 140 g/km CO₂ entsprechen 5,3 l/100 km beim Diesel-Pkw und 6,0 l/100 km beim Pkw mit Benzinmotor.

Da dieses Ziel nicht erreicht wurde, hat die Kommission Ende 2007 einen legislativen Vorschlag unterbreitet, dass die Neuwagenflotte im Jahre 2012 durchschnittlich nicht mehr als 130 g CO₂/km aufweisen soll. Diese 130 g CO₂/km sollen nur durch motor-/fahrzeugtechnische Entwicklungen und 10 g CO₂/km durch andere technische und nichttechnische Maßnahmen erbracht werden, um das bereits 1995 festgelegte Ziel der EU von 120 g CO₂/km zu erreichen.

Entwicklung der spezifischen mittleren CO₂-Emissionen neu zugelassener Pkw in Deutschland

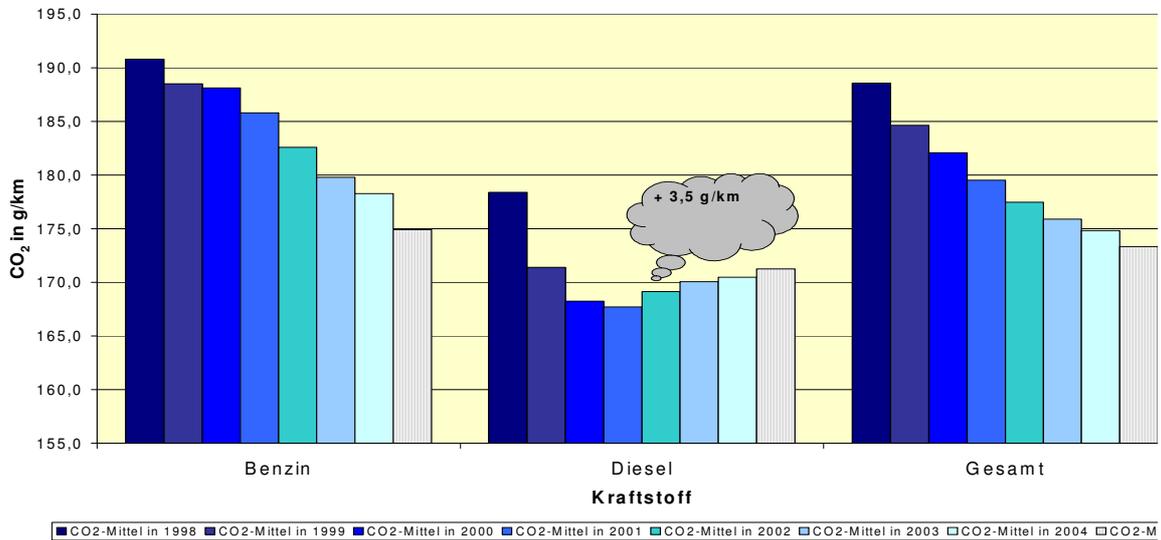


Bild 9: CO₂-Entwicklung neu zugelassener Pkw in Deutschland

Entwicklung des spez. Kraftstoffverbrauchs in l/100 km neu zugelassener Pkw in Deutschland

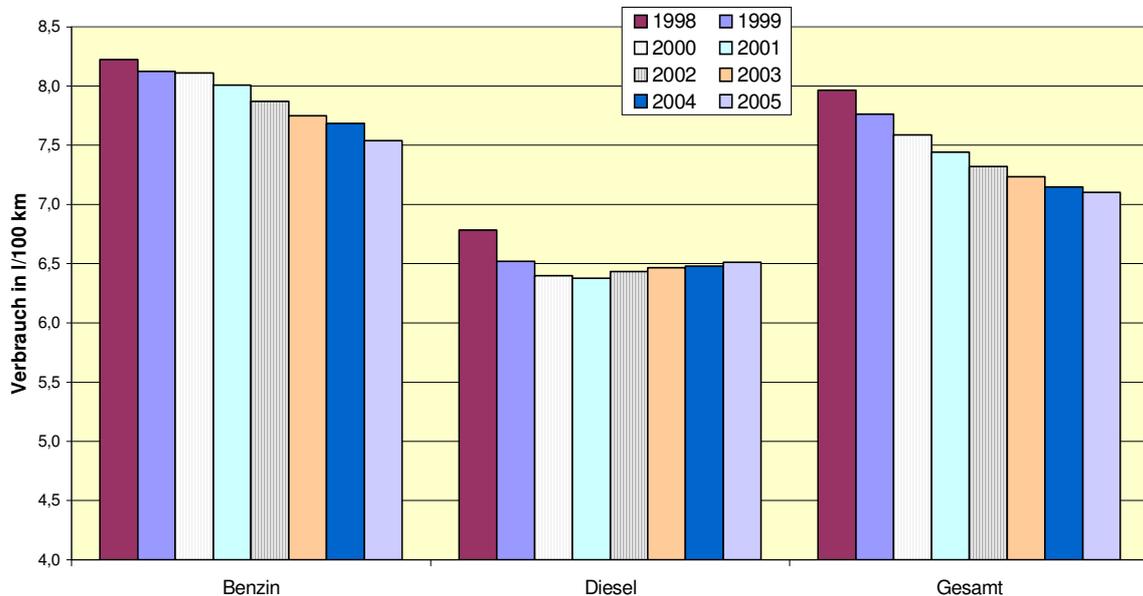


Bild 10: Entwicklung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs neu zugelassener Pkw in Deutschland

Der Vorschlag der KOM, welche Beiträge zur CO₂-Reduzierung jeweils durch kleine und große Fahrzeuge zu erbringen sind, wird im Moment heiß diskutiert. Hier geht es um industriepolitisch relevante Interessen.

Um die Schadstoff- und CO₂-Emissionen drastisch senken zu können, spielen der Kraftstoff und seine Qualität eine immer größere Rolle. Mit der Grenzwertabsenkung bei teilweise verbesserten realistischeren Fahrzyklen ging deshalb oft eine Qualitätsverbesserung der für die Typprüfung zu verwendenden Referenzkraftstoffe und der Marktkraftstoffe einher. In Bild 11 sieht man am Beispiel des Dieselkraftstoffs, wie drastisch der Schwefelgehalt im Laufe der Jahre abgesenkt wurde.

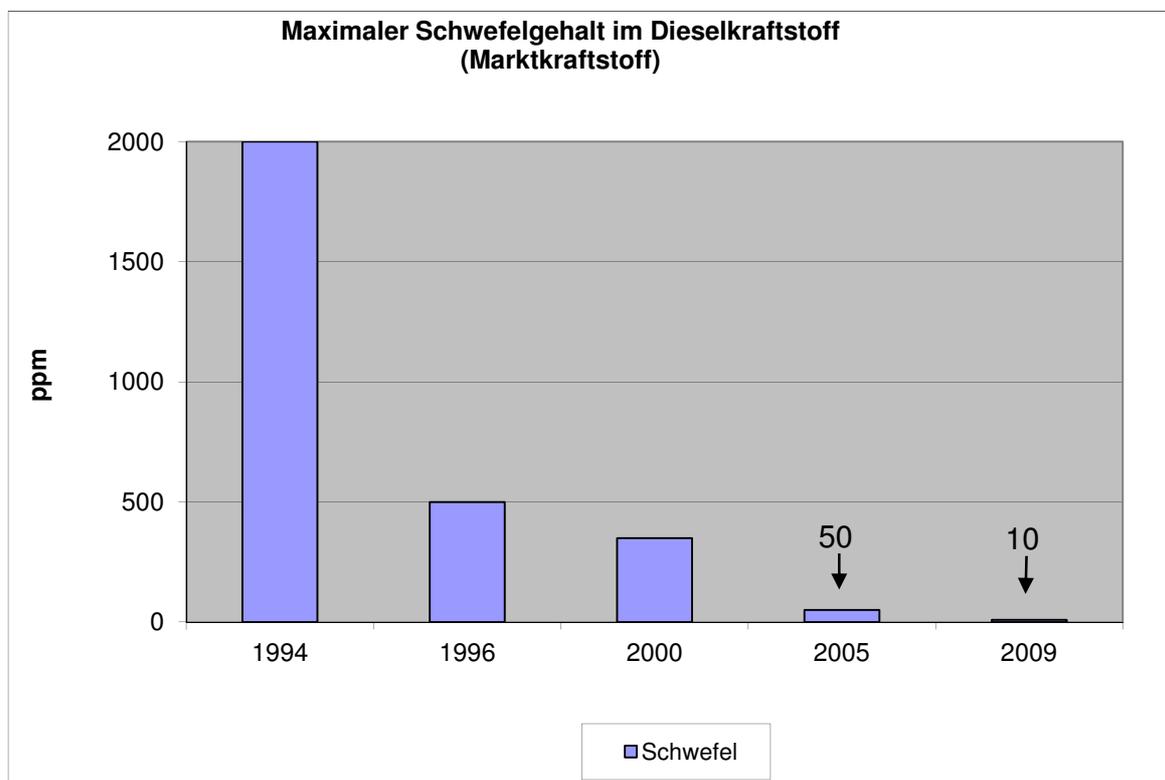


Bild 11: Entwicklung des Schwefelgehaltes im Dieselkraftstoff

Der Schwefelgehalt musste nicht nur reduziert werden, um die direkten Emissionen der Schwefelverbindungen zu reduzieren, sondern insbesondere um neue, wirksame Abgasnachbehandlungstechniken (z. B. CRT, DeNO_x) zur Partikel- und NO_x-Reduzierung, die gegen Schwefel im Kraftstoff sehr empfindlich sind, zu ermöglichen.

Für die Erlangung der BE/BG sind die gängigen Referenzkraftstoffe (Benzin, Diesel, Erdgas, Autogas) und deren Qualitätsanforderungen ebenfalls in den EG-Emissionsrichtlinien festgelegt.

Biokraftstoffe sind in EG-Richtlinien oder ECE-Regelungen noch nicht definiert. Nach Normung des Biodiesels (EN 14214) und Ethanol (E 85) wurden diese zumindest schon einmal national in der 10. BImSchV festgeschrieben. Mit den Euro 5/6-Vorschriften wird auch E 85 als Referenzkraftstoff aufgenommen.

4. Neue Fahrzeugkonzepte

Die Emissionsanforderungen konnten bisher mit der konventionellen Technik (Otto- und Dieselfahrzeuge) und stetig weiter entwickelten Abgasnachbehandlungstechniken (Katalysatoren, Partikelfilter) sowie bestimmten „alternativen“ Kraftstoffen (Erdgas, Autogas) erreicht werden.

In Zukunft heißt die Herausforderung - mehr Nachhaltigkeit -, da die Luftqualitäts-Grenzwerte für Feinstaub (PM₁₀) und für Stickstoffdioxid (NO₂) überschritten werden. Mit der Verbesserung der Energieeffizienz, um die Treibhausgase – vor allem CO₂ – zu verringern, ist eine noch größere Hürde zu nehmen.

D. h., dass existierende alternative Fahrzeugkonzepte (Elektro, Hybrid) weiterentwickelt und neue Fahrzeugkonzepte mit Wasserstoff (H₂) und Brennstoffzellen (BZ) entwickelt werden müssen. Gleichzeitig müssen die Vorschriften angepasst werden, ohne die Technik vorzuschreiben.

So wurden in den letzten Jahren umfangreiche Mess-Vorschriften für Hybridfahrzeuge auf UN-ECE-Ebene erarbeitet und auch in der EG in Kraft gesetzt.

Vorschriften für die BZ- und H₂-Fahrzeuge werden vorerst in der EG und später in einer Global Technical Regulation (GTR) erarbeitet.

5. Ausblick und Handlungsbedarf

Um die Akzeptanz für ein Verkehrswachstum zu schaffen, müssen die verkehrsbedingten Umweltbelastungen weiter reduziert werden. D.h., es werden die Anforderungen an die Kfz verschärft.

Zunächst werden weitere entscheidende Fortschritte z. B. durch die weitere Absenkung der Schadstoffgrenzwerte mit Inkrafttreten der Abgasstufen Euro 5 und Euro 6 sowie durch verpflichtende Anforderungen an die CO₂-Emissionen von Pkw erreicht.

Durch technische Maßnahmen, wie

- den Einsatz innovativer Technologien auch bei konventionellen Fahrzeugen,
- den Einsatz umweltfreundlicher und alternativer sowie regenerativer Kraftstoffe (Kraftstoffstrategie, Clean-Energy-Partnership (CEP)),
- den verstärkten Einsatz neuer Fahrzeugkonzepte zur Reduzierung der Schadstoff- und der CO₂-Emissionen und damit des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs (1/100km),

und durch nichttechnische Maßnahmen, wie z. B.

- Aufklärung und Trainings für eine umweltschonende Fahrweise,
- Umstellung der Kfz-Steuer auf CO₂-Basis,
- Verbesserung der Verbraucherinformation über den Kraftstoffverbrauch und die CO₂-Emissionen (Klima-Pass),

wird in Zukunft die weitere Belastung der Umwelt reduziert und der Straßenverkehr „sauberer“ gemacht werden.

Im Ergebnis der Kraftstoffstrategie der Bundesregierung ist bei den Pkw-Techniken die Entwicklung zeitlich absehbar.

Aufgrund der bestehenden technischen Vorschriften (StVZO, EG-Richtlinien und -Verordnungen, ECE-Regelungen, GTRs) können bereits heute auch alternative Kraftfahrzeuge mit Erdgas, Autogas sowie Fahrzeuge mit Elektro- oder Hybridantrieb mit einer EG-Typgenehmigung in den Verkehr gebracht werden.

Für Fahrzeuge mit Wasserstoff oder Brennstoffzelle werden die genehmigungstechnischen Voraussetzungen z.Z. auf EG und UN-ECE-Ebene erarbeitet.

