

## Luftgetragene Schadstoffe

Schadstoffe in Innenräumen, welche in flüssiger oder fester Form als Suspension von ultramikroskopischen und submikroskopischen Teilchen vorkommen, werden kollektiv "Partikel" genannt. Luftgetragene Partikel in Innenräumen stammen aus verschiedensten Quellen.

Neben den schnell zu Boden sinkenden Grobstäuben (Sand, Flugasche, Pflanzenreste u.a. mit von Auge wahrnehmbaren Abmessungen von über 100 µm) enthält die bodennahe Atmosphäre Feinstäube bzw. Schwebstoffe mit aerodynamischen Durchmessern (nach Stokes) unter 10 µm, mit einer praktisch unbegrenzter Verweildauer in der Atmosphäre.

Diese kommen als sichtbarer Rauch und Staub, aber auch in unsichtbarer Form zum blossen Auge vor. Luftgetragene Partikel sind in allen Umgebungen präsent, nur die Menge und die Form ändern sich in verschiedenen Situationen.

Die Quantität von luftgetragenen Partikeln in geschlossenen Innenräumen hängt von den verschiedenen vorhandenen Schadstoffquellen in den Innenräumen selbst ab, sowie auch von der Menge der Partikel in der Aussenluft und wie diese durch Ventilationssysteme und/oder Fenster- und Türabdichtungen in die Innenräume gelangen können.

Partikel werden dann zum Problem, wenn sie in der Grössenordnung von weniger als 10µm auftreten und dadurch "lungengängig" werden. Durch ihre Lungengängigkeit sind sie vielfach für verschieden auftretende Gesundheitsprobleme verantwortlich.

### Partikeltypen

Arten von Innenraumpartikel können wie folgt kategorisiert werden:

- **Pflanzenpartikel:** Pollen, Sporen, Schimmel und verschiedene Beiprodukte (feiner Kornstaub, Kaffee und Maisstärke)
- **Tierpartikel:** Bakterien, Virus, Haare, Insektenteilchen und Beiprodukte (Kot)
- **Mineralstoffpartikel:** Asbest, Kohle, Lehm, Partikel von Basisbaugrundstoffen und von menschlich produzierten Mineralfasern
- **Verbrennungspartikel:** Durch Zigarettenrauch, Kochen, Heizgeräte und Farbranlagen.
- **Radioaktive Partikel:** Radon, zersetzte Produkte von entwichenen Nuklearteilchen, welche sich an andere grössere Partikel festsetzen (Owen, Ensor and Sparks 1990)

Büro- und Industriegebäude können eine grosse Vielfältigkeit von diesen verschiedenen Partikeltypen aufweisen. In einem Bürogebäude bewegen sich Partikel gewöhnlich in der Grössenordnung von 0,01µm für die kleinsten Radonteilchen bis 10 µm für Zigarettenrauch.

### Verhalten der Partikel

Luftgetragene Teilchen, bekannt als "Aerosole" können sich auf verschiedene Wege bilden:

- **Kondensation:** Produziert kleine flüssige Partikel
- **Verbrennung:** Produziert kleine flüchtige sowie kleine und grosse feste Partikel
- **Nukleare Verbrennung:** Produziert ultra-kleine Partikel
- **Wiederausstoss:** Verbreitet grosse Partikel in der Luft
- **Versprühung:** Produziert mittlere flüchtige und grosse feste Partikel

Luftgetragene Staubpartikel kleiner als 0,1 µm verhalten sich generell wie Gase und tendieren nicht zu sinken, sind aber von der BROWNschen Bewegung beeinträchtigt. Die BROWNsche Bewegung ist der eigene wahllose Bewegungsvorgang von schwebenden flüchtigen oder gasförmigen Partikeln bei deren Zusammentreffen.

