

Luftqualität

Ultrafeine Partikel (UFP)

Inhaltsverzeichnis

UFP als Forschungsgegenstand	3
Partikelgrößen	3
Entstehung, Entwicklung und Ausbreitung	4
Messungen	5
Flughafenbezug	5
Wirkungen	6
Ausblick	6

UFP als Forschungsgegenstand

Obwohl ultrafeine Partikel (UFP) und ihre grundlegenden Eigenschaften in der Fachwelt seit langem bekannt sind, besteht noch sehr wenig Klarheit über deren praktische Bedeutung im Rahmen der Luftreinhaltung. Ein technischer Standard¹ zur Messung dieser Partikel wurde erst im August 2016 veröffentlicht. Demnach sind solche Messungen, sowie die erforderlichen Maßnahmen zur Qualitätssicherung und Datenauswertung sehr anspruchsvoll und aufwändig. Anders als für PM₁₀ und PM_{2,5} gibt es bislang auch keine geeigneten Beurteilungswerte für UFP. Aus diesem Grund wurden bei Fraport zwar u.a. PM₁₀ und PM_{2,5} gemessen, aber keine UFP. Die folgenden Erläuterungen sollen zeigen, wie schwierig bereits die Definition einer geeigneten Messgröße ist, und umso schwieriger die Standardisierung der entsprechenden Messtechnik und die Bewertung von Messergebnissen.

Partikelgrößen

Ein wichtiges Merkmal von Partikeln ist ihre Größe. Große Partikel werden bereits im äußeren Atemtrakt ausgefiltert. Je kleiner die Partikel, desto tiefer können sie in den menschlichen Organismus gelangen und dort verschiedene schädliche Reaktionen hervorrufen. Die in der Luftreinhaltung gebräuchlichen Größenkategorien sind in dem folgenden Diagramm veranschaulicht.

