

Gesundheitliche Auswirkungen von Dieselemissionen

Angela Ibaldo-Mulli
und
H.-Erich Wichmann

Workshop „Dieselrussfilter für Flottenbetreiber“
Deutsche Umwelthilfe e.V., Osnabrück 26.02.2004

Gliederung

- Gesundheitliche Auswirkungen von partikulären Luftschadstoffen/ Dieselemissionen
- Abschätzung positiver gesundheitlicher Auswirkungen durch den Einsatz von Partikelfiltern bei Dieselfahrzeugen in Deutschland

World Health Report 2002

Weltweit wichtigste Risikofaktoren für Mortalität sind:

1. Hoher Blutdruck
2. Tabak
3. Hohe Cholesterinwerte
4. Untergewicht
- ...
13. Städtische Außenluftbelastung (1.4 % der Gesamtmortalität weltweit)

Definitionen von Partikeln

Gesamtschwebstaub (Total Suspended Particulates, TSP) umfasst bei der derzeitigen Messung mittels Beta-Absorption Partikel mit einem Durchmesser unter 15 µm. Bei älteren gravimetrischen Messungen reichte der Partikeldurchmesser bis 35 µm.

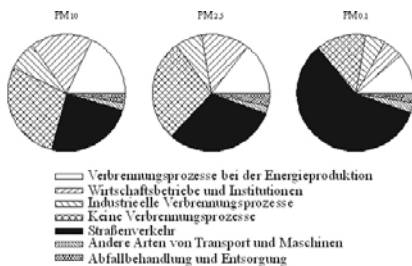
Grobe Partikel umfassen den Größenbereich von 2,5 bis 100 µm. Im internationalen Schrifttum ist mittlerweile die Bezeichnung grobe (coarse) Partikel für den Größenbereich von 2,5 bis 10 µm üblich.

Inhalierbarer Schwebstaub umfasst Partikel unter 10 µm (PM₁₀). Er wird im folgenden als PM₁₀-Partikel bezeichnet.

Lungengängiger Schwebstaub umfasst Partikel unter 2,5 µm (PM_{2,5}). Er wird im folgenden als PM_{2,5}-Partikel bezeichnet.

Ultrafeine Partikel umfassen Teilchen unter 0,1 µm.

Quellenzuordnung von PM₁₀, PM_{2,5}, PM_{0,1} (ultrafeine Partikel) in Großbritannien 1996



Chronische und akute gesundheitliche Auswirkungen durch Dieselemissionen

Mortalität

- Erhöhung der Gesamtmortalität
- Erhöhung der cardiopulmonalen Mortalität
- Erhöhung der Lungenkrebsterblichkeit

Morbidity

- Entzündliche Erkrankungen der Atemwege
- Direkte Auswirkungen auf das Herz-Kreislaufsystem (Herzfunktion)
- Entstehung von Lungenkrebs
- Entstehung von Allergien

Studien zu Langzeiteffekten

- Die American Cancer Society (ACS) Studie (Pope et al., 1995, 2002)
- Die Harvard Six Cities Studie (Dockery et al., 1993)
- Adventist Health Study of Smog (AHSMOG) (Abbey et al., 1999; McDonnell et al., 2000)
- Veterans' Administration Cohort Mortalitätsstudie (VA) (Lipfert et al., 2000)
- The Netherlands Cohort study on Diet and Cancer (NLCS) (Hoek et al. 2002)

Relatives Risiko (RR)

$$RR = \frac{\text{Häufigkeit einer Schädigung bei Exponierten}}{\text{Häufigkeit einer Schädigung bei Nicht-Exponierten}}$$

Expositions-Wirkungs-Beziehung (EWB)

$$RR = 1 + a \cdot x$$

ER= Exzessrisiko

a= Steilheit der EWB

$$ER = RR - 1 = a \cdot x$$

x= Höhe der Exposition

Relatives Risiko* (RR) und 95 % Konfidenzintervall für die Mortalität, bezogen auf eine Veränderung um 10 µg/m³ PM_{2,5}

Todesursache	1979-1983	1999-2000	Durchschnitt
Alle	1,04 (1,01-1,08)	1,06 (1,02-1,10)	1,06 (1,02-1,11)
Kardiopulmonal	1,06 (1,02-1,10)	1,08 (1,02-1,14)	1,09 (1,03-1,16)
Lungenkrebs	1,08 (1,01-1,16)	1,13 (1,04-1,22)	1,14 (1,04-1,23)

