

Wiesbaden, den 13.11.2017

Dezernat Luftreinhaltung, Immissionen

Bearbeiter/in: Prof. Dr. S. Jacobi
Durchwahl: 061176939-215

**Anhörung des Ausschusses für Umwelt und Verbraucherschutz beim Bayerischen Landtag
zum Thema „Feinstaub und Ultrafeinstaub – Ursachen und Gesundheitsrisiken“
Am 16. November 2017**

Im Folgenden nehme ich Stellung zu einzelnen Fragen des umfangreichen Fragenkatalogs, dort wo ich denke etwas beitragen zu können oder ich mich direkt angesprochen fühle. Fragen die von anderen teilnehmenden Sachverständigen weitaus kompetenter beantwortet können (insbesondere was die Gesundheitswirkung betrifft sowie Fragen die sich speziell auf Bayern beziehen) bleiben überwiegend unbeantwortet.

A) Feinstaub PM₁₀, PM_{2,5}

1. Diese Fragen beziehen sich ausschließlich auf Bayern und bleiben daher unbeantwortet

2. 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 wäre dazu notwendig?
Antwort:
Einen „optimalen“ Schutz der menschlichen Gesundheit im Sinne einer vollständigen Vermeidung negativer Auswirkungen gibt es nach derzeitigem Stand der Kenntnis für Feinstaub nicht. Bisher wurde keine Konzentrationsschwelle erkannt unterhalb deren tatsächlich keine Wirkungen mehr auftreten. Insofern muss sich ein „optimaler“ Schutz immer mindestens an den festgelegten Grenzwerten orientieren. Die geltenden Regelungen zur Risikominimierung basieren sowohl auf anspruchsvollen Immissionsgrenzwerten (Konzentrationen in der Außenluft) als auch auf Emissionsgrenzwerten zur Reduzierung des Schadstoffausstoßes an den Quellen. Dieser doppelte Ansatz ist sinnvoll, denn anspruchsvolle aber realistische Ziele für die Außenluft verstärken den Anreiz bzw. die Notwendigkeit die Emissionen zu reduzieren. Andererseits sind ohne Emissionsminderungen anspruchsvolle Immissionsziele nicht zu erreichen. Überall dort, wo die Immissionsgrenzwerte noch nicht eingehalten werden, sind weitergehende Emissionsminderungen notwendig.

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

Antwort:

Der wesentliche Unterschied liegt genau darin, dass die Leitlinien (guidelines) der WHO explizit keine Standards sind. Auf diesen Hinweis legt die WHO selbst großen Wert. Die „Guidelines“ stellen aus Sicht des Gesundheitsschutzes angemessene Empfehlungen und Ziele dar, die eine Grundlage für im Rahmen gesellschaftlicher und politischer Abwägungen unter Berücksichtigung anderer Aspekte abgeleitete Standards sein sollen. Die Feinstaub-Empfehlungen der WHO konzentrieren sich ausschließlich auf den Aspekt der gesundheitlichen Wirkung. Ein rechtlich verankerter Standard sollte zumindest eine Debatte über die angestrebten Ziele unter Berücksichtigung möglicher anderer Randbedingungen voraussetzen. Die mit der 39. BImSchV des BImSchG umgesetzten EU-Grenzwerte sind Mindeststandards zum Schutz der menschlichen Gesundheit, die WHO-Empfehlungen gehen im Sinne einer stärkeren Vorsorge häufig darüber hinaus.

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

Antwort:

Das Ziel einer flächendeckenden Reduktion der Feinstaubbelastung, unabhängig von Spitzenbelastungen, ist bereits mit der letzten Revision der EU-Luftqualitätsgesetzgebung im Rahmen der Verabschiedung der Richtlinie über Luftqualität und saubere Luft in Europa (2008/50/EG) eingeführt worden. Die mittlere PM_{2,5}-Exposition der Bevölkerung in den Innenstädten (jenseits der „hot-spots“) soll innerhalb einer Zeitspanne von 10 Jahren (von 2010 bis 2020) um einen definierten Prozentsatz reduziert werden. Der dafür definierte „durchschnittliche Expositionsindikator“ beruht auf Messungen der PM_{2,5}-Konzentration an ausgewählten städtischen Hintergrund-Messstationen im gesamten Hoheitsgebiet eines Mitgliedstaates über drei Jahre. In Deutschland wurden dafür 36 Luftmessstationen der Bundesländer ausgewählt. Gemittelt wird über die Zeitspanne von drei Jahren und über alle ausgewählten Luftmessstationen. Startpunkt der Betrachtung war die Messung von 2008-2010. Das Reduktionsziel orientiert sich an der Ausgangslage, je höher die Verschmutzung zu Beginn, desto mehr muss reduziert werden. Das Maß der Reduzierung ist nach einer Klasseneinteilung in der LQ-Richtlinie festgelegt. Der Startpunkt lag für Deutschland in der Klasse von 13-18 µg/m³, daran knüpft sich ein Reduktionsziel von 15%. Das heißt, die Erhebung gemittelt über die Jahre 2018-2020 muss dann um 15% niedriger ausfallen.

