

Anhörung
des Ausschusses für Umwelt und Verbraucherschutz
zum Thema
„Feinstaub und Ultrafeinstaub –
Ursachen und Gesundheitsrisiken“

Statement zum Fragenkatalog von

Prof. Dr. Annette Peters
Leiterin des Instituts für Epidemiologie II
Helmholtz Zentrum München

A Feinstaub PM₁₀, PM_{2,5}

A1. Zahlen

- 1.1 Was sind die hauptsächlichen Quellen von Feinstaub in Bayern und inwieweit unterscheidet sich die Bedeutung dieser Quellen in Ballungsgebieten von der in ländlichen Gebieten?
- 1.2 Wie hoch sind die prozentualen Anteile der Landwirtschaft und der Industrieprozesse an den Feinstaubemissionen in Bayern, in welche Untergruppen sind diese beiden Hauptkategorien unterteilt und welchen Ausstoß haben diese Unterkategorien?
- 1.3 Wie haben sich die Jahresmittelwerte und die Zahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte bei PM₁₀ seit dem Jahr 2000 in Bayern entwickelt?
- 1.4 Wie haben sich die Jahresmittelwerte bei PM_{2,5} seit dem Jahr 2000 in Bayern entwickelt?
- 1.5 Halten Sie die Messnetzdichte in Bayern für ausreichend?

Antwort Peters: Die Messnetzdichte in Bayern ist vergleichbar mit anderen Bundesländern (Bayern 50 Messstationen, Baden-Württemberg 55 Messstationen). Aus Sicht der epidemiologischen Forschung ist problematisch, dass lange Zeitreihen nur für einen Teil der Messstationen verfügbar sind aufgrund von Verlegungen von Messstationen in der Vergangenheit. Hinzu kommt, dass an manchen Messstationen zwar Feinstaub kleiner als 2,5 µm (PM_{2,5}) ins Messprogramm aufgenommen wurde, dafür aber Feinstaub kleiner als 10 µm (PM₁₀) nicht weiter gemessen wird, was die Nutzung der Daten für epidemiologische Forschung erschwert.

A2. Grenzwerte

- 2.1. Sind die derzeit geltenden Regelungen hinsichtlich des Feinstaubausstoßes (Grenzwerte für Jahres-/Tagesmittelwerte, Luftreinhaltepläne etc.) ausreichend, um die Bevölkerung optimal vor negativen Auswirkungen zu schützen und wenn nein, welche Maßnahmen wären hierzu notwendig?

Antwort Peters: Die geltenden Grenzwerte für Feinstaub sind nicht ausreichend, um die Bevölkerung zu schützen, da sie deutlich über den Empfehlungen der WHO aus dem Jahre 2005 liegen (WHO 2006). Neuere Studien zeigen zudem einen Zusammenhang zwischen Jahresmittelwerten unterhalb von 10 µg/m³ PM_{2,5} und der Gesamtsterblichkeit (Crouse, Peters et al. 2012, Di, Wang et al. 2017).

- 2.2. Wie sind die Grenzwerte für Feinstaub der EU im Vergleich zu den deutlich geringeren Empfehlungen für Feinstaubbelastung der WHO zu bewerten?

Antwort Peters: Die geltenden Grenzwerte für Feinstaub sind nicht ausreichend. Darauf haben wissenschaftliche Fachverbände wie zum Beispiel die Internationale Gesellschaft für Umweltepidemiologie (ISEE) immer wieder hingewiesen.

- 2.3. Welche Möglichkeiten sehen Sie, nicht nur das Kappen von Spitzenwerten (Überschreitungen der Grenzwerte) zu diskutieren, sondern auch die Reduktion der mittel- und langfristigen Hintergrundbelastung durch Feinstaub?

Antwort Peters: Die Analyse der WHO 2005 (WHO 2006) und auch des REVIHAAP-Projektes (WHO 2013) ergibt, dass es keinen Schwellenwert gibt und die Expositions-Wirkungs-Funktion, die die Wirkung des Feinstaub auf die Sterblichkeit abbildet, linear ist. Dies wurde durch weitere aktuelle Studien in Europa und den USA zusätzlich belegt (Beelen, Raaschou-Nielsen et al. 2014, Di, Wang et al. 2017). Eine Reduktion der Hintergrundbelastung durch Feinstaub würde somit die Krankheitslast in Bayern deutlich absenken.

A3. Auswirkungen auf Mensch und Umwelt

- 3.1. Welche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit haben die Feinstaubpartikel PM_{10} und $PM_{2,5}$?

Antwort Peters: Feinstaub wird in den oberen und unteren Atemwegen abgeschieden. Er hat vielfältige Wirkungen auf die Lunge, das Herz-Kreislaufsystem, die Reproduktion, den Stoffwechsel und das Gehirn (Thurston, Kipen et al. 2017). Unterschiedliche pathophysiologische Mechanismen tragen dazu bei, insbesondere lokale und systemische Entzündungsreaktionen, oxidativer Stress, die Translokation von Schadstoffen und ultrafeinen Partikeln sowie die Interaktionen dieser Stoffe mit Organen und Geweben jenseits der Lunge. Für die Herz-Kreislaufkrankungen wird der Feinstaub seit 2010 als kausal angesehen (Brook, Rajagopalan et al. 2010).

- 3.2. Welche Schaftstoffpartikel können an der Oberfläche von Feinstaubpartikeln haften und welche gesundheitlichen Auswirkungen haben diese?

Antwort Peters: Relevant für die Wirkung des Feinstaubes ist die chemische Zusammensetzung als auch die Oberflächenaktivität (Cassee, Heroux et al. 2013). Hier können sowohl chemische als physikalische Oberflächeneigenschaften relevant sein, die insbesondere in der Lage sind Sauerstoffradikale zu erzeugen. Daher besitzen Ruß, Übergangsmetalle und sekundäre organische Kohlenwasserstoffe eine besondere Gesundheitsrelevanz.

- 3.3. Halten Sie es in Bezug auf die Bewertung von Gesundheitsrisiken sinnvoll, bei der Menge von emittiertem Feinstaub eine gewichtsbezogene Angabe (in Tonnen) zu machen? Ist für das gesundheitliche Risiko nicht in erster Linie die Anzahl der Partikel ausschlaggebend? Halten Sie in diesem Zusammenhang eine statistische Angleichung für sinnvoll?

Antwort Peters: Feinstaub ist ein komplexes Gemisch, dessen Gesundheitsrelevanz durch die Größe der Partikel und ihre chemische Zusammensetzung bestimmt werden. Feine und ultrafeine Partikel wirken gemeinsam, aber teilweise aufgrund von unterschiedlichen Mechanismen. Sowohl die Masse der Partikel als auch ihre Anzahl wird als gesundheitsrelevant bewertet (WHO 2013).

- 3.4. Wie viele vorzeitige Todesfälle in Bayern bzw. Deutschland werden schätzungsweise durch Feinstaub verursacht?

Antwort Peters: Die ermittelte Krankheitslast liegt bei jährlich etwa 47.000 vorzeitigen Todesfällen in Deutschland, was einem durchschnittlichen Lebenszeitverlust von circa zehn Jahren pro 1.000 Einwohnern entspricht (Kallweit and Wintermeyer 2013). Die Europäische Umweltagentur schätzte für Deutschland 59.500 vorzeitige Todesfälle aufgrund von Feinstaub ab (<https://www.eea.europa.eu/media/newsreleases/many-europeans-still-exposed-to-air-pollution-2015/premature-deaths-attributable-to-air-pollution>).