* Adjustiert für Alter, Geschlecht, Rasse, Rauchen, Ausbildung, Familienstand, Körpergewicht, Alkoholkonsum, berufliche Belastungen und Ernährung

Gesundheitliche Auswirkungen durch die PM₁₀-Belastung am Beispiel Frankreich*

Gesundheitsmessgröße	Effektschätzer Relatives Risiko** (95% Vertrauensintervall)	Quantifizierung Zusätzliche Fälle*** (95% Vertrauensintervall)
Gesamtmortalität (Erwachsene ab 30 Jahre)	1,0430 (1,026-1,061)	340 (210-480)
Respiratorische Hospitalisierungen	1,0131 (1,001-1,025)	150 (20-280)
Kardiovaskuläre Hospitalisierungen	1,0125 (1,007-1,019)	210 (110-320)
Chronische Bronchitis (Erwachsene ab 25 Jahre)	1,0980 (1,009-1,194)	390 (40-780)
Bronchitis (Kinder unter 15 Jahre)	1,3060 (1,135-1,502)	4.830 (2.130-8.730)
Tage eingeschränkter Aktivität (Erwachsene ab 20 Jahre)	1,0940 (1,079-1,109)	263.700 (222.000-306.000)
Asthmaattacken**** (Kinder unter 15 Jahre)	1,0440 (1,027-1,062)	2.600 (1.600-3.620)
Asthmaattacken**** (Erwachsene ab 15 Jahre)	1,0390 (1,019-1,059)	6.190 (3.020-9.430)

* ca. 56% verkehrsbedingt ** pro 10 µg/m³ PM₁₀, *** pro 10 µg/m³ PM₁₀ und 1 Million Bevölkerung, **** Prozenttage pro Jahr

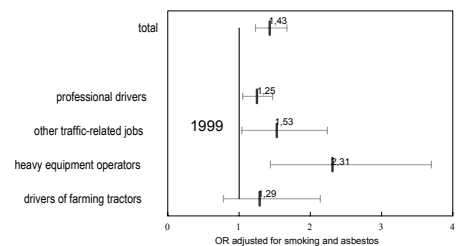
Auswirkungen auf die Mortalität durch verkehrsbedingte Luftschadstoffe (ausgedrückt als RR* und 95 % Konfidenzintervall, bezogen auf eine Veränderung um 10 µg/m³ Black Smoke)

Todesursache	Straßennah	Hintergrund	Gesamt
Alle**	1,53 (1,01-2,33)	1,04 (0,65-1,64)	1,31 (0,95-1,80)
Kardiopulmonal	1,95 (1,09-3,51)	1,34 (0,68-2,64)	1,71 (1,10-2,67)

* Adjustiert für Alter, Geschlecht, Ausbildung, Quetelet-Index, Beruf, Rauchen, sozioökonomischer Status

**alle Individuen die 10 Jahre oder länger an der 1986 angegebenen Adresse gelebt haben

Lungenkrebsrisiko durch berufliche Exposition



Vorgeschlagene Grenzwerte in der EU für Feinstäube (PM 10)

	Referenzzeit	Konzentration
Ab 1.1.2005	24 h	50 µg/m³ (25 Tage/Jahr Überschreitung erlaubt)
	Jahresmittel	30 µg/m³
Ab 1.1.2010	24 h	50 µg/m³ (7 Tage/Jahr Überschreitung erlaubt)
	Jahresmittel	20 µg/m³

Typische Konzentrationsbereiche von PM₁₀ (µg/m³) im Jahr 2001 an deutschen Mess-Stationen

Stations-kategorie	Ländlich	Städtischer Hintergrund	Verkehrsnah	Nähe Schwer-industrie (mit diffusen Quellen)
Jahresmittel	10 - 18	20 - 30	30 - 45	30 - 40
Anzahl Tages-mittel > 50 µg/m³	0 - 5	5 - 20	15 - 100	50 - 90
Spitzenwerte, Tagesmittel	50 - 70	60 - 100	70 - 150	100 - 200

Typische Konzentrationsbereiche von PM_{2,5} (µg/m³) im Jahr 2001 an deutschen Mess-Stationen

Stations-kategorie	Ländlich	Städtischer Hintergrund	Verkehrsnah	Nähe Schwer-industrie (mit diffusen Quellen)
Jahresmittel	10 - 15	15 - 20	25 - 30	15 - 25
Spitzenwerte, Tagesmittel	40 - 70	50 - 70	70 - 150	50 - 80
Verhältnis PM _{2,5} /PM ₁₀ (Jahresmittel)	0,9	0,9	0,75 - 0,9	0,7 - 0,9