Partikel von 0,1–1 µm haben sehr langsame Fallgeschwindigkeiten, jedoch Partikel in der Grösse von 1–10 µm haben beträchtliche und je nach Grösse und Gewicht konstante Fallgeschwindigkeiten, werden aber durch Luftströmungen in der Luft gehalten. Partikel grösser als 10 µm lagern sich ab und verbleiben nicht in der Atmosphäre (ASHRAE 1989; NAFA 1993). Sie verbleiben abgelagert bis sie gestört werden und bewegen sich dann nur in relativ kurze Distanzen je nach Stärke des Störfaktors.

### Beeinträchtigung der Innenluft durch Partikeln der Aussenluft

Partikelquellen wie z.B. Zigarettenrauch können in geschlossenen Räumen die Luftqualität erheblich verschlechtern. Auch wenn der Zigarettenrauch eliminiert ist, kann durch Infiltration der Aussenluft die Innenluft erheblich beeinflusst werden.

### VOC (flüchtige organische Verbindungen) Emission von Staubpartikeln

Abgelagerte Partikel auf dem Boden oder andern Oberflächen können die Luftqualität beeinträchtigen durch Emission von Hunderten von flüchtigen organischen Verbindungen (VOCs) und halbflüchtigen organischen Verbindungen (SVOCs) (gem. Wallace et al. 1991).

### **Biologische Partikel**

Biokontamination ist eine besonders gefährliche Art von Verschmutzung, welche in geschlossenen Innenräumen vorgefunden wird. Das Wachsen oder Vermehren von mikroorganischen Kolonien und das Anhäufen von andern Bioverschmutzungen in geschlossenen Innenräumen wurde mit gesundheitlichen Schädigungen auf den Menschen in Verbindung gebracht. Eingeschlossen sind allergische und irritierende Reaktionen, Atemprobleme, Infektionen und hypersensitive Reaktionen (Stetzenbach 1994).

Mikrobiologische Fortpflanzung braucht Mikroorganismen, Wasser, Nährstoffe und die geeignete Temperatur für deren Leben. Geschlossene Innenräume bieten diese Voraussetzungen. Mikrobiologische Organismen, die sich verbreiten und Infektionen, Allergien, toxische Effekte und Sick Building Syndrome hervorrufen können, beinhalten:

- Viren
- Bakterien
- Blau-grüne Algen
- Schimmelpilze
- Freilebende Amöben

Andere Biokontamination, die in geschlossenen Innenräumen gefunden werden kann, schliesst folgende Partikel ein:

- Katzenepitaphil
- Teile von Hausstaubmilben und deren Kot
- Pflanzenpollen
- Teile von Insekten (z.B. der Küchenschabe)

### **Partikel durch Verbrennung oder Entzündung**

Verbrennungs- oder Entzündungsprozesse können bedeutsame Mengen von Partikeln freisetzen, welche in der Regel die Grösse von 0,1 µm haben. Grosse Konzentrationen dieser Partikel werden oft als Rauch oder Russ wahrgenommen. Wenn die Partikel kleiner sind oder in geringeren Konzentrationen vorkommen, werden sie vom blossen Auge kaum wahrgenommen.

Partikel aus Verbrennung ausserhalb des Wohnbereiches entstehen durch:

- Industrielle Rauchemission
- Autoabgase (von Diesel oder Benzin)
- Heizungsrauch (von Oel, Kohle oder Holzheizungen)
- Vulkanemissionen
- Waldbrände
- Andere offene Feuer oder Verbrennungen (Garten- und Haushaltsabfälle)

Partikel aus Verbrennung in geschlossenen Innenräumen entstehen durch:

- Heizgeräte
- Küchengeräte
- Trocknungsprozess von Fotokopierern
- Zigarettenrauch

In Wohnungen sind es eher Heiz- und Küchengeräte welche Partikel umwirbeln und auch verursachen. In kommerziellen Gebäuden sind es Drucker und Fotokopierer, Zigarettenrauch u.a. übliche Immissionen. Zigarettenrauch ist noch das Hauptproblem im Wohnbereich sowie in Geschäfts- und Bürogebäuden.

