

Fein- und Feinststäube – Partikel mit großer Wirkung

1. Begriffe und Verbreitung

Sämtliche in der Luft verteilten Feststoffe werden - unabhängig von ihrer chemischen Zusammensetzung - unter den Begriffen „Staub“ oder „Partikel“ zusammengefasst. Für den Menschen bedeutsam sind vor allem die Feinstäube. Man unterteilt diese anhand ihres Durchmessers in drei Kategorien:

Inhalierbarer Feinstaub PM ₁₀ * :	< 10 µm
Lungengängiger Feinstaub PM _{2,5} * :	< 2,5 µm
Ultrafeine Partikel UP:	< 0,1 µm

*PM: Particulate Matter

Feine Teilchen (von weniger als 2,5 µm Durchmesser) und ultrafeine Teilchen (bis unter 0,1 µm Durchmesser), die für das menschliche Auge gar nicht wahrzunehmen sind, machen dabei den gesundheitlich relevanten Teil des Schwebstaubs aus. Die Teilchen stammen im Wesentlichen aus dem Verkehr, industriellen Prozessen, Kraft- und Fernheizwerken sowie aus Haushalten. Die Konzentration von Feinstaub wird in mg, µg oder ng pro m³ Luft angegeben.

Bisher kennt man im Schwebstaub hunderte verschiedener chemischer Substanzen, darunter Schwermetalle, Ruß, Kohlenwasserstoffe sowie auch biogene Teilchen wie Viren, Sporen, Pollen, Bakterien und Pilze.

Seit den 60er-Jahren sind die Staubemissionen in Deutschland um mehr als die Hälfte zurückgegangen. Aus Sicht der Luftreinhaltung ist dies ein sehr positiver Effekt. Die gesundheitliche Relevanz ist aber, wie neuere Untersuchungen zeigen, nur eingeschränkt positiv zu sehen, da hauptsächlich der Anteil an Grobstäuben, weniger der an Feinstäuben, reduziert wurde.

Stationskategorie	ländlich	städt. Hintergrund	verkehrsnahe	Nähe Schwerindustrie
Jahresmittel (µg/m ³)	10-18	20-30	30-45	30-40
Anzahl der Tage mit Tagesmittel > 50µg/m ³	0-5	5-20	15-100	50-90
Spitzenwerte, Tagesmittel (µg/m ³)	50-70	60-100	70-150	100-200

Tab. Typische Konzentrationsbereiche von PM₁₀ im Jahr 2001 an deutschen Messstationen (Aus: UmweltmedForschPrax 8 (5) 2003)

Die ab 2005 geltenden EU-Grenzwerte für Tages- und Jahresmittelwerte (s. 4.) für PM_{10} werden an Messstellen mit städtischem Hintergrund in der Regel eingehalten.

Um Aussagen über zeitliche Trends in der Partikelbelastung für PM_{10} und $PM_{2,5}$ machen zu können, sind die Zeitreihen an den meisten Messstationen noch zu kurz. Es deuten sich in den letzten Jahren allerdings mehr oder weniger deutliche Abnahmen der Belastung an. Etwas anders ist dies bei den ultrafeinen Partikeln, hier werden in Erfurt, der einzigen Station, an welcher diese seit mehr als zehn Jahren dokumentiert werden, schwankende Verläufe sowie bei der kleinsten Fraktion von 10-30 Nanometern eine deutliche Zunahme des prozentualen Anteils festgestellt.

2. Gesundheitliche Bedeutung von feinen und ultrafeinen Partikeln

Gesundheitliche Wirkungen von Feinstaub auf den Menschen sind durch Untersuchungen an staubbelasteten Arbeitsplätzen vielfältig belegt. Allerdings lassen sich diese aufgrund anderer Expositionsbedingungen und der Voraussetzung „gesunder Arbeitnehmer“ nicht ohne weiteres auf die allgemeine Umwelt übertragen. Kontrollierte Expositionsexperimente liegen bisher nur in geringer Anzahl vor, dafür gibt es eine große Zahl von tierexperimentellen und in vitro-Untersuchungen, in welchen Belege für die Toxizität von Partikeln erbracht wurden. Insbesondere aber liefern neuere umweltepidemiologische Studien Hinweise auf gesundheitliche Wirkungen von feinen und ultrafeinen Partikeln in der Umwelt.