Geschätzte Anteile der Kfz-Abgasimmissionen an der mittleren jährlichen Konzentration 1997

Abgasbestandteil	Straßennah		Städtischer Hintergrund		Ländlicher Raum	
	Gesamt	Kfz-Abgas	Gesamt	Kfz-Abgas	Gesamt	Kfz-Abgas
PM ₁₀ (µg/m³)	50	14	30	5,5	20	2,3
Ruß (EC) (µg/m³)	12	8,4	4	3,6	2	1,8

NACHGEFRAGT Kann Dieselruß 20000 Menschen töten?

Wieso in alle Dieselfahrzeuge Rußfilter eingebaut werden, wobei die Lebenserwartung in Deutschland um ein bis drei Menschen jährlich weniger an Langzeitstudien, und die Zahl der Todesfälle durch Atemwegs- und Herz-Kreislauferkrankungen um 8000 bis 17000 sinken, so Erich Wichmann in einer Studie für das Umweltbundesamt. Automobilhersteller können dies „Pfeifenbläschen“



Prof. Erich Wichmann, Direktor des German Research Institute for Environmental and Occupational Health (IfU) an der Universität München. Foto: GDF

Die Filter sind aus Dieselabgasen gefertigt, die Zahl der Menschen ohne Rußfilter, die jährlich durch Dieselabgasen durch Atmen im Mittel etwa 20000 Menschen sterben, aber auch die Zahl der wenig, wenn die Partikel...

Partikelfilter

Notiz 24.7.02 Rußfilter erhöhen Lebenserwartung

Feine Partikel aus Dieselausgasen bergen ein großes Gesundheitsrisiko

Von Susa Kostinich

Städtisches - Inwieweit sollen Filter intensiver nach Wärfel für eine PM, die den Atemwegsprozessen entgegenwirkt und die Lebenserwartung des Menschen verlängert. Doch wie alle können etwas ein bis drei Monate länger leben, wenn die Luft nur frei von Partikeln aus Dieselausgasen ist. Zu diesem statistischen Ergebnis kommt Professor Erich Wichmann vom GDF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit in Neuberg bei München.

Er hat im Auftrag des Umweltbundesamts in Berlin (UBA) berechnet, welchen Nutzen der Einsatz von Filtern in Dieselmotoren hätte. Demnach kann man davon ausgehen, dass...

effektivste Weg, um ihre Emission mit Hilfe der Technik zu verhindern.“ Der Leiter des GDF-Instituts für Epidemiologie schätzt die gesundheitlichen Risiken der Rußpartikel sehr hoch ein und bezieht sich dabei auf zahlreiche internationale Studien, die auch von der

„Es besteht ein klarer Handlungsbedarf, und das Filtern von Rußpartikeln ist ein effektiver Weg.“

Professor Dirk Wilhelm, IfU

...

Rein zu Feinstaubpartikel dringen gar in den Körper ein, wie Tierexperimente zeigen, und können so elementar den Stoffwechsel von Dinosauriern stören. Andererseits können sie den Blutzucker senken und so die Vermehrung der Organe im Bauchraum erschweren. „Das erhöht die Infektanfälligkeit“, erläuterte Wichmann.

Die Ergebnisse weist darauf hin, dass für seine Berechnung verschiedene Aspekte wie etwa die Belastung der Luft in Deutschland und der Massenanteil der Partikel berücksichtigt wurden. Er weist außerdem die Vorwürfe der Automobilindustrie, er handle sich lediglich um Zahlenmanipulationen, weit von sich. „In die gleiche wissenschaftliche Richtung“,

...

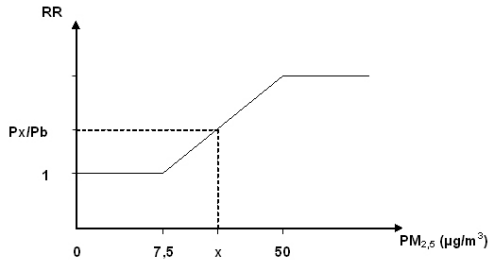
...