### **Zigarettenrauch (ETS Environmental Tobacco Smoke)**

Zigarettenrauch ist der einzelne grösste Erzeuger von Innenluft-Partikelkonzentrationen in öffentlichen Gebäuden und Wohnungen wo geraucht wird (Spengler et al. 1991). In einigen Fällen ist der Anteil von ETS ungefähr 50 – 90% vom Total der Partikelkonzentration (Nitta, Yu 1993).

Zigarettenrauch wird auch als "Passivrauch" bezeichnet und ist das was Nichtraucher einatmen, wenn sich diese in geschlossenen Innenräumen zusammen mit einem oder mehreren Rauchern befinden. Zigarettenrauch ist nicht eine einzelne Substanz, sondern eine Zusammensetzung von verschiedenen Partikeln und Gasen. Viele davon sind als krebserzeugend erkannt oder können krebserzeugend sein.

Inhalation von diesen Partikeln und andere Teile von ETS sind mit verschiedensten Gesundheitsproblemen in Verbindung gebracht worden.

Nachgewiesene Reaktionen:

- Erhöhte Infektion der unteren Atemwege bei Kindern
- Erhöhte Atembeschwerden bei Kindern
- Reduziertes Lungenwachstum bei Kindern
- Erhöhte Gefahr von Lungenkrebs bei Nichtrauchern
- Irritationen von Augen, Nasen, Hals und Atemwegen

Weiters sind andere potenzielle Risiken vorhanden, u.a. neue Asthmafälle bei Kindern, welche vorher keine Symptome gezeigt haben, Verschlimmerung von Asthma, reduzierte Lungenfunktion bei Erwachsenen, erhöhtes Herzinfarktrisiko bei Nichtrauchern, usw.

### **Anorganische Partikel**

Proben von Innenluft enthalten häufig Kompositionen von verschiedenen Arten von anorganischen Zusammensetzungen, welche nachteilige Gesundheitseinflüsse haben können.

Luftbefeuchter und Befeuchtungssysteme können organische und anorganische Partikel durch Verdampfung von Wasser freisetzen.

Durch Luftbefeuchter verdampftes Wasser wird von Forschern immer wieder als Quelle für Luftverschmutzung genannt, da Wasser anorganische Stoffe wie Asbest, Blei und Aluminium, sowie flüchtige organische Verbindungen enthalten kann.

### **Radioaktive Partikel**

Partikel in Innenräumen können sich radioaktiv entwickeln, wenn Radongas (unsichtbares, geruchloses, radioaktives Edelgas) in ein Gebäude eindringt und in verschiedene radioaktive Elemente zerbricht, die sich an grössere Partikel festsetzen. Diese Partikel weisen dann den Charakter und die Gesundheitsrisiken von radioaktiven Elementen auf.

Radongas entsteht im Erdreich und in mineralischen Baustoffen durch radioaktive Zerfallprozesse ständig neu. Meistens ist die grösste Konzentration im Keller und in den unteren Stockwerken von Gebäuden (Einfamilien- und Apartmenthäuser, Schulen und Geschäftshäusern) wo es durch Öffnungen und Risse in die Innenluft durchsickert. Radon kann auch in kleinen Mengen von Baumaterialien welche zum Gebäudebau benutzt wurden, abgegeben werden, z.B. von Beton, Steinen und Backsteinen. Ebenso von Naturgas und Wasser welche mit einem steinigem Untergrund in Kontakt kamen der Radium enthält.

## **Technische Informationen**

### **Hochleistungsfiltergeräte**

Hochleistungsfiltergeräte der IQAir® Serie bringen den nach dem Stand der Technik bestmöglichen Luftreinigungseffekt, weil sie einen hochwirksamen Schwebstofffilter (HEPA-Filter) mit einer Gasadsorptionsstufe aus Aktivkohle/Mineralsilikat und einem recht hohen Luftdurchsatz verbinden.

