

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

Prof. Dr. T.A.J. Kuhlbusch  
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin  
Friedrich-Henkel-Weg 1 -25  
44149 Dortmund

Im Folgenden werden zu den Fragen

1.1, sowie allen Fragen unter 4. in Abschnitt A

und

alle Fragen der Abschnitte 1. und 2. sowie den Fragen 4.1 – 4.4 in Abschnitt B

Stellungnahmen abgegeben.

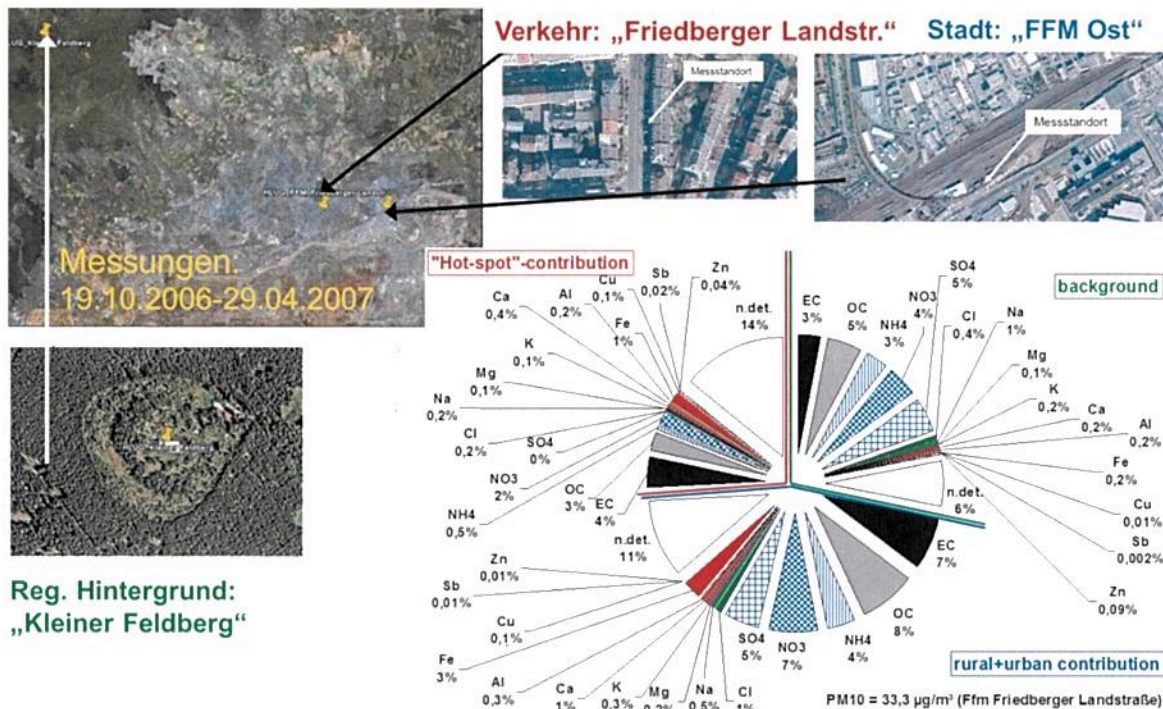
*Abschnitt A:*

*Fragen 1:*

*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?*

Detaillierte Quellenzuordnungen für Feinstaub wurden überwiegend im ersten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts durchgeführt. Generell können diese basierend auf Emissionskataster oder auf Umweltmessungen durchgeführt werden. Studien basierend auf Emissionskataster (damit auch Ausbreitungsmodelle) können nur die Quellen quantitativ erfassen, die auch im Kataster aufgeführt sind. Studien basierend auf Umweltmessungen und anschließender statistischer Auswertung können auch andere Quellen erkennen, aber die Zuordnung zu einer bestimmten Quellkategorie kann manchmal schwer sein.

Übersichtsstudien für Deutschland und Europa zeigen einen deutlichen Trend für die Feinstaubfraktionen PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub> zwischen regionalem Hintergrund und städtischen, industriellen oder verkehrsbezogenen Standorten. Ergebnisse einer Studie in Hessen sind als Beispiel gezeigt:



einer Verkehrsstation in Duisburg der Beitrag aus Holzfeuerungen zum Ruß etwa gleich groß war wie der Verkehr. Diese und andere Studien europaweit zeigen für Wintersituation mittlere Feinstaubbeiträge zu PM10 und PM2.5 von etwa 15-20%.