- 3.5. Welche Auswirkungen haben Feinstäube auf unsere Ökosysteme insbesondere die Ammoniak-Emissionen?

A4. Minderungsstrategien

- 4.1. Mit welchen Maßnahmen lassen sich die Feinstaub-Hintergrundkonzentrationen in der Atmosphäre kurz-, mittel-, langfristig wirkungsvoll reduzieren?
- 4.2. Wie bewerten Sie die Auswirkungen der Umweltzonen auf die Feinstaubemissionen?

Antwort Peters: Die Wirksamkeit von Umweltzonen wird in zahlreichen Modellrechnungen oder anhand von Immissionsdaten untersucht. Nachdem anfangs aufgrund ungenauer Prognosen bzw. zu kurzer Messreihen widersprüchliche Ergebnisse berichtet wurden, zeigen neuere Analysen einen klaren Trend. So ist bei ausreichender Größe der Umweltzone und Gültigkeit der strengsten Schadstoffgruppe (Einfahrt nur mit grüner Plakette) ein Rückgang der PM10-Konzentrationen um 5–10% nachweisbar, an verkehrsbelasteten Messstationen teilweise auch um über 10% (Cyrus, Peters et al. 2015).

- 4.3. Inwieweit könnte es sinnvoll sein, neben dem Straßenverkehr auch weitere Emittenten einzubeziehen, insbesondere, um lokale Immissionsspitzen einzudämmen?

Antwort Peters: Aus Sicht der Gesundheitsforschung ist dies unbedingt erforderlich, da die Auswirkungen der Schadstoffe nicht ausschließlich dem Verkehr zuzuordnen sind (Cassee, Heroux et al. 2013).

-
- 4.4. Welchen Beitrag könnten Ihrer Einschätzung nach die verschiedenen Emittentenkategorien auf der motortechnischen bzw. auf der Seite der stationären Emittenten (z.B. Öfen, Industrieprozesse, Energiewirtschaft) zur Feinstaubreduktion leisten? Welche Maßnahmen halten Sie hier für sinnvoll?
- 4.5. Welche politischen Maßnahmen halten Sie in den u.a. Emittentenkategorien für geeignet, um Feinstaub zu reduzieren?

- Straßenverkehr: z. B. Tempolimit auf Autobahnen, ein Überholverbot für LKW auf Autobahnen
- Schienenverkehr: z. B. Verlagerung des Verkehrs von der Straße auf die Schiene oder die Umrüstung von Diesellokomotiven
- Private Haushalte und Kleinverbraucher: z. B. Filtertechniken für Holzöfen.
- Industrieprozesse / Energiewirtschaft: insbesondere Anreize zur Einhaltung der Grenzwerte
- Landwirtschaft: insbesondere Maßnahmen zur Reduktion der Ammoniak-Emissionen

B Ultrafeinstaub (Durchmesser < 100 Nanometer)

B1 Grundsätzliches

- 1.1. Welche verschiedenen Arten von ultrafeinen Partikeln (UFP) mit einem Durchmesser von weniger als 100 Nanometern gibt es und wie entstehen diese?
- 1.2. Was sind die hauptsächlich primären Quellen von UFP?

Antwort Peters: Im Stadtgebiet kommen sie hauptsächlich aus anthropogenen Quellen: Verkehr, Hausbrand, Industrie (siehe auch Flyer des UFIREG-Projektes).

- 1.3. Wie verhalten sich UFP in der Atmosphäre, im Unterschied zu den größeren Partikeln PM_{10} und $PM_{2,5}$?
- 1.4. Welchen Einfluss haben meteorologische Gegebenheiten (z. B. Inversionswetterlage) auf das Verhalten bzw. die Verteilung von UFP?
- 1.5. Ist mit der Einführung eines EU-weiten Grenzwertes für UFP in den nächsten Jahren zu rechnen?

B2 Messungen (mündlich)

- 2.1. Welche allgemein wissenschaftlich anerkannten Verfahren gibt es zur Ermittlung der UFP-Konzentration in der Außenluft?
- 2.2. Wie unterscheiden sich diese Verfahren vom Messverfahren, das bei PM_{10} und $PM_{2,5}$ zur Anwendung kommt?

- 2.3. Anhand welcher Verfahren ist es möglich, die UFP-Belastung durch bestimmte Quellen von der Hintergrundbelastung zu isolieren?

Antwort Peters: Eine gute Methode für die Quellenzuordnung der Partikel ist die Anwendung der Positiven-Matrix-Faktorisierungs-Methode auf Daten zur Partikelgrößenverteilung (Gu, Pitz et al.).

- 2.4. Welche Kosten entstehen bei der Einrichtung einer UFP-Messstelle bzw. der Umrüstung einer bestehenden Luftgüte-Messstation?
- 2.5. Welche Aussagekraft haben die UFP-Messungen mit mobilen Geräten, wie sie beispielsweise Bürgerinitiativen im Umfeld der Flughäfen München und Frankfurt durchgeführt haben?

B3 UFP und Flugverkehr

- 3.1 Wie unterscheiden sich die UFP, die bei der Verbrennung von Kerosin in Flugzeugtriebwerken entstehen, von den Partikeln, die bei anderen Verbrennungsprozessen freigesetzt werden?
- 3.2 Welche Rückschlüsse auf die UFP-Belastung in der direkten Umgebung lassen die bisher vorliegenden Messergebnisse aus der Flughafenregion Frankfurt (z.B. aus Frankfurt-Raunheim und Langen) zu?
- 3.3 Welche Erkenntnisse gibt es hinsichtlich der UFP-Belastung auf Flughäfen und deren Auswirkung auf das dort tätige Personal?
- 3.4 Sind Messungen der UFP-Konzentrationen an Flughäfen unabhängig vom kürzlich in Frankfurt gestarteten UFOPLAN-Forschungsprojekt „Ultrafein-stäube im Umfeld großer Flughäfen“ sinnvoll?

B4 Gesundheitliche Auswirkungen

- 4.1. Wie wirken ultrafeine Partikel auf den menschlichen Körper, verglichen mit größeren Partikeln PM_{10} und $PM_{2,5}$?

Antwort Peters: Ultrafeine Partikel werden in den oberen und unteren Atemwegen deponiert. Sie tragen wenig Masse, können aber große aktive Oberflächen haben und sind in der Lage, in Zellen einzudringen als auch sich im Körper zu verteilen (Stone, Miller et al. 2016). Dadurch ist zu vermuten, dass ein Teil der systemischen Auswirkungen des Feinstaubes auf ultrafeine Partikel zurückgehen. Im Rahmen der Forschung zu den technisch-eingesetzten Nanopartikeln, wurden die toxikologischen Eigenschaften der Nanopartikel in den letzten 10 Jahren intensiv untersucht.

- 4.2. Mit welchen Schadstoffen können UFP chemische Verbindungen eingehen?
- 4.3. Welche dieser Verbindungen sind für den Menschen besonders gefährlich?