Sowohl national (Kraftstoffstrategie, Kabinettklausur Meseberg) als auch international (G8-Gipfel, EFV-Konferenzen) arbeitet die Bundesregierung an anspruchsvollen Strategien für die Zukunft. Bei einer weiter steigenden Mobilität (nicht nur national) müssen die negativen Auswirkungen des Verkehrs auch global bewältigt werden.

Abgasnachbehandlung bei Kraftfahrzeugen

Dr. Jost Gail und Dr. Bernd Bugsel,
Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach

Kurzfassung

Beim Einsatz von fossilen Kraftstoffen im Otto- oder Dieselmotor entstehen neben den (ungiftigen) Hauptprodukten der Verbrennung, Kohlendioxid (CO_2) und Wasserdampf (H_2O), auf Grund unvollständiger Verbrennungsabläufe weitere Abgaskomponenten in unterschiedlicher Konzentration. Vor allem sind dies Kohlenwasserstoffe (HC), Kohlenmonoxid (CO) und Stickoxide (NO_x). Beim Dieselmotor und in geringem Maße auch beim direkteinspritzenden Ottomotor kommen außerdem Partikelemissionen (PM) hinzu. Auf Grund der Gesundheitsgefährdung für den Menschen und schädlicher Einflüsse auf die Umwelt sind die Komponenten CO, HC, NO_x und PM gesetzlich limitiert. Die Grenzwertgesetzgebung hat sich in den letzten zwei Jahrzehnten erheblich verschärft, so dass insgesamt eine deutliche Abnahme der Emissionen der limitierten Komponenten festzustellen ist. Um die geltenden Grenzwerte zu unterschreiten, reichen seit geraumer Zeit innermotorische Maßnahmen alleine nicht mehr aus, so dass heutzutage in der Regel die Abgasnachbehandlung zusätzlich eine tragende Rolle übernimmt.

Ein großer Schritt zur Reduktion der Emissionen von Ottomotoren war der Drei-Wege-Katalysator. Dieser wandelt die Komponenten HC und CO durch Oxidation und NO_x durch Reduktion in unschädliches CO_2 , Wasser und Stickstoff um. Voraussetzung für die vollständige Konvertierung der Schadstoffe ist das richtige Verhältnis zwischen Kraftstoff und Luft λ bei der Verbrennung. Dieses muss 1:14,7 (sog. stöchiometrisches Verhältnis) betragen ($\lambda = 1$).

Dieselmotoren verbrennen den Kraftstoff mit Luftüberschuss ($\lambda > 1$), d. h. magerem Gemisch, so dass im Abgas hohe Sauerstoffkonzentrationen vorhanden sind. Hier können mit dem Oxidationskatalysator zwar die

Komponenten HC und CO eliminiert werden, eine Entstickung ist jedoch prinzipbedingt nicht möglich.

Neben CO, HC und insbesondere Stickoxiden entstehen im Dieselmotor außerdem Partikelemissionen. Hier besteht bezüglich einer optimalen Steuerung des dieselmotorischen Verbrennungsprozesses ein Zielkonflikt (*'trade-off'*) zwischen den Partikel- und NO_x-Emissionen sowie dem Kraftstoffverbrauch. Eine magere heiße Verbrennung ist kraftstoffsparend und erzeugt wenig Partikel, dafür jedoch mehr Stickoxide. Niedrigere Verbrennungstemperaturen mit geringeren NO_x-Emissionen haben dagegen höhere Verbräuche und mehr Partikelemissionen zur Folge.

Neben innermotorischen Maßnahmen stellt bei Dieselmotoren die Abgasnachbehandlung in Form einer Partikelfilterung eine geeignete Methode zur Reduktion der PM-Emissionen dar. Dabei ist zu unterscheiden zwischen offenen und geschlossenen Filtersystemen. Die offenen Systeme bestehen zumeist aus dünnen Stahlfolien mit gezielter Strömungsführung, um die Anlagerung der Partikel an der (ggf. katalytisch beschichteten) Oberfläche zu verbessern. Dabei muss der Abgasstrom keine Filterwände durchdringen. Bei geschlossenen Systemen hingegen besteht der Filter aus porösen Kanälen, die wechselseitig verschlossen sind. Das mit Rußpartikeln befrachtete Abgas muss die poröse Filterwandung durchdringen. Dabei werden die Partikel an der Oberfläche oder im Inneren der Filterwand festgehalten, dadurch ist die Filterung effektiver als bei offenen Systemen. Mit der Zeit bildet sich auf der Oberfläche jedoch eine Partikelschicht (*'Filterkuchen'*). Durch die Ablagerung der Partikel auf dem Filter steigt der Abgasgedruck an. Bei Erreichen eines Schwellenwertes, wenn also eine bestimmte Partikelmasse eingelagert ist, wird eine Regeneration des Filters eingeleitet, um ein Verstopfen zu verhindern. Hierbei werden die Partikel im Filter verbrannt. Der Abbrand der Rußpartikel kann auf verschiedene Arten erleichtert werden: Nacheinspritzung von Kraftstoff in den Abgasstrang, Beimischung von Additiven in den Kraftstoff oder katalytische Beschichtung des Filters.

Auch bei der Verminderung der Stickoxidemissionen setzt man zunächst mit innermotorischen Maßnahmen an. Eine Möglichkeit zur Reduktion der Verbrennungstemperatur ist die Abgasrückführung. Hier wird Abgas er-

neut dem Verbrennungsraum zugeführt. Die Verbrennungsluft wird dadurch kühler und sauerstoffärmer, was letztlich den NO_x -Anteil in den Emissionen senkt.

Auf der Seite der Abgasnachbehandlungssysteme ist zunächst der NO_x -Speicherkatalysator zu nennen, der sowohl bei magerbetriebenen Ottomotoren als auch bei Dieselmotoren zum Einsatz kommt. Er besitzt die Fähigkeit, Stickoxide unter mageren Betriebsbedingungen zu speichern. Ist der Speicher gefüllt, muss der Katalysator zur Aufrechterhaltung der NO_x -Konvertierungsleistung regeneriert werden. Dies geschieht aktiv durch kurze, durch die Motorsteuerung induzierte Anfettungsphasen, während der die Stickoxide reduziert werden, oder passiv, wenn auf Grund der Fahrsituation im normalen Betrieb mit fettem Gemisch gefahren wird. NO_x -Speicherkatalysatoren erfordern den Einsatz von schwefelfreiem Kraftstoff (unter 10 ppm Schwefel).

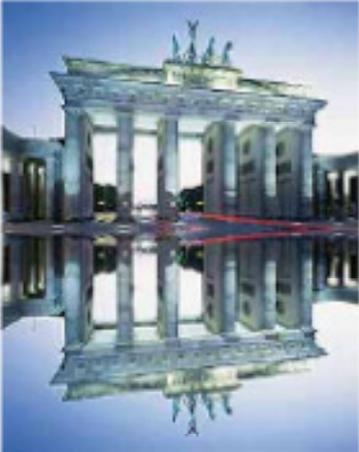
Ein weiteres Verfahren zur Reduktion von Stickoxiden ist die selektive katalytische Reduktion (SCR = Selective Catalytic Reduction). Hierbei wird eine wässrige Harnstofflösung (als AdBlue® bezeichnet), die in einem Zusatztank mitgeführt werden muss, in den Abgasstrang eingespritzt. Diese zersetzt sich dort in Ammoniak (NH_3) und CO_2 . Das Ammoniak reagiert dann mit den im Abgas vorhandenen Stickoxiden zu Stickstoff und Wasser. Durch einen vorgeschalteten Oxidationskatalysator kann die Leistung des gesamten Systems optimiert werden. Infolge der wirkungsvollen Entstickung des Abgases kann der Verbrennungsprozess innermotorisch auf eine heiße, partikelarme, aber stickstoffreiche Verbrennung ausgerichtet werden. Damit wird außerdem ein verbrauchsoptimierter Betrieb möglich.

Einführung einer Umweltzone – erste Erfahrungen in Berlin

Dr. Manfred Breitenkamp,
Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, Berlin

Berlin  Senatsverwaltung
für Gesundheit, Umwelt
und Verbraucherschutz
Umwelt

Einführung einer Umweltzone - erste Erfahrungen in Berlin



Dr. Manfred Breitenkamp
Senatsverwaltung für
Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz
Berlin
Abteilung Umweltpolitik

Berlin  Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz
Umwelt

EU-Luftqualitätsgrenzwerte

Stoff	Mittel über	Grenzwert	Einhaltungsfrist
PM10	24 h	50 µg/m³ max. 35 mal/Jahr	1.1. 2005
	1 Jahr	40 µg/m³	1.1. 2005
NO₂	1 h	200 µg/m³ NO₂ max. 18 mal/Jahr	1. 1. 2010
	1 Jahr	40 µg/m³ NO₂	1.1. 2010

2

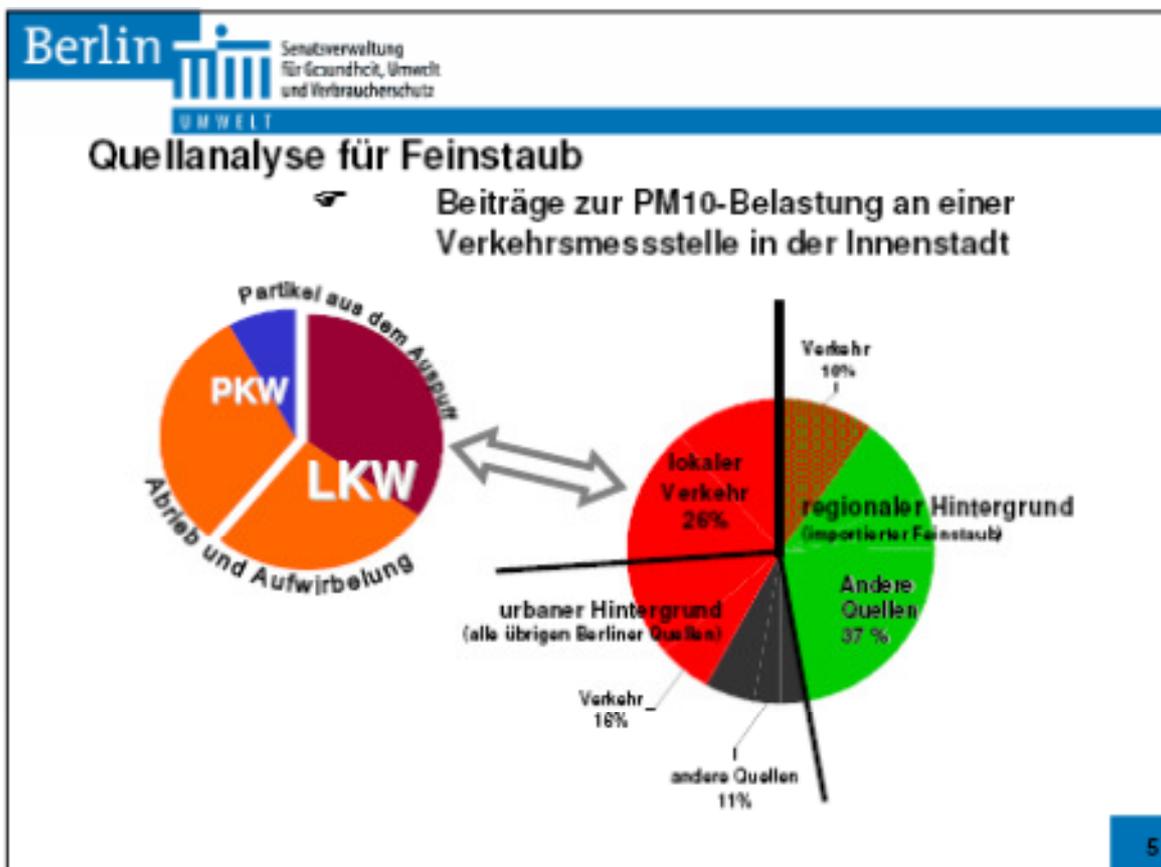
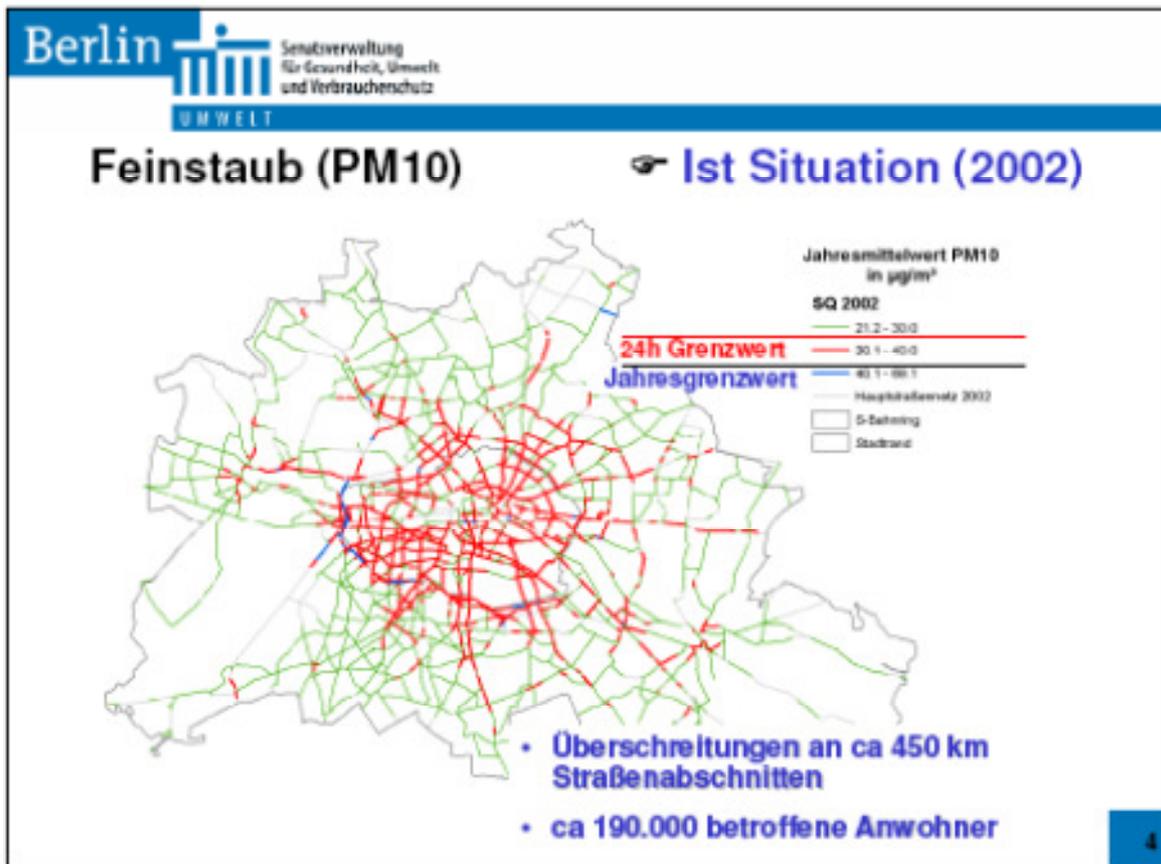
Berlin  Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz
Umwelt

