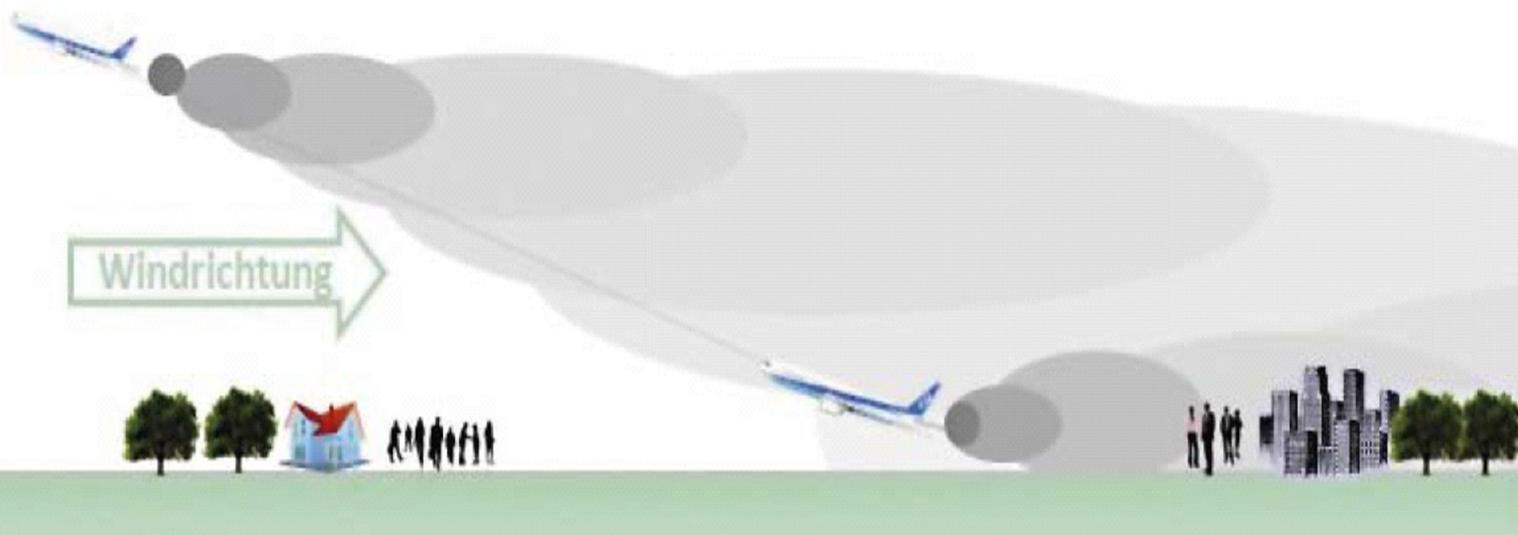


Feinstaubbelastung durch den Flugverkehr

Vortrag



Quelle: FRAPORT - Lufthygienischer Jahresbericht 2011

Wolfgang Schwämmlein
Kontakt: woscmz@web.de

20.3.2013

Im Folgenden soll das Thema Feinstaub etwas näher betrachtet werden.

Beim Feinstaub hat man es einerseits mit unvorstellbar kleinen Partikeln zu tun, die andererseits in sehr sehr großer Anzahl vorkommen.

Die Dimension: Mikrometer und Nanometer.

Mikrometer werden in den gesetzlichen Verordnungen verwendet, Nanometer zeigen aber das Problem sehr viel deutlicher, deshalb möchte ich im Weiteren nur Nanometer verwenden.

Vielleicht ganz kurz noch den Zusammenhang zu der für uns noch vorstellbaren Welt:

- Ein Tausendstel Millimeter ist ein Mikrometer und
- Ein Tausendstel Mikrometer ist ein Nanometer.

Feinstaub: Entstehung und Verhalten in der Atmosphäre

Bevor wir zum Feinstaubverursacher Flugverkehr zu sprechen kommen, müssen wir uns zunächst mit einigen grundlegenden Fragen auseinandersetzen. **Woher kommen die Feinstaub-Partikel und wie verhalten sie sich in der Atmosphäre.**

Wir wenden uns zunächst den großen, den **g r o b e n Partikeln** zu.