- 4.4. Wie unterscheidet sich die Bindungsfähigkeit der UFP von der Bindungsfähigkeit größerer Feinstaubpartikel?
- 4.5. Wie wirken UFP und daran gebundene Schadstoffe im menschlichen Körper?

Antwort Peters: Ultrafeine Partikel werden in den oberen und unteren Atemwegen deponiert, es konnte nachgewiesen werden, dass die ultrafeinen Partikel bis ins Gehirn gelangen und auch die Plazenta überwinden können. Sie sind in der Lage Sauerstoffradikale freizusetzen, die die Zellen und ihre Funktion in unterschiedlichen Organen schädigen, und Veränderung physiologische Prozesse, wie zum Beispiel die Gerinnung (Stone, Miller et al. 2016).

- 4.6. Welche Krankheiten begünstigen UFP und daran gebundene Schadstoffe?

Antwort Peters: Die wissenschaftliche Evidenz für die Auswirkungen der ultrafeinen Partikel ist nicht so gut belegt wie die des Feinstaubes. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die Auswirkungen die gleichen Organe betreffen, insbesondere die Lunge, das Herz-Kreislaufsystem, die Reproduktion, den Stoffwechsel und das Gehirn.

- 4.7. Welche Bevölkerungsgruppen sind besonders gefährdet, gesundheitliche Beeinträchtigungen durch UFP zu erleiden?

Antwort Peters: Generell sind alle Personen betroffen, allerdings gehen wir davon aus, dass Säuglinge, Kinder, Schwangere, alte Menschen und Personen mit chronischen Erkrankungen besonders betroffen sind. Dies ist als nicht unterschiedlich zu den beschriebenen Wirkungen des Feinstaubes insgesamt anzusehen.

- 4.8. Welche Arten von Studien sind nötig, um zu aussagekräftigen Erkenntnissen über die Auswirkung von UFP auf die menschliche Gesundheit zu kommen und einen Grenzwert festzulegen?

Antwort Peters: Wir halten Studien mit drei grundsätzlichen Designs für sinnvoll: (1) Kohortenstudien, die die Langzeitexposition untersuchen. Hier würde insbesondere die NAKO Gesundheitsstudie einen idealen Anknüpfungspunkt bieten. (2) Zeitreihenstudien, die Kurzzeitwirkungen analysieren, und (3) Panelstudien, die die physiologischen Auswirkungen bei Kindern und Erwachsenen untersuchen. Eine ausführliche Zusammenstellung findet sich bei Birmili und Kollegen (Birmili, Rueckerl et al. 2014).

- 4.9. Welche Messdaten müssen für solche Untersuchungen zur Verfügung stehen?

Antwort Peters: Idealerweise Messungen, die sowohl die zeitliche als auch die räumliche Variabilität in der Umwelt als auch persönliche Expositionen messen und Modellierungen im Rahmen von epidemiologischen Studien erlauben. Die konkrete Messstrategie hängt vom Studiendesign ab und unterscheidet sich für die drei obengenannten Designs. Für Kohortenstudien steht die räumliche Variabilität im Vordergrund. Für Zeitreihenstudien sind einzelne stationäre Messstationen ausreichend, während Panelstudien idealerweise stationäre und persönliche Messungen kombinieren (Birmili, Rueckerl et al. 2014).

- 4.10. Welche Bedeutung hat die Ermittlung der Konzentration kohlenstoffhaltiger UFP?

- 4.11. Liefert das deutsche GUAN-Netzwerk mit seinen 17 Messstationen valide Daten in ausreichender Menge, um solche Studien durchführen zu können?

Antwort Peters: Das GUAN-Netzwerk liefert eine gute Ausgangslage für Zeitreihenstudien. Hier ist der Zugang zu den Gesundheitsdaten (täglich aufgelöste Sterbezahlen und Krankenhauseinweisungen) allerdings in Deutschland problematisch. (Birmili, Rueckerl et al. 2014).

- 4.12. Wie muss das Netz der Messstellen ausgestaltet sein, um die benötigten Daten zu liefern?

Antwort Peters: Aus meiner Sicht wäre eine Ausweitung des GUAN-Netzwerks sinnvoll, speziell weil die GUAN-Messstationen überwiegend im ländlichen Raum aufgebaut sind. Es gibt nur vier Messstationen im städtischen Hintergrund (Augsburg, Dresden, Leipzig, Mülheim an der Ruhr), die Daten für epidemiologische Forschung liefern könnten. Außerdem sollten die GUAN Messungen mit Messkampagnen kombiniert werden, die die räumlich-zeitliche Variabilität charakterisieren und die Modellierung von ultrafeinen Partikeln erlauben (Wolf, Cyrus et al. 2017).

- 4.13. Kann das amtliche Luftgüteüberwachungssystem Bayern bei entsprechender Ausrüstung der Messstationen einen Beitrag leisten, die benötigten Daten zur Verfügung zu stellen?

Antwort Peters: Aus meiner Sicht wäre eine Ausweitung des GUAN-Netzwerks innerhalb des bestehenden Netzwerkes ein enormer Vorteil, da die ultrafeinen Partikel nicht isoliert betrachtet werden können und die gleichzeitige Messung der gegenwärtig regulierten Schadstoffe, wie NO₂ und Feinstaub unbedingt erforderlich ist.

Literaturangaben

Beelen, R., O. Raaschou-Nielsen, M. Stafoggia, Z. J. Andersen, G. Weinmayr, B. Hoffmann, K. Wolf, E. Samoli, P. Fischer, M. Nieuwenhuijsen, P. Vineis, W. W. Xun, K. Katsouyanni, K. Dimakopoulou, A. Oudin, B. Forsberg, L. Modig, A. S. Havulinna, T. Lanki, A. Turunen, B. Oftedal, W. Nystad, P. Nafstad, U. De Faire, N. L. Pedersen, C. G. Ostenson, L. Fratiglioni, J. Penell, M. Korek, G. Pershagen, K. T. Eriksen, K. Overvad, T. Ellermann, M. Eeftens, P. H. Peeters, K. Meliefste, M. Wang, B. Bueno-de-Mesquita, D. Sugiri, U. Kramer, J. Heinrich, K. de Hoogh, T. Key, A. Peters, R. Hampel, H. Concin, G. Nagel, A. Ineichen, E. Schaffner, N. Probst-Hensch, N. Kunzli, C. Schindler, T. Schikowski, M. Adam, H. Phuleria, A. Vilier, F. Clavel-Chapelon, C. Declercq, S. Grioni, V. Krogh, M. Y. Tsai, F. Ricceri, C. Sacerdote, C. Galassi, E. Migliore, A. Ranzi, G. Cesaroni, C. Badaloni, F. Forastiere, I. Tamayo, P. Amiano, M. Dorronsoro, M. Katsoulis, A. Trichopoulou, B. Brunekreef and G. Hoek (2014). "Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project." *Lancet* **383**(9919): 785-795.

Birmili, W., R. Rueckerl, B. Hoffmann, G. Weinmayr, R. P. Schins, T. Kuhlbusch, A. Vogel, K. Weber, U. Franck, J. Cyrus and A. Peters (2014). "Ultrafeine Aerosolpartikel in der Außenluft: Perspektiven zur Aufklärung ihrer Gesundheitseffekte." *Gefahrstoffe Reinhalt. Luft* **74**: 9.

