

# **Gesundheitliche Auswirkungen von Feinstaub**

## **Zusammenfassung des aktuellen Kenntnisstandes**

### **Gh, Mai 2005**

#### **1. Einleitung: Definition und Entstehung von Schwebstaub**

Als „Schwebstaub“ gelten alle festen und flüssigen Teilchen ( = Partikel ) in der Luft, welche nicht sofort nach ihrer Entstehung zu Boden sinken, sondern eine gewisse Zeit in der Atmosphäre bleiben. Schwebstaub bezeichnet man international als particulate matter = PM.

Schwebstaub entsteht zu einem – geringeren – Teil bei natürlichen Prozessen wie z.B. Vulkanbildungen.

Zum größeren Teil wird er jedoch aus anthropogenen, also von Menschen verursachten, Quellen gebildet. In der Hauptsache handelt es sich hierbei um Verbrennungsprozesse unterschiedlicher Art.

Der Durchmesser der Schwebstaubpartikel entscheidet zum einen über den Ort der Ablagerung in den Atemwegen. Zum anderen ist er der bestimmende Faktor für das Ausmaß der „Reinigung“ des Atemtraktes von den Teilchen sowie dafür, ob eine systemische Aufnahme in den Organismus erfolgt oder nicht.

Die physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften der Partikel sind hingegen bestimmend für die Art der Wechselwirkungen mit den Geweben und Zellen.

Die bisherigen Erkenntnisse sprechen dafür, dass Partikel aus anthropogenen Quellen, v.a. aus Verbrennungsprozessen, sehr viel gravierendere gesundheitliche Auswirkungen haben als solche aus natürlichen Quellen.

Mögliche allergische Reaktionen auf „natürliche“ Schwebstaubteilchen wie Pollen sind hierbei nicht Gegenstand der Betrachtung.

## **2. Einteilung des Schwebstaubs nach dem Durchmesser der Partikel**

Schwebstaub wird im überwiegenden Teil der Fachliteratur bezüglich des Durchmessers in folgende Gruppen unterteilt:

- Der **„Gesamtschwebstaub“** umfasst alle Partikel mit einem Durchmesser **von unter 15 µm** (1 µm = 1 Mikrometer =  $10^{-6}$  m = 1/1000 mm).
- **Thorakaler (= inhalierbarer) Schwebstaub = PM 10** umfasst Partikel eines Durchmessers von unter 10 µm.

PM 10 wird häufig auch als **„Feinstaub“ i.e. Sinne** bezeichnet.

- (Unter **„groben Partikeln“** versteht man den Bereich der PM mit einer Größe von 2,5 bis 10 µm (**PM 2,5 -10**.)
- Zum **alveolen (= lungen-) gängigen Schwebstaub = PM 2,5** gehören Partikel eines Durchmessers von unter 2,5. PM 2,5 werden auch **„feine Partikel“** genannt.
- Als **ultrafeine Partikel** werden Teilchen eines Durchmessers **von unter 0,1 µm** (= 100 nm; 1 nm =  $10^{-9}$  m) definiert.

### Aus ultrafeinen Partikeln besteht zum Beispiel der Ruß aus dem Auspuff der Dieselfahrzeuge.

Zum Verständnis: PM 10 umfasst z.B alle Partikel eines Durchmessers von weniger als 10 µm, schließt also PM 2,5 und die ultrafeinen Partikel mit ein. PM 2,5 beinhaltet wiederum die ultrafeinen Partikel.

### 3. Verhalten der Partikel in der Außenluft

Die Teilchengröße und –form bestimmen die Verweildauer in der Atmosphäre in entscheidender Weise. Generell gilt: je kleiner die Partikel sind, umso weiter – zum Teil über Hunderte von Kilometern- können sie transportiert werden. Dies ist beispielsweise auch der Grund dafür, dass der Anteil von PM 2,5 an der „Hintergrundbelastung“ größer ist als von PM 10.

Die regionale und überregionale Verteilung der Partikel ist in hohem Maße von klimatischen Bedingungen abhängig.

Die **ultrafeinen Partikel** weisen im Vergleich zu allen größeren Partikeln eine **sehr viel kleinere Masse**, jedoch eine **vielfach höhere Partikelanzahl/Masseneinheit** auf (schätzungsweise 1% der Gesamtmasse, jedoch 73% der Gesamtteilchenzahl). Daher ist die Oberfläche der Fraktion der ultrafeinen Partikel sehr groß und es kann sehr viel mehr in der Außenluft vorhandenes, z. T. ebenfalls aus Verbrennungsprozessen stammendes Material – zum Beispiel die z.T. kanzerogenen = krebserregenden polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (=PAK) - adsorbiert werden.

In Anwesenheit grober Partikel werden die ultrafeinen Partikel von diesen „eingefangen“, d.h. ihre Anzahl wird durch Adsorption vermindert (=Scavenger-Effekt). Da in den letzten Jahren bis Jahrzehnten europaweit z.B. durch Einsatz von Filteranlagen in der Industrie eine Reduktion der Anzahl der gröbereren Partikel erreicht wurde, hat sich jedoch auch der Scavenger - Effekt vermindert, so

dass eine **Erhöhung des Anteils der ultrafeinen Partikel** am Gesamtschwebstaub zu verzeichnen ist. Darüber hinaus hat sich aber auch z. B. aufgrund des vermehrten Autoverkehrs ein absoluter Anstieg der Anzahl der ultrafeinen Partikel ergeben.