Bei Sturm können sehr große Partikel unterwegs sein, bei einer durchschnittlichen Windgeschwindigkeit (3 m/s entsprechend 10,8 km/Stunde) werden Partikel bis zu ca. 30.000 Nanometer von der Luft getragen. Für die Feinstaub-Betrachtung sind allerdings nur Partikel kleiner 10.000 Nanometer interessant.

Große Partikel stammen aus mechanischem **A b r i e b** z.B. von Reifen, Bremsen, Kupplung, Straßenbelag, Schiene und aus **A u f w i r b e l u n g e n** vom Straßenrand, Staub von Schüttgut-Umschlag, Staub, der bei der Feldebearbeitung oder bei Bauarbeiten entsteht.

Diese Partikel haben recht unterschiedliche Formen und sind bis hinab zu ca. 1000 Nanometer ausreichend schwer, um durch ihr Eigengewicht zu Boden zu sinken, zu sedimentieren. Dies geschieht in einem Zeitraum von etwa einem Tag.

Betrachten wir nun die Allerfeinsten, die **u l t r a f e i n e n Partikel** im Bereich unterhalb von 100 Nanometer. Sie entstehen praktisch ausschließlich bei Verbrennungsprozessen. Also in der Heizungsanlage, im Dieselmotor, im Düsentriebwerk, etc. . Die Partikel entstehen dabei beim Abkühlen (**N u k l e a t i o n s m o d u s**) und haben zunächst noch Eigenschaften, vergleichbar denen der Gase. Ihre Reaktivität und ihre Beweglichkeit ist sehr hoch. Dadurch kommt es relativ schnell zu Zusammenstößen und Vereinigung (**A g g l o m e r a t i o n**) mit anderen Partikeln. Daneben **k o n d e n s i e r e n flüchtige organische Bestandteile** auf den Partikeln. Die Partikel werden so größer.

Die ultrafeinen Partikel bleiben dabei einige Minuten bis wenige Stunden in der Atmosphäre. Ein 1 Nanometer-Partikel ist wenige Minuten in der Luft, ein 10 Nanopartikel bereits 60 Minuten. Bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von 3 m/s können ultrafeine Partikel in drei Stunden ca. 30km zurücklegen.

Ultrafeine Partikel werden also größer, werden aber anders als die groben Partikel nicht aus der Atmosphäre entfernt.

Betrachten wir nun den **m i t t l e r e n Bereich von 100 bis 1000 Nanometer**, den Bereich des **A k k u m u l a t i o n s m o d u s**. Hier finden wir die zu größeren Partikeln angewachsenen ultrafeinen Partikel und **S e k u n d ä r p a r t i k e l**, die sich aus gasförmigen Schadstoffen (Schwefeldioxid, Stickoxide, Methan, flüchtige Kohlenwasserstoffe) gebildet haben. In diesem mittleren Bereich von 100-1000 Nanometer gibt es keinen Mechanismus, der zu größeren Partikeln führt. Andererseits sind die Partikel noch nicht schwer genug, um zu sedimentieren, sie bleiben deshalb lange in der Schwebe - Größenordnung: Etwa eine Woche.

Bei einer durchschnittlichen Windgeschwindigkeit (3 m/s) können sie so fast 2000 km zurücklegen. Durch dieses Verhalten kommt es zu einer großflächigen Verteilung und Mischung der Partikel.

Diese Partikel-Fraktion von 100-1000 Nanometer wird durch Zusammenstoß (**I m p a k t i o n**) mit einem Hindernis (z.B. Fensterscheibe) oder durch **R e g e n**, bzw. Feuchtigkeit niedergeschlagen und verschwindet so aus der Atmosphäre.

Messnetzwerk zur Luftschadstoffüberwachung

Als nächstes wollen wir einen kurzen Blick auf das **Messnetzwerk der Luftschadstoffüberwachung** werfen. Man hat die Stationen gezielt in bestimmten Umgebungen angesiedelt, die exemplarisch für bestimmte Belastungsfälle stehen.

