



---

# Externe Gesundheitskosten des Verkehrs in der Bundesrepublik Deutschland

im Auftrag von  
Greenpeace Deutschland

Dieter Teufel  
Sabine Arnold  
Petra Bauer  
Luise Humm  
Thomas Wagner

## UPI-Bericht Nr. 43

3. Aufl. Januar 2001

## Inhalt

	Seite
1 Einleitung .....	1
2 Berücksichtigte Luftschadstoffe .....	2
3 Gesundheitliche Auswirkungen von Luftschadstoffen .....	4
3.1 Mortalität.....	6
3.2 Chronische Bronchitis bei Erwachsenen.....	8
3.3 Andere Atemwegssymptome bei Erwachsenen .....	9
3.4 Chronische Bronchitis bei Kindern .....	9
3.5 Andere Atemwegssymptome bei Kindern .....	10
3.6 Aufnahme in Krankenhäuser .....	10
3.7 Arbeitsunfähigkeit .....	11
3.8 Effekte bei Asthmatikern.....	12
4 Berücksichtigte Kostenarten.....	16
5 Immissionsbelastung der Bevölkerung in Deutschland .....	19
6 Berechnung der externen Gesundheitskosten .....	25
6.1 Berechnungsverfahren .....	25
6.2 Gesundheitsschäden .....	27
6.3 Gesamtkosten der verkehrsbedingten Luftverschmutzung .....	27
7 Externe Kosten .....	29
8 Ausblick .....	30
9 Zusammenfassung .....	32
10 Anhang 1: Immissionswerte .....	35
11 Anhang 2: Berechnung der Gesundheitsschäden durch Immissionen .....	44
11.1.1 Mortalität .....	44
11.1.2 Chronische Bronchitis bei Erwachsenen .....	44
11.1.3 Andere Atemwegssymptome bei Erwachsenen .....	45
11.1.4 Chronische Bronchitis bei Kindern.....	45
11.1.5 Andere Atemwegssymptome bei Kindern.....	46
11.1.6 Aufnahme in Krankenhäuser .....	46
11.1.7 Arbeitsunfähigkeit.....	47
11.1.8 Effekte bei Asthmatikern .....	48
12 Tabellenverzeichnis.....	48

## 1 Einleitung

Der Kraftfahrzeugverkehr hat sich in den letzten Jahren in der Bundesrepublik Deutschland zur wichtigsten Ursache der Luftverschmutzung entwickelt. 62 % der Kohlenmonoxid-Emissionen, 72 % der Stickoxidemissionen, 95 % der Benzolemissionen und 34 % der flüchtigen Kohlenwasserstoffe stammen heute aus dem Verkehr.

Obwohl seit mehreren Jahrzehnten bekannt ist, daß durch die Luftverschmutzung zahlreiche gesundheitliche Schäden bis hin zu erhöhter Sterblichkeit entstehen, existiert bisher in der Bundesrepublik Deutschland keine Untersuchung über die genaue Höhe dieser Schäden und über die dadurch verursachten volkswirtschaftlichen Kosten.

In der internationalen wissenschaftlichen Literatur existieren mehrere Ansätze zur Berechnung einzelner Kostenarten. Die umfassendsten Arbeiten zur Berechnung der externen Kosten des Verkehrs wurden in den letzten Jahren im Auftrag der Schweizer Bundesregierung durchgeführt. Der Dienst für Gesamtverkehrsfragen des Eidgenössischen Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartements hat in den letzten Jahren zahlreiche Studien zur Ermittlung dieser externen Kosten in verschiedenen Bereichen vergeben und im Herbst 1993 erstmals gesamtschweizerische Berechnungen für die Teilbereiche Unfälle, Lärm und Gebäudeschäden veröffentlicht.<sup>1</sup> Das Projekt zur Berechnung der verkehrsbedingten externen Gesundheitskosten wurde mit mehreren Unterstudien im Jahr 1996 abgeschlossen.<sup>2</sup>

Dieses Projekt war in drei Abschnitte gegliedert:

1. Ermittlung der epidemiologischen Daten: Grundlage für diese Analyse waren sowohl die Ergebnisse internationaler epidemiologischer Untersuchungen als auch neue Resultate des Schweizer Nationalen Forschungsprogramms 26 „Mensch, Gesundheit, Umwelt“ berücksichtigt, welche für die Schweiz einen signifikanten Effekt unterschiedlicher regionaler Schadstoffbelastungen auf die Mortalitäts- und Morbiditätsraten nachgewiesen haben. Diese Arbeiten sind in dem Teilbericht „Epidemiologie“ des Projekts zusammengefaßt.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Dienst für Gesamtverkehrsfragen des Eidgenössischen Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartements (GVF), Grundlagen zur Kostenwahrheit im Verkehr, Bern, 1993

<sup>2</sup> Dienst für Gesamtverkehrsfragen des Eidgenössischen Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartements, Monetarisierung der verkehrsbedingten externen Gesundheitskosten, Synthesebericht, Bern, 1996

<sup>3</sup> Ackermann-Liebrich, Künsli, N., Kaiser, R., Rapp, R., Institut für Sozial- und Präventivmedizin der Universität Basel, Monetarisierung der verkehrsbedingten externen Gesundheitskosten, Teilbericht Epidemiologie, Basel, Mai 1996

2. Ermittlung der verkehrsbedingten Luftbelastung in der Schweiz: Ausgehend von den Emissionsanteilen der drei Hauptquellen Haushalte, Industrie und Verkehr wurde der Immissionsanteil des Verkehrs und dessen räumliche Verteilung ermittelt und zusammen mit der Bevölkerungsverteilung die verkehrsbedingte Luftverschmutzung nach Schadstofftypen und -konzentrationen ermittelt. <sup>4</sup>
3. Ermittlung der verkehrsbedingten Gesundheitskosten in der Schweiz: In dieser medizinisch-ökonomischen Untersuchung wurden die Mengengerüste der epidemiologisch relevanten Krankheitsbilder erhoben und deren Behandlungskosten und andere volkswirtschaftliche Kosten ermittelt. Mit den so ermittelten Kostensätzen wurde, aufbauend auf den Arbeiten aus Teil 1 und 2, eine Gesamtberechnung der verkehrsbedingten externen Gesundheitskosten für die Schweiz durchgeführt. <sup>5</sup>

Da dieses Schweizer Projekt die bisher weltweit umfassendste Erhebung externer Kosten des Verkehrs darstellt und in der Bundesrepublik Deutschland vergleichbar umfassende Arbeiten nicht vorliegen, ist es sinnvoll, die Schweizer Ergebnisse für eine Berechnung der externen Gesundheitskosten des Verkehrs in der Bundesrepublik Deutschland zu Grunde zu legen. Zu diesem Zweck beauftragte GREENPEACE Deutschland das UPI - Umwelt- und Prognose-Institut mit der Durchführung einer entsprechenden Studie zur Übertragung der Schweizer Ergebnisse auf die Bundesrepublik Deutschland.

## 2 Berücksichtigte Luftschadstoffe

Der Schwerpunkt der wissenschaftlichen Untersuchungen über die Auswirkungen von Luftschadstoffen auf die menschliche Gesundheit lag in den letzten Jahren auf den Schadstoffen

- Schwebstaub
- Stickoxide
- Schwefeldioxid
- und Ozon.

Der Anteil des Verkehrs fällt je nach Schadstoff unterschiedlich aus:

- Schwebstaub: Hauptemittenten sind Verkehr und Industrie
- Schwefeldioxid: Hauptemittenten sind die Feuerungen in Industrie und Haushalten
- Stickoxide: Hauptemittent ist der motorisierte Straßenverkehr

---

<sup>4</sup> Warner, H.-U., Fuchs, A., Karrer, M. und Kogelschatz, D., Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, Monetarisierung der verkehrsbedingten Gesundheitskosten, Teilbericht Lufthygiene, Zürich, Juni 1996

<sup>5</sup> Institut für Medizin, Informatik und Biostatistik, Monetarisierung der verkehrsbedingten externen Gesundheitskosten - Teilbericht Behandlungskosten, Riehen, Februar 1996

- Ozon: entsteht aus Stickoxiden und Kohlenwasserstoff-Emissionen unter Einwirkung der UV-Strahlung der Sonne; Hauptemittenten für Stickoxide ist der Verkehr und für Kohlenwasserstoffe der Verkehr und die Industrie.

Die Luftverschmutzung, der die Bevölkerung heute ausgesetzt ist, setzt sich - mit Ausnahme einzelner Fälle in der Umgebung von bestimmten Industrieanlagen - in der Regel aus einem Gemisch unterschiedlicher Schadstoffe zusammen. Auch die gesundheitlichen Auswirkungen der Luftverschmutzung werden in der Regel nicht durch einen einzelnen Schadstoff, sondern durch ein Gemisch verschiedener Schadstoffe verursacht. Deshalb wurden schon früh Leitschadstoffe für die Luftverschmutzung definiert, anhand derer Emissionen und Immissionen definiert und bewertet werden können. Während in den 70er Jahren die Leitschadstoffe für Abgase aus dem Straßenverkehr Kohlenmonoxid und für Abgase aus der Industrie Schwefeldioxid waren, hat sich das Bild inzwischen gewandelt. Beide Leitschadstoffe wurden in den letzten Jahrzehnten deutlich reduziert und spielen heute medizinisch nur noch eine geringe Rolle. Andere Schadstoffe dagegen wie Stickoxide, Ozon und Schwebstaub haben in den letzten Jahrzehnten zugenommen und spielen heute eine dominierende Rolle.

Die Umweltepidemiologie, die die gesundheitlichen Auswirkungen von Schadstoffen in der Realität an großen Bevölkerungsgruppen untersucht, hat sich in den letzten Jahren ausführlich mit den Auswirkungen der Luftbelastung durch Schwebstaub befaßt. Dabei sind vor allem diejenigen Staubpartikel relevant, die so klein sind, daß sie nicht in der Nase hängen bleiben, sondern bis in die tieferen Lungenabschnitte vordringen. Das Maß für diese Art von Staubpartikeln ist die Meßgröße  $PM_{10}$ , das sind Staubpartikel, deren Korngröße einen Durchmesser bis zu 10  $\mu m$  aufweisen.  $PM_{10}$  deckt sehr gut die räumliche wie auch zeitliche Verteilung der direkten Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs ab.  $PM_{10}$  kann deshalb als Leitschadstoff im Bereich des Verkehrs angesehen werden. Da inzwischen eine große Zahl epidemiologischer Untersuchungen über die Auswirkungen von  $PM_{10}$  auf die menschliche Gesundheit und Sterblichkeit vorliegt, wurde in der Schweizer Studie  $PM_{10}$  als Indikator zur Berechnung der gesundheitlichen Auswirkungen verwendet.

Nicht geeignet sind sie jedoch für die durch Ozon bzw. Sommersmog verursachten gesundheitlichen Auswirkungen. Diese folgen als sekundäre Luftschadstoffe, abhängig von der UV-Strahlung, der Verdriftung der Abgase und der Temperatur, anderen physikalischen und chemischen Gesetzen als die direkten Schadstoffemissionen aus dem Auspuff der Fahrzeuge. Die gesundheitlichen Auswirkungen von Ozon wurden in der Schweizer Studie nicht berücksichtigt, da den Autoren die lufthygienischen Grundlagen (Immissionswerte) aus der Schweiz als Basis und die Ergebnisse epidemiologischer Untersuchungen als Basis für quantitative Kostenberechnungen noch nicht ausreichend gesichert erschienen. Die in der Schweizer Studie berechneten Kosten stellen deshalb nur Mindestwerte dar, da sie über den Leitindikator  $PM_{10}$  nur die Wirkungen der

konventionellen Schadstoffe des Verkehrs, nicht jedoch die durch sekundäre Luftbelastungen wie Ozon abdecken.

### **3 Gesundheitliche Auswirkungen von Luftschadstoffen**

Luftschadstoffe können eine Vielzahl verschiedener Krankheiten verursachen oder beeinflussen. Luftschadstoffe sind dabei oft nicht die alleinige Ursache, manchmal auch nicht die wichtigste Ursache für die beobachtete Veränderung im Gesundheitszustand. Durch eine Vielzahl epidemiologischer Untersuchungen ist inzwischen bekannt, daß Luftschadstoffe wie Schwebstaub, Stickoxide oder Ozon in den in Mitteleuropa vorkommenden Konzentrationen in vielfältiger Art und Weise die Gesundheit beeinträchtigen. Ein Überblick dazu gibt z.B. WHO, 1987<sup>6</sup>.

Mittels epidemiologischer Studien können die Anteile von Einzelfaktoren am Erkrankungs-geschehen in der Bevölkerung unter realistischen Bedingungen quantifiziert werden. Bei der Erfassung langfristig wirkender Risikofaktoren sowie chronischer Erkrankungen sind epidemiologische Methoden die einzige Möglichkeit, ursächliche Zusammenhänge aufzudecken. Die Epidemiologie ist eine beobachtende Wissenschaft, weshalb jede Einzelstudie jeweils mit größeren Unsicherheiten behaftet ist als beispielsweise experimentelle Untersuchungen. Um ursächliche Zusammenhänge klar zu belegen, stützt sich die Epidemiologie deshalb nie auf eine einzelne Studie, sondern auf mehrere einwandfreie Studien zu derselben Fragestellung. Dabei müssen andere Ursachen, die in die gleiche Richtung gehen können, ebenfalls berücksichtigt und quantifiziert bzw. ausgeschlossen werden.

Schon in den 50er Jahren erbrachten epidemiologische Studien den Beweis, daß in Smog-Episoden mit extremer Schadstoffbelastung Sterblichkeit sowie Erkrankungshäufigkeit in der Bevölkerung anstiegen. Zahlreiche epidemiologische Studien der letzten 5-10 Jahre haben gezeigt, daß nicht nur solche, heute in der Schweiz oder der Bundesrepublik Deutschland nicht mehr vorkommenden Extrembelastungen zu Schäden in der Bevölkerung führen, sondern auch die normalerweise herrschende Luftverschmutzung Mitursache verschiedener Erkrankungen ist. Dieser Nachweis wurde für eine große Zahl von verschiedenen Gesundheitsindikatoren erbracht, z.B. für die Sterblichkeit, die Häufigkeit von Einlieferung von Patienten in Krankenhäuser, von Arztbesuchen oder die Häufigkeit chronischer Bronchitis in der Bevölkerung. In einem Teilprojekt der Schweizer Untersuchung sichtete das Institut für Sozial- und Präventivmedizin der Universität Basel die bis Anfang 1996 publizierte internationale Literatur zu diesem Thema und wählte die belastbaren epidemiologischen Untersuchungen für diese Fragestellung aus. Dabei wurde genau

---

<sup>6</sup> World Health Organisation, Air Quality Guidelines for Europa, 1987

darauf geachtet, daß einerseits genügend Studien zu einem Thema publiziert wurden, um den ursächlichen Zusammenhang mit der Luftverschmutzung tatsächlich zu erbringen. Andererseits wurden solche Gesundheitsindikatoren ausgewählt, die gegeneinander klar abgegrenzt sind, um Mehrfachzählungen auszuschließen. Dies bedeutet, daß von verschiedenen Gesundheitsindikatoren, die dieselbe Störung von unterschiedlichem Standpunkt her messen, nur einer ausgewiesen wurde.

Tabelle 1 zeigt die verschiedenen kurz- bzw. langfristigen Auswirkungen der Luftverschmutzung. Tabelle 2 zeigt die in der Schweizer Studie berücksichtigten Arten gesundheitlicher Auswirkungen der Luftverschmutzung.

<b>Auswirkungen kurzfristig erhöhter Luftverschmutzung</b>	<b>Auswirkungen langfristiger Luftverschmutzung</b>
<p><b>Abnahme</b> von Lungenfunktion, Leistungsfähigkeit</p> <p><b>Zunahme</b> von Augenreizung, bronchialer Reaktionsbereitschaft, Pseudokrupp, Kopfschmerzen, Atemwegssymptome (Husten etc.), Exazerbation chronischer Atemwegserkrankungen, Asthmaanfälle, Schulabsenzen, Absenzen am Arbeitsplatz, Hospitalisationen, täglicher Sterblichkeit</p>	<p><b>Abnahme</b> von Lungenfunktion, symptomfreien Intervallen</p> <p><b>Zunahme</b> von bronchialer Reaktionsbereitschaft, Chronische Bronchitis (Prävalenz), Chronische Atemwegssymptome (Inzidenz), Krebshäufigkeit, Gesamtsterblichkeit</p>

Tabelle 1: Epidemiologische Evidenz der Auswirkungen von Luftverschmutzung auf die Gesundheit (nach GVF, 1996)

<b>Indikatorenliste</b>	<b>Schadstoff</b>
Gesamtsterblichkeit	PM <sub>10</sub> , NO <sub>2</sub>
Sterblichkeit an Atemwegserkrankungen	PM <sub>10</sub> , NO <sub>2</sub>
Sterblichkeit an Herz-Kreislaufkrankungen	PM <sub>10</sub> , NO <sub>2</sub>
Chronische Bronchitis bei Erwachsenen	PM <sub>10</sub> , NO <sub>2</sub>
Atemwegssymptome bei Erwachsenen	PM <sub>10</sub>
Bronchitis bei Kindern	PM <sub>10</sub> , NO <sub>2</sub>
Atemwegssymptome bei Kindern	PM <sub>10</sub> , NO <sub>2</sub>
Spitaleintritte respektive Pflagestage	PM <sub>10</sub>
Notfallkonsultationen	PM <sub>10</sub>
Reduktion der Aktivität inklusive Absenzen am Arbeitsplatz bei Asthmatikern:	PM <sub>10</sub>
Asthmasymptome / Attacken	PM <sub>10</sub>
Asthmamedikation	PM <sub>10</sub>

Tabelle 2: Berücksichtigte gesundheitliche Auswirkungen von Luftverschmutzung (nach GVF 1996)

Tabelle 3 bis Tabelle 16 zeigen die für die verschiedenen Gesundheitsindikatoren verwendeten epidemiologischen Studien und Effektschätzer. Dabei bedeuten:

**Anzahl Studien:** Risikoschätzer basieren auf der publizierten Literatur gemäß Angabe in der ersten Spalte.

Die Angaben unter „**Indikator**“ und „**Untersuchte Bevölkerung**“ betreffen die in der verwendeten Literatur (erste Spalte) benutzten Definitionen, für welche Risikoschätzer publiziert wurden.

