



Abschätzung der gesundheitlichen Auswirkungen einer Nachrüstung von Diesel-PKW mit Partikelfilter

Dieter Teufel
Sabine Arnold
Petra Bauer
Günter Fischer

Studie im Auftrag von Greenpeace Deutschland

UPI-Bericht Nr. 50
Juli 2005

Inhalt	Seite
1 Zusammenfassung	1
2 Einleitung.....	1
3 Definitionen	2
4 Entwicklung der Staubbelastungen.....	3
5 Wirkungen von Feinstaub auf den Menschen.....	7
6 Herkunft des Feinstaubes.....	10
7 Fahrzeugbestand.....	11
8 Grenzwerte für Feinstaub	15
9 Nachrüstung von Diesel-PKW mit Partikelfiltern	17
10 Filter ist nicht gleich Filter	18
11 Folgen einer weiteren Verzögerung der Nachrüstung	22
12 Diskussion	22
13 Tabellenverzeichnis	23

1 Zusammenfassung

Durch die Nachrüstung von Diesel-PKW mit wirksamen Partikelfiltern ließe sich die Immissionsbelastung der Bevölkerung durch lungengängigen Feinstaub während der Restlaufzeit der heutigen Diesel-PKW um ca. 26 000 Tonnen reduzieren. Dies hätte zur Folge, dass in Zukunft ca. 33 000 Todesfälle durch Feinstaub in Deutschland vermieden würden. Dadurch würden rund 28 000 Lebensjahre weniger durch Feinstaub-Immissionen zerstört werden.

Aus den medizinischen Daten lässt sich ableiten, dass jeder weitere Monat Verzögerung der Nachrüstung in Deutschland rund 400 Menschen das Leben kosten wird. Dies liegt in der Größenordnung der Zahl der pro Monat durch Straßenverkehrsunfälle getöteten Menschen. (490 getötete Unfallopfer pro Monat im Jahr 2004). Jeder Monat Verzögerung der Nachrüstung wird rund 4 200 Monate Lebenszeit von Menschen in Deutschland zerstören.

2 Einleitung

Seit Jahren ist bekannt, dass die Einatmung von Feinstaub schwere Gesundheitsschäden verursacht. Bereits Ende der 90er Jahre veröffentlichte das UPI-Institut ausführliche Untersuchungen zu diesem Thema. Der UPI-Bericht 43 „Externe Gesundheitskosten des Verkehrs in der Bundesrepublik Deutschland“¹ berechnete die Höhe der durch Feinstaub-Emissionen des Verkehrs verursachten

Gesundheitsschäden auf über 500 000 Fälle chronischer Bronchitis und rund 25 000 Todesfälle pro Jahr in der Bundesrepublik Deutschland. Der UPI-Bericht 44 „Krebsrisiko durch Benzol und Dieselrußpartikel an Straßen“² quantifizierte das Problem der durch Dieselrußpartikel verursachten Lungenkrebsfälle. Dabei ergaben sich rund 8 000 Todesfälle durch Lungenkrebs, die pro Jahr in der Bundesrepublik Deutschland durch die Emission von Dieselruß verursacht werden. Der UPI-Bericht 49 „Volkswirtschaftliche Kosten durch Dieselruß-Emissionen in der Bundesrepublik Deutschland“³ berechnete volkswirtschaftliche Kosten durch die durch Ruß-Emissionen des Kraftfahrzeugverkehrs verursachten Lungenkrebsfälle in Höhe von 2,3 Milliarden Euro pro Jahr.

3 Definitionen

- Als **Schwebstaub** bezeichnet man feste oder flüssige Teilchen in der Luft, die aufgrund ihrer geringen Größe nicht sofort zu Boden sinken, sondern eine längere Verweildauer in der Atmosphäre haben. Als Schwebstaub definiert sind Teilchen mit einem aerodynamischen Durchmesser bis rund 30 Mikrometer (μm).⁴ Das englische Wort für Schwebstaub ist Particulate Matter (PM). Die Wirkungen der Schwebstaub-Partikel hängen von der Größe und ihrer chemischen Zusammensetzung ab.
- **PM-10-Partikel** sind Schwebstaubpartikel mit einem aerodynamischen Durchmesser $<10 \mu\text{m}$. Staubteilchen dieser Größe werden im oberen Nasenraum kaum noch herausgefiltert und gelangen deshalb in das Bronchialsystem.
- **PM-2,5** sind Staubpartikel bis zu einer Größe von $2,5 \mu\text{m}$. Staubpartikel dieser Größe werden auch im oberen Bronchialsystem nicht gefiltert und gelangen deshalb bis in die Lungenbläschen.
- **Ultrafeine Partikel** sind Teilchen mit einem aerodynamischen Durchmesser $< 0,1 \mu\text{m}$. Diese Teilchen sind so klein, dass sie über die Blut/Gas-Schranke der Lungenbläschen in das Blut und von dort in alle Organe des Körpers transportiert werden können.

¹ UPI-Bericht 43, Externe Gesundheitskosten des Verkehrs in der Bundesrepublik Deutschland, 1. Aufl. März 1997, 3. Aufl. 2001

² UPI-Bericht 44, Krebsrisiko durch Benzol und Dieselrußpartikel an Straßen, 1. Aufl. Okt. 1997, 4. Aufl. Juli 2000

³ UPI-Bericht 49, Volkswirtschaftliche Kosten durch Dieselruß-Emissionen in der Bundesrepublik Deutschland, Januar 2003

⁴ Der aerodynamische Durchmesser eines Teilchens beliebiger Form, chemischer Zusammensetzung und Dichte ist gleich dem Durchmesser einer Kugel mit der Dichte $1 \text{ g pro Kubikzentimeter}$, welche in ruhender Luft dieselbe Sinkgeschwindigkeit hat wie das betrachtete Teilchen.

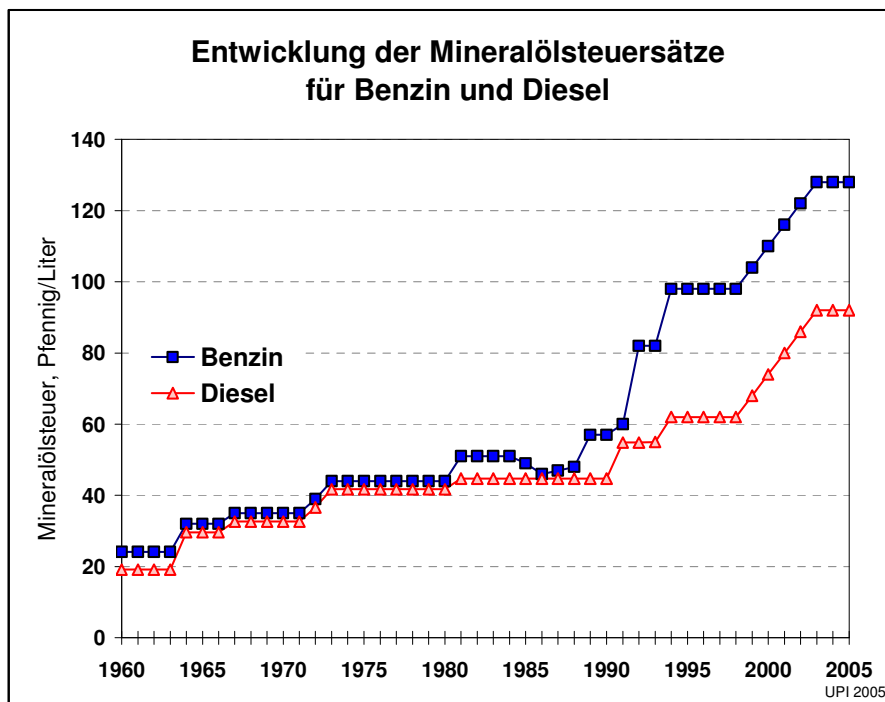
Schwebstaub kann sowohl natürlicher wie menschlicher Herkunft sein. Natürliche Quellen sind z.B. Bodenaerosole, Sandstürme, Blütenpollen u.a. Anthropogene Quellen sind Motoren, Heizungen, Industrieprozesse oder Zigarettenrauch. Bei der Schwebstaub-Messung werden die Partikel unabhängig von ihrer Herkunft erfasst. Die Herkunft der Partikel hat Einfluss auf ihre chemische Zusammensetzung, von der ihre medizinische Wirkung abhängen kann. Während Partikel aus natürlichen Quellen in der Regel inert sind oder vom menschlichen Organismus leicht abbaubare Substanzen enthalten, sind an Partikel aus Verbrennungsprozessen in der Regel schwer oder nicht abbaubare Substanzen gebunden, die z.B. im Falle von Dieselrußpartikeln kanzerogene Wirkung aufweisen können.

