

Schützen Umweltzonen unsere Gesundheit oder sind sie unwirksam?

H.-Erich Wichmann

Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt, Institut für Epidemiologie, Neuherberg

Korrespondenzadresse: Prof. Dr. H.-Erich Wichmann; E-Mail: wichmann@helmholtz-muenchen.de

In Deutschland werden in mehreren Städten und Ballungsräumen Umweltzonen eingerichtet, um in diesen die Feinstaubbelastung zu reduzieren. Fahrzeuge, die nicht unter Ausnahmeregelungen fallen, dürfen in die ausgeschilderten Umweltzonen nicht einfahren bzw. sich in ihnen nicht aufhalten.

Derzeit wird eine heftige Diskussion über den Sinn dieser Verkehrsbeschränkungen geführt. Hauptstreitpunkt ist dabei, dass die Einrichtung der Zonen einerseits mit dem Feinstaubproblem begründet wird, andererseits aber nach vielen Abschätzungen die Reduktion der Feinstaubkonzentration nur wenige Prozent ausmacht. Der ADAC etwa sagt, der Anteil der Pkws an der Feinstaubbelastung betrage lediglich 5% und bezeichnet die Umweltzone Berlin für die Feinstaubbelastung als unwirksam (ADAC 2008).

Diese Diskussion ist geprägt vom Blick auf die *gemessenen Feinstaubkonzentrationen*, übersieht aber völlig die *Wirkungsaspekte* in Hinblick auf die Gesundheit. Feinstaub eine komplexe Mischung von hoch toxischen bis hin zu harmlosen Komponenten. Eine Reduktion der hoch toxischen Komponenten wäre in Hinblick auf die menschliche Gesundheit sehr relevant, während eine Reduktion der harmlosen Komponenten nichts bringt.

Verbrennungspartikel sind als besonders schädlicher Anteil des in der Außenluft gemessenen Feinstaubs (PM_{10} bzw. $PM_{2,5}$) anzusehen. In den Städten stammt der größte Anteil hoch toxischer Partikel aus dem Kfz-Verkehr, und hier insbesondere aus Dieselfahrzeugen. (In manchen Regionen können industrielle Quellen ähnlich bedeutsam sein, die sollen aber hier nicht betrachtet werden). Jede Maßnahme zur Reduktion dieser Belastung ist daher positiv zu sehen. Der direkteste und wichtigste Weg ist der Einsatz von Russfiltern, der jetzt endlich angelaufen ist.

Derzeit betragen die Jahresmittelwerte beim Feinstaub in Deutschland für PM_{10} im ländlichen Bereich 10-18, beim städtischen Hintergrund 20-30 und verkehrsnah 30-45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und für $PM_{2,5}$ im ländlichen Bereich 10-15, beim städtischen Hintergrund 15-20 und verkehrsnah 25-30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Die mittlere Belastung der deutschen Bevölkerung durch Feinstaub liegt bei ca. 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} und ca. 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ $PM_{2,5}$. Dieselpkws und -Lkws liefern hiervon zusammengenommen einen Beitrag von 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zur PM_{10} bzw. $PM_{2,5}$ -Konzentration

(Wichmann 2005). Dieser relativ kleine Anteil ist aber äußerst schädlich, seine Reduktion mithin besonders relevant.

Irrelevant sind hingegen Maßnahmen, die harmlose Feinstaubpartikel reduzieren. Hierzu zählt die verstärkte Straßenreinigung, denn Erdkrustenmaterial, das den Hauptanteil des Staubs auf der Straße ausmacht, zeigt keine gesundheitlichen Einflüsse (siehe*). Beimischungen aus deponierten Kfz-Abgasen im Straßenstaub ändern nicht viel an dieser Aussage, zumal aufgewirbelter Straßenstaub aus relativ großen Partikeln besteht, die bei der Inhalation weniger tief in die Atemwege und den menschlichen Körper eindringen als die sehr kleinen Partikel, die direkt aus dem Auspuff stammen. Eine Reduktion der PM_{10} -Konzentration durch die Straßenreinigung würde die Gesundheitsprobleme somit weitgehend unverändert lassen.

Verkehrslenkende Maßnahmen sind dann sinnvoll, wenn dadurch die Exposition der Menschen reduziert wird. Bedenkt man, dass die Konzentration von Partikeln aus Kfz-Emissionen 100 m von der Straße entfernt bereits auf ein Drittel abnimmt, dann ist es bedeutsam, ob der Verkehr durch enge Straßen in dicht besiedelten Innenstädten fließt oder durch Umgehungsstraßen, die relativ weit von der Wohnbebauung entfernt sind.