Es gibt Stationen, die liegen in der Natur und sollen den typischen **natürlichen Hintergrund** (Pollen, etc.) abbilden.

Dann gibt es Messstationen im **städtischen Hintergrund** (in Mainz auf der Zitadelle) sie liegen in einiger Entfernung von Feinstaubquellen, also z.B. von stark befahrenen Straßen.

Weiterhin gibt es Stationen an **belasteten Orten**, z.B. an stark befahrenen Straßen oder in Straßenschluchten mit wenig Luftaustausch. Je näher die Station an einer Feinstaubquelle steht, umso deutlicher zeigt sie einen charakteristischen Tages- und Wochenverlauf.

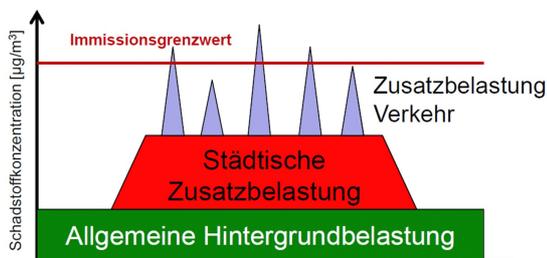
Morgens gegen 8:00 verzeichnet man ein Maximum, dann einen Abfall und einen Wiederanstieg ab etwa 16:00, mit einem zweiten Maximum gegen 19:00.

Der morgendliche Anstieg gegen 8:00 erklärt sich mit dem morgendlichen Berufsverkehr. Der anschließende Abfall ist durch meteorologische Einflüsse zu erklären, vor allem durch die Ausweitung der Luftschicht, in der sich die Schadstoffe mischen.

So hat diese Mischungsschicht am Morgen und am Abend (und in der Nacht) eine geringe Dicke. Im Beispiel auf der nächsten Seite sind dies ca. 200 Meter, in der Mittagszeit erreicht die Mischungsschicht dann ihre größte Ausdehnung, im Beispiel ca. 800 m. (Die Mischungsschicht kann

aber auch bis 1500m Höhe reichen.) Das heißt, wir haben es mit einer gewaltigen Volumenzunahme zu tun, wodurch die Schadstoffkonzentration sinkt. Dieser Effekt ist sehr stark und deshalb für den Kurvenverlauf prägend. Er überlagert alle anderen Effekte, z.B. die Anzahl der Überflüge.

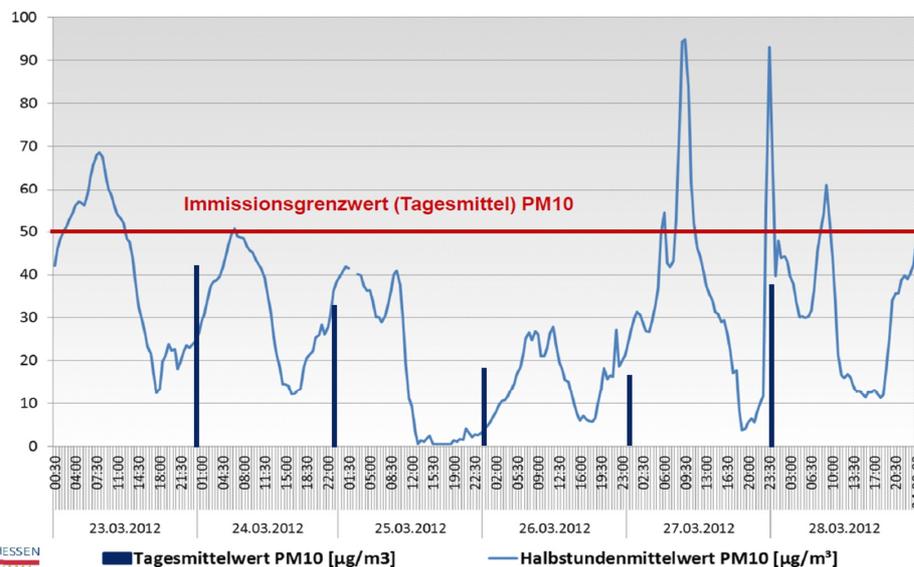
Ab 16:00 haben wir wieder einsetzenden Feierabendverkehr und gleichzeitig eine geringer werdende