4 Entwicklung der Staubbelastungen

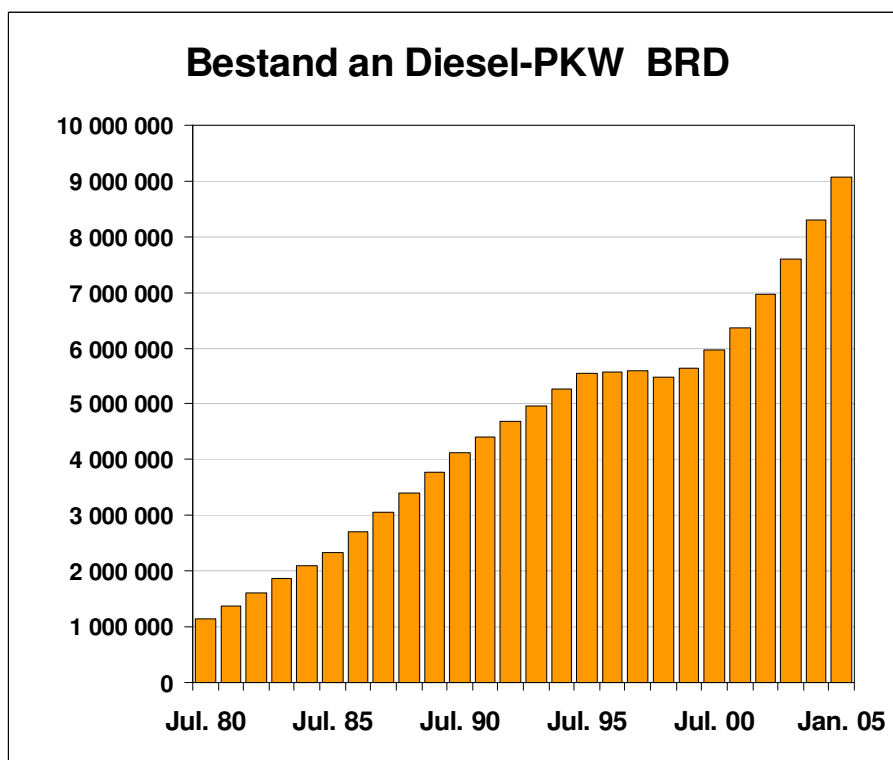
(Grob)-Staub war in der Entwicklung der Industrialisierung eine schon früh wahrnehmbare Form der Luftverschmutzung. Bereits vom Beginn des vorigen Jahrhunderts gibt es Berichte über die hohe Staubbelastung in der Umgebung z.B. der Stahlindustrie. Frühe Umweltschutzbestrebungen befassten sich deshalb vornehmlich mit der Reduktion der sichtbaren Staubbelastungen. Durch geeignete Filteranlagen konnten die Emissionen von Grobstaub seit den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts von jährlich mehr als 3 Mio t auf 0,2 Mio t heute deutlich gesenkt werden. Die Emission von Grobstaub hatte zwar weithin sichtbare Verschmutzungswirkungen (z.B. Verdreckung der im Freien aufgehängten Wäsche durch sichtbare Rußfäden), der Hauptbestandteil des Grobstaubs bestand jedoch aus Teilchen größer 10 µm, die in den oberen Atemwegen ausgefiltert werden und nicht in die Lunge gelangen.

Während das Gewicht der Gesamtstaubemissionen durch Ausfilterung vor allem der größeren Staubteilchen kontinuierlich absank, trat beim Feinstaub eine gegenläufige Entwicklung ein. Da durch die Umweltgesetzgebung die Emissionen nur durch Massengrenzwerte begrenzt wurden, reduzierte die Industrie nur das Gewicht des emittierten Staubs. Dadurch nahm der lungengängige, gefährliche Feinstaub bei den meisten Emittenten wesentlich weniger ab als das gemessene und in Statistiken erhobene Gewicht der Staubemissionen.

Besonders relevant war dies im Verkehrssektor, der durch Dieselmotoren eine wichtige Quelle für Partikelemissionen darstellt, die aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung zudem noch cancerogen wirken. Zunächst 1980 und dann in stärkerem Maße 1990 wurde durch eine Splittung der Mineralölsteuersätze für Benzin und Diesel der Dieselkraftstoff besser gestellt als Benzin. (siehe Grafik „Entwicklung der Mineralölsteuersätze für Benzin und Diesel“).



Dadurch wurde der Absatz von Dieselfahrzeugen vom Staat in zunehmendem Maße gefördert. Heute liegen die Steuersätze (Mineralölsteuer + Umsatzsteuer) bei Diesel um 21,3 Cent/Liter niedriger als bei Benzin. Dies führte zu einem entsprechenden Boom bei der Zulassung von Diesel-PKW. (siehe Grafik „Bestand an Diesel-PKW BRD“).



Ihre Zahl stieg von knapp über einer Million im Jahr 1980 auf über 9 Millionen im Jahr 2005.

Der Gesetzgeber legte auf europäischer Ebene für Neufahrzeuge zwar in Form der Euro-Normen 1 bis 4 Grenzwerte für die zulässige Emission von Dieselruß fest. Diese wurde jedoch ebenfalls nur nach ihrem Gewicht begrenzt. Dadurch entstand bei der Automobilwirtschaft automatisch das Entwicklungsziel, das Gewicht der Dieselruß-Emissionen, nicht jedoch die Zahl der Rußpartikel zu senken. Je kleiner Partikel sind, umso eher gelangen sie in die Lunge oder sogar über die Lunge in den Blutkreislauf und umso größer ist ihre Oberfläche im Vergleich zum Gewicht und damit die physiologische Interaktionsfläche gegenüber dem Organismus.

Grundlegende Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Partikel-Anzahl und Partikel-Masse wurden im Zeitraum 1996 bis 2004 durch den Deutschen Wetterdienst durchgeführt. Abbildung 1 zeigt den jeweiligen Anteil der verschiedenen Partikelgrößen an der Masse und der Anzahl der an der Messstation Hohenpeißenberg 1996 - 2004 gemessenen Staubpartikel. Die medizinisch besonders kritisch zu bewertenden Ultrafeinstaubpartikel kleiner $0,1 \mu\text{m}$ tragen danach zwar nur zu 3 % zur Gesamtstaubmasse bei, stellen jedoch den überwiegenden Anteil der Partikelanzahl und der Partikeloberfläche, von der ihre physiologische Wirkung abhängt.⁵ Messungen an verkehrsnahen Standorten ergaben, dass sich durch die Partikelgröße auch die Herkunft der Partikel aus direkten Auspuff-Emissionen und Emissionen aus Abrieb- und Aufwirbelungsprozessen unterscheiden lässt. Unterhalb von $1 \mu\text{m}$ stammen Partikel aus zwei Emissionsquellen des Verkehrs: Die Partikelgröße von $0,06 - 0,2 \mu\text{m}$ wird hauptsächlich durch die direkte Emission von Dieselruß erzeugt, Partikel mit einer Größe um $0,03 \mu\text{m}$ entstehen vor allem aus heißen Auspuffgasen durch Kondensation und Abkühlung von hohen Abgastemperaturen auf Umgebungstemperaturen. Würden durch Partikelfilter an Fahrzeugen die Partikel kleiner $0,2 \mu\text{m}$ herausgefiltert, so würde die Staubmasse zwar nur um etwa 20% (graue Fläche unter der Kurve in Abbildung 1) reduziert, die Partikelanzahl aber bis zu 90%.

⁵ Kaminski, Uwe, Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg, Minderung von Feinstaub in der Luft: Was können Dieselruß-Filter beitragen?, Global Atmosphere Watch, GAW-Brief des Deutschen Wetterdienstes, Nr. 28, Mai 2005

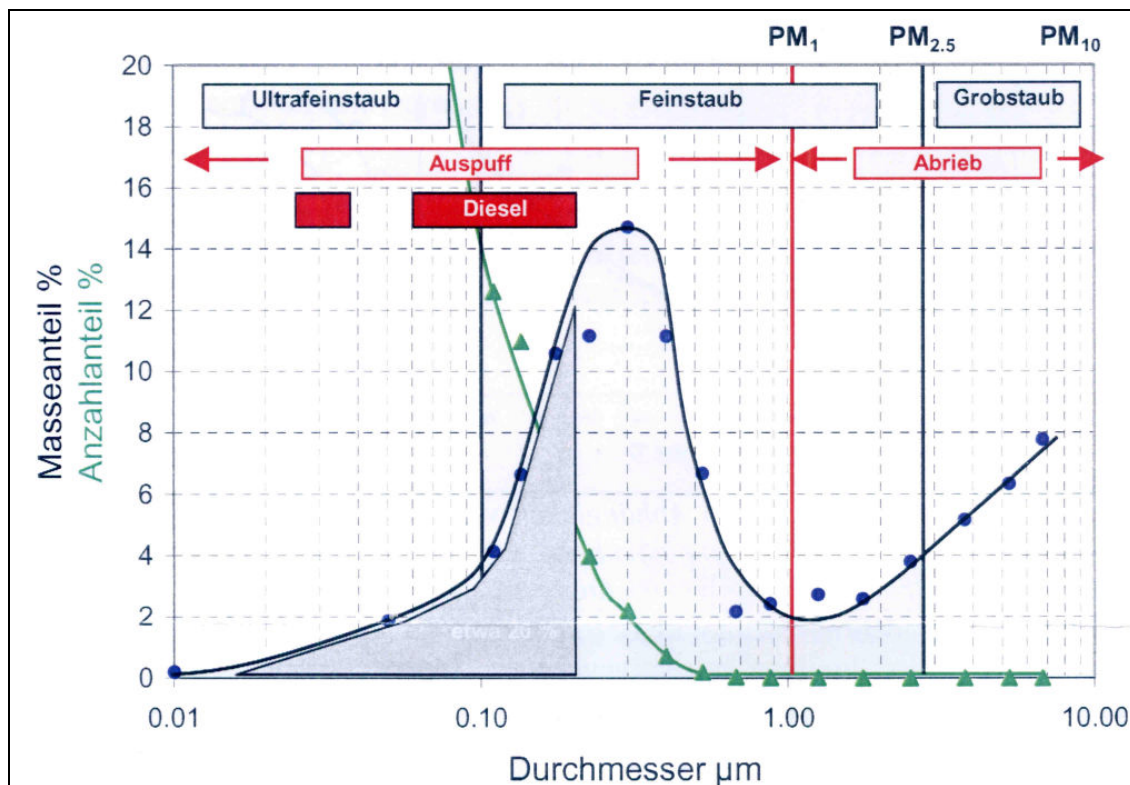


Abbildung 1: Mittlerer prozentualer Anteil der Aerosol-Größenklasse an der Gesamtanzahl der Partikel (grüne Dreiecke) und an der Gesamtstaubmasse (blaue Kreise) am Hohenpeißenberg, aus Kaminski, DWD, 2005.