Der **Schadstoffbereich** nennt die Mittelwerte der Schadstoffbelastung in den Studien-Regionen der jeweiligen Untersuchungen in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Die **Risiko- oder Effektschätzer** sind angegeben in der Einheit „Prozentveränderung pro  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  des Schadstoffs“. In Klammer ist der Mittelwert +/- ein Standardfehler angegeben. Die Effektschätzer wurden jeweils aus sämtlichen den erforderlichen Qualitätskriterien entsprechenden nationalen oder internationalen epidemiologischen Studien hergeleitet.

Die **Bezugsmenge** ist eine Mengenangabe, jeweils berechnet pro 1 Million Gesamtbevölkerung und - falls zutreffend - pro Jahr. Die Werte entsprechen einem theoretischen Wert für eine Bevölkerung mit  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mittlerer Schadstoffbelastung.

Prävalenzdaten (Häufigkeit von Krankheiten) basieren auf den Schweizer Studien SAPALDIA (Erwachsene) und SCARPOL (Kinder).

Angaben über Krankenhaus-Einlieferungen basieren auf der VESKA-Statistik 1993. In dieser Statistik sind 45% aller Krankenhauseinlieferungen in der Schweiz erfaßt.

### 3.1 Mortalität

Zur Gesamtsterblichkeit liegen zwei große amerikanische Langzeitstudien vor. Mit einer sehr aufwendigen Methode wurden dabei große Bevölkerungsgruppen über lange Zeit hinweg beobachtet. Dabei wurde die Sterbehäufigkeit u.a. mit der Schadstoffbelastung am Wohnort in Beziehung gesetzt, wobei eine große Zahl anderer Risikofaktoren wie Rauchen, Arbeitsplatzbelastungen, sozialer Status etc. in der Auswertung berücksichtigt und heraus gerechnet wurden. Der Vorteil solcher langfristigen Studien liegt darin, daß darin die Gesamteffekte der Luftverschmutzung erfaßt werden, d.h. kurz-, mittel- und langfristige Auswirkungen.



Anzahl Studien	Indikator	Untersuchte Bevölkerung	Schadstoffbereich	Risikoschätzer in % Veränderung (+- 1 SE)	andere Kommentare
2 (6 US-Städte, 151 US-Städte)	langfristige kardio-pulmonale Mortalität (ICD9 401-440 und 460-519)	alle	Min-Max: 15-56 Mittelwerte 30, 41	7,4 (5,6-9,2)	Messung der Langzeit-Exposition in Kohorten, Kontrolle für individuelle Faktoren (z.B. Rauchen) Beschränkung auf diese Teilgruppe (kardiopulmonale Mortalität) ist nicht sinnvoll
2 (6 US-Städte, 151 US-Städte)	langfristig Gesamtmortalität (Nichtgewaltsame Todesursachen)	alle	Min-Max: 15-56 Mittelwerte 30, 41	4,4 (3,3-5,6)	RELEVANTER INDIKATOR FÜR VORLIEGENDES PROJEKT Messung der Langzeit-Exposition in Kohorten, Kontrolle für Individuelle Faktoren (z.B. Rauchen)

Tabelle 3: Gesamtschätzer für % Anstieg der Mortalität pro  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{PM}_{10}$ 

Demgegenüber befaßt sich eine große Zahl methodisch weniger aufwendiger Studien mit kurzfristigen Auswirkungen der Luftverschmutzung, indem z.B. tägliche Schwankungen der Schadstoffbelastungen mit der täglichen Anzahl der Sterbefälle oder Einlieferungen von Patienten in Krankenhäusern verglichen werden. Die weltweiten Resultate dieser Studien sind dabei quantitativ wie qualitativ überaus ähnlich ausgefallen, obwohl sich die jeweiligen Regionen durch andere Faktoren sehr stark unterscheiden. Auch die in der Schweiz bei solchen Studien erhobenen Resultate, die am unteren Ende der Belastungsskala liegen, reihen sich dabei vollständig in die internationalen Ergebnisse ein, was bedeutet, daß die Dosis-Wirkung-Beziehung auch bei niedrigen und mittleren Schadstoffbelastungen Gültigkeit hat, ohne daß ein Schwellenwert anzunehmen ist.

Anzahl Studien	Indikator	Untersuchte Bevölkerung	Schadstoffbereich	Risikoschätzer in % Veränderung (+- 1 SE)	andere Kommentare
11 (10 US-Städte, 2 Schweizer Städte)	kurzfristige Gesamtmortalität (Nichtgewaltsame Todesursachen)	alle	Mittelwerte 25-61	0,9 (0,7-1,2) pro $10 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{PM}_{10}$	Zeitreihen-Studien (d.h. nur kurzfristige Effekte eingeschlossen)
1 (3 Schweizer Städte)	kurzfristige Gesamtmortalität (Nichtgewaltsame Todesursachen)	alle	Mittelwerte 54-59	0,9 (0,6-1,3) pro $10 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2$	Zeitreihen-Studien (d.h. nur kurzfristige Effekte eingeschlossen)

Tabelle 4: Gesamtschätzer für % Anstieg der kurzfristigen Mortalität (aufgrund von Zeitreihenanalysen) pro  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{PM}_{10}$  respektive  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2$

### 3.2 Chronische Bronchitis bei Erwachsenen

Bei der chronischen Bronchitis von Erwachsenen wurden die Effektschätzer aus der Schweizer Studie über Luftverschmutzung und Atemwegserkrankungen bei Erwachsenen verwendet. (SAPALDIA, 1995<sup>7</sup>)

In dieser Studie wurden an einer Zufallsstichprobe der Bevölkerung in 8 Regionen der Schweiz von insgesamt 17 300 Personen ausgedehnte Gesundheitserhebungen vorgenommen und in Bezug auf langfristige Schadstoffbelastungen ausgewertet.

Anzahl Studien	Indikator	Untersuchte Bevölkerung	Schadstoffbereich	Risikoschätzer in % Veränderung (+- 1 SE)	andere Kommentare
2 (Schweiz: SAPALDIA, USA: Schwartz 1991)	Chronische Bronchitis	18-64 Jahre	(1): 10-33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2): Mittelwert: 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 5-95 Perzentile: 26-72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	25 (15-36)	Querschnittsdesign (langfristige Exposition) Bronchitisprävalenz: 2,1% bei einer durchschnittlichen $\text{PM}_{10}$ -Konzentration von 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Prävalenz aus SAPALDIA nur bis zum Alter von 60 Jahren

Tabelle 5: Gesamtschätzer für % Anstieg von chronischer Bronchitis (Prävalenz) pro 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{10}$  bei Erwachsenen (Alter 15 Jahre und älter)

Anzahl Studien	Indikator	Untersuchte Bevölkerung	Schadstoffbereich	Risikoschätzer in % Veränderung (+- 1 SE)	andere Kommentare
1 (Schweiz: SAPALDIA)	Chronische Bronchitis	18-60 Jahre	9-46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	11,5 (3-21)	Querschnittsdesign (langfristige Exposition) Bronchitisprävalenz: 2,1% bei einer durchschnittlichen $\text{NO}_2$ -Konzentration von 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Prävalenz aus SAPALDIA: nur bis zum Alter von 60 Jahren

Tabelle 6: Gesamtschätzer für % Anstieg von chronischer Bronchitis (Prävalenz) pro 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{NO}_2$  bei Erwachsenen (Alter 15 Jahre und älter)

<sup>7</sup> Leuenberger, P. und SAPALDIA-Team, Final Report to the Swiss National Research Foundation, the Swiss Study on Air Pollution and Lung Diseases In Adults, Lausanne/Basel, 1995

### 3.3 Andere Atemwegssymptome bei Erwachsenen

Auch für die Häufigkeit der Atemwegssymptome bei Erwachsenen (Husten und/oder Auswurf unabhängig von Erkältungssymptomen) wurden die Daten der SAPALDIA-Studie verwendet. Für die Gesundheitsstörungen „wiederholter Husten“ bzw. Bronchitis bei Kindern wurden die Resultate der entsprechenden Schweizer Studie an Kindern sowie eine US-Studie verwendet.

Anzahl Studien	Indikator	Untersuchte Bevölkerung	Schadstoffbereich	Risikoschätzer in % Veränderung (+- 1 SE)	andere Kommentare
1 (Schweiz: SAPALDIA)	Husten und/oder Auswurf unabhängig von Erkältungssymptomen	18-60 Jahre	10-35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	12,8 (4,3-22,0)	Symptomprävalenz in den SAPALDIA-Tagebüchern: an 4,5% aller Tage

Tabelle 7: Gesamtschätzer für % Anstieg von Atemwegssymptomen (Prävalenz) pro 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{10}$  bei Erwachsenen ohne chronische Bronchitis (Alter 15 Jahre und älter)

### 3.4 Chronische Bronchitis bei Kindern

Kinder sind aus physiologischen Gründen gegenüber Umweltschadstoffen empfindlicher als Erwachsene. Bei ihnen liegt sowohl das Risiko luftverschmutzungsbedingter Atemwegserkrankungen als auch die Prävalenzrate höher als bei Erwachsenen. Da über chronische Bronchitis und andere Atemwegserkrankungen bei Kindern detaillierte Untersuchungen vorliegen, werden diese extra berechnet.

Anzahl Studien	Indikator	Untersuchte Bevölkerung	Schadstoffbereich	Risikoschätzer in % Veränderung (+- 1 SE)	andere Kommentare
2 (Schweiz:) SCARPOL, USA: Dockery et al 1989	Bronchitis	6-14 Jahre	10-59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	35 (19-54)	Querschnittsdesign (langfristige Exposition) Bronchitisprävalenz: 12,1% bei einer durchschnittlichen $\text{PM}_{10}$ -Konzentration von 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabelle 8: Gesamtschätzer für % Anstieg von Bronchitis (Prävalenz) pro 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{10}$  bei Kindern und Jugendlichen (Alter bis 14 Jahre)

Anzahl Studien	Indikator	Untersuchte Bevölkerung	Schadstoffbereich	Risikoschätzer in % Veränderung (+- 1 SE)	andere Kommentare
2 (Schweiz: SCARPOL USA:Dockery et al 1989)	Bronchitis	6-14 Jahre	7-48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	9 (4-15)	Querschnittsdesign (langfristige Exposition) Bronchitisprävalenz: 12,2% bei einer durchschnittlichen $\text{NO}_2$ -Konzentration von 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabelle 9: Gesamtschätzer für % Anstieg von Bronchitis (Prävalenz) pro 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{NO}_2$  bei Kindern und Jugendlichen (Alter bis 14 Jahre)

### 3.5 Andere Atemwegssymptome bei Kindern

Anzahl Studien	Indikator	Untersuchte Bevölkerung	Schadstoffbereich	Risikoschätzer in % Veränderung (+- 1 SE)	andere Kommentare
1 (Schweiz: SCARPOL)	Wiederholt Husten in den letzten 12 Monaten	6-14 Jahre	10-33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	54 (41-68)	Querschnittsdesign (langfristige Exposition) Prävalenz von Kindern mit Symptomen 40,9% bei einer durchschnittlichen $\text{PM}_{10}$ -Konzentration von 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabelle 10: Gesamtschätzer für % Anstieg von Atemwegssymptomen (Prävalenz) pro 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{10}$  bei Kindern und Jugendlichen (Alter bis 14 Jahre)

Anzahl Studien	Indikator	Untersuchte Bevölkerung	Schadstoffbereich	Risikoschätzer in % Veränderung (+- 1 SE)	andere Kommentare
1 (Schweiz: SCARPOL)	Wiederholt Husten in den letzten 12 Monaten	6-14 Jahre	16-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	12 (8-16)	Querschnittsdesign (langfristige Exposition) Prävalenz von Kindern mit Symptomen 40,9% bei einer durchschnittlichen $\text{NO}_2$ -Konzentration von 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabelle 11: Gesamtschätzer für % Anstieg von Atemwegssymptomen (Prävalenz) pro 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{NO}_2$  bei Kindern und Jugendlichen (Alter bis 14 Jahre)

### 3.6 Aufnahme in Krankenhäuser

Im Gegensatz zur Sterblichkeit liegen bei der Häufigkeit der Aufnahme von Patienten in Krankenhäuser keine langfristigen Studien vor. Dagegen gibt es eine große Zahl qualitativ guter Studien, die die kurzfristigen Auswirkungen (von Tag zu Tag) erfassen. Da in solchen

kurzfristigen Studien die mittel- und langfristigen Wirkungen der Luftverschmutzung nicht berücksichtigt werden, muß davon ausgegangen werden, daß diese das Gesamtrisiko deutlich unterschätzen.

Anzahl Studien	Indikator	Unter- suchte Bevölke- rung	Schadstoff- bereich	Risikoschätzer in % Veränderung (+ 1 SE)	andere Kom- mentare
3 (alle Schwartz)	Pneumonia (ICD9: 480- 486)	>65- jährig	(18-82)	1,49% (0,95-2,03%)	159 hospitalisierte Todesfälle
3 (alle Schwartz)	COPD (ICD9: 490-496)	alle	(18-82)	1,91% (1,25-2,58)	102 hospitalisierte Todesfälle
4 (Burnett, 1994; Thurston, 1994; Thurston, 1992; Schwartz, 1995)	Resp.Er- krankungen: (ICD9: 466, 480-483, 485 <sup>2</sup> ) 486 <sup>1</sup> ), 490-492 <sup>1</sup> ), 460-519 <sup>3</sup> )	alle (1) & 2)) >65 (3)	ca. 10-85	1,28% (0,9-1,65%)	259 hospitalisierte Todesfälle, Thurston SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> Umrechnung (PM <sub>10</sub> ) = 4 x (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> ); Burnett: Faktor 2,46
3 (Thurston, 1994, Thurston, 1992; Burnett, 1995)	Asthma (493)	alle	ca. 10-85	1,00% (0,56- 1,44%)	8 hospitalisierte Todesfälle
7 (siehe oben)	466, 480-486, 490-493, 460- 519 (d.h. alle obgenannten)	einerseits >65 J., anderer- seits alle	ca. 10-85	1,47% (0,96- 2,00%)	267 hospitalisierte Todesfälle sinnvollster Gesamtindikator für respiratorische Erkrankungen
2 (Schwartz) 1995b. Burnett, 1996	Kardiovas- kuläre 410,413,428 (411), 412,414 nur 4))	einerseits >65 J., anderer- seits alle	1-33 µg/m <sup>3</sup> Sulfate 22-82 PM <sub>10</sub>	0,9% (0,6-1,1%)	95 hospitalisierte Todesfälle Burnett: SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> Umrechnung: (PM <sub>10</sub> ) = 2.46 x (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )

1) Nur Burnett,1994; 2) Nur Thurston,1994 & 1992; 3) Schwartz,1995a; 4) Schwartz,1995b

Tabelle 12: Gesamtschätzer für % Anstieg der Hospitalisationen pro 10 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub>

### 3.7 Arbeitsunfähigkeit

Die analysierten Originalstudien über den Zusammenhang zwischen Luftverschmutzung und Arbeitsunfähigkeit definieren eingeschränkte Aktivität insbesondere im Sinne der Arbeitsunfähigkeit und Bettlägrigkeit. Daneben wurden manchmal auch kleinere Einschränkungen mit eingeschlossen.

Anzahl Studien	Indikator	Untersuchte Bevölkerung	Schadstoffbereich	Risikoschätzer in % Veränderung (+ 1 SE)	andere Kommentare
3 (Sunyer, 1993, Schwartz, 1993, Samet, 1981)	COPD, Asthma oder „respir. Erkrankungen“	alle (Samet ab 14)	ca.5-100 bei Samet bis ca. 400 µg/m <sup>3</sup> , wobei an 20 von 249 Tagen >202 TSP (ca. 120 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub> )	2.0 (1.6-2.4%)	Asthmaprävalenz : 6,7%, Arztbesuch wegen Asthma: an 0,8% aller Tage Abgrenzung gegen nachfolgende Hospitalisationen nicht eindeutig

Tabelle 13: Gesamtschätzer für % Anstieg der Notfallstationsbesuche (Emergency Room Visit) pro 10 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub>

Anzahl Studien	Indikator	Untersuchte Bevölkerung	Schadstoffbereich	Risikoschätzer in % Veränderung (+ 1 SE)	andere Kommentare
1 (Ostro 1990)	Eingeschränkte Aktivität (Arbeitsabsenz, Bettlägrigkeit)	Gesamt	bis ca. 60 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub>	10,5% (9,7-11,4%)	SAPALDIA Tagebücher: Eingeschr. Aktivität an 1,2% der Tage kleinere Einschränkungen wegen Atemwegserkrankungen ebenfalls im Schätzerkollektiv inbegriffen

Tabelle 14: Gesamtschätzer für % Anstieg von Einschränkung der Aktivität (Restricted Activity Days) pro 10 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub>

### 3.8 Effekte bei Asthmatikern

Während die Häufigkeit der Krankheit Asthma von der Schadstoffbelastung mit PM<sub>10</sub> unabhängig zu sein scheint, ist bekannt, daß sich bei Asthmatikern der Zustand bei erhöhter Luftverschmutzung verschlechtern kann. Die zugrunde liegenden epidemiologischen Studien haben einerseits die Häufigkeit von Asthma-Attacken, andererseits den Bedarf an zusätzlichen Asthma-Medikamenten mit dem Grad der täglichen Luftverschmutzung in Beziehung gesetzt.

Anzahl Studien	Indikator	Untersuchte Bevölkerung	Schadstoffbereich	Risikoschätzer in % Veränderung * - 1 SE)	andere Kommentare
4 (Ostro 1991, Pope 1991, Roemer 1993, Ostro 1995)	Asthma-attacken	Asthmapatienten (Kinder und Erwachsene)	11-195 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM <sub>10</sub> (4): Mittelwert: 56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	5,3% (3,1-7,6%)	Asthmaprävalenz: 6,7%, Asthmaattacken an 19,5% aller Tage - verschiedene Definitionen für Asthmaattacken

Tabelle 15: Gesamtschätzer für % Anstieg der Asthmaattacken bei Asthmatikern pro 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  PM<sub>10</sub>

Anzahl Studien	Indikator	Untersuchte Bevölkerung	Schadstoffbereich	Risikoschätzer in % Veränderung +- 1 SE)	andere Kommentare
3 (Ostro 1991, Pope 1991, Roemer 1993)	Medikamente (Bronchodilatoren)	Asthmapatienten (Kinder und Erwachsene)	11-195 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM <sub>10</sub>	5,3% (4,2-6,4%)	Asthmaprävalenz: 6,7%, Einnahme von Bronchodilatoren wegen Asthma: an 20,8% aller Tage. Verschiedene Definitionen für Medikamente (Bronchodilatoren oder Medikamente allgemein)

Tabelle 16: Gesamtschätzer für % Anstieg der Medikamenteneinnahme bei Asthmatikern pro 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  PM<sub>10</sub>

Tabelle 17 und Tabelle 18 zeigen die ausgewählten Gesundheitsindikatoren und die aus den epidemiologischen Untersuchungen ermittelten sog. Effektschätzer. Der Effektschätzer gibt für die jeweilige Krankheit an, um wieviel Prozent die Zahl der normalerweise vorkommenden Krankheitsfälle in der Bevölkerung pro zusätzlichen 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  PM<sub>10</sub> erhöht wird.