#### **4. Verteilung der Partikel im Atemtrakt und im menschlichen Körper**

Der Durchmesser der Partikel entscheidet darüber, bis in welche Bereiche des Atemtraktes die Stäube vordringen. Vom Durchmesser der Teilchen ist es auch abhängig, inwieweit sie im Atemtrakt gespeichert, aus diesem entfernt oder in den Organismus aufgenommen werden. Die untenstehenden Angaben sind gut durch tierexperimentelle Studien belegt.

- **Schwebstäube mit einem Durchmesser größer gleich 2,5 µm** werden zum größten Teil bereits in der Nasenschleimhaut **ausfiltriert und anschließend wieder ausgeatmet**. PM 2,5 -10 gelangen z.T. dennoch in die Luftröhre und in die Bronchien und werden dann zumeist innerhalb von 1 – 3 Tagen von den mit feinen Zilien (= Härchen) ausgestatteten oberflächlichen Schleimhautzellen nach oben zum Kehlkopf transportiert (= Mukoziliartransport). Anschließend werden sie verschluckt und über den Magen – Darm - Trakt aus dem Körper ausgeschieden.

Ein Teil der Partikel werden von Fresszellen des Organismus (= Makrophagen) aufgenommen. Diese „wandern“ auf der Schleimhaut zum Kehlkopf, werden verschluckt und so ebenfalls aus dem Körper ausgeschieden.

- **PM 2,5 (bis etwa zur Größenordnung der ultrafeinen Partikel, d.h. Teilchen einer Größe von 0,1 bis 2,5 µm)** können bis in die Bronchiolen gelangen. Diese kleinen Luftwege sind nur in geringem Ausmaß mit Zilien ausgestattet, so dass die Entfernung aus den Atemwegen kaum mehr über den Mukozilartransport, sondern in

höherem Maße über den Abtransport mit den Makrophagen verläuft.

**Ein sehr kleiner Teil wird über die Bronchialschleimhaut absorbiert und gelangt so über die Blutbahn in den Organismus.**

- **Ultrafeine Partikel können hingegen bis in den Bereich der kleinen Lungenbläschen (= Alveolen) vordringen.** Alveolen besitzen ein sehr dünnes Oberflächenepithel ohne Zilien, so dass kein Mukoziliartransport mehr möglich ist.

Ultrafeine Partikel werden im Vergleich zu den größeren Partikeln aufgrund der höheren Anzahl in der eingeatmeten Luft bei vergleichbaren Massenkonzentrationen sehr viel gleichmäßiger auf dem Epithel der entsprechenden Atemwegsabschnitte deponiert

Aus den Ergebnissen der vorliegenden tierexperimentellen Studien ist zu schließen, dass ultrafeine Partikel die Schleimhaut der Atemwege durch Auslösung entzündlicher Prozesse zum Anschwellen bringt. Hierdurch werden die Partikel zum einen weniger gut von den Makrophagen erkannt und eliminiert und können zum anderen aufgrund der Ödembildung rascher in das Lungengewebe eindringen.

Von der Oberfläche der Alveolen werden die ultrafeinen Partikel etwa zu einem Drittel von Makrophagen aufgenommen. Die Makrophagen „wandern“ wiederum den Atemtrakt hinauf zu den Bronchien, gelangen zum Kehlkopf und werden schließlich über den oben beschriebenen Mechanismus ausgeschieden.

Etwa **zwei Drittel der ultrafeinen Partikel verbleiben** jedoch zunächst auf der **Oberfläche der Alveolen** oder werden dauerhaft im Gewebe zwischen den Alveolen (= interstitielles Gewebe) abgelagert.

Die auf der Alveolenoberfläche verbleibenden Teilchen **werden zu einem Teil absorbiert , gelangen über die Blutbahn in den Organismus und werden dort bis in alle Organsysteme verteilt.** Die durchschnittliche "Halbwertszeit" der ultrafeinen Partikel wird auf ca. 500 Tage geschätzt, d.h. nach diesem Zeitraum sind noch ca. 50% der Ausgangskonzentrationen auf den Alveolen vorhanden.

**Ultrafeine Partikel mit einem Durchmesser von weniger als 20 nm** sind sehr „diffusionsfreudig“ und werden zunehmend auch bereits in den **oberen Atemwegen** abgeschieden. Von dort werden sie entweder – zu einem größeren Anteil - entfernt oder in den Organismus aufgenommen.

## **5. Ergebnisse tierexperimenteller Studien zu Wirkungen der Partikel im Körper**

Zur Wirkung von Schwebstaub liegen zahlreiche tierexperimentelle Studien vor.