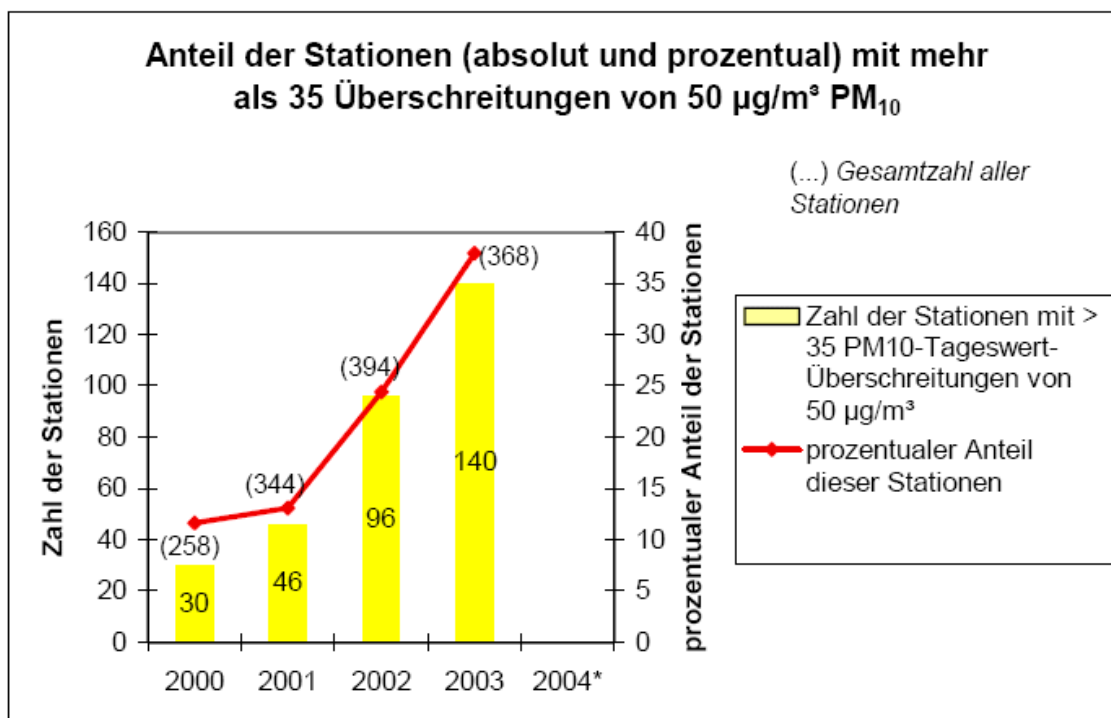
Messungen der letzten Jahre zeigen, dass die Konzentration an lungengängigem Feinstaub in Deutschland deutlich zugenommen hat. Während das Gewicht der Staub-Emissionen in den letzten Jahrzehnten zurückgegangen ist, wurden die emittierten Partikel immer kleiner. Langzeitmessungen des Deutschen Wetterdienstes an der Station Hohenpeißenberg zwischen 1995 und 2004 ergaben, dass die Gesamtanzahl der Feinstaubpartikel zwischen 0,004 und 3 µm in diesem Zeitraum kontinuierlich um etwa 50% angestiegen ist.⁶

Eine Auswertung des Umweltbundesamtes zeigt, dass der prozentuale Anteil der Messstationen, an der der PM 10-Tagesgrenzwert von 50 µg/m³ mehr als 35 mal pro Jahr überschritten wurde, von 7% im Jahr 2000 auf 35% im Jahr 2003 anstieg. (siehe nachstehende Grafik des Umweltbundesamtes⁷)

⁶ Kaminski, Uwe, Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg, Zunahme des Feinstaubes in der Luft, Global Atmosphere Watch, GAW-Brief des Deutschen Wetterdienstes, Nr. 24, September 2004

⁷ Umweltbundesamt, Hintergrundpapier zum Thema Staub/Feinstaub (PM), Berlin, März 2005

Die hier durchgeführte Berechnung betrachtet nur den Einfluss der Einführung von Dieselrußpartikel-Filtern auf die Massen-Emission der Rußpartikel. Da die medizinische Wirkung von Feinstaub jedoch vor allem von kleinen Fein- und Ultrafeinstaub-Partikeln abhängt, werden die medizinischen Effekte durch diese Rechnung unterschätzt.



5 Wirkungen von Feinstaub auf den Menschen

Es dauerte bis Anfang der 90er Jahre des letzten Jahrhunderts, bis einzelne epidemiologische Arbeiten zeigten, dass der bei der Filterung des Grobstaubs übrig gebliebene lungengängige Feinstaub bei der Einatmung schwere gesundheitliche Folgen haben kann. Zahlreiche Untersuchungen, die bereits 1995 und 1996 veröffentlicht wurden, stellten fest, dass in Zeitperioden mit erhöhter Feinstaubbelastung sowohl die Einlieferungsraten von Patienten mit Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen in Krankenhäuser als auch die Sterblichkeit an diesen Krankheiten anstiegen. Andere Studien untersuchten das Auftreten verschiedener Krankheiten in Gebieten mit langfristig erhöhter Feinstaubbelastung und verglichen diese mit Gebieten geringerer Luftbelastung. Dabei fanden sich ebenfalls erhöhte Krankheits- und Sterblichkeitsraten vor allem an Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen.

Eine erste Auswertung der bis dahin vorliegenden epidemiologischen Studien für die Belastungssituation in einem Land wurde von der Universität Basel für die Schweiz im Jahr 1996 vorgelegt.⁸ Für die Bundesrepublik Deutschland wurde im Jahr 1997 eine erste Abschätzung der Gesundheitsschäden durch Feinstaub aus dem Verkehr erstellt.⁹ Darin wurden als Folge der Feinstaub-Belastungen durch den Verkehr im Jahr 1995 folgende Gesundheitsschäden berechnet:

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 1: Gesundheitsschäden durch Feinstaubemissionen aus dem Verkehr in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1995, UPI-Bericht 43

Zusätzlich zu diesen Atemwegserkrankungen und dem Einfluss des Feinstaubes auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen ist seit Ende der 80er Jahre des letzten Jahrhunderts bekannt, dass Feinstaub-Partikel aus Diesel-Motoren sowohl im Tierexperiment als auch beim Menschen zu einer Erhöhung des Risikos für Lungenkrebs führen. Während Tierexperimente an der Ratte in den 80er Jahren eine geringe Erhöhung des Lungenkrebs-Risikos durch Dieselruß ergaben, zeigten epidemiologische Studien vor allem an beruflich Dieselruß ausgesetzten Menschen eine deutliche Risiko-Erhöhung. Eine Auswertung von 15 epidemiologischen Studien ergab bei Diesel-Abgasen ausgesetzten Menschen eine Erhöhung des Lungenkrebsrisikos zwischen 10 und 150%. Auf der Basis dieser Studien wurde im Jahr 1997 die durch die Dieselruß-

⁸ 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

⁹ Teufel, D. et al, Externe Gesundheitskosten des Verkehrs in der Bundesrepublik Deutschland, UPI-Bericht Nr. 43, Juni 1997.

Belastung der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland verursachten Lungenkrebsfälle auf ca. 8 000 pro Jahr berechnet.¹⁰

Im Jahr 2003 legte Wichmann, E. eine Abschätzung der durch Rußpartikel (nur PM_{2,5}) verursachten Todesfälle vor.¹¹ Die Berechnung von Wichmann ergab 10 000 bis 19 000 Todesfälle pro Jahr, die in Deutschland durch Abgase aus Dieselfahrzeugen verursacht werden.

In den letzten Jahren veröffentlichte die Weltgesundheitsorganisation (WHO) mehrere Studien über schwere Gesundheitsschäden durch Feinstaub, u.a. auch einen Review.^{12 13 14}

Die bisher genaueste Berechnung der Gesundheitsschäden durch Luftverschmutzung wurde im Rahmen des Clean Air For Europe-Programms (CAFE) der Europäischen Kommission durchgeführt.^{15 16} Dabei wurden für alle Mitgliedstaaten der EU für das Jahr 2000 sowohl die Immissionsbelastung als auch die Bevölkerungsstruktur erhoben und die durch die verschiedenen Luftverschmutzungskomponenten verursachten Gesundheitsschäden berechnet. Tabelle 2 zeigt die für Deutschland berechneten Werte. Danach wurden durch die Luftverschmutzung im Jahr 2000 in Deutschland 65 000 Todesfälle durch PM₁₀ und etwas über 4 000 Todesfälle durch Ozon verursacht. Durch PM₁₀ wurden in diesem Jahr etwas über 650 000 Jahre Lebenszeit bei den betroffenen Menschen in Deutschland zerstört.