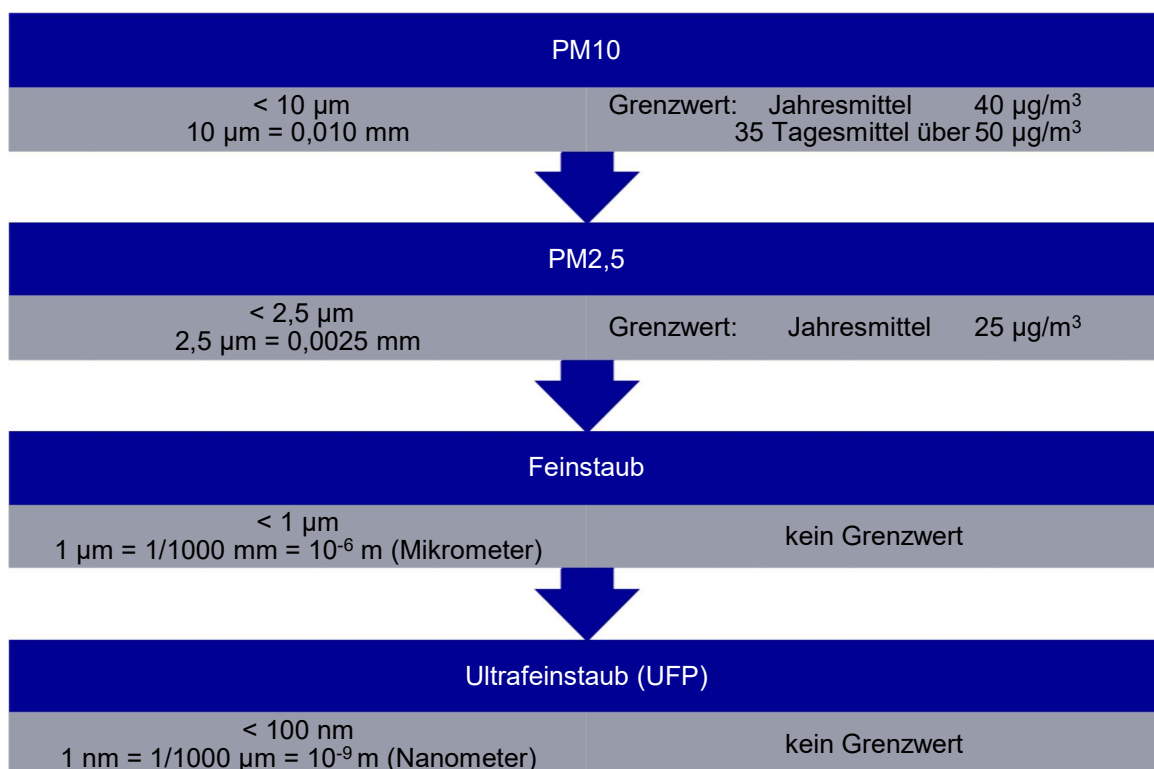


Abbildung 1: Einteilung der Partikelkategorien nach Größe

¹ CEN/TS 16976: 2016 Außenluft - Bestimmung der Partikelanzahlkonzentration des atmosphärischen Aerosols

Partikel dieser Größenordnungen verhalten sich in der Atmosphäre eher wie Gasmoleküle und nicht wie feste Teilchen. Ihre sogenannte Sedimentationsgeschwindigkeit ist äußerst gering, so dass ein mitunter befürchtetes „Herabrieseln“ nicht stattfindet. Das gilt insbesondere für ultrafeine Partikel. Als Feinstaub werden häufig alle oben beschriebenen Größenklassen bezeichnet, zunehmend allerdings nur die Partikel unter 1 µm.

Die ultrafeinen Partikel tragen kaum zur Partikelmasse bei, stellen aber im Wesentlichen die Anzahl der Partikel. Die Immissionsbelastung durch UFP wird daher nicht als Massenkonzentration in µg/m³ angegeben, sondern als Anzahldichte in Teilchen/cm³ oder #/ccm.

Entstehung, Entwicklung und Ausbreitung

Man unterscheidet zwischen primären und sekundären Partikeln. Zu den primären, also direkten Emissionen gehören feste Verbrennungsrückstände wie Ruß sowie Produkte, die aus Abrieb von Oberflächen, beim Schweißen oder beim Umgang mit Nanomaterialien (Toner) entstehen. Sekundäre Partikel können aus gasförmigen Vorläufern durch chemische und physikalische Umwandlung entstehen. Beispiele dafür sind die Oxidation von Abgaskomponenten wie Stickoxiden und Schwefeldioxyden zu Nitrat und Sulfat sowie die Partikelbildung aus unvollständig verbrannten Kohlenwasserstoffen. Auch Reaktionen unter Beteiligung von natürlichen Kohlenwasserstoffen (Terpenen) und Ammoniak aus der Landwirtschaft tragen zur Entstehung sekundärer Partikel bei.

Manche dieser Reaktionen werden durch Sonnenlicht gesteuert, manche der Reaktionspartner und -produkte sind nicht stabil (flüchtig). Mit der Zeit können sich Partikel zusammenlagern, wobei ihre Gesamtmasse zwar erhalten bleibt, aber ihre Anzahl abnimmt und ihre Größe zunimmt. Das bedeutet, dass ultrafeine Partikel grundsätzlich ein vielfältiges, auch zeitlich veränderliches Gemisch sein können. Dabei ist nicht klar, welche Partikeleigenschaft für eine lufthygienische Bewertung maßgeblich sein kann. Diskutiert werden:

- Chemische Zusammensetzung
 - Organisch (polyzyklische Aromaten, ...)
 - Anorganisch (Nitrate, Sulfate, ...)
 - Kohlenstoffhaltig (Ruß)
 - Metallhaltig
- Größe (Durchmesser)
- Oberfläche
- Massenkonzentration
- Anzahldichte

Für thermodynamisch stabile Partikel gilt, dass sie sich genauso ausbreiten wie gasförmige Emissionen, d.h. vorzugsweise horizontal mit dem Wind und in geringerem Maß in andere Richtungen durch Turbulenz und Diffusion. Die Teilchendichte nimmt daher mit der Entfernung von der Quelle durch Verdünnung ab.