Indikator	Effektschätzer in % Veränderung (+- 1 Standardfehler)	Bezugsmenge #)
Gesamtsterblichkeit (außer gewaltsamer Tod)	4.4% (3.3 - 5.6)	7 923
Chronische Bronchitis (Erwachsene) 1)	25.9% (15.0-36.0)	14 048
Husten/Auswurf (Erwachsene) 1)	12.8% (4.3-22.0)	12 184 536
Bronchitis (Kinder bis 14jährig) 1)	35% (19.0-54.0)	14 802
Wiederholt Husten (Kinder bis 14jährig) 1)	54% (41.0-68.0)	43 500
Hospitalisation (Atemwegserkrankungen)	1.47% (0.96-2.0)	4 836 Hospitalisationen, 75 071 Pflage tage
Hospitalisation (kardiovaskuläre Erkrankungen)	0.9% (0.6-1.1)	7 773 Hospitalisationen, 107 987 Pflage tage
Aktivitätseinschränkung (Arbeitsabsenz, Bettlägrigkeit)	10.5% (9.7-11.4)	3 966 516 Personentage
Bei Asthmatikern: Tage mit Asthmaattacken	5.3% (3.1-7.6)	4 531 806 Personentage
Tage mit Benutzung von Bronchodilatoren	5.3% (4.2-6.4)	4 833 926 Personentage

# Angabe in Fallzahlen respektive Personentagen pro 1 000 000 Gesamtbevölkerung und Jahr bei einer theoretischen mittleren Schadstoffbelastung von  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{10}$  (Basisbelastung)

1) Prävalenz

Tabelle 17: Risikoschätzer für die prozentuale Zunahme der Gesundheitsindikatoren pro  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mittlere  $\text{PM}_{10}$ -Belastung am Wohnort sowie Bezugsmengen bei mittlerer Basisbelastung der Gesamtbevölkerung ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{10}$ )

Indikator	Effektschätzer in %, Veränderung (+- 1 Standardfehler)	Bezugsmenge #
Chronische Bronchitis (Erwachsene) 1)	11,5% (3.0-21.0)	14 125
Bronchitis (Kinder bis 14jährig) 1)	9,0% (4.0-15.0)	16 819
Wiederholt Husten (Kinder bis 14jährig) 1)	12,0% (8.0-16.0)	53 404

# Angabe in Fallzahlen pro 1 000 000 Gesamtbevölkerung und Jahr bei einer theoretischen mittleren Schadstoffbelastung von  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{NO}_2$  (Basisbelastung)

1) Prävalenz

Tabelle 18: Risikoschätzer für die prozentuale Zunahme der Gesundheitsindikatoren pro  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mittlere  $\text{NO}_2$ -Belastung am Wohnort sowie Bezugsmengen bei mittlerer Basisbelastung der Gesamtbevölkerung ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{NO}_2$ )

Zur Einschätzung der in der Schweizer Studie verwendeten Effektschätzer zur Abschätzung der Wirkung der Luftschadstoffe heißt es im Teilbericht „Epidemiologie“ auf Seite Z4 und Z5:

*„Es ist zu beachten, daß der vorgelegte Bericht die Gesamtauswirkungen der Luftverschmutzung auf die Gesundheit zwangsläufig an mehreren Punkten unterschätzt. Dies ist durch folgende Umstände bedingt:*



- *Aus methodischen Gründen erfolgte eine Einschränkung auf wenige Gesundheitsmessgrößen, um Überschneidungen, d.h. Doppelzählungen zu vermeiden. Teilfolgen der Luftverschmutzung werden dabei aber ausgeschlossen, obwohl sie von Bedeutung sind (z.B. Erkrankung an Lungenkrebs, Arztbesuche, Selbstmedikation in der Gesamtbevölkerung, Einbussen der Lebensqualität in Folge unspezifischer Symptome etc.)*
- *Störungen bei Kindern wurden mit Ausnahme von zwei Indikatoren ausgeklammert, da sie schwer monetarisierbar sind. Die Liste der Auswirkungen der Luftverschmutzung auf Kinder ist aber weit länger und hat im Krankheitsfall u.a. auch Folgen für die betreuenden Personen (z.B. Arbeitsausfall berufstätiger Mütter).*
- *Chronische Erkrankungen wie z.B. die chronische Bronchitis haben eine Vielzahl von Konsequenzen, die Kosten verursachen. Es kann hier lediglich die Zunahme der Häufigkeit dieses Krankheitsbildes, nicht jedoch jeder einzelne kostenmässig wichtige Faktor dargelegt werden. Nichterfassen gewisser Kostenpositionen ist aber unvermeidlich.*
- *Die Beschränkung auf den Leitschadstoff PM<sub>10</sub> ist zwar sinnvoll, bedeutet aber eine Vernachlässigung der Auswirkungen der Luftverschmutzung, die von PM<sub>10</sub> unabhängig sind, wie z.B. die Auswirkungen von Ozonbelastungen. Sie wurden aus methodischen Gründen nicht getrennt ausgewiesen, obschon sie zweifelsfrei vorkommen.*
- *Alle Studien verwendeten Schadstoffbelastungen, die an fixen Stationen gemessen wurden. Dies ist nur ein ungenaues Mass der persönlichen Belastung. Diese Art von Ungenauigkeit führt aus mathematisch-statistischen Gründen in den meisten Fällen zu einer Unterschätzung der tatsächlichen Effekte.“*

Zwischenzeitlich wurden in der internationalen medizinischen Literatur weitere Untersuchungen publiziert, die die von der Schweizer Studie verwendeten Effektschätzer bestätigen, z.B. Frosig-CA et al. 1996<sup>8</sup>, Spengler-JD et al. 1996<sup>9</sup>, Romieu-I et al. 1996<sup>10</sup>, Schwartz-J et al. 1996<sup>11</sup>, Ostro-B et al. 1996<sup>12</sup>, Ito-K et al. 1996<sup>13</sup>, Koren-HS et al.

<sup>8</sup> Frosig-CA; Moseholm-bL, Luftbarne fine partikler som arsaag til luftvejssygdomme og overdodelighed? [Airborne small particles as a cause of pulmonary diseases and excessive mortality?] Bispebjerg Hospital, Kobenhavn, lungemedicinsk afdeling P., Ugeskr-Laeger. 1996 Oct 14; 158(42): 5915-9

<sup>9</sup> Spengler-JD; Koutrakis-P; Dockery-DW; Raizenne-M; Speizer-FE, Health effects of acid aerosols on North American children: air pollution exposures. Department of Environmental Health, Harvard School of Public Health, Boston, MA 02115, USA., Environ-Health-Perspect. 1996 May; 104(5): 492-9

<sup>10</sup> Romieu-I; Meneses-F; Ruiz-S; Sienra-JJ; Huerta-J; White-MC; Etzel-RA, Effects of air pollution on the respiratory health of asthmatic children living in Mexico City. Panamerican Center for Human Ecology and Health, Panamerican Health Organization, Mexico, Am-J-Respir-Crit-Care-Med. 1996 Aug; 154(2 Pt 1): 300-7

<sup>11</sup> Schwartz-J; Spix-C; Touloumi-G; Bacharova-L; Barumamdzadeh-T; le-Tertre-A; Piekarksi-T; Ponce-de-Leon-A; Ponka-A; Rossi-G; Saez-M; Schouten-JP, Methodological issues in studies of air pollution and daily counts of deaths or hospital admissions, Department of Environmental Health, Harvard School of Public Health, USA, J-Epidemiol-Community-Health. 1996 Apr; 50 Suppl 1: S3-11

<sup>12</sup> Ostro-B; Sanchez-JM; Aranda-C; Eskeland-GS, Air pollution and mortality: results from a study of Santiago, Chile, Office of Environmental Health Hazard Assessment, California

1995<sup>14</sup>, Committee of the Environmental and Occupational Health Assembly of the American Thoracic Society 1996<sup>15</sup>, Saldiva-PH et al. 1995<sup>16</sup>, Abbey-DE et al. 1995<sup>17</sup>, Schwartz-J 1996<sup>18</sup> und Ko-YC 1996<sup>19</sup>.

#### 4 Berücksichtigte Kostenarten

Bei der Ermittlung luftverschmutzungsbedingter Gesundheitskosten ist es heute noch nicht möglich, sämtliche kostenrelevanten Aspekte zu erfassen. Zum einen fehlen von Seiten der Epidemiologie für eine Reihe von Effekten quantitative Grundlagen, zum anderen bestehen Lücken in der volkswirtschaftlichen Erfassung aller Kostenarten. In der Schweizer Studie wurden folgende Kostenbereiche berücksichtigt:

- Produktionsausfälle
- Immaterielle Kosten (Leid der Menschen)
- Medizinische Behandlungskosten
- Administrativkosten der Versicherungen

Nicht in die Berechnungen eingeflossen sind z.B. Wiedereingliederungs-, Neu- und Umbesetzungskosten, ein Großteil der Kosten durch Erkrankungen bei Kindern, Transportkosten von Kranken oder Bestattungskosten.

- 
- 13 Environmental Protection Agency, Berkeley 94704, USA, J-Expo-Anal-Environ-Epidemiol. 1996 Jan-Mar; 6(1): 97-114
- 13 Ito-K; Thurston-GD, Daily PM10/mortality associations: an investigations of at-risk subpopulations, Nelson Institute of Environmental Medicine, New York University Medical Center, Tuxedo, New York 10987, USA, J-Expo-Anal-Environ-Epidemiol. 1996 Jan-Mar; 6(1): 79-95
- 14 Koren-HS, Associations between criteria air pollutants and asthma, Health Effects Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, Chapel Hill, NC 27599-7315, USA, Environ-Health-Perspect. 1995 Sep; 103 Suppl 6: 235-42
- 15 Committee of the Environmental and Occupational Health Assembly of the American Thoracic Society, Health effects of outdoor air pollution, Am-J-Respir-Crit-Care-Med. 1996 Jan; 153(1): 3-50
- 16 Saldiva-PH; Pope-CA-3rd; Schwartz-J; Dockery-DW; Lichtenfels-AJ; Salge-JM; Barone-I; Bohm-GM, Air pollution and mortality in elderly people: a time-series study in Sao Paulo, Brazil, Laboratorio de Poluicao Atmosferica Experimental Faculdade de Medicina, Universidade de Sao Paulo, Brazil, Arch-Environ-Health. 1995 Mar-Apr; 50(2): 159-63
- 17 Abbey-DE; Hwang-BL; Burchette-RJ; Vancuren-T; Mills-PK, Estimated long-term ambient concentrations of PM10 and development of respiratory symptoms in a nonsmoking population, Department of Preventive Medicine School of Medicine, Loma Linda University, California, USA, Arch-Environ-Health. 1995 Mar-Apr; 50(2): 139-52
- 18 Schwartz-J; Dockery-DW; Neas-, Is daily mortality associated specifically with fine, Harvard School of Public Health, Boston, Massachusetts, USA, J-Air-Waste-Manag-Assoc. 1996 Oct; 46(10): 927-39
- 19 Ko-YC, Air pollution and its health effects on residents in Taiwanese communities, School of Public Health, Kaohsiung Medical College, Taiwan, Republic of China, Kao-Hsiung-I-Hsueh-Ko-Hsueh-Tsa-Chih. 1996 Dec; 12(12): 657-69

Bei der Berechnung der externen Gesundheitskosten wurde eine Differenzierung nach dem Schweregrad der Krankheit vorgenommen. Es wurden folgende vier Fälle unterschieden:

- Todesfall
- Invaliditätsfall
- Fall mit Hospitalisation (Krankenhausaufenthalt)
- Fall ohne Hospitalisation

Da in der Bundesrepublik Deutschland keine der Schweizer Studie vergleichbare Erhebung von Kostensätzen für durch Luftverschmutzung hervorgerufene Krankheiten und Todesfälle vorliegt und das Schweizer Gesundheitswesen dem in der Bundesrepublik Deutschland vergleichbar ist, werden hier die von der Schweizer Studie erhobenen Kostensätze verwendet. Dazu wurden die in der Schweiz für das Jahr 1993 erhobenen Kostensätze mit dem im Jahr 1993 gültigen Umrechnungsfaktor von 1,21 Franken pro DM in DM umgerechnet. Da die Kosten für das Jahr 1995 abgeschätzt werden, wird zusätzlich ein Kostensteigerungsfaktor eingerechnet. Für die durch Produktionsausfälle und immaterielle Kosten entstehenden volkswirtschaftlichen Kosten wird dazu die normale Preissteigerung in der Bundesrepublik Deutschland zwischen 1993 und 1995 in Höhe von 6,2% zugrunde gelegt.<sup>20</sup> Für die medizinischen Behandlungskosten wird die Preissteigerungsrate im Gesundheitswesen der Bundesrepublik Deutschland zwischen 1993 und 1995 verwendet (siehe Tabelle 19).

---

<sup>20</sup> Statistisches Bundesamt, Statistisches Jahrbuch der Bundesrepublik Deutschland 1995, Wiesbaden, 1996

<b>Alte Bundesländer</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1.-3.Q.1995</b>	<b>1.-3.Q.1996</b>
Ärzte	29,89	31,07	32,69	24,30	25,07
Zahnärzte	10,41	10,90	11,22	8,39	9,95
Zahnersatz	4,91	5,67	6,20	4,51	4,95
Arzneien	21,81	22,89	25,05	18,59	20,30
Heil- und Hilfsmittel	11,32	12,83	14,30	10,32	11,26
Krankenhaus	56,95	61,36	64,76	48,42	47,91
Krankengeld	10,90	13,10	15,24	11,48	11,57
Kuren	3,23	3,72	4,29	3,21	3,34
sonstiges	25,94	30,54	43,60	28,99	31,19
<b>Gesamtausgaben</b>	<b>175,36</b>	<b>192,08</b>	<b>217,35</b>	<b>158,21</b>	<b>165,54</b>
<b>Neue Bundesländer</b>					
Ärzte	5,17	5,86	5,78	4,22	4,25
Zahnärzte	2,51	2,68	2,57	1,96	2,04
Zahnersatz	1,19	1,35	1,21	0,89	0,94
Arzneien	5,67	6,28	6,36	4,69	5,16
Heil- und Hilfsmittel	2,13	2,48	2,53	1,82	2,02
Krankenhaus	11,52	13,19	12,69	9,56	10,03
Krankengeld	2,39	2,82	3,16	2,36	2,52
Kuren	0,34	0,58	0,80	0,56	0,65
sonstiges	5,50	6,91	10,37	6,79	7,61
<b>Gesamtausgaben</b>	<b>36,42</b>	<b>42,15</b>	<b>45,47</b>	<b>32,85</b>	<b>35,22</b>
<b>Gesamt-BRD</b>					
Ärzte	35,06	36,93	38,47	28,52	29,32
Zahnärzte	12,92	13,58	13,79	10,35	11,99
Zahnersatz	6,10	7,02	7,41	5,40	5,89
Arzneien	27,48	29,17	31,41	23,28	25,46
Heil- und Hilfsmittel	13,45	15,31	16,83	12,14	13,28
Krankenhaus	68,47	74,55	77,45	57,98	57,94
Krankengeld	13,29	15,92	18,40	13,84	14,09
Kuren	3,57	4,30	5,09	3,77	3,99
sonstiges	31,44	37,45	53,97	35,78	38,80
<b>Gesamtausgaben</b>	<b>211,78</b>	<b>234,23</b>	<b>262,82</b>	<b>191,06</b>	<b>200,76</b>

Tabelle 19: Ausgaben der Gesetzlichen Krankenversicherung in der Bundesrepublik Deutschland in Milliarden DM/Jahr (nach Bundesminister für Gesundheit, 1997<sup>21</sup>)

Tabelle 20 zeigt die so ermittelten Kostensätze für die in der Schweizer Studie berücksichtigten Kostenarten, umgerechnet auf die Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1995. Genauere Einzelheiten finden sich in<sup>22</sup> und<sup>23</sup>

<sup>21</sup> Bundesminister für Gesundheit, Gesetzliche Krankenversicherung in Zahlen, Übersicht über Einnahmen und Ausgaben der GKV, Stand 18.2.1997, Internet Bundesministerium für Gesundheit, Bonn, 1997

<sup>22</sup> Institut für Medizin, Informatik und Biostatistik, Monetarisierung der verkehrsbedingten externen Gesundheitskosten, Schlußbericht Behandlungskosten, GVF-Auftrag Nr.272, Februar 1996

<sup>23</sup> GVF-Auftrag Nr. 272, Monetarisierung der verkehrsbedingten externen Gesundheitskosten, Synthesebericht, a.a.o.

