Stellungnahme des BV Freising zu den Fragen des Ausschusses *für Umwelt und Verbraucherschutz*

Anhörung im Bayerischen Landtag, 16. 11. 2017

Zusammenfassung

- Der BV Freising misst seit Anfang 2017 mit einem mobilen Messgerät die Ultrafeinstaub-Belastung in der Flughafenregion. Ein Grund dafür ist, dass bisher keine derartigen Messungen durchgeführt worden sind.
- Ultrafeine Partikel (UFP) werden zunehmend als große Gefahr erkannt, nur der **Flugverkehr wird nie erwähnt**. Dabei produzieren Flugzeuge große Mengen UFP und anderer Schadstoffe, die nicht wie bei KFZ oder anderen Emittenten herausgefiltert werden können. Bei Triebwerken sind - Stand heute - keine Abgasnachbehandlungen möglich.
- Flughäfen sind deshalb UFP-Hotspots. Überall wird das Umland der Flughäfen stark mit UFP belastet, wie viele Publikationen belegen.
- Die internationale Literatur bestätigt unsere Ergebnisse (ca. 100 Messreihen): Der Flughafen ist der größte UFP-Emittent der Region. Die UFP-Konzentrationen dort liegen bis zu 30 mal höher als in „Reinluft“. Gemessen wird immer in Luv und Lee, also auf der dem Wind zugewandten bzw. abgewandten Seite.
- Die Ausbreitung der UFP folgt stets dem gleichen Muster: Der Wind verfrachtet die UFP und dünnt sie aus. Jedoch sind noch in 10 km Entfernung die 2-6 fachen Mengen im Vergleich zu „Reinluft“ gemessen worden (abhängig von Wetterbedingungen und Zahl der Flugbewegungen).
- Hausbrand und KFZ-Verkehr der Region belasten viel weniger als der Flughafen. KFZ-Emissionen verbleiben sehr lokal, die Emissionen vom Flughafen jedoch verbreiten sich großräumig mit dem Wind.
- Seit 2005 ist bekannt, dass nicht so sehr die Masse des Feinstaubs (Particulate Matter, PM_{10} und $PM_{2,5}$) gesundheitsgefährlich ist, sondern die zahllosen Feinst-Partikel (UFP). Dennoch werden auch heute nur die größeren Partikel offiziell gemessen, und nur nach ihnen die „Luftgüte“ beurteilt.
- UFP enthalten kanzerogene Stoffe, für die grundsätzlich keine Grenzwerte festgelegt werden können. Das sagte die EU schon 2008 über den Feinstaub $PM_{2,5}$, das gilt aber auch und besonders für UFP.
- Seit 2014 gibt es immerhin eine EU-Limitierung für Diesel- und Benzinmotoren: 6×10^{11} UFP pro km. Für Flugzeuge gibt es keine Limitierung.
- Vor dem bayerischen Verwaltungsgerichtshof (2013, Planfeststellungsbeschluss) wurde das UFP-Problem erörtert; die Regierung von Oberbayern sagte dazu, Maßnahmen gegen UFP seien „normativ nicht angeordnet“. Bis heute gibt es keine Gegenmaßnahmen.
- Wie giftig die Abgase aus den Triebwerken sind, zeigen die Fume Events, die immer wieder gemeldet werden, z.B. bei Eurowings am 7.11.2017. Speziell über die UFP gibt es eine Reihe von Studien, die sie alle als schädlich bezeichnen. Keine einzige Studie bescheinigt den UFP Unbedenklichkeit.
- Appell an die Fürsorgepflicht des Staates. Das bedeutet:
  - Umfassende objektive Forschung (Mengen und chemische Zusammensetzung der UFP) und Veröffentlichung der Befunde, um Transparenz zu schaffen
  - Einführung einer Abgasnorm für Flugzeuge, ähnlich wie bei KFZ
  - Überlegungen zu einem Maximalwert, der Kanzerogene und kurzzeitige Expositionen berücksichtigt
  - Schnellstmögliche Reduzierung der Belastung, z.B.
    - Kurzstreckenflüge durch Bahnverkehr ersetzen
    - Der Hauptverursacher von UFP sollte nicht noch zusätzlich subventioniert werden.

Die Fakten sind bekannt. Wenn jetzt nichts getan wird, nimmt man Gesundheitsgefährdungen billigend hin.

Zu den Fragen im Einzelnen

A) Feinstaub PM_{10} und $PM_{2,5}$

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

Nein. Die Grenzwerte sind viel zu hoch. Die WHO empfiehlt: $PM_{2,5}$ = 10 µg/m^3 (statt hier 25 µg/m^3)

Die *RICHTLINIE 2008/50/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES* hält am 21.5.2008 über die Luftqualität und saubere Luft für Europa fest:

„Partikel $PM_{2,5}$ haben erhebliche negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit.
Außerdem wurde bisher keine feststellbare Schwelle ermittelt, unterhalb deren $PM_{2,5}$ kein Risiko darstellt.
Daher sollten für diesen Schadstoff andere Regeln gelten als für andere Luftschadstoffe…“

A 3.1 Welche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit haben die Feinstaubpartikel PM_{10} und $PM_{2,5}$?
A 3.4 Wie viele vorzeitige Todesfälle in Bayern bzw. Deutschland werden schätzungsweise durch Feinstaub verursacht?

Wir verweisen auf den Bericht in der *„Automobilwoche“* vom 11.10.2017:
Rund 400.000 Menschen in der EU, 66.000 davon in Deutschland, müssen wegen der Feinstaubbelastung vorzeitig sterben.
Dies ist das Ergebnis einer neuen Studie der Europäischen Umweltagentur EEA.

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

Die effektivste Reduzierung von Feinstaub ist die Vermeidung. Technisch und praktikabel können Feinstäube bei allen Emittenten reduziert werden, mit Ausnahme der Flugzeuge.

	$PM_{10, 2,5}$	UFP	UHC
(Kohle-) Kraftwerke	Partikelfilter	Partikelfilter	Katalysator
Hausbrand	Partikelfilter	Partikelfilter	Katalysator
Auto Diesel	Partikelfilter	Partikelfilter	Katalysator
Auto Benzin	Partikelfilter	Partikelfilter	Katalysator
Flugzeug	Abgasnachbehandlung bisher nicht möglich		

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

siehe A 4.1

B) Ultrafeinstaub (Durchmesser < 100 Nanometer)

B 1.1 Welche verschiedenen Arten von UFP < 100 nm gibt es und wie entstehen sie?

Es gibt sehr viele, je nachdem wie man eine Art definiert.

Grundsätzlich entstehen bei Reibung und Verbrennung von Stoffen eine Vielzahl von Molekülen und Partikeln, die teils singulär bleiben, teils akkumulieren (nucleation mode, accumulation mode and coarse mode). Die Tendenz zu akkumulieren ist umso geringer, je größer die Verdünnung der Partikel in einem gegebenen Volumen. Ultrafeinstaub ist eine Mischung aus Stoffen mit unterschiedlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften und einem Durchmesser kleiner als 100 nm. Die Größe der primären Partikel reicht bis in den Molekülbereich von wenigen Nanometern.