Messungen

Da es bis 2016 keinen messtechnischen Standard dafür gab, sind UFP-Messungen derzeit noch nicht als routinemäßig, sondern eher als orientierend anzusehen. Insbesondere wegen der Unterschiede in Messmethode, Größenspektrum und Zeitbezug sind die Ergebnisse nur schwer untereinander vergleichbar. Die nachfolgende Liste gibt einige Werte zur Orientierung wieder.

Reinluft	• < 1.000 pro ccm
Städtischer Hintergrund	• ca. 10.000 pro ccm
Verkehrsbelastete Standorte	• einige 10.000 pro ccm
Flughafennähe	• etwa wie an stark befahrenen Straßen
Industrielle Arbeitsplätze	• > 200.000 pro ccm

Abbildung 2: Beispiele für Messwerte

Flughafenbezug

Flugzeugtriebwerke emittieren ein ähnliches Schadstoffspektrum wie Kfz-Motoren und dementsprechend auch ultrafeine Partikel. Im Flugzeugabgas sind nach derzeitigem Kenntnisstand die Partikel besonders klein (< 30nm). Im Vergleich zu den Größenfraktionen PM₁₀ und PM_{2,5}, für die eine hohe, gleichmäßige Hintergrundbelastung besteht, haben Flugzeugtriebwerke daher einen höheren relativen Anteil an der UFP-Konzentration im Nahbereich.

Eine Verursacherzuordnung ist aber meist schwierig, da insbesondere der Einfluss des Straßenverkehrs in einem Ballungsraum nicht ohne weiteres abgrenzbar ist. Eine Richtungsabhängigkeit von Messwerten allein ist dafür jedenfalls nicht ausreichend. Hier können sich sowohl die Lage von unerkannten Quellen als auch Wetterlageneinflüsse bemerkbar machen, die mit bestimmten Windrichtungen verknüpft sind. Mit gezielten Mess- und Auswertestrategien wurde an einigen großen Flughäfen ein Einfluss auf die UFP-Konzentration im Umfeld festgestellt. Aktuelle Studien gehen davon aus, dass die Teilchendichte dort vergleichbar ist mit der an innerstädtischen Straßen². Wie bei anderen Schadstoffen auch nimmt die Konzentration mit zunehmender Entfernung ab.

Bei Messungen des Hessischen Landesamts für Umwelt, Naturschutz und Geologie (HLNUG) in Raunheim, Frankfurt-Schwanheim und an anderen flughafennahen Standorten wurde ein solcher Zusammenhang auch am Flughafen Frankfurt gefunden³. Die Ergebnisse bestärken die Einschätzung,

² <https://www.aci-europe.org/component/downloads/downloads/5566.html>

³ https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/luft/sonstige_berichte/ufp/1_Zwischenbericht_HLNUG_Ultrafeinstaub_final_Korrigendum_20180619.pdf
https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/luft/sonstige_berichte/ufp/UFP-Zweiter_Zwischenbericht_20190819.pdf

dass der Transport im Wesentlichen horizontal erfolgt. Dies entspricht den grundsätzlichen Erkenntnissen über die Ausbreitung von Flugzeugabgasen, wie sie auch in die einschlägigen Modellrechnungen einfließen. So konnte auch in den Lufthygienischen Jahresberichten 2017 und 2018 der Fraport AG ein Zusammenhang zwischen modellierten Flughafeneinflüssen und gemessenen UFP-Konzentrationen in Raunheim dargestellt werden⁴.