Kategorie	Indikator	DM	Einheit
Produktionsausfälle	Vorzeitige Todesfälle	678 571	DM/Todesfall
	Invaliditätsfälle infolge chron. Bronchitis	1 117 899	DM/Invaliditätsfall
	Spitalpflegetage	295	DM/Krankenhaustag
	Tage mit Arbeitsunfähigkeit	147	DM/Tag
Immaterielle Kosten	Vorzeitige Todesfälle	271 123	DM/Todesfall
	Invaliditätsfälle infolge chronischer Bronchitis	141 344	DM/Invaliditätsfall
	Hospitalisationen	7 440	DM/Krankenhausaufenthalt
Stationäre Behandlungskosten	Spitalpflegetage	911	DM/Krankenhaustag
Ambulante Behandlungskosten	Fälle mit akuter Bronchitis	78	DM/Fall
	Fälle mit chronischer Bronchitis	676	DM/Fall
	Tage mit Asthmaattacken	1,29	DM/Tag
	Tage mit Atemwegserkrankungen	0,08	DM/Tag
Administrativkosten von Versicherungen	Zusätzliche med. Behandlungen	0,17	DM/Fall
	Geringere Rentenleistungen	-5 649	DM/Todesfall

Tabelle 20: Kostensätze berücksichtigter Kostenarten, Bundesrepublik Deutschland 1995

## 5 Immissionsbelastung der Bevölkerung in Deutschland

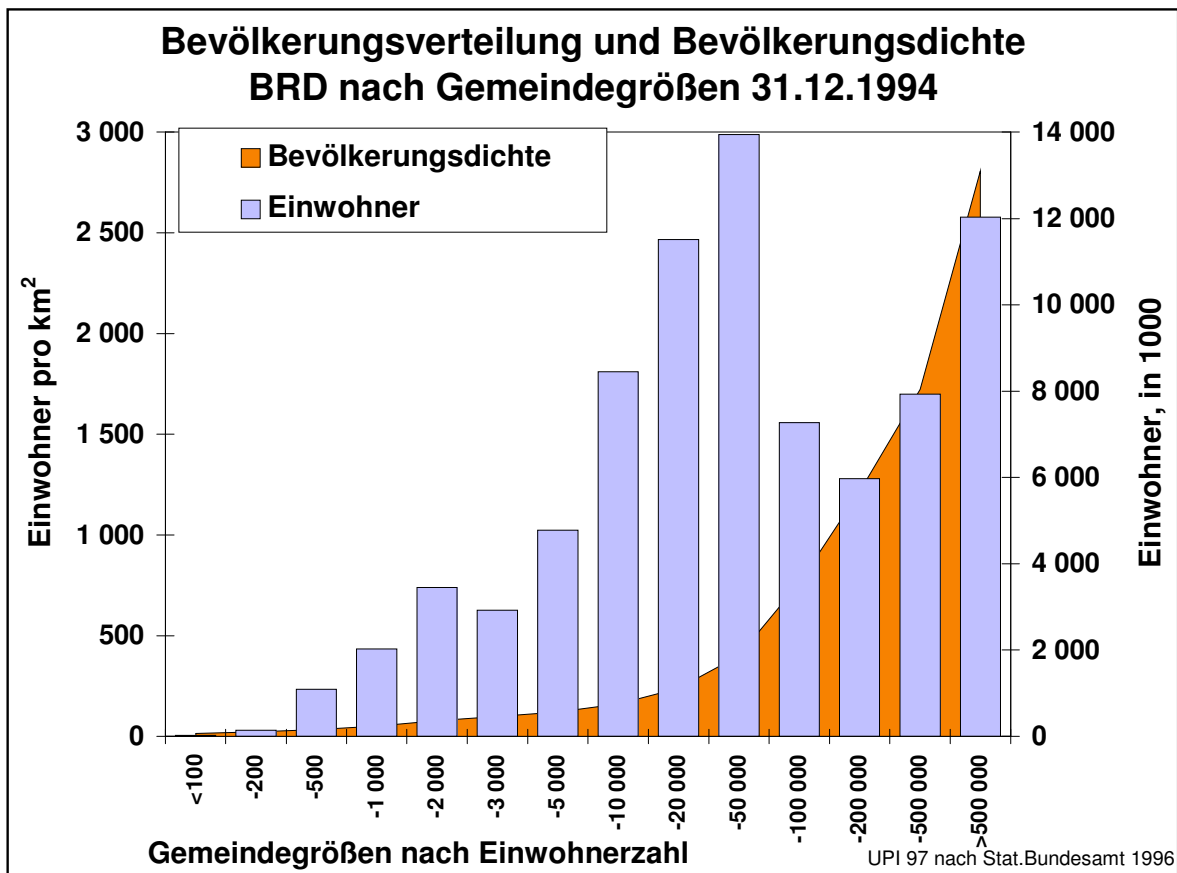
Zur Abschätzung der Immissionsbelastung der Bevölkerung werden die an den Meßstellen der Bundesländer und des Umweltbundesamts gemessenen Immissionskonzentrationen des Jahres 1995 verwendet. Die Meßwerte wurden dem UPI-Institut durch das Umweltbundesamt auf Datenträger zur Verfügung gestellt. Insgesamt liegen vollständige Meßwerte für Schwebstaub für das Jahr 1995 von 464 Meßstellen vor.

Die Meßstationen wurden nach Gemeindegrößeklassen klassifiziert.

Tabelle 21 zeigt die Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland, aufgeschlüsselt nach Gemeindegrößeklassen.

Gemeinden mit ... Einwohnern		Bevölkerung in 1000	Einwohner je km <sup>2</sup>
	<100	17,4	14,9
	100-200	147,1	21,5
	200-500	1 097,2	33,2
	500-1 000	2 023,4	51,5
	1 000-2 000	3 449,9	78,0
	2 000-3 000	2 926,2	98,8
	3 000-5 000	4 775,5	121,2
	5 000-10 000	8 445,0	160,5
	10 000-20 000	11 510,5	239,1
	20 000-50 000	13 943,2	401,4
	50 000-100 000	7 270,3	762,8
	100 000-200 000	5 972,9	1 216,2
	200 000-500 000	7 930,4	1 722,1
	>500 000	12 029,8	2 806,2
		<b>81 538,6</b>	<b>231,4</b>

Tabelle 21:  
Einwohner der Bundesrepublik Deutschland nach Gemeindegrößeklassen und Bevölkerungsdichte, Bundesrepublik Deutschland 31.12.1994, Statistisches Bundesamt, 1996<sup>25</sup>

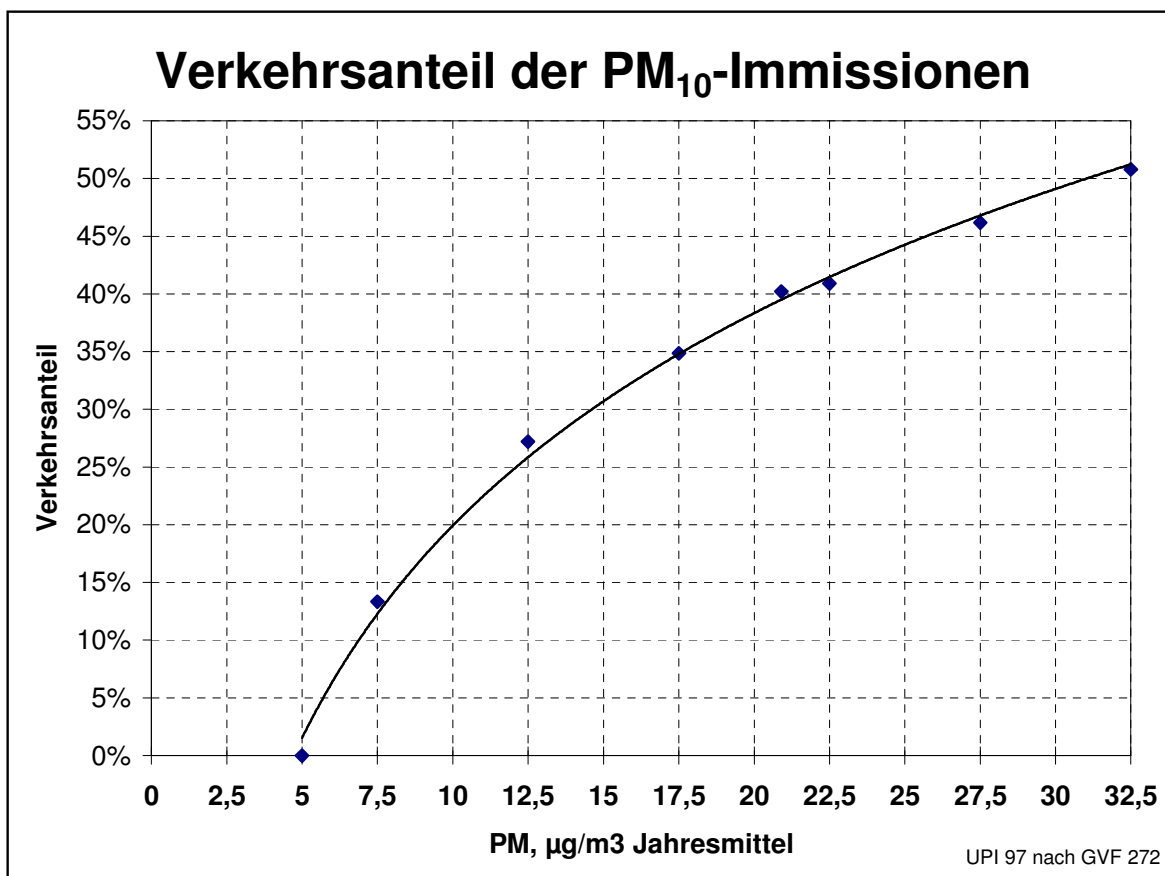
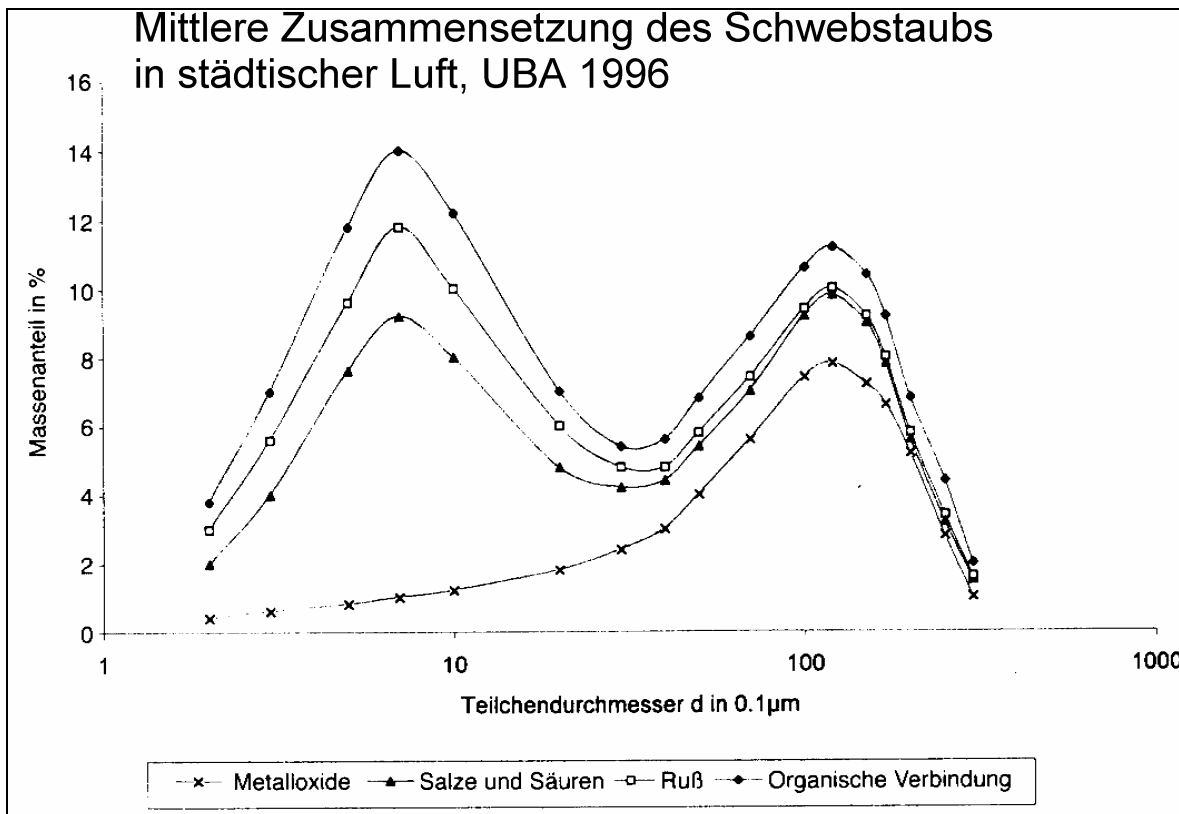


Die Gemeindegröße des Standortes der Meßstationen wurde nach 6 Gemeindegrößeklassen definiert, die in folgender Tabelle enthalten sind:

<b>Gemeindegrößeklasse</b>	<b>bis .. Einwohner</b>
<b>1</b>	<b>-1 000</b>
<b>2</b>	<b>-5 000</b>
<b>3</b>	<b>-20 000</b>
<b>4</b>	<b>-100 000</b>
<b>5</b>	<b>-500 000</b>
<b>6</b>	<b>&gt; 500 000</b>

Tabelle 22: Schlüssel der Gemeindegrößeklassen in den nachfolgenden Tabellen.

An den Meßstationen wird Schwebstaub gemessen. Schwebstaub, auch Aerosol genannt, besteht aus einer Vielzahl luftgetragener Teilchen, die ein Größenspektrum zwischen 0,01 - 50 µm aufweisen. Aerosole entstehen z.B. dadurch, daß ein Großteil der emittierten Schadgase Schwefeldioxid und Stickoxide in Sulfateilchen bzw. Nitrateilchen umgewandelt wird. Auch Dieselrußpartikel und organische Verbindungen wie polyzyklische Aromate stellen Aerosole dar bzw. bilden diese. Aerosole haben vielfältige Auswirkungen, sie beeinflussen z.B. die Wolkenbildung, das Klima, die Ozonschicht, die Strahlungsbilanz der Sonne, die Nah- und Fernausbreitung von Schadstoffen sowie den Winter- und Sommermog. Aufgrund toxischer Inhaltsstoffe beeinträchtigen sie sowohl die menschliche Gesundheit als auch die Hydro- und Biosphäre z.B. in Form der Gewässerversauerung oder der Waldschäden. Die Feinstaubteilchen bestehen überwiegend aus Salzen, Säuren, Ruß und schwer flüchtigen organischen Verbindungen. Die Grafik „Mittlere Zusammensetzung des Schwebstaubs in städtischer Luft“ zeigt die Zusammensetzung und Größenverteilung der Feinstaubpartikel in Deutschland.<sup>26</sup>





Da die Meßstationen in der Bundesrepublik Deutschland nur Schwebstaub, nicht PM<sub>10</sub> (Partikel mit einem Durchmesser bis 10 µm) messen, müssen die Meßwerte umgerechnet werden. Aus der Größenverteilung der Schwebstaubpartikel ergibt sich, daß ca. 55% des Gewichts des Schwebstaubes aus Partikeln mit einem Durchmesser kleiner als 10 µm (PM<sub>10</sub>) besteht. Dieser Faktor wurde deshalb verwendet, um aus den gemessenen Schwebstaubkonzentrationen PM<sub>10</sub>-Werte zu berechnen. Die Grafik „Verkehrsanteil der PM<sub>10</sub>-Immissionen“ zeigt den in <sup>27</sup> ermittelten Anteil der verkehrsbedingten PM<sub>10</sub>-Immissionen. Daraus wird der vom Verkehr verursachte Anteil der PM<sub>10</sub>-Immissionen abgeschätzt.

Tabelle 29 im Anhang gibt die an 464 Meßstationen gemessenen Schwebstaub- und berechneten PM<sub>10</sub>-Konzentrationen sowie die Gemeindegrößen der Meßstationen an

Tabelle 23 zeigt die aus den Meßwerten der einzelnen Meßstationen berechnete durchschnittliche Belastung nach Gemeindegrößenklassen und Bevölkerungszahl.

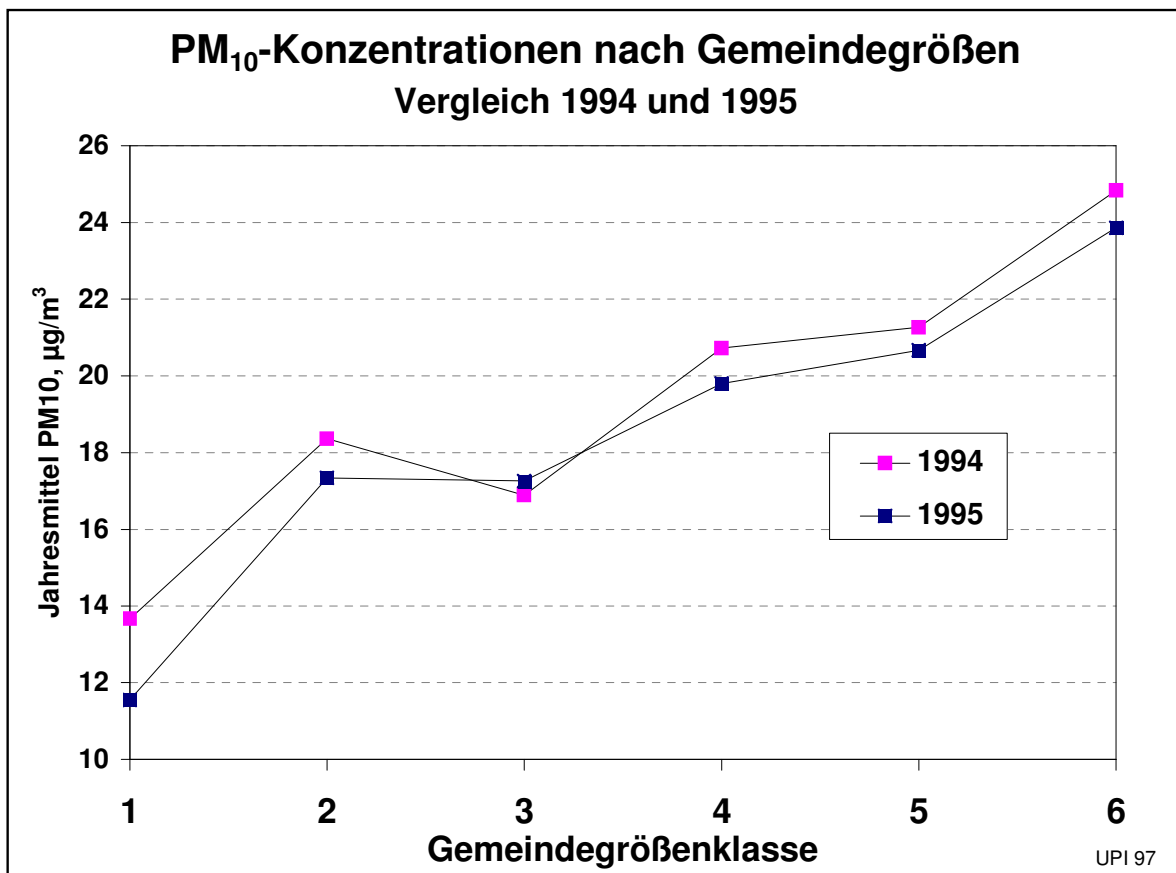
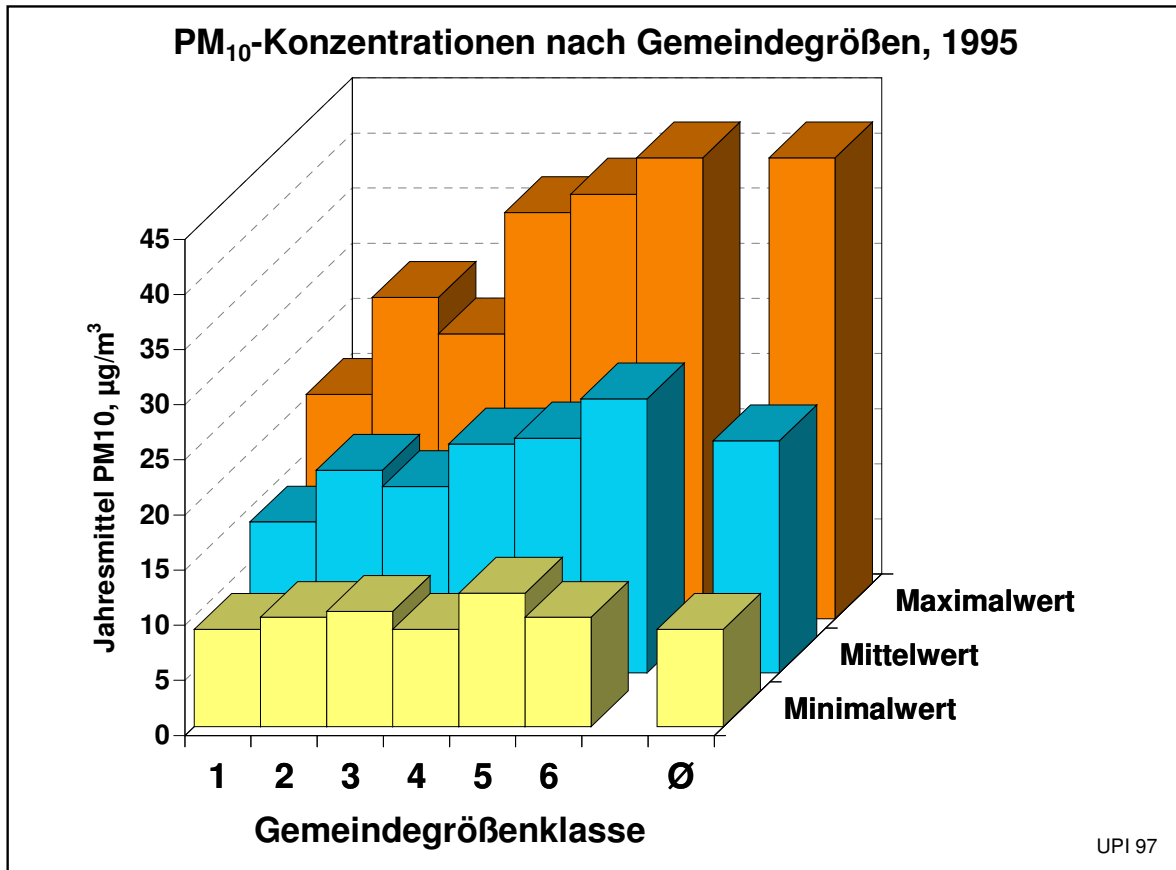
1995 Gemeindegröße	PM <sub>10</sub> , µg/m <sup>3</sup> Gesamt	Anteil		Zahl der Personen
		verkehrsbedingt	ohne Verkehr	
1	11,6	2,8	8,7	3 285 100
2	17,3	5,9	11,4	11 151 600
3	17,3	5,9	11,4	19 955 500
4	19,8	7,4	12,4	21 213 500
5	20,7	8,1	12,6	13 903 300
6	23,9	10,2	13,6	12 029 800
Durchschnitt	20,0	7,6	12,4	81 538 800