WHO-Modell

Konservativer Ausgangspunkt:

- lineare EWB im Bereich zwischen 7,5 und 50 µg/m³ PM_{2,5}
- Risiken zwischen 0 und 7,5 µg/m³ PM_{2,5} sind nicht erhöht (auf 1 festgesetzt)
- Risiken oberhalb von 50 µg/m³ PM_{2,5} steigen ebenfalls nicht mehr an

WHO-Modell



Relatives Risiko, durch die Exposition x zu sterben

$$RR = P_x/P_b = \begin{cases} 1 & \text{für } x \leq b \\ 1 + a \cdot (x - b) & \text{für } b < x \end{cases}$$

P = Mortalitätsrate
(Anzahl der jährlichen Sterbefälle pro 1 Million Einwohner)

P_x = Mortalitätsrate bei der Exposition x

P_b = Mortalitätsrate bei der Basisexposition b

Modellparameter für Deutschland

• derzeitige mittlere PM ₁₀ -Konzentration	25 µg/m ³
• derzeitige mittlere PM _{2,5} -Konzentration	15 µg/m ³
• derzeitige mittlere PM _{2,5} -Konzentration durch Diesel-Abgase	3 µg/m ³

Daraus ergibt sich theoretisch ein Minderungspotential durch Partikelfilter in Dieselfahrzeugen von 3 µg/m³ PM_{2,5}

Mortalitätsstatistik für Deutschland

Todesfälle	800.000
davon	
• Kardiopulmonale Todesfälle	460.000
• Todesfälle durch Lungenkrebs	40.000

Für das WHO-Modell verwendetes Exzessrisiko (ER), bezogen auf die Veränderung von 10 µg/m³ PM_{2,5}

Todesursache	Exzessrisiko	95 % Konfidenzintervall	
		Untere	Obere
		Grenze	
Gesamtsterblichkeit	6 %	2 %	11 %
Kardiopulmonale Sterblichkeit	9 %	3 %	16 %
Lungenkrebssterblichkeit	14 %	4 %	23 %
Umrechnung (angenähert)	ER	0,33* ER	1,8* ER

WHO-Modell

$$RR = \begin{cases} 1 & \text{für } x \leq 7.5 \text{ µg/m}^3 \text{ PM}_{2,5} \\ 1 + a \cdot (x - 7.5) & \text{für } 7.5 \text{ µg/m}^3 \text{ PM}_{2,5} < x \leq 50 \text{ µg/m}^3 \text{ PM}_{2,5} \\ 1 + a \cdot (50 - 7.5) & \text{für } 50 \text{ µg/m}^3 \text{ PM}_{2,5} < x \end{cases}$$

a = 0,6 %, 0,9 % und 1,4 % pro 1 µg/m³ PM_{2,5} für Gesamtsterblichkeit, kardiopulmonale Sterblichkeit und Lungenkrebssterblichkeit

WHO-Modell

$$RR = \begin{cases} 1 & \text{für } x \leq 7.5 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ PM}_{2.5} \\ 1 + a (x - 7.5) & \text{für } 7.5 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ PM}_{2.5} < x \leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ PM}_{2.5} \\ 1 + a (50 - 7.5) & \text{für } 50 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ PM}_{2.5} < x \end{cases}$$

$$ER = \begin{cases} 0 & \text{für } x \leq 7.5 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ PM}_{2.5} \\ a (x - 7.5) & \text{für } 7.5 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ PM}_{2.5} < x \leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ PM}_{2.5} \\ a (50 - 7.5) & \text{für } 50 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ PM}_{2.5} < x \end{cases}$$

a = 0,6 %, 0,9 % und 1,4 % pro 1 µg/m³ PM_{2,5} für Gesamtsterblichkeit, kardiopulmonale Sterblichkeit und Lungenkrebssterblichkeit

Umrechnung der Mortalität in Lebenserwartung

- Herz-Kreislauf-Erkrankungen und der Lungenkrebs treten überwiegend im höheren Lebensalter auf.
- Die Veränderung der Gesamtsterblichkeit um 1 % entspricht einer Veränderung der Lebenserwartung um 0,09 Jahre (1,1 Monate) (Miller & Hurley, 2003)

Vermeidungspotential der Sterblichkeit durch den Einsatz von Partikelfiltern

Gesamtsterblichkeit	3* x 0,6 % = 1,8 %	(0,6 - 3,3 %)
Kardiopulmonale Sterblichkeit	3* x 0,9 % = 2,7 %	(0,9 - 4,8 %)
Lungenkrebssterblichkeit	3* x 1,4 % = 4,2 %	(1,2 - 6,9 %)
	Todesfälle**	Vermeidbare Todesfälle**
Gesamtsterblichkeit	(800.000)	14.400
Kardiopulmonale Sterblichkeit	(460.000)	12.420
Lungenkrebssterblichkeit	(40.000)	1.480