Wirkungen

Individuelle Zuordnungen zwischen Ursache und Wirkung, z.B. bei Krebsfällen, können grundsätzlich nicht getroffen werden. Hier lassen sich lediglich statistische Aussagen auf der Basis von epidemiologischen Studien mit sehr großer Fallzahl treffen. Aus der Fachliteratur ergibt sich kein einheitliches Bild über gesundheitliche Risiken durch UFP, insbesondere keine Erkenntnisse über Langzeitexposition und –wirkung. Dies ist zumindest teilweise auch dadurch bedingt, dass solche Wirkungen kaum abgrenzbar gegen die Wirkung anderer, meist gleichzeitig vorhandener Luftschadstoffe sind (hierzu gehören auch PM₁₀, PM_{2,5}).

Nach derzeitiger Bewertung der Weltgesundheitsorganisation (WHO) über ein mögliches spezifisches Gesundheitsrisiko durch UFP anlässlich der letzten Überarbeitung der EU-Grenzwerte (2013) gibt es dafür „zunehmende, aber noch immer begrenzte Hinweise“. Daher bestand keine Veranlassung für eine spezielle Grenzwertempfehlung.

Ausblick

Derzeit wird an der Entwicklung von Standards auch für die UFP-Emissionen von Flugzeugen gearbeitet. Im Rahmen eines Projekts des Umweltbundesamts wurde der Einfluss des Flughafens auf die UFP-Konzentration in seiner Umgebung mit den heute verfügbaren, modelltechnischen Methoden untersucht. Zwar ist der Endbericht darüber noch nicht veröffentlicht, aber die vorab in Fachveranstaltungen präsentierten Ergebnisse zeigen erheblichen Bedarf an der Weiterentwicklung der Modelle, insbesondere, was die sekundär gebildeten und flüchtigen Partikel betrifft.

Unter der Führung des Umwelt- und Nachbarschaftshauses⁵ in Kelsterbach wurde ein Arbeitskreis gegründet, der sich umfassend mit diesen Themen und darüber hinaus ebenso mit Wirkungsfragen beschäftigt. Neben der zuständigen Fachbehörde HLNUG ist u.a. auch Fraport in diesem Arbeitskreis vertreten.

Eine der ersten Aufgaben war die fachliche Vorbereitung und Organisation einer Expertenanhörung, die am 22. und 23. August 2019 in Frankfurt stattfand. Sie diente zum Austausch aktueller Erkenntnisse der Experten aus unterschiedlichen Fachgebieten. Die Themen reichten von den gesetzlichen Regelungen über Messtechnik, Emissionen, Messergebnisse an verschiedenen Standorten im Innenraum und in der Außenluft bis zu Wirkungsstudien.

⁴ <https://www.fraport.de/de/unternehmen/verantwortung/publikationen/umwelt.html>

⁵ <https://www.umwelthaus.org/>

Auch aktuelle Messergebnisse des HLNUG aus dem Flughafenumfeld wurden auf der Veranstaltung vorgestellt. Die bisherigen Erkenntnisse haben sich dabei bestätigt und vertieft. Insbesondere werden die höchsten UFP-Konzentrationen an allen bisher untersuchten, flughafennahen Standorten bei Wind aus Richtung des Flughafens gemessen. Überflüge oder Vorbeiflüge tragen demgegenüber nur im Nahbereich bei geringer Flughöhe erkennbar bei.

Die Präsentationen sowie z.T. Mitschnitte der Vorträge können auf der Internetseite des UNH⁶ abgerufen werden. Der UNH-Arbeitskreis wird auf Basis der Ergebnisse aus der Expertenanhörung ein Konzept für weitergehende Untersuchungen erarbeiten.

Sollte sich bei künftigen epidemiologischen Wirkungsforschungen die Notwendigkeit von Minderungsmaßnahmen ergeben, dann wird dies schließlich in die Gesetzgebung und in die Grenzwertsetzung einfließen.

⁶ <https://www.umwelthaus.org/umweltmonitoring/ultrafeinstaub/expertenanhoeerung/>