Dr. Marita Mang, HMUELV, Flughafen Lärm und Schadstoffe, 7. November 2012

Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Messergebnisse Raunheim (Betriebsrichtung 07)

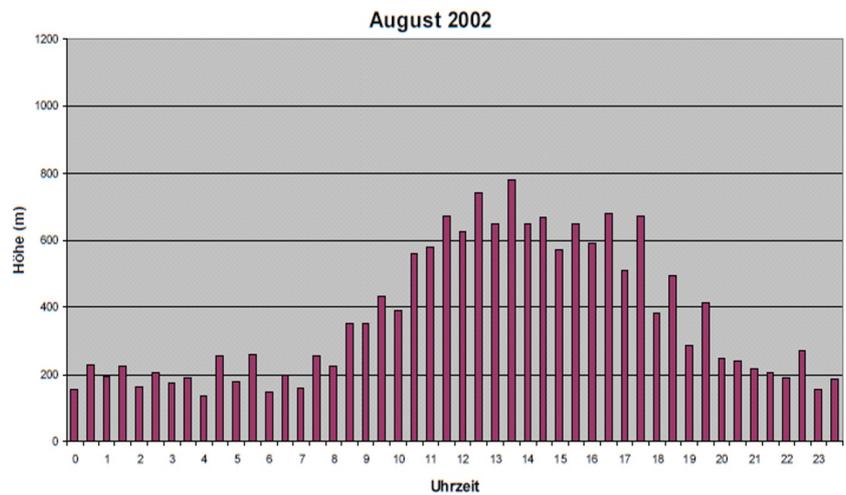


Dr. Marita Mang, HMUELV, Flughafen Lärm und Schadstoffe, 7. November 2012

Mischungsschicht, die Schadstoffkonzentration steigt wieder an.

Am Samstag findet alles etwa zwei Stunden später statt. Am Sonntag ist der Verlauf durch den geringen LKW-Verkehr viel weniger ausgeprägt.

Gegenüber Messstationen an belasteten Standorten zeigen Stationen, die den Hintergrund messen, einen eher gleichförmigen Verlauf.



Aus: Wissenschaftliche Berichte FZKA 6927 -Fz Karlsruhe in der Helmholtz- Gemeinschaft

Auswirkung des Feinstaubes auf die Gesundheit

FEINSTAUB KOSTET LEBENSQUALITÄT & LEBENSZEIT!

Feinstaub ist die Luftverunreinigung mit der größten Auswirkung auf unsere Gesundheit.

Es gibt einen direkten Zusammenhang:

Je mehr Feinstaub ein Mensch einatmet, umso schädlicher, umso geringer die Lebenserwartung. Nach Untersuchungen der WHO, haben die Menschen in Deutschland durch den Einfluss des Feinstaubes eine um 10,8 Monate verkürzte Lebenserwartung im Durchschnitt.

Eine Konzentrationsschwelle in der Umgebungsluft, unterhalb derer keine schädigende Wirkung zu erwarten ist, gibt es für Feinstaub nicht. Feinstaub unterscheidet sich somit von allen anderen Schadstoffen - wie Schwefeldioxid oder Stickstoffdioxid - grundlegend. Für letztere lassen sich Werte angeben, unter denen keine nachteiligen Wirkungen auf die menschliche Gesundheit zu erwarten sind. Feinstaub hingegen ist immer schädlich.....

JE FEINER DIE PARTIKEL - UMSO SCHÄDLICHER!

Das Gesundheitsrisiko inhalierter Staubpartikel hängt vor allem davon ab, wie tief die Teilchen in den Körper eindringen und wie lange sie am Wirkungsort verbleiben.

Die Partikelgröße beeinflusst also nicht nur den Ort der Ablagerung, sondern damit auch die Art der Schädigung. Die Amerikaner, die die Feinstaubproblematik zuerst aufgegriffen haben, legten deshalb die Kennwerte nach der **E i n d r i n g t i e f e** der Feinstaub-Partikel in den menschlichen Körper fest.