Tabelle 23: PM<sub>10</sub>-Konzentrationen nach Gemeindegrößenklassen und betroffener Bevölkerungszahl, Mittelwerte 1995 Bundesrepublik Deutschland

Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß die PM<sub>10</sub>-Konzentrationen mit den Gemeindegrößen ansteigen (siehe auch Grafik). Einen Vergleich der Meßwerte der Jahre 1994 und 1995 zeigt die Grafik „PM<sub>10</sub>-Konzentrationen nach Gemeindegrößen - Vergleich 1994 und 1995“.

<sup>27</sup>

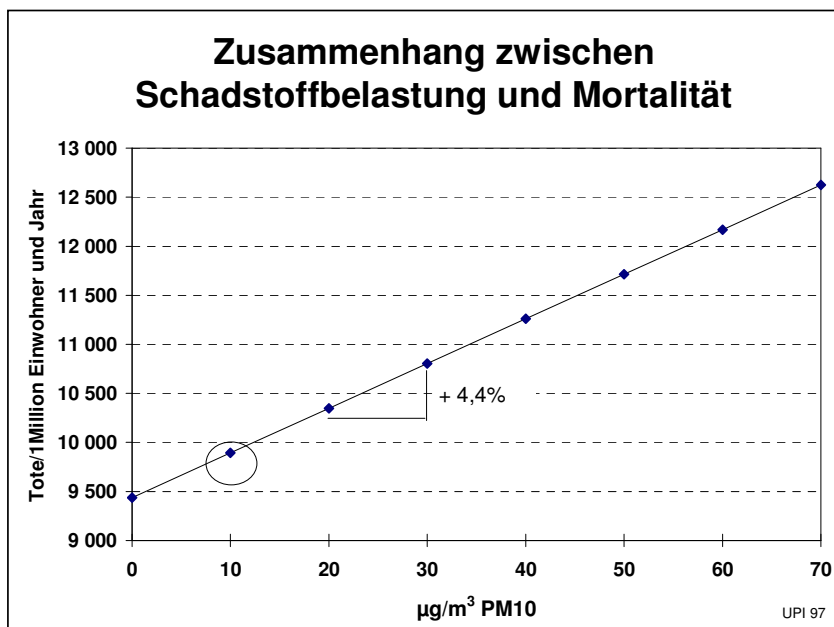
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, Monetarisierung der verkehrsbedingten Gesundheitsschäden, Teilbericht Lufthygiene, GVF 274, Juni 1996



## 6 Berechnung der externen Gesundheitskosten

### 6.1 Berechnungsverfahren

Die nebenstehende Grafik zeigt den aus der Epidemiologie bekannten Zusammenhang zwischen der Schadstoffbelastung und einem Gesundheitsindikator, in diesem Fall der Mortalität. Die Steigung der Kurve ergibt sich aus dem Effektschätzer: Wie abgebildet, nimmt die Zahl der Todesfälle um 4,4% pro  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -Anstieg der  $\text{PM}_{10}$ -Belastung



zu. Die Lage der Kurve bzw. der Schnittpunkt mit der Ordinatenachse ergibt sich aus der Bezugsmenge. In der Grafik wurde die Bezugsmenge mit einem Kreis dargestellt, da die Bezugsmenge in der Schweizer Studie einheitlich auf eine durchschnittliche Schadstoffkonzentration von  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ausgewiesen ist. Bei dieser Schadstoffkonzentration ergibt sich eine Mortalität von 9 892 pro 1 Million Einwohner. Ob die Bezugsmenge für eine mittlere Schadstoffbelastung von 0, 10, 20 oder  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ermittelt wird, ist lediglich eine Frage der Festlegung. Mit der angegebenen Berechnungsformel lassen sich die Bezugsmengen auch auf andere Durchschnittsbelastungen umrechnen.

Die Bezugsgrößen für die einzelnen betrachteten Gesundheitsindikatoren wurden aus den Werten der Schweizer Studie abgeleitet. Diese wurden in einzelnen Studien in der Schweiz erhoben. Vergleichbare Untersuchungen aus der Bundesrepublik Deutschland liegen mit Ausnahme der Mortalität nicht vor. Die Übertragung der Schweizer Prävalenz-Werte auf die Bundesrepublik Deutschland ist gerechtfertigt, da beide Bevölkerungen einen ähnlichen Altersaufbau, ähnliche Lebensgewohnheiten und keine genetischen Unterschiede aufweisen. Die Bezugsmenge für Mortalität wurde für die Bundesrepublik Deutschland aufgrund der Daten für die Gesamtmortalität ohne Gewalteinwirkung aus<sup>28</sup> berechnet.

Mit den beiden Angaben (Effektschätzer und Bezugsmenge) läßt sich die Mortalität nach folgender Formel für jede beliebige Schadstoffkonzentration berechnen:

<sup>28</sup>

Statistisches Bundesamt, Statistisches Jahrbuch, 1996

$$MS = B \times (1+E)^{(S/SB-1)}$$

dabei sind:

MS = Mortalität für die Schadstoffkonzentration S pro Million Einwohner.

B = Bezugsmenge.

E = Effektschätzer

S = Schadstoffbelastung in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

SB = Schadstoffbelastung der Bezugsmenge (hier  $10 \mu\text{g} / \text{m}^3$ )

Für eine mittlere Schadstoffbelastung von beispielsweise  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ergibt sich folgende Mortalität pro Million Einwohner:

$$M_{19,8} = 9\,892 \times (1+4,4\%)^{(19,8/10-1)} = 10\,318.$$

In dieser Schadstoff-Klasse in Gemeinden mit einer Einwohnerzahl zwischen 20 000 und 100 000 leben in der Bundesrepublik Deutschland 21,2 Millionen Menschen.

Die Gesamtmortalität beläuft sich in dieser Schadstoffklasse dementsprechend auf 218 898 Todesfälle (21,213 Millionen Einwohner x 10 318 Todesfälle pro Million).

Ohne Verkehr läge die  $\text{PM}_{10}$ -Konzentration in dieser Gemeindegrößenklasse nicht bei 19,8, sondern bei  $12,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{10}$ . Setzt man diesen  $\text{PM}_{10}$ -Wert in die Formel ein, ergibt sich eine Mortalität für alle Städte der Gemeindegrößenklasse 4 in der BRD in Höhe von 212 012 ohne verkehrsbedingte Emissionen. Die Differenz zwischen beiden Zahlen stellt den Anteil der durch die Verkehrsemissionen verursachten Todesfälle in Höhe von 6 886 pro Jahr dar.

Die Berechnung wird für jede Gemeindegrößenklasse mit den aus den Immissionsmessungen der Meßstellen berechneten durchschnittlichen  $\text{PM}_{10}$ -Konzentrationen durchgeführt. Die Summe der sechs Gemeindegrößenklassen ergibt die Gesamtmenge der durch verkehrsbedingte Emissionen verursachten Todesfälle in der Bundesrepublik Deutschland pro Jahr.

Da die aus den epidemiologischen Studien erhobenen Effektschätzer eine Schwankungsbreite aufweisen, wird dieselbe Berechnung jeweils auch für eine Minimal - bzw. Maximalvariante (mittlerer Effektschätzer minus einer Standardabweichung bzw. mittlerer Effektschätzer plus einer Standardabweichung) durchgeführt.

## 6.2 Gesundheitsschäden

Tabelle 24 zeigt zusammengefaßt die für die Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1995 berechneten verkehrsbedingten Gesundheitsschäden. Die Einzelberechnungen sind in Anhang 2 dargestellt.

Indikator	Mittelwert	Minimum	Maximum	Einheit
Gesamtsterblichkeit	25 569	19 154	32 584	Todesfälle/Jahr
Chronische Bronchitis (Erwachs.)	218 226	125 121	305 935	Krankheitsfälle/Jahr
Invaliditätsfälle d.Chron. Bronchitis	115	66	161	Invaliditätsfälle/Jahr
Husten/Auswurf (Erwachsene)	92 408 424	30 774 251	160 216 070	Tage/Jahr
Bronchitis (Kinder)	313 145	167 628	490 259	Krankheitsfälle/Jahr
Wiederholt Husten (Kinder)	1 440 768	1 083 246	1 831 963	Krankheitsfälle/Jahr
Hospitalisation (Atemwege)	597	390	813	Hospitalisationen/Jahr
Hospitalisation (Atemwege)	9 273	6 053	12 624	Pflegetage/Jahr
Hospitalisation (kardiovaskulär)	587	392	718	Hospitalisationen/Jahr
Hospitalisation (kardiovaskulär)	8 162	5 439	9 978	Pflegetage/Jahr
Arbeitsunfähigkeit	24 620 503	22 726 295	26 754 940	Tage /Jahr
Asthmatiker- Tage mit Attacken	14 122 715	8 241 076	20 300 159	Tage/Jahr
- Tage mit Bronchodilatoren	15 064 228	11 923 753	18 211 802	Tage/Jahr

Tabelle 24: Gesundheitsschäden durch Emissionen aus dem Verkehr in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1995

Die in der Tabelle 24 dargestellten Werte werden für die weiteren Kostenberechnungen zugrunde gelegt. Die Monetarisierung wird nicht für sämtliche berechneten Effekte vorgenommen, da zum einen Doppelzählungen vermieden werden sollen und zum anderen für verschiedene Indikatoren (z.B. Tage mit eingeschränkter Aktivität) in der Schweizer Studie keine zuverlässigen Kostensätze erhoben werden konnten.

## 6.3 Gesamtkosten der verkehrsbedingten Luftverschmutzung

Aus den in Kapitel 6.2 errechneten Fallzahlen der durch die verkehrsbedingte Luftverschmutzung verursachten Krankheitsfälle und den in Kapitel 4 auf die Bundesrepublik Deutschland übertragenen Reproduktions- und Ressourcen-Ausfallkosten pro Krankheits- bzw. Todesfall lassen sich die Gesamtkosten der durch verkehrsbedingte Luftverschmutzung verursachten Gesundheitsschäden ermitteln. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 25.

Kategorie	Indikator	Mittelwert	Minimum	Maximum
Produktionsausfälle	Vorzeitige Todesfälle	17 350	12 997	22 110
	Invaliditätsfälle infolge chron. Bronchitis	128	74	180
	Spitalpflegetage	5	3	7
	Tage mit Arbeitsunfähigkeit	3 617	3 338	3 930
Immaterielle Kosten	Vorzeitige Todesfälle	6 932	5 193	8 834
	Invaliditätsfälle infolge chronischer Bronchitis	16	9	23
	Hospitalisationen	9	6	11
Stationäre Behandlungskosten	Spitalpflegetage	16	10	21
Ambulante Behandlungskosten	Fälle mit akuter Bronchitis	24	13	38
	Fälle mit chronischer Bronchitis	147	85	207
	Tage mit Asthmaattacken	18	11	26
	Tage mit Atemwegserkrankungen	7	2	12
Administrativkosten von Versicherungen	Zusätzliche med. Behandlungen	3	2	3
	Geringere Rentenleistungen	-144	-108	-184
<b>Summe</b>		<b>28 129</b>	<b>21 636</b>	<b>35 218</b>

Tabelle 25: Gesundheitskosten durch verkehrsbedingte Luftverschmutzung in der Bundesrepublik Deutschland 1995, Werte in Millionen DM/Jahr.

Insgesamt ergeben sich bei der mittleren Berechnung Gesamtkosten in Höhe von 28,13 Milliarden DM pro Jahr. Die Minimalberechnung ergibt 21,6 und die Maximalberechnung 35,2 Milliarden DM pro Jahr.

Entsprechend der Schweizer Studie ist darauf hinzuweisen, daß in der Berechnung nicht alle gesundheitlichen Effekte der verkehrsbedingten Luftverschmutzung berücksichtigt werden. Auf die Quantifizierung verschiedener wichtiger Effekte (z.B. die Auswirkung der Luftverschmutzung auf die Kanzerogenität) mußte im Rahmen dieser Untersuchung verzichtet werden. Für die berechneten Effekte gilt, daß sie auf einer nachgewiesenen epidemiologischen Evidenz zwischen Luftverschmutzung und Auftretenswahrscheinlichkeit des Krankheitsbildes beruhen. Zusätzlich ist zu beachten, daß für die Berechnung der verkehrsbedingten Gesundheitsschäden die Schadstoffbelastung der Bevölkerung vorsichtig eingeschätzt wurde, weil die Schadstoffbelastung nur nach dem Wohnort, nicht nach dem Aufenthaltsort berechnet wurde. Dies führt tendenziell zu einer Unterschätzung, da insbesondere Berufstätige und Schüler tagsüber aus weniger stark belasteten Wohnorten in stärker belastete Zentren pendeln und sich dort aufhalten.

## 7 Externe Kosten

Verkehr in seiner heutigen Art und Quantität hat vielfältige Auswirkungen. Sieht man von neutralen Wirkungen ab, lassen sich diese Auswirkungen entweder in Vorteile (Nutzen) oder Nachteile (Kosten) einteilen. Während die Vorteile in aller Regel ausschließlich den Verkehrsteilnehmern oder über Marktprozesse mit diesen Verbundenen zugute kommen<sup>29</sup>, treffen die Nachteile des Verkehrs neben den Verkehrsteilnehmern selbst auch in erheblichem Maße die Allgemeinheit. Die Vorteile werden über den Marktpreis des Verkehrs geregelt. Die vom Halter eines Kraftfahrzeugs bisher zu entrichtenden Kosten sind ein direktes Äquivalent für den ihm mit dem Fahrzeug entstehenden Nutzen (Art und Ausstattung des Fahrzeugs, Energiegehalt des Kraftstoffs, Kfz-Steuer und Mineralölsteuer zur Abdeckung der staatlichen Kosten für Wegebau und -unterhaltung). Den Nachteilen des Verkehrs dagegen steht kein Marktpreis gegenüber. Es ist für den Verursacher kosten- und folgenlos, Nachteile für die Allgemeinheit zu verursachen. Diese Art von Nachteilen bezeichnet man deshalb als externe Effekte und, sofern sie sich in Kosten niederschlagen, als externe Kosten. Externe Kosten des Verkehrs werden zwar vom Verkehr verursacht, nicht jedoch von ihm bezahlt.

Überall dort, wo durch eine Aktivität externe Kosten entstehen, die nicht vom Verursacher getragen werden, sind die ansonsten gut funktionierenden Regelmechanismen der Marktwirtschaft außer Kraft gesetzt. Die externe Kosten verursachende Tätigkeit ist zu billig und wird deshalb stärker nachgefragt als es bei einer Anrechnung der tatsächlichen Preise der Fall wäre.

Diese aus der marktwirtschaftlichen Theorie herleitbaren Zusammenhänge lassen sich an der Entwicklung des Straßenverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland in den letzten Jahrzehnten in der Praxis studieren. Entsprechend seiner Umweltbelastungen (Schadstoffemissionen, klimawirksame Gase, Lärm, Flächenverbrauch, Behinderung anderer Aktivitäten) und sozialen Auswirkungen (z.B. Verkehrsunfälle) verursacht der Straßenverkehr erhebliche externe Kosten, die nicht von ihm, sondern von der Allgemeinheit oder von zukünftigen Generationen getragen werden müssen.