Brook, R. D., S. Rajagopalan, C. A. Pope, III, J. R. Brook, A. Bhatnagar, A. V. Diez-Roux, F. Holguin, Y. Hong, R. V. Luepker, M. A. Mittleman, A. Peters, D. Siscovick, S. C. Smith, Jr., L. Whitsel and J. D.

- Kaufman (2010). "Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association." Circulation **121**(21): 2331-2378.
- Cassee, F. R., M. E. Heroux, M. E. Gerlofs-Nijland and F. J. Kelly (2013). "Particulate matter beyond mass: recent health evidence on the role of fractions, chemical constituents and sources of emission." Inhal Toxicol **25**(14): 802-812.
- Crouse, D. L., P. A. Peters, A. van Donkelaar, M. S. Goldberg, P. J. Villeneuve, O. Brion, S. Khan, D. O. Atari, M. Jerrett, C. A. Pope, M. Brauer, J. R. Brook, R. V. Martin, D. Stieb and R. T. Burnett (2012). "Risk of nonaccidental and cardiovascular mortality in relation to long-term exposure to low concentrations of fine particulate matter: a Canadian national-level cohort study." Environmental health perspectives **120**(5): 708-714.
- Cyrus, J., A. Peters, J. Soentgen, J. Gu and H. E. Wichmann (2015). "Umweltzonen." Umweltmed - Hygiene - Arbeitsmed. **20**(1): 25.
- Di, Q., Y. Wang, A. Zanobetti, Y. Wang, P. Koutrakis, C. Choirat, F. Dominici and J. D. Schwartz (2017). "Air Pollution and Mortality in the Medicare Population." N Engl J Med **376**(26): 2513-2522.
- Gu, J., M. Pitz, J. Schnelle-Kreis, J. Diemer, A. Reller, R. Zimmermann, J. Soentgen, M. Stölzel, H. E. Wichmann, A. Peters and J. Cyrus "Source apportionment of ambient particles: Comparison of positive matrix factorization analysis applied to particle size distribution chemical composition data." Atmospheric Environment **45**: 9.
- Kallweit, D. and D. Wintermeyer (2013). "Berechnung der gesundheitlichen Belastung der Bevölkerung in Deutschland durch Feinstaub (PM10)." Umwelt und Mensch – Informationsdienst (4): 7.
- Stone, V., M. R. Miller, M. J. Clift, A. Elder, N. L. Mills, P. Moller, R. P. Schins, U. Vogel, W. G. Kreyling, K. A. Jensen, T. A. Kuhlbusch, P. E. Schwarze, P. Hoet, A. Pietroiusti, A. De Vizcaya-Ruiz, A. Baeza-Squiban, C. L. Tran and F. R. Cassee (2016). "Nanomaterials vs Ambient Ultrafine Particles: an Opportunity to Exchange Toxicology Knowledge." Environ Health Perspect.
- Thurston, G. D., H. Kipen, I. Annesi-Maesano, J. Balmes, R. D. Brook, K. Cromar, S. De Matteis, F. Forastiere, B. Forsberg, M. W. Frampton, J. Grigg, D. Heederik, F. J. Kelly, N. Kuenzli, R. Laumbach, A. Peters, S. T. Rajagopalan, D. Rich, B. Ritz, J. M. Samet, T. Sandstrom, T. Sigsgaard, J. Sunyer and B. Brunekreef (2017). "A joint ERS/ATS policy statement: what constitutes an adverse health effect of air pollution? An analytical framework." Eur Respir J **49**(1).
- WHO (2006). WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: Global Update 2005. Geneva, Switzerland, WHO Press.
- WHO (2013). Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP project: final technical report. Bonn, Germany, WHO / Europe.
- Wolf, K., J. Cyrus, T. Harchnikova, J. Gu, T. Kusch, R. Hampel, A. Schneider and A. Peters (2017). "Land use regression modeling of ultrafine particles, ozone, nitrogen oxides and markers of particulate matter pollution in Augsburg, Germany." Sci Total Environ **579**: 1531-1540.

DAS UFIREG PROJEKT

Das Projekt UFIREG (Ultrafeine Partikel und Gesundheit - ein evidenzbasierter Beitrag zur Entwicklung regionaler und europäischer Umwelt- und Gesundheitspolitik) hat sich zum Ziel gesetzt, unser Wissen über die Gesundheitseffekte ultrafeiner Partikel zu erweitern.

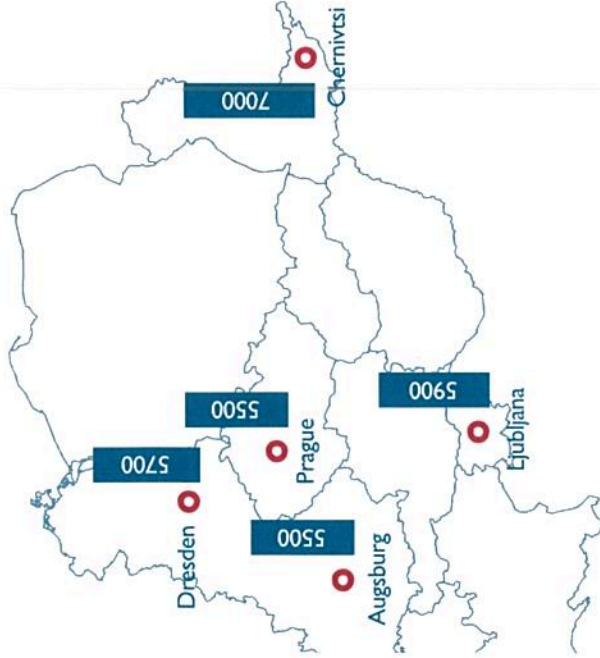
WER: Gesundheits- und Umweltwissenschaftler aus vier europäischen Ländern

WANN: Juli 2011 bis Dezember 2014

WIE:

- Etablierung harmonisierter und qualitätsgesicherter UFP-Messungen
- Untersuchung von Kurzeffekten durch UFP auf die tägliche Anzahl an Krankenhausaufnahmen und natürlichen Todesfällen, besonders in Bezug auf Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen

WO: Fünf Städte in Deutschland (Augsburg und Dresden), Slowenien (Ljubljana), Tschechien (Prag) und Ukraine (Chernivtsi) (FZ)



(FZ) UFIREG Städte und Jahresmittelwerte 2013 der UFP Konzentration (10-100 Nanometer) in Partikel pro cm³

Informationen: www.ufireg-central.eu

Herausgeber: UFIREG Projektteam
Kontakt: Forschungsverbund Public Health, Technische Universität Dresden
(public.health@mailbox.tu-dresden.de)

Bilder: Frank Leder

UFIREG PARTNER

Technische Universität Dresden
Forschungsverbund Public Health Sachsen
Dresden, Deutschland
www.tu-dresden.de

Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und
Geologie Sachsen
Dresden, Deutschland
www.smul.sachsen.de/ifuig

Helmholtz Zentrum München – Deutsches
Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (GmbH)
Neuherberg, Deutschland
www.helmholtz-muenchen.de

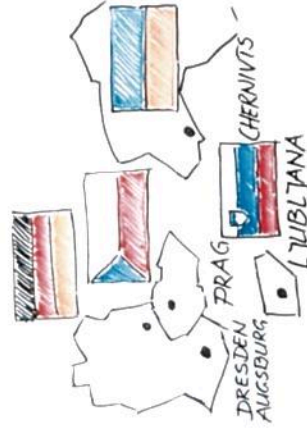
Institut für Experimentelle Medizin,
Tschechische Akademie der Wissenschaften
Prag, Tschechische Republik
www.iem.cas.cz