Folgende Feststellungen können generell hinsichtlich der Aussagefähigkeit tierexperimenteller Studien bezüglich der Untersuchung von Wirkzusammenhängen getroffen werden:

- In tierexperimentellen Studien können kontrollierte Versuchsbedingungen zur Aufklärung von Wirkmechanismen geschaffen werden; dies ist „am Menschen“ nur in sehr eingeschränktem Ausmaß bei „Laborstudien“ möglich.
- U.a. aufgrund nicht in jedem Falle vergleichbarer Kompensationsmechanismen können die Ergebnisse

tierexperimenteller Studien nur eingeschränkt auf den Menschen übertragen werden.

- Ebenso bestehen Unsicherheiten bezüglich der Übertragbarkeit der Ergebnisse von den im Tierexperiment angewandten hohen Dosen auf die bei Umweltbelastungen vorliegenden niedrigeren Immissionen.
- Eine belastbare Aussage zu Wirkmechanismen ist nur in Zusammenschau mit den zum Untersuchungsthema evtl vorliegenden in-vitro-Studien (=Reagenzglasstudien) sowie vor allem den epidemiologischen Studien („Feldstudien“ mit Menschengruppen) möglich.

In tierexperimentellen Studien mit PM 10, PM 2,5 und – bislang in sehr viel geringerem Ausmaß- ultrafeinen Partikeln wurde

- zum einen eine **akute Reizwirkung auf die Atemwege nachgewiesen**, welche direkt auf die Auslösung einer lokalen Entzündungsreaktion zurückzuführen ist
- zum anderen auch **systemische Wirkungen** belegt. Letztere treten im Gegensatz zu den unmittelbaren Reizwirkungen im Bereich des Atemtraktes mit einer zeitlichen Verzögerung, etwa im Bereich von Stunden bis Tagen, ein.

Die **im Tierexperiment** gefundenen Effekte werden zur „Hypothesenbildung“ bezüglich der in epidemiologischen Untersuchungen gefundenen Wirkungen herangezogen.

Hinsichtlich der systemischen Effekte wurde z. B. festgestellt, dass abhängig vom Ausmaß der Immission und dem Durchmesser der

untersuchten Partikel (je kleiner dieser ist, umso größer ist die gesundheitliche Wirkung einzuschätzen)

- **die Anzahl der weißen Blutkörperchen und der Blutplättchen im Blut ansteigt.** Eine solche "Blutverdickung" führt zu einer Beeinträchtigung der Mikrozirkulation und somit der Sauerstoffversorgung der Organe und Gewebe.
- **das Eiweiß Interleucin 6 aus Makrophagen freigesetzt** wird, welches über verschiedene Mechanismen ebenfalls die Blutviskosität erhöht. Auch hierdurch kann die Mikrozirkulation beeinträchtigt werden.
- die **Anhaftung der roten Blutkörperchen an die Zellwände der Blutgefäße** verstärkt wird; auch dies kann eine Verschlechterung der Mikrozirkulation bewirken.

Es wird angenommen, dass die oben beschriebenen Effekte auf der Auslösung von Entzündungsreaktionen beruhen. Es war regelhaft eine Erhöhung des Entzündungsparameters CRP (= C-reaktives Protein) im Blut nachzuweisen.

Die Ergebnisse neuerer Studien sprechen dafür, dass zusätzlich eine entzündungsbedingte Kontraktion (=Verengung) der Arterien erfolgt, welche ebenfalls eine Verschlechterung der Durchblutung bewirken kann.

Die oben beschriebenen experimentellen Befunde beruhen zwar auf akuten tierexperimentellen Expositionsstudien mit sehr hohen Partikelkonzentrationen, nach überwiegender Expertenmeinung können jedoch die Ergebnisse mit hoher Wahrscheinlichkeit auf

- akute Belastungssituationen mit Feinstaub beim Menschen



- und wohl auch auf langjährige Expositionssituationen mit niedrigeren Partikelkonzentrationen übertragen werden.

Es ist davon auszugehen, dass sich eine Beeinträchtigung der Mikrozirkulation, insbesondere bei bereits vorliegenden chronischen kardiovaskulären Erkrankungen, auf das Herz/Kreislaufsystem auswirkt.

**Ultrafeine Partikel** stellen aufgrund ihrer großen Anzahl und Oberfläche Trägersubstanzen für verschiedenste Substanzen wie beispielsweise Gase und Radikale (= sehr reaktionsfreudige Substanzen, welche u. a. eine Rolle bei der Krebsentstehung spielen) dar.

Eine Abgrenzung der Wirkungen der ultrafeinen Partikel selbst von den Effekten der adsorbierten Substanzen ist somit sehr schwierig.

**Insgesamt kann die wissenschaftliche Datenlage bezogen auf tierexperimentelle Studien hinsichtlich der PM 2,5 als am aussagekräftigsten eingestuft werden, während diejenige hinsichtlich der ultrafeinen Partikeln bis dato noch sehr lückenhaft ist.**

## **6. Ergebnisse epidemiologischer Studien zu gesundheitsschädigenden Wirkungen der Partikel**

Ergebnisse epidemiologischer Studien können keinen eindeutigen Ursache-Wirkungs- Zusammenhang belegen, sondern nur statistische Korrelationen zwischen Expositionen und vermuteten Wirkungen zeigen. Die begründete Annahme eines ursächlichen Zusammenhanges zwischen der Staubbelastung und den gefundenen Wirkungen lässt sich dennoch treffen: Es ergibt sich in der synoptischen Bewertung der epidemiologischen Studien und aufgrund der Zusammenschau mit den Ergebnissen tierexperimenteller und in-vitro-Studien ein einheitliches Bild.