3. Diese Fragen sollten in erster Linie von Sachkundigen aus der Wirkungsforschung beantwortet werden.

4. Minderungsstrategien

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

Antwort:

Mittel- und langfristig ist eine Reduzierung der Immissionsbelastung über eine Reduzierung sowohl der direkten (primären) Feinstaubemissionen als auch der gasförmigen Vorläufer, aus denen sich (sekundäre) Partikel bilden können, zu erreichen. Dies beinhaltet unter anderem auch die Ammoniak Emissionen aus dem landwirtschaftlichen Bereich (siehe auch Punkt 4.5). Kurzfristige Maßnahmen zur Beeinflussung der Hintergrundbelastung halte ich für relativ wirkungslos. Dies gilt nicht für lokale "hot-spot" Situationen. Langfristig sollte auch die Frage der Städteplanung diskutiert werden. Verkehrsvermeidung durch planerische Maßnahmen beispielsweise wäre eine sehr geeignete Maßnahme zur Schadstoff-Emissionsminderung (auch in Bezug auf Lärm). Dies setzt aber wahrscheinlich in vielen Fällen eine grundlegende Umstrukturierung von Städten voraus.

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

Antwort:

Grundsätzlich positiv. Die Maßnahme zielt darauf ab in einem begrenzten regionalen Raum nur Fahrzeuge zuzulassen, die vergleichsweise niedrigere Emissionen verursachen. Dies führt mittelfristig auch zu geringeren Immissionskonzentrationen. Das funktioniert natürlich nur, wenn die Entwicklung der Emissionsanforderungen (Emissionsstandards) an neuere Motoren eine substantielle Verbesserung darstellt und wenn die Emissionsstandards in der Realität auch tatsächlich eingehalten werden. Die Wirksamkeit einer Umweltzone setzt weiterhin voraus, dass sie eine ausreichende Größe aufweist und möglichst wenig Ausnahmeregelungen zulässt. Als Einzelmaßnahme gesehen wird ihr eine vergleichsweise hohe Wirksamkeit zugerechnet. Dennoch sollte die Einrichtung von Umweltzonen nur als ein Baustein unter verschiedenen Maßnahmen verstanden werden. Es sollte nicht davon ausgegangen werden, dass die ausschließliche Einrichtung einer Umweltzone bereits zwangsläufig zu einer Lösung des Problems führt. Dies ist in erster Linie auch eine Frage der Höhe der Grenzwertüberschreitung.

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

Antwort:

Der Straßenverkehr stellt in den Ballungsräumen im allgemeinen immer noch die dominierende Feinstaubquelle dar, insbesondere in Straßennähe betrachtet. Dennoch ist es durchaus sinnvoll und notwendig auch andere Quellen zu betrachten, wenn diese lokal erheblich zu Immissionsbelastung beitragen. Dies bezieht sich auch auf Beiträge aus dem industriellen, gewerblichen Bereich,

obgleich insgesamt gesehen die Emissionen aus der Industrie in Laufe der letzten Jahrzehnte schon sehr stark zurückgegangen sind. Insbesondere ist aber auch auf den wachsenden Beitrag aus der Holzfeuerung hinzuweisen. Im Gegensatz zu anderen Emittentengruppen zeigt die Feinstaubemission aus dem Bereich der Gebäudeheizung aus diesem Grund eine klar ansteigende Tendenz. Der Anstieg der Holzfeuerung hat auch eine Bedeutung, die über den rein lokalen Bereich hinausgeht. Die mögliche Bedeutung von lokalen Beiträgen zur Belastungssituation bedarf einer individuellen Betrachtung und Bewertung der Situation. Sekundäre Partikel, die aus gasförmigen Vorläufersubstanzen gebildet werden, können einen substantiellen Beitrag leisten. Eine Reduzierung dieser Gase (u. a. Ammoniak aus der Landwirtschaft) würde hier helfen, allerdings geht das auch über die rein „lokale Ebene“ hinaus. Feinstaub wird über weite Strecken transportiert werden und trägt damit zum einen zur Hintergrundbelastung bei, kann aber auch ggf. regional und lokal zu deutlichen Erhöhungen führen. Wenn bedeutende Quellen der Feinstaubbelastung außerhalb der Landesgrenzen liegen, ist daher im Zweifelsfalls auch das Gespräch mit dem betreffenden Nachbarland zu suchen.