Tschechisches Hydrometeorologisches Institut
Prag, Tschechische Republik
www.chmi.cz

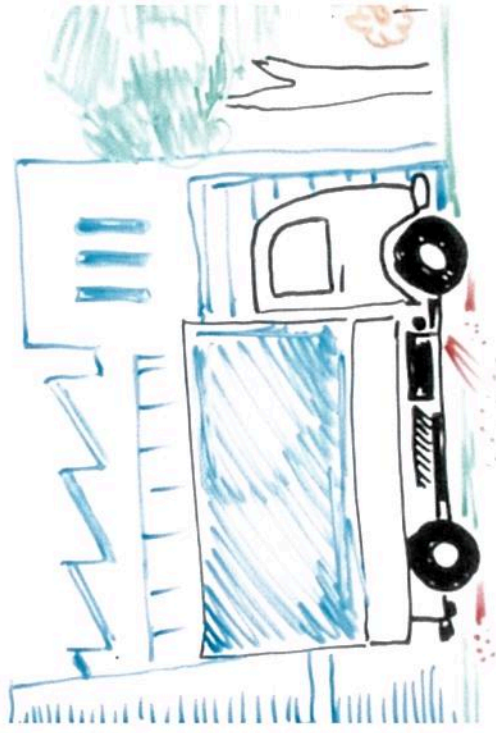
Nationales Forschungsinstitut für Gesundheit, Umwelt
und Lebensmittel
Maribor, Slowenien
www.nizoh.si

L.I. Medved's Forschungszentrum für präventive
Toxikologie, Lebensmittel- und Chemikaliensicherheit
Kiew, Ukraine
www.medved.kiev.ua

Das UFIREG Projekt wurde im Rahmen des CENTRAL
EUROPE Programmes durchgeführt, gefördert vom
Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)

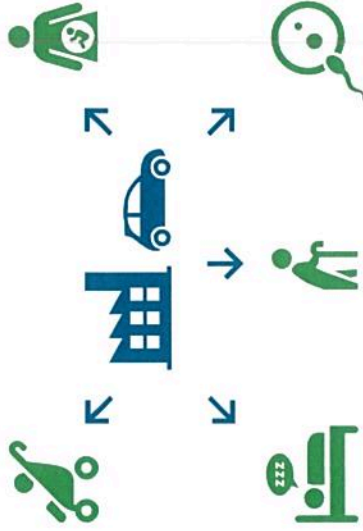


Ultrafeine Partikel - Klein, fein und gemein



LUFTVERSCHMUTZUNG – EIN ANDAUERNDES PROBLEM

Luftqualität ist von entscheidender Bedeutung für die Gesundheit. Epidemiologische Studien zeigen, dass Feinstaub (PM_{10} , $PM_{2.5}$) gesundheitsschädigende Wirkungen hat. Dabei sind besonders Ältere, Kinder und Menschen mit Vorerkrankungen wie Diabetes oder Herz-Kreislaufbeschwerden gefährdet (F1). Die Europäische Union hat 2005 Grenzwerte für Feinstaub eingeführt.



(F1) verändert nach Ruckerl, R., Schneider, A., Breiner, S. et al. (2011): Health Effects of Particulate Air Pollution – A Review of Epidemiological Evidence. Inhalation Toxicology 23(10), 555-592.

ULTRAFEINE PARTIKEL – UNSICHTBAR, ABER GEFÄHRLICH



Ultrafeine Partikel (UFP) sind die kleinsten Staubteilchen der Luft. Ihr Durchmesser ist kleiner als 100 Nanometer. Das bedeutet, ein ultrafeines Partikel ist ungefähr 1000-mal kleiner als der Durchmesser eines menschlichen Haares.

Mit jedem Atemzug gelangen diese winzigen Partikel in unseren Körper. Sie dringen dabei viel tiefer in die Lunge ein als größere Partikel. UFP können die Blut-Luft-Schranke in der Lunge überwinden und über den Blutkreislauf zu anderen Organen wie Herz, Leber, Nieren und Gehirn transportiert werden. Deswegen liegt die Vermutung nahe, dass UFP die Gesundheit beeinträchtigen können. Bisher gibt es jedoch noch keinen ausreichenden Nachweis zu gesundheitlichen Effekten durch UFP.

LUFTQUALITÄT IN DEN FÜNF UFIREG STÄDTEN

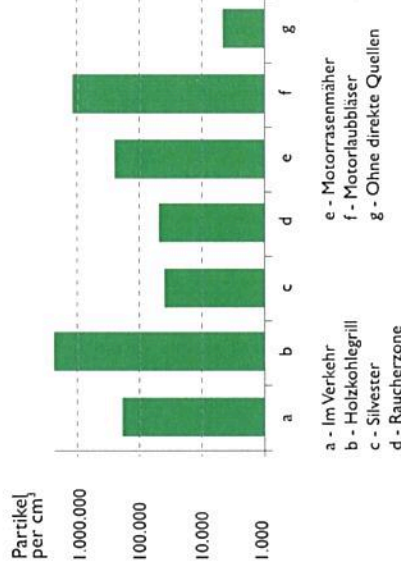
Aufgrund ihrer geringen Größe tragen UFP nur sehr wenig zur Gesamtmasse des Feinstaubes bei. Während große Partikel durch ihre Masse pro Luftvolumen bestimmt werden können, ist für UFP die Messung der Partikelanzahl pro Luftvolumen geeigneter.

UFIREG Projektpartner bestimmten die Partikelanzahlkonzentration in verschiedenen Größenklassen im Bereich von 10 bis 800 Nanometern pro Kubikzentimeter. Alle UFIREG Messstationen befanden sich im (vor)städtischen Hintergrund, um für einen Großteil der Bevölkerung repräsentativ zu sein. In unmittelbarer Nähe der Messstationen gab es keine Straßen mit hoher-Verkehrsdichte.

QUELLEN ULTRAFEINER PARTIKEL

In Städten verursachen vorwiegend Menschen die Entstehung von UFP. Zu den Quellen zählen u. a. Kfz-Verkehr, private Heizungen und industrielle Anlagen. All diese Quellen sind mit Verbrennungsprozessen verbunden. Daher enthalten UFP in Städten häufig Ruß.

Neben dem Verkehr besteht bei verschiedenen Situationen im Alltag wie Grillen, Lagerfeuer, Aufenthalt in Raucherzonen oder auch beim Betrieb von motorbetriebenen Laubbläsern und Rasenmähern eine kurzfristige Belastung mit hohen Partikelanzahlkonzentrationen (F3).