#### Fragen 4: Minderungsstrategien

*4.1: Mit welchen Maßnahmen lassen sich die Feinstaub-Hintergrundkonzentrationen in der Atmosphäre kurz-, mittel-, und langfristig wirkungsvoll reduzieren?*

Feinstaubhintergrundkonzentration kommen aus natürlichen und anthropogen verursachten Quellen. Messungen an Hintergrundstationen (z.B. Küsten- und Gebirgsmessstationen) sowie Quellenzuordnungsstudien zeigen, dass je nach Region und mittlerer Meteorologie etwa 2-5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  geogenen Quellen (z.B. Aufwirbelung von Krustenmaterial), 1-2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  biologischen Quellen (z.B. Aufwirbelung von Pflanzenmaterial, Pollen, Partikel aus gasförmigen Vorläufersubstanzen emittiert von Pflanzen) und in Küstengebieten 1-5  $\mu\text{g}$  dem Meer als Quelle zugeordnet werden kann.

Vor diesem Hintergrund sind jegliche anderen Maßnahmen im Bereich der Feinstaubkonzentrationen im Hintergrund zu betrachten. Wichtige anthropogene Quellen für die Hintergrundkonzentrationen sind Emittenten von gasförmigen Vorläufersubstanzen (z.B. NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>) und damit der Verkehr, industrielle Prozesse und die Landwirtschaft.

Wirkungsvolle kurzfristige Maßnahmen zur Reduktion von Hintergrundkonzentrationen sind meiner Ansicht nach nicht aussichtsreich. Mittel- bzw. langfristig sind emissionsmindernde Konzepte für die drei zuvor genannten Sektoren zu evaluieren.

*4.2: Wie bewerten Sie die Auswirkungen der Umweltzonen auf die Feinstaubemissionen?*

Insgesamt sind die Auswirkungen der Umweltzonen auf die Exposition der Bevölkerung positiv zu bewerten. Es kann davon ausgegangen werden, dass sowohl direkt auch indirekt die Feinstaubemissionen gemindert wurden.

Leider wurde in den Jahren vor der Einführung der Umweltzonen kaum Studien gestartet, um die Effizienz dieser Maßnahme wirklich beurteilen zu können. Allein für Berlin lagen Messdaten zu Ruß parallel zu NO<sub>2</sub> vor, so dass eine Abschätzung trotz unterschiedlicher Meteorologien durchgeführt werden konnte. Diese Studie zeigte signifikante (messbare) Reduktionen für Ruß und NO<sub>x</sub> und nur wenige Prozent Reduktion für PM10 bzw. PM2.5.

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

Lokale Immissionsspitzen haben, wie der Begriff bereits sagt, lokale Verursacher / Quellen, so dass diese zumeist klar identifizierbar sind. Da jede lokale Emission auch ein Beitrag zum Hintergrund liefert, ist eine Reduktion immer sinnvoll, wenn die Exposition der Bevölkerung entsprechend gesenkt wird. An einigen Industriestandorten kann es sein, dass einfache Maßnahmen bereits durchgeführt wurden, so dass übergreifende, längerfristige Planungen für weitere Reduktionen notwendig sind. Aber auch in diesen Fällen ist eine Senkung der lokalen Emissionen sinnvoll.

*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?*

Neben den in verschiedenen Maßnahmenplänen bereits aufgeführten Reduktionspotentialen, ist die Holzfeuerung immer noch eine bisher zu wenig berücksichtigte Quelle. Diese kann sowohl in Tallagen im Winter (Dörfer und Städte), als auch für urbane Gebiete signifikant sein bzw. in einigen Lagen zu Tagesgrenzwertüberschreitungen führen.

Eine wichtige Aufgabe im Bereich der Genehmigung von Anlagen, von Fahrzeugen und Kraftwerken ist die Beachtung des Standes der Technik deren Fokus auch den Bereich Emissionen umfasst. Es sollten weiterhin Emissionsminderungspotentiale betrachtet und der Stand der Technik zeitnah erneuert werden. Diese Anwendung und die kritische Betrachtung von Altanlagen und deren Beiträge sind mögliche Punkte zur Identifizierung potentieller sinnvoller Feinstaubreduktionsmaßnahmen.