¹⁰ Teufel, D. et al, Krebsrisiko durch Benzol und Dieselrußpartikel, UPI-Bericht Nr. 44, Oktober 1997, 4. Auflage Juli 2000

<http://www.upi-institut.de/upi44.htm>

¹¹ Wichmann, E., Abschätzung positiver gesundheitlicher Auswirkungen durch den Einsatz von Partikelfiltern bei Diesel-Fahrzeugen in Deutschland, GSF, Juni 2003

¹² World Health Organization, Health Aspects of air pollution – Results from the WHO Project “Systematic review of air pollution in europe”, Juni 2004

¹³ World Health Organization, Health Aspects of Air Pollution – answers to follow-up questions from CAFÉ - Report on a WHO working group meeting Bonn, Germany, 15–16 January 2004

<http://www.euro.who.int/document/E82790.pdf>

¹⁴ World Health Organization, Meta-analysis of time-series studies and panel studies of Particulate Matter (PM) and Ozone (O₃) Report of a WHO task group, 2004

<http://www.euro.who.int/document/e82792.pdf>

¹⁵ European Commission DG Environment, Baseline Scenarios for Service Contract for carrying out cost-benefit analysis of air quality related issues, in particular in the clean air for Europe (CAFE) programme, ENV.C.1/SER/2003/0027, AEAT/ED51014/ Baseline Issue 2, April 2005

http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/cafe_baseline/info/data/%2E%2E/%2E%2E/library

¹⁶ International Institute for Applied Systems Analysis, Baseline Scenarios for the Clean Air for Europe (CAFE) Programme Final Report, Laxenburg, Februar 2005

http://europa.eu.int/comm/environment/air/cafe/general/pdf/cafe_lot1.pdf

End point	End point output	Pollution	2000
Acute Mortality	Premature deaths	O ₃	4 171
Respiratory hospital admissions	Cases	O ₃	2 671
Minor Restricted Activity Days (MRADs)	Days	O ₃	10 270 246
Respiratory medication Use (Children)	Days	O ₃	4 414 591
Respiratory medication Use (Adults)	Days	O ₃	1 696 118
Cough and LRS (children)	Days	O ₃	19 349 590
Chronic mortality	Life years lost	PM	656 501
Chronic mortality	Premature deaths	PM	65 088
Infant mortality	Premature deaths	PM	95
Chronic bronchitis	Cases	PM	31 049
Respiratory hospital admissions	Cases	PM	11 252
Cardiac hospital admissions	Cases	PM	6 939
Restricted activity days (RADs)	Days	PM	63 831 644
Respiratory medication Use (children)	Days	PM	781 226
Respiratory medication Use (adults)	Days	PM	5 166 462
LRS (including cough) among children	Days	PM	32 290 666
LRS among adults with chronic symptoms	Days	PM	52 636 480

Tabelle 2: Germany Health impacts (number of end-points), CAFE-Studie EU-Kommission 2005

6 Herkunft des Feinstaubs

Tabelle 3 und Tabelle 4 zeigen die typischen Konzentrationsbereiche von PM₁₀ und PM_{2,5} an deutschen Meßstationen im Jahr 2001 (VDI 2003)¹⁷

¹⁷ Bewertung des aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstandes zur gesundheitlichen Wertung von Partikeln in der Luft, Arbeitsgruppe „Wirkungen von Feinstaub auf die menschliche Gesundheit“ der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN. Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Juli 2003, zitiert nach Lahl, U., Feinstaub - eine gesundheitspolitische Herausforderung, 46. Kongress Deutsche Gesellschaft für Pneumologie, 17.März 2005, Berlin

Stationskategorie	ländlich	städtischer Hintergrund	Verkehrsnah	Nähe Schwerindustrie mit diffusen Quellen
Jahresmittel ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	10-18	20-30	30-45	30-40
Anzahl der Tage mit Tagesmittel $>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0-5	5-20	15-100	50-90
Spitzenwerte Tagesmittel ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	50-70	60-100	70-150	100-200

Tabelle 3: Typische Konzentrationsbereiche von PM_{10} im Jahr 2001 an deutschen Messtationen

Stationskategorie	ländlich	städtischer Hintergrund	Verkehrsnah	industriell beeinflusst
Jahresmittel ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	10 - 15	15 - 20	25 - 30	15 - 25
Spitzenwerte Tagesmittel ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	40 - 70	50 - 70	70 - 150	50 - 80

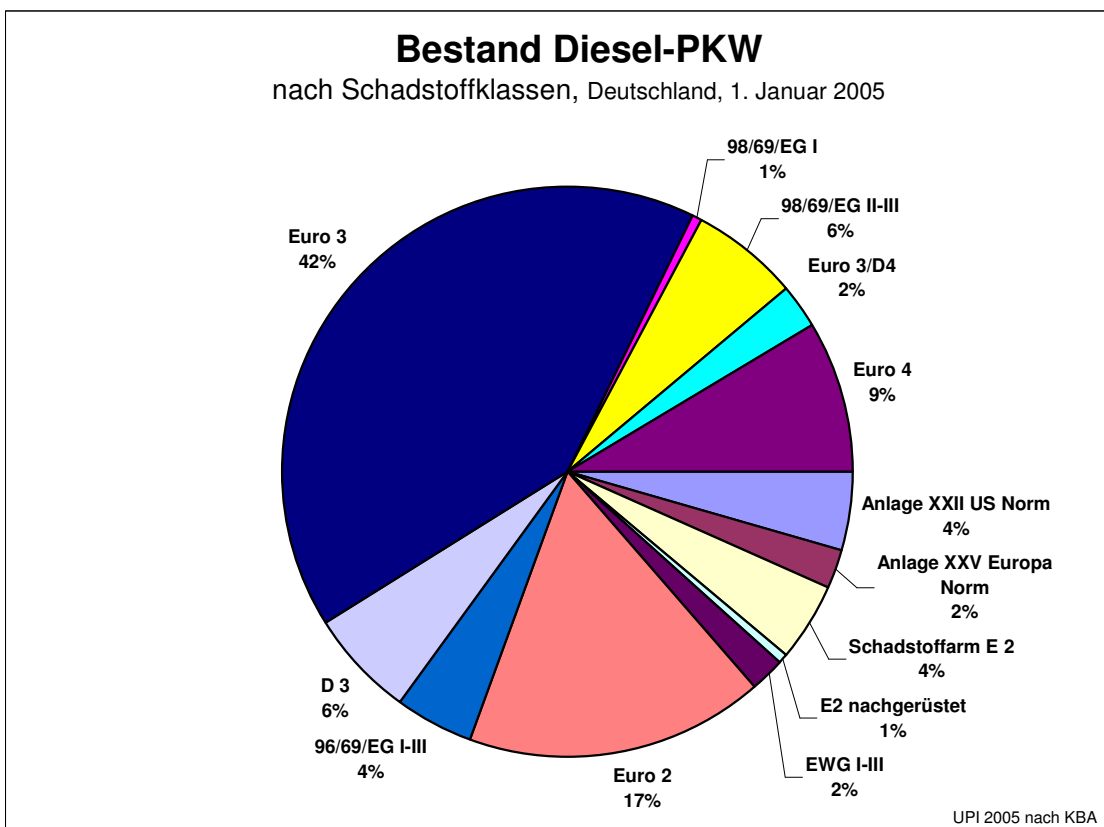
Tabelle 4: Typische Konzentrationsbereiche von $\text{PM}_{2,5}$ im Jahr 2001 an deutschen Messtationen

Die durchschnittliche Belastung der deutschen Bevölkerung durch Partikel betrug 2002 ca. $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} und ca. $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $\text{PM}_{2,5}$ ¹⁸.