Allgemein werden Größenklassen verwendet, die für ihre Entstehungsprozesse typisch sind (Diesel-, Kerosinverbrennung, …). Hierbei bleibt die chemische Zusammensetzung der Partikel unberücksichtigt. Die Zusammensetzung der Partikel hängt von der Affinität der meist lipophilen Moleküle ab und da beispielsweise bei der Kerosinverbrennung, vor allem auch der Additive (Inhaltsstoffe nicht umfänglich bekannt), hunderte chemischer Verbindungen entstehen, gibt es sehr viele Kombinationsmöglichkeiten. Da die UFP im Gegensatz zu den PM_{10} und $PM_{2,5}$ eine extrem geringe Masse haben, werden sie gezählt. Wegen ihrer geringen Größe sind sie alveolen- und membrangängig; sie dringen bis in die Lungenbläschen, gelangen ins Blut und in Organe und Zellen.

Flugzeuge und UFP

Für eine UFP-Untersuchung am Flughafen Kopenhagen im Jahr 2012 wurden drei Größenklassen unterschieden:

ACI EUROPE UFP Study 2012

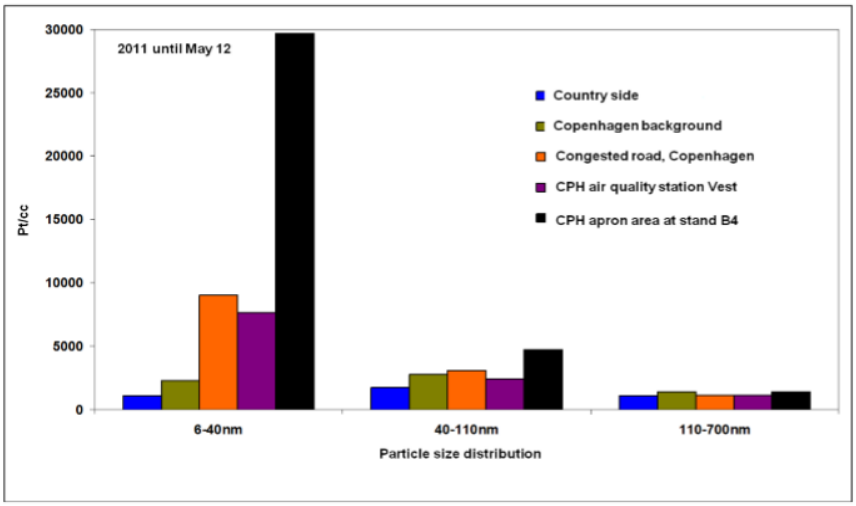


Fig 12: Particle size distribution (background, road and airport, Aug 2010 – May 2011): Blue is background in country side, green is Copenhagen background, Orange HCAB (Congested road, Copenhagen) Purple is CPH air quality station Vest (near the sea) and black is CPH apron area at stand B4 (approximately in the middle of the airport apron).

Seit Juni 2017 ist Dr. Kerkloh Präsident des ACI EUROPE

Das Beispiel Kopenhagen zeigt die Verteilung der UFP-Größen wie folgt:

Größe	Flughafen Vorfeld	überlastete Straße	Landluft
6-40 nm	30.000 p/cm^3	10.000 p/cm^3	1.000 p/cm^3
40 -110 nm	4.500 p/cm^3	2.500 p/cm^3	2.000 p/cm^3
110 - 700 nm	2.000 p/cm^3	1.000 p/cm^3	1.000 p/cm^3

Diese Größenordnungen wurde auch in anderen Publikationen gefunden:

„Emissions are dominated by very small particles with a diameter from 10 - 40 nm" (Kinsey et al. 2010; Mazaheri et al. 2008; Rogers et al. 2005).

"In the wake of smoke 80 m behind an aircraft in normal use during taxiing, was measured particle numbers (stated in dN/d(logD)) of about 1 x 10^6 particles/cm^3 for particles with a diameter of about 20 nm". (Mazaheri et al. 2009).

Die EMPA hat festgestellt, dass nahezu alle Partikel aus Flugzeugtriebwerken Größen von 7 – 200 nm und die überwiegende Mehrzahl einen Durchmesser von 10 – 40 nm haben, je nach Triebwerksleistung.

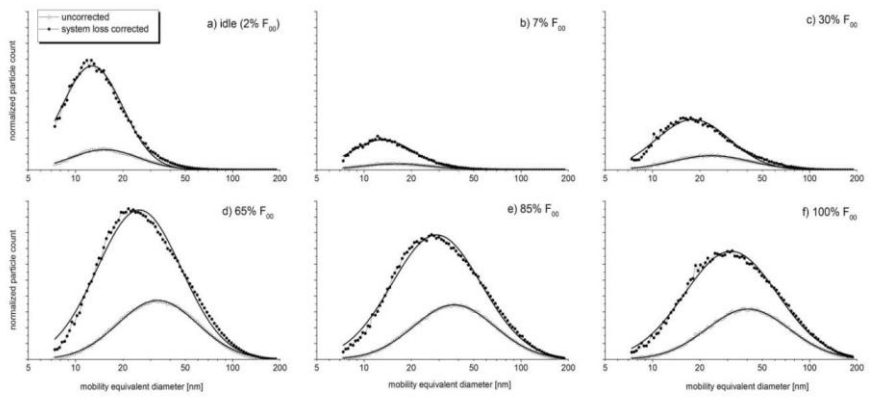
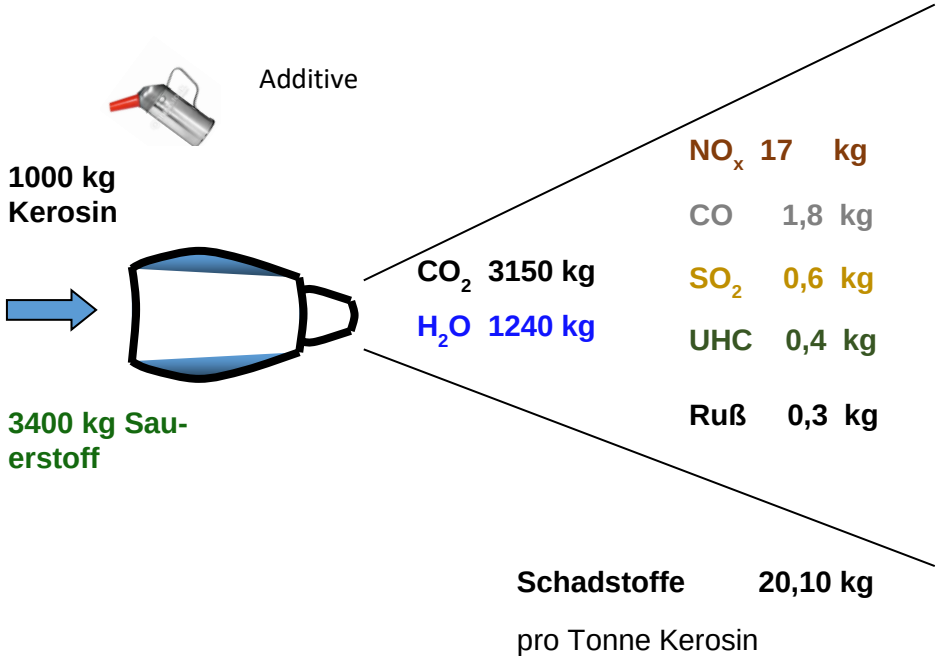


Figure 7.3. Particle size distributions in the exhaust (A-PRIDE 7) measured and corrected for particle loss in the sampling system.