- 4.4 Welchen Beitrag können 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 für geeignet, um Feinstaub zu reduzieren?

Antwort:

Der Verkehr stellt in den Ballungsräumen nach wie vor die dominierende Emissionsquelle für Feinstaub dar. Nach dem Verursacherprinzip sind daher in erster Linie verkehrsbezogene Maßnahmen naheliegend und angemessen. Die maximalen Beiträge die die verschiedenen Quellen prinzipiell zur Feinstaub-Reduzierung leisten können, können anhand von Untersuchungen zur Quellenzuordnung abgeschätzt werden. So kommt z. B. eine Studie in Frankfurt zu dem Schluss, dass der Beitrag des Straßenverkehrs zur Feinstaubbelastung in einer typischen Straßenschlucht insgesamt bei ca. 50% liegt. Industrielle Quellen liefern einen Beitrag von ca. 17%, biogene (natürliche) Quellen ca. 13% und der Hausbrand knapp 11%. Der Verkehrsbeitrag von ca. 50% setzte sich zusammen aus einem lokalen Anteil aus der konkreten Straße (26%), dem Anteil aus dem „städtischen Hintergrunds“ (ca. 19%) und dem Anteil aus dem „regionalen Hintergrunds“ (ca. 4%). Lokal, in der Straßenschlucht, beschränkt sich der Anteil der direkten Motoremissionen wiederum auf ca. 1/3, die restlichen 2/3 werden durch Abrieb und Wiederaufwirbelung verursacht. Dies bedeutet, dass das rein abgasbedingte Reduktionspotential auf lokaler Ebene in der Größenordnung von 10% liegt. Dies ist **nicht** als Argument gegen eine Reduzierung aus dem Abgas zu verstehen, sondern eher dafür, dass eine solche Maßnahme nicht auf die lokale Ebene beschränkt sein sollte. Bei genereller Anwendung der Maßnahme reduziert dies auch die Beiträge im städtischen und regionalen Hintergrund und dies wirkt sich auch wiederum positiv auf der lokalen Ebene aus. Es zeigt aber dennoch,

dass auch andere verkehrsbezogene Quellen neben dem Abgas (Abrieb und Aufwirbelung) eine bedeutende Rolle haben. Nähere Informationen dazu finden Sie an folgender Stelle:

https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/luft/sonstige_berichte/QuellenzuordnungHessen_Endbericht.pdf.

Neben dem Verkehr treten andere Quellen deutlich zurück und werden deshalb nicht im Detail angesprochen. Wünschenswert ist dennoch jeder Beitrag zur Minimierung der Belastung, insbesondere auch zur Senkung der gasförmigen Vorläufer von Sekundärpartikeln. Besonders im Auge behalten sollte man die aus Sicht des Immissionsschutzes ungünstige Entwicklung der zunehmenden Emission aus der Holzfeuerung.

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

Generelle Antwort:

Als politische Maßnahme, unabhängig von der Art der Quelle, plädiere ich dafür, dass sich die politische Ebene aktiv für eine weitere Stärkung des Umweltbewusstseins der Bürger einsetzt. Eine weitere Verbesserung der lufthygienischen Situation kann ggf. Maßnahmen mit sich bringen, die ein ausgeprägtes Verständnis und die Bereitschaft der Bevölkerung für die Maßnahmen verlangt. Dafür muss am besten im Vorfeld geworben werden.

Straßenverkehr, Antwort:

Langfristig: eine auf Emissionsvermeidung oder –verminderung ausgerichtete Stadtplanung (inkl. andere Verkehrskonzepte, Stärkung des ÖVPN, car sharing, Fahrradwege etc.).