Eine ökologisch ausgerichtete Steuer, die ein Äquivalent für die externen Kosten des Verkehrs darstellen würde, existiert bisher nicht. Diese für ein Fahrzeug aufzubringenden Kosten haben sich in den letzten 40 Jahren, sowohl gemessen als Anteil am Haushaltseinkommen als auch im Vergleich zu den sonstigen Lebenshaltungskosten, deutlich gesenkt. Der reale Benzinpreis ist mit kurzen Unterbrechungen nahezu stetig gesunken.

---

<sup>29</sup>

Huckestein, B. und Verron, H., Externe Effekte des Verkehrs in Deutschland, Umweltbundesamt, Berlin, 1996

Als Folge dieser verzerrten Marktverhältnisse sind in den letzten Jahrzehnten sowohl die Fahrleistungen im Straßenverkehr als auch die dadurch verursachten Umweltauswirkungen deutlich gestiegen. Im Zeitraum zwischen 1970 und 1990 nahm der PKW-Verkehr um 70% und der LKW-Verkehr um 100% zu. Aufgrund dieses enormen Wachstums entwickelte sich der Kraftfahrzeugverkehr heute zur wichtigsten Ursache von Luftverschmutzung, Lärm und Flächenverbrauch.

Externe Kosten sind volkswirtschaftlich problematisch, weil sie zu Fehlentscheidungen und zu Verschwendung von lebensnotwendigen knappen Ressourcen führen. Marktteilnehmer, hier die Nutzer von PKW und LKW, verhalten sich so, als würden diese Kosten nicht existieren, weil sie dafür keinen Preis entrichten müssen. Dies hat direkt zur Folge, daß Fahrten und Transporte unternommen werden, auf die bei Beachtung und Verrechnung der externen Kosten verzichtet würde, da dann die Gesamtkosten dieser Fahrten größer wären als der Nutzen. Um der Verschwendung knapper Ressourcen Einhalt zu gebieten, muß der Staat eingreifen und diese bisher externen Kosten internalisieren. Er muß der sauberen Luft wie anderen Umweltgütern einen Preis geben. Es kann nicht erwartet werden, daß dies der Markt von sich aus regelt, indem z.B. der PKW- oder LKW-Verkehr oder die Automobilwirtschaft einen freiwilligen Beitrag zur Bezahlung dieser Kosten entrichtet. Die Internalisierung externer Kosten ist nur über staatliche festgesetzte Abgaben möglich.

## 8 Ausblick

Die in dieser Studie in der mittleren Berechnung ermittelten Gesundheitskosten durch den Verkehr in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1995 in Höhe von 28,13 Milliarden DM pro Jahr stellen nur einen Teil der durch den Verkehr verursachten Gesundheitskosten dar.

Folgende Kosten wurden sowohl in der Schweizer Studie als auch in dieser Übertragung auf die Bundesrepublik Deutschland nicht erfaßt:

Physikalische Ebene: Gesundheitskosten durch Verkehrsunfälle (siehe dazu z.B. UPI 1994<sup>30</sup>, UPI 1997<sup>31</sup>); Gesundheitskosten durch Verkehrslärm

Chemische Ebene: Gesundheitskosten durch Sommersmog: Das verwendete Berechnungsverfahren verwendet die Konzentration von PM<sub>10</sub>-Partikeln als Leitindikator für die Luftbelastung. Damit werden die konventionellen Schadstoffe wie Feinstaub,

---

<sup>30</sup> UPI-Bericht 21, Umweltauswirkungen von Finanzinstrumenten im Verkehrsbereich, 4.erw. Auflage, Juli 1994

<sup>31</sup> UPI-Bericht 42, Möglichkeiten der Einsparung volkswirtschaftlicher Kosten durch Geschwindigkeitsbegrenzung, Mai 1997



Stickoxide, Kohlenwasserstoffe, Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid sowohl nach ihrer geographischen wie zeitlichen Verteilung gut abgedeckt. Nicht erfaßt wird in dem verwendeten Rechenmodell die Luftbelastung durch Photooxydantien wie Ozon (Sommersmog als sekundäre Luftbelastung), die durch den Leitindikator PM<sub>10</sub> weder zeitlich noch räumlich beschrieben wird.

Zwischen der sekundären Luftbelastung und der konventionellen Luftbelastung bestehen folgende Systemunterschiede:

<b>Merkmal</b>	<b>konventionelle Schadstoffe</b>	<b>Sommersmog</b>
Entfernungsabhängigkeit	Immission nimmt mit Entfernung von der Quelle (Straße) ab	Immission nimmt mit Entfernung von der Quelle zu
Medizinische Schwellenwerte	Medizinische Schwellenwerte werden selten überschritten	Medizinische Schwellenwerte werden häufig überschritten
Betroffene Bevölkerung	im wesentlichen Anwohner von Hauptverkehrsstraßen	Gesamtbevölkerung
Gesundheitsschäden	Atemwegserkrankungen, Arbeitsunfähigkeit, Krankenhausaufnahmen, Mortalität, Asthma, Krebs	Atemwegserkrankungen, Arbeitsunfähigkeit, Krankenhausaufnahmen, Störung der Immunabwehr, Asthma, Mortalität, Einschränkung der körperlichen Leistungsfähigkeit, event. Krebs
Zeitpunkt der Schäden	gesamtes Jahr, abhängig von Wetterlage	Sommerhalbjahr während Sommersmog-Perioden
Zeitdimension der Schäden	Schäden in der Regel nach langfristiger Einwirkung	Schäden in der Regel nach kurzfristiger Einwirkung
Tendenz der Immissionen	Immissionen nehmen langsam ab	Immissionen nehmen langsam zu

Tabelle 26: Systemunterschiede zwischen konventioneller und sekundärer Luftbelastung

Das Bundesarbeitsministerium empfiehlt für Beschäftigte im Außenbereich ab Ozonkonzentrationen von 180 µg/m<sup>3</sup> Arbeitseinschränkungen.<sup>32</sup> Dieser Schwellenwert wurde in den einzelnen Bundesländern der Bundesrepublik Deutschland in den letzten Jahren an 5 bis 45 Tagen im Jahr überschritten. Die der Volkswirtschaft durch Arbeitseinschränkungen bzw. den Arbeitnehmern durch unterlassene Arbeitseinschränkungen während Sommersmogperioden entstehenden Kosten sind bisher nicht berechnet.

<sup>32</sup> Bekanntmachung des Bundesministerium für Arbeit vom 2.5.1996, Arbeitsschutzmaßnahmen für Arbeiten im Freien bei witterungsbedingter erhöhter Ozonkonzentration in der Außenluft, Bundesarbeitsblatt, 6/1996, X6201

Bei Ozon muß nach neueren Untersuchungen mit einer kokanzeroenen Wirkung gerechnet werden. Beim Menschen nachgewiesen ist inzwischen die Auslösung von DNA-Brüchen in nasalen Epithelzellen durch Ozon.<sup>33</sup>

Durch zahlreiche Untersuchungen der letzten Jahre ist die wichtige Rolle von Ozon bei der Entstehung von Asthma beim Menschen nachgewiesen (zusammengefaßt in GREENPEACE<sup>34</sup>). Die durch Ozon verursachten Asthmakosten sind in den von der Schweizer Studie berechneten Asthmakosten nicht enthalten.

Berechnungen am UPI-Institut aufgrund neuerer epidemiologischer Untersuchungen ergaben, daß durch Sommersmog in der Bundesrepublik Deutschland pro Jahr zwischen 3 200 und 4 400 Todesfälle verursacht werden.. (UPI 1999<sup>35</sup>)

Medizinische Ebene: Das Berechnungsverfahren der Schweizer Studie erfaßt auch bei der konventionellen Luftbelastung nur einen Teil der medizinischen Folgen (siehe Seite 14). Insbesondere werden Krebserkrankungen als langfristige Folge konventioneller Schadstoffe aus dem Verkehr (vor allem durch Dieselrußpartikel, Benzol und andere Kohlenwasserstoffe) nicht erfaßt. Eine Studie des UPI-Instituts berechnet für die Bundesrepublik Deutschland allein durch Dieselrußpartikel und Benzol-Immissionen 8 000 Krebsfälle pro Jahr. (UPI 1999<sup>36</sup>)

Ebenso werden Allergien, bei deren Zunahme in den letzten Jahrzehnten Luftschadstoffe eine wichtige Rolle spielen, nicht berücksichtigt.

## 9 Zusammenfassung

Der Kraftfahrzeugverkehr ist heute in der Bundesrepublik Deutschland die wichtigste Ursache der Luftverschmutzung, des Lärms und des Flächenverbrauchs. Obwohl seit Jahrzehnten durch zahlreiche epidemiologische Untersuchungen bekannt ist, daß durch Luftschadstoffe aus dem Kraftfahrzeugverkehr eine Vielzahl von Krankheiten in der Bevölkerung entsteht, existierte bisher keine detaillierte Berechnung der dadurch entstehenden volkswirtschaftlichen Kosten für die Bundesrepublik Deutschland.

---

<sup>33</sup> Calderon-Garciduenas et al., DNA strand breaks in human nasal respiratory epithelium are induced upon exposure to urban pollution. In: Environmental Health Perspectives, Vol. 104, No. 2, Feb. 1996

<sup>34</sup> GREENPEACE, Gesundheitsschäden durch bodennahes Ozon, Markus Budinger, Hamburg, Juni 1996

<sup>35</sup> UPI-Bericht 47, "Neue medizinische Erkenntnisse über die gesundheitlichen Auswirkungen von Sommersmog, Berechnung der durch Ozon verursachten Todesfälle in der Bundesrepublik Deutschland", Juli 1999

<sup>36</sup> UPI-Bericht 44, "Krebsrisiko durch Benzol und Dieselrußpartikel an Straßen", 4. Auflage Juli 1999

Im Gegensatz zur Bundesrepublik wurde im Jahr 1996 im Auftrag der Schweizer Bundesregierung ein breit angelegtes Projekt zur Berechnung der externen Kosten des Verkehrs abgeschlossen. Darin wurden zum ersten Mal umfassend Gesundheitsschäden und volkswirtschaftliche Kosten durch die Emissionen des Verkehrs berechnet. Da dieses Projekt des Dienstes für Gesamtverkehrsfragen des Eidgenössischen Verkehrs- und Energiewirtschafts-Departements das Problem grundlegend und methodisch einwandfrei bearbeitet hat, beauftragte GREENPEACE Deutschland das UPI - Umwelt- und Prognose-Institut Heidelberg mit der Übertragung der Schweizer Studie auf die Bundesrepublik Deutschland. Grundlage der Übertragung war die an insgesamt 464 Meßstellen im Jahr 1995 gemessene Luftbelastung der Bevölkerung, die dem UPI-Institut dankenswerterweise durch das Umweltbundesamt auf Datenträger zur Verfügung gestellt wurde.

Tabelle 27 und Tabelle 28 zeigen zusammengefaßt die in dieser Studie zum ersten Mal berechneten verkehrsbedingten Gesundheitsschäden und die dadurch entstehenden volkswirtschaftlichen Kosten.

Die Berechnung ergibt, daß in der Bundesrepublik Deutschland u.a. über 25 000 Menschen pro Jahr durch die Feinstaub-Emissionen des Verkehrs getötet werden. Das sind fast dreimal so viele, wie durch Verkehrsunfälle umkommen.

Indikator	Mittelwert	Minimum	Maximum	Einheit
Gesamtsterblichkeit	25 569	19 154	32 584	Todesfälle/Jahr
Chronische Bronchitis (Erw.)	218 226	125 121	305 935	Krankheitsfälle/Jahr
Invaliditätsfälle d.Chron. Bronchitis	115	66	161	Invaliditätsfälle/Jahr
Husten/Auswurf (Erw.)	92 408 424	30 774 251	160 216 070	Tage/Jahr
Bronchitis (Kinder)	313 145	167 628	490 259	Krankheitsfälle/Jahr
Wiederholt Husten (Kinder)	1 440 768	1 083 246	1 831 963	Krankheitsfälle/Jahr
Hospitalisation (Atemwege)	597	390	813	Hospitalisationen/Jahr
Hospitalisation (Atemwege)	9 273	6 053	12 624	Pflegetage/Jahr
Hospitalisation (kardiovaskulär)	587	392	718	Hospitalisationen/Jahr
Hospitalisation (kardiovaskulär)	8 162	5 439	9 978	Pflegetage/Jahr
Arbeitsunfähigkeit	24 620 503	22 726 295	26 754 940	Tage /Jahr
Asthmatiker- Tage mit Attacken	14 122 715	8 241 076	20 300 159	Tage/Jahr
- Tage mit Bronchodilatoren	15 064 228	11 923 753	18 211 802	Tage/Jahr

Tabelle 27: Gesundheitsschäden durch Emissionen aus dem Verkehr in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1995

Kategorie	Indikator	Mittelwert	Minimum	Maximum
Produktionsausfälle	Vorzeitige Todesfälle	17 350	12 997	22 110
	Invaliditätsfälle infolge chron. Bronchitis	128	74	180
	Spitalpflage tage	5	3	7
	Tage mit Arbeitsunfähigkeit	3 617	3 338	3 930
Immaterielle Kosten	Vorzeitige Todesfälle	6 932	5 193	8 834
	Invaliditätsfälle infolge chronischer Bronchitis	16	9	23
	Hospitalisationen	9	6	11
Stationäre Behandlungskosten	Spitalpflage tage	16	10	21
Ambulante Behandlungskosten	Fälle mit akuter Bronchitis	24	13	38
	Fälle mit chronischer Bronchitis	147	85	207
	Tage mit Asthmaattacken	18	11	26
	Tage mit Atemwegserkrankungen	7	2	12
Administrativkosten von Versicherungen	Zusätzliche med. Behandlungen	3	2	3
	Geringere Rentenleistungen	-144	-108	-184
<b>Summe</b>		<b>28 129</b>	<b>21 636</b>	<b>35 218</b>

Tabelle 28: Gesundheitskosten durch verkehrsbedingte Luftverschmutzung in der Bundesrepublik Deutschland 1995, Werte in Millionen DM/Jahr.

Insgesamt ergeben sich Kosten in Höhe von 28,13 Milliarden DM pro Jahr durch konventionelle Schadstoffe aus dem Verkehr. Dies ist eine absolute Untergrenze der volkswirtschaftlichen Kosten durch Gesundheitsschäden des Verkehrs, da in der Schweizer Studie wichtige Kostenarten wie Krebserkrankungen, Gesundheitsschäden durch Sommermog u.a. nicht quantifiziert wurden.

Die durch den Verkehr verursachten Gesundheitskosten von mindestens 28 Milliarden DM pro Jahr sind in den heutigen Preisen des Verkehrs nicht enthalten. Sie werden durch das Gesundheitswesen, die allgemeine Volkswirtschaft und von den durch Gesundheitsschäden betroffenen Menschen getragen. Sie entsprechen umgerechnet durchschnittlich 350 DM pro Einwohner und Jahr.

## 10 Anhang 1: Immissionswerte

Tabelle 29: Gemessene Schwebstaub- und daraus berechnete PM<sub>10</sub>-Immissionen an den Meßstationen in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1995.

Spalte 1: Stationskürzel; Spalte 2: Ort der Meßstation; Spalte 3: Schwebstaub in µg/m<sup>3</sup>; Spalte 4: PM<sub>10</sub> in µg/m<sup>3</sup>; Spalte 5: Gemeindegrößenklasse

1	2	3	4	5
BY001	Ansbach	54	29,7	4
BY002	Arzberg	43	23,7	2
BY003	Aschaffenburg-Krankenhaus	39	21,5	4
BY004	Kleinwallstadt (Asch.)	41	22,6	2
BY005	Aschaffenburg-Bussardwe	41	22,6	4
BY006	Augsburg-Königsplatz	68	37,4	5
BY007	Augsburg-Bourges-Platz	39	21,5	5
BY009	Bamberg	43	23,7	4
BY010	Bayreuth	43	23,7	4
BY012	Burghausen	39	21,5	2
BY014	Coburg	48	26,4	2
BY015	Erlangen-W.v.Siemensstr	38	20,9	5
BY020	Hof	40	22,0	4
BY021	Ingolstadt Rechbergstr.	35	19,3	5
BY024	Oberhaunstadt (Ingolst.	35	19,3	3
BY027	Kahl	38	20,9	3
BY028	Kehlheim Regensburgerst	44	24,2	3
BY030	Saal (Kehlh.)	41	22,6	3
BY031	Kempten	34	18,7	4
BY032	Kulmbach	42	23,1	4
BY033	Landshut	43	23,7	4
BY034	Lauf Albertistraße	42	23,1	4
BY035	Lindau	49	27,0	4
BY037	München-Stachus	60	33,0	6
BY038	München-Effnerplatz	44	24,2	6
BY039	München-Lothstr.	34	18,7	6
BY040	München-Pasing	52	28,6	6
BY045	München-Westendstraße	37	20,4	6
BY047	Naila	33	18,2	4
BY052	Neu-Ulm	44	24,2	4
BY053	Nürnberg-Willi-B.-P.(Ma	37	20,4	5
BY054	Nürnberg-Ziegelstr.	50	27,5	5
BY055	Nürnberg-Olgastraße	45	24,8	5
BY056	Fürth	48	26,4	4
BY058	Nürnberg-Muggenhof	47	25,9	5

BY059	Nürnberg-Langwasser	47	25,9	5
BY060	Nürnberg-Hauptmarkt	30	16,5	5
BY061	Passau	57	31,4	4
BY062	Regen	29	16,0	3
BY063	Regensburg-Rathaus	56	30,8	5
BY064	Regensburg-Isarstraße	31	17,1	5
BY067	Schwandorf	40	22,0	4
BY068	Schweinfurt	37	20,4	4
BY069	Selb	34	18,7	3
BY070	Sulzbach-Rosenberg	43	23,7	3
BY073	Tirschenreuth	36	19,8	3
BY075	Weiden	41	22,6	4
BY076	Würzburg-Kard.Faulh.Pla	37	20,4	5
BY078	Würzburg-T.Heuss-Platz	37	20,4	5
BY085	München-Luise-Kiesselba	54	29,7	6
BY086	München23-Flughafen	34	18,7	4
BY087	Freising	48	26,4	4
BY088	Trostberg	33	18,2	3
BY089	München-Johanneskirchen	38	20,9	5
BY091	Kirchdorf a. Inn	42	23,1	2
BW001	Karlsruhe-Mitte	25	13,8	5
BW002	Karlsruhe-West	22	12,1	5
BW004	Eggenstein	21	11,6	3
BW005	Mannheim-Nord	24	13,2	5
BW006	Mannheim-Mitte	31	17,1	5
BW007	Mannheim-Süd	30	16,5	5
BW008	Weinheim	25	13,8	4
BW009	Heidelberg	20	11,0	5
BW010	Wiesloch	24	13,2	4
BW011	Stuttgart-Zuffenhausen	27	14,9	6
BW012	Stuttgart-Mitte	24	13,2	6
BW013	Stuttgart Bad Cannstadt	28	15,4	6
BW014	Stuttgart-Hafen	20	11,0	6
BW015	Heilbronn	25	13,8	5
BW016	Neckarsulm	24	13,2	4
BW019	Ulm	27	14,9	5