Quelle: EMPA – Particulate Matter and Gas Phase Emission Measurement of Aircraft Engine Exhaust, Final Report (04/2012-11/2015)

Eine Vielzahl der UFP an und in der Umgebung von Flughäfen ist auf Verbrennungsprodukte von Kerosin und den beigemischten Additiven zurückzuführen:



Beispiel für den Triebwerksausstoß bei unterschiedlichen Triebwerksleistungen:

Emissionen bei Start und Landung					
Flugzeuggruppe *Groß*	Start	Steigflug	Landung	Leerlauf	
Kerosinverbrauch	7,60	6,20	2,10	0,70	kg/s
Stickoxide NOx	34,30	26,30	10,90	4,60	g/kg
Kohlenwasserstoffe	0,01	0,01	0,13	4,60	g/kg
Kohlenmonoxid	0,50	0,50	1,70	26,15	g/kg
Ruß (PM)	0,04	0,03	0,02	0,02	g/kg
Summe	34,85	26,84	12,75	35,02	g/kg

Flughafen Frankfurt Main, Luftschadstoffe Flugverkehr, C, Gutachten G 13.1, Meersburg, 2006-11-24

B 1.2 Was sind die primären Quellen von UFP?

UFP entstehen bei nahezu allen Verbrennungsprozessen. Je höher Temperatur und Druck, desto mehr verschiebt sich das Verhältnis von großen zu kleinen und kleinsten Partikeln (UFP).

Die Messergebnisse des BV Freising beziehen sich nur auf die Flughafenregion München. Über 100 verschiedene Messreihen haben ergeben, dass der Flughafen München der größte flächendeckende UFP-Emittent der Region ist. Zwar entstehen auch auf dichtbefahrenen Straßen konzentriert ultrafeine Partikel, die aber bodennah ausgestoßen werden und vor Ort verbleiben. Der Flughafen hingegen produziert große Mengen von UFP, die mit dem Wind flächendeckend und kilometerweit vertragen werden.

Die hohen Konzentrationen erklären sich durch den täglichen Verbrauch an Kerosin. Täglich werden am und um den Flughafen an die 600.000 Liter verbrannt (LTO), was dem Verbrauch von 12.000 PKW-Tankfüllungen (50 l) am Tag entspricht.

Ellermann und Massling (Measurement of ultrafine particles at the apron of Copenhagen; 2010) ermittelten folgende Konzentrationen: am Vorfeld des Flughafens Kopenhagen 31.900 p/cm^3, Innenstadt dichtbefahrene Straße 16.100 p/cm^3, urbaner Hintergrund 5.500 p/cm^3 und Landluft 3.700 p/cm^3.

In Los Angeles wurde in 10 km Entfernung vom Flughafen noch das 4 fache der Hintergrundkonzentration gemessen und klar gezeigt wie sich die UFP – Wolke mit dem Abwind des Flughafens ausbreitet.

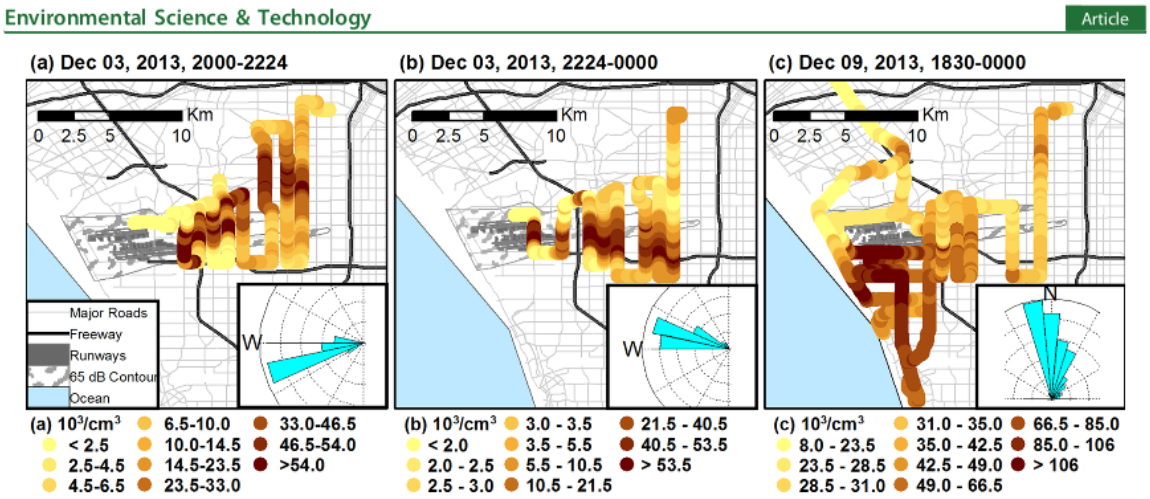


Figure 4. Change in location of impact due to shift in wind direction. Wind direction during monitoring is shown in insets on bottom left. PN concentrations are classified and colored by deciles.

Quelle: Hudda et al. 2014: Environ. Sci. Technol. 48: 6628-6635

Im Gegensatz dazu sind Belastungen durch den Straßenverkehr auf das nahe Umfeld der Straße begrenzt.

B 1.3 Wie verhalten sich UFP in der Atmosphäre, im Unterschied zu PM_{10} und $PM_{2,5}$?

Im Gegensatz zu PM_{10} und $PM_{2,5}$ verbleiben die extrem leichten UFP lange Zeit im Schwebezustand. Nach Stokes beeinflussen folgende Faktoren die Sinkgeschwindigkeit hinreichend kleiner Partikel:

- *Dichte des Partikels und Dichte des Fluids*
- *Schwerebeschleunigung*
- *Durchmesser bzw. Äquivalentdurchmesser d des Partikels*
- *Viskosität η des Fluids*
- *Strömungswiderstandskoeffizient*

Mit der entsprechenden Formel ergeben sich unter Idealbedingungen daraus folgende Sinkgeschwindigkeiten:

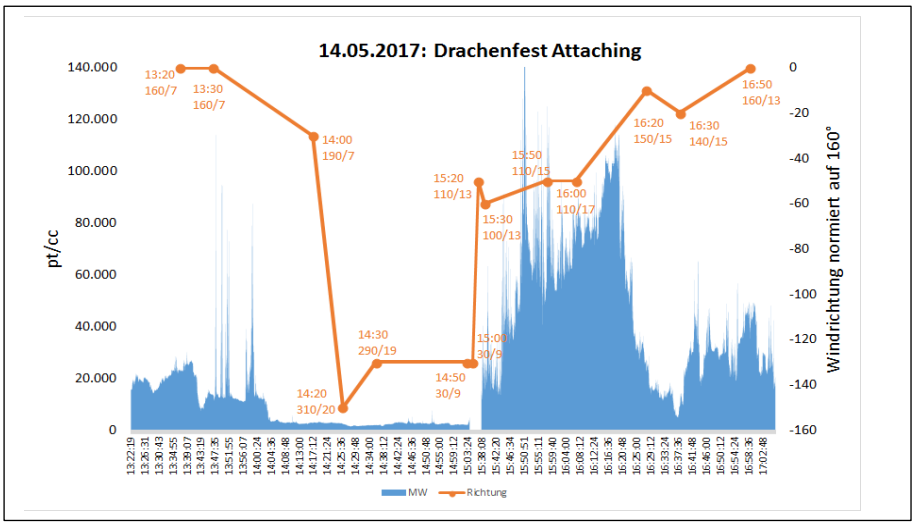
Partikel (µm)	Sinkstrecke pro Stunde spez. Gewicht: 1 – 2,26 g/cm^3 (Wasser bzw. Kohlenstoff)
50 (50.000 nm)	288 – 650 m
10 (10.000 nm)	11 – 26 m
1 (1.000 nm)	11 – 26 cm
0,1 (100 nm)	1 – 2,6 mm
0,02 (20 nm)	47 – 106 µm (0,047 - 0,1 mm)

Diese Strecken beziehen sich ausschließlich auf die vertikale Bewegung (Superposition der Kräfte). Während große Partikel relativ schnell zu Boden sinken, schweben die UFP sehr lange in der Luft. Die horizontale Bewegung wird durch den Wind verursacht.

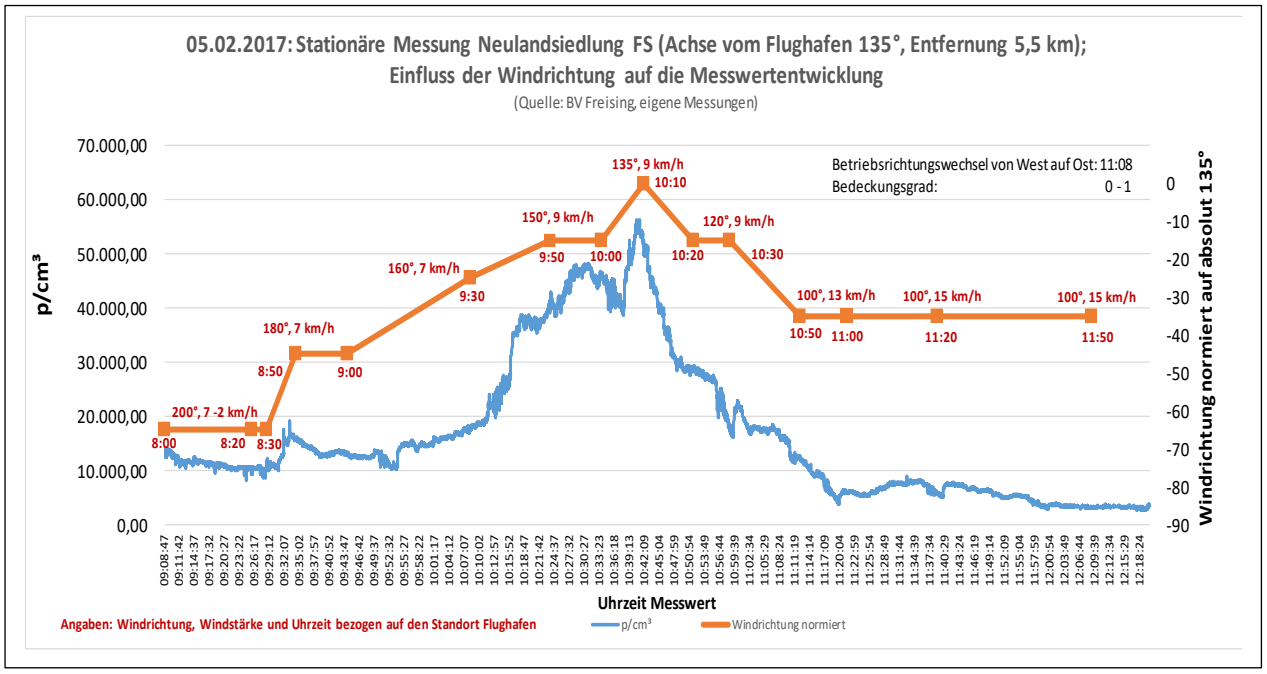
B 1.4 Welchen Einfluss haben meteorologische Gegebenheiten (z.B. Inversion) auf das Verhalten bzw. die Verteilung von UFP?

Da UFP sehr lange in der Luft schweben, wird ihre Verteilung von der Luftbewegung bestimmt. Bewegt sich Luft nach oben (Thermik), werden die Partikel ebenfalls mit nach oben befördert. Liegt eine Warmschicht über der kühlen Bodenschicht (Inversion), reichern sich die Partikel in der unteren Luftschicht an. Bei schwachem Wind verteilen sich Abgase und Partikel breitflächiger als bei stärkerem Wind. Regen wäscht die Partikel aus.

1. Beispiel: Südwind/Nordwest mit Gewitterregen/Südostwind in Attaching. Um 14 Uhr ging ein Gewitter nieder, wobei der Wind auf Nordwest drehte. Um 14:50 drehte der Wind wieder auf Südost und brachte ansteigende UFP-Konzentrationen.



2. Beispiel: Stationäre Messung (Sonntag, 5.2.17) in einer Wohnsiedlung in Freising. Die blaue Kurve zeigt den die Messwerte (p/cm³), die mit der Winddrehung von Südwest auf Südost bis auf 55.000 p/cm³ ansteigen, wobei Windgeschwindigkeit und Entfernung vom Flughafen berücksichtigt sind. Wenn der Wind auf Ost dreht (gelbbraune Linie), gerät der Wohnbezirk abseits der Windfahne vom Flughafen und die Werte sinken auf 3.000 p/cm³, was der Normalbelastung entspricht.



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

Das kann der BV Freising nicht beurteilen.

Wichtig für diese Frage ist aber die RICHTLINIE 2008/50/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES am 21.5.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa:
Partikel $PM_{2,5}$ haben erhebliche negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit. Außerdem wurde bisher keine feststellbare Schwelle ermittelt, unterhalb deren $PM_{2,5}$ kein Risiko darstellt. Daher sollten für diesen Schadstoff andere Regeln gelten als für andere Luftschadstoffe…

Dies gilt umso mehr für UFP!

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

Da für UFP keine gesetzlichen Standards existieren, richtet sich die wissenschaftliche Anerkennung nach dem Renommee der Forschungsanstalten. Für UFP verwendet man Elektrometer und Kondensationspartikelzähler (CPC), womit sie praktischerweise erfasst bzw. gezählt werden können: Kondensationspartikelzähler, wie sie z.B. die Fa. Grimm oder TSI vertreiben, werden in verschiedenen Versionen weltweit zur UFP-Konzentrationserfassung eingesetzt (z.B. am Helmholtz-Zentrum München).