*4.5: Welche politischen Maßnahmen halten Sie in den u.a. Emittentenkategorien für geeignet, um Feinstaub zu reduzieren?*

*Straßenverkehr, Schienenverkehr, private Haushalte und Kleinverbraucher, Industrieprozesse / Energiewirtschaft, Landwirtschaft*

Auf Grund des signifikanten Beitrages der NO<sub>x</sub>-Emissionen am sekundär gebildeten Feinstaub sind jegliche Maßnahmen zu deren Emissionsreduktion neben dem von Ammoniak (NH<sub>3</sub>) sinnvoll. Die von mir hier vorgeschlagenen Maßnahmen haben den Fokus auf den Emissionen der gasförmigen Vorläufersubstanzen (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, u.a.) da diese signifikant, teilweise zu mehr als 30% zum Feinstaub beitragen, aber in den vielen Emissionsbetrachtungen nicht berücksichtigt werden. Auch ist darauf hinzuweisen, dass diese Emissionen auf Grund ihrer atmosphärischen Bildung großräumig zu den Feinstaubkonzentrationen beitragen.

Im Bereich des Verkehrs sind Motorenentwicklungen, insbesondere alternativer Energieträger (Gas, Strom, etc.), zu fördern bzw. einzufordern. In Kombination mit

der kontinuierlichen Verbesserung von öffentlichen Verkehrsmitteln durch z.B. günstige Vernetzung könnten deutliche Reduktionen in Feinstaubemissionen erreicht werden.

Untersuchungen und evtl. Maßnahmen im Bereich der Binnenschifffahrt sind ein Bereich, der häufiger nicht weiter betrachtet wird, aber für die Expositionen entlang der Schifffahrtswege signifikant sein kann.

In der Betrachtung der Energieträger, hier Holzfeuerung, sollten stärker ganzheitliche Beurteilungen durchgeführt werden, was z. B. dazu führen könnte, dass nur optimierte Feuerungssysteme mit Holz oder ähnlichen Brennstoffen betrieben werden können. Kostengünstige Katalysatoren und Filter wäre eine andere Alternative, aber hier zeigen sich zurzeit keine großen Perspektiven. (Bezug Kleinverbraucher und private Haushalte)

Da die Landwirtschaft eine wichtige Quelle für Ammoniak ist, dem Gegenion für die Stickoxide und Sulfate, sind hier neben den direkten Emissionen insbesondere auch die gasförmigen Emissionen aus intensiver Tierhaltung, die Austragung von Gülle und die intensive Düngung mit nachfolgenden Emissionen aus den Böden zu betrachten.