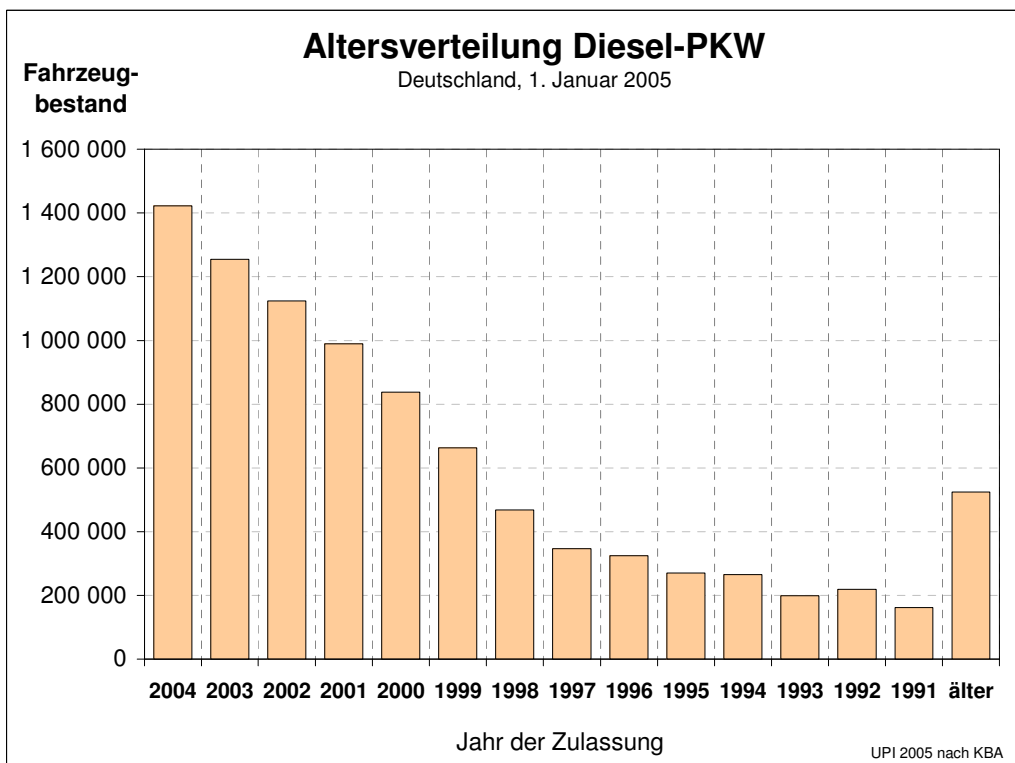
7 Fahrzeugbestand

Am 1. Januar 2005 waren in Deutschland 9 071 536 Diesel-PKW zugelassen. Die Grafik „Bestand Diesel-PKW nach Schadstoffklassen“ zeigt die Aufteilung nach den beim Kraftfahrtbundesamt registrierten Schadstoffklassen.

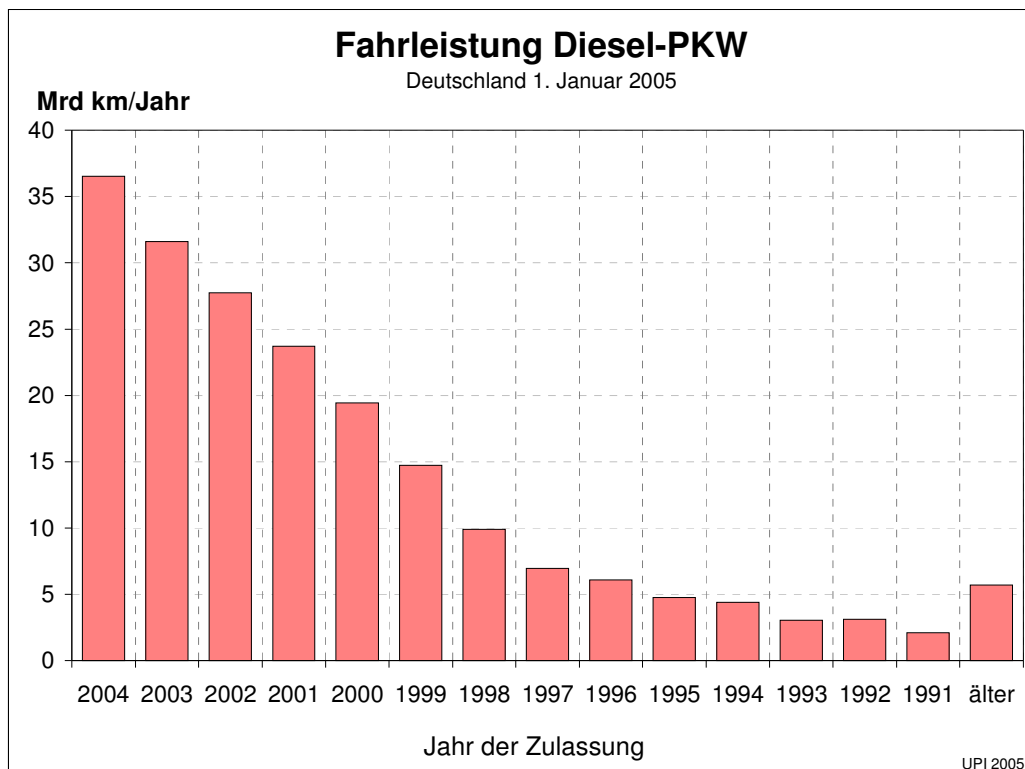
¹⁸ Wichmann, E., 2003, a.a.O.



Die Grafik „Altersverteilung Diesel-PKW“ zeigt die Altersverteilung am 1. Januar 2005.

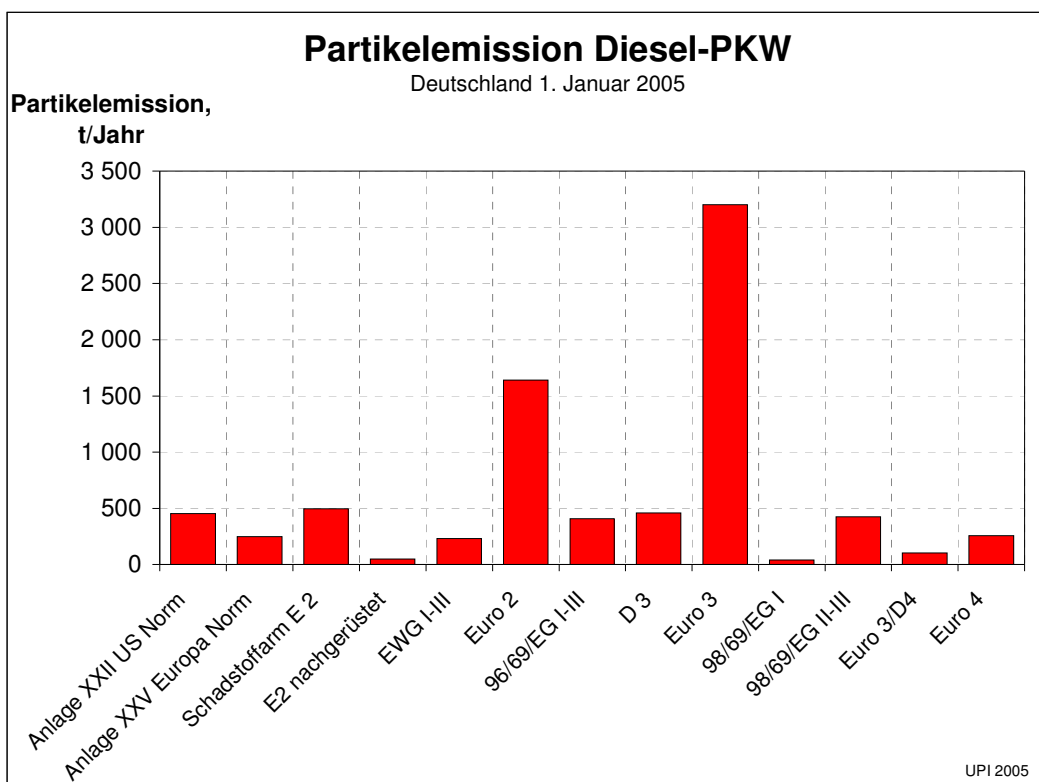


Die Grafik „Fahrleistung Diesel-PKW“ zeigt die Fahrleistung aller Diesel-PKW nach ihrem Zulassungsjahr.

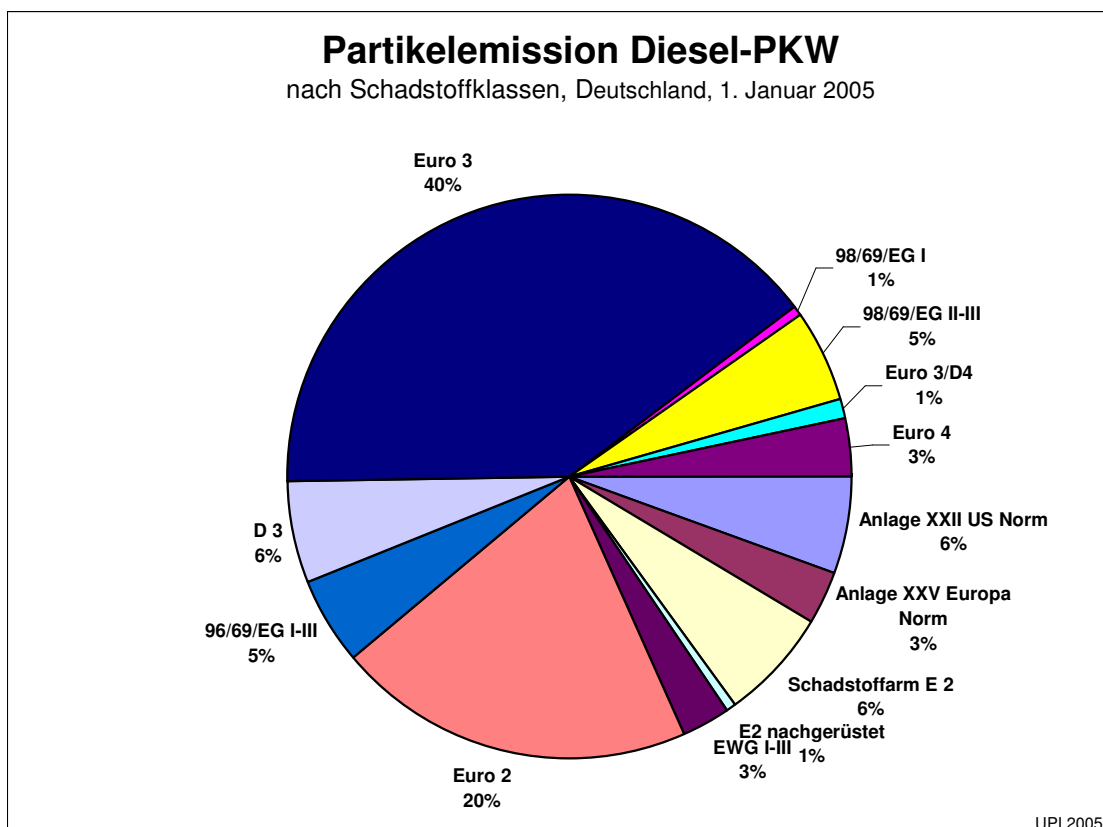


Aus den Bestandszahlen, Fahrleistungen und den Emissionsfaktoren der jeweiligen Schadstoffklassen ergeben sich die in der Grafik „Partikel-Emission Diesel-PKW“ dargestellten jährlichen Partikel-Emissionen aus Diesel-PKW. Die Emissionsfaktoren für die jeweiligen Schadstoffklassen wurden dem „Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs“¹⁹ entnommen.