BW020	Rastatt	18	9,9	4
BW021	Kehl-Süd	17	9,4	4
BW022	Kehl-Hafen (Kehl)	23	12,7	4
BW023	Weil a. Rhein	16	8,8	4
BW024	Ludwigsburg	25	13,8	4
BW025	Esslingen	24	13,2	4
BW026	Plochingen	19	10,5	3
BW027	Reutlingen	18	9,9	5
BW028	Göppingen	23	12,7	4
BW029	Aalen	23	12,7	4
BW032	Pforzheim(-Mitte)	26	14,3	5
BW033	Pforzheim-West	21	11,6	5
BW034	Waiblingen	23	12,7	4
BW035	Böblingen	20	11,0	4
BW036	Tübingen	24	13,2	4
BW037	Freudenstadt	14	7,7	4
BW038	Friedrichshafen	22	12,1	4
BW039	Villingen Schwenningen	20	11,0	4
BW040	Waldshut	23	12,7	4
BW041	Rheinfelden	25	13,8	4
BW042	Bernhausen	25	13,8	1
BW044	Mosbach	21	11,6	4
BW045	Balingen	16	8,8	4
BW046	Biberach	16	8,8	4
BW047	Calw	17	9,4	4
BW048	Ehingen	24	13,2	4
BW049	Emmendingen	21	11,6	4
BW050	Heidenheim	21	11,6	4
BW052	Konstanz	18	9,9	4
BW053	Künzelsau	18	9,9	3
BW054	Rottweil	14	7,7	4
BW056	Schwäbisch Hall	19	10,5	4
BW057	Sigmaringen	19	10,5	3
BW059	Tauberbischofsheim	21	11,6	4
BW060	Tuttlingen	17	9,4	4
BW065	Ravensburg	24	13,2	4
BW072	Bruchsal	27	14,9	4
BW073	Neuenburg	21	11,6	3
BW076	Baden-Baden	17	9,4	4
BW081	Karlsruhe-Nordwest	23	12,7	5
BW083	Freiburg-Nord	19	10,5	5
BW084	Freiburg-Mitte	22	12,1	5
BW087	Schwäbische Alb Erpfin	15	8,3	1
BW089	Wertheim	16	8,8	4
BE001	MC01 Heiligensee-Kranto	41	22,6	6
BE003	MC03 Lübars-Vierrutenbe	32	17,6	6
BE005	MC05 Tegel-Buddestraße	43	23,7	6
BE007	MC07 Falkenhagener Feld	36	19,8	6

BE008	MC08 Haselhorst-Rhenani	56	30,8	6
BE009	MC09 Flugh. Tegel-K.-Sc	37	20,4	6
BE010	MC10 Wedding-Amrumer St	44	24,2	6
BE012	MC12 Staaken-Weinmeiße	35	19,3	6
BE014	MC14 Charlottenburg-Ler	65	35,8	6
BE015	MC15 Tiergarten-Bachstr	45	24,8	6
BE017	MC17 Schmargendorf-Lent	38	20,9	6
BE018	MC18 Schöneberg-Belzige	47	25,9	6
BE023	MC23 Lankwitz-Leonorens	40	22,0	6
BE024	MC24 Mariendorf-Walnußw	39	21,5	6
BE025	MC25 Britz-Parchimer Al	36	19,8	6
BE026	MC26 Lichterfelde-Wuppe	41	22,6	6
BE027	MC27 Marienfelde-Schich	43	23,7	6
BE028	MC28 Lichtenrade-Dielin	39	21,5	6
BE029	MC29 Rudow-Großziethene	38	20,9	6
BE030	MC30 Rudow-Künneke Weg	39	21,5	6
BE032	MC32 Grunewald (4,5m)	35	19,3	6
BE034	MC42 Neukölln-Nansenstr	48	26,4	6
BE035	MC43 Tempelhof-G.Dunkel	43	23,7	6
BE044	MC71 Mitte-Parochialstr	53	29,2	6
BE045	MC72 Pankow-Blankenfeld	61	33,6	6
BE046	MC73 Weißensee-K.G.S./W	62	34,1	6
BE047	MC74 Friedrichshain-K.M	61	33,6	6
BE049	MC76 Schöneweide-Wilhel	63	34,7	6
BE050	MC78 Blankenburg	45	24,8	6
BE051	MC77 Buch	40	22,0	6
BE053	MC75 Friedrichsfelde Se	58	31,9	6
BE054	#NAME?	47	25,9	6
BE055	#NAME?	53	29,2	6
BE056	MC85 Friedrichshagen	37	20,4	6
BE057	#NAME?	69	38,0	6
BE058	#NAME?	49	27,0	6
BE059	#NAME?	52	28,6	6
BE060	#NAME?	38	20,9	6
BE061	MC117 Steglitz Schildho	55	30,3	6
HB001	HB-Mitte Th.H.A.(Schlac	27	14,9	6
HB002	HB-Ost Saarburger Str.	17	9,4	6
HB003	HB-West	27	14,9	6
HB004	HB-Nord	34	18,7	6
HB005	Bremerhaven	25	13,8	5
BB003	Brandenb-G.-Piterpl(Zen	46	25,3	4
BB006	Cottbus-Süd	39	21,5	5
BB007	Elsterwerda	46	25,3	2
BB009	Forst	42	23,1	4
BB010	Guben	37	20,4	4
BB020	Potsdam Hermannswerder	34	18,7	5
BB021	Potsdam-Centrum/Hebelst	36	19,8	5
BB024	Senftenberg-Schule	55	30,3	4

BB026	Spremberg-Süd (Kirche)	37	20,4	4
BB028	Wittenberge	44	24,2	4
BB029	Schwedt	52	28,6	4
BB030	Prennitz	44	24,2	3
BB031	Königs Wusterhausen	60	33,0	3
BB032	Eisenhüttenstadt	36	19,8	4
BB036	Luckenwalde	54	29,7	4
BB037	Rüdersdorf	53	29,2	2
BB038	Prenzlau	49	27,0	4
HE001	Darmstadt	31	17,1	5
HE002	Biebesheim	28	15,4	3
HE003	Frankfurt-Bockenheim	36	19,8	6
HE004	Frankfurt-Griesheim	42	23,1	6
HE005	Frankfurt-Höchst	34	18,7	6
HE007	Frankfurt-Niederrad	37	20,4	6
HE008	Frankfurt-Ost	36	19,8	6
HE009	Frankfurt-Sindlingen	34	18,7	6
HE010	Gießen	35	19,3	4
HE011	Hanau	35	19,3	4
HE012	Kassel-Bettenhausen	31	17,1	5
HE014	Kassel-Nord	37	20,4	5
HE015	Maintal	40	22,0	4
HE016	Mainz-Kastel	30	16,5	2
HE017	Offenbach	32	17,6	5
HE018	Raunheim	33	18,2	3
HE019	Viernheim	33	18,2	4
HE020	Wetzlar	36	19,8	4
HE021	Wiesbaden-Mitte	34	18,7	5
HE022	Wiesbaden-Süd	34	18,7	5
HE029	Dillenburg	31	17,1	4
HE030	Marburg	35	19,3	4
HE031	Fulda	34	18,7	4
HE032	Bebra	29	16,0	3
HE033	Borken	30	16,5	3
HE034	Nidda	27	14,9	3
HE035	Kassel-Süd	47	25,9	5
HH002	Lokstedt	34	18,7	6
HH005	Rahlstedt	37	20,4	6
HH006	Hochkamp	35	19,3	6
HH007	Bahrenfeld	38	20,9	6
HH008	Sternschanze	41	22,6	6
HH009	Lübeckerstr.	31	17,1	6
HH010	Horner Rennbahn	37	20,4	6
HH014	Steinwerder	40	22,0	6
HH015	Veddel	46	25,3	6
HH016	Billbrook	45	24,8	6
HH020	Kirchdorf	34	18,7	6
HH021	Tatenberg	32	17,6	6

HH022	Göhlbachtal	31	17,1	6
MV001	Selmsdorf	19	10,5	3
MV002	Rostock-Holbeinplatz	35	19,3	5
MV003	Neubrandenburg	27	14,9	4
MV004	Gülzow	19	10,5	2
MV005	Schwerin	45	24,8	5
MV006	Stralsund	40	22,0	4
MV007	Stuthof	23	12,7	
MV012	Löcknitz	21	11,6	2
NI001	Hannover-City(Welfenpla	31	17,1	5
NI004	-Hannover-Linden(Davens	37	20,4	5
NI005	Hannover-Vinnhorst	26	14,3	5
NI008	Braunschweig/City Bohlw	31	17,1	5
NI011	Braunschweig/Broitzem	25	13,8	5
NI014	Büdenstedt/Reinsdorf	27	14,9	
NI015	Salzgitter/Lebenstedt	28	15,4	4
NI016	Oker-Mitte Bei der Eich	26	14,3	
NI019	Solling/Dassel	18	9,9	3
NI020	Wolfsburg	32	17,6	5
NI021	Hann.Münden	22	12,1	4
NI022	Peine-Silberkamp	32	17,6	4
NI024	Ilse-Oelsburg	24	13,2	3
NI025	Wolfenbüttel	26	14,3	4
NI026	Harlingerode	30	16,5	
NI028	Duderstadt	25	13,8	4
NI029	Emden-City Am Eisenbahn	24	13,2	4
NI031	Wilhelmshaven/Voslapp	21	11,6	4
NI036	Nordenham-City Atenser	24	13,2	4
NI038	Osnabrück Bomblatstraße	26	14,3	5
NI039	Buxtehude	22	12,1	4
NI040	Lüneburg	31	17,1	4
NI041	Rinteln	23	12,7	4
NI042	Göttingen	24	13,2	5
NI043	Lingen	28	15,4	4
NI049	Hildesheim	29	16,0	5
NI051	Wurmberg/Braunlage	21	11,6	3
NI052	Walsrode	22	12,1	4
NI053	Cloppenburg	27	14,9	4
NW001	Werne W	40	22,0	4
NW002	Datteln D	38	20,9	4
NW003	Bergkamen B	43	23,7	4
NW004	Ickern I	50	27,5	4
NW005	Brambauer B	44	24,2	4
NW006	Niederaden N	45	24,8	4
NW007	Frohlnde Castrop-Rau F	42	23,1	4
NW008	Dortmund2 D	50	27,5	6
NW009	Asseln Dortmund-A	43	23,7	6
NW010	Unna U	33	18,2	4

NW011	Hörde	Dortmund-H	50	27,5	6
NW012	Witten	W	51	28,1	5
NW013	Schwerte	S	43	23,7	4
NW015	Sickingmühle	S	44	24,2	4
NW017	Polsum	P	47	25,9	4
NW018	Herten	H	47	25,9	4
NW019	Recklinghausen	R	45	24,8	5
NW020	Gladbeck	G	44	24,2	4
NW021	Bottrop	B	48	26,4	5
NW022	Gelsenkirchen	G	57	31,4	5
NW023	Herne	H	45	24,8	5
NW024	Vogelheim	Essen- E	50	27,5	6
NW025	Altendorf	Essen- A	52	28,6	6
NW026	Leithe	Essen- L	45	24,8	6
NW027	Bochum	B	41	22,6	5
NW028	LIS-Essen (Bredeney)	L	41	22,6	6
NW029	Hattingen	H	43	23,7	4
NW030	Wesel	W	42	23,1	4
NW031	Spellen	S	55	30,3	4
NW032	Bruckhausen	B	48	26,4	
NW033	Budberg	B	52	28,6	
NW034	Walsum	Duisburg-W	51	28,1	6
NW035	Osterfeld	O	43	23,7	5
NW036	Meerbeck	M	51	28,1	5
NW037	Meiderich	Duisburg-M	58	31,9	6
NW038	Styrum	S	52	28,6	5
NW039	Kaldenhausen	Duisburg-K	38	20,9	6
NW040	Buchholz	Duisburg-B	50	27,5	6
NW041	Krefeld-Mitte	K	41	22,6	5
NW042	Krefeld	K	50	27,5	5
NW043	Essen-Ost (Verkehr)	V	48	26,4	6
NW044	Einbrungen	Düsseld.-E	47	25,9	6
NW045	Ratingen	R	47	25,9	4
NW046	Gerresheim	Düsseld.-G	51	28,1	6
NW047	Neuss	N	49	27,0	5
NW048	Reisholz	Düsseld.-R	51	28,1	6
NW049	Hilden	H	40	22,0	4
NW050	Dormagen	D	49	27,0	4
NW051	Langenfeld	L	52	28,6	4
NW052	Pulheim	P	39	21,5	4
NW053	Chorweiler	Köln- C	51	28,1	6
NW054	Leverkusen	L	41	22,6	5
NW055	Vogelsang	Köln- V	40	22,0	6
NW056	Riehl	Köln- R	44	24,2	6
NW057	Frechen	F	37	20,4	4
NW058	Hürth	H	40	22,0	4
NW059	Rodenkirchen	Köln- R	42	23,1	6
NW060	Wesseling	W	41	22,6	4

NW061	Niederkassel	N	29	16,0	4
NW062	Bonn	B	41	22,6	5
NW063	Eggegebirge	E	33	18,2	1
NW064	Eifel	E	32	17,6	1
NW065	Rothaargebirge	R	26	14,3	1
NW067	Bielefeld	B	48	26,4	5
NW068	Soest	S	40	22,0	4
NW069	Uedesheim	U	41	22,6	5
NW070	Meerbusch	M	48	26,4	4
NW071	Lörrick	Düsseld.-L	48	26,4	6
NW072	Mörsenbroich	Düsseld.-V	56	30,8	6
NW073	Borken	B	52	28,6	4
RP001	Ludwh.-Oppau	Horst-S.	38	20,9	5
RP002	Ludwh.-Mitte	Neuer M.	34	18,7	5
RP003	Ludwh.-Mundenheim	Gui.	37	20,4	5
RP007	Mainz-Mombach	Dr.F.W.	31	17,1	5
RP008	Mainz-Goetheplatz		29	16,0	5
RP009	Mainz-Zitadelle		39	21,5	5
RP013	Westpfalz-Waldmohr		24	13,2	2
RP014	Hunsrück-Leisel	Idar	18	9,9	1
RP015	Westeifel	Wasch.(Prüm)	18	9,9	3
RP016	Westerwald-Herdorf	(Kir	23	12,7	3
RP017	Pfälzer Wald-W.	(Merza)1	18	9,9	2
RP018	Speyer	St.G.Stifts.	37	20,4	4
RP019	Kaiserslautern	Rath.P.	30	16,5	5
RP021	Neuwied	Hafenstraße 1	34	18,7	4
RP022	Bad Kreuznach	1	31	17,1	4
RP023	Worms	Hagenstraße 1	43	23,7	4
RP024	Koblenz-Friedrich-E.	R.1	37	20,4	5
RP025	Wörth	Marktplatz 1	29	16,0	3
RP028	Westerwald-Neuhäusel		20	11,0	2
SH001	Altendeich		22	12,1	
SH005	Lübeck-Schönböcken		30	16,5	5
SH006	Schleswig		28	15,4	4
SH007	Kiel-Schützenwall	Verk	35	19,3	5
SH008	Bornhöved		23	12,7	2
SH010	Lübeck-Lindenplatz	Verk	35	19,3	5
SH011	Brunsbüttel		25	13,8	3
SH016	Barsbüttel		31	17,1	3
SL003	Dillingen	Pestelstr.(Ci	34	18,7	4
SL004	Diefflen(bach)	Grabenst	31	17,1	
SL008	Nonnweiler	Stausee	21	11,6	3
SL012	Saarbr.-City	Staatskanz	28	15,4	5
SL016	-Vökl.	Moltkestraße,Cit	32	17,6	4
SN001	Annaberg-Buchholz	Ratha	35	19,3	4
SN004	Bautzen	Stiebestr.(Flei	40	22,0	4
SN005	Böhlen		48	26,4	3
SN006	Borna		75	41,3	4



SN008	Chemnitz-Mitte1	54	29,7	5
SN011	Chemnitz-Mitte2 Lohstra	39	21,5	5
SN012	Delitzsch Nordstr.(Elis	45	24,8	4
SN014	Dresden-Mitte Postplatz	51	28,1	6
SN015	Dresden-Ost	54	29,7	6
SN017	Freiberg	51	28,1	4
SN019	Glauchau	53	29,2	4
SN020	Görlitz	64	35,2	4
SN024	Klingenthal	45	24,8	3
SN025	Leipzig-Mitte2 Hbf	51	28,1	6
SN034	Olbernhau	33	18,2	3
SN036	Pirna	35	19,3	4
SN038	Plauen2-Trögerplatz	41	22,6	4
SN045	Zittau-Ost	36	19,8	4
SN047	Zwickau-Zentrum	61	33,6	3
SN048	Auerbach	54	29,7	2
SN049	Carlsfeld DWD	18	9,9	2
SN050	Hoyerswerda	35	19,3	4
SN051	Radebeul-Wahnsdorf	39	21,5	4
SN052	Zinnwald	19	10,5	1
SN053	Fichtelberg DWD	17	9,4	1
SN057	Mittelndorf	28	15,4	1
SN059	Leipzig-West Nikolaistr	35	19,3	6
SN060	Chemnitz-Nord Wilhelm-K	48	26,4	5
SN061	Dresden-Nord Schlesisch	66	36,3	6
ST002	Burg B	31	17,1	4
ST005	Magdeburg-Zentrum/Uni.M	42	23,1	5
ST006	Magdeburg-Zentrum/Ost M	49	27,0	5
ST007	Schönebeck S	53	29,2	4
ST009	Halberstadt H	37	20,4	4
ST011	Wernigerode W	37	20,4	4
ST014	Bitterfeld, Lindenal. B	37	20,4	4
ST015	Greppin G	43	23,7	2
ST018	Hettstedt H	41	22,6	4
ST022	Halle-Zentrum(Stadtpt.)H	41	22,6	5
ST023	Halle-Nord H	43	23,7	5
ST025	Merseburg M	41	22,6	4
ST028	Zeitz Z	38	20,9	4
ST029	Bernburg B	68	37,4	4
ST030	Dessau D	34	18,7	4
ST031	Bad Dürrenberg D	34	18,7	3
ST032	Genthin G	40	22,0	3
ST033	Köthen K	37	20,4	4
ST034	Quedlingburg Q	30	16,5	4
ST036	Zerbst Z	34	18,7	3
ST067	Wolfen R.-Koch-Straße W	32	17,6	
ST068	Pouch P	30	16,5	2
ST069	Salzwedel S	23	12,7	4