Ob und wie sehr Stäube eine Gefahr für unsere Gesundheit darstellen, hängt, wie man heute weiß, von verschiedenen Faktoren ab: So spielt neben der Konzentration des Staubes und seiner chemischen Zusammensetzung vor allem die Größe der Partikel eine ganz wesentliche Rolle. Diskutiert wird auch, welche Bedeutung die Beladung der Staubpartikel mit anderen Substanzen hat. In der Stadtluft können zum Beispiel Schwermetalle, krebserregende polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe oder Säuren an den Staubteilchen hängen und zusätzlich auf die Atemwege wirken. Neueren Untersuchungen zufolge ist keine Schwelle für Stäube erkennbar, unterhalb der keine gesundheitlichen Wirkungen auftreten.

2.1 Kurzfristige Wirkungen

Inhalierte Partikel werden in verschiedenen Teilen des Atemtrakts deponiert. Je kleiner die Teilchen sind, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass diese in der besonders sensiblen alveolaren Region deponiert werden. Die deponierten Partikel teilen sich in eine lösliche und eine unlösliche Fraktion: Die lösliche Fraktion kann in ausreichendem Umfang toxische Substanzen freisetzen und damit entzündliche Prozesse einleiten. Die Oberfläche der unlöslichen Fraktion bildet die Schnittstelle zu Zellen, Geweben und Lungenflüssigkeit.

Die gesundheitliche Wirkung hängt vor allem mit dem lungengängigen Feinstaub zusammen. Ferner zeigen einige Studien, dass die sehr feinen Teilchen, die ultrafeinen Partikel, ebenfalls eine Rolle spielen. Partikel mit einem Durchmesser von weniger als $2,5 \mu m$ können in die Lungenbläschen vordringen, wo sie länger verbleiben und damit auch länger wirken als in den oberen Atemwegen.

Tierexperimentelle Untersuchungen zeigen, dass vornehmlich bei älteren und vorgeschädigten Tieren Wirkungen nach akuter Exposition festzustellen sind. Dies steht in Einklang mit Ergebnissen epidemiologischer Studien.

Neuere umweltepidemiologische Studien zeigen Wirkungen bereits bei einem Anstieg der Feinstaubkonzentrationen im Bereich von weniger als 30 bis $100 \mu g/m^3$: Eine Zunahme der Partikelmasse mit einem Durchmesser von unter $10 \mu m$ (PM_{10}) in der Außenluft um $10 \mu g$ pro Kubikmeter als Tagesmittelwert führt demnach zu einem Anstieg der Mortalität um 0,7%,

von Krankenhauseinweisungen wegen Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen um 0,8% und einer Erhöhung des Medikamentenverbrauchs bei Asthmatikern um 3,4%. Für ultrafeine Partikel scheint es vergleichbare Zusammenhänge zu geben, wie deutsche und finnische Studien zeigen. So häufen sich bei erhöhten Konzentrationen ultrafeiner Partikel deutlich die Atemwegssymptome bei Asthmatikern.

Deutsche und amerikanische Untersuchungen deuten darauf hin, dass sich bei Patienten mit Herz-Kreislaufkrankungen sowie empfindlichen älteren Menschen erhöhte Konzentrationen feiner und ultrafeiner Partikel in der Außenluft negativ auf ihren Gesundheitszustand auswirken. Festgestellt wurden erhöhte Herzraten und eine erhöhte Plasmapviskosität, beides Risikofaktoren für die Entstehung von kardiovaskulären Erkrankungen.

Neueste Untersuchungen der Epidemiologen des GSF-Forschungszentrums für Umwelt und Gesundheit haben ergeben, dass gerade winzige Metallpartikel im Feinstaub die Lunge reizen und den Schweregrad allergisch bedingter Atemwegserkrankungen wie Asthma verschlimmern können. Die in Zusammenarbeit mit der amerikanischen Umweltbehörde EPA (Environmental Protection Agency) entstandene Studie unterstützt bekannte epidemiologische Befunde zur Wirkung von Luftschadstoffen bei Kindern durch Experimente am Tiermodell.

2.2 Langfristige Wirkungen

Mittlerweile gibt es zu den Wirkungen einer langfristigen Exposition gegenüber Schwebstaub mehrere aussagekräftige Untersuchungen. Diese Langzeitstudien zeigen, dass eine zusätzliche Feinstaubkonzentration ($PM_{2,5}$) von $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel mit einem Anstieg der Sterblichkeit verbunden sind, und zwar um 6 Prozent für die Gesamtsterblichkeit, um 9 Prozent für die Sterblichkeit an Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen und um 14 Prozent für die Sterblichkeit an Lungenkrebs. Männer sind einem größeren Risiko ausgesetzt als Frauen und Raucher gefährdeter als Nichtraucher. Letzterer Zusammenhang ließe sich damit begründen, dass Rauchen eine effektverstärkende Funktion hat und Raucher zu einer vorgeschädigten Risikogruppe zählen.