¹⁹ UBA Berlin, Buwal Derm, UBA Wien, Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs 2.1 Dokumentation, 18.Aug.2004



Die prozentuale Aufteilung der Emissionen zeigt die nachfolgende Grafik:



8 Grenzwerte für Feinstaub

Tabelle 5 zeigt die Abgasgrenzwerte für Rußpartikelemissionen bei Diesel-PKW. Daraus ist ersichtlich, dass die gesetzlich festgelegten Grenzwerte nicht dem Stand der Technik entsprechen. Seit 1997 ist durch die Entwicklung eines Rußfilters durch den französischen Automobilkonzern Peugeot eine Filterung der Partikel-Emissionen um rund 99 % möglich. Dies bedeutet, dass z.B. die ab 2001 für Neuwagen gültige Euro 3-Norm eine 200-mal höhere Emission als nach dem Stand der Technik erlaubt. Auch die erst für das Jahr 2010 geplante Euro-5-Norm, die auch als Pre-Norm für die steuerliche Förderung der Nachrüstung der Diesel-PKW mit einem Rußfilter zugrunde gelegt werden soll, erlaubt noch eine etwa 20 mal höhere Emission als notwendig.

seit	Norm	mg/km	höher als Stand der Technik
1993	Euro 1	180	-
1996	Euro 2	80	320x
2001	Euro 3	50	200x
2005	Euro 4	25	100x
2010	Euro 5 geplant	5	20x
zum Vergleich			
seit 1997	Partikelfilter	0,25	1

Tabelle 5: Rußpartikel-Grenzwerte für Diesel-PKW-Neufahrzeuge

Das seit dem Jahr 1974 in der Bundesrepublik Deutschland geltende Bundesimmissionsschutzgesetz bestimmt, dass bei Anlagen, die Auswirkungen auf die Umwelt haben können, „*Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen getroffen wird, insbesondere durch die dem Stand der Technik entsprechenden Maßnahmen.*“ Die Abgas-Gesetzgebung für Diesel-PKW und -LKW berücksichtigt seit über 8 Jahren nicht mehr den Stand der Technik und verletzt damit die Vorsorgebestimmungen des grundlegenden Gesetzes, des Bundesimmissionsschutzgesetzes.

Seit 1. Januar 2005 gilt EU-weit ein Grenzwert für Feinstaub in der Atemluft, der allerdings nicht auf der Höhe des medizinischen Grenzwerts von $<10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sondern bei $50 \mu\text{g}$ liegt. Er darf außerdem 35-mal pro Jahr überschritten werden.

Beschlossen wurde dieser juristische Grenzwert von der EU durch die am 22. April 1999 erlassene Richtlinie des europäischen Rates über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft (1999/30/EG). Diese Richtlinie trat im Juli 1999 in Kraft. Sie wurde vom Deutschen Bundestag im Juli 2001 einstimmig in nationales Recht umgesetzt.

Stufen	Mittelungs- zeitraum	Grenzwert	Zeitpunkt, bis zu dem der Grenzwert zu erreichen ist
Stufe 1 24-Stundengrenzwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit Jahresgrenzwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit	24 Stunden	50 µg/m³ PM ₁₀ dürfen nicht öfter als 35 mal/Jahr überschritten werden	1. Januar 2005
	Kalender- jahr	40 µg/m³ PM ₁₀	
Stufe 2 24-Stundengrenzwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit Jahresgrenzwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit	24 Stunden	50 µg/m³ PM ₁₀ dürfen nicht öfter als 7 mal/Jahr überschritten werden	1. Januar 2010
	Kalender- jahr	20 µg/m³ PM ₁₀	

Tabelle 6: Grenzwerte der Richtlinie 1999/30/EG für Partikel (PM₁₀) in der Atemluft

Im Gegensatz zur EU gelten in der Schweiz wesentlich niedrigere Immissionsgrenzwerte für Partikel (PM₁₀). Im Jahresmittel beträgt der Grenzwert der Schweizerischen Luftreinhalte-Verordnung²⁰ für PM₁₀ bereits seit 1998 nur noch 20 µg/m³, halb soviel wie in der EU seit 1.1.2005. Der Tagesmittelwert von 50 µg/m³ darf höchstens 1-mal im Jahr, nicht 35-mal wie in der EU überschritten werden.

Das Umweltbundesamt sammelt die Messdaten der Länder und berechnet mit einer gewissen Zeitverzögerung die Überschreitungshäufigkeiten der einzelnen Messstationen. Die aktuelle Tabelle ist unter www.env-it.de/luftdaten/trsyear.fwd abrufbar. Am 9.5.05 war der EU-Grenzwert von 50 µg/m³ nach dieser Liste bereits in 10 Städten mehr als 35 mal überschritten. In der Liste werden allerdings nicht alle Städte berücksichtigt. So wurde z.B. in Stuttgart als erster Stadt in Deutschland bereits am 13. März 2005 der EU-Grenzwert von 50 µg/m³ zum 36. Mal überschritten, die Überschreitung vom Umweltbundesamt aber auch 8 Wochen danach noch nicht gemeldet.

²⁰ Luftreinhalte-Verordnung der Schweiz vom 16. Dezember 1985 (LRV)

Station	Stationsname	Tage
DEBY115	München/Landshuter Allee	48
DESN025	Leipzig-Mitte	45
DENI048	Hannover Verkehr	44
DEBE063	B Neukölln-Silbersteinstr.	42
DENI008	Braunschweig Verkehr	42
DENW082	Düsseldorf Corneliusstr.	41
DESN077	Leipzig Lützner Str.	40
DENW136	Dortmund Brackeler Str.	38
DEBE065	B Friedrichshain-Frankfurter Allee	36
DESN061	Dresden-Nord	36

Tabelle 7: Tage im laufenden Jahr 2005, an denen der zulässige Grenzwert von 50 µg/m³ mehr als 35-mal überschritten wurde (Stand: 2.5.05, Auswertung beruht auf vorläufigen Werten)²¹

9 Nachrüstung von Diesel-PKW mit Partikelfiltern

Bereits am 20.11.2003 fassten die Umweltminister der Länder auf ihrer 61. Umweltminister-Konferenz in Hamburg einen einstimmigen Beschluss, in dem sie die Bundesregierung baten, „zeitgleich mit der Festsetzung neuer Abgas-Grenzwerte die Sätze der Kraftfahrzeugsteuer so fortzuschreiben, dass möglichst frühzeitig vor Inkrafttreten der neuen Grenzwerte ein hinreichender, aufkommensneutraler ökonomischer Anreiz für den freiwilligen Erwerb von Dieselfahrzeugen, die die neuen Grenzwerte erfüllen, geschaffen wird.“ Entsprechende steuerliche Anreize sollten auch für die Nachrüstung von schon im Verkehr befindlichen Fahrzeugen geschaffen werden.

Nach einem Gespräch des Bundeskanzlers mit dem Verband der Europäischen Automobilindustrie (ACEA) am 7. Juni 2004 im Bundeskanzleramt gab die Bundesregierung bekannt: „Auf der Basis der zu verabschiedenden Richtlinie der Kommission wird sich die Bundesregierung für eine Förderung von Fahrzeugen, die die Euro 5-Norm erfüllen, ab 1.1.2005 einsetzen.“ Die EU ermöglicht die frühzeitige Förderung von Fahrzeugen mit Partikelfilter durch eine Pre-Norm von 5 mg/km, die dem später geplanten Grenzwert der Euro 5-Norm entspricht.