Schienenverkehr, Antwort:

Verlagerung des Güterverkehrs von der Straße auf die Schiene ist generell sicher sinnvoll, wenn die Infrastruktur gegeben ist. Vermeidung von Dieselloks bzw. der Emissionen aus Dieselloks.

private Haushalte und Kleinverbraucher, Antwort:

Gegensteuern bei der privaten Holzverbrennung. Aufklärung darüber! Wenn Holzöfen betrieben werden, bessere Kontrolle darüber (dies dürfte allerdings sehr schwierig sein). Wenn schon Holzöfen betrieben werden, dann muss das Wissen über den möglichst emissionsarmen Betrieb gestärkt werden.

Industrie/Energiewirtschaft, Antwort:

Landwirtschaft, Antwort:

Hier sehe ich eine erhebliche Notwendigkeit und auch ein großes Potential durch eine Reduzierung von Ammoniakemissionen. Im Gegensatz zu vielen anderen Gasen und auch partikelförmigen Verunreinigungen, für die in den vergangenen Jahrzehnten teilweise bereits sehr beachtliche Emissionsminderungen erzielt

werden konnten (Schwefeldioxid ist ein Paradebeispiel), stagniert die Ammoniakemission auf unverändert hohem Niveau. Dabei spielt sowohl die Nutztierhaltung als auch die Mineraldüngeranwendung eine entscheidende Rolle. Wie verschiedene andere Gase trägt auch Ammoniak zur Partikelneubildung aus der Gasphase bei. Die Reduktion der Ammoniakemission ist m.E. ein wichtiges umweltpolitisches Ziel, weil damit nicht nur der Partikelneubildung an dieser Stelle begegnet wird, sondern vor allen Dingen auch der problematischen übermäßigen Stickstoffzufuhr in Böden und Gewässer.

B) Ultrafeinstaub (Durchmesser <100 Nanometer)

1. Grundsätzliches

1.1 Welche verschiedenen Arten von ultrafeinen Partikeln (UFP) mit einem Durchmesser von weniger als 100 Nanometern gibt es und wie entstehen diese?

Antwort:

UFP entstehen bei allen Verbrennungsprozessen, insbesondere als Produkte unvollständiger Verbrennung (z. B. Rußpartikel) als auch als sogenannte sekundäre Partikel aus atmosphärenchemischen Umwandlungsprozessen gasförmiger Vorläufer z. B. aus Schwefeldioxid, Stickoxiden, Ammoniak oder Kohlenwasserstoffen. Diese Oxidations- und Kondensationsprozesse werden als "gas to particle conversion" bezeichnet. Sekundäre organische Partikel entstehen ebenfalls aus gasförmigen biogenen Vorläufern. Diese können in größerem Umfang, insbesondere von Bäumen, emittiert werden. Auch aus technischen Vorgängen, z. B. beim Schweißen oder beim Umgang mit Nanomaterialien (z. B. Toner) entstehen UFP. Selbst im alltäglichen Umgang und auch in Innenräumen werden UFP erzeugt, z. B. beim Abbrennen von Kerzen oder beim Betrieb eines Toasters. Aus Verbrennungsprozessen haben kohlenstoffhaltige UFP einen besonderen Stellenwert (Ruß). Auch beim Abbrennen von Zigaretten oder anderen Tabakwaren entstehen verständlicherweise UFP. Aus der Gasphase entstehen häufig UFP als Sulfate oder Nitrate oder auch mit Kohlenwasserstoffbestandteilen. Häufig sind den eigentlichen Partikeln auch andere Stoffe angelagert, wie andere Kohlenwasserstoffe (PAK) oder bestimmte Metalle.

1.2 Was sind die hauptsächlichsten primären Quellen von UFP?

Antwort:

Primär aus Verbrennungsprozesse und sekundär aus der Umwandlung von Gasen (gas to particle conversion), siehe auch Punkt 1.1

1.3 Wie verhalten sich UFP in der Atmosphäre, im Unterschied zu den größeren Partikeln PM₁₀ und PM_{2,5}?

Antwort:

Grundsätzlich ist zunächst zu sagen, dass die Partikelmassenfraktionen PM₁₀

und $PM_{2,5}$ UFP prinzipiell beinhalten, da diese sowohl kleiner als 10 als auch kleiner als $2,5 \mu m$ sind. Auf Grund Ihrer geringen Masse tragen sie aber trotz ihrer großen Anzahl praktisch nichts zur Messgröße, der Partikelmassenkonzentration bei. Gerade deshalb ist die Massenkonzentration kein geeignetes Maß das Auftreten von UFP zu charakterisieren. Ein wesentlicher Unterschied der UFP im Vergleich zu größeren Teilchen ist, dass sie sich in Bezug auf ihre Verteilung quasi gasförmig verhalten. Das heißt, sie können ähnlich wie Gase im Raum verteilt bzw. transportiert werden. Allerdings unterliegen UFP (insbesondere besonders kleine UFP) einem ständigen und verhältnismäßig raschen Prozess der Veränderung. Durch Kondensation, Anlagerung und Zusammenballung (Koagulation, Agglomeration) wachsen sie hin zu größeren Teilchen. Gerade nach einer Phase der Partikelneubildung setzt dieser "Alterungsprozess" sofort ein und führt zu einer relativ schnellen Änderung der Partikelgrößenverteilung, hin zu größeren Teilchen.

1.4 Welchen Einfluss haben meteorologische Gegebenheiten (z. B. Inversionswetterlagen) auf das Verhalten von UFP?

Antwort:

Wie bereits ausgeführt, verhalten sich UFP quasi gasförmig. Meteorologische Randbedingungen und insbesondere Änderungen der atmosphärischen Austauschbedingungen haben auf die UFP die gleichen Auswirkungen wie auf andere Schadstoffe in der Atmosphäre. Das heißt, bei lufthygienisch ungünstigen Wetterlagen ist auch mit einem Anstieg der Konzentrationen zu rechnen. Niederschläge führen zu einem deutlichen Auswaschen auch der UFP aus der Atmosphäre. Starke solare Einstrahlung kann die Neubildung (Nukleation) von Partikeln begünstigen und zu sehr hohen Konzentrationen von sehr kleinen Partikeln führen, die dann schnell anwachsen (bis auf 50 - 80 nm innerhalb weniger Stunden).

1.5 Ist mit einer Einführung eines EU-weiten Grenzwertes für UFP in den nächsten Jahren zu rechnen?

Antwort:

Die Einführung der derzeit geltenden Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit für PM_{10} und $PM_{2,5}$ basierten jeweils auch auf deutlichen Empfehlungen der WHO hinsichtlich der gesundheitlichen Wirkung und einer belastbaren und überzeugenden Dosis/Wirkungsbeziehung. Mein Eindruck ist, dass anders als für die Größen PM_{10} und $PM_{2,5}$, die derzeitige Kenntnislage eine derartige Einschätzung der Wirkung von UFP (noch?) nicht zulässt. Auch die Frage der möglichen Beurteilung (Messung von UFP im Routinebetrieb) ist m. E. noch nicht ausreichend diskutiert. Daher halte ich die mögliche Einführung eines EU-weiten Grenzwertes für UFP in den nächsten Jahren für nicht wahrscheinlich. Möglich wäre m. E. die Einführung von zusätzlichen Messverpflichtungen, um die Informationsdichte zu verbessern, was wiederum der Möglichkeit einer besseren Beurteilung der Wirkungen in epidemiologischen Untersuchungen zu Gute kommen würde. Zu bedenken ist dabei aber, dass dies die Bereitschaft voraussetzt, die ausführenden Organe (z.

B. die Landesumweltämter) darin entsprechend zu unterstützen.

2. Messungen

2.1 Welche allgemein wissenschaftlich anerkannten Verfahren gibt es zur Ermittlung der UFP-Konzentration in der Außenluft?