## 6.1 Langzeiteffekte - Mortalität

Die gegenwertigen **Kenntnisse** zur Wirkung von Stäuben auf die Mortalität bei Erwachsenen **basieren auf vier amerikanischen und zwei europäischen Kohorten-Studien.**

Eine Kohorten-Studie wird über mehrere Jahre durchgeführt. Es werden schließlich die Unterschiede hinsichtlich der Mortalität (oder einer anderen Wirkung) zwischen unterschiedlich exponierten Gruppen statistisch ausgewertet. Kohorten-Studien haben auf der einen Seite eine sehr große Aussagekraft, sind jedoch auf der anderen Seite auch mit einem erheblichen Aufwand verbunden.

Folgende Studien, welche Zusammenhänge der **Exposition auf PM 10 bzw teilweise auf PM 2,5-10 und PM 2,5** einerseits und der Mortalität andererseits untersuchten, wurden, da sie den wissenschaftlichen Anforderungen an das Studiendesign genügten, bewertet:

- Die **American-Cancer-Society (ACS-) Studie**, Pope et al, 1995, 2003
- Die **Horward/Six/Cities-Studie** , Dockery et al 1993
- Die **Adventist/Health/Study of smog =ASHMOG**, Abbey et al, 1999; McDonnell et al, 2000
- Die **Veterans Administration Cohort Mortalitätsstudie = VA**, Lipfert et al, 2000

- Die **Netherlands Cohort study on diet and cancer** , HOEK et al 2002
- Die **Dublin Interventionsstudie** =DI, Clancy L. et al, 2002

Die zusammenfassende Bewertung dieser Studien zeigt eine **positive Assoziation einer Langzeitexposition gegenüber PM 2,5 (bzgl. PM 2,5 – 10 und PM 10 wurde eine etwas schwächere Assoziation gefunden) und der Sterblichkeit, und zwar**

- **der Gesamtsterblichkeit**
- **der kardiopulmonalen Sterblichkeit und**
- **- mit geringer Evidenz - der Lungenkrebsmortalität**

Zur **Mortalität bei Kleinkindern** wurden zudem in der tschechischen Republik Studien durchgeführt, welche in zusammenfassender Bewertung folgende Ergebnisse zeigten:

Die Langzeitexposition sowohl gegenüber **PM 10 als auch PM 2,5** war der Parameter bezüglich der Außenluftbelastung, welcher am stärksten mit zusätzlichen Neugeborenentodesfällen assoziiert war, im speziellen mit **Atemwegserkrankungen als Todesursache.**

## **6.2 Langzeiteffekte - Morbidität**

Bezüglich der Auswirkungen von Schwebstaubbelastungen (untersucht wurden v.a. **PM 10, PM 2,5 -10, PM 2,5; nur in Ausnahmefällen ultrafeine Partikel**) auf die Langzeiteffekte/ Morbidität wurden folgende Studien für die synoptische Bewertung herangezogen:

- Die **Horward 24 Cities Studie** , Raizeme et al 1996, Dockery et al 1996
- **Drei Surveys** von Heinrich et al, Institut für Umweltepidemiologie, GSF 1999, 2000 und 2002
- Die **CESAR-Studie** (= Central European Studie on Air Quality and Respiratory health), Leonardi et al 2000

Zusammenfassend zeigte sich ein statistisch signifikanter **Zusammenhang** zwischen der **Staubbelastung auf der einen Seite und folgenden Erkrankungen, Symptomen bzw Entwicklungsstörungen auf der anderen Seite:**

**bei Kindern:**

- **Verzögerung des Lungenwachstums**
- **Verringerung der Lungenfunktion**

**in allen Altersgruppen:**

- **Häufigkeit von Atemwegssymptomen, wie Husten, Atemnot**
- **Auswirkungen auf das Immunsystem**

### **6.3 Kurzzeiteffekte – Morbidität und Mortalität**

Die wichtigsten Studien zum Thema wurden von **Wichmann et al 2000** sowie **Wichmann und Peters, Institut für Umweltepidemiologie der GSF (= Gesellschaft für Umwelt und Gesundheit), 2004** durchgeführt.

Die zu diesem Thema vorhandenen, dem Anforderungsprofil an wissenschaftliche Studien genügenden Arbeiten untersuchten ebenfalls primär die Wirkungen von PM 10, PM 2,5-10, PM 2,5 (Anstieg der Tagesmittelwerte).