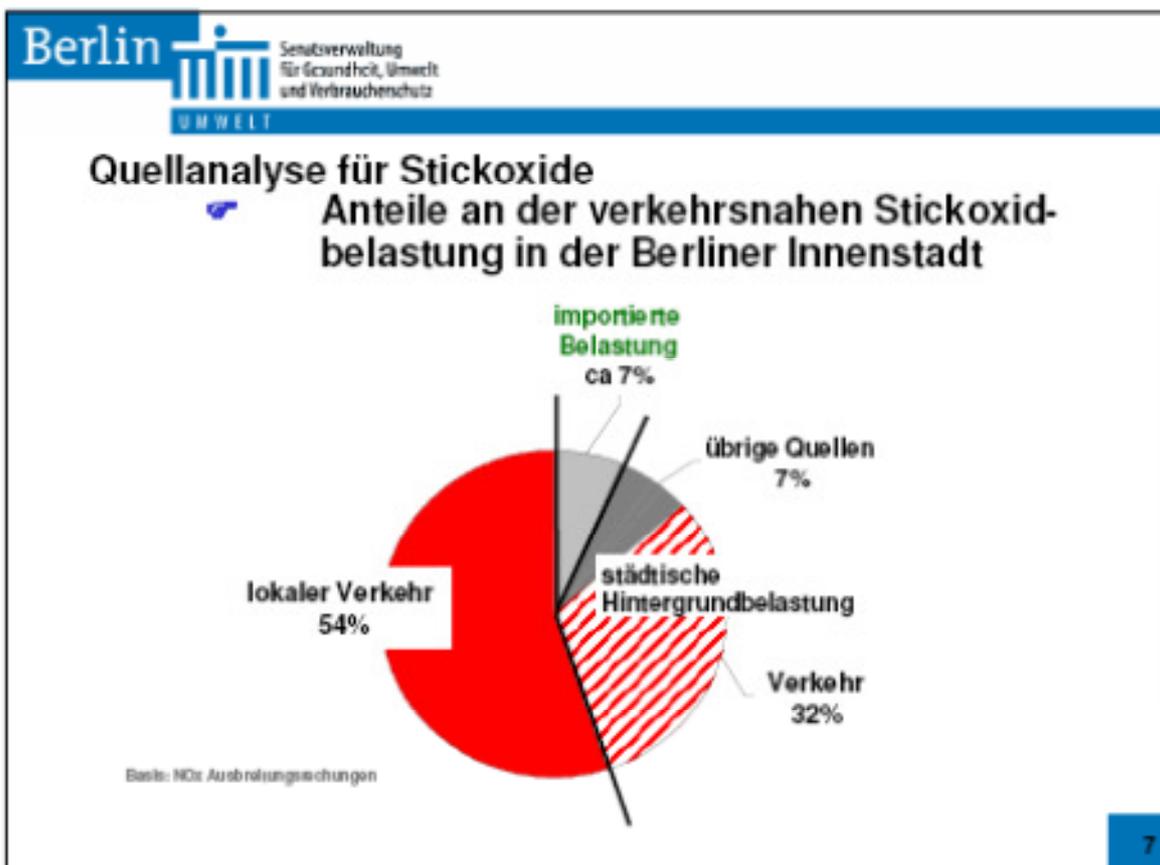
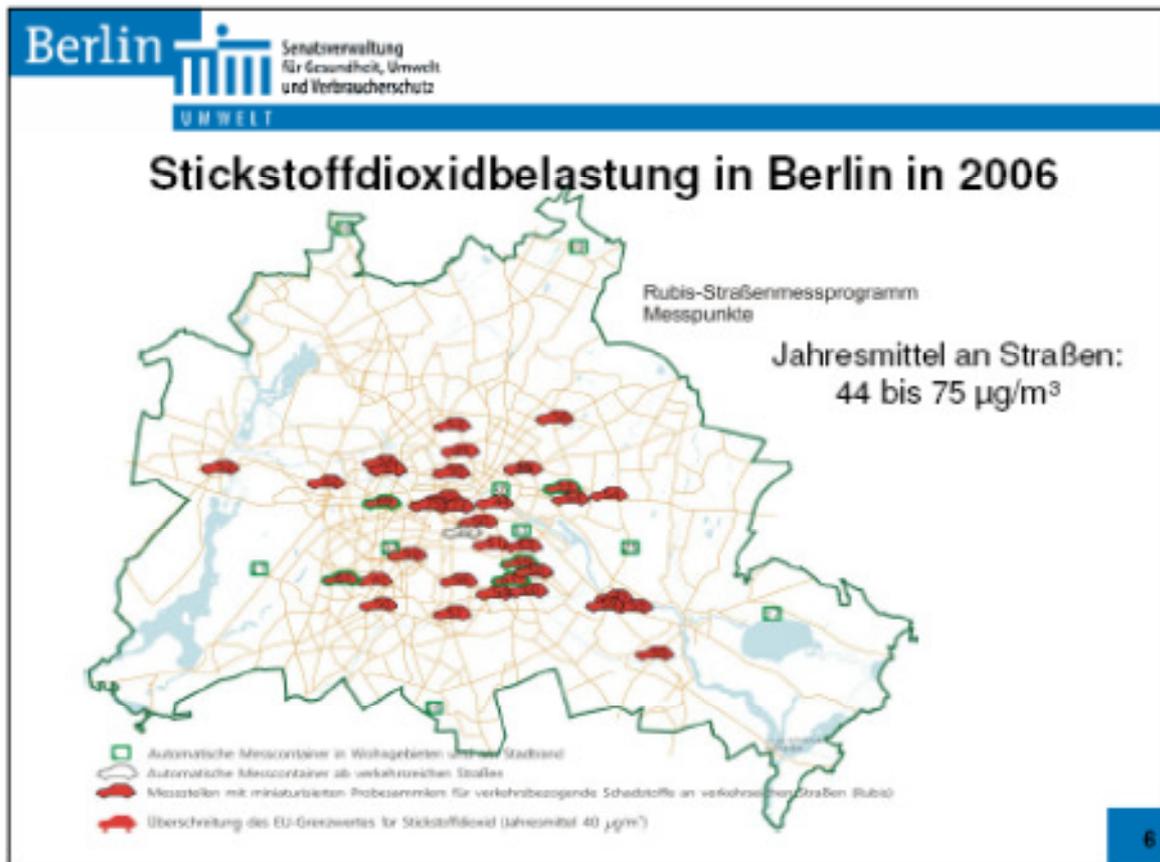
Überschreitungen des PM10-Tagesmittelwertes

Station	2004	2005	2006	2007*
<i>Stadtrand</i>				
077 Buch	14	17	27	9
027 Marienfelde	15	18	23	12
032 Grunewald	5	11	22	9
085 Friedrichshagen	7	15	21	9
<i>städtische Wohngebiete</i>				
042 Neukölln	18	30	37	17
018 Schöneberg	19	22	23	13
171 Mitte**	21	27	61	13
010 Wedding	18	21	26	13
<i>Verkehrsstationen:</i>				
115 Hardenbergplatz	22	42	48	17
117 Schildhornstraße	39	60	54	22
143 Silbersteinstraße	k. M.	74	66	29
174 Frankfurter Allee	41	73	70	30
220 Karl-Marx-Straße	k. M.	59	54	23

* Vorläufige Werte, sie können nach der Qualitätskontrolle ggf. korrigiert werden
 ** Station Mitte: Erhöhte Werte wg. Sandstrahlarbeiten Jannowitzbrücke in 2005

3





Berlin  Senatverwaltung
für Gesundheit, Umwelt
und Verbraucherschutz
Umwelt

Luftreinhalteplanung in Berlin: Maßnahmenfelder

- **Feuerungsanlagen**
 - z.B. best-verfügbare Technik für Pelletheizungen (u.ä.)
- **Baustellen**
 - Staubmindernde Anforderungen im Landesimmissionsschutzgesetz
- **sonstiger Verkehr**
 - schwefelarmer Kraftstoff und Partikelfilter für Binnenschiffe
- **Straßenverkehr: Planung und Organisation**
 - Stadtentwicklungsplan Verkehr: z.B. Verlagerung auf den Umweltverbund
 - optimiertes Verkehrsmanagement, z.B. IQ-Mobility
 - Tempo 30 (z.B. Schildhornstraße), **Lkw-Durchfahrverbot** Silbersteinstraße
- **Straßenverkehr: Technik**
 - bessere Technik und Kraftstoffe: Partikelfilter für BVG, Förderung Erdgasfahrzeuge (TUT, TELLUS, derzeit 13 Tankstellen)
 - **Umweltzone**

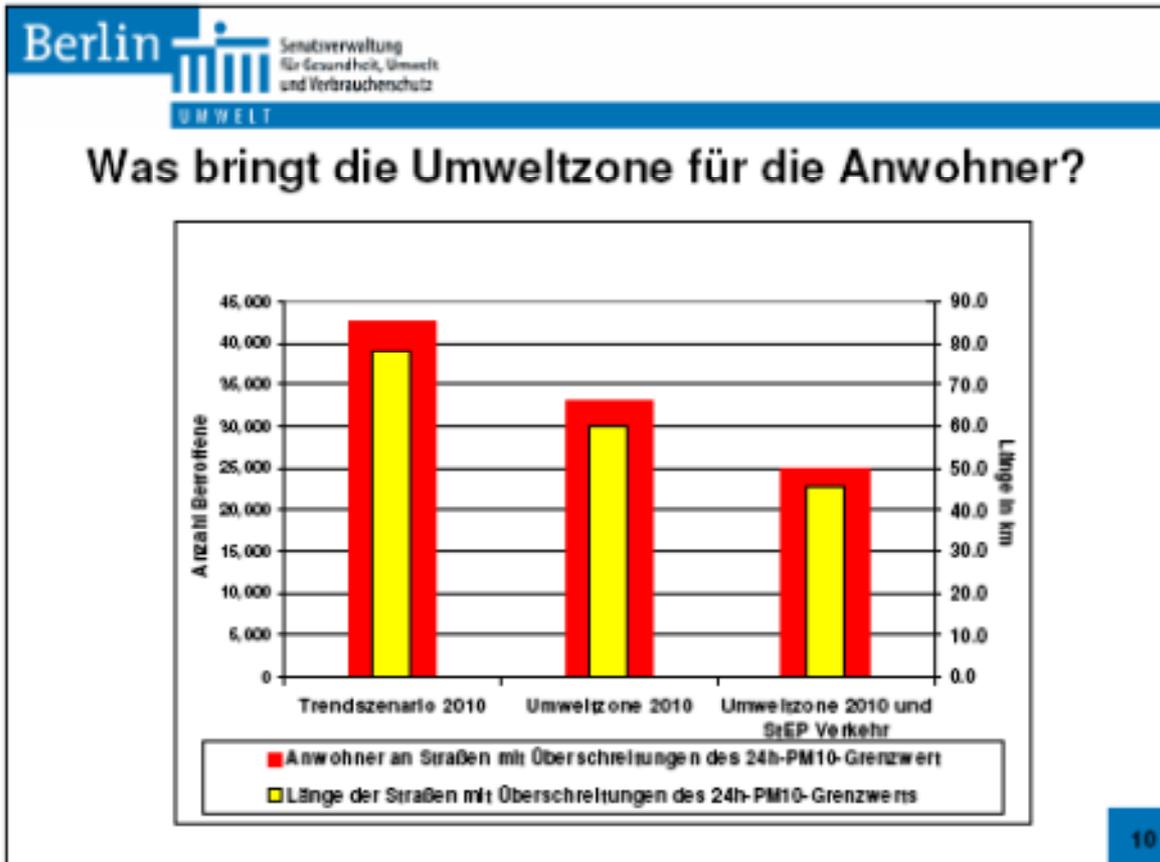
8

Berlin  Senatverwaltung
für Gesundheit, Umwelt
und Verbraucherschutz
Umwelt

Umweltzone: Ziel und Anwendungskriterien

- **Ziel:**
 - schnellere Einführung abgasärmerer Fahrzeuge
- **Anwendungskriterien:**
 - hoher Beitrag des innerstädtischen Verkehrs zur Luftbelastung
 - Grenzwertüberschreitungen in großen Teilen des Straßennetzes
 - hoher Anteil von Quell- und Zielverkehr
 - fehlende Ausweichstrecken für Durchgangsverkehr
- **Vorteil:**
 - trifft gezielt nur die Fahrzeuge mit den höchsten Emissionen
 - belohnt Fahrzeughalter, die bereits in saubere Fahrzeuge investiert haben
 - Reduziert die Gesamtemission der Fahrzeugflotte und damit auch die Hintergrundkonzentration
- **Nachteil:**
 - hohe wirtschaftliche Belastung für die betroffenen Fahrzeughalter
 - Kennzeichnung aller emissionsarmen Fahrzeuge notwendig
 - hoher Verwaltungsaufwand für die Einführung, z.B. für Ausnahmen