Grobe Partikel (10.000 - 2.500 Nanometer) bleiben bereits in den oberen Atemwegen „stecken“.

Kleine Partikel (2.500 - 100 Nanometer) dringen tiefer in die Atemwege ein als größere und können bis in das Alveolargewebe der Lunge vordringen.

Ultrafeine Partikel (< 100 Nanometer Durchmesser) werden auch in den Lungenbläschen nicht vollständig zurückgehalten. Teilweise durchdringen sie die Membran, durch die unser Blut mit Sauerstoff versorgt wird. Im Blut selbst regen sie das Immunsystem an, verdicken das Blut und verursachen damit ein erhöhtes Risiko für Herzinfarkte und Schlaganfälle. Mit dem Blutstrom erreichen sie jedes Organ, auch das Gehirn.

Die Partikel haben aber noch einen anderen gesundheitsgefährdenden Effekt:

An ihrer Oberfläche können sich Schwermetalle oder Krebs erzeugende polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) anlagern. Je kleiner die Partikel sind, an denen die Schadstoffe haften, desto tiefer gelangen auch diese Schadstoffe in den menschlichen Körper.

DIE UNSICHTBARE GEFAHR FÜR IHRE GESUNDHEIT

Zirka 15.000 Liter Luft atmen wir täglich ein. Mit jedem Liter Luft kommen auch Feinstaubpartikel in unseren Körper. Stadtluft enthält ca. 10 Millionen Partikel in einem Liter. Viele der Partikel sind für das bloße Auge unsichtbar. Verbleiben sie aber in unserer Lunge oder dringen gar in den Blutkreislauf ein, können sie für unsere Gesundheit von großer Bedeutung sein.

Gesetzliche Regelungen

Die EU hat die bereits erwähnte Klassifizierung der USA übernommen. Es war von Anfang an geplant, die Verordnungen von "g r o b n a c h f e i n" zu entwickeln. 2005 wurde so der erste Feinstaubkennwert, der Kennwert **PM10** in Deutschland eingeführt. Hiermit werden alle Partikel **kleiner 10.000 Nanometer** gewichtsmäßig erfasst. Der nächste Kennwert wird bereits an einigen Messstationen bestimmt. Für diesen Kennwert **PM2.5** wird es 2015 einen verbindlichen Grenzwert geben. Der Wert erfasst alle Lungengängigen Teilchen. Auch bei diesem Kennwert wird die Masse des Feinstaubes gewogen.

Erst in 5-8 Jahren soll es auch einen Kennwert für die **ultrafeinen Partikel** geben. Die Vorbereitungen laufen bereits unter Federführung des Umweltbundesamtes. Bei diesem Kennwert wird die **Anzahl der Partikel** bestimmt.

Es scheint sich eine **starke Lobby gegen die Zählung** der ultrafeinen Partikel zu formieren, da sich hiermit die Verursacher eher nachweisen lassen. Favorisiert wird von Vertretern der "problematischen" Industriezweige (Autoindustrie, Luftfahrt, Laserdrucker, etc.) wohl nach wie vor die Wägung, hiermit erfasst man eher den "allgemeinen Hintergrund", der eigentliche Verursacher wird nicht deutlich.

Zur Orientierung vielleicht einige Zahlen.

Am saubersten ist es im Gebirge, hier hat man ca. 1000 Partikel pro Kubikzentimeter.

In ländlichen Regionen liegt die Partikelkonzentration bei ca. 2.000 bis 4.000.

In städtischen Wohngebieten findet man um 10.000 bis 12.000, an verkehrsreichen Straßen etwa 20.000 bis 30.000 Partikel/cm³.

Für die Erscheinung "Smog", ist eine Partikelkonzentration von mindestens 1 Million pro Kubikzentimeter notwendig.

Hinweis:

Bei den Zahlen handelt es sich um Jahresdurchschnittswerte. Stundendurchschnitte können diese Zahlen z.T. erheblich überschreiten.

Feinstaub charakterisieren: Wiegen oder zählen?