Auch das TSI P-Trak ist ein CPC, das sich tausendfach bewährt hat (u.a. beim Projekt UFIREG). Die Verwendung des P-Trak Modell 8525 ist nicht auf Innenräume beschränkt. Die Auflistung von Anwendungsbereichen in der Broschüre zum P-Trak wird nur beispielhaft gebraucht. Der Begriff „Luftqualität in Innenräumen“ ist ein in vielen Bereichen bekannter und feststehender Begriff und hat nichts mit einer Beschränkung der Verwendung des P-Trak zu tun. Das Messgerät darf nur im Rahmen der technischen Spezifikationen verwendet werden. Dabei muss der Anwender für den Schutz gegen Umwelteinflüsse (z.B. Feuchtigkeit durch Regen, hohe oder niedrige Temperaturen etc.) Sorge tragen (*TSI Europa Niederlassung, Aachen*).

Es gibt eine große Anzahl wissenschaftlicher Untersuchungen mit dem TSI P-Trak für die Konzentrationsmessungen, die in weltweit anerkannten Journals, wie z. B. dem *Environmental Science and Technology,* veröffentlicht werden.

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

Die großen Partikel werden gewogen, die kleinen gezählt.

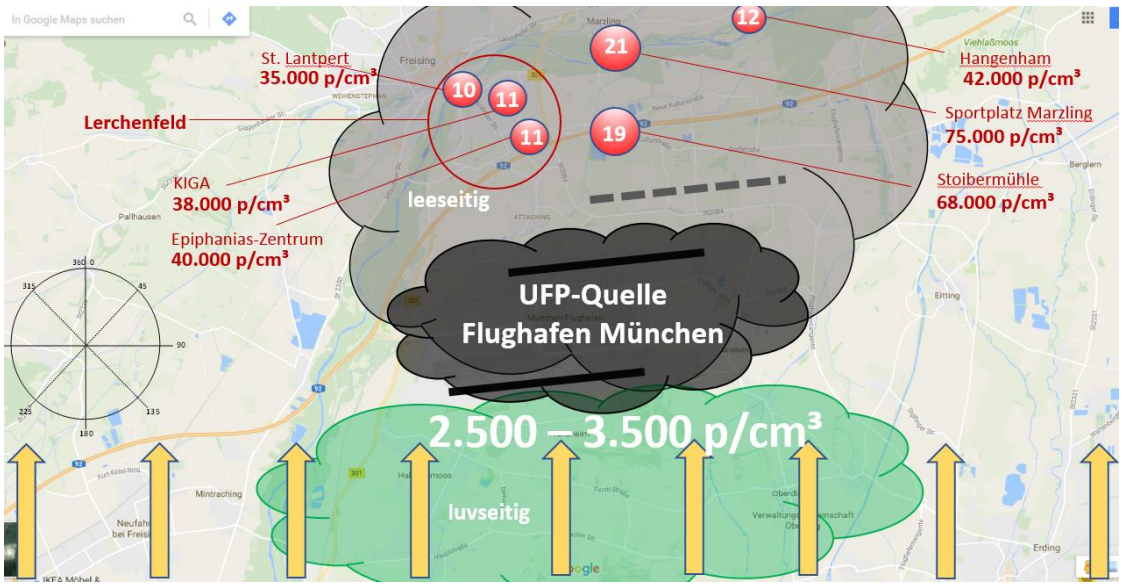
Die weitaus größte Masse aller Partikel findet sich in PM_{10} und $PM_{2,5}$. Diese Partikel werden aus der Luft gefiltert und **gewogen**. Nur ganz wenige Massen-Prozente entfallen auf die riesige Zahl von Partikeln kleiner als 1000 nm. Rein praktisch kann man diese nur sehr aufwändig wiegen. Deswegen **zählt** man UFP mit Elektrometer oder einem CPC (siehe oben).

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

Parallel-Messungen im Luv und Lee.

Nur Messungen, die Luv- und Lee-seitig zur Quelle und im Zentrum der Quelle durchgeführt werden, zeigen die tatsächliche Emission der Quelle. Dabei müssen Windgeschwindigkeit und Entfernung der jeweiligen Messstrecken berücksichtigt werden (Zeitversatz). Zur Darstellung der UFP-Konzentrationen in Abhängigkeit

von der Entfernung zur Quelle sind diese Messungen Lee-seitig in verschiedenen Abständen zur Quelle erforderlich.



Darstellung Messprinzip LUV/LEE – Messung vom 07.01.2017

Da UFP sehr lange Zeit in der Luft schweben und deswegen direkt von der Luftbewegung (Wind) abhängig sind, kann die Eingrenzung einer UFP-Quelle am besten und einfachsten nur durch einen Luv-Lee-Vergleich bestimmt werden. Die Werte auf der windabgewandten Seite der Quelle werden mit denen der windzugewandten Seite verglichen, wobei Windgeschwindigkeit und -stärke sowie weitere meteorologische Faktoren zu berücksichtigen sind. Mit mobilen Messungen kann man so die Dynamik der Ausbreitung, also Abwind und Streuung und Veränderung der Abgasfahne bestimmen. Obwohl das Grundprinzip der Ausbreitung, wie oben beschrieben, immer gleich sein wird, hat jede UFP-Quelle ihre eigene spezifische Ausbreitungsdynamik, bedingt durch Unterschiede in regionalen Wetterexpositionen, Windrichtungsänderungen, Turbulenzen, Böen, Inversionslagen, Thermik, geographischen Gegebenheiten, Bewuchs im direkten Bereich und im Umland der Quelle, Höhe in der sich die Quelle befindet, anderen UFP-Quellen im Umland usw. Bei Flughäfen kommen u.a. hinzu der jeweilige Flugzeugmix, die Anordnung der Roll- und Startbahnen, die Verteilung der Start- und Landerichtungen, sonstige UFP-Quellen auf dem Gelände der Flughäfen usw.

Die Erfassung der vielschichten Einflüsse kann allein mit stationären Messungen nicht abgedeckt werden. Stationäre Messungen beziehen sich immer nur auf einen Ort und die Ergebnisse müssen mit Modellrechnungen extrapoliert werden, was zwangläufig viele Unsicherheitsfaktoren enthält. Um den Gradienten der UFP-Konzentrationen in die verschiedenen Windrichtungen und andere Einflussgrößen ermitteln zu können, wären bei Durchführung ausschließlich stationärer Messungen sehr viele Geräte erforderlich.

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

Das kann der BV Freising nicht beurteilen.

Für die bisherigen mobilen Messungen können wir folgende Richtwerte angeben:

Das TSI P Trak 8525 kostet ca. 6000,- €; das TSI P Trak 3007 oder ein DISCmini kostet 10 -12.000,- €.