* Minderungspotential 3 µg/m³ PM_{2,5} ** pro Jahr

Verlängerte Lebenserwartung durch den Einsatz von Partikelfiltern

Vermeidbare Gesamtsterblichkeit 1,8 %

Verlängerte Lebenserwartung

1,8*0,09 Jahre = 0,16 Jahre oder 1,9 Monate

Sensitivitätsrechnungen mit modifizierten Modellannahmen zum gesundheitlichen Vermeidungspotential durch die Einführung von Partikelfiltern für Dieselfahrzeuge

Modell	S	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Modellannahmen							
Derzeitige Immissionskonzentration (µg/m³ PM ₁₀)	25	25	25	25	25	25	25
Umrechnungsfaktor PM ₁₀ /PM _{2,5}	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Derzeitige Immissionskonzentration (µg/m³ PM _{2,5})	15	15	15	15	15	15	15
Minderungspotential durch Partikelfilter (µg/m³ PM _{2,5})	3	4	2	3	3	3	2,34
Grundbelastung (µg/m³ PM _{2,5})	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	4,5	4,5
Anteil der Bevölkerung oberhalb der Grundbelastung (%)	100%	100%	100%	67%	100%	100%	100%
Steilheit der EWB (pro 10 µg/m³ PM _{2,5})	6%	6%	6%	6%	4%	7,17%	7,17%
Modellergebnisse							
Vermeidungspotential (% der Gesamtsterblichkeit)	1,8%	2,4%	1,2%	1,2%	1,2%	2,15%	1,68%
Vermeidungspotential (Todesfälle pro Jahr)	14.400	19.200	9.600	9.600	9.600	17.200	13.400
Verlängerung der Lebenserwartung (Jahre)	0,16	0,22	0,11	0,11	0,11	0,19	0,15

S: Standardmodell, A1-A5: Alternativmodelle

Synopse der Sensitivitätsanalysen

Vermeidungspotential	Standardmodell S	Untere Alternative (0,67*S)	Obere Alternative (1,33*S)	Unterer Vertrauenswert (0,33*0,67*S)	Oberer Vertrauenswert (1,8*1,33*S)
Gesamtsterblichkeit %	1,8%	1,2%	2,4%	0,4%	4,3%
Gesamtsterblichkeit n	14.400	9.600	19.200	3.200	34.560
Kardiopulmonale Sterblichkeit %	2,7%	1,8%	3,6%	0,6%	6,5%
Kardiopulmonale Sterblichkeit n	12.420	8.280	16.560	2.760	29.810
Lungenkrebssterblichkeit %	4,2%	2,8%	5,6%	0,9%	10,1%
Lungenkrebssterblichkeit n	1.680	1.120	2.240	370	4.030
Verlängerung der Lebenserwartung Jahre	0,16	0,11	0,22	0,04	0,40
Monate	1,9	1,3	2,6	0,5	4,8

Zusammenfassung (1)

Vermeidungspotential durch die Verwendung von Partikelfiltern für Dieselfahrzeuge in Deutschland

- Gesamtsterblichkeit 1-2 %
- 10.000 - 19.000 Todesfälle pro Jahr
- Verlängerung der Lebenserwartung um 1-3 Monate

Zusammenfassung (2)

- Größter Anteil: 8.000 - 17.000 Todesfälle mit Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen
- 1.100 - 2.200 Lungenkrebstodesfälle
- Abschätzungen basieren auf Modellannahmen, die zwangsläufig fehlerbehaftet sind.
- Zusätzlicher Fehler ist die statistische Schwankungsbreite der Ausgangsdaten

Zusammenfassung (3)

Morbidität

- Keine ausreichend belastbaren Daten zur Morbidität für Deutschland
- Abschätzungen für die Schweiz, Österreich und Frankreich liegen vor (Künzli et al., 2000)
- Vorsichtige Interpretation lässt orientierende Aussage auch für Deutschland zu

Informative Websites

- ☞ <http://www.umweltbundesamt.org/fpdf-l/2352.pdf>
- ☞ <http://www.euro.who.int/document/e79097.pdf>
- ☞ <http://www.healtheffects.org/Pubs/DieselEpi-C.pdf>
- ☞ <http://www.healtheffects.org/Pubs/DieselSpecialReport02.pdf>