Betrachten wir nun die beiden **prinzipiellen Möglichkeiten** zur Feinstaubcharakterisierung, die Ermittlung der **P a r t i k e l a n z a h l** pro Kubikzentimeter oder die **Bestimmung des G e w i c h t e s** des Feinstaubes in Mikrogramm pro Kubikmeter. Zum Verständnis der gesamten Problematik ist es wichtig zu wissen, dass bei einer **Charakterisierung durch das Gewicht die großen Partikel das Ergebnisbild bestimmen, bei einer Bestimmung der Partikelanzahl die sehr kleinen Teilchen.** Dies wollen wir uns an nachfolgendem Beispiel veranschaulichen.

"Überraschungs-Ei" PM10

Ein großes Problem bei der Betrachtung des Feinstaubes besteht darin, dass man einfach keine rechte Vorstellung von den ultrafeinen Dimensionen hat. Wir wollen uns deshalb Klarheit verschaffen, indem wir das PM10-Spektrum in unsere Erfahrungswelt überführen, d.h. wir lassen einfach die Vorsilbe "Nano" weg und betrachten uns die Angelegenheit in Metern. Es geht ja nun nur um Größenverhältnisse, nicht um absolute Zahlen.

Somit haben wir einen "großen" Partikel von 10.000 Metern neben einem "kleinen" 1 Meter-Durchmesser-Partikel. 10.000 Meter, d.h. 10 Kilometer hat "unser Großer", sein Durchmesser reicht damit von der Mainzer Theodor-Heuss-Brücke z.B. bis nach Essenheim. Die Kugel reicht auch 10.000 Meter in die Höhe!

Schnell wird klar, dass bei Gewichtsbestimmung "der Kleine" nicht zur Geltung kommt! Es müssen schon sehr sehr viele kleine Partikel sein, um einen "Großen" aufzuwiegen. Weiterhin macht uns die Betrachtung deutlich, hinter einem PM10-Messwert können sehr unterschiedliche Partikelspektren verborgen sein. Wenige "Große" oder unzählig viele "Kleine" können gleiche PM10-Werte ergeben.

Umgekehrt ist es bei einer Zählung der Partikel, hier erregt "der Große" die gleiche Aufmerksamkeit wie die kleine 1-Meter-Kugel.

Die Messung der Partikelanzahl zeigt deshalb die Auswirkung lokaler Emissionen von Verbrennungsprozessen (bei der eine sehr große Anzahl an ultrafeinen Partikeln entsteht) sehr viel deutlicher als eine PM-Gewichtsbestimmungen, bei der die ultrafeinen Partikel im wahrsten Sinne des Wortes "nicht ins Gewicht fallen".

Nun werden seit mehreren Jahren abnehmende Feinstaubmesswerte mit dem Kennwert PM10 festgestellt. Abgenommen hat aber nur der "grobe" Feinstaub. Die Anzahl der besonders gesundheitsschädlichen ultrafeinen Partikel nahm aber signifikant zu.

PM10 lässt dies nicht erkennen!

DER STAUB WIRD IMMER FEINER - ULTRAFEIN!

Durch vielerlei Maßnahmen (Diesel-Partikelfilter, Filter in Industrieanlagen, etc.) nahm der "grobe" Feinstaub in den letzten Jahren ab, die Anzahl der ultrafeinen Partikel ist hingegen signifikant gestiegen.

Wie der Luftverkehr zur Feinstaubbelastung beiträgt

Diese Entwicklung - grober Feinstaub nimmt ab, ultrafeiner Anteil nimmt signifikant zu - hat auch bei den Flugzeugtriebwerken stattgefunden. Bei alten Triebwerken konnte man noch schwarze Rußfahnen sehen, d.h. die ausgestoßenen Partikel waren größer als die Wellenlänge des Lichtes (300 Nanometer).

Moderne Triebwerke stoßen aufgrund verbesserter Aufbereitung des Brennstoff-Luft-Gemisches durch Luftzerstäuberdüsen weniger "grobe" Partikel und damit weniger Masse aus. Dafür emittieren die Triebwerke heute aber eine gewaltige Anzahl unsichtbarer, ultrafeiner, ultraleichter Partikel.