Direkte Zusammenhänge zwischen der Schadstoffbelastung durch den Straßenverkehr und Gesundheitsrisiken der Anwohner

Die vielfältig nachgewiesenen gesundheitlichen Auswirkungen von PM_{10} -Feinstaub und vor allem $PM_{2,5}$ -Feinstaub sind wissenschaftlich unstrittig (WHO 2006, US-EPA 2004, VDI 2003, Zusammenstellung im Kasten). Die Frage, welcher

* Für Staub, der aus Bodenpartikeln besteht, sind keine nachteiligen gesundheitlichen Wirkungen beschrieben. Hier sei beispielhaft die Studie von Laden et al. (2000) angeführt. Es handelt sich um eine Analyse der Harvard 6 Städte Studie in Hinblick auf die Wirkung von quellenzugeordneten Fraktionen von $PM_{2,5}$ auf die tägliche Sterblichkeit. Die Studie zeigt eine signifikant erhöhte Sterblichkeit im Zusammenhang mit Kfz-Abgasen, jedoch keinen Zusammenhang mit Erdkrustenmaterial. Insgesamt kommt die US-EPA zu der Bewertung, dass die vorliegenden Studien mit quellenbezogene Auswertungen zeigen, dass Feinstaub anthropogenen Ursprungs einen wichtigen Beitrag zu erhöhter Sterblichkeit leistet, nicht aber die Exposition gegenüber Erdkrustenmaterial (US-EPA 2004).

Anteil hiervon durch Verkehrsabgase bedingt ist, ist schwieriger zu beantworten, denn die meisten epidemiologischen Studien verwenden amtlich gemessene Feinstaubkonzentrationen als Maß für die Exposition, da spezifischere Messungen des quellenabhängigen Anteils und der quellenabhängigen Zusammensetzung meistens nicht vorliegen (oder solche Messungen routinemäßig noch nicht möglich sind).

Es gibt allerdings mittlerweile eine nennenswerte Zahl von Studien, die den Einfluss der Schadstoffbelastung durch den Straßenverkehr auf die Gesundheitsrisiken der Anwohner direkter untersucht haben. Überwiegend zeigen diese einen stärkeren Zusammenhang der Morbidität und Mortalität mit dem Abstand zur Straße als mit den Konzentrationen von Feinstaub (PM₁₀ bzw. PM_{2,5}) oder Stickstoffdioxid (NO₂). Hier ein paar Beispiele aus Deutschland und anderen europäischen Ländern:

- **Sterblichkeit in den Niederlanden:** In einer Studie in den Niederlanden wurden 5000 ältere Personen, die im Zeitraum 1986-1994 an einer Basisuntersuchung teilgenommen hatten, in Hinblick auf ihre Sterblichkeit bis zum Jahr 1996 beobachtet. Das Wohnen an stark befahrenen Straßen ging mit einer signifikant um 95% erhöhten kardiopulmonalen Sterblichkeit einher. Der Zusammenhang mit den Konzentrationen von NO₂ und Black Smoke war weniger deutlich (Hoek et al. 2002).
- **Sterblichkeit im Ruhrgebiet:** In einer Kohorte von 4800 älteren Frauen aus Nordrhein-Westfalen, die zwischen 1985 und 1994 an einer Basisuntersuchung teilgenommen hatten, waren nach ca. 10 Jahren 8% verstorben. Die kardiopulmonale Sterblichkeit war signifikant um 70% erhöht, wenn die Frauen innerhalb eines 50m Abstands von stark befahrenen Strassen wohnten. Der Zusammenhang mit PM₁₀ und NO₂ war schwächer aber ebenfalls signifikant (Gehring et al. 2006).
- **Lungenkrankheiten im Ruhrgebiet:** In derselben Kohorte waren chronisch obstruktive Atemwegserkrankungen (COPD) und die Einschränkung der Lungenfunktion am stärksten mit PM₁₀ und der Verkehrsbelastung korreliert. Das Wohnen im 100 m Abstand von stark befahrenen Straßen war signifikant mit einem Anstieg der Erkrankungshäufigkeit an COPD um 79% assoziiert. Der Zusammenhang mit PM₁₀ war noch stärker (Schikowski et al. 2005).
- **Lungenfunktionseinschränkungen bei Asthmatikern in London:** 60 erwachsene Asthmatiker gingen 2 mal 2 Stunden lang in der Londoner Innenstadt spazieren. Dabei wurde ihre persönliche Schadstoffexposition gemessen. Im Vergleich zum Hyde Park trat in der stark verkehrsbelastete Oxford St. eine signifikante Einschränkung der Lungenfunktion um 5-6% auf und Marker für Entzündungen in den Atemwegen waren erhöht. Die stärksten Assoziationen zeigten sich mit ultrafeinen Partikeln und elementarem Kohlenstoff, die überwiegend aus den Kfz-Emissionen stammen (McCreanor et al. 2007).
- **Verkalkung der Herzkranzgefäße im Ruhrgebiet:** In einer Studie an 4900 Erwachsenen im Ruhrgebiet wurde der Langzeiteinfluss von Verkehrsbelastung und PM_{2,5}-Feinstaub auf die Verkalkung der Herzkranzgefäße untersucht. Diese Veränderung trat bei Personen, die weniger als 50 m von der Straße entfernt lebten, um 63% häufiger auf als in der Kontrollgruppe und war deutlich stärker mit dem Abstand der Wohnung von der Straße assoziiert als mit der Feinstaubkonzentration (Hoffmann et al. 2007).
- **Herzinfarkt in Augsburg:** An ca. 700 Herzinfarktüberlebenden aus Augsburg wurde der Einfluss des Straßenverkehrs auf die Auslösung des Infarktes untersucht. In einem detaillierten Interview wurde erfragt, was die Patienten in den vier Tagen vor dem Herzinfarkt getan und wo sie sich aufgehalten haben. Die Ergebnisse zeigten ein 2,9fach erhöhtes Risiko für die Auslösung von Herzinfarkten eine Stunde nach Aufenthalt in Verkehrsmitteln. Zu den Verkehrsmitteln zählten Autos, öffentliche Verkehrsmittel wie Busse und Straßenbahnen, Fahrräder und Motorräder (Peters et al. 2004).
- **Mittelohrentzündungen bei Kleinkindern in Deutschland und den Niederlanden:** Bei ca. 4400 Neugeborenen aus den Niederlanden und Deutschland wurde der Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Mittelohrentzündungen in den ersten beiden Lebensjahren und der Außenluftbelastung untersucht. Es wurde ein signifikanter Anstieg der Erkrankungshäufigkeit mit PM_{2,5} und NO₂ gefunden (Brauer et al. 2006).
- **Vermindertes Geburtsgewicht in München:** In einer Kohortenstudie an Kindern, die 1998-1999 in München geboren wurden, wurde der Zusammenhang zwischen Schadstoffbelastung und Geburtsgewicht analysiert. Es wurden ca. 1000 Mütter und Kinder ohne Wohnungswechsel in der Schwangerschaft einbezogen. Frauen, die während ihrer Schwangerschaft gegenüber höheren PM_{2,5}-Feinstaubkonzentrationen exponiert waren, brachten gehäuft Kinder mit einem Geburtsgewicht von weniger als 3000 Gramm zur Welt. Ein ähnlicher Zusammenhang wurde zwischen der Schwärzung der Feinstaubmessfilter und dem Geburtsgewicht beobachtet. Diese Schwärzung gilt als Marker für die Herkunft der Partikel aus dem Verkehr und insbesondere aus Diesel-Fahrzeugen (Slama et al. 2007).

Positive gesundheitliche Effekte zeitweiser Verkehrsbeschränkungen

Um die Frage zu beantworten, ob Umweltzonen ihr Ziel erreichen können, die Gesundheit des Menschen zu schützen, würden entsprechende epidemiologische und toxikologische Untersuchungen benötigt, die bisher noch nicht vorliegen können, da diese Zonen gerade erst eingerichtet werden. Es gibt aber vergleichbare Situationen "temporärer Umweltzo-

nen", wo für einen begrenzten Zeitraum die Verkehrsbelastung stark reduziert wurde.

Zwei Studien haben untersucht, wie sich Verkehrseinschränkungen auf die menschliche Gesundheit auswirken. Sie betrachten die Olympiade in Atlanta und die Asien-Spiele in Busan in Korea. In beiden Städten nahm die Häufigkeit des Auftretens von kindlichem Asthma während oder im Anschluss an die Einschränkung des Kfz-Verkehrs ab:

- **Verkehrsbeschränkungen bei der Olympiade 1996 in Atlanta:** Während der olympischen Sommerspiele 1996 in Atlanta wurde der Einfluss vorübergehender Veränderungen beim Transport analysiert. Hierbei wurde die Luftverschmutzung und kindliches Asthma während der 17 Tage der Spiele untersucht und mit einer Periode von 4 Wochen vor und 4 Wochen nach den Spielen verglichen. Asthma-abhängige relative Risiken während der Spiele waren kleiner als 1, und der Rückgang war teilweise signifikant. Hieraus ergibt sich, dass die zeitweise Verbesserung der Luftqualität in Atlanta im Sommer 1996 zu einem zeitweisen Rückgang der Schwere bei bestehendem Asthma geführt hat. Diese Reduktion konnte nicht spezifisch einem einzelnen Schadstoff zugeordnet werden, da PM_{10} , CO , NO_2 and O_3 parallel abnahmen. Nach Einschätzung der Autoren spielte die Abnahme des Verkehrs in der morgendlichen Rushhour eine wichtige Rolle beim Rückgang der ambulanten und stationären Krankenhausaufnahmen wegen Asthma (Friedman et al. 2001).
- **Verkehrsbeschränkungen bei den Asien-Spielen 2002 in Korea:** Während der Asien-Spiele in Busan, Korea, wurde im gesamten Stadtgebiet für 2 Wochen der Straßenverkehr eingeschränkt. Alle verkehrsabhängigen Schadstoffe wurden dadurch um 25% reduziert. In der Zeit danach gingen die Krankenhausaufnahmen für Kinder mit Asthma um 27% zurück (Lee et al. 2007).

Städte mit City-Maut

Eine weitere Möglichkeit zur empirischen Prüfung des Effektes verminderter Schadstoffbelastung durch den Kfz-Verkehr ist die Betrachtung von Städten, die eine City-Maut eingeführt haben.

In London und Stockholm wurde der Verkehr in der Stadt durch Einführung einer City-Maut eingeschränkt. Gleichzeitig wurde die Auswirkung dieser Maßnahme auf die Schadstoffbelastung untersucht. Es zeigte sich ein Rückgang der Konzentrationen. Untersuchungen zu gesundheitlichen Auswirkungen dieser Maßnahmen liegen nicht vor.

- **City-Maut in London seit 2003:** In London konnte nach Einführung einer Innenstadtmaut im Jahr 2003 eine Verringerung des Straßenverkehrs um 18 % beobachtet wer-

den, hieraus resultierte eine Verringerung des Feinstaubes um 12% (Wikipedia 2008).

- **City-Maut in Stockholm seit 2007:** In Stockholm wurde die City-Maut im Sommer 2007 eingeführt. Die Verkehrsbelastung sank seitdem um bis zu 25%, die Feinstaubbelastung reduzierte sich um 13% (Berliner Morgenpost 2007).

Zwischenbilanz

Positive gesundheitliche Auswirkungen der Einrichtung von Umweltzonen konnten bisher naturgemäß nicht nachgewiesen werden, da deren Implementierung erst jetzt beginnt.

Vorhandene epidemiologische Daten aus anderen Situationen zeigen aber Folgendes:

- Feinstaub hat erhebliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit
- Feinstaub aus den Abgasen des Kfz-Verkehrs und insbesondere aus Diesel-Pkws und -Lkws ist toxikologisch erheblich relevanter als Feinstaub aus den meisten anderen Quellen. Dies lässt sich auch für Deutschland direkt zeigen, wenn der Abstand der Wohnung von der Straße als Maß der Expositionsstärke betrachtet wird
- Positive Auswirkungen der Verkehrsreduktion in Städten auf die Gesundheit waren bei temporären Maßnahmen direkt nachweisbar, auch wenn hier die Datenlage noch verbessert werden muss
- Durch Umweltzonen wird der Kfz-Verkehr in dicht bebauten Innenstadtbereichen reduziert. Dadurch wird die verkehrsnaher Exposition einer großen Zahl von Menschen verringert. Deren *inhalierte Dosis von gesundheitsrelevantem Feinstaub* sinkt dadurch erheblich stärker, als sich dies an der Veränderung der *an Messstationen feststellbaren Feinstaubkonzentrationen* ablesen lässt
- Schließlich gibt es noch Gesundheitswirkungen durch andere verkehrsabhängige Schadstoffe wie NO_2 oder durch den Verkehrslärm. Wenn auch nach heutigem Wissensstand die Feinstaubproblematik im Vordergrund steht, sollten diese Aspekte nicht vernachlässigt werden.

Was folgt daraus:

Umweltzonen können für die menschliche Gesundheit weit mehr nützen, als sich aus den routinemäßigen Feinstaubmessungen ablesen lässt. Sie sind umso effektiver, je stringenter sie die Hauptübeltäter aus der Stadt heraus halten, und das sind Diesel-Pkws und Diesel Lkws ohne Partikelfilter.

