

