

Liebe Leserinnen und Leser,

nun ist es wieder soweit, dass wir Ihnen ausgewählte Projekte aus unserer täglichen Arbeit präsentieren können.

Im ersten Artikel stellen wir Ihnen einen Vergleich zwischen MISKAM-Simulationen und Messungen im Vertikalprofil in einer Straßenschlucht vor. In der Regel simuliert und bewertet man die Konzentrationen entsprechend den Vorgaben der 39. BImSchV in einer vorgegebenen Höhe, in der auch die Messensoren angebracht sind. Innerhalb eines Projektes bot sich nun auf Grund von Messungen in unterschiedlichen Höhen die Gelegenheit, die MISKAM-Berechnungen auch im Vertikalprofil zu prüfen. Hier wurden gute Übereinstimmungen zwischen Messungen und MISKAM-Berechnungen aufgezeigt.

Der zweite Artikel beschreibt die

Ergebnisse eines von uns begleiteten Forschungsprojektes, das die Minderungswirkung von fotokatalytischen Fahrbahnoberflächen auf die NO₂-Konzentration am Krohnstiegtunnel in Hamburg ermitteln sollte. Die hier zur Anwendung gekommenen MISKAM-Strömungssimulationen für ein Tunnelportal einer Autobahn, in denen auch der Tunnelabluftstrahl modelliert wurde, haben uns einen wichtigen Schritt weitergebracht. Nun ist es uns möglich, Tunnelportalstrahlsimulationen auch für andere Projekte zum Einsatz zu bringen. Begleitet wurde das Projekt mit einem aufwendigen Messprogramm der Bundesanstalt für Straßenwesen, sodass die Modellergebnisse entsprechend evaluiert werden konnten. Die hier ermittelte NO₂-Minderungswirkung der fotokatalytischen Fahrbahnoberflächen

beträgt 2 % bezogen auf die Gesamtbelastung.

Im letzten Artikel gehen wir auf das viel diskutierte und in den Schlagzeilen immer wieder auftauchende Thema „Blaue Plakette“ ein. Innerhalb einer Studie konnten wir das Minderungspotential für NO₂ durch die Einführung einer Blauen Plakette abschätzen, welches sich auf bis zu 20 % belaufen kann. Die Einführung einer Blauen Plakette kann dementsprechend eine Alternative zum absoluten Dieselfahrverbot sein, welches in verschiedenen Städten wie Stuttgart, München oder Düsseldorf diskutiert wird.

Ich wünsche Ihnen nun viel Spaß beim Lesen und einen schönen Sommer.

AKTUELLES IN KÜRZE

- Am 26. September 2017 findet in Frankfurt am Main das Expertenforum „Konfliktmanagement bei Kleinf Feuerungsanlagen“ unter Mitwirkung unseres Büros statt. Im Fokus stehen die neue VDI-Richtlinie 3781 Blatt 4 und Beispiele aus der Praxis. Das Programm und weitere Informationen finden Sie unter: <http://www.vdi.de/kleinfuerung2017/>
- Zu der neuen VDI-Richtlinie 3781 Blatt 4 „Umweltmeteorologie - Ableitbedingungen für Abgase - Kleine und mittlere Feuerungsanlagen sowie andere als Feuerungsanlagen“ entwickeln wir derzeit ein anwenderorientiertes, intuitiv zu bedienendes Softwareprogramm. Die geplante Fertigstellung ist Ende 2017.
- Die Richtlinien VDI 3783 Blatt 7 „Umweltmeteorologie - Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle - Evaluierung für dynamisch und thermisch bedingte Strömungsfelder“, VDI 3783 Blatt 9 „Umweltmeteorologie - Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle - Evaluierung für Gebäude- und Hindernisumströmung“, VDI 3783 Blatt 18 „Fotolysefrequenzen für Berechnungen von Schadstoffkonzentrationen in der Troposphäre“ und VDI 3783 Blatt 19 „Umweltmeteorologie - Reaktionsmechanismus zur Bestimmung der Stickstoffdioxid-Konzentration“ sind im Weißdruck erschienen. Unser Büro hat bei der Erarbeitung dieser Richtlinien bzw. bei der Aktualisierung mitgewirkt.
- Das Handbuch für Emissionsfaktoren ist im April 2017 in der Version 3.3 erschienen und ist nun für die Emissionsmodellierung einsatzbereit. Wichtigste Neuerungen sind neben der Erhöhung der NO_x-Emissionsfaktoren der PKW-Diesel-Euro 6 auch von der Außentemperatur abhängige Emissionsfaktoren für Diesel-PKW der Schadstoffklassen Euro 4, Euro 5 und Euro 6, die auf Grundlage zahlreicher Messungen im Realbetrieb abgeleitet wurden.