## **Abschnitt B**

### *Fragen 1 Grundsätzliches*

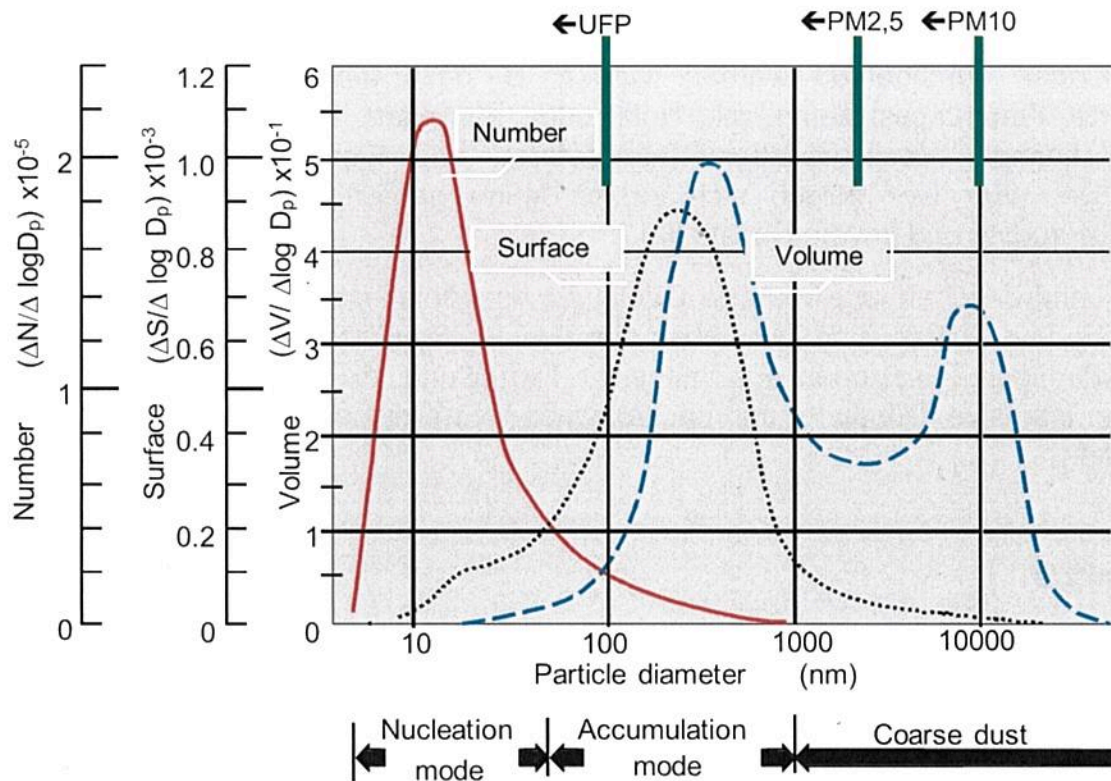
Zu einem extrem hohen Anteil entstehen UFP aus Gasphasenprozessen. Die Bildung kann in einem Motor stattfinden, wie der Ruß, oder in der Atmosphäre durch z.B. Oxidationsprozesse. Interessant und für die Partikelanzahlkonzentration an Straßen wichtig ist die Partikelbildung durch homogene Nukleation. Substanzen, die in der Hitze der Motoremission gasförmig waren (höhere Kohlenwasserstoffe, unvollständige Verbrennung...), kondensieren beim Abkühlen. Durch die effiziente Reduktion der Emissionen der größeren (Ruß-)Partikel kondensieren diese Substanzen nicht mehr auf Partikeln sondern bilden selber neue Partikel (homogene Nukleation). Dieser Prozess erhöht die Partikelanzahlkonzentration an Straßen in einem sehr großen Maße.

Es gibt nur wenige mechanische Prozesse, wie die durch kleine Gasblasen in offenen Gewässern, die UFP-Partikel erzeugen können.

Anhand der gegebenen Beispiele wird deutlich, dass UFP sowohl anthropogen als auch natürliche Quellen haben. Die wichtigsten Quellen für UFP sind NO<sub>x</sub>-, SO<sub>2</sub>-, NH<sub>3</sub>- Emissionen, die Emission von Kohlenwasserstoffen aus der Industrie, der Fauna, Flora und den Meeren, sowie wenige natürlich mechanische Prozesse.

Bei der Diskussion der UFP ist zu beachten, dass diese zu mehr als 70% über atmosphärische Prozesse zu den PM<sub>2.5</sub> Massenkonzentrationen beitragen. Ultrafeine Partikel wachsen im Partikeldurchmesser durch Koagulation und Agglomeration. Entsprechend dieser Prozesse wird die Nukleationsmode und die Akkumulationsmode unterschieden (siehe folgende Abbildung). UFP neigen auf

Grund ihrer geringen Masse nicht zur Sedimentation. Dieses ist anders in der Akkumulationsmode. Durch das Anwachsen der Partikel werden diese schwerer und neigen zur „Sedimentation“. Dieser Prozess erklärt das Maximum, das bei einem Größenbereich um 1  $\mu\text{m}$  zu sehen ist. Die Mode für Partikel  $> 2 \mu\text{m}$  wird fast ausschließlich durch mechanische Prozesse (z.B. Wind) erzeugt und ist daher eher durch lokale Quellen beeinflusst.



Die Bildung von UFP in der Atmosphäre wird maßgeblich durch Oxidationsprozesse beeinflusst. Sonnenlicht ist eines der wichtigsten Quellen für reaktiven Sauerstoff, der zu Oxidationen führt. Messungen an Hintergrundstationen zeigen daher häufig an sonnigen Tagen ansteigende UFP Konzentrationen gegen Mittag. Die absolute Anzahlkonzentration nimmt dann zum Nachmittag ab wobei der mittlere Partikeldurchmesser ansteigt. Diese Partikelgrößenänderung ist durch die Agglomeration der Partikel zu erklären.