Seit Ende 1999 ist der Partikelfilter für Diesel-PKW Stand der Technik. Bereits im Jahr 2001 hatte der Peugeot-Citroen-Konzern PSA - als einziger Automobilkonzern - in Deutschland 16 686 Diesel-PKW verschiedener Modelle mit Partikelfilter abgesetzt.²²

²¹ Umweltbundesamt, www.env-it.de/luftdaten/trsyear.fwd, 2.5.05

²² Umweltbundesamt, Future Diesel, Abgasgesetzgebung PKW, leichte NFZ- und LKW - Fortschreibung der Grenzwerte bei Dieselfahrzeugen, Berlin, Juli 2003

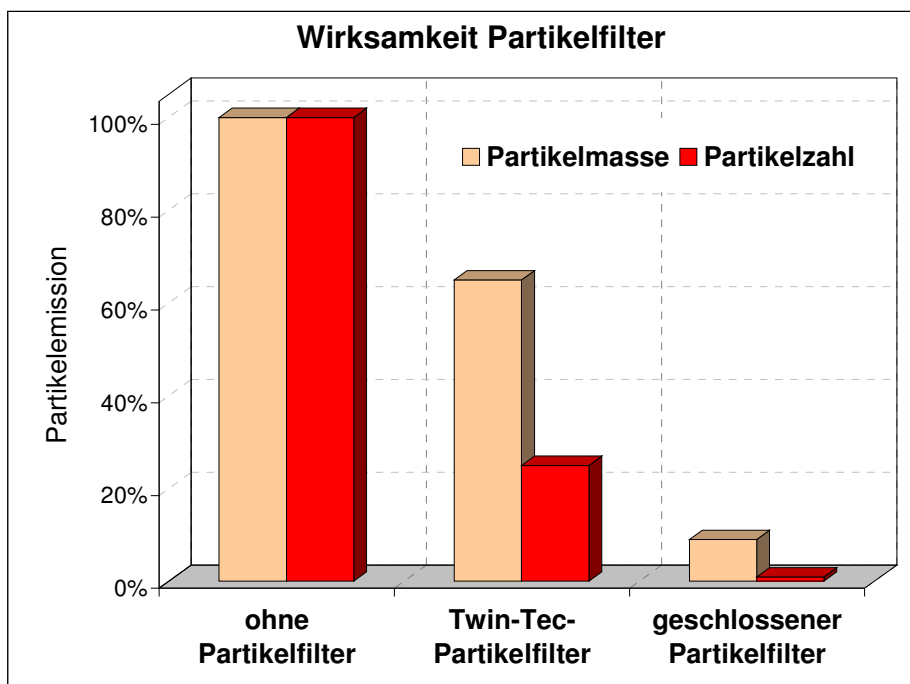
Trotzdem wurde die große Mehrzahl der Diesel-PKW in den letzten Jahren ohne Partikelfilter verkauft. Von den heute in Deutschland zugelassenen über 9 Millionen Diesel-PKW sind erst ca. 0,25 Millionen mit einem Partikelfilter ausgerüstet.

10 Filter ist nicht gleich Filter

Bei Partikelfiltern muss unterschieden werden zwischen offenen oder passiven Lösungen, bei denen die Abgase in relativ großporigen Filtern zurückgehalten und nicht regelmäßig durch Eingriffe in die Motorelektronik oder mit Hilfe eines Additivs abgebrannt werden und geschlossenen Systemen. Der erste für die Nachrüstung von Diesel-PKW angebotene Partikelfilter war der Twin-Tec-Filter. Dieser hat eine wesentliche geringere Abscheideleistung als die seit Jahren bei Neuwagen eingesetzten geschlossenen Partikelfiltersysteme (siehe Grafik „Wirksamkeit Partikelfilter“). Während letztere die Partikelmasse um mehr als 90% und die Partikelzahl um mehr als 99% reduzieren, liegen die entsprechenden Werte für offene Systeme wie den Twin-Tec-Filter nach Angaben der Firma Twin-Tec nur bei 30-40% (Partikelmasse) und bis zu 80% (ultrafeine Partikel). Ähnliches gilt für andere passive Systeme wie z.B. den City-Filter der Firma HJS, der für Partikelmasse und für Partikelzahl Abscheidegrade von 30-50% aufweist. Offene und geschlossene Partikelfilter unterscheiden sich in ihrer Restemission deshalb erheblich. Bei einem Abscheidegrad eines offenen Systems von z.B. 50% liegt die Restemission mehr als 50-mal höher als bei einem Abscheidegrad eines geschlossenen Systems von >99%. Der Einbau eines Twin-Tec- oder City-Filters kostet zwischen 600 und 750 Euro, die Kosten für die höherwertigen Partikelfilter liegen bei 1000 – 1400 Euro.²³ Eine Übersicht über verfügbare Partikelfiltersysteme bietet das Schweizer Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.²⁴

²³ Fragen und Antworten zur Nachrüstung von Diesel-Partikelfiltern, ADAC, www.adac.de/Auto_Motorrad/Kraftstoffe_Umwelt/Russpartikelfilter/Nachruetzung-Fragen/default.asp?ComponentID=112661&SourcePageID=63266%230

²⁴ www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/luft/fachgebiet/d/verkehr/filterliste_2005_03_18.pdf



Bisher ist in der Diskussion, die Förderung der Nachrüstung von Diesel-PKW an eine Pre-Norm von 5 mg/km der EU zu koppeln, die dem geplanten EURO-5-Grenzwert entspricht. Dieser Grenzwert, der ab 2010 EU-weit gelten soll, entspricht wie die bisherigen Euro-Grenzwerte für Neuwagen nicht dem Stand der Technik. Mit dem seit Ende der 90er Jahre erhältlichen Partikelfilter lassen sich Partikel-Emissionen von 0,25 kg/km, also 20 mal weniger erreichen. Dies war einer der Gründe, weshalb das Umweltbundesamt für die Euro-5-Norm einen Grenzwert von 2,5 mg/km vorschlug. Das Umweltbundesamt konnte sich jedoch im weiteren Verlauf des Gesetzgebungsverfahrens nicht durchsetzen, der Einfluss der Automobilwirtschaft führte zu dem Wert von 5 mg/km. Wird die finanzielle Förderung eines Dieselpartikelfilters an die Einhaltung dieses Euro-5-Grenzwertes gekoppelt, ist dies bisher nur mit den höherwertigen geschlossenen Partikelfiltern möglich.²⁵ Allerdings bestünde für die Zukunft die Gefahr, dass die Industrie einfachere Filtersysteme entwickelt, die preiswerter sind und einen geringeren Abscheidewirkungsgrad haben als die zur Zeit gebräuchlichen effektiven Partikelfilter.

Aufgrund seines hohen Abscheidewirkungsgrades stellt der Keramik- oder der Sintermetall-Partikelfilter für Dieselfahrzeuge eine effektive Technologie dar, um die Emission lungengängiger Feinstaubpartikel an der Quelle deutlich und in einem überschaubaren Zeitraum zu reduzieren. Greenpeace Deutschland schlägt deshalb vor, die Nachrüstung von Diesel-PKW mit einem wirksamen Partikelfilter mit 1000 Euro pro Fahrzeug zu fördern. Die Kosten für dieses Förderprogramm könnten durch eine

²⁵ Der Twin-Tec-Filter könnte die Partikelemission z.B. eines Euro-4-Diesel-PKW nur von ca. 18 auf ca. 11 mg/km senken, also nicht unter die Pre-Norm von 5 mg/km.

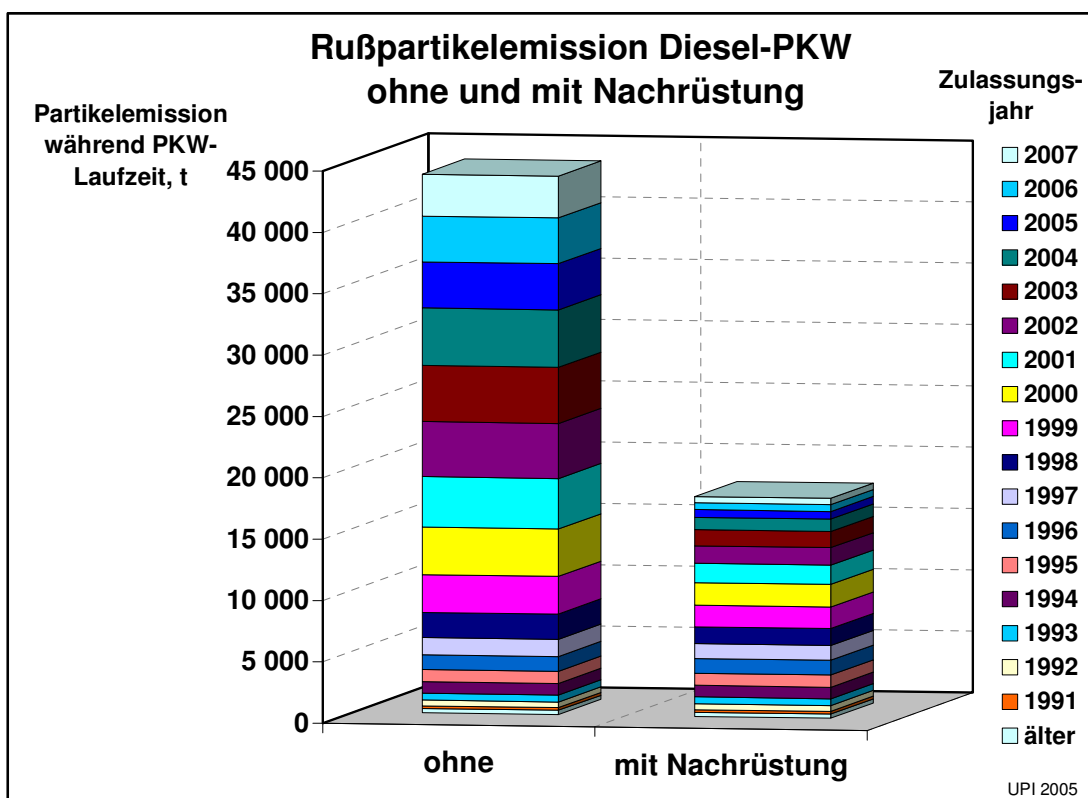
Erhöhung der Kraftfahrzeugsteuer für Diesel-PKW ohne Partikelfilter ausgeglichen werden. Dadurch würde gleichzeitig der finanzielle Anreiz zur Nachrüstung der Fahrzeuge deutlich erhöht werden.²⁶

Für die Berechnung der Auswirkungen eines Nachrüstprogramms wird angenommen, dass durch die steuerliche Förderung von 1000 €/Fahrzeug in den nächsten drei Jahren entsprechend ihrem Alter zwischen 50 und 85 Prozent der Diesel-PKW der Schadstoffklassen Euro 3 bis Euro 4, 30 bis 50% der Schadstoffklasse Euro 2 und 10% der Klasse E 2 nachgerüstet werden.