**Statistisch signifikante Zusammenhänge der Staubbelastung zeigten sich mit folgenden Wirkungen:**

bei **Asthmatikern** mit:

- **atemwegsbezogenen Krankenhausaufnahmen und Arztbesuchen**, insbesondere aufgrund akuter Asthmaanfälle
- der Häufigkeit von **Atemwegssymptomen** wie Husten, Auswurf, Atemnot
- der **Verwendung von bronchienerweiternden Medikamenten**  
Risikoabschätzung gemäß den Ergebnissen der Studie von Peters et al, 2004: Anstieg um 3,4% bei Erhöhung der PM 10 Konzentration um 10 µg/m<sup>3</sup> Luft im Tagesmittel

bei **Nicht- Asthmatikern** mit:

- **der Häufigkeit von Atemwegssymptomen, wobei hier die Anstiege nicht statistisch signifikant waren.**

**sowohl bei Asthmatikern als auch bei Nicht- Asthmatikern:**

- der Häufigkeit von akuten **Krankenhausaufnahmen wegen Herz/Kreislaufkrankungen**

Risikoabschätzung gemäß den Ergebnissen der Studie von Peters et al, 2004: Anstieg aller Einweisungen bezüglich Herz-Kreislauf-

Erkrankungen und Atemwegserkrankungen um 0,8 % bei Erhöhung der PM 10 Konzentration um 10 µg/m<sup>3</sup> Luft im Tagesmittel

- der **Verringerung der Herzfrequenzvariabilität** (= der z.B. belastungsbezogenen Veränderbarkeit der Herzfrequenz); dies ist als Indikator für unmittelbar bevorstehende ernste kardiovaskuläre Probleme zu werten
- dem **Auftreten eines erhöhten Blutdrucks und einer erhöhten Herzfrequenz**; beide Veränderungen gelten als Risikofaktoren für die Ausbildung gravierender kardiovaskulärer Probleme
- dem **Auftreten von Herzinfarkten**  
**Gemäß der Studien von Peters et al steigt die Infarktrate bei hohen Staubbelastungen nach 2 Stunden um ca. 48 %, in 24 Stunden um ca. 69%.**
- einem Anstieg der **Mortalität von ca 0,7 %** bei Erhöhung der PM 10 Konzentration um 10 µg/m<sup>3</sup> Luft im Tagesmittel gemäß den Ergebnissen der Studie von Wichmann und Peters, 2004 .

## **7. Zusammenfassende Bewertung der Studienergebnisse aus epidemiologischen und tierexperimentellen Studien**

Die **WHO**, die **US-EPA** (= Umweltbehörde der USA), die **Arbeitsgruppe "Wirkungen von Feinstaub auf die menschliche Gesundheit"** der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI (=Verein Deutscher Ingenieure) und DIN im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie das **Institut für Umweltepidemiologie der GSF**, Prof. Wichmann, kommen übereinstimmend zu **folgender zusammenfassender**

## **Bewertung der vorliegenden tierexperimentellen und epidemiologischen Studien:**

- Die bisherigen Daten sprechen dafür, dass eine Schwelle bezüglich der gesundheitlichen Wirkungen von Feinstäuben nicht angegeben werden kann.
- Die bisherigen Studien weisen darauf hin, dass PM 2,5 und PM 2,5-10 einen größeren Beitrag hinsichtlich der beobachteten Gesundheitseffekte als PM 10 leisten.
- Ob die Effekte ultrafeiner Partikel als stärker einzustufen sind als die anderer PM-Komponenten, kann zwar als sehr wahrscheinlich gelten, ist jedoch aufgrund der unzureichenden Datenlage noch nicht nachgewiesen.
- Insgesamt ist bis dato die Datenlage für PM 2,5 am umfassendsten.
- Die Ergebnisse der epidemiologischen Studien zeigen eine annähernd lineare Expositions- Wirkung Beziehung.
- Bereits kurzzeitige und geringfügige Konzentrationschwankungen der PM 10 und PM 2,5 führen zur Veränderung der Häufigkeit von Gesundheitseffekten.
- Partikel aus Verbrennungsprozessen sind für alle beobachteten Wirkungen als am bedeutsamsten einzustufen.
- Nicht nur Konzentrationsspitzen, sondern auch langfristig gering erhöhte Konzentrationen tragen zu den Wirkungen bei und leisten wegen ihres häufigeren Auftretens den überwiegenden Beitrag zu Gesamtwirkung. Daraus ist zu schließen, dass nicht nur die Spitzenbelastungen zu vermeiden, sondern vor allem auch die Grundbelastung zu verringern ist.

Dem Jahresmittelwert kommt unter gesundheitlichen Gesichtspunkten daher eine noch größere Bedeutung zu als dem Tagesmittelwert.

## **8. Risikogruppen für Wirkungen von Feinstaub**

Folgende Bevölkerungsgruppen gelten nach heutigem Erkenntnisstand als **Risikogruppen:**

- Kinder, da die Immunabwehr noch nicht vollständig ausgebildet ist
- alte Menschen, da hier häufig Multimorbidität sowie eine eingeschränkte Immunabwehr vorliegt
- Personen mit niedrigem sozioökonomischen Status, wobei eine plausible Erklärung hierfür noch aussteht
- Personen mit Vorschädigungen der Atemwege, z.B Asthmatiker
- Personen mit Vorschädigungen des Herz/Kreislaufsystems

## **9. Quantitative Risikoabschätzungen der Feinstaubwirkungen hinsichtlich der Mortalität**

Auf der Grundlage der **Kohorten-Studie „American-Cancer-Society (ACS-) Studie, Pope et al 2002“** wurden von der WHO 2004 als auch anderen Institutionen Abschätzungen zur Gesamtsterblichkeit bzw der Verkürzung der Lebenserwartung durch die PM 2,5 - Belastung getroffen.