Antwort: Zur Messung von „submikronen“ Teilchen ($<1 \mu\text{m}$), ist im wissenschaftlichen Bereich seit vielen Jahren (um nicht zu sagen Jahrzehnten) ein Verfahren im Einsatz, das auf der Zählung der einzelnen Partikel beruht. Das entsprechende Gerät, ein „Kondensationspartikelzähler“ (CPC), beruht vereinfacht dargestellt darauf, dass die Partikel in einer übersättigten Atmosphäre durch Kondensation zum Wachsen angeregt werden, um anschließend in einem Laserstrahl einzeln erfasst und als Impuls gezählt zu werden. Die europäische Normungsinstitution (CEN) hat Ende 2016 das Verfahren im Rahmen einer „Technischen Spezifikation“ beschrieben (DIN CEN/TS 16976: 2016-11). Diese Geräte geben Auskunft über die Gesamtpartikelanzahlkonzentration im Bereich von unter 10 nm bis 1 oder auch einige μm . Der dominierende Anteil wird in der Regel dabei durch die UFP ($<100 \text{ nm}$) beigetragen. Zur weiter differenzierten Beurteilung speziell der UFP ist eine Ermittlung der Größenverteilung notwendig. Auch dafür sind im wissenschaftlichen Bereich schon seit vielen Jahren Geräte im Einsatz. Diese beruhen darauf, dass (vereinfacht dargestellt) die Teilchen zunächst mit einer elektrischen Ladung versehen werden, um sie anschließend in einem elektrischen Feld entsprechend ihrer Größe bzw. ihrer „elektrischen Mobilität“ separieren zu können. Durch Variieren der Stärke des elektrischen Feldes können Teilchen einer spezifischen Größenklasse zum Ausgang bewegt, um am Ende mit einem CPC gemessen zu werden. Durch kontinuierliches „Durchfahren“ eines bestimmten Spannungsbereichs können so verschiedenen Größenklassen nacheinander gemessen und damit eine Größenverteilung aufgestellt werden. Eine „Technische Spezifikation“ zur Beschreibung dieses Verfahren („scanning mobility particle sizer“, kurz SMPS) wird derzeit ebenfalls von der betreffenden Arbeitsgruppe bei CEN bearbeitet, ist jedoch noch nicht abgeschlossen. Das HLNUG hat aktuell (seit September 2017) zwei SMPS-Messsysteme im Umfeld des Flughafens Frankfurt in Betrieb genommen (siehe Punkt 3.2)

2.2 Wie unterscheiden sich diese Verfahren vom Messverfahren, das bei PM_{10} und $\text{PM}_{2,5}$ zur Anwendung kommt?

Antwort:

Grundlegend! Ein Vergleich ist kaum möglich, da die Verfahren grundlegend unterschiedliche Eigenschaften der Partikel beschreiben. Bei einem Verfahren geht es um die Massenkonzentration, beim anderen um die Anzahlkonzentration. Diese Größen korrelieren in der Realität im Wesentlichen nicht, weil die Teilchen so unterschiedlich groß sind. Nur wenn alle Partikel gleich groß und von gleicher Zusammensetzung wären (monodispers und gleiche Dichte), würde die Masse tatsächlich mit der Anzahl korrelieren.

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

Antwort:

Streng genommen ist das nicht möglich, solange es keinen spezifischen „marker“ für UFP aus einer speziellen Quelle gibt und meines Wissens nach gibt es das nicht. Daher ist man im Wesentlichen darauf beschränkt, vergleichende Messungen in unterschiedlich belasteten Gebieten durchzuführen sowie Zusatzinformationen (z.B. die Transportrichtung, Messung anderer Schadstoffe, Berücksichtigung der Wetterlage, Vergleich mit anderen Messstellen) heranzuziehen, um Aussagen mit einer größtmöglichen Wahrscheinlichkeit abzuleiten.

- 2.4 Welche Kosten entstehen bei der Einrichtung einer UFP-Messstelle beziehungsweise der Umrüstung einer bestehenden Luftgüte-Messstation?

Antwort:

Für die zusätzliche Ausstattung einer bestehenden Luftgüte-Messstation zur Erfassung der Gesamtpartikelanzahl muss für die Beschaffung eines hochwertigen CPC mit Kosten von ca. 20.000 – über 30.000 Euro gerechnet werden. Die Beschaffung eines hochwertigen SMPS zur detaillierten Erfassung der Größenverteilung inklusive notwendiger Zusatzeinrichtungen (Probenahmesystem, Trockner etc.) liegt in der Größenordnung von ca. 100.000 Euro. Die Angaben beruhen auf bei uns entstandenen Kosten und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es gibt unterschiedliche Hersteller und Gerätevarianten. Letztendlich zählen die eigenen Ansprüche bzw. Anforderungen, eine Markterhebung und die Anforderung entsprechender Angebote.

- 2.5 Welche Aussagekraft haben die UFP-Messungen mit mobilen Geräten, wie sie beispielsweise Bürgerinitiativen im Umfeld München und Frankfurt durchgeführt haben?

Antwort:

Eine Aussage dazu ist nur sehr bedingt möglich, da mir Details zur Durchführung der Untersuchungen und die genauen Ergebnisse nicht explizit vorliegen. Dementsprechend habe ich die Untersuchungen keiner genauen Prüfung unterzogen bzw. unterziehen können.