Die Grafik „Rußpartikelemission Diesel-PKW ohne und mit Nachrüstung“ zeigt die Auswirkungen eines solchen Nachrüstprogramms auf die Rußpartikel-Emissionen der heute zugelassenen 9 Millionen Diesel-PKW.²⁷ Dargestellt sind die zukünftigen Rußpartikelemissionen während der Restlaufzeit aller heutigen Fahrzeuge. Ohne staatliche Förderung der Nachrüstung werden die heute zugelassenen Diesel-PKW²⁷ bis zum Ende ihrer Laufzeit rund 43 000 Tonnen lungengängige Rußpartikel ausstoßen. Durch eine staatliche Förderung der Nachrüstung in Höhe von 1000 € in den nächsten 3 Jahren ließen sich diese Emissionen um ca. 60% auf 17 000 Tonnen reduzieren.

²⁶ Die direkte staatliche Förderung muss nicht 1000 € betragen, sie kann auch z.B. bei 500 € liegen, wenn gleichzeitig die KFZ-Steuer bei den Fahrzeugen, die nicht nachgerüstet werden, um mindestens 150 €/a erhöht wird.

²⁷ incl. der bis 2007 neu zugelassenen Diesel-PKW



Zur Berechnung der gesundheitlichen Auswirkungen müssen neben der Emission (in Tonnen pro Jahr) vor allem die Schadstoffbelastungen am Wohnort der Menschen (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) berücksichtigt werden. Tabelle 8 zeigt die aufgrund der Messstationen in Deutschland ermittelte Feinstaubbelastung nach Gemeinde-Größenklassen und den Immissionsanteil von Diesel-PKW. Zusammen mit der jeweils betroffenen Zahl von Einwohnern lässt sich daraus die Reduktion der Immissionsbelastung der Bevölkerung durch eine Nachrüstung der Diesel-PKW errechnen.

Gemeindegröße	PM ₁₀ , $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Einwohner
	Gesamt	durch Diesel-PKW	
-1 000	13,9	1,4	3 285 100
-5 000	20,8	2,3	11 151 600
-20 000	20,7	2,5	19 955 500
-100 000	23,8	3,8	21 513 500
-500 000	24,8	4,5	14 495 500
> 500 000	28,6	5,7	12 129 800
Durchschnitt	25,0		82 531 000

Tabelle 8: PM₁₀-Belastung nach Gemeindegrößenklassen

Insgesamt wird ca. 16% der Feinstaub-Immissionsbelastung der Bevölkerung durch Diesel-PKW verursacht. Durch eine Nachrüstung der heutigen Diesel-PKW mit

effektiven Partikelfiltern könnte während der Restlaufzeit der Fahrzeuge die Emission von ca. 24 000 t Feinstaub vermieden werden. Dadurch würden 32 000 Todesfälle durch Feinstaub in Deutschland verhindert werden und rund 27 000 Lebensjahre weniger durch Feinstaub-Immissionen zerstört werden.

Das Ergebnis stimmt überein mit einer anderen Berechnung, die im Jahr 2003 durch Wichmann durchgeführt wurde.²⁸ Dabei berechnete Wichmann als Vermeidungspotential durch den Einsatz von Partikelfiltern für alle Dieselfahrzeuge (PKW und LKW) eine Verringerung der Gesamtsterblichkeit in Deutschland um 14 400 Todesfälle pro Jahr.

11 Folgen einer weiteren Verzögerung der Nachrüstung

Die Zusammenhänge sind sowohl in der Wissenschaft als auch in der Politik seit Jahren bekannt. Trotzdem wurde die Debatte erst durch das Überschreiten der seit 1. Januar 2005 geltenden neuen Grenzwerte der EU für Feinstaub intensiviert. Die Forderung nach Ausrüstung der neuen Diesel-PKW mit Partikelfiltern und der Nachrüstung der älteren Fahrzeuge wurde in den letzten Jahren wiederholt gestellt, aber nicht realisiert. Auch heute, im Frühjahr 2005, ist ungewiss, wann mit der steuerlichen Förderung der Nachrüstung begonnen wird. Aus den medizinischen Daten lässt sich ableiten, dass jeder weitere Monat Verzögerung der Nachrüstung in Deutschland rund 410 Menschen das Leben kosten wird. Dies liegt in der Größenordnung der Zahl der pro Monat durch Straßenverkehrsunfälle getöteten Menschen. (490 getötete Unfallopfer pro Monat im Jahr 2004). Jeder Monat Verzögerung der Nachrüstung wird bei betroffenen Menschen rund 4 200 Monate Lebenszeit zerstören.

12 Diskussion

Der medizinische Teil der Berechnungen beruht auf dem Clean Air for Europe Programm (CAFE) der EU-Kommission und repräsentiert den heutigen Stand des Wissens über die medizinischen Folgen der Feinstaubbelastung.^{15 16}

Die medizinische Wirkung der Nachrüstung von Diesel-PKW dürfte in der Realität höher liegen als hier berechnet, da die Berechnung über das Gewicht der PM-10-Emissionen durchgeführt wurde. Es ist jedoch bekannt, dass die medizinische Wirkung

²⁸ Wichmann, Erich, Abschätzung positiver gesundheitlicher Auswirkungen durch den Einsatz von Partikelfiltern bei Diesel-Fahrzeugen in Deutschland, Institut für Epidemiologie der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung, Neuherberg, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Juni 2003

nicht so sehr vom Gewicht der Partikel, sondern vor allem von ihrer Anzahl und damit ihrer Oberfläche abhängt. (Je kleiner die Partikel sind, umso größer ist ihre Oberfläche im Vergleich zum Gewicht und umso kleiner ist ihr Beitrag zum Gewicht). In der Vergangenheit nahm zwar das Gewicht der Feinstaub-Emissionen ab, die Partikelzahl jedoch zu. Eine Hauptursache liegt darin, dass der Gesetzgeber seit Jahren die Grenzwerte für die Ruß-Emission neuer Diesel-Fahrzeuge nur als Massengrenzwerte (Einheit: Gramm Dieselruß-Emission pro Kilometer) vorschreibt. In der Folge reduzierte die Automobilwirtschaft zwar das Gewicht der Dieselruß-Emissionen, nicht jedoch die Zahl der emittierten lungengängigen Feinstaubpartikel. Diese nahm, verursacht durch die Zunahme der Dieselfahrzeuge und durch die Änderungen am Motor in der Vergangenheit zu. Auch die Immissionsschutzgesetzgebung der EU und der einzelnen Länder begrenzt das Gewicht der Feinstaubpartikel in der Atemluft, nicht jedoch ihre Zahl. Aus diesen Gründen liegen die Messergebnisse über Emissionsfaktoren und Immissionsbelastung fast nur als Gewichtswerte vor. Die vorliegenden Messergebnisse über Partikelzahlen reichen nicht aus, um eine vergleichbare Berechnung durchzuführen.

Ein zweiter Grund liegt darin, dass Partikelfilter besonders die lungengängigen kleinen Partikel herausfiltern. Der Wirkungsgrad der Keramik- und Sintermetall-Filter liegt für das Gewicht der Partikel bei >90 Prozent und für die Partikelzahl bei >99 Prozent. Aus diesen Gründen dürfte die Wirkung der Ausrüstung von Dieselfahrzeugen mit einem Partikelfilter größer sein als hier berechnet.

13 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gesundheitsschäden durch Feinstaubemissionen aus dem Verkehr in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1995, UPI-Bericht 43.....	8
Tabelle 2: Germany Health impacts (number of end-points), CAFE-Studie EU-Kommission 2005.....	10
Tabelle 3: Typische Konzentrationsbereiche von PM10 im Jahr 2001 an deutschen Messtationen	11
Tabelle 4: Typische Konzentrationsbereiche von PM2,5 im Jahr 2001 an deutschen Messtationen	11
Tabelle 5: Rußpartikel-Grenzwerte für Diesel-PKW-Neufahrzeuge	15
Tabelle 6: Grenzwerte der Richtlinie 1999/30/EG für Partikel (PM ₁₀) in der Atemluft ..	16
Tabelle 7: Tage im laufenden Jahr 2005, an denen der zulässige Grenzwert von 50 µg/m ³ mehr als 35-mal überschritten wurde (Stand: 2.5.05, Auswertung beruht auf vorläufigen Werten)	17
Tabelle 8: PM10-Belastung nach Gemeindegrößenklassen	21