(F3) Maximale Partikelanzahlkonzentration bestimmt mit einem mobilen Partikelzähler

ERKENNTNISSE ZU GESUNDHEITLICHEN AUSWIRKUNGEN VON UFP

Die UFIREG Projektpartner untersuchten den Zusammenhang zwischen Luftschadstoffkonzentrationen und der täglichen Anzahl an Krankenhausweisungen und Sterbefällen aufgrund von Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen. Zusammengefasst zeigten die Ergebnisse aller UFIREG Städte ein um 2% erhöhtes Risiko für Krankenhausweisungen und Sterbefälle aufgrund von Atemwegserkrankungen für einen Anstieg der Anzahl der UFP im Tagesdurchschnitt um 1000 Partikel pro Kubikzentimeter. Die Effekte traten mit zeitlicher Verzögerung auf, das heißt, dass ansteigende UFP Konzentrationen mit einer erhöhten Zahl an Krankenhausweisungen und Sterbefällen einige Tage später verbunden waren. Die Ergebnisse zu den Auswirkungen von UFP auf Herz-Kreislauf-erkrankungen waren weniger eindeutig.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die aktuelle Datenlage zu UFP Konzentrationen und den damit verbundenen Gesundheitseffekten erlaubt es noch nicht, Schlussfolgerungen in Bezug auf Luftqualitätsgrenzwerte zu ziehen. Da UFP Messungen bisher kaum in Messnetze zur Luftgütebestimmung integriert sind, besteht auch weiterhin ein Datenmangel für entsprechende Untersuchungen. Routinemessungen von UFP sollten unterstützt werden, damit ausreichend Daten für epidemiologische Studien verfügbar sind. Nur so können wir die Gesundheitswirkungen von UFP besser verstehen.

WIE REDUZIERE ICH DIE BELASTUNG MIT UFP?

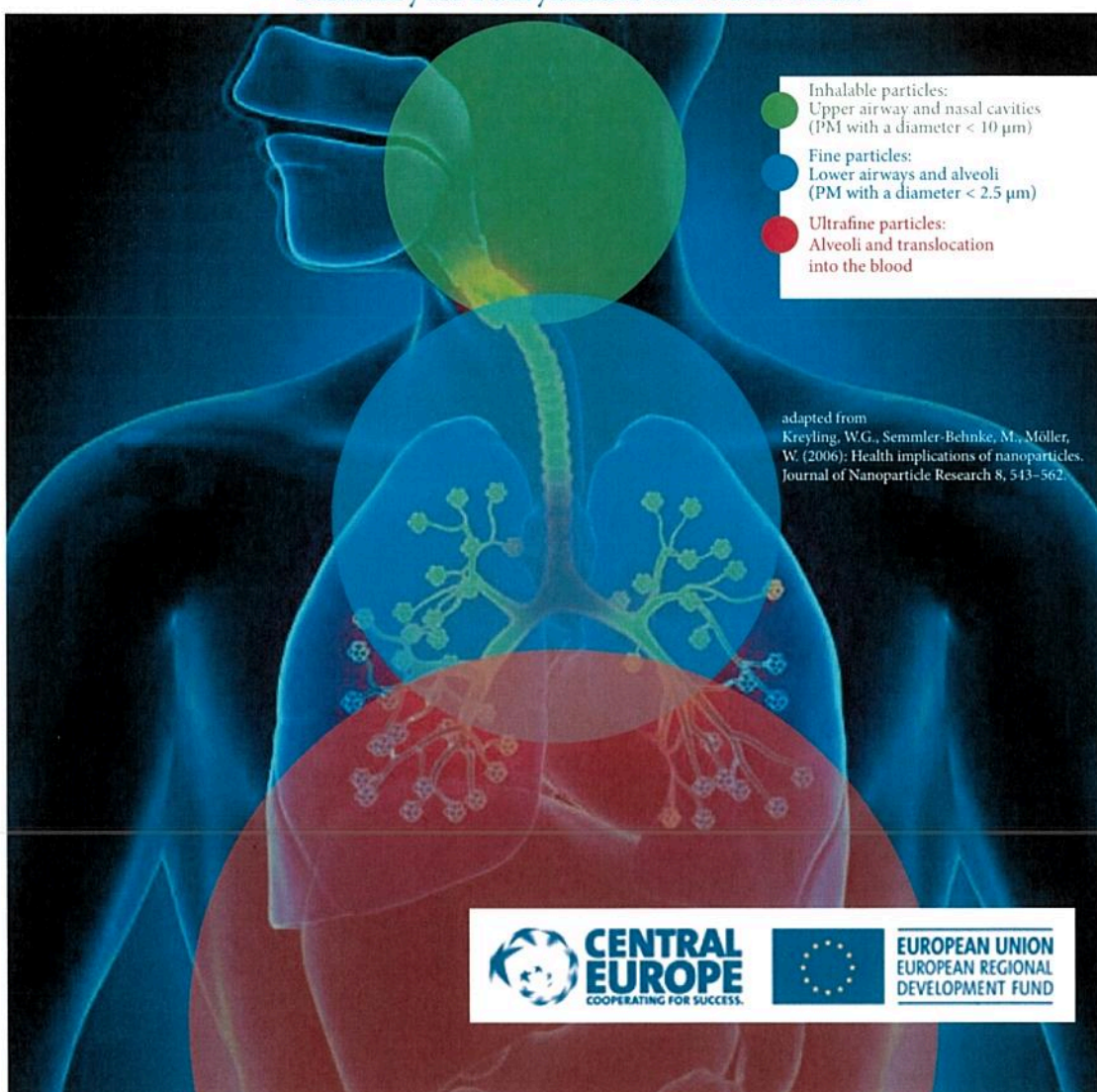
Jeder kann dazu beitragen, UFP Emissionen zu reduzieren. Maßnahmen umfassen:

- die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel wann immer es möglich ist
- Laufen und Fahrradfahren anstelle der Autonutzung
- Nutzung von Fahrzeugen mit verlässlichen Filtersystemen oder alternativen Energiequellen
- Einschränkung der Holzfeuerung, insbesondere mit alten Kaminen und Öfen



Ultrafine particles - too small to see, too big to ignore: What can regional and European environmental and health policy do?

Summary for Policymakers and Stakeholders



The UFIREG project

The project "Ultrafine particles – an evidence based contribution to the development of regional and European environmental and health policy" (UFIREG) aimed to improve the knowledge base on possible health effects of ultrafine particles and to raise overall awareness of environmental and health care authorities and the population. Five cities in four European countries participated in the study (F3).

The project started in July 2011 and ended in December 2014. It was implemented through the CENTRAL EUROPE Programme, co-financed by the ERDF.



The project was structured in two main areas:

Assessment of exposure to UFP and other air pollutants in five European cities: To investigate the exposure of the population to UFP, UFIREG partners have established standardised UFP measurements in five cities. Based on the data generated through UFIREG measurements, they have determined the temporal variation of these very small particles in each study location and performed a comprehensive comparison on the air pollution situation between the cities. Whereas the main focus lied on the implementation and harmonisation of UFP measurements in the project cities as a basis for epidemiological studies, it also aimed to develop long-term strategies for regular measurements of UFP.

Epidemiology of short-term health effects: Statistical analyses have assessed the short-term effects of these particles on human mortality and morbidity, especially in relation to cardiovascular and respiratory diseases.