INHALT

Berechnung von Vertikalprofilen in Straßenschluchten mit MISKAM - Vergleich mit Messdaten Seite 2

Wirkung eines fotokatalytischen Fahrbahnbelages am Krohnstiegtunnel in Hamburg Seite 3

Abschätzung der Stickoxidminderungspotenziale bei Verschärfung von Umweltzonen durch Dieselfahrverbote bzw. durch Einführung einer „Blauen Plakette“ Seite 4

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG
 Aerodynamik, Klima, Immissionsschutz und Umweltoftware
www.lohmeyer.de

Büro Karlsruhe:
 An der Rosswald 3, 76229 Karlsruhe
 Tel.: 0721 / 625 10 0
 Fax: 0721 / 625 10 30
 E-Mail: info.ka@lohmeyer.de

Büro Dresden:
 Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
 Tel.: 0351 / 839 14 0
 Fax: 0351 / 839 14 59
 E-Mail: info.dd@lohmeyer.de

BERECHNUNG VON VERTIKALPROFILEN IN STRASSENSCHLUCHTEN MIT MISKAM - VERGLEICH MIT MESSDATEN

Aussagen zu vertikalen Konzentrationsverteilungen von Luftschadstoffen in Straßenschluchten sind einerseits häufig im Rahmen von Genehmigungsverfahren und in der Luftreinhalteplanung (Beurteilung der individuellen „Etagen-feinen“

digitale Gebäudedaten, Winddaten etc.), aber auch von modellinternen Ansätzen, wie die gewählte Rechengitterauflösung und die Behandlung der fahrzeugerzeugten Turbulenz ab. Hinweise und Anforderungen hierzu liefert u.a. die Richtlinie VDI 3783

Für das Bezugsjahr 2013 wurden mikroskalige Modellrechnungen mit MISKAM an vier Hotspot-Verkehrsmessstationen, an denen bis dahin NO₂-Konzentrationen nur in 1.5 m Höhe gemessen wurden, sowohl für 1.5 m als auch für 4 m Höhe durchge-