Das „Standardmodell“ der WHO zur Risikoabschätzung geht davon aus,



dass oberhalb einer Konzentration von  $7,5 \mu\text{g PM}_{2,5} / \text{m}^3$  Luft (dies stellte die niedrigste in der Studie untersuchte Exposition dar) eine lineare Expositions-Wirkungs-Beziehung für die Zunahme der Sterblichkeit besteht.

Die mittlere Belastung der Bevölkerung liegt in Deutschland bei ca  $15\text{-}20 \mu\text{g PM}_{2,5} / \text{m}^3$  Luft.

Legt man die relativen Risiken (relatives Risiko = Risiko der Exponierten im Vergleich zu den Nicht-Exponierten) aus der Studie von Pope et al. zugrunde, so ist eine Steigerung der  $\text{PM}_{2,5}$  Konzentration um  $10 \mu\text{g} / \text{m}^3$  Luft – auf die reale durchschnittliche Expositionssituation - im Jahresmittel mit einem Anstieg der Sterblichkeit um ca

- **6% für die Gesamtmortalität (entsprechend einer Verkürzung der Lebenserwartung von ca 6- 8Monaten)**
- **9% für die Sterblichkeit an Herz- Kreislauferkrankungen**
- **14% für die Lungenkrebsmortalität**

verbunden.

Unter die „Nicht-Exponierten“ fallen hier diejenigen, welche einer Konzentration von unter  $7,5 \mu\text{g PM}_{2,5} / \text{m}^3$  Luft ausgesetzt waren.

Die Berechnungen sind jedoch mit erheblichen Unsicherheitsfaktoren verbunden und stellen eher eine konservative Berechnung dar.

- Sie berücksichtigen ja zum Beispiel Effekte bei geringeren Konzentrationen als  $7,5 \mu\text{g PM}_{2,5} / \text{m}^3$  Luft nicht und
- beziehen sich nur auf die erwachsene Bevölkerung über 30 Jahre.

Bezieht man Daten aus den Studien, welche die Sterblichkeit von Säuglingen durch Feinstaubbelastungen untersuchen, mit ein, so kommt man rechnerisch auf eine Verkürzung der Lebenserwartung von ca 10 Monaten (WHO 2004).

Aus den oben genannten Angaben kann eine rein „hypothetische“ Anzahl von zusätzlichen Todesfällen hochgerechnet werden. Diese betrage etwa 40000/Jahr für Deutschland.

Zu ähnlichen Ergebnissen wie oben kommen die Autoren der „Drei-Länder-Studie“ von Künzli et al., 2000, aufgrund ihrer Daten. In ihrer Studie wurden die gesundheitlichen Auswirkungen von verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastungen in der Schweiz, Österreich und Frankreich untersucht.

## **10. Kurze Darstellung der Vorgaben der 22. BImSchV** **(=22.Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz)**

Die europäische Kommission, die sich mit der EU-Tochterraichtlinie zu PM 10 beschäftigte, kam bereits 1997 nach zusammenfassender Bewertung der entsprechenden Studien in ihrem Positionspapier zu einer **Empfehlung von 15-maximal 40 µg PM 10 /m<sup>3</sup> Luft im Jahresdurchschnitt.**

Am 22.09.2002 trat die neue Fassung der 22. BImSchV in Kraft. Damit wurde die entsprechende EU-Richtlinie in deutsches Recht umgesetzt.

In der 22. BImSchV ist für **PM 10** ein **Grenzwert von 40 µg / m<sup>3</sup> Luft im Jahresmittel festgesetzt**, der seit dem 1. Januar 2005 ohne Toleranzmargen einzuhalten ist.

Zudem darf seit Anfang 2005 der **Tagesmittelwert von 50 µg PM 10 /m<sup>3</sup> Luft nicht öfter als 35 x pro Jahr an einer Messstelle** überschritten werden.

Da das Schädigungspotential natürlicher Partikel als geringer einzuschätzen ist als jenes der Partikel aus Verbrennungsprozessen, sieht die 22.BImSchV vor,

dass die „Sand“ - Konzentrationen – diese stammen aus der Winterstreuung- vor der Bewertung von den Gesamtkonzentrationen abgezogen werden dürfen. Ob weitere Partikel bspw Blütenstaub, zukünftig ebenfalls unter eine solche Regelung fallen sollen, wird derzeit geprüft.

Aufgrund der Tatsache, dass in **Deutschland der größte Anteil von PM 10 aus PM 2,5 besteht**, wurden bislang hierzulande trotz der größeren gesundheitlichen Relevanz von PM 2,5 (noch) keine speziellen PM 2,5 Grenzwerte festgelegt.