Ultrafine Particles – an evidence based contribution to the development of regional and European environmental and health policy (UFIREG)

INTERREG IV B CENTRAL EUROPE

Project number: 3CE288P3

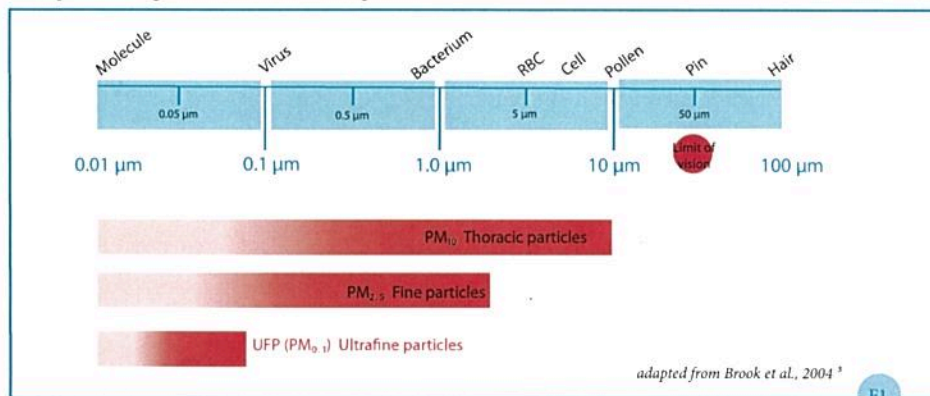
Duration: 7/2011 – 12/2014

Website: www.ufireg-central.eu

Invisible to our eyes, but detrimental to our health - Why it is important to measure ultrafine particles (UFP)?

Ultrafine particles (UFP) are the smallest constituents of airborne particulate matter: they are smaller than 0.1 micrometres and invisible to our eyes (F1). Yet, their potential adverse effects on human health are of great concern because of their specific properties and acting mechanisms (B1). Size governs the transport and removal of particles from the air and their deposition within the respiratory system and it is partly associated with the chemical composition and the source. UFP have little mass but high number and surface area concentration and a high content of elemental and organic carbon. Ambient UFP are built from gases or originate from combustion processes.

In urban areas, they are emitted mostly by anthropogenic sources like traffic, domestic heating, and industrial processes. Epidemiological studies have shown that particulate matter (PM) is associated with adverse health effects¹, especially in vulnerable population groups (F2). The health effects of UFP are in part different from the effects of larger particles such as PM_{2.5} or PM₁₀². However, evidence on short-term health effects of UFP is still limited. No epidemiological studies of long-term exposures to ambient UFP have been conducted yet.



UFP 1-3-4

- deposit deeply in the lung.
 - are not well recognized and cleared by the immune system in the alveolar space.
 - injure cells, cause oxidative stress, inflammation, mitochondrial exhaustion, and damage to protein and DNA.
 - penetrate the lung membranes, reach the bloodstream and can be transported to different organs such as heart, liver, kidneys and brain.
 - reach the brain via the olfactory nerve.
- B1



¹ R ckerl, R., Schneider, A., Breitner, S. et al. (2011): Health Effects of Particulate Air Pollution - A Review of Epidemiological Evidence. *Inhalation Toxicology* 23(10), 555 - 592.

² WHO Regional Office for Europe (2013): Review of evidence on health aspects of air pollution - REVIHAAP project. Technical report. Copenhagen, Denmark (available at: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf; accessed 22 October 2014)

³ Brook, R.D., Franklin, B., Cascio, W. et al. (2004): Air pollution and cardiovascular disease - A statement for healthcare professionals from the expert panel on population and prevention science of the American Heart Association. *Circulation* 109, 2655-2671

⁴ Health Effects Institute (HEI) (2013): Understanding the Health Effects of Ambient Ultrafine Particles. HEI Review Panel on Ultrafine Particles, HEI Perspectives 3, Insights from HEI's research, Boston, USA (available at: <http://pubs.healtheffects.org/getfile.php?u=893>; accessed 5 November 2014)

How variable is the exposure in the five UFIREG cities?

To investigate the exposure of the population to UFP, UFIREG partners have established standardised UFP measurements using custom-made mobility particle size spectrometers in five cities located in Germany (Augsburg and Dresden), the Czech Republic (Prague), Slovenia (Ljubljana) and Ukraine (Chernivtsi) (F4). All of the UFIREG measurement stations were located at an urban or suburban background site which was representative for a large part of the urban population and had no roads with heavy traffic in immediate vicinity. To achieve high and comparable data quality, UFIREG established an extensive quality assurance program.

Selected Results

The temporal variation of UFP was determined at one fixed monitoring site in each of the five project cities. Overall, the particle number concentration (PNC) of 10-100 nm particles varied between the five cities from May 2012 to April 2014 (F5). In summer, there was a considerable influence of new particle formation due to high global radiation and precursor gases, especially in Dresden and Prague. The results demonstrate that PNC in urban areas strongly depends on various factors such as meteorological conditions, cityscape and the activity of different particle sources (traffic, domestic heating, long-range transport, etc.) whereby the everyday life of people plays an important role.

Consequences

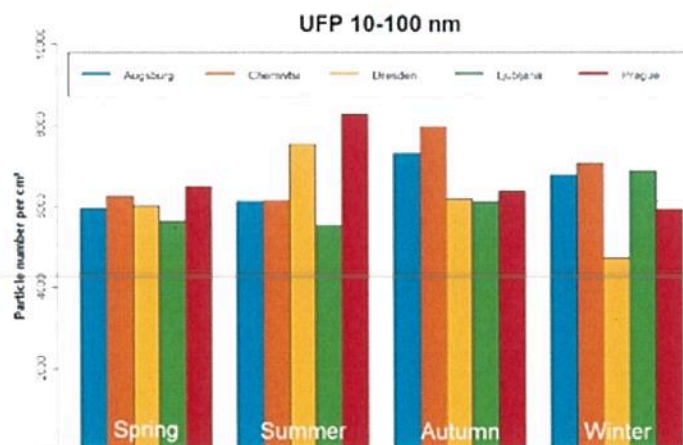
High quality measurements of size-resolved PNC and integration into routine monitoring networks are still a challenge.

The deviance (+/- 20%) due to the PNC measurement principle in general is larger than for other air pollution measurements. For epidemiological studies, the deviance needs to be continuously monitored. Determination of the total PNC could be an alternative for UFP measurements. However, the information of size-resolved PNC data has an additional value for defining sources of air pollution and human exposure assessment.



Appropriate instruments show particle number size distributions, which means they indicate how many particles of a defined size between 10 and 800 nm are in one cubic centimetre air at a certain time. The function of the instrument is based on charging particles, followed by segregation of particles in an electrical field according to their diameter and charge. In a last step, the classified particles are counted by a particle counter.

F4



F5

What is the evidence for health effects in the five UFIREG cities?

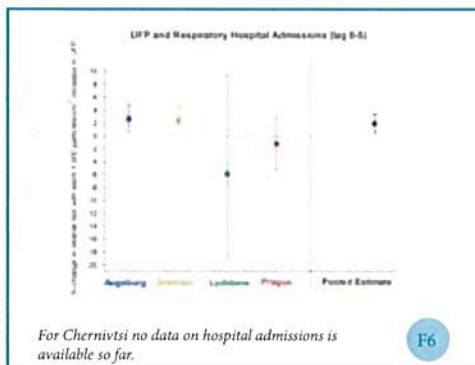
Epidemiological studies in the frame of the UFIREG project have assessed the short-term effects of UFP on human mortality and morbidity, especially in relation to cardiovascular and respiratory diseases (B2).