Zur Zeit werden keine aussagefähigen Feinstaubmessungen (Immissionsmessungen) am Flughafen und in der Umgebung gemacht, die diese Entwicklung aufzeigen könnten. Geeignet hierfür wären nur Messungen, die die ultrafeinen Partikel zählen.

Mangels Messergebnissen möchte ich deshalb auf Basis anerkannter Untersuchungen eine Belastungsabschätzung (Emissionsabschätzung) geben.

Beispiel Start und Steigflug - Die ersten 20 Flugkilometer:

Beim Start eines Airbus A320c werden auf den ersten 20 Flugkilometern ca. 750 kg Kerosin verbrannt. Rechnet man das obige Beispiel auf die derzeitige Situation hoch, so werden auf den ersten 20 Flugkilometern ca. 500 Tonnen Kerosin pro Tag verbrannt.

Je kg verbranntem Kerosin entstehen:

- ca. 10^{15} Rußpartikel (0-100 Nanometer)

- ca. 10^{17} volatile (leicht flüchtige) Partikel <10nm, induziert durch Chemionen und kondensierbare Gase.

(DLR - DEZ 1999 -Partikel aus Flugzeugtriebwerken und ihr)

Insgesamt entstehen damit täglich alleine durch die Startvorgänge ca. 500 Trillionen ganz besonders gesundheitsgefährdende ultrafeine Partikel.

Nach einer weiteren Untersuchung entstehen bei der Verbrennung von 1 kg Kerosin etwa 0,04 g Ruß, d.h. alleine beim Abflug entstehen auf den ersten 20 Flug-Kilometern 20 kg Ruß pro Tag (7,3 t/Jahr).

Nach einer Grafik von Fraport (Spektrum Umwelt 5/2008) entfallen auf Start und Steigflug nicht ganz die Hälfte der Emissionen.

Das bedeutet, dass man insgesamt etwa mit der doppelten Anzahl an ultrafeinen Partikeln und mit der doppelten Rußmenge durch den Flugbetrieb bei Fraport rechnen muss.

In Liesing, einem Viertel von Wien, hat man eine Emissionsabschätzung für den Straßenverkehr und den Flugverkehr im Großraum Wien durchgeführt. Man kam dabei zum Ergebnis, dass der Flugverkehr für etwa die Hälfte der Partikelanzahl verantwortlich ist.

Punktuelle Messungen bei Fraport, die die Berufsgenossenschaft für Handel und Warendistribution (BGHW) und das Institut für Arbeitsschutz (IFA) auf dem Flughafen-Vorfeld durchgeführt hat, geben einen Eindruck von der Belastung durch den Flugbetrieb.

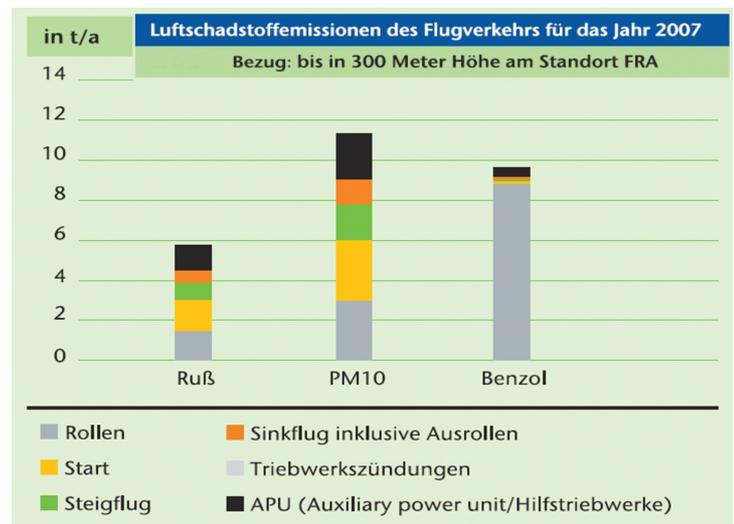
Gemessen wurden Werte zwischen 38.000 und 700.000 Partikel/cm³. Eine österreichische Publikation spricht gar von 1,58 Millionen Partikel pro cm³ auf Flughafen-Vorfeldern. Damit ist klar, dass es ein Konzentrationsgefälle der Partikelanzahl vom Flughafen zur Umgebung gibt.