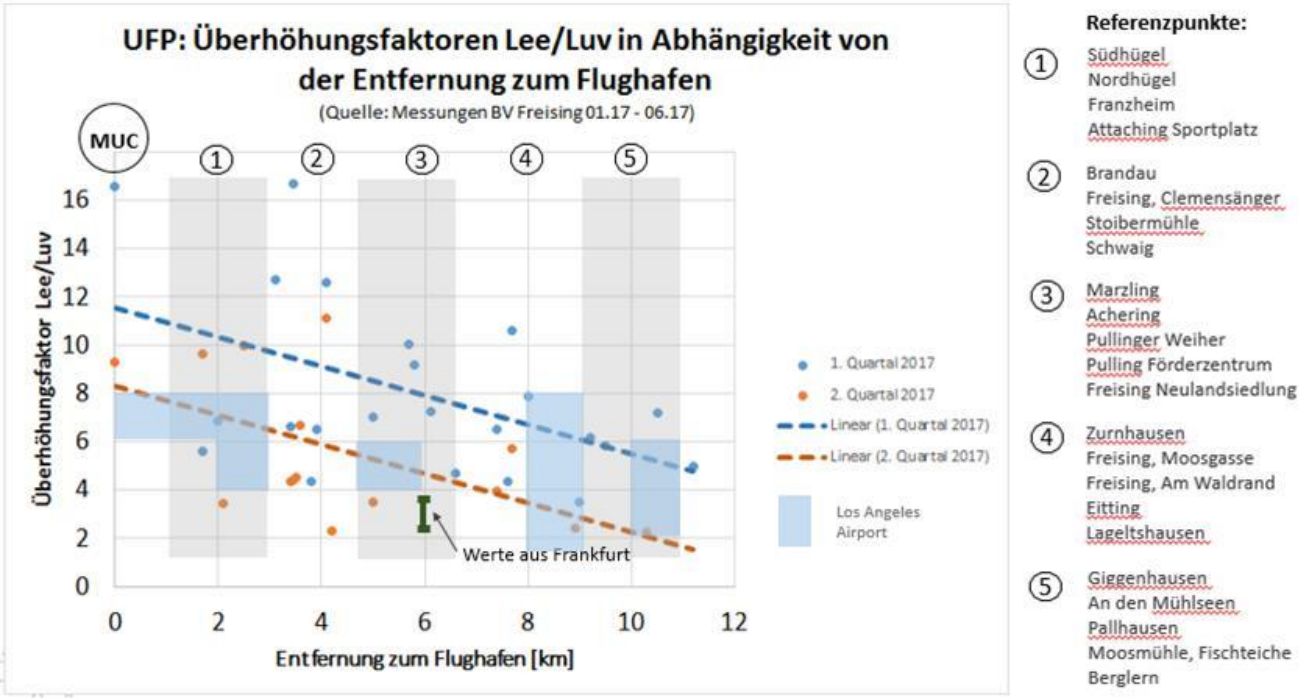
Hinzu kämen Personal- und Unterhaltskosten (2 Geräte, 2 Personen, Fahrtkosten, Verbrauchsmaterial).

Auch wenn man alle drei Stationen der FMG umrüstet, sind drei Messpunkte niemals in der Lage, die Belastung eines Flughafens zu erfassen. Alle drei stehen an Stellen, die vom Abwind nur teilweise oder gar nicht betroffen sind.

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

Da die Messungen mit einem CPC-Gerät durchgeführt wurden, sind die Werte in Partikelzahl pro Kubikzentimeter angegeben. Weil es keine offiziellen Standards gibt, steht lediglich die absolute Zahl zur Diskussion, **nicht jedoch das Verhältnis zweier ortsverschiedener Messwerte**. Die Differenz zwischen Lee- und Luv-Wert drückt in jedem Fall den realen Beitrag der UFP-Quelle aus, wenn andere Faktoren ausgeschlossen sind.

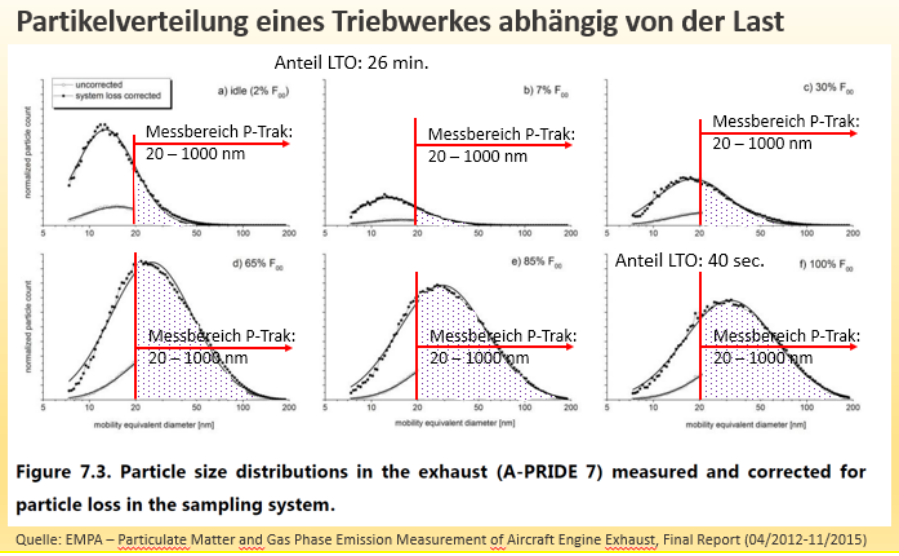
Die Ergebnisse der verschiedenen Messungen an Flughäfen in aller Welt gleichen sich auffällig – trotz fehlender Standards (siehe folgende Grafik mit den Ergebnissen aus München, Frankfurt und Los Angeles). Die Konzentrationen der UFP zeigen ein Vielfaches der natürlichen (oder auch der Hintergrund = Luv-) Belastung und verlaufen in einem Gradienten mit der höchsten Konzentration am Flughafen bis zum doppelten Hintergrundwert in 10 km Entfernung. Dabei beeinflussen hauptsächlich Windverhältnisse und Flugbetrieb die Konzentration. Die folgende Abbildung zeigt diese Zusammenhänge am Flughafen München, wobei die Belastung im ersten Jahresquartal höher ist als im zweiten.



B 3.1 Wie unterscheiden sich die UFP, die bei der Verbrennung von Kerosin in den Flugzeugtriebwerken entstehen, von den Partikeln, die bei anderen Verbrennungsprozessen freigesetzt werden?

Der Größenbereich der UFP aus modernen Triebwerken liegt zwischen 6 und 200 nm, überwiegend jedoch zwischen 10 und 40 nm.