Basierend auf Abschätzungen aus diesen epidemiologischen Kohortenstudien liegen rechnerische Aussagen vor, dass sich die Lebenserwartung durch langfristige Schwebstaubbelastung um etwa ein bis zwei Jahre verkürzen könnte.

2.3 Abgrenzung der Partikeleffekte von den Auswirkungen anderer Luftschadstoffe

Eine wichtige methodische Frage bleibt zu beantworten: Lassen sich die genannten Gesundheitseffekte von Partikeln klar von den möglichen Auswirkungen von gasförmigen Luftschadstoffen abgrenzen, deren Konzentrationen nachweislich mit einander korrelieren? In sogenannten „Mehrschadstoffmodellen“, konnte nachgewiesen werden, dass Schwebstaub im Falle von Kurzzeitwirkungen bedeutsamer ist als die anderen in der Außenluft vorkommenden gasförmigen Schadstoffe wie etwa Ozon, NO_2 , SO_2 und CO. Die Abgrenzung der Langzeitwirkungen verschiedener Schadstoffe voneinander ist dagegen schwieriger.

3. Gesetzliche Regelungen

Die EU-Richtlinie 1999/30/EG legt verschiedene Grenzwerte für Partikel PM_{10} zum Schutz der menschlichen Gesundheit fest. Das kanzerogene Risiko wurde dabei nicht berücksichtigt.

	Grenzwert	Zeitpunkt
Stufe1		
24-Stunden-Grenzwert	50µg/m ³ darf max. 35mal im Jahr überschritten werden	1. Januar 2005
Jahresgrenzwert	40µg/m ³ PM ₁₀	1. Januar 2005
Stufe 2 *		
24-Stunden-Grenzwert	50µg/m ³ PM ₁₀ dürfen max. 7mal im Jahr überschritten werden	1. Januar 2010
Jahresgrenzwert	20µg/m ³ PM ₁₀	1. Januar 2010

* Richtgrenzwerte, die im Lichte neuer Informationen und Erfahrungen zu überprüfen sind.

Tab.: Grenzwerte für Partikel PM₁₀ nach der EU-Richtlinie 1999/30/EG

Die Verschärfungen, die für Stufe 2 vorgesehen sind, lassen sich derzeit noch nicht exakt gesundheitsbezogen begründen, allerdings kommen die Experten zu dem Ergebnis, dass eine weitere Reduzierung der Jahresmittelwerte und der Häufigkeit der Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von 50µg/m³ über die Stufe 1 hinaus auf jeden Fall zu einer Reduzierung des Gesundheitsrisikos führt.

4. Zusammenfassung

Kurzzeiteffekte auf die Gesundheit durch die Belastung der Außenluft mit feinen und ultrafeinen Partikeln sind in zahlreichen Untersuchungen nachgewiesen. Langzeitstudien zeigen, dass die Exposition gegenüber höheren Konzentrationen feiner Partikel zu einer Verkürzung der Lebenserwartung beitragen kann. Dabei werden die Sterblichkeitsraten sowie die Krankheitszahlen für Atemwegserkrankungen und Herz-Kreislauf-Erkrankungen deutlich beeinflusst. Am überzeugendsten ist dabei die Datenlage für feine Partikel (PM_{2,5}) und PM₁₀.

Literaturauswahl:

Kappos, A. et al. (2003): Bewertung des aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstandes zur gesundheitlichen Wirkung von Partikeln in der Luft – Arbeitsgruppe „Wirkungen von Feinstaub auf die menschliche Gesundheit“ der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN.

UmweltmedForschPrax 8, 257-278

Wichmann, H.E., Heinrich, J., Peters, A. (2002): Gesundheitliche Wirkungen von Feinstaub. - ecomed Landsberg

Wichmann, H.E. (2002): Dieselruß und andere Feinstäube – Umweltproblem Nummer Eins? – In: Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 62 Nr.1/2- Editorial

Internetseiten:

Aktuelle Immissionsdaten des Umweltbundesamts (<http://www.env-it.de/luftdaten/start.fwd>)

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie: Grenzwerte nach EU-Richtlinien

http://www.hlug.de/medien/luft/allgemein/eg_richtlinien.htm#tm

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin: Werkstatt Feinstaub

http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/luftqualitaet/de/werkstatt_feinstaub/

Weltgesundheitsorganisation (WHO): Information zu den gesundheitlichen Auswirkungen der Luftverschmutzung www.euro.who.int/air

Stand: November 2003

Autorin: Ulrike Koller

Wissenschaftliche Beratung:

Prof. Dr. H.E. Wichmann, GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Inst.f.Epidemiologie