Bezüglich der ultrafeinen Partikel, die wahrscheinlich die größte gesundheitliche Bedeutung haben, gibt es bis dato noch keine ausreichenden Messdaten bezüglich der Grundbelastung in Deutschland und aufgrund der unzureichenden Datenlage naturgemäß noch keinerlei Grenzwertempfehlungen.

Die Grenzwerte der 22. BImSchV liegen generell niedriger als die Prüfwerte der ehemaligen 23. BImSchV, welche sie ersetzen. Die Werte der 22. BImSchV haben zudem keinen Flächenbezug wie die Werte der TA-Luft, sondern verlangen die Einhaltung an jedem Punkt eines Straßenabschnittes (= Linienbelastung).

Im Gegensatz zu den Vorgaben der 23. BImSchV müssen gemäß der 22. BImSchV Aktionspläne erarbeitet werden, wenn bestimmte Konzentrationswerte für Luftschadstoffe, siehe oben, überschritten sind.

Insgesamt sind die Vorgaben der 22. BImSchV als ein Schritt hin zu einer größeren Berücksichtigung gesundheitlicher Vorsorgeaspekte zu werten.

## **11. Maßnahmen zur Belastungsminderung, Belastungssituation in Nürnberg**

Diesbezüglich wird auch auf die Unterlagen zu TOP 2 „Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Nürnberg-Fürth-Erlangen“ der 17. Sitzung des Umweltausschusses vom 27.04.05 verwiesen (1. Maßnahmenkatalog für einen Aktionsplan zum Luftreinhalteplan Nürnberg- Fürth- Erlangen; 2. Protokoll der Lenkungsgruppe LRP in Mittelfranken, 3. Vpl- Positionspapier).

**Bis dato wurde 2005 in Nürnberg beispielsweise an der Messstelle Nürnberg/Hauptbahnhof 22x der gültige Grenzwert für den Tagesmittelwert für PM10 von 50 µg/m<sup>3</sup> Luft überschritten.** Es ist davon auszugehen, dass auch in Nürnberg im weiteren Jahresverlauf die Grenze einer 35-maligen Überschreitung erreicht werden wird.

**Gemäß den bisherigen Daten ist wie in anderen Großstädten mit einer mittleren Immission für das Nürnberger Stadtgebiet von etwa 20-35 µg PM10/ m<sup>3</sup> Luft zu rechnen.**

Das Bundesumweltamt (= BUM 2005) sowie das Landesamt für Umweltschutz (=LfU) gehen davon aus, dass im groben Durchschnitt die Belastung durch Feinstaub in Deutschland folgende Ursachen hat:

- **Etwa 50 % verkehrsbedingte , v.a. durch Dieselfahrzeuge verursachte Immissionen**
- **Etwa 30% Immissionen durch Hausbrand**
- **Etwa 20% industriebedingte Immissionen**

Das Landesamt für Umweltschutz (= LfU) hat im Februar 2005 bei 20 Messstationen in Bayern, u.a. bei der Messstation Nürnberg/Bahnhofstraße, für einen

Monat einen speziellen Filter zur Bestimmung der relativen Anteile von Verkehr und Hausbrand eingesetzt. Die Ergebnisse der Analysen und ihre Bewertung werden jedoch erst in einigen Monaten vorliegen.

Bei der Feinstaubbelastung handelt es sich um eine komplexe Belastung mit mehreren Verursacherquellen und einer Mischung aus lokaler und überregionaler Hintergrundbelastung.

Das LfU geht aufgrund der bisher vorliegenden Daten aus der Messtation Nürnberg/Bahnhostraße (eine zweite ist am Nürnberger Flughafen installiert) von folgenden Quellenanteilen bzw. Gewichtungen für die räumliche Zuordnung in Nürnberg aus:

- **ca 13% : Lokaler Verkehr**, Anteile unmittelbar aus Autoabgasen von Diesel-PKW's, LKW's und Abrieb von Reifen/Staubaufwirbelung
- **ca 49%: Regionaler Hintergrund** mit einem **hohen Verkehrsanteil**
- **ca 31%: Sonstige Einflüsse** wie Staubaufwirbelungen auf der Straße in der Nähe der Messstelle, Hausbrand, Industrie, Sand, Streusalz

Aus dem Maßnahmenbündel, welches z.Zt in Politik und Verwaltung in der Diskussion ist, sollen nur kurz einige wesentliche Aspekte herausgegriffen werden:

- Eine wirksame Maßnahme auf der „**Verursacherseite**“ stellt nach jetzigem Kenntnisstand beispielsweise die **Ausrüstung von Diesel-Fahrzeugen mit Partikelfiltern durch die Autoindustrie** dar. So sollen spätestens ab 2007 in Deutschland nur noch Neufahrzeuge mit Filter angeboten werden.

Wichman et al 2003 schätzte das **Minderungspotential** für die PM<sub>2,5</sub>- Immission durch den Einsatz von **Partikelfiltern bei allen Dieselfahrzeugen** ab. Das Minderungspotential setzte er mit 3 µg PM

2,5/m<sup>3</sup> Luft an. Dies würde eine **Minderung der Gesamtsterblichkeit von 1,8 % entsprechend 14.400 Todesfällen pro Jahr bzw einer Erhöhung der Lebenserwartung von ca 1-3 Monaten in Deutschland** bedeuten.