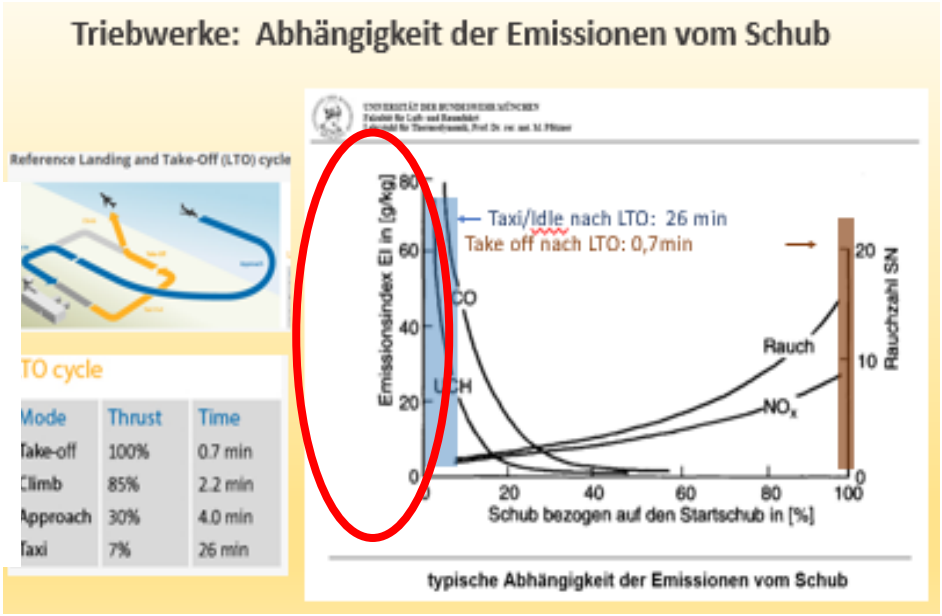
Benzinmotoren stoßen größere UFP aus, mehrheitlich über 30 nm, gefolgt von Diesel-UFP, die noch etwas größer sind. Moderne KFZ-Verbrennungsmotoren besitzen – im Gegensatz zu Flugzeugtriebwerken - großenteils hocheffiziente Partikelfilter. Eine exakte Größenunterscheidung zwischen Triebwerk-UFP und PKW-UFP ist wegen Überschneidung der Verteilungskurven schwierig.



Eine **qualitative** Charakterisierung richtet sich nach dem Betriebsmodus (Leerlauf, Volllast) und nach den Additiven, die Kerosin bzw. dem Benzin und Diesel zugesetzt werden. Additive sind z.T. Betriebsgeheimnis.

Ein Bild von den vielfältigen chemischen Stoffen, die bei der Verbrennung von Kerosin entstehen, ergibt sich aus den Publikationen der HLFU (Hessische Landesanstalt für Umweltschutz) 1998: *Emissionen organisch-chemischer Verbindungen aus zivilen Flugzeugtriebwerken, Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz. Heft 252*) und von Anderson et al.: *Hydrocarbon emissions from a modern commercial airliner. In: Experiment to Characterize Aircraft Volatile Aerosol and Trace-Species Emissions, NASA, 2005.*
Demnach herrschen neben den typischen Verbrennungsprodukten wie Aliphaten, PAK (Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe), Aldehyden und Ketonen auch chlorierte Kohlenwasserstoffe vor. Sehr viele dieser Verbrennungsprodukte sind **toxisch, teratogen und/oder kanzerogen**.

In diesem Lastbereich entstehen neben einer Vielzahl von UFP sehr viele giftige unverbrannte Kohlenwasserstoffe (UHC).



Quelle: Grafik „Typische Abhängigkeit der Emissionen vom Schub“. Bundeswehr-Universität München

B 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?

Eine Übertragung auf andere Flughäfen ist nicht möglich (siehe auch Antwort zu B 2.3).

Aufgrund der momentan betriebenen Messstationen Raunheim und Langen kann gesagt werden, dass dort nur ein Bruchteil der gesamten UFP-Belastung des Flughafens erfasst wird. Entsprechend der Windverteilung im Raum Frankfurt stehen Raunheim zu etwa 8 % und Langen zu 3 % im Abwind des Flughafens. Erst wenn genügend Luv-Lee Messungen in den Hauptwindrichtungen durchgeführt werden, ergibt sich ein reales Belastungsbild. Dies gilt dann ausschließlich für Frankfurt und ist nicht auf andere Flughäfen übertragbar. Obwohl Raunheim nicht in der Hauptabwindrichtung des Flughafen Frankfurt liegt, sind die gemessenen Mittelwerte höher als an den genannten Vergleichsstellen. Ebenso verhält es sich mit den kurzfristig gemessenen Spitzenbelastungen von mehreren 100.000 p/cm³.

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

Nach den vorliegenden Erkenntnissen besteht die höchste gesundheitliche Gefährdung am Flughafen selbst.

Schon 1990 berichtete die Süddeutsche Zeitung von einer Landtagsanfrage. Darin wurde eine mehrjährige empirische Studie erwähnt, die folgende Zahlen veröffentlichte: In der Einflugschneise des Frankfurter Flughafens lebende Bewohner Offenbachs wiesen eine um drei Jahre reduzierte Lebenserwartung gegenüber den Bewohnern einer flughafenfernen Population auf. Im Bereich des Airports litten 35 % mehr Frauen an Erkrankungen der Atmungsorgane. Die bayerische Staatsregierung hat damals dazu behauptet, dass die Schadstoffkonzentrationen im Bereich von Flughäfen deutlich unter den Autoabgaswerten an Hauptstraßen lägen. Damals wurden nur PM_{10} erfasst. Wie hoch der Anteil der UFP dabei war, ist nicht bekannt, jedoch keinesfalls zu vernachlässigen.

Langfristige UFP-Messungen gibt es in München nicht. Selbst die PM_{10} - und $PM_{2,5}$ - Partikel werden weitab von den Vorfeldern gemessen.

Allerdings hat der BV Freising einige Kurzzeitmessungen von UFP durchgeführt. Am Terminal 1 A z.B. wurden am 26. 1. 2017 über einen längeren Zeitraum 115.000 p/cm³ gemessen und bei einer anderen Messung am Kindergarten Airport Hopser 68.000 p/cm³.

Zu den Auswirkungen der UFP auf die Gesundheit der Angestellten liegen keine amtlichen Untersuchungen vor. Aus den Nachhaltigkeits- und Jahresberichten verschiedener Konzerne ergeben sich folgende Hinweise:

Krankenquote verschiedener Konzerne 2016

Quellen: Nachhaltigkeitsberichte, Jahresberichte, BR Text, AOK

Betrieb	Quote
DAK - Versicherte Bayern (2017 Hj.1) (BR Text)	3,8
MTU aero engines	4,1
DAK-Versicherte Deutschland (2017 Hj. 1) (BR Text)	4,3
BMW	4,6
Deutsche Post	5,1
Bundesdurchschnitt	5,3
Daimler	5,9
Deutsche Bahn	6,5
FMG Konzern	7,9
FMG	8,1
Fraport	8,4

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

Ja, weil bisher nicht gemessen wurde und jeder Flughafen spezifische Umweltverhältnisse aufweist.

Die UFP-Problematik ist - neben dem gröberen Feinstaub - seit Jahren bekannt, wird aber von der Auto- Schiffs- und Flugzeugindustrie weitgehend ignoriert, jedenfalls nicht öffentlich gemacht.