Soweit mir bekannt ist, wird das eingesetzte mobile Handmessgerät (P-Track Modell 8525 der Firma TSI) vom Hersteller nicht zum Zweck der Außenluftmessung angeboten. Der eigentliche Anwendungsbereich bezieht sich eher auf den Arbeitsschutz und die Behebung von Problemen bei der Luftqualität in Innenräumen. Meines Erachtens dient es in erster Linie zum Aufspüren von kleinräumigen lokalen Quellen und zur Indikation von Leckagen. Für ein wissenschaftlich fundiertes Monitoring ist es sicher keine geeignete Lösung. Das Messprinzip ist jedoch vergleichbar mit professionellen Partikelzählern und auch der Messbereich soll den Bereich der UFP bis zu einer unteren Grenze von 20 nm abdecken. Rein qualitativ ist davon auszugehen, dass das Gerät zur Indikation

starker Konzentrationsänderungen und hoher Konzentrationen im Rahmen der Genauigkeit des Geräts eingesetzt werden kann. Bei den quantitativen Angaben muss gegenüber professionellen Langzeitmessungen mit großen Ungenauigkeiten gerechnet werden. Dafür ist das Gerät nicht speziell ausgerichtet. Dies sollte bei der Interpretation von Messungen mit derartigen mobilen Handmessgeräten zumindest einschränkend berücksichtigt werden.

3. 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?

Antwort:

Eine Untersuchung in meinem Hause aus den 1990er Jahren kam zu dem Schluss, dass die Zusammensetzung des Abgas aus Düsenjettriebwerken sehr ähnlich zu dem aus Dieselmotoren ist. Ein spezifischer „marker“ in den Verbrennungsprodukten, der auf die Quelle „Kerosin“ hinweisen würde konnte seinerzeit nicht gefunden werden. Allerdings war diese Untersuchung nicht auf Aerosolpartikel ausgerichtet.

Neuere und genauere Kenntnisse darüber liegen mir nicht vor. Soweit mir bekannt ist, ist aber der Schwefelanteil im Kerosin höher als in handelsüblichen Kraftstoffen für den Straßenverkehr (auch Diesel). Mutmaßlich könnte dies zu einem höheren Anteil an Sulfat in den von Flugzeugen emittierten UFP führen.

- 3.2. Welche Rückschlüsse auf die UFP-Belastung in der direkten Umgebung lassen die bisher vorliegenden Messergebnisse aus der Flughafenregion Frankfurt (z. B. Frankfurt-Raunheim und Langen) zu?

Antwort:

Die bisher (seit September 2015) durchgeführten Messungen der Gesamtpartikelanzahlkonzentration an der Messstation Raunheim liegen im Mittel bei ca. 16.700 Partikeln/cm³ und damit um ca. 30 Prozent höher im Vergleich zum langjährigen Mittelwert an der Experimentalstation Langen (UBA). Beide Messstellen liegen etwa gleich weit vom Flughafen entfernt (ca. 6 km), Raunheim in südwestlicher und Langen in südöstlicher Richtung. Die mittlere Windrichtungsverteilung in der Rhein-Main Region entspricht einer ausgeprägten „Keule“ mit zwei ausgeprägten Hauptwindrichtungen, SSW und NNO. Winde aus nordwestlichen und südöstlichen Richtungen haben dagegen eine relativ geringe Häufigkeit. Der Wind am Standort Langen weht daher deutlich seltener aus Richtung Flughafengelände als das in Raunheim der Fall ist. Die mittleren Konzentrationen im Standort Raunheim sind im Vergleich zu anderen Messorten mit ähnlichem Charakter (urbaner Hintergrund) relativ hoch. Bei Wind aus östlichen Richtungen (besonders NO/O) werden erhöhte UFP-Konzentrationen gemessen. Dies deutet auf einen möglichen Transport von ultrafeinen Partikeln aus dieser Richtung hin wobei der Flughafen, als potentielle Quelle, in dieser generellen Richtung liegt. Im Vergleich zu Zeiten mit entgegengesetzten

Windrichtungen (also aus SW) waren die UFP-Konzentrationen um einen Faktor von ca. 2,7-3,7 höher. Die UFP zeigen einen ähnlichen Tagesgang wie andere gleichzeitig gemessene Luftschadstoffe, mit einem deutlichen Maximum am Morgen und am Abend und einem Minimum um die Mittagszeit. Dieser Tagesgang tritt erfahrungsgemäß vielerorts auf und ist typischerweise auch durch Emissionen aus dem Straßenverkehr geprägt. Eine eindeutige Quellenzuordnung ist insbesondere im Rhein-Main Gebiet alles andere als trivial, aufgrund der hohen Siedlungsdichte und der großen Anzahl an viel befahrenen Autobahnen (insbesondere die A3 und A5; Frankfurter Kreuz) und auch Landstraßen. Generell zu bedenken sind auch meteorologische Einflüsse. Bei Westwind-Wetterlagen herrschen in der Regel höhere Windgeschwindigkeiten, bessere Austauschbedingungen und damit eine bessere Verdünnung von Luftschadstoffen. Dies führt in der Folge zu einer niedrigeren Belastung. Bei Ostwind-Wetterlagen ist das umgekehrt.