ST070	Harzgerode H	23	12,7	3
ST071	Sangershausen S	36	19,8	4
ST072	Halle Ost H	38	20,9	5
ST074	Halle-Südwest H	39	21,5	5
ST075	Halle Merseburger H	51	28,1	5
ST077	Magdeburg-West(Stadt M	45	24,8	5
ST078	Naumburg Graf-S.-Str. N	49	27,0	4
ST079	Schkopau S	41	22,6	2
ST081	Weißenfels Promena (V W	45	24,8	4
TH002	Gera Berliner Str. (Nor	68	37,4	5
TH005	Saalfeld	40	22,0	4
TH008	Pößnek	75	41,3	3
TH009	Gera Friedericistr.(Wes	48	26,4	5
TH011	Altenburg	51	28,1	4
TH013	Eisenach	44	24,2	4
TH017	Apolda	42	23,1	4
TH018	Nordhausen	46	25,3	4
TH020	Erfurt-Mitte/Krämpferst	58	31,9	5
TH021	Mühlhausen	47	25,9	2
TH024	Ilmenau	37	20,4	4
TH025	Meiningen Bernhardstr.	43	23,7	4
TH029	Sonneberg	36	19,8	4
TH031	Suhl	48	26,4	4
TH032	Gotha	52	28,6	4
TH036	Greiz Mollbergstr.	50	27,5	4
TH038	Rudolfstadt Marktstr.	44	24,2	4
TH039	Weimar Sophienstiftspl.	68	37,4	4
TH041	Jena Dammstraße	43	23,7	5
UB002	Deuselbach	20	11,0	1
UB003	Brotjacklriegel	21	11,6	1
UB004	Schauinsland	11	6,1	1
UB005	Waldhof	15	8,3	1
UB006	Hohenwestedt (W I)	20	11,0	2
UB009	Meinerzhagen (W IV)	23	12,7	3
UB012	Rottenburg (W VIII)	20	11,0	3
UB013	Ansbach (W IX)	17	9,4	4
UB016	Gittrup	20	11,0	
UB017	Regnitzlosau	19	10,5	2
UB018	Herleshausen	19	10,5	2
UB019	Schleiz	25	13,8	3
UB020	Schwerin	28	15,4	5
UB021	Wiesenburg	20	11,0	2
UB022	Angermünde	29	16,0	4
UB023	Dobberlug-Kirchhain	26	14,3	3
UB024	Kyritz	30	16,5	3
UB025	Lindenberg	29	16,0	2
UB026	Uecker münde	27	14,9	3
UB027	Teterow	26	14,3	3

UB028	Zingst	14	7,7	1
UB029	Schmücke	16	8,8	1
UB030	Neuglobsow	18	9,9	1
UB031	Lückendorf	29	16,0	1
UB032	Leinefelde	25	13,8	3

UB033	Melpitz	28	15,4	
UB034	Helgoland	21	11,6	2
UB035	Lehnmühle	22	12,1	
UB036	Murnauer Moos	23	12,7	2

Tabelle 29: Schwebstaub- und PM<sub>10</sub>-Konzentrationen der Meßstationen in der Bundesrepublik Deutschland, Jahresmittelwerte 1995.

## 11 Anhang 2: Berechnung der Gesundheitsschäden durch Immissionen

### 11.1.1 Mortalität

Gemeindegröße	Anzahl Todesfälle		
	Gesamt	ohne Verkehr	verkehrsbedingte Todesfälle
-1 000	32 715	32 319	396
-5 000	113 856	111 003	2 853
-20 000	203 674	198 593	5 081
-100 000	218 898	212 012	6 886
-500 000	144 003	139 090	4 912
> 500 000	126 321	120 881	5 440
Summe	839 467	813 898	25 569

Tabelle 30: Verkehrsbedingte Todesfälle in der Bundesrepublik Deutschland

### 11.1.2 Chronische Bronchitis bei Erwachsenen

Gemeindegröße	Chronische Bronchitis		
	Gesamt	ohne Verkehr	verkehrsbedingte Fälle
-1 000	47 826	44 809	3 018
-5 000	185 491	161 945	23 546
-20 000	331 328	289 449	41 879
-100 000	373 467	314 777	58 689
-500 000	249 715	207 404	42 311
> 500 000	232 533	183 751	48 783
Summe	1 420 360	1 202 134	218 226

Tabelle 31: Verkehrsbedingte Fälle von Chronischer Bronchitis in der Bundesrepublik Deutschland

Gemeindegroße	Invalidität Chron.Bronchitis		
	Gesamt	ohne Verkehr	verkehrsbedingte Fälle
-1 000	25	24	2
-5 000	98	85	12
-20 000	174	152	22
-100 000	197	166	31
-500 000	131	109	22
> 500 000	122	97	26
Summe	748	633	115

Tabelle 32: Verkehrsbedingte Invaliditätsfälle aufgrund Chronischer Bronchitis in der Bundesrepublik Deutschland

### 11.1.3 Andere Atemwegssymptome bei Erwachsenen

Gemeindegroße	Husten/Auswurf (Erwachsene)		
	Gesamt	ohne Verkehr	verkehrsbedingte Fälle
-1 000	40 781 716	39 415 164	1 366 553
-5 000	148 428 012	138 256 348	10 171 664
-20 000	265 355 687	247 250 966	18 104 721
-100 000	290 860 162	265 983 993	24 876 168
-500 000	192 633 777	174 810 585	17 823 192
> 500 000	173 203 051	153 136 925	20 066 126
Summe	1 111 262 405	1 018 853 982	92 408 424

Tabelle 33: Verkehrsbedingte Fälle anderer Atemwegssymptome in der Bundesrepublik Deutschland

### 11.1.4 Chronische Bronchitis bei Kindern

Gemeindegroße	Bronchitis (Kinder)		
	Gesamt	ohne Verkehr	verkehrsbedingte Fälle
-1 000	50 941	46 794	4 147
-5 000	205 712	172 362	33 350
-20 000	367 245	307 956	59 290
-100 000	421 366	337 220	84 146
-500 000	283 455	222 549	60 906
> 500 000	269 893	198 587	71 306
Summe	1 598 613	1 285 468	313 145

Tabelle 34: Verkehrsbedingte Fälle von Chronischer Bronchitis bei Kindern in der Bundesrepublik Deutschland

### 11.1.5 Andere Atemwegssymptome bei Kindern

Gemeindegroße	wiederh. Husten Kinder		
	Gesamt	ohne Verkehr	verkehrsbedingte Fälle
-1 000	152 793	135 220	17 573
-5 000	665 850	516 241	149 609
-20 000	1 187 467	921 724	265 743
-100 000	1 408 873	1 022 531	386 342
-500 000	958 655	676 874	281 781
> 500 000	951 935	612 216	339 719
Summe	5 325 573	3 884 805	1 440 768

Tabelle 35: Verkehrsbedingte Fälle anderer Atemwegssymptome bei Kindern in der Bundesrepublik Deutschland

### 11.1.6 Aufnahme in Krankenhäuser

Gemeindegroße	Krankenhausaufnahme Atemwege		
	Gesamt	ohne Verkehr	verkehrsbedingt
-1 000	2 285	2 276	9
-5 000	7 822	7 755	67
-20 000	13 996	13 877	119
-100 000	14 934	14 773	161
-500 000	9 800	9 685	115
> 500 000	8 519	8 393	126
Summe	57 355	56 758	597

Tabelle 36: Krankenhausaufnahmen wegen verkehrsbedingter Atemwegssymptome in der Bundesrepublik Deutschland

Gemeindegroße	Krankenhauspflegetage Atemwege		
	Gesamt	ohne Verkehr	verkehrsbedingt
-1 000	35 470	35 324	146
-5 000	121 427	120 387	1 040
-20 000	217 265	215 412	1 852
-100 000	231 820	229 322	2 498
-500 000	152 127	150 348	1 779
> 500 000	132 242	130 284	1 958
Summe	890 350	881 077	9 273

Tabelle 37: Krankenhauspflegetage wegen verkehrsbedingter Atemwegssymptome in der Bundesrepublik Deutschland

Gemeindegroße	Kr.hausaufnahme kardiovask.		verkehrsbedingte Fälle
	Gesamt	ohne Verkehr	
-1 000	3 669	3 660	9
-5 000	12 521	12 455	66
-20 000	22 404	22 287	117
-100 000	23 871	23 713	158
-500 000	15 657	15 545	113
> 500 000	13 586	13 462	124
Summe	91 709	91 121	587

Tabelle 38: Krankenhausaufnahmen wegen verkehrsbedingter kardiovaskulärer Erkrankungen in der Bundesrepublik Deutschland

Gemeindegroße	Kr.h.pflegetage kardiovask.		verkehrsbedingte Fälle
	Gesamt	ohne Verkehr	
-1 000	50 978	50 848	129
-5 000	173 948	173 031	916
-20 000	311 253	309 621	1 632
-100 000	331 629	329 431	2 198
-500 000	217 518	215 953	1 565
> 500 000	188 746	187 025	1 721
Summe	1 274 071	1 265 910	8 162

Tabelle 39: Krankenhauspflegetage wegen verkehrsbedingter kardiovaskulärer Erkrankungen in der Bundesrepublik Deutschland

### 11.1.7 Arbeitsunfähigkeit

Gemeindegroße	Arbeitsunfähigkeitstage		verkehrsbedingte Fälle
	Gesamt	ohne Verkehr	
-1 000	13 233 629	12 864 962	368 667
-5 000	47 594 134	44 874 111	2 720 022
-20 000	85 101 375	80 259 304	4 842 071
-100 000	92 793 290	86 164 626	6 628 664
-500 000	61 346 220	56 602 400	4 743 820
> 500 000	54 797 098	49 479 840	5 317 258
Summe	354 865 746	330 245 242	24 620 503

Tabelle 40: Aktivitätseinschränkung (Arbeitsabsenz, Bettlägrigkeit) wegen verkehrsbedingter Erkrankungen in der Bundesrepublik Deutschland,

### 11.1.8 Effekte bei Asthmatikern

Gemeindegröße	Asthmaattacken, Tage		
	Gesamt	ohne Verkehr	verkehrsbedingte Fälle
-1 000	15 007 084	14 789 369	217 715
-5 000	52 488 011	50 914 434	1 573 577
-20 000	93 887 659	91 085 554	2 802 105
-100 000	101 126 143	97 322 889	3 803 254
-500 000	66 575 852	63 861 326	2 714 526
> 500 000	58 561 228	55 549 690	3 011 538
Summe	387 645 977	373 523 262	14 122 715

Tabelle 41: Tage mit verkehrsbedingten Asthmaattacken in der Bundesrepublik Deutschland

Gemeindegröße	Asthma, Tage m. Bronchodilatoren		
	Gesamt	ohne Verkehr	verkehrsbedingt
-1 000	16 007 555	15 775 325	232 229
-5 000	55 987 208	54 308 725	1 678 482
-20 000	100 146 828	97 157 916	2 988 912
-100 000	107 867 877	103 811 073	4 056 803
-500 000	71 014 237	68 118 742	2 895 494
> 500 000	62 465 305	59 252 998	3 212 307
Summe	413 489 008	398 424 780	15 064 228

Tabelle 42: Tage mit Benutzung von Bronchodilatoren wegen verkehrsbedingter Asthmaattacken in der Bundesrepublik Deutschland

## 12 Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1: Epidemiologische Evidenz der Auswirkungen von Luftverschmutzung auf die Gesundheit (nach GVF, 1996) .....	5
Tabelle 2: Berücksichtigte gesundheitliche Auswirkungen von Luftverschmutzung (nach GVF 1996) .	5
Tabelle 3: Gesamtschätzer für % Anstieg der Mortalität pro 10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub> .....	7
Tabelle 4: Gesamtschätzer für % Anstieg der kurzfristigen Mortalität (aufgrund von Zeitreihenanalysen) pro 10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub> respektive 10 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> .....	7
Tabelle 5: Gesamtschätzer für % Anstieg von chronischer Bronchitis (Prävalenz) pro 10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub> bei Erwachsenen (Alter 15 Jahre und älter) .....	8
Tabelle 6: Gesamtschätzer für % Anstieg von chronischer Bronchitis (Prävalenz) pro 10 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> bei Erwachsenen (Alter 15 Jahre und älter) .....	8
Tabelle 7: Gesamtschätzer für % Anstieg von Atemwegssymptomen (Prävalenz) pro 10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub> bei Erwachsenen ohne chronische Bronchitis (Alter 15 Jahre und älter).....	9
Tabelle 8: Gesamtschätzer für % Anstieg von Bronchitis (Prävalenz) pro 10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub> bei Kindern und Jugendlichen (Alter bis 14 Jahre) .....	9
Tabelle 9: Gesamtschätzer für % Anstieg von Bronchitis (Prävalenz) pro 10 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> bei Kindern und Jugendlichen (Alter bis 14 Jahre) .....	10
Tabelle 10: Gesamtschätzer für % Anstieg von Atemwegssymptomen (Prävalenz) pro 10µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub> bei Kindern und Jugendlichen (Alter bis 14 Jahre).....	10

Tabelle 11: Gesamtschätzer für % Anstieg von Atemwegssymptomen (Prävalenz) pro 10 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> bei Kindern und Jugendlichen (Alter bis 14 Jahre).....	10
Tabelle 12: Gesamtschätzer für % Anstieg der Hospitalisationen pro 10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub> .....	11
Tabelle 13: Gesamtschätzer für % Anstieg der Notfallstationsbesuche (Emergency Room Visit) pro 10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub> .....	12
Tabelle 14: Gesamtschätzer für % Anstieg von Einschränkung der Aktivität (Restricted Activity Days) pro 10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub> .....	12
Tabelle 15: Gesamtschätzer für % Anstieg der Asthmaattacken bei Asthmatikern pro 10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub> .....	13
Tabelle 16: Gesamtschätzer für % Anstieg der Medikamenteneinnahme bei Asthmatikern pro 10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub> .....	13
Tabelle 17: Risikoschätzer für die prozentuale Zunahme der Gesundheitsindikatoren pro 10 µg/m <sup>3</sup> mittlere PM <sub>10</sub> -Belastung am Wohnort sowie Bezugsmengen bei mittlerer Basisbelastung der Gesamtbevölkerung (10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub> ) .....	14
Tabelle 18: Risikoschätzer für die prozentuale Zunahme der Gesundheitsindikatoren pro 10 µg/m <sup>3</sup> mittlere NO <sub>2</sub> -Belastung am Wohnort sowie Bezugsmengen bei mittlerer Basisbelastung der Gesamtbevölkerung (10 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> ) .....	14
Tabelle 19: Ausgaben der Gesetzlichen Krankenversicherung in der Bundesrepublik Deutschland in Milliarden DM/Jahr (nach Bundesminister für Gesundheit, 1997 .....	18
Tabelle 20: Kostensätze berücksichtigter Kostenarten, Bundesrepublik Deutschland 1995 .....	19
Tabelle 21: Einwohner der Bundesrepublik Deutschland nach Gemeindegrößeklassen und Bevölkerungsdichte, Bundesrepublik Deutschland 31.12.1994, Statistisches Bundesamt, 1996 .....	20
Tabelle 22: Schlüssel der Gemeindegrößeklassen in den nachfolgenden Tabellen.....	21
Tabelle 23: PM <sub>10</sub> -Konzentrationen nach Gemeindegrößeklassen und betroffener Bevölkerungszahl, Mittelwerte 1995 Bundesrepublik Deutschland .....	23
Tabelle 24: Gesundheitsschäden durch Emissionen aus dem Verkehr in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1995.....	27
Tabelle 25: Gesundheitskosten durch verkehrsbedingte Luftverschmutzung in der Bundesrepublik Deutschland 1995, Werte in Millionen DM/Jahr. ....	28
Tabelle 26: Systemunterschiede zwischen konventioneller und sekundärer Luftbelastung .....	31
Tabelle 27: Gesundheitsschäden durch Emissionen aus dem Verkehr in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1995.....	33
Tabelle 28: Gesundheitskosten durch verkehrsbedingte Luftverschmutzung in der Bundesrepublik Deutschland 1995, Werte in Millionen DM/Jahr. ....	34
Tabelle 29: Gemessene Schwebstaub- und daraus berechnete PM <sub>10</sub> -Immissionen an den Meßstationen in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1995. ....	35
Tabelle 30: Verkehrsbedingte Todesfälle in der Bundesrepublik Deutschland .....	44
Tabelle 31: Verkehrsbedingte Fälle von Chronischer Bronchitis in der Bundesrepublik Deutschland .....	44
Tabelle 32: Verkehrsbedingte Invaliditätsfälle aufgrund Chronischer Bronchitis in der Bundesrepublik Deutschland.....	45
Tabelle 33: Verkehrsbedingte Fälle anderer Atemwegssymptome in der Bundesrepublik Deutschland.....	45
Tabelle 34: Verkehrsbedingte Fälle von Chronischer Bronchitis bei Kindern in der Bundesrepublik Deutschland.....	45
Tabelle 35: Verkehrsbedingte Fälle anderer Atemwegssymptome bei Kindern in der Bundesrepublik Deutschland.....	46
Tabelle 36: Krankenhausaufnahmen wegen verkehrsbedingter Atemwegssymptome in der Bundesrepublik Deutschland.....	46
Tabelle 37: Krankenhauspflegetage wegen verkehrsbedingter Atemwegssymptome in der Bundesrepublik Deutschland.....	46
Tabelle 38: Krankenhausaufnahmen wegen verkehrsbedingter kardiovaskulärer Erkrankungen in der Bundesrepublik Deutschland.....	47
Tabelle 39: Krankenhauspflegetage wegen verkehrsbedingter kardiovaskulärer Erkrankungen in der Bundesrepublik Deutschland.....	47
Tabelle 40: Aktivitätseinschränkung (Arbeitsabsenz, Bettlägrigkeit) wegen verkehrsbedingter Erkrankungen in der Bundesrepublik Deutschland, .....	47
Tabelle 41: Tage mit verkehrsbedingten Asthmaattacken in der Bundesrepublik Deutschland .....	48
Tabelle 42: Tage mit Benutzung von Bronchodilatoren wegen verkehrsbedingter Asthmaattacken in der Bundesrepublik Deutschland.....	48