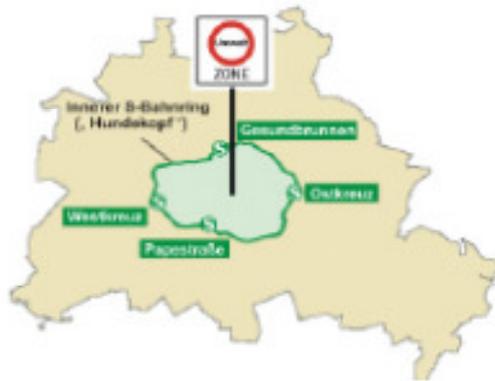
9



Berlin  Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz
Umwelt

Umweltzone Berlin ↗ Festlegung des Gebietes

- Hohe Dichte betroffener Anwohner und Straßen
- Innerer S-Bahnring als Grenze
- hervorragende Erschließung durch öffentliche Verkehrsmittel



Fläche:
circa 88 km² (der 892 km² Berliner Stadtfläche)

Einwohner:
circa 1 Millionen (von 3,4 gesamt)

11

Berlin  Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz
Umwelt

Kennzeichnung gemäß 35. BImSchV

Schadstoffgruppe/ Plakette:	1 keine Plakette			
Anforderung für Diesel	Euro 1 oder schlechter	Euro 2; Euro 1+ Partikelfilter	Euro 3; Euro 2+ Partikelfilter	Euro 4; Euro 3+ Partikelfilter
Benziner	ohne G-Kat			Euro 1, G- Kat
Verbot für Diesel Fz vor Baujahr...		1996/98; 1992/93 (mit Filter)	2000/01 1996/98 (mit Filter)	2006/07 2000/01 (mit Filter)

 **Die Plakette gilt bundesweit in jeder Umweltzone in Deutschland**

12

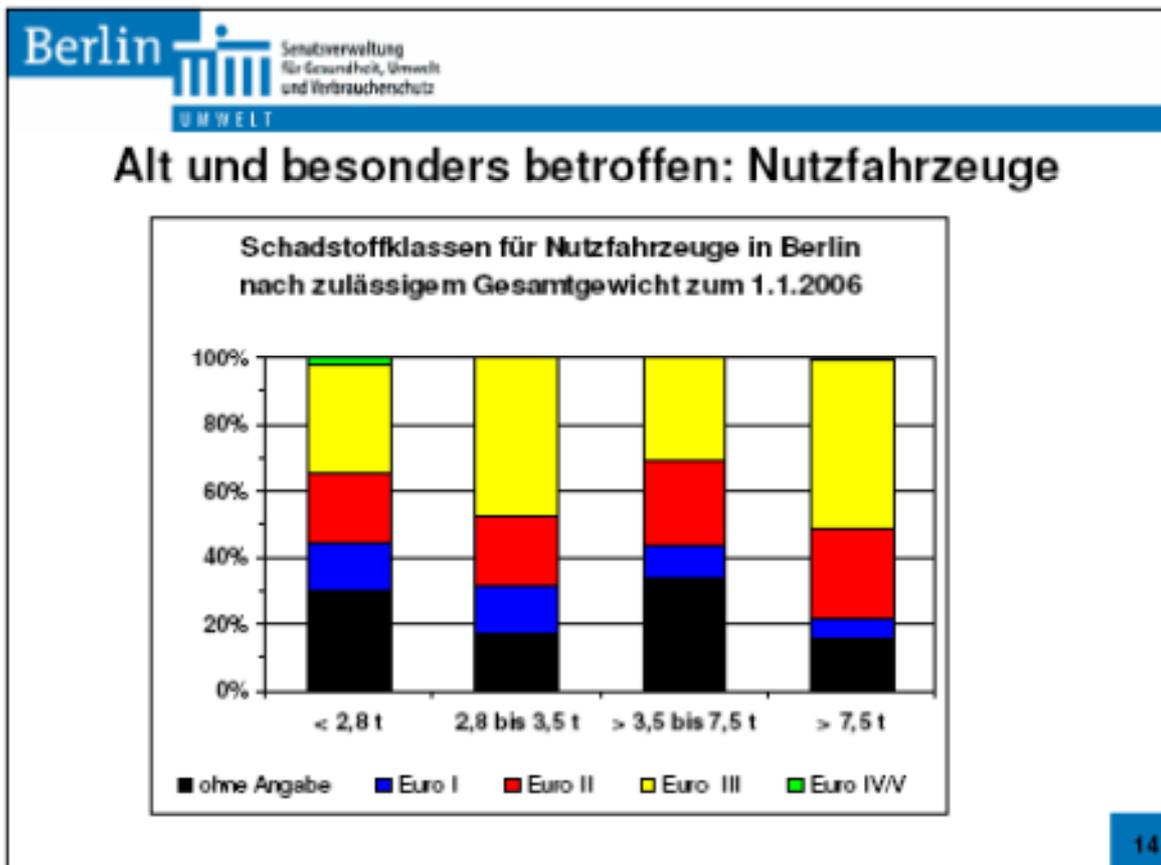
Berlin  Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz
Umwelt

Wer darf in die Berliner Umweltzone?

Stufe 1 ab 1.1.2008	Plakette
Fahrzeuge müssen mindestens die Anforderungen der Schadstoffgruppe 2 erfüllen. Also dürfen Fahrzeuge der Schadstoffgruppen 2,3, und 4 fahren:	  
Stufe 2 ab 1.1.2010	
Es dürfen nur Fahrzeuge der Schadstoffgruppe 4 fahren:	

Wie viele Fahrzeuge dürfen 2008 nicht mehr in die Innenstadt?
 Circa 50.000 Pkw und 29.000 Lkw von 1,2 Mio. Berliner Fz.

13



Berlin  Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz
Umwelt

Generelle Ausnahmen von den Fahrverboten

- Generell und **ohne Plakette** dürfen fahren:
 - Mobile Maschinen und Arbeitsmaschinen
 - land- und forstwirtschaftliche Zugfahrzeuge
 - zwei- und dreirädrige Kraftfahrzeuge
 - Kranken- und Arztwagen im Einsatz
 - Kfz für außergewöhnlich gehbehinderte, hilflose oder blinde Menschen (Merkmale „aG“, „H“ oder „Bl“)
 - Fahrzeuge mit Sonderrechten nach § 35 StVO, z.B. Müllfahrzeuge, Straßenreinigungsfahrzeuge, Polizei, Feuerwehr etc.
 - Militärfahrzeuge
 - nach der Novelle: Oldtimer mit H- oder 07-Kennzeichen



Berlin  Senatverwaltung
für Gesundheit, Umwelt
und Verbraucherschutz
Umwelt

Einzelabweichungen im Härtefall

- **Befristete** Ausnahmen auf Antrag zur Vermeidung besonderer Härten:
 - Formulare bei den Bezirksämtern der Umweltzone oder im Internet unter www.berlin.de/umweltzone
- **Wichtige Kriterien gemäß Leitfaden „Ausnahmebewilligungen“:**
 - Fahrzeug wurde vor dem **1.03.2007** erstmals auf den Antragsteller zugelassen
 - Nachrüstung nicht oder nicht bis 1.1.2008/2010 möglich
 - **Ersatz** des Fahrzeuges durch ein geeignetes Fahrzeug aus sozialen/wirtschaftlichen Gründen **nicht zumutbar**
 - Verkehr mit dem ungenügenden Fahrzeug aus unaufschiebbaren Interessen des Einzelnen oder zum öffentlichen Interesse notwendig

16

Berlin  Senatverwaltung
für Gesundheit, Umwelt
und Verbraucherschutz
Umwelt

Ausnahmen im Einzelfall: Fallgruppen

- **Private Fahrten**
 - Personen mit schwerer Gehbehinderung „G“ oder gleichgestellt
 - Berufspendler mit ungünstigen Arbeitszeiten
- **Wirtschaftsverkehr**
 - Härtefälle: Existenzgefährdung des Betriebes
 - Fuhrparkregelung: schrittweise Anpassung des Fuhrparks bei Ausgleich durch einen Anteil von besonders sauberen Fahrzeugen (grüne Plakette) - Bonusregelung
 - Sonderfahrzeuge:
 - Fahrzeug verkörpert Geschäftsidee (London-Taxi u.ä.)
 - Spezialfahrzeuge mit geringen Fahrleistungen in der Umweltzone, z.B. Schwertransporter, spezielle Marktfahrzeuge mit Verkaufsstand

17

Berlin  Senatverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz
Umwelt

Dauer der Ausnahmegenehmigung

Fallgruppe	Maximale Dauer
Allgemein	
Verzögerung bei der Nachrüstung/Ersatzbeschaffung	bis zum Werkstatt-/Liefertermin; längstens 18 Monate
Private Nutzung	
Schwerbehinderte („g“)	18 Monate; verlängerbar höchstens bis Ablauf der Gültigkeit des Behindertenausweises
Berufspendler	längstens 18 Monate
Wirtschaftsverkehr	
besondere Fz. für touristische Nutzung	18 Monate; verlängerbar
Sonderfahrzeuge mit geringen Fahrleistungen (Schwerlasttransporte, Schausteller, als Arbeitsstätten genutzte Fahrzeuge mit festen Ein-/Aufbauten)	bis zum Zeitpunkt der möglichen Nachrüstung, längstens 3 Jahre
Fahrzeugparks	längstens 18 Monate
Härtefälle	längstens 18 Monate

18

Berlin  Senatverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz
Umwelt

Alles unter Kontrolle?

„Zeichen 270.1“

- **Kontrolle fließender Verkehr:**
Polizei im Rahmen der Verkehrsüberwachung
- **Erkennung der zulässigen Fahrzeuge:**
 - Plakette
 - Fahrzeug nach Anhang 3 der 35. BImSchV:
 - Fahrzeugschein,
 - äußere Kennzeichen am Fahrzeug (z.B. weiß-rote Warnstreifen); äußerer Anschein
 - Schwerbehindertenausweis
 - Einzelausnahme: Genehmigungsbescheid
- **Sanktion:**
Bußgeldkatalog Nr. 153: Führen eines Kfz trotz Verkehrsverbot mit Zeichen 270: **40 € + 1 Punkt** in Flensburg

19

Berlin  Senatsverwaltung
für Gesundheit, Umwelt
und Verbraucherschutz
Umwelt

Emissionsarme Nutzfahrzeuge: Fördermöglichkeiten

- KfW-Förderbank: ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm:
 - Anschaffung von emissionsarmen Lkw > 12 t (Euro 5/EEV)
 - Kredit für 50 bis 75 % der Anschaffungskosten
 - oder **nicht-rückzahlbarer Zuschuss** zu den **Mehrkosten** für die höheren Umweltstandards
 - Anschaffung und Nachrüstung von Nutzfahrzeuge < 12 t (Euro5/EEV-Standard)
 - Kredit für 50 bis 75 % der Anschaffungskosten
 - Logistik- und Güterverkehrszentren in Verbindung mit emissions- und lärmarmen Nutzfahrzeugen
- KfW-Förderbank: Unternehmenskredite
 - Initiative Kleiner Mittelstand: Mikrokredite, Risikopartnerschaft (noch im Aufbau)
- Investitionsbank Berlin:
 - zinsgünstige Kredite für KMU; Ansprechpartnerin: Fr. Ernst
- GASAG/Gasversorger:
 - z.B. Tankzuschuss ab 330 bis ca. 1000 € pro Fahrzeug

20

Berlin  Senatsverwaltung
für Gesundheit, Umwelt
und Verbraucherschutz
Umwelt

Fördermöglichkeiten/Beratung in Berlin:

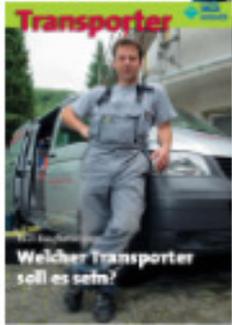
- **Investitionsbank Berlin (IBB)**
 - zinsgünstige Kredite für KMU
 - Ansprechpartnerin:
 - Fr. Ernst; Tel. 2125-4326; email: Sabine.Ernst@ibb.de
 - allg. Kundenberatung: Tel. 2125-4747
- **Info-Hotline der Senatsverwaltung für Wirtschaft**
 - Telefonisch unter:
030/9013-7777 in der Zeit von 08:00 bis 16:00 Uhr
 - per Email: http://www.berlin.de/sen/wtf/umweltzone_formular.php
- **GASAG**
 - z.B. Tankzuschuss ab 330 bis ca. 1000 € pro Fahrzeug
 - Infos unter: www.gasag.de/Erdgasfahrzeuge (Rubrik Wirtschaftlichkeit)

21

Berlin  Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz
Umwelt

Umweltfreundliche Fahrzeuge Information und Beratung, z.B.:

- Kampagne „Sauberer Fuhrpark“ der Berliner Energieagentur
 - Internetportal www.sauberer-fuhrpark.de
 - Leitfaden zur Information
 - Berechnungstools zum Vergleich von Angeboten
 - Beratung in Betrieben
 - Spritspar-Training
- VCD Kaufberatung
 - Internetportal www.besser-autokaufen.de




Eine Kampagne der Berliner Energieagentur in Zusammenarbeit mit der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz

Berlin
Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz

Städtische Betriebe der Stadt Berlin sind bei der Energieagentur Berlin, Potsdamer Platz 100, 10585 Berlin

Berlin  Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz
Umwelt

Umweltzonen in Deutschland

Beschlossen:

- Berlin ab 1.1.2008 • /1.1.2010 •
- Hannover ab 1.1.2008 • /1.1.2009 • /1.1.2010 •
- Köln ab 1.1.2008 • /1.1.2010 •
- Stuttgart, Mannheim, Schwäbisch Gmünd, Leonberg, Ludwigsburg, Ilsfeld, Tübingen und Reutlingen ab 1.3.2008 • /2012 •

In Planung/Diskussion:

- Magdeburg
- Ruhrgebiet, Düsseldorf
- Frankfurt, Kassel, Darmstadt (vorerst zurückgestellt, stattdessen LKW-Fahrverbot)
- Dresden, Leipzig
- München, Augsburg, Nürnberg
- Freiburg, Heidelberg, Karlsruhe, Ulm, Pforzheim



Karte aus: www.umwelt-berlin.de

Berlin  Senatverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz
UMWELT

Umweltzonen in Europa: Beispiele

- **Großbritannien:** London für Lkw/Busse
 - Lkw > 12 t: **Euro 3** ab 1.02.2008, weitere Fz. später
 - Videoüberwachung mit Kennzeichenerkennung: ausländische Fz. müssen sich registrieren lassen
- **Schweden:** Stockholm, Göteborg, Malmö, Lund
 - Altersbeschränkung + Abgasstandards für LKW/Busse:
 - Plakette bei der Stadtverwaltung
- **Dänemark:** Kopenhagen (beschlossen), Aalborg, Århus, Odense (geplant) für LKW/Busse
 - ab Juli 2008: mind. **Euro 3**, ab Juli 2010: **Euro 4**
 - ausländ. Fz: Nachweis anhand der Fahrzeugpapiere
- **Italien:** sehr unterschiedliche Verkehrsbeschränkungen, teilweise auch Pkw

24

Berlin  Senatverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz
UMWELT

Aktuelle zur Umweltzone Berlin im Internet/Intranet unter:

<http://www.berlin.de/umweltzone>

Vielen Dank!