Erhöhte Partikelkonzentrationen wird es nicht nur auf dem Flughafengelände und den umgebenden Gebieten geben, sondern auch in der Abgasfahne der Triebwerke, also in den Gebieten unter den Anflugrouten und Abflugrouten von Fraport.

Dabei werden bei allen Messungen meteorologische Größen (Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Niederschlag, Feuchtigkeit, Luftdruck) deutlichen Einfluss nehmen.

Solange die Partikelanzahlkonzentration der ultrafeinen Feinstaubpartikel rund um den Flughafen nicht bestimmt wird, sondern nur PM10, lassen sich keine seriösen Aussagen zur gesundheitlichen Belastung der Bevölkerung treffen.

Bei den Messungen in Flörsheim wurde festgestellt, dass 97% der Partikel des Kennwertes PM10 kleiner 1000 Nanometer sind. In der Schweiz macht man seit Jahren vergleichbare Messungen an unterschiedlichen Standorten (hohe Belastung, ländlicher/städtischer Hintergrund). Hier liegt der Anteil kleiner 1000 Nanometer am PM10 Kennwert nur zwischen 50-60%. **Das heißt, in Flörsheim sind kaum Partikel aus Abriebvorgängen oder Aufwirbelung in der Luft vorhanden. Man findet fast ausschließlich ultrafeine Partikel aus Verbrennungsprozessen.**



Zusammenfassung:

Wir haben gesehen, von der Behauptung "Flugverkehr trägt nicht zur Verschlechterung der Luftqualität bei" bleibt bei genauer Betrachtung nichts übrig. Die Aussage ist im doppelten Sinne des Wortes "vermessen"! Die zugrunde liegenden PM10-Messungen erlauben keine seriöse Aussage zur gesundheitlichen Gefährdung durch den Flugverkehr, denn der Anteil ultrafeiner Stäube kann bei gleichem PM10-Messwert sehr unterschiedlich sein, wie wir in unserem Beispiel gesehen haben.

Belastbare Aussagen erhält man nur durch Messungen der Partikelanzahlkonzentration. Würde sich FRAPort davon günstige Aussagen versprechen, hätte man die Messungen sicher schon lange durchgeführt und die Ergebnisse veröffentlicht. Messgeräte dafür gibt es, sie kosten ca. 35.000€.

Gegen den gesunden Menschenverstand hat sich FRAPort entschlossen, mitten in einem Ballungsraum ein internationales Luftdrehkreuz zu bauen, das weiträumig Lärm und in nicht unerheblichen Maße Schadstoffe verbreitet.

Da für die Vermeidung der Ruß-, Feinstaub- und Schadstoffemissionen von Flugzeugturbinen bisher keine technischen Möglichkeiten bestehen und zur Zeit auch keine absehbar sind, bleibt zum Schutz der Bevölkerung nur die Deckelung der Anzahl der Flugbewegungen.

Nicht Ausbau, sondern Rückbau des Frankfurter Flughafens auf ein für die Region erträgliches Maß, ist das Gebot der Stunde!

Zeitungsartikel zum Thema

Unter dem jeweiligen **T i t e l** bei Google zu finden:

FAZ: Warum sprechen alle nur vom Lärm?

Süddeutsche: Tödliche Flugzeugabgase

ZEIT ONLINE: Ignoranz vom Allerfeinsten

ZEIT ONLINE: Feinstaub im Hirn

Süddeutsche: Gefährliche Eindringlinge

Deutsche Gesundheits Nachrichten: Feinstaubalarm für Gehirnzellen

DIE WELT: Feinstaub erhöht offenbar Risiko für Autismus

Literatur

Nanopartikel in der Atmosphäre DLR

Luftschadstoffe durch Flugbetrieb FBI - Teil1 und Teil 2

Feinstaubbelastung in Deutschland, Umwelt Bundes Amt

Statuspapier Feinstaub, DECHEMA

Feinstaub in der Schweiz, Status-Bericht