Erst der Diesel-Skandal öffnete der Bevölkerung die Augen, wie sie getäuscht wird. Die Industrie kennt die realen Abgaswerte, sowohl bei KFZ- wie Schiffsmotoren (hier Schweröl) und Flugzeugtriebwerken. Aber es wird so gemessen, dass keine Beanstandungen möglich sind (es sei denn, irgendjemand kommt hinter die betrügerischen Absichten).

Die wenigen Standorte zur Schadstoffmessung an den Flughäfen, die nachweislich nur einen geringen Teil der Schadstoffe erfassen können, bilden nicht die wirkliche Belastung der Bevölkerung ab.

Deswegen ist es unter bestimmten Maßgaben sinnvoll, die tatsächliche Schadstoffkonzentration zu ermitteln. Für die UFP ist bekannt, dass ihre Anzahl der verbrauchten Menge Kerosin entspricht: je Kilogramm Kerosin entstehen 3 -50 x 10^{15} UFP (*Herndon et al. 2005; Mazaheri et al. 2009*). Am Flughafen München z.B. werden täglich 400 bis 500 Tonnen Kerosin verbraucht (LTO). Die ungeheure Zahl von 10^{20} Partikeln fällt jeden Tag an und wird mit dem Wind verweht. Im Umkreis von mindestens zehn Kilometer um den Flughafen sind - je nach Windrichtung – viele Menschen dem Abwind des Flughafens ausgesetzt. Wenn die Messungen nur durchgeführt werden, um überfällige Aussagen in die Zukunft zu verschieben, sollten sie besser ganz unterbleiben. **Es steht fest, dass die UFP vorhanden sind, es ist bekannt, dass sie gesundheitsschädlich sind: Sie müssen in erster Linie reduziert werden.**

Das eigentliche, größere Gefahrenpotenzial besteht in der chemischen Zusammensetzung der UFP aus der Kerosinverbrennung. Wie oben schon ausgeführt, entsteht eine Menge teratogener, toxischer und krebserregender Stoffe. Für letztere ist es nicht möglich, einen Grenzwert festzulegen, wie die EU-Kommission (s. o.) vorgibt: *„Außerdem wurde bisher keine feststellbare Schwelle ermittelt, unterhalb deren $PM_{2,5}$ kein Risiko darstellt. Daher sollten für diesen Schadstoff andere Regeln gelten als für andere Luftschadstoffe…*“.

Die Ermittlung eines „unbedenklichen“ Mittelwerts (für die Festlegung eines Grenzwertes) ist nicht möglich und der Wert wäre kein zulässiger Parameter. Deswegen braucht man andere Kriterien, um die Belastung der Bevölkerung zu minimieren. Zu überdenken wäre ein Maximalwert, der die Kanzerogene und kurzzeitige Expositionen berücksichtigt.

UFP-Messungen sind also dringend nötig, um die Belastungen für die Menschen transparent zu machen. Gleichzeitig müssen alle Anstrengungen unternommen werden, sie zu reduzieren. Vor diesem Hintergrund ist nicht erklärlich, warum bei der Planung der 3. Startbahn die UFP-Messungen nicht normativ angeordnet wurden, obwohl das Problem der giftigen Abgase seit 1990 (SZ 30. 8. 1990) und die UFP-Mengen seit mindestens 2005 bekannt sind.

4. Gesundheitliche Auswirkungen

Wir haben die Hauptaussagen der unten stehenden Publikationen zusammengestellt, die den UFP ausnahmslos gesundheitsschädigende Wirkung zuschreiben.

Es gibt eine Vielzahl von Publikationen über gesundheitliche Risiken und Schäden, die von UFP ausgehen. Dem BV Freising ist keine einzige Veröffentlichung bekannt, die den UFP Unbedenklichkeit bescheinigt.

Autor (*et al.*)	**Jahr**	**Ursache**	**Folgen**
Li	2017	UFP Langzeit-Exposition	Schlaganfall und Bluthochdruck
Aguilera	2016	Feinstaub -Ultrafeinstaub	Atherosklerose
Lane	2016	UFP Langzeit-Exposition	Biomarker für Entzündungen und Blutgerinnung erhöht
Viehmann	2015	Urbane Langzeit- Exposition	Biomarker für Entzündungen und Blutgerinnung erhöht
Chen	2013	PM und NOx	Insulinresistenz (Diabetes)
Volk	2013	PM	Exposition während Schwangerschaft: Autismus
Gottlieb B.	2012	UFP	preterm and low birth weight babies, irregular heartbeat, and aggravated asthma heart disease, cancer, chronic lower respiratory diseases, and stroke
Terzano	2010	UFP	Toxizität jenseits der Lungenbläschen
Chung	2015	UFP, BC, $PM_{2,5}$	Erhöhter Blutdruck
Karottki	2014	UFP und PM	Herzkranzgefäße und Lungenfunktion geschädigt
Hertel	2010	UFP und PM	Systemische Entzündungen
Delfino	2009	Luftverschmutzung	Biomarker systemic inflammation, increased platelet activation, and decreased erythrocyte antioxidant enzyme activity
Li	2008	Nanoparticles	Oxidativer Stress, Lungenkrankheiten
Oberdörster	2000	UFP	Lungenschäden, durch Ozon verstärkt

An dieser Stelle möchten wir auf das UFIREG-Projekt verweisen, das sich zum Ziel gesetzt hat, das Wissen über die Gesundheitseffekte ultrafeiner Partikel zu erweitern. Das Projekt fand zwischen Juli 2011 und Dezember 2014 statt und kam zu folgenden Ergebnissen:

Die UFIREG Projektpartner untersuchten den Zusammenhang zwischen Luftschadstoffkonzentrationen und der täglichen Anzahl an Krankenhauseinweisungen und Sterbefällen aufgrund von Herzkreislauf- und Atemwegserkrankungen. Zusammengefasst zeigten die Ergebnisse aller UFIREG Städte ein um 2% erhöhtes Risiko für Krankenhauseinweisungen 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 Krankenhauseinweisungen und Sterbefällen einige Tage später verbunden waren. Die Ergebnisse zu den Auswirkungen von UFP auf Herzkreislauferkrankungen waren weniger eindeutig.

Die Partner des UFIREG-Projekts sind:

Technische Unviversität Dreden Forschungsverbund Public Health Sachsen, Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen, Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (GmbH), Institut für Experimentelle Medizin – Tschechische Akademie der Wissenschaften, Tschechisches Hydrometeorologisches Institut, Nationales Forschungsinstitut für Gesundheit, Umwelt und Lebensmittel – Slovenien, L.I. Medved's Forschungszentrum für präventive Toxikologie, Lebensmittel- und Chemikaliensicherheit – Ukraine.

4.9 Welche Messdaten müssen für solche Untersuchungen zur Verfügung gestellt werden?

Chemische Analyse der UFP und der vorhandenen Schadstoffe; gemessen jeweils am Flughafen sowie an mehreren Punkten mit zunehmenden Abstand vom Flughafen; gemessen jeweils bei Abwind vom Flughafen sowie Luv-seitig. Typisierung der Schadstoffquellen und Erstellung eines detaillierten Gradienten über die Entfernung von der Quelle Flughafen.

Freising, November 2017

BV Freising
www.bv-freising.de