Die Gerätebeschreibung und die technischen Daten entnehmen Sie dieser Dokumentation.

### **HyperHEPA®-Filtration als Grundlage**

HEPA-Filtration ist ein Nebenprodukt der Weltraumforschung, wo sehr wirksame Filter zur Reinigung der Bordluft benötigt werden. Ein wichtiger Anwendungsbereich waren sehr bald kerntechnische Anlagen, da radioaktive Schwefestoffe sehr wirksam entfernt werden.

Das Prinzip ist eine rein mechanische Filtration, sodass einerseits keine unerwünschten Effekte wie Ozonbildung oder Ionisierung auftreten und andererseits kein Nachlassen der Filterwirkung mit der Betriebsdauer zu erwarten ist.

Lediglich wegen des mit zunehmend beladenen Filtern erhöhten Energieaufwands für die ständige Luftpassage empfiehlt sich ein Filterwechsel in den vom Hersteller angegebenen Zeitabständen die von den Einsatzbedingungen abhängig sind.

Je nach Ausführung können die Normen EU12 bzw. EU13 erfüllt werden. So ist es nicht verwunderlich, dass HEPA-Filter auch für den Einsatz in Allergikerhaushalten empfohlen werden, sei es zum Einbau in Klimaanlage oder auch in frei stehenden Geräten.

### **Filterklassen**

Filter sind in verschiedene Effizienz-Klassen eingeteilt. Nachstehend einige Einsatzgebiete:

#### **Filter mittlerer Effizienz:** Klassen F5 - F9 (EU 5-9)

- Vorfilter für Hochleistungsluftreinigung
- Klima- und Lüftungsanlagen

#### **Filter hoher Effizienz:** Klassen H10 – H14 (EU 10-14)

- Mikromechanische Industrie: Computerräume, Telefonzentralen
- Spritzkabinen und Klimaanlage (eingehende Luft)
- Chemische Industrien und Gasturbinen
- Vorfilter für Absolutfilter

**Absolutfilter:** Klassen U15–17)

- Sterile Räume in Spitälern und pharmazeutische Industrie
- Elektronische, fotografische und Lebensmittel-Industrie
- Klimaanlage, Ventilation und Abscheidung von verschmutzter Luft in Nuklearanlagen
- Reinräumen

Die vorgenannten Filterspezifikationen entsprechen den höchsten Klassen. Es gibt noch eine ganze Anzahl von tieferen Klassifizierungen, welche eingesetzt werden, wenn keine besondere Effizienz gefragt ist, d.h. z.B. keine sterilen Räume oder Reinräume.

**Effizienz bei 0,3 Mikron und grösser**

Bei Luftmessungen am Luftaustritt der verschiedenen Luftreinigungsgeräten kann die Partikelkonzentration pro Liter Luft gemessen werden. Im Vergleich zur Partikelkonzentration in der Raumluft kann so die Effizienz des Gerätes errechnet werden. Daraus ergibt sich folgende Rechnung:

1 Liter Luft = 10 x 10 x 10 cm. 1000 Liter Luft = 1 m<sup>3</sup>

z.B. bei einer typischen Partikelkonzentration von 100'000 (0,3 Mikrometer) oder grösser pro Liter Luft ergeben sich 100 Millionen Partikel pro 1000 Liter Luft oder m<sup>3</sup> Luft

Geräteeffizienz von:	( 80%	20'000'000 )	
	( 90%	10'000'000 )	
	( 95%	5'000'000 )	Partikel pro m <sup>3</sup> Luft
	( 99%	1'000'000 )	werden <b>NICHT</b> gefiltert
	( 99,9%	100'000 )	
HyperHEPA® Effizienz:	( 99,97%	30'000 )	