Von Seiten BMU und Ref VII ist geplant, die Möglichkeiten einer lokale Nachrüstungskampagne mit den örtlichen Vertretern der Autoindustrie zu prüfen.

- Im Rahmen des – nach Vereinbarung mit der Regierung von Mittelfranken bis Ende Juni 2005 zu erstellenden- Aktionsplans soll laut Beschluss des 17. Umweltausschusses die Möglichkeit von **Verkehrsverboten für Dieselfahrzeuge in Gebieten mit hohen Immissionsbelastungen („Beschränkungszone“)** genutzt werden. Voraussetzung hierfür ist die Schaffung der rechtlichen Möglichkeiten durch die Bundesregierung. Eine hohe Wirksamkeit für die Region ist jedoch nur dann zu erwarten, wenn die gesamte Städteachse Nürnberg-Fürth-Erlangen hieran beteiligt sein wird. Das bayerische Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz hat ein Forschungsgutachten zur Prüfung der Frage, ob es ein praktikables Prognosemodell zur Ausrufung von Fahrverboten bei voraussehbaren hohen PM10-Belastungen gibt, vergeben.

Derzeit gibt es mit § 45 der Stvo zwar die Möglichkeit von Fahrverboten auf einzelnen Straßen und Streckenabschnitten, ohne dass das Vorliegen eines Luftreinhalte- und Aktionsplans hierfür eine Voraussetzung darstellt. Die Praktikabilität und der Nutzen sind jedoch umstritten. In Nürnberg würde dies 10 Einfallstraßen und 15 Hauptverkehrsstraßen, z.T, nur bestimmte Streckenabschnitte hiervon, betreffen.

**Eine generelle Einhaltung der Grenzwerte ist durch Fahrverbote allein jedoch nicht zu erreichen.**

- Geprüft werden sollen darüberhinaus diverse kommunale Maßnahmen zur **Stärkung des ÖPNV**. Diese sind als mittel- bis langfristig wirksame Maßnahmen zur dauerhaften Belastungsminderung zu sehen.

## 12. Zusammenfassung

Aus gesundheitlicher Sicht sind besonders folgende Punkte hervorzuheben:

- Gemäß den vorliegenden tierexperimentellen Daten ist davon auszugehen, dass **ultrafeine Partikel** aufgrund ihres Verhaltens im Körper und ihrer chemischen Zusammensetzung bzw der Eigenschaften der an sie adsorbierten Substanzen **die größte gesundheitliche Relevanz haben**. Für einen wissenschaftlichen Nachweis dieser Annahme ist die bisherige Datenlage jedoch noch nicht ausreichend.
- Tierexperimentell und epidemiologisch ist jedoch nachgewiesen, dass **PM 2,5 ein größeres gesundheitliches Risiko als PM10** bedeuten.
- An den meisten Messstellen werden nur die Konzentrationen an PM 10 bestimmt. **Bis jetzt gibt es im deutschen Recht nur auf die Konzentrationen von PM10 bezogene Grenzwerte**.
- Es ist mittlerweile **gesichert**, dass **hohe Feinstaubbelastungen (die belastbarsten Daten liegen bislang für PM 2,5 vor)** beim Menschen in Zusammenhang stehen mit:

### Kurzzeiteffekten:

- der akuten Auslösung von Atemwegssymptomen
- der akuten Auslösung von Symptomen des Herz-Kreislaufsystems bis zum Auftreten von Herzinfarkten
- In einer Studie wurde auch eine Erhöhung der Mortalität gefunden.

### Langzeiteffekten:

- der Gesamtsterblichkeit
- der kardiopulmonalen Sterblichkeit und
- - mit geringer Evidenz - der Lungenkrebsmortalität

Bislang ist nur eine ungefähre Abschätzung der Höhe des Risikos z.B. hinsichtlich der Mortalität möglich: die derzeitige Belastungssituation bewirkt gemäß aktuellen Risikoabschätzungen eine ca 6% Erhöhung der Gesamtmortalität entsprechend einer durchschnittlichen Verkürzung der Lebenserwartung um 6-8 Monate.

- Gemäß dem derzeitigen wissenschaftlichen Kenntnisstand scheint es keinen Schwellenwert für Feinstaubwirkungen zu geben. Es ist anzunehmen, dass alle Partikel, unabhängig von Art und Herkunft, die menschliche Gesundheit schädigen können.
- Feinstaubbelastungen müssen als ein ernsthaftes Risiko für die Gesundheit der Menschen angesehen werden. Maßnahmen zur



**Belastungssenkung sind aus gesundheitlicher Sicht unbedingt erforderlich.**

- Besonders wesentlich sind hierbei **Maßnahmen, welche nicht nur zu einer kurzzeitigen Senkung von Spitzenkonzentrationen (Überschreitungen der zugelassenen Tagesmittelwerte) führen, sondern solche, welche eine Senkung der langfristigen Belastung (Reduktion des Jahresmittelwertes) bewirken.**