25

Synergieeffekte bei der gemeinsamen Luftreinhalte- und Lärminderungsplanung

Dr. Eckhart Heinrichs,
LK Argus GmbH, Berlin

1. Einleitung

Die gesundheitsgefährdenden Auswirkungen von Luftschadstoffen und Lärmbelastung rücken zunehmend in das Blickfeld der Öffentlichkeit. Dauerhaftes Einatmen von Feinstaubpartikeln (PM) kann zu Atemwegserkrankungen, zu vermehrten Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems, zu Lungenkrebs und letztendlich zu erhöhten Sterblichkeitsraten führen.¹ Stickoxide (NO_x) haben sowohl Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit als auch auf die Vegetation. Hinsichtlich der Lärmbelastung gilt als gesichert, dass dauerhaft hohe Verkehrslärm-Belastungen ab 65 dB(A) am Tag bzw. 55 dB(A) in der Nacht das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen bis hin zum Herzinfarkt signifikant erhöhen.² Dieser Pegel wird auch in kleineren Gemeinden an zahlreichen innerstädtischen Straßenabschnitten überschritten.

Eine repräsentative Umfrage des Bundesumweltministeriums belegt die Wichtigkeit der Luftreinhaltung und des Lärmschutzes auch aus Sicht der Bevölkerung.³ Bei der Frage nach der Bedeutung umweltpolitischer Ziele und Aufgaben liegt die Aussage „Für die Reinhaltung von Wasser, Boden und Luft sorgen“ mit 99 % Zustimmung auf dem ersten Platz (nach Lärmschutz wurde in diesem Zusammenhang nicht explizit gefragt). Auf die

¹ Eikmann, Th.: Einschätzung der Grenzwerte unter dem Aspekt der menschlichen Gesundheit - Schwerpunkt Feinstaub. Vortrag bei der Tagung „Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Rhein-Main“ am 7.7.2004 in Frankfurt am Main.

² Umweltbundesamt (Hrsg.): Epidemiologische Untersuchungen zum Einfluss von Lärmstress auf das Immunsystem und die Entstehung von Arteriosklerose, Berlin 2003 und: Umweltbundesamt (Hrsg.): Chronischer Lärm als Risikofaktor für den Myokardinfarkt - Ergebnisse der NaRoMI-Studie, Berlin 2003.

³ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) / Kuckartz, Rheingans-Heintze (Bearb.): Umweltbewusstsein in Deutschland 2004, Bonn, Juli 2004.

Frage nach der persönlichen Lärmbelastung in den letzten zwölf Monaten gab nur eine Minderheit von 38 % an, „überhaupt nicht gestört und belästigt“ gewesen zu sein.

2. EG-Richtlinien zum Umgebungslärm und zur Luftqualität

Vor dem o.g. Hintergrund hat die Europäische Union seit 1996 zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt verschiedene Richtlinien verabschiedet. Dazu gehören die Luftqualitätsrahmenrichtlinie⁴ mit ihren Tochtrichtlinien und die Umgebungslärmrichtlinie.⁵ Die Richtlinien wurden in den Jahren 2002 und 2005 in deutsches Recht umgesetzt.⁶

Lärm

Die am 18.7.2002 in Kraft getretene EG-Richtlinie zur Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm enthält folgende Fristen:

Bis zum 30.6.2007: Erstellung von Lärmkarten für Hauptverkehrsstraßen über 6 Mio. Fahrzeuge pro Jahr (dies entspricht einer DTV von rund 16.400), Haupteisenbahnstrecken über 60.000 Vorbeifahrten pro Jahr (= 164 am Tag), Großflughäfen über 50.000 Flugbewegungen pro Jahr und für Ballungsräume mit mehr als 250.000 Einwohnern.

Bis zum 18.7.2008: Erstellung von Aktionsplänen für Orte in der Nähe der o.g. Bereiche.

Bis zum 30.6.2012: Erstellung von Lärmkarten für Hauptverkehrsstraßen über 3 Mio. Fahrzeuge pro Jahr (dies entspricht einer DTV von rund 8.200), Haupteisenbahnstrecken über 30.000 Vorbeifahrten pro Jahr (= 82 am Tag) und für Ballungsräume mit mehr als 100.000 Einwohnern.

⁴ Richtlinie 96/62/EG des Rates vom 27.9.1996 über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität.

⁵ Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm.

⁶ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG).

Bis zum 18.7.2013: Erstellung von Aktionsplänen für Orte in der Nähe der o.g. Bereiche.

Lärmkarten und Aktionspläne sollen mindestens alle fünf Jahre überprüft und ggf. überarbeitet werden.

Die Aktionspläne müssen laut Anhang V der Umgebungslärmrichtlinie mindestens folgende Angaben und Unterlagen enthalten:

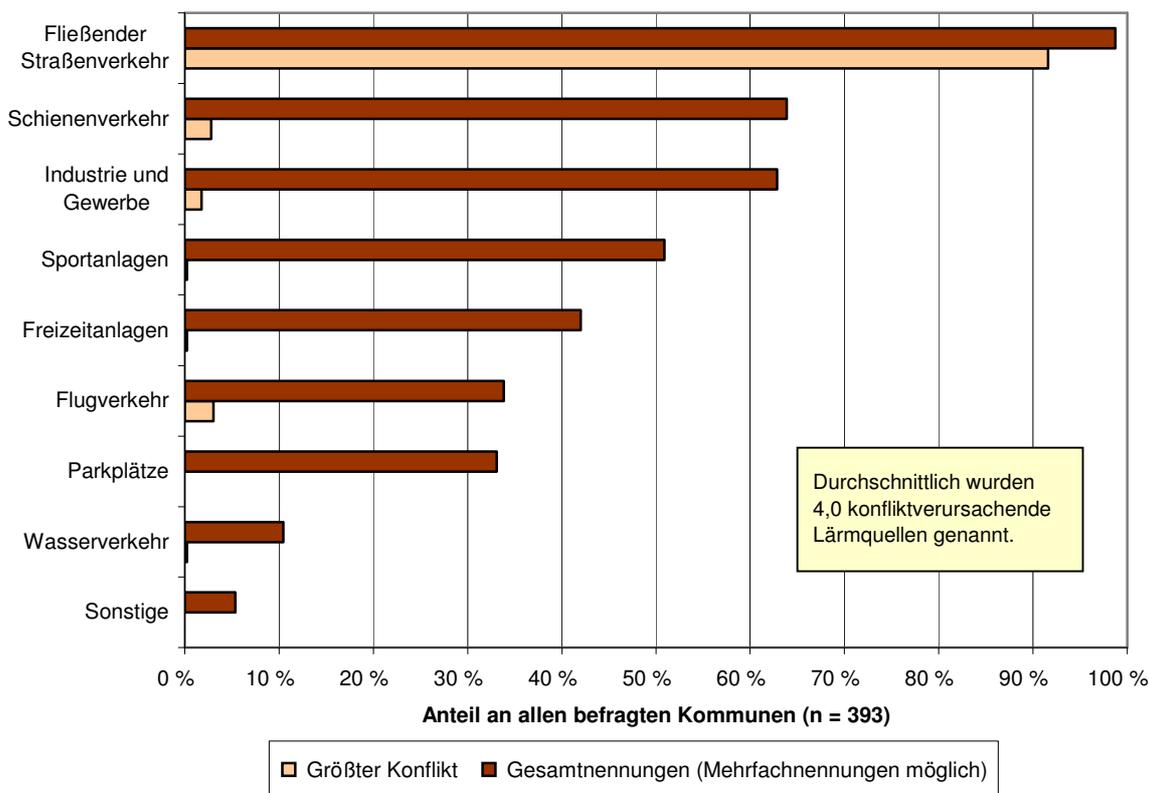
- eine Beschreibung des Ballungsraums, der Hauptverkehrsstraßen, der Haupteisenbahnstrecken oder der Großflughäfen und anderer Lärmquellen, die zu berücksichtigen sind,
- die zuständige Behörde,
- den rechtlichen Hintergrund,
- alle geltenden Grenzwerte,
- eine Zusammenfassung der Daten der Lärmkarten,
- eine Bewertung der geschätzten Anzahl von Personen, die Lärm ausgesetzt sind, sowie Angabe von Problemen und verbesserungsbedürftigen Situationen,
- das Protokoll der öffentlichen Anhörungen,
- die bereits vorhandenen oder geplanten Maßnahmen zur Lärmminde- rung,
- die Maßnahmen, die die zuständigen Behörden für die nächsten fünf Jahre geplant haben, einschließlich der Maßnahmen zum Schutz ruhiger Gebiete,
- die langfristige Strategie,
- finanzielle Informationen (falls verfügbar): Finanzmittel, Kostenwirk- samkeitsanalyse, Kosten-Nutzen-Analyse,
- die geplanten Bestimmungen für die Bewertung der Durchführung und der Ergebnisse des Aktionsplans.

Für die Aufstellung eines Aktionsplanes muss die Öffentlichkeit nach der EG-Umgebungslärmrichtlinie nicht nur klar, verständlich und zugänglich informiert, sondern auch beteiligt werden. Hierzu sagt die Richtlinie, dass die Öffentlichkeit „zu Vorschlägen für Aktionspläne gehört wird“ und dass sie „rechtzeitig und effektiv“ die Möglichkeit erhält, an der Ausarbeitung und der Überprüfung der Aktionspläne mitzuwirken. Auch fordert die

Richtlinie „angemessene Fristen“ und eine „ausreichende Zeitspanne“ für jede Phase der Mitwirkung. Öffentlichkeit können Verbände, Organisationen und Einzelpersonen sein.

Die größten Belästigungen gehen in der Regel vom Verkehrslärm aus. Dies belegen Bevölkerungsumfragen und die Ergebnisse einer Umfrage in deutschen Stadt- und Gemeindeverwaltungen.

Lärmkonflikte in rund 400 deutschen Kommunen nach Verursachern⁷



Luft

Auch die Luftreinhaltung wird maßgeblich von europäischen Regelungen bestimmt, die im Bundes-Immissionsschutzgesetz und den zugehörigen Verordnungen ins deutsche Recht übernommen wurden. Nach § 47

⁷ Im Sommer 2000 wurden 475 Gemeinden aller Größen und Bundesländer befragt. Die Rücklaufquote betrug 84 %. Quelle: Heinrichs, E.: „Lärmbekämpfung und kommunale Verkehrsentwicklungsplanung“. Straßenverkehrstechnik (46) 2/2002. S. 87-92.

BlmSchG sind Luftreinhaltepläne aufzustellen, wenn die Grenzwerte der 22. BlmSchV überschritten werden.⁸

Die größten Probleme verursachen in der Regel Stickstoffdioxide (NO₂) und Feinstaub (PM). Für die Feststellung von Grenzwertüberschreitungen und für die Aufstellung der Luftreinhalte- und Aktionspläne sind die Landesbehörden zuständig. Die Umsetzung entsprechender Maßnahmen fällt jedoch meist in die Verantwortung der Kommunen.

Die Inhalte eines Luftreinhalteplans sind in Anlage 6 der 22. BlmSchV angegeben. Demnach sollen unter anderem angegeben werden:

- der Ort der Grenzwertüberschreitungen (inkl. Angaben zur betroffenen Bevölkerung),
- Art und Ursprung der Verschmutzung,
- mögliche Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität.

Zur Unterrichtung der Öffentlichkeit sind nach § 47 BlmSchG und 22. BlmSchV unter anderem aktuelle Informationen über die Luftschadstoffkonzentrationen und Informationen zur Luftreinhalte-/Aktionsplanung erforderlich. Die Öffentlichkeit ist bei der Aufstellung der Luftreinhaltepläne zu beteiligen.

Praktischer Ablauf von Lärminderungs- und Luftreinhalteplanung

In der Praxis folgen Aktionspläne zur Lärminderung und zur Luftreinhaltung der gleichen Logik:

1. Immissions- und Konfliktanalyse
2. Maßnahmenplanung
3. Information und Beteiligung der Öffentlichkeit.

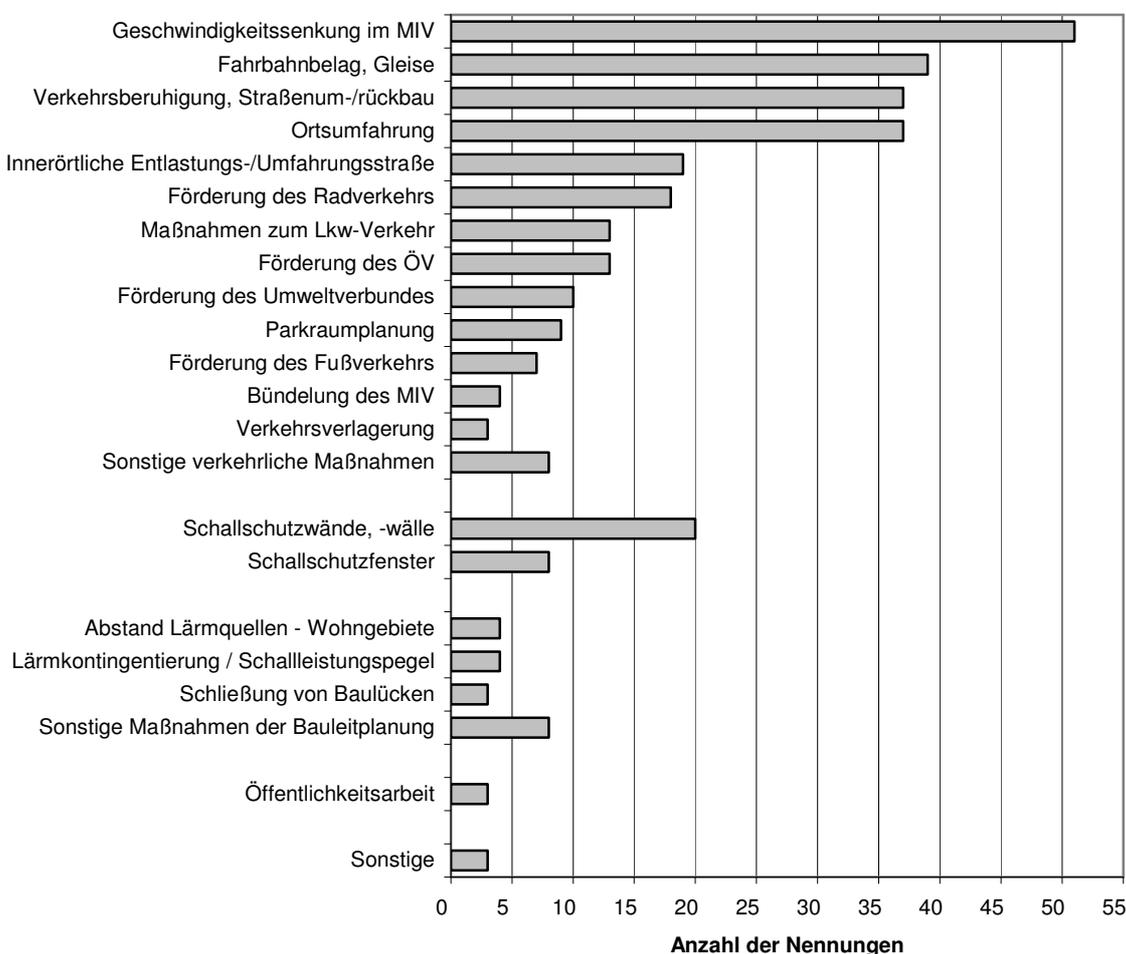
Die für die Immissionsanalysen und -berechnungen erforderlichen Daten sind für Lärm und Luftschadstoffe in großen Teilen identisch. Dies betrifft die relevanten Parameter für die Entstehung (z.B. Verkehrsmengen, Lkw-

⁸ Im Folgenden werden die Begriffe Luftreinhalteplan und Aktionsplan synonym verwendet.

Anteile, Fahrbahnbeläge), die Ausbreitung (z.B. Gebäudelage und -höhe) und die Bewertung (z.B. Betroffenzahlen) der Belastungen.

Maßnahmenseitig liegen viele lärm- und schadstoffmindernde Potenziale - entsprechend den Verursacheranteilen - im Verkehrsbereich. Die folgende Zusammenstellung häufiger Maßnahmen zeigt außerdem, dass Immissionsschutzplanung eng mit der städtischen Stadt- und Verkehrsplanung verknüpft sein muss, um erfolgreich zu sein.

Maßnahmenvorschläge in deutschen Lärminderungsplänen (92 Gemeinden, Mehrfachnennungen möglich)⁹



⁹ Heinrichs, E.: „Lärminderungsplanung in Deutschland – Evaluation eines kommunalen Planungsverfahrens“. Dortmunder Beiträge zur Raumplanung. Verkehr Band 2. Dortmund 2002.

Minderungspotenziale bei Straßenverkehrslärm und Luftschadstoffen¹⁰

Zuständigkeit	Maßnahmenbündel, Einzelmaßnahme	Entlastungswirkung		Sekundäreffekte	Räumliche Wirkung		Zeiträumen der Umsetzbarkeit			
		Lärm	Luft		Kleinräumig	Stadtweit	Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig	
EU, Bund	Technische Reduzierung der fahrzeugseitigen Schadstoffemissionen	2005	O	+		x	x		x	
		2010	O	++		x	x		x	x
		2015	O	+++		x	x			x
	Technische Reduzierung der fahrzeugseitigen Lärmemissionen		++	O		x	x		x	x
Kommunen	Gesamtstädtische Reduzierung des Kraftfahrzeugverkehrs an den täglichen Wegen (Einwohner und Einpendler)		O	O+	Vielfältige Effekte der Verkehrsreduzierung	x	x			x
	Gesamtstädtische Reduzierung des Lkw-Verkehrs		O bis +	+		x	x			x
	Kleinräumige Reduzierung des Kraftfahrzeugverkehrs durch Verkehrslenkung und Umverteilung		+	+	Verdrängungseffekte auf andere Straßen	x		x	x	
	Kleinräumige Reduzierung des Kraftfahrzeugverkehrs durch Fahrverbot für nicht schadstoffarme Fahrzeuge		O	+	Ggf. Verdrängungseffekte auf andere Straßen	x		x		
	Kleinräumige Reduzierung des Kraftfahrzeugverkehrs durch Fahrverbot für nicht lärmarme Fahrzeuge		++	O+	Ggf. Verdrängungseffekte auf andere Straßen	x		x		
	Kleinräumige Reduzierung des Lkw-Verkehrs		+	+	Verdrängungseffekte auf andere Straßen	x		x	x	
	Reduzierung der Geschwindigkeit		++	O+	Erhöhung der Verkehrssicherheit	x		x		
	Verbesserung des Verkehrsflusses		+	O bis +		x		x	x	
	Immissionsmindernde Straßenraumorganisation		O	O-	Ggf. Verbesserung der Verkehrsabwicklung	x		x	x	
Alle	Maximale Maßnahmenkombination (maximale fahrzeugtechnische und gesamtstädtische Maßnahmen sowie straßenspezifisch mögliche Einzelmaßnahmen)		+++	+++		x	x			x
Bewertung:		+++	Äußerst positive Auswirkungen							
		++	Sehr positive Auswirkungen							
		+	Positive Auswirkungen							
		O	Weitgehend wirkungsneutral (O+ positive Tendenz, O- negative Tendenz der Auswirkungen)							

¹⁰ Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen / PGN, Universität Kassel, Voss (Bearb.): Vorbeugender Gesundheitsschutz durch Mobilisierung der Minderungspotenziale bei Straßenverkehrslärm und Luftschadstoffen, 12/2003.

Lärminderungs- und Luftreinhaltepläne sind keine selbständigen Rechtsgrundlagen für die Maßnahmenumsetzung. Ihre Realisierung erfolgt auf der Grundlage vorhandener gesetzlicher Vorschriften, z.B. im Bebauungsplan oder auf der Grundlage des Straßenverkehrsrechts.

Neben den rechtlichen sind aber vor allem die finanziellen Rahmenbedingungen für die Maßnahmenumsetzung wesentlich. Die begrenzten Haushaltsmittel der Kommunen und die teilweise ineffiziente Struktur der Fördermittelprogramme verhindern oder erschweren häufig die Maßnahmenplanung und die Realisierung der Empfehlungen. Die Kosten für die Lärminderungs- und Luftreinhalteplanung hängen sehr stark von den bereits vorliegenden Daten und Planungen sowie von der angestrebten Bearbeitungstiefe ab. Für die im Bundesdurchschnitt eher zu den kleineren Kommunen gehörenden Städte im Land Brandenburg - größte Stadt ist die Landeshauptstadt Potsdam mit rund 150.000 Einwohnern - werden die Kosten für die Luftreinhalteplanung (inkl. vereinfachter Lärmbilanzierung) durchschnittlich mit rund 1 € je Einwohner angegeben.¹¹ Angesichts der Synergieeffekte, die sich bei dem breit angelegten brandenburgischen Ansatz durch die enge Verknüpfung von Stadtplanung, Verkehrsentwicklungsplanung und Immissionsschutzplanung ergeben, sind dies bemerkenswert geringe Kosten.

Die Umsetzung der Maßnahmen verursacht jedoch weitaus höhere Kosten als die Planung. Sehr positiv ist in dieser Hinsicht die Vorgehensweise des Landes Schleswig-Holstein, das als Voraussetzung für die Förderung von Verkehrsmaßnahmen fordert, dass das Vorhaben „in einem Generalverkehrsplan, einem Lärmaktionsplan nach § 47 d des Bundes-Immissionsschutzgesetzes oder einem für die Beurteilung gleichwertigen Plan vorgesehen ist“.¹² Die Zulassung des Lärmaktionsplans als Gewährungsgrundlage und die damit verbundene Förderungsoption für lärmbilanzierete Vorhaben verbessert massiv den Handlungsspielraum der Städte und

¹¹ Heinrichs, E. / Barnekow, B. / Jonas, H. / Schultz, B.: Kommunale Verkehrsplanung und EU-Recht: Chaos oder Chance? Straßenverkehrstechnik (51) 5/2007, S. 242-248.

¹² Gesetz über die Verwendung der Kompensationsmittel des Bundes nach Artikel 143 c Abs. 1 des Grundgesetzes zur Verbesserung der Verkehrsverhältnisse der Gemeinden in Schleswig-Holstein (Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz - Schleswig-Holstein -GVFG-SH -) vom 15. Dezember 2006.

den Stellenwert der Lärmbekämpfung in der städtischen Verkehrsplanung.

Integrierte Planungen

Die Zusammenhänge zwischen Verkehr und Immissionsbelastung und die unterschiedlichen Zuständigkeiten erfordern im hohen Maße eine Vernetzung der Planungsebenen und einen hohen Stellenwert der Kommunikation. Dies betrifft sowohl die horizontale Planungsebene (Stadtplanung, Verkehrsplanung, Immissionsschutz) als auch die vertikale Ebene (Bund, Länder, Kommunen). Für eine gemeinsame Verkehrs-, Lärminderungs- und Luftreinhalteplanung sprechen einige gute Gründe:

- Verkehrsentwicklungsplanung, Lärminderungsplanung und Luftreinhalteplanung benötigen weitgehend gleiche Datengrundlagen (Verkehrsstärken, Lkw-Anteile, Betroffenzahlen, Bebauungsstruktur usw.). Durch ein gemeinsames Vorgehen kann der Gesamtaufwand erheblich verringert werden.
- Viele Maßnahmen erreichen gleichzeitig mehrere Ziele. Beispielsweise können geeignete verkehrsberuhigende Maßnahmen sowohl Lärminderung erzielen, als auch zu einer Erhöhung der Verkehrssicherheit und zur Senkung des Schadstoffausstoßes führen.
- Es gibt jedoch auch Maßnahmen mit möglichen Zielkonflikten, wie z.B. die Bündelung von Lkw-Verkehren auf Hauptachsen. Diese Bündelungen mindern zwar den Lärm, erhöhen aber die Schadstoffimmissionen. Hier können konkurrierende Planungen durch ein gemeinsames Konzept vermieden werden.
- Eine gemeinsame Planung verhindert, dass die ‚erste‘ Planung ggf. einschränkende Bindungen für die ‚Zweite‘ schafft.

Eine integrierte Herangehensweise in den Bereichen Stadtplanung, Verkehrsentwicklungsplanung, Umwelt und Immissionsschutz (Lärm, Luftschadstoffe) stößt bei vielen Zuständigen aber zunächst auf Skepsis, zu-

weilen auch auf offenen oder passiven Widerstand. Die Berücksichtigung ressortfremder Aspekte wird häufig als Mehrbelastung in einem sowieso schon vollen Arbeitsalltag empfunden. Gleichzeitig erfordern die EG-Richtlinien zur Luftreinhaltung und zum Umgebungslärm mit zunehmender Intensität eine Kooperation der genannten Ressorts. Der Beginn einer integrierten Planung sollte daher im (moderierten) Zusammenführen der unterschiedlichen Institutionen und in der Darstellung der Vorteile liegen, die für jedes einzelne Amt durch die ressortübergreifende Herangehensweise erzielbar sind.

Erfahrungen mit der Erstellung integrierter Planungen wurden beispielsweise in Nordrhein-Westfalen und Brandenburg gesammelt und dokumentiert:

- Im Rahmen des Aktionsprogramms Umwelt und Gesundheit wurden in Bonn, Düsseldorf und Hagen Modellrechnungen für Hauptverkehrsstraßen durchgeführt, die klären sollten, ob und inwieweit sich Lärm- und Luftschadstoffbelastungen durch fahrzeugtechnische und lokal wirksame verkehrsplanerische Maßnahmen konkret beeinflussen lassen.¹³ Untersucht und bewertet wurden sowohl gesamtstädtische Ansätze wie Optimierungen der Fahrzeugtechnik, Konzepte zur Veränderung der Verkehrsmittelwahl und zur Reduzierung des Lkw-Verkehrs als auch kleinräumigere Ansätze: Verlagerungen auf Ortsumfahrungen, Fahrverbote, Geschwindigkeitsbeschränkungen, Verstetigung des Verkehrsflusses und Änderungen in der Straßenraumorganisation.
- Der bisher wohl weitestgehende Ansatz, die Auswirkungen von Maßnahmen im Sinne einer integrierten Planung zu erfassen und zu bewerten, wurde im Land Brandenburg durchgeführt. Die „Wirkungsabschätzung verkehrsbeeinflussender Maßnahmen auf die städtische Umwelt in Mittelzentren des Landes Brandenburg am Beispiel der Städte Senftenberg und Luckenwalde“ bewertet Maßnahmen anhand von fünf

¹³ Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (AG), PGN / Universität Kassel / Voss (Bearb.): Vorbeugender Gesundheitsschutz durch Mobilisierung der Minderungspotenziale bei Straßenverkehrslärm und Luftschadstoffen. Dezember 2003.

Indikatorenbereichen: Gesundheit, Verkehrssicherheit, Flächennutzung im Straßenraum, Mobilität und Stadtstruktur.¹⁴

- Bei der Erarbeitung der aktuellen Luftreinhaltepläne für die brandenburgischen Städte Bernau, Brandenburg an der Havel, Cottbus, Eberswalde, Frankfurt (Oder) und Potsdam wurde großer Wert auf die Integration aller planerischen Teilbereiche (Luft, Lärm, Verkehr) und Beteiligten gelegt (Landesumweltbehörden, Stadtverwaltung mit allen betroffenen Ämtern, Straßenverkehrsbehörde usw.). Die Planungen enthalten konkret umsetzbare Empfehlungen im Sinne einer integrierten Stadt- und Verkehrsentwicklungsplanung und stellen neben den lokalen auch die gesamtstädtischen Auswirkungen der Maßnahmenumsetzung auf Verkehr, Lärm- und Luftschadstoffsituation dar.¹⁵

Fazit

Geräusche, Feinstaub und Stickoxide sind per se nicht unbedingt schädlich. Die heutigen Probleme entstehen dadurch, dass die menschlichen Aktivitäten (Mobilität, Energieumwandlung usw.) zu dauerhaften und hohen Immissionen führen. Für eine gemeinsame Bearbeitung von Lärm- und Luftreinhalteplänen (und kommunaler Verkehrsentwicklungsplanung) sprechen in diesem Zusammenhang vor allem zwei Aspekte:

- Kosteneffizienz: Immissionsanalysen und Maßnahmenplanung beruhen auf weitgehend identischen Datengrundlagen; eine gemeinsame Bearbeitung spart somit Kosten.
- Maßnahmeneffizienz: Beide Planungen haben das gleiche Ziel, die Verbesserung der Lebens- und Umweltbedingungen. Zahlreiche Maßnah-

¹⁴ Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg (Hrsg.), BSV (Bearb.): Wirkungsabschätzung verkehrsbeeinflussender Maßnahmen auf die städtische Umwelt. Potsdam, Oktober 2000.

¹⁵ Weitere Informationen unter:

<http://www.mluv.brandenburg.de/cms/detail.php/lbm1.c.384614.de>

men dienen sowohl der Lärminderung als auch der Luftreinhaltung. In manchen Fällen besteht aber auch die Gefahr konkurrierender Zielsetzungen. Diese Synergien und Widersprüche müssen frühzeitig und integrativ betrachtet werden.

Eine kombinierte Verkehrsentwicklungs-, Lärminderungs- und Luftreinhalteplanung - etwa unter dem Arbeitstitel „Umweltverträgliche Verkehrsplanung“ - ist in der Lage, städtische Verkehrsprobleme zu lindern und die gesetzlichen Anforderungen des Immissionsschutzes zu erfüllen. Die Anforderungen an den Lärmschutz und an die Luftreinhaltung sind insofern weniger als zusätzliche Belastung, sondern eher als Chance zur Integration dieser Belange in eine nachhaltig umweltverträgliche Stadt- und Verkehrsplanung zu sehen.

MARLIS – Datenbank zu Maßnahmen der Reinhaltung der Luft

Dr. Christiane Schneider, Dipl.-Ing. Sabine Fafflok,
Dipl.-Ing. Arnold Niederau
AVISO GmbH, Aachen

Nach Umsetzung der europäischen Luftqualitätsrahmenrichtlinie einschließlich Tochtrichtlinien in nationales Recht besteht ein zunehmender Handlungsdruck in Politik und Verwaltung, insbesondere bei den betroffenen Kommunen, Maßnahmen zur Reinhaltung der Luft zu treffen. Dieser mündet zunächst in der Aufstellung von Luftreinhalte-(LRP) und Aktionsplänen (AP), die geeignete Maßnahmen zur Grenzwerteinhaltung vorsehen. Aufgrund der vielerorts eingetretenen Überschreitungen des ab 1. Januar 2005 zulässigen PM₁₀-Tagsmittelgrenzwertes an mehr als 35 Tagen und auch der für NO₂ gemessenen Überschreitungen befinden sich derzeit bereits zahlreiche Aktions- und Luftreinhaltepläne in der Umsetzung. Umfassende Erfahrungen mit diesen Maßnahmen liegen bislang nur wenige vor bzw. werden aktuell bei der Begleitung von Maßnahmenumsetzungen gewonnen.

Vor diesem Hintergrund wurde im Jahr 2005 das hier vorgestellte BAST-Vorhaben zu einer systematischen Erfassung (und ausführlichen Beschreibung und Bewertung) von Maßnahmen "baulicher", "verkehrsrechtlicher" und "sonstiger" Art zur Luftreinhaltung an Straßen gestartet. Es wurde eine Datenbank (MARLIS) aufgebaut, die Maßnahmen zur Luftreinhaltung an Verkehrswegen und deren Auswirkung auf die Luftschadstoffkonzentrationen ausführlich beschreibt und bewertet.

Die Datenbank bietet die Möglichkeit, Maßnahmen zu ermitteln und je nach Datenverfügbarkeit deren verkehrliche, emissions- und immissionsseitigen Wirkungen zu beurteilen. Mit Hilfe ausgewählter Kriterien (z.B. Wirkungspotential oder Kosten) besteht für den Datenbankanwender des Weiteren die Möglichkeit, für die durch eine Abfrage ausgewählten Maßnahmen eine Prioritätenreihung durchzuführen.

Die Datenbank soll helfen, eine Auswahl effizienter, auf die lokalen Verhältnisse abgestimmter Maßnahmen(-bündel) zu treffen, um beispielsweise auch wirtschaftliche Fehlentwicklungen zu vermeiden.

Datenbankkonzept

In der Datenbank sind für einzelne Maßnahmen die wesentlichen Merkmale dokumentiert; dies sind neben der allgemeinen Maßnahmenbeschreibung vor allem Angaben (möglichst quantitativ) zu den verkehrlichen, emissions- und immissionsseitigen Wirkungen. Des Weiteren sind Angaben zum Status der Umsetzung angegeben, so dass es möglich ist, bei einer Datenbankrecherche explizit solche Maßnahmen zu suchen, die bereits umgesetzt wurden.

Zusätzlich wurden die Maßnahmen übergeordneten Kategorien zugeordnet und für jede Maßnahme wurde in Abhängigkeit von der Datenlage das jeweils erzielte oder erzielbare Minderungspotenzial (wie hoch, wie ermittelt (berechnet, gemessen), u. a.) erfasst. Zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit wurden Angaben zu den Investitionskosten und ggf. den laufenden Kosten für den Betrieb der Maßnahme in den entsprechenden Quellen recherchiert.

Das der Datenbank zugrunde liegende Datenmodell, das alle in der Datenbank enthaltenen Tabellen darstellt und kurz erläutert, zeigt Bild 1. Eine zentrale Stellung kommt der Tabelle "Maßnahmen" zu, in der detaillierte Informationen zu jeder Einzelmaßnahme enthalten sind und zu den Verknüpfungen zu allen anderen Tabellen bestehen.

Um die pro Maßnahme vorhandenen quantitativen Angaben zu den Wirkungen möglichst umfassend in der Datenbank zu dokumentieren, wurden diese Daten in den vier separaten Tabellen zu den Wirkungen detailliert abgelegt.

Aufgrund des Datenbankkonzeptes ist es möglich, weitere Informationen und Daten der Einzelmaßnahmen zu einem späteren Zeitpunkt zu ergänzen, wenn z.B. nach Realisierung der Maßnahmen quantitative Angaben zur Wirkung vorliegen.

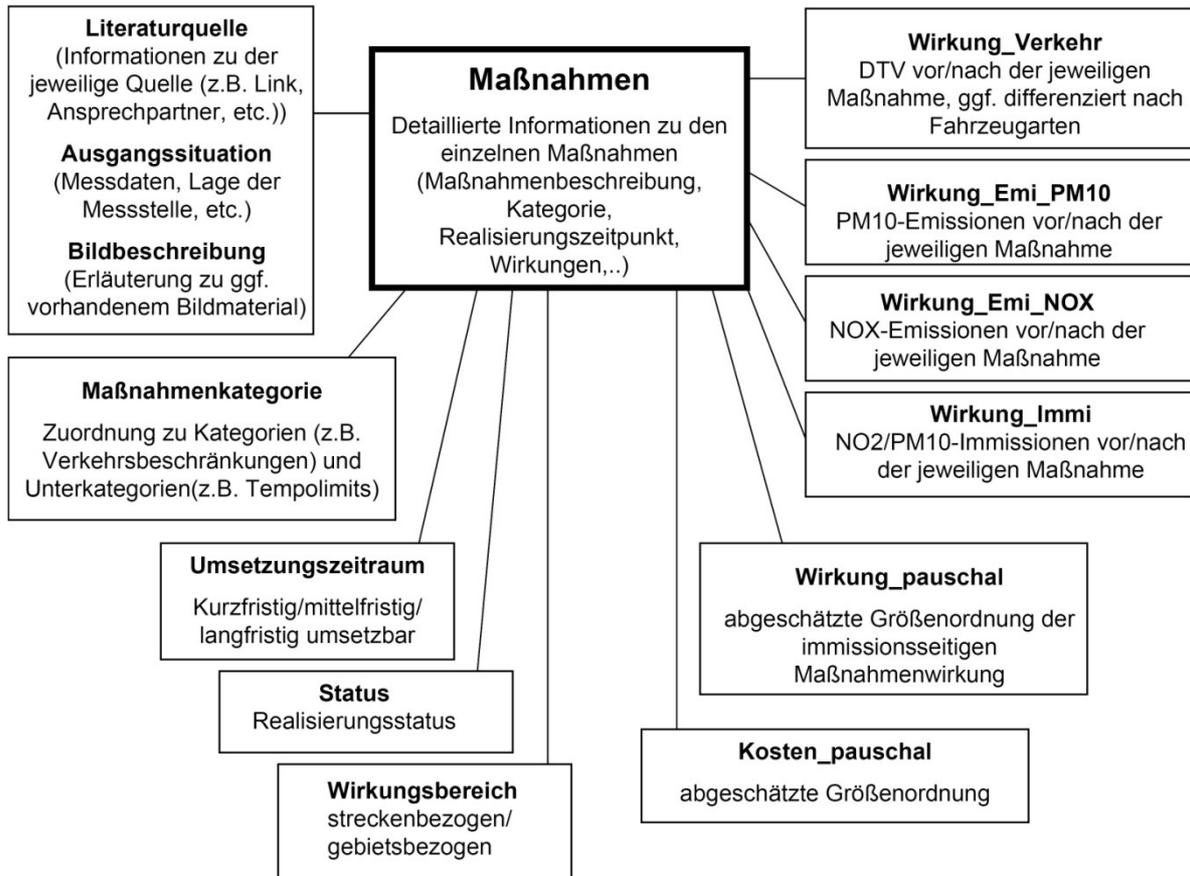


Bild 1: Datenmodell der Datenbank MARLIS

Es wurde eine Eingabemaske zur Abfrage von Maßnahmen nach bestimmten Kriterien (z. B. Art der Maßnahme (Verkehrsbeschränkung, bauliche Maßnahme oder sonstige), Umsetzbarkeit (kurz-, mittel- oder langfristig), dem Wirkungsbereich (streckenbezogen oder gebietsbezogen usw.) entwickelt, die dem Nutzer die Möglichkeit bietet, gezielte Datenbankabfragen benutzerfreundlich durchführen zu können.

Bis zum Stand Mai 2006 sind insgesamt 1404 Maßnahmen in die Datenbank aufgenommen worden.

Beschreibung der Maßnahmenwirkungen

Um die Wirkung einer Maßnahme objektiv einschätzen zu können, sind quantifizierte Angaben zur (verkehrlichen, emissions- und immissionsseitigen) Maßnahmenwirkung von großer Bedeutung. Speziell zu den aktuellen AP/LRP wurden daher ergänzende Informationen zu den in den Plänen aufgeführten Maßnahmen, insbesondere bezüglich der Quantifizierung

der Maßnahmenwirkungen, recherchiert. Trotzdem lagen bis zum Stand Mai 2006 lediglich für einen relativ kleinen Teil (13%) der Maßnahmen quantitative Informationen zu den Wirkungen vor. Da aber im Hinblick auf die Bewertung der Maßnahme (und Ableitung einer Prioritätenreihung) zumindest eine pauschale Einschätzung der Maßnahmenwirkung wichtig ist, wurden die Wirkungen der übrigen Maßnahmen entsprechend abgeschätzt. Hierzu wurde auf der Basis der vorliegenden Daten ein Bewertungsschema entwickelt, das eine (qualitative) Ersteinschätzung bezüglich der erwarteten Maßnahmenwirkungen für alle Maßnahmen in der Datenbank zulässt (von „sehr hohe Wirkung“ bis zu „keine feststellbare Wirkung“). Die Zuordnung der entsprechenden Wirkungskategorie erfolgte für PM₁₀ und NO₂ getrennt, da es Maßnahmen gibt, die lediglich Auswirkungen auf einen der beiden Schadstoffe haben.

Die pauschale Zuordnung der Wirkungen stellt eine grobe Ersteinschätzung dar, da gleiche Maßnahmen an verschiedenen Strecken in Abhängigkeit von Lage und Funktion der Straße und dem umgebenden Netzzusammenhang unterschiedliche Wirkungen hervorrufen können. Die Wirkung einer Maßnahme ist auch abhängig von der Ausgangssituation (z. B. Hintergrundbelastung), die je nach geografischer Lage und regionalem Umfeld sehr unterschiedlich sein kann. Die individuelle Bewertung der Reduktion der Immissionsbelastung durch eine Einzelmaßnahme ist daher im Zusammenhang mit der jeweiligen Ausgangslage zu sehen.

Nach der mit Hilfe des Bewertungsschemas durchgeführten Ersteinschätzung ist bei einem Großteil der Einzelmaßnahmen (ca. 2/3 aller Maßnahmen) sowohl für PM₁₀ als auch für NO₂ eher mit geringen immissionsseitigen Wirkungen zu rechnen. Nur ein geringer Teil (um 1%) der Maßnahmen lässt ein hohes Wirkungspotenzial vermuten.

Datenbankanwendung

Die Datenbank MARLIS wurde anwenderfreundlich konzipiert, wobei Wert auf eine möglichst intuitive Nutzung gelegt worden ist. Nach dem Start wird zunächst vom Anwender eine Vorauswahl über verschiedene Parameter durchgeführt (vgl. Bild 2), bevor er die zu dieser Parameterauswahl passende Maßnahmenliste (pro Einzelmaßnahme eine Zeile) angezeigt

bekommt, die zusätzlich nach verschiedenen Kriterien sortiert werden kann.

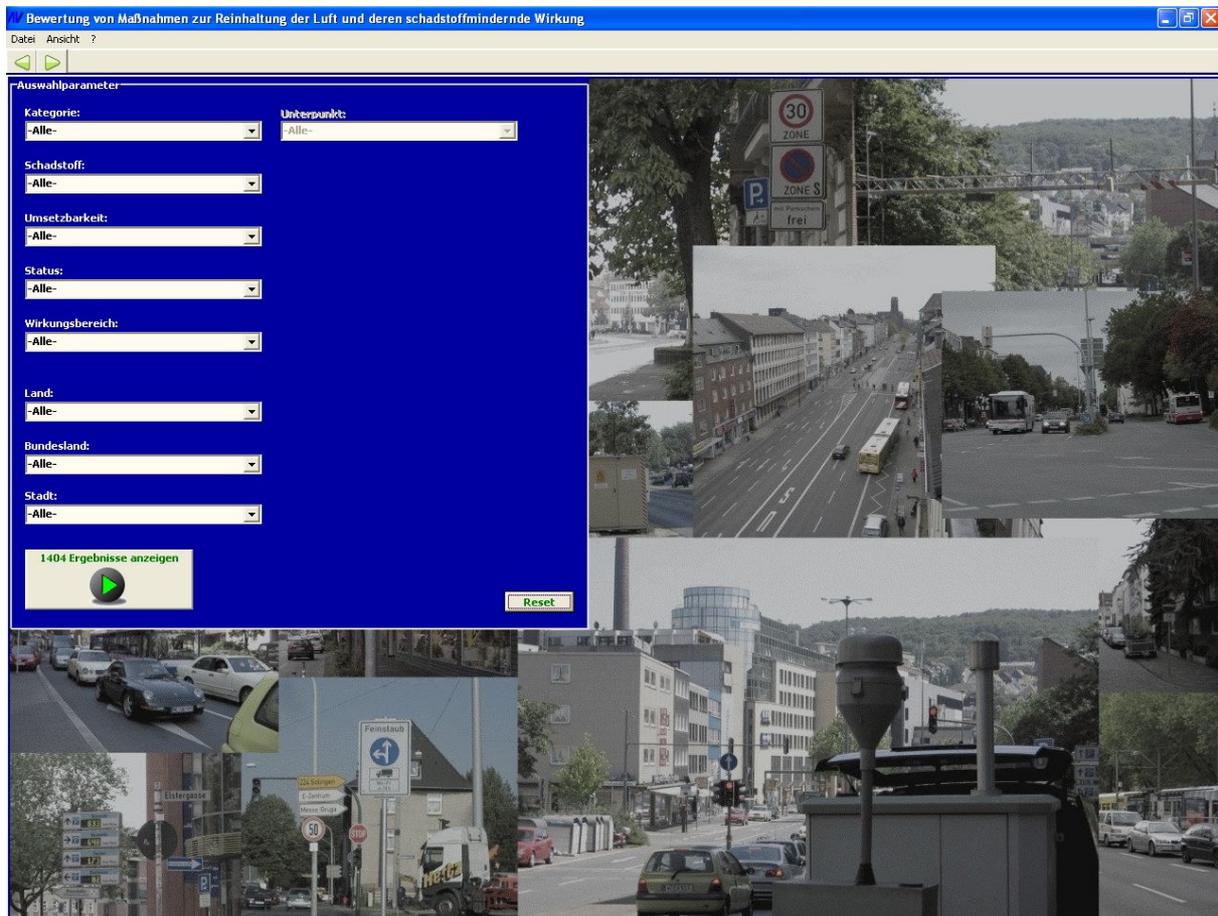


Bild 2: Eingabemaske für die Maßnahmenauswahl nach dem Starten der Datenbank MARLIS

Um Detailinformationen zu erhalten, kann jede dieser Einzelmaßnahmen angewählt werden, so dass eine entsprechende Detailansicht angezeigt wird (vgl. Bild 3). In dieser Detailansicht finden sich alle relevanten Informationen zu der Einzelmaßnahme und zusätzlich eine Reihe weiterer Buttons, die durch Anklicken weitergehende Informationen und Daten in Formularansichten anzeigen.

Bewertung von Maßnahmen zur Reinhaltung der Luft und deren schadstoffmindernde Wirkung

Maßnahme (ID=1615): Lkw-Routenkonzept

Stadt: Essen

Datenquelle: AP

Schadstoff(e): PM10

auslösende(s) Überschreitungsjahr(e): 2004

Realisierungszeitpunkt: sofort

Maßnahmenwirkungen:

Verkehr	Wirkung allgemein:	Kosten:	Karte 1/2:
Verkehrsemissionen (NOx)			Übersichtskarten (mit entsprechender Bildbeschreibung)
Verkehrsemissionen (PM10)			
Veränderungen			
NOx:	-6,7%		
PM10:	-4,1%		
Immissionen			
Veränderungen			
NO2:	-2,2%		
PM10 gesamt:	-1,1%		

Quantifizierung der Maßnahmenwirkungen
(verkehrlich, emissions-, immissionsseitig, allgemein)

Literaturquelle als Link

Literaturquelle: http://www.brd.nrw.de/BezRegDdorf/hierarchie/aufgaben/Abteilung_5/Dezernat_53/Luftreinhaltpl__ne/Aktionsplan_Essen_Gladbecker_Stra

Bild 3: Detailansicht Einzelmaßnahme in der Datenbank MARLIS

Grundsätzlich besteht auch die Möglichkeit, die Ergebnisse der Datenbankrecherche auszudrucken.

Ausblick

Der Datenstand in der aktuellen Version von MARLIS (Stand Mai 2006) enthält die Maßnahmen aus den zum damaligen Zeitpunkt vorliegenden AP/LRP in Deutschland (für 60 Gebiete), ergänzt um weitere Maßnahmen überwiegend aus dem europäischen Ausland. Die Datenbank kann über die Homepage der BASt (www.bast.de) kostenfrei heruntergeladen werden.

Da gerade in den letzten 2 Jahren in Deutschland für eine Reihe weiterer Gebiete AP/LRP erstellt worden sind, liegen mit Stand Ende 2007 bereits für 89 Gebiete AP/LRP vor, d.h. ein Drittel davon ist noch nicht in MARLIS integriert. Die für dieses Jahr geplante Aktualisierung von MARLIS ist damit von wesentlicher Bedeutung.

Allein durch die Luftreinhaltepläne und Aktionspläne mit nationalem Schwerpunkt konnte eine sehr große Anzahl von Einzelmaßnahmen zusammengetragen werden. Zudem zeigen die Ergebnisse der Recherche zum Realisierungsstatus der Maßnahmen, die momentan in MARLIS enthalten sind, dass eine ganze Reihe von Maßnahmen aus den einzelnen AP/LRP gerade umgesetzt werden (z.B. Einrichtung einer Umweltzone, Lkw-Sperrung, Tempolimit, Straßenbelag, Begrünung, ...), so dass eine Ergänzung der Informationen zu diesen Maßnahmen bezüglich der Wirkungen (mit quantitativen Angaben) im Rahmen der Aktualisierung der Datenbank möglich sein wird und sich damit die Güte der MARLIS-Rechercheergebnisse weiter verbessern wird.

Poster-Ausstellung

Arentz, L., Umwelt und Verbraucherschutzamt der Stadt Köln:

„Umweltsensitive Verkehrssteuerung als Maßnahme des Luftreinhalteplanes Köln“

Baum, A., Siebertz, I., Jung, K.-H., Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, Kahmann, F., Bergisch Gladbach:

„Reifenabrieb unter Laborbedingungen“

Beckert, K. und Kilgus, T., MLU Messtechnik für Luft und Umwelt GmbH, Essen:

„Neue Entwicklungen zur verkehrsbezogenen Immissionsmessung“

Bolte, G., Heidelberg Cement Technology Center GmbH, Leimen:

„TioCem – der Zement gegen dicke Luft“

Böttcher, R.-D. und Wörz, M., Colbond bv, Arnheim:

„ENKA® - MOSS - Die Moosmatte zur Feinstaubreduzierung“

Brandt, A., Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, Recklinghausen:

„Luftreinhalteplanung in Nordrhein-Westfalen“

Diegmann, V., IVU Umwelt GmbH, Freiburg:

„Potenzial von temporären Minderungsmaßnahmen“

Friedrich, U., Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam:

„Luftreinhalteplanung im Land Brandenburg“

Grimm, H. und Keck, Grimm Aerosol Technik GmbH & Co. KG, Ainring:
„Experiences with ultra fine particle monitoring in air quality monitoring networks in Europe“

Hellebrandt, P., MUVEDA, Aachen:

„Luftschadstoffuntersuchung zur Beseitigung eines innerörtlichen Bahnübergangs – Kopplung einer mikroskaligen Ausbreitung mit einer Screeninguntersuchung des weiteren Straßennetzes“

Herzner, P., Balzer, W., Harrer, R., Köppel, K. und Pluschke, P., Umweltamt der Stadt Nürnberg:

„Auswirkungen großräumiger Wetterverhältnisse auf die lokale PM₁₀-Immissionssituation“

Hoffmann, S., Institut für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau, Leibniz Universität Hannover:

„Emissionsreduzierung im Stadtverkehr durch Versatzzeitoptimierung“

Nagl, C., Umweltbundesamt, Wien:

„Trends der NO₂-Belastung an Straßen in Österreich“

Nobel, W. und Kostka-Rick, R., Hochschule für Wirtschaft und Umwelt(HfWU), Nürtingen-Geislingen:

„Metall-Biomonitoring an einer Autobahn mit Graskulturen und Flechten“

Krinke, T. und Horn, H.-G., TSI GmbH, Aachen:

„Measurement of Size Distributions of Urban Aerosols in a light industrial area“

Kurtenbach, R., Bergische Universität Wuppertal:

„Innerstädtische NO₂-Konzentration nur die Folge einer direkten NO₂-Verkehrsemission?“

Löschau, G., Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Referat Luftqualität, Dresden:

„Die Anzahl von ultrafeinen Partikeln in der Luft am Straßenrand – Messergebnisse über 5 Jahre in Dresden“

Müller, J., StoCretec GmbH, Kriftel:

„Photokatalytisch funktionale Oberflächen zur Reduktion von Stickoxiden und Ozon“

Pfäfflin, F., Diegmann, V., IVU Umwelt GmbH, Freiburg und Wurzler, S. und Hartmann, U., LANUV NRW, Recklinghausen:

„Erstellung der Ampelkarte Ruhrgebiet“

Richter, J., Planungsbüro Richter – Richard, Aachen:

„Kombinierte Luftreinhalte- und Lärminderungsplanung“

Scholz, W., LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz, Baden-Württemberg, Karlsruhe:

„Anstieg des NO₂-Anteils in den Kfz-Emissionen“

Scholz, W., LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz, Baden-Württemberg, Karlsruhe:

„Wirkung einer ganztägigen Straßensperrung anlässlich der Tour de France auf die Konzentrationen von PM₁₀, Ruß, NO/NO₂ und CO“

Schütz, S., PALAS GmbH: „Counting particle measurement within the size range from soot to pollen“

Streuber, O. und Kremer, H., Peutz Consult GmbH, Düsseldorf:

„Feinstaubminderung durch Vegetation – ein Überblick“

Suritsch, N., Müller BBM GMBH, Planegg:

„Feinstaubminderung durch offenporigen Asphalt (OPA) – Zwischenergebnisse eines laufenden Forschungsvorhabens“

Thönnessen, M., Geographisches Institut der Universität zu Köln:

„Staubfilterung durch Gehölzblätter und Gehölzbestände“

Torras Ortiz, S., Institut f. Energiewirtschaft u. rationale Energieanwendung, Abt. TFU, Universität Stuttgart:

„Bewertung der durch Luftverunreinigungen verursachten externen Kosten des Straßenverkehrs in vier europäischen Städten“

Weckwerth, G., Institut für Geologie und Mineralogie der Universität zu Köln:

„Verkehrsbedingte Metalle im Kölner Feinstaub u.a. am Beispiel des Deutzer Straßentunnels“

Wolter, S., Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH):

„Wachstumsanalyse von Hedera helix „Woerner“ in Abhängigkeit verschiedener Expositionen unter Einsatz eines hydroponischen Pflanzensystems“