Zur weitergehenden Untersuchung wurde aktuell zusätzlich ein Messsystem aufgebaut, welches eine differenzierte Messung der Partikel nach Größenklassen erlaubt (SMPS, siehe auch Punkt 2.1). Dies zielt auf eine Beobachtung der Veränderung der Größenverteilung der UFP im zeitlichen Verlauf. Neben der Messung der Größenverteilung in Raunheim wurde eine zusätzliche Messstelle in der „Abluftfahne“ des Flughafengeländes, wenn der Wind aus der primären Hauptwindrichtung (SSW) weht, eingerichtet. Diese befindet sich am südwestlichen Stadtrand von Frankfurt (Ortsteil Schwanheim). Beide Messsysteme befinden sich im Testbetrieb, Ergebnisse können daher noch nicht präsentiert werden. Weitere Informationen zu den Untersuchungen sind an folgender Stelle zu finden: [http://www.flk-](http://www.flk-frankfurt.de/eigene_dateien/sitzungen/242_sitzung_am_27.09.2017/top_4_praes_hlnug_ultrafeinstaub-messungen_27.9.2017..pdf)

[frankfurt.de/eigene_dateien/sitzungen/242_sitzung_am_27.09.2017/top_4_praes_hlnug_ultrafeinstaub-messungen_27.9.2017..pdf](http://www.flk-frankfurt.de/eigene_dateien/sitzungen/242_sitzung_am_27.09.2017/top_4_praes_hlnug_ultrafeinstaub-messungen_27.9.2017..pdf)

3.3 Welche Erkenntnisse gibt es hinsichtlich der UFP-Belastung auf Flughäfen und deren Auswirkung auf das dort tätige Personal?

Antwort:

Von deutschen Flughäfen ist mir nichts bekannt.

Eine am Flughafen Kopenhagen durchgeführte Untersuchung aus 2010/2011 kommt zu dem Schluss, dass Mitarbeiter auf diesem Flughafen, insbesondere auf dem Flughafenvorfeld, deutlich höheren Konzentrationen an UFP ausgesetzt sind, als beispielsweise an stark befahrenen Straßen. Der Bericht zu dieser Studie ist an folgender Stelle zu finden:

<http://www.project->

[cleanair.eu/measurements/documents/Airpollutioninairports_German.pdf](http://www.project-cleanair.eu/measurements/documents/Airpollutioninairports_German.pdf)

3.4. Sind Messungen der UFP-Konzentration an Flughäfen unabhängig vom kürzlich in Frankfurt gestarteten UFOPLAN-Forschungsprojekt „Ultrafeinstäube im Umfeld großer Flughäfen“ sinnvoll?

Antwort:

Meines Erachtens prinzipiell ja, weil Messdaten zur Charakterisierung von UFP im Vergleich zu anderen Größen noch vergleichsweise wenig erhoben werden. Gleichwohl halte ich ein gut geplantes und abgestimmtes Vorgehen (möglicherweise sogar bundesweit) für sinnvoll. Sinnhaftigkeit und Ziel solcher Messungen sollten vorab gut überlegt werden! Wenig hilfreich wären nicht ausreichend gut durchdachte und ggf. an vielen Orten begonnene Messungen, die in erster Linie zu einer großen Flut von Daten führen, die dann aber nur schwierig (oder gar nicht) mit anderen Ergebnissen zu vergleichen und zu interpretieren sind.

Darüber hinaus sollten sich solche Untersuchungen nicht unbedingt nur auf die potentielle Quelle „Flughafen“ beschränken. Um Ergebnisse in Flughafennähe besser beurteilen und einordnen zu können, wären vergleichende Untersuchungen der UFP auch in anderen Räumen und Belastungssituationen hilfreich.

4. Gesundheitliche Auswirkungen

keine Stellungnahme, durch Teilnehmer aus der Wirkungsforschung kompetenter zu beantworten.

Stefan Jacobi