Die Bedeutung der Partikelanzahl bzw. der UFP-Fraktion für gesundheitliche Effekte wird in verschiedenen Studien unterschiedlich bewertet. Dieses könnte u.a. an den Studiendesigns und den untersuchten Gesundheitsendpunkten liegen. Allgemein liegen die berechneten Korrelationen ähnlich zu denen basierend auf der Partikelmasse. Daher ist ein Kriterium, verbesserte Prognose gesundheitlicher negativer Effekte nicht eindeutig gegeben. Auch ist festzustellen, dass ein Quellenbezug für UFP bezogen auf die Anzahl nicht so einfach und eindeutig durchzuführen ist, wie für PM10 und PM2.5. Aus diesen beiden Gründen ist zurzeit nicht mit der Einführung eines UFP-Grenzwertes in den nächsten Jahren zu rechnen.

Dennoch möchte ich betonen, dass sowohl toxikologische Überlegungen als auch unsere Aufgabe, mögliche Gefahren von der Bevölkerung abzuhalten, eine Messung und Beurteilung von UFP sinnvoll evtl. auch notwendig macht. Sinnvolle Konzepte der Integration und Auswertung von UFP-Daten deutschlandweit, am besten in einer Form, dass diese auch für Gesundheitsstudien verwendet werden können, sind zu verfolgen. Dieses könnte durch eine Vernetzung des GUAN-Netzwerkes mit Messstationen aus den Ländermessnetzen verfolgt werden.

### *Frage 2: Messungen*

Das Bewertungsmaß für PM10 und PM2.5 ist die Massenkonzentration. Da die Massenkonzentrationen von UFP aber so gering sind und kaum routinemäßig gemessen werden können, werden UFP üblicherweise in Partikelanzahl oder -oberflächenkonzentrationen gemessen. Die Partikelanzahl wird entweder nach Partikelgröße klassiert oder gesamt bestimmt. Neben der Partikelanzahl gibt es auch Verfahren die die Partikeloberfläche in dem entsprechenden Größenbereich bestimmt. Alle Methoden können mittlerweile als etabliert angesehen werden.

Allgemein kann keines der allgemein zur Verfügung stehenden Verfahren für eine direkte, im Routinebetrieb etablierbare Quellenzuordnung verwendet werden. Explorativ werden gerade Aerosolmassenspektrometer getestet, auf die aber in diesem Rahmen nicht näher eingegangen wird. Quellenzuordnung der UFP-Fraktion beruhen zumeist aus chemischen Analysen dieser Fraktion, die gesondert beprobt werden (Kaskadenimpaktoren) und teilweise aus statistischen Analysen der Zeitreihen von Partikelgrößenverteilung. Basierend auf diesen Verfahren kann eine Differenzierung der Quellen durchgeführt werden. Ein Ansatz, wie der „Lenschow-Ansatz“ für PM10 und PM2.5 ist u.a. auf Grund der Partikelneubildungsprozesse nicht möglich.

Je nach Grad der gewünschten Detailinformationen liegen die Anschaffungspreise für die Messgeräte bei 10-90 k€. Die laufenden Kosten inklusive Wartung liegen je nach Messgerät bei 1-5 k€/Jahr sowie mindestens einer Person die die Messgeräte bedienen und Daten auswerten kann. Allgemein lassen sich alle Messgeräte in eine Messstation integrieren. Langzeitmessverfahren liegen im GUAN-Netzwerk sowie auch z.B. an den Routinemessstationen in England vor.

Die Messgenauigkeit der mobilen Geräte liegt im Bereich der 20-50%, so dass Konzentrationsunterschiede zwischen wenigen Tausend bis zu einer Millionen Partikel pro Kubikzentimeter gut unterschieden werden können. Diese Geräte bieten die Möglichkeit kurzzeitige und/oder räumliche Konzentrationsunterschiede klar zu identifizieren. Hierdurch können Emissionsmuster und Emissionsflüsse erkannt und berechnet werden, oder lokale Emissionsquellen erkannt werden. Allgemein ist damit eine gute Aussagekraft gegeben, die auch im Arbeitsschutz im Bereich der Nanomaterialherstellung und -prozessierung verwendet wird. Wie aber bei allen Messungen ist eine gute Datenauswertung genauso wichtig, wenn eine entsprechend fundierte Aussage gemacht werden soll.