Official statistics were used to determine the association between air pollution concentration and daily (cause-specific: respiratory and cardiovascular) hospital admissions and mortality. Associations of UFP levels and health effects were analyzed for each city by use of Poisson regression models adjusting for a number of confounding factors, such as time trend, day of the week, holiday, vacation periods, influenza epidemics, air temperature and relative humidity. Time lags were included to identify immediate effects (2-day average: lag 0-1), delayed effects (average of lag 2-5) and prolonged effects (6-day average: lag 0-5). City-specific effect estimates were pooled using meta-analyses methods.

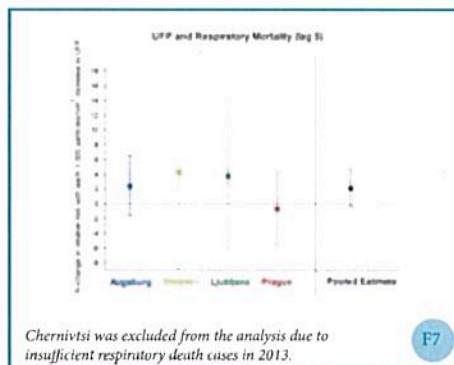
B2

Selected Results

Results on morbidity and mortality effects of UFP are heterogeneous across the five European cities investigated. Overall, an increase in respiratory hospital admissions and mortality can be detected for increases in UFP concentrations (F6, F7). Results on cardiovascular health were less conclusive. Although there is a growing body of scientific literature that addresses the health effects related to UFP (and UFIREG helped improving the knowledge base for the impact of traffic emissions on health), it is not sufficient to draw definite conclusions about the specific health consequences of exposure to UFP.



F6



F7

Gaps

There is still (a) limited epidemiological evidence on the effect of short-term exposure to ultrafine particles on health; (b) insufficient understanding of whether the effects of UFP are independent of those of $PM_{2.5}$ and PM_{10} ; (c) no evidence on the effects of long-term exposure to UFP on health, and (d) little evidence showing which size ranges or chemical characteristics of UFP are most significant to health⁵.



⁵WHO Regional Office for Europe (2013): Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP project. Technical report. Copenhagen, Denmark (available at: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf; accessed 22 October 2014)

Where do we go from here? -

What can environmental and health policymakers contribute?

So far, no directives for the regulation of UFP in ambient air and almost no official measurements sites which routinely measure UFP exist. Usually, research results are used to formulate recommendations and guidelines, e.g. the WHO Air Quality Guidelines⁶, which support policymakers in setting thresholds of air pollution constituents for national and European policy on air quality control such as the EU Air Quality Directive⁷.

Current data and studies on the levels of UFP and their health effects do not allow firm conclusions on exposure limits and respective health effects to be considered in European air quality guidelines. On the other hand, to date, UFP are not included in routine measurements of air quality monitoring stations. This in turn explains the lack of data for epidemiological studies.

At this stage, policymakers and stakeholders are called upon for supporting routine measurements and research efforts to resolve this chicken-egg situation (B3).



B3

What policymakers and stakeholders can contribute

- Continue efforts to routinely monitor UFP and generate data for epidemiological studies: Larger and more specific multi-centre studies and long study periods are needed to produce powerful results. The creation of so-called supersites or special sites should be considered⁸.
- Support multi-pollutant approaches as so far pollutants are mostly assessed independently.
- Foster the conduct of epidemiological studies to assess the association between UFP levels and adverse health effects; concentration–response functions need to be established for UFP and for newly identified health outcomes. This will also require the generation of large data sets on these exposure metrics⁸.
- Facilitate studies for evidence that may allow defining limit values for daily concentrations of UFP.
- Develop and implement measures to reduce UFP emissions, particularly from transport and domestic heating/biomass burning. Measures may include:
 - ✓ Encourage mass public transit and alternative energy sources for vehicles (electric and hybrid technologies)
 - ✓ Encourage fewer road traffic journeys and more physically active transport
 - ✓ Support concept of low emission zones (incl. shipping traffic in cities)
 - ✓ Support urban planning measures that help control hot spots such as near road microenvironments
 - ✓ Support reliable filter systems for heavy duty vehicles (construction machinery), ships, heating systems.
- Help protect people from UFP and soot particles also at occupational sites (e.g. construction sites).
- Strengthen communication and awareness raising for professionals and the public in relation to air pollution and particulate matter, including UFP.

The project consortium is suggesting to further pursue open research questions (B4):

- Are the short-term health effects of UFP comparable in cities across Europe? (more multicentre time-series studies including meta-analysis are needed)
- What are the health effects of personal short-term exposures to UFP?
- What are the health effects of pollutant mixtures and together with individual activities i.e. in a tunnel or during physical activity?
- Are the health effects of UFP independent of the health effects of black carbon and/or other criteria air pollutants?
- What are the long-term health effects of UFP and their components?
- Are population groups spending more time near traffic more at risk compared to other groups?
- How effective are measures implemented for increasing air quality in urban settings?
- Which are the main sources of UFP and how to estimate the health effect impact of specific UFP sources?



B-1

For further details please consult the UFIREG handbook and other documents on the UFIREG webpage at: <http://www.ufireg-central.eu/>. On this webpage you also find a link to a film explaining the background to the UFIREG project.

⁶ WHO (2005): Air quality guidelines, global update 2005. Geneva, Switzerland (available at: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf?ua=1; accessed 23 October 2014)

⁷ European Commission (2008): Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe (available at: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:EN:PDF>; accessed 27 October 2014)

⁸ WHO Regional Office for Europe (2013): Review of evidence on health aspects of air pollution – REVHAAP project. Technical report. Copenhagen, Denmark (available at: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/193108/REVHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf; accessed 22 October 2014)

Technische Universität Dresden
Research Association Public Health
Saxony
www.tu-dresden.de

Saxon State Office for Environment,
Agriculture and Geology
www.smul.sachsen.de/lfulg

Helmholtz Zentrum München –
German Research Center
for Environmental Health (GmbH)
www.helmholtz-muenchen.de

Institute of Experimental Medicine
www.iem.cas.cz

Czech Hydrometeorological Institute
www.chmi.cz

National Laboratory of Health,
Environment and Food
www.nlzoh.si

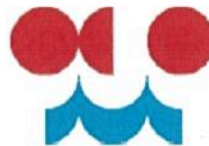
L.I.Medved's Research Center of
Preventive Toxicology, Food and
Chemical Safety, Ministry of Health,
Ukraine (State enterprise)
www.medved.kiev.ua



LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



HelmholtzZentrum münchen
German Research Center for Environmental Health



The UFIREG project is implemented through the CENTRAL EUROPE
Programme co-financed by the ERDF

Prepared and edited by the UFIREG Project Team.
Contact: Dr. A. Schneider (Helmholtz Zentrum München – German Research Center for Environmental Health (GmbH)) and Dr. S. Bastian (Saxon State Office for Environment, Agriculture and Geology)
Text: Dr. E. Matthies, Environment & Health Consultancy, Feldafing
Graphic Design: Laufer Konzepte, Daniela Laufer, Tutzing
Photos: Cover: fotolia/decade3D; S.3: fotolia/vbaleha; S.4: Gunter Löschau (LfULG); S.5: fotolia/kara; S.6: fotolia/anatolii; S.7: fotolia/alliance, fotolia/connel_design

© UFIREG Project 2014