Literatur

ADAC (allgemeiner Deutscher Automobilclub): ADAC-Überprüfung: Umweltzone Berlin hat keine Wirkung auf Feinstaubbelastung <http://www.adac.de> Stichwort Umweltzone 19.1.2008

- Brauer M, Gehring U, Brunekreef B et al. (2006): Traffic-related air pollution and otitis media. *Environ Health Perspect.* 114(9): 1414-8.
- Friedman MS, Powell KE, Hutwagner L et al. (2001): Impact of changes in transportation and commuting behaviors during the 1996 Summer Olympic Games in Atlanta on air quality and childhood asthma. *JAMA.* 285(7): 897-905.
- Gehring U, Heinrich J, Krämer U et al. (2006): Long-term exposure to ambient air pollution and cardiopulmonary mortality in women. *Epidemiology.* 2006; 17(5): 545-51.
- Hoek G, Brunekreef B, Goldbohm S et al. (2002): Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *Lancet.* 360(9341): 1203-9.
- Hoffmann B, Moebus S, Möhlenkamp S et al. (2007): Residential exposure to traffic is associated with coronary atherosclerosis. *Circulation.* 116(5): 489-96.
- Laden F, Neas LM, Dockery DW et al. (2000): Association of fine particulate matter from different sources with daily mortality in six U.S. cities. *Environ Health Perspect.* 108: 941-7.
- Lee JT, Son JY, Cho YS (2007): Benefits of mitigated ambient air quality due to transportation control on childhood asthma hospitalization during the 2002 summer Asian games in Busan, Korea. *J Air Waste Manag Assoc.* 57(8): 968-73.
- McCreaenor J, Cullinan P, Nieuwenhuijsen MJ et al. (2007): Respiratory effects of exposure to diesel traffic in persons with asthma. *N Engl J Med.* 357(23): 2348-58
- Peters A, von Klot S, Heier M et al. Cooperative Health Research in the Region of Augsburg Study Group.: Exposure to traffic and the onset of myocardial infarction. *N Engl J Med.* 2004; 351(17): 1721-30.
- Slama R, Morgenstern V, Cyrys J et al. LISA Study Group: Traffic-related atmospheric pollutants levels during pregnancy and offspring's term birth weight: a study relying on a land-use regression exposure model. *Environ Health Perspect.* 2007; 115(9): 1283-92.
- Schikowski T, Sugiri D, Ranft U et al. (2005): Long-term air pollution exposure and living close to busy roads are associated with COPD in women. *Respir Res.* 22(6): 152.
- US-EPA (Environmental Protection Agency). Air quality criteria for particulate matter, Research Triangle Park, NC, USA, October 2004
- VDI (Verband Deutscher Ingenieure), Kappos A, Bruckmann P et al. (2003): Bewertung des aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstandes zur gesundheitlichen Wirkung von Partikeln in der Luft. *Umweltmed Forsch Prax.* 8: 257-78.
- WHO (World Health Organisation) Air quality guidelines – global update (2005): Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen 2006.
- Wichmann HE (2005): Feinstaub: Lufthygienisches Problem Nr. 1 – eine aktuelle Übersicht. *Umweltmed Forsch Prax.* 10(3): 157-62.

Anhang

Gesundheitliche Wirkungen von Feinstaub

Die Liste der dokumentierten Zusammenhänge mit der **Kurzzeitexposition** ist lang: Sie reicht von erhöhten Mortalitätsraten, vermehrten Krankenhausaufnahmen und Arztbesuchen wegen Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen bis hin zu Veränderungen des EKGs sowie anderer Funktionsparameter des Herz-Kreislauf-Systems und der Atemwege an Tagen mit hohen Partikelkonzentrationen.

Studien zur **Langzeitexposition** gegenüber Feinstaub ergeben einen statistischen Zusammenhang zwischen der Sterblichkeit an kardiopulmonalen Ursachen und Lungenkrebs. Der daraus berechnete Verlust an Lebenserwartung in der Bevölkerung kann die Größenordnung eines halben bis einen Jahres erreichen. Epidemiologen beo-

bachten zudem, dass die Langzeitexposition mit Feinstaub zu chronischen Atemwegserkrankungen oder vermindertem Lungenwachstum führen kann.

Ältere Erwachsene, Kinder und Kranke sind als empfindliche Gruppen anzusehen. Neuere Studien weisen darauf hin, dass es genetisch vorbelastete Bevölkerungsgruppen geben könnte, die auf Feinstaubbelastungen stärker reagieren. Auch gibt es Teile in der Bevölkerung, die aufgrund ihres sozioökonomischen Status von Feinstaubwirkungen stärker betroffen sind oder weil sie an stark befahrenen Straßen oder in der Nähe anderer Quellen wohnen.

Genauerer siehe bei WHO (2006), Wichmann (2005), US-EPA (2004), VDI (2003)