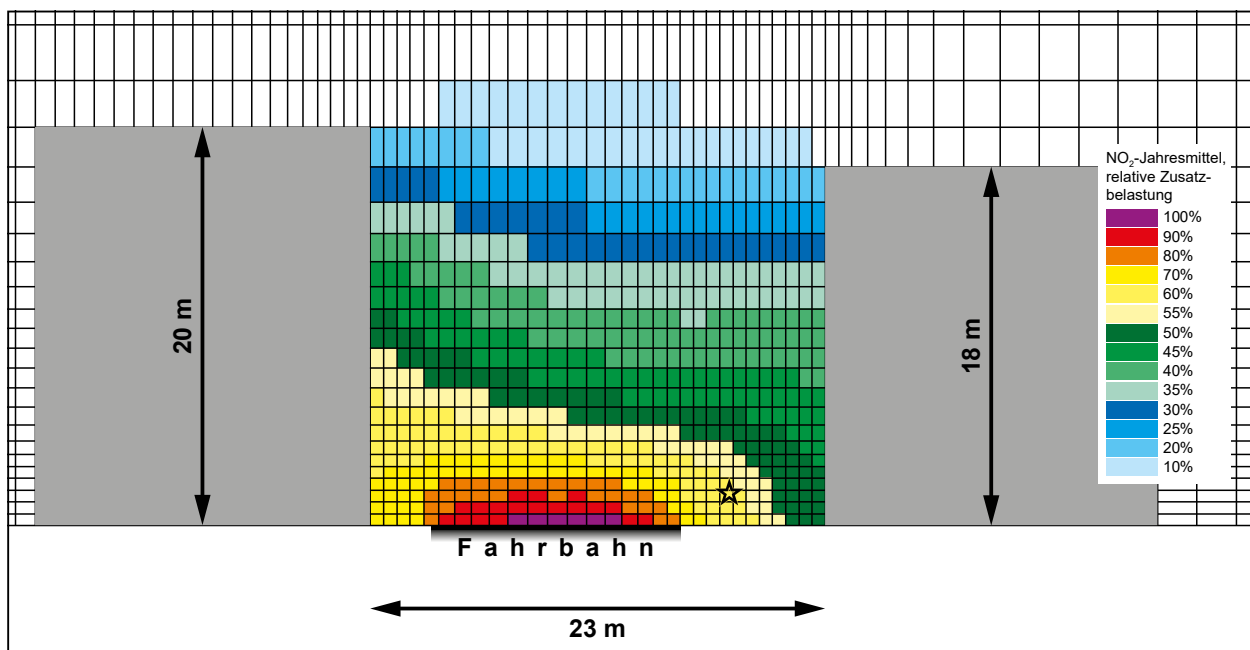


Abb. 1: Vertikalschnitt der mit MISKAM berechneten relativen NO₂-Zusatzbelastung im Jahresmittel. Gebäude sind grau dargestellt. Der Stern markiert die Lage der Messstelle. Zusätzlich eingezeichnet ist das Rechengitter.

Betroffenheiten) notwendig bzw. gefordert. Andererseits lässt die 39. BImSchV ein „Messfenster“ für die Hotspot-Messstellen insofern zu, als dass der Messeinlass in einer Höhe zwischen 1.5 m und 4 m über dem Boden angeordnet sein muss. Hier stellt sich u.a. die Frage nach dem möglichen Unterschied der Luftschadstoffkonzentrationen zwischen diesen genannten Messhöhen.

Das prognostische Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM ist in der Lage, sowohl horizontal als auch vertikal differenzierte Konzentrationsfelder zu berechnen und damit o.g. Fragestellungen zu beantworten. Ein Beispiel in Form eines Vertikalschnittes der Zusatzbelastungen durch eine innerstädtische Straßenschlucht zeigt **Abb. 1**.

Die Güte der Modellierung hängt von der Qualität der Eingangsdaten (Verkehrsdaten, Verkehrssituationen,

Blatt 14. Beim NO₂ spielt die photochemische Umwandlung von NO in NO₂ noch eine weitere, wichtige Rolle (siehe Richtlinie VDI 3783 Blatt 19).

führt. Ziel war u.a. die Abschätzung der Unterschiede in den NO₂-Jahresmittelwerten zwischen diesen beiden Messhöhen. (Abschluss der Berechnungen war 10/2015, also noch

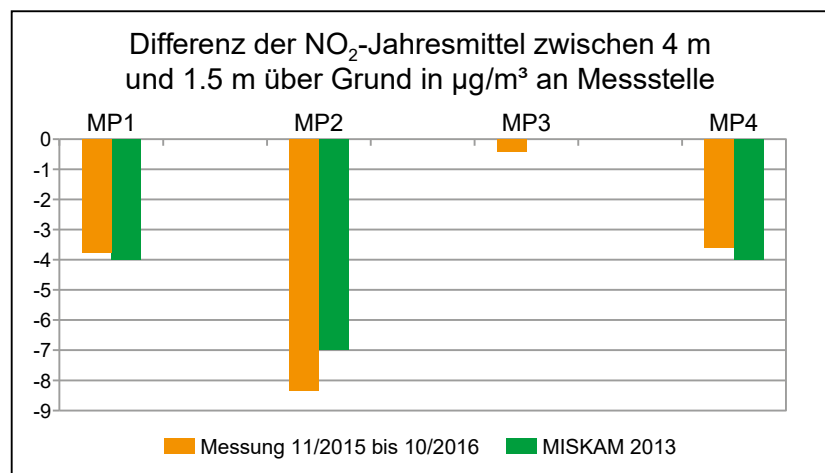


Abb. 2: Vergleich der mit MISKAM berechneten jahresmittleren NO₂-Differenz mit der aus Messdaten ermittelten NO₂-Differenz

vor Beginn von Messungen in 4 m Höhe, die 11/ 2015 begannen). Dies gab die Möglichkeit, die Güte der MISKAM-Berechnungen anhand dieser Messungen zu überprüfen.

Ein Vergleich der NO_2 -Jahresmittelwerte der Gesamtbelastung für das Bezugsjahr 2013 zeigte im Vergleich Modellrechnung zu Messwerten für die Messhöhe 1.5 m Abweichungen zwischen +10 % und -14 %. Die Qualität der Modellrechnung in

Bezug auf die Gesamtbelastung kann damit als gut bewertet werden. Die mit MISKAM prognostizierte absolute Änderung des NO_2 -Jahresmittelwertes zwischen den Messhöhen 1.5 m und 4 m ist in **Abb. 2** im Vergleich zu den Messdaten dargestellt. Die mit MISKAM prognostizierten Abnahmen lagen zwischen $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sehr erfreulich war, dass die (späteren) Messungen diese erwarteten Unterschiede bestätigten.

Die Abweichungen liegen bei maximal (gerundet) $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Somit ist das prognostische Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM in der Lage, nicht nur belastbare Aussagen zur horizontalen, sondern auch zur vertikalen Verteilung der Schadstoffkonzentration in Straßenschluchten zu geben.

WIRKUNG EINES FOTOKATALYTISCHEN FAHRBAHN-BELAGES AM KROHNSTIEGTUNNEL IN HAMBURG

Die DEGES (Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH) testet zusammen mit der Firma EUROVIA GmbH und der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) im Rahmen eines Feldversuches am Krohnstieg Tunnel in Hamburg die Wirksamkeit des fotokatalytischen Materials NOXEPUR (vormals NOXER). Dazu wurde durch die BASt ein umfangreiches lufthygienisches und meteorologisches Messprogramm durchgeführt. Anhand von Modellrechnungen in Kombination mit der Auswertung der Messdaten sollte durch unser Büro das Minderungspotenzial bezüglich der NO_2 -Konzentrationen im Umfeld des Tunnels ermittelt werden.

Die Aufgabenstellung erforderte ein Modellsystem, welches auf mikroskaliger Basis die konkrete Portal- und Straßenrandgestaltung, die Interaktion zwischen Tunnelabluft und äußerem Windfeld, die fotokatalytische Wirkung von NOXEPUR und die Fotochemie zwischen NO , NO_2 und Ozon berücksichtigen kann. Weiterhin war durch die Lage außerhalb der dichten städtischen Bebauung auch der Einfluss der atmosphärischen Stabilität in der Ausbreitungsberechnung zu berücksichtigen.

Als Modellsystem, welches die Anforderungen erfüllt, wurde in diesem Projekt das Lagrangesche Ausbreitungsmodell LASAT ausgewählt, mit dem Zeitreihenrechnungen mit einer zeitlichen Auflösung von einer Stunde durchgeführt wurden. Wind- und Turbulenzfelder wurden hierzu aus dem prognostischen mikroskaligen Windfeldmodell MISKAM eingebunden. Es kam dabei eine Version

von MISKAM zum Einsatz, die den Tunnelstrahl explizit simuliert.

Die Modellrechnungen erfolgten für den Messzeitraum vor Einbau von NOXEPUR (Zeitraum L1) sowie nach Aktivierung von NOXEPUR (Zeitraum L2). Dieses wurde auf der nördlichen Fahrbahn vom Westportal bis in 175 m Entfernung nach Westen aufgebracht. Im Zeitraum L2 wurde in einem ersten Rechenlauf die fotokatalytische Wirkung nicht berücksichtigt, um die Veränderungen der Konzentrationen durch meteorologische und verkehrliche Effekte aufzuzeigen. In einem zweiten Rechenlauf wurde die fotokatalytische Wirkung „eingeschaltet“.

Die durchgeführten Modellrechnungen haben aufgezeigt, dass die relativen Minderungspotenziale bei ca. 2 % des NO_2 -Jahresmittelwertes liegen (vgl. **Abb. 1**), dies entspricht absolut ca. 1 bis $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Bei diesen Modellierungen wurden die

erhöhten NO_x -Immissionen infolge der Tunnelabluft, der Emissionen auf den freien Strecken und der Hintergrundbelastung berücksichtigt. Die Minderungspotenziale liegen damit etwa auf gleichem Niveau, wie die durch die Meteorologie und Veränderungen im Verkehr (Verkehrsmengen und -zusammensetzung) verursachten Veränderungen zwischen den Zeiträumen L1 und L2.

Die Minderungen sind an zwei Profilmessstellen (Entfernung ca. 180 m bzw. 230 m zum Portal längs der Straße) auf Werte unter 1 % des NO_2 -Jahresmittelwertes bzw. deutlich unter $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ abgesunken. Ebenso sind die Wirkungen ab einer Entfernung von größer 40 m quer zur Straße in Höhe des Portals auf unter $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gesunken.

Die NO_2 -Minderungswirkung hängt, neben der Intensität der UVA-Strahlung, von der Verweilzeit der Schadstoffe über der fotokatalytischen Oberfläche ab, die

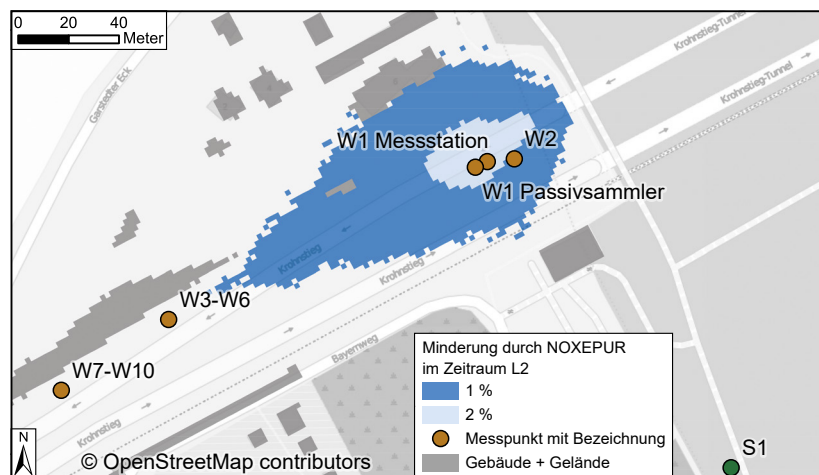


Abb. 1: Minderung der NO_x -Belastung im Zeitraum L2 durch NOXEPUR als Horizontalschnitt 1.5 m über (umliegendem) Gelände

im Allgemeinen mit dem Kehrwert der Windgeschwindigkeit korreliert ist. Bei der hier vorliegenden Konfiguration mit Tunnelabluft ist die NO₂-Minderungswirkung hingegen nur in sehr geringem Umfang von der Windgeschwindigkeit abhängig,

da das fotokatalytische Material im Wirkungsbereich des fahrzeuginduzierten Tunnelstrahls eingebaut ist. Die Verweilzeit der hochbelasteten Tunnelabluft über der fotokatalytischen Oberfläche wird in diesem Fall nicht von der Windgeschwindigkeit,

sondern von der Tunnelabluftgeschwindigkeit bestimmt. Diese ist bei Belastungsspitzen wegen des damit einhergehenden hohen Verkehrsaufkommens ebenfalls hoch.

ABSCHÄTZUNG DER STICKOXIDMINDERUNGSPOTENZIALE BEI VERSCHÄRFUNG VON UMWELTZONEN DURCH DIESELFahrVERBOTE BZW. DURCH EINFÜHRUNG EINER „BLAUEN PLAKETTE“

Auf Grund permanenter Grenzwertüberschreitungen bei NO₂ in deutschen Städten wurde von Umweltorganisationen, aber auch von Umweltbehörden, die Verschärfung der Umweltzonenregelung durch die Einführung einer „Blauen Plakette“ als Maßnahme zur Verbesserung der Luftqualität in Städten gefordert. Dabei soll den Kommunen rechtlich die Möglichkeit gegeben werden, Umweltzonen einzurichten, in denen alle Dieselfahrzeuge der Abgasnorm Euro 5 und schlechter sowie alle benzinbetriebenen Fahrzeuge der Abgasnorm Euro 2 und schlechter mit einem Einfahrtverbot belegt werden können. Alternativ werden auch „nur“ Einfahrtverbote für Dieselfahrzeuge außer Euro 6/VI bzw. für alle Dieselfahrzeuge diskutiert. Die Umsetzung dieser Forderungen befindet sich derzeit in der politischen Diskussion. Vor diesem Hintergrund wurden und werden durch unser Büro im Rahmen verschiedener Projekte (insbesondere Wirkungsabschätzungen bei der Fortschreibung von Luftreinhalteplänen) die emissions- und immissionsseitigen Minderungspotenziale dieser Maßnahmen abgeschätzt.

Prinzipiell ist festzuhalten, dass die Höhe des Emissionsminderungspotenzials zum einen vom Emissionsniveau der Fahrzeuge im realen Betrieb und zum anderen von den Fahrleistungsanteilen der von einem Einfahrtverbot betroffenen Fahrzeuge und damit vom Jahr der Einführung und vom Grad von Ausnahmeregelungen abhängt. Je nach zeitlichem Vorlauf solcher Fahrverbote und deren Überwachungsmöglichkeiten könnten auch verkehrliche Verdrängungseffekte

(Fahrleistungsminderungen in der Umweltzone) eintreten.

Die Entwicklung der Szenarien künftiger Flottenzusammensetzungen im Nullfall, d.h. ohne o.g. Fahrverbote, ist auf Grund der begrenzten Fahrzeuglebensdauer sowie der gesetzlich vorgeschriebenen Einführungsfristen für Abgasgrenzwerte bei der Typzulassung neuer Fahrzeuge relativ gut prognostizierbar.

Problematischer gestaltet sich die Prognose der Entwicklung der Flottenzusammensetzungen bei Einführung einer Blauen Plakette oder o.g. Dieselfahrverbote. Hierbei müssen Annahmen zur Umsetzung bzw. Organisation der verschärften Umweltzonenregelung aber auch zu Reaktionen der von einem Einfahrtverbot betroffenen Fahrzeughalter getroffen werden.

Das maximal mögliche Minderungspotenzial ohne verkehrliche Verdrängungseffekte kann dabei unter folgenden Randbedingungen abgeschätzt werden:

- 100%ige Befolungsrate innerhalb der verschärften Umweltzone,
- keinerlei Ausnahmegenehmigungen,
- keine Nach- bzw. Umrüstung älterer Fahrzeuge,
- konstante Verhältnisse der Fahrleistungsanteile der Benzin- / Dieselfahrzeuge, d. h. Fahrzeughalter, die vor Einführung des Fahrverbotes ein Dieselfahrzeug fuhren, tun dies auch weiterhin.

Bei dieser Vorgehensweise ergeben sich für Städte mit einem Diesel-PKW-Anteil von ca. 30 % bis 40 % (maßgeblich ostdeutsche

Städte), die bereits eine grüne Umweltzonenregelung haben, im Bezugsjahr 2020 (= fiktives Jahr der Einführung der Umweltzonenverschärfung) für die Blaue Plakette NO_x-Emissionsminderungspotenziale in der Größenordnung von ca. 30 % bei PKW, ca. 60 % bei leichten Nutzfahrzeugen und ca. 80 % bei schweren Nutzfahrzeugen. In einer hochbelasteten Straße mit derzeitigen NO₂-Grenzwertüberschreitungen würde dies je nach Ausgangssituation zu einer Reduzierung des NO₂-Jahresmittelwertes im Bereich zwischen 15 % und 20 % führen.

Für die Dieselfahrverbote außer Euro 6/VI würden die Minderungspotenziale unter den o.g. Randbedingungen etwas geringer ausfallen, für komplette Dieselfahrverbote höher sein.

Dieses von der regionalen Flottenzusammensetzung, insbesondere dem PKW-Dieselanteil abhängige Reduktionspotenzial wird auf Grund der stetigen Flottenmodernisierung im Nullfall mit fortschreitender Zeit um ca. 1 – 2 Prozentpunkte pro Jahr schwächer.

Diese Minderungspotenziale beziehen sich auf z.T. hypothetische Annahmen, zeigen aber die Größenordnung bei einer 100%igen Umsetzung dieser Verbote auf. Dies wird zwar in der Realität nicht möglich sein, aber selbst wenn die Minderungen auf Grund von Nichtbefolgungen und Ausnahmeregelungen nur halb so hoch ausfallen würden, wären diese Verschärfungen der Umweltzonen durchaus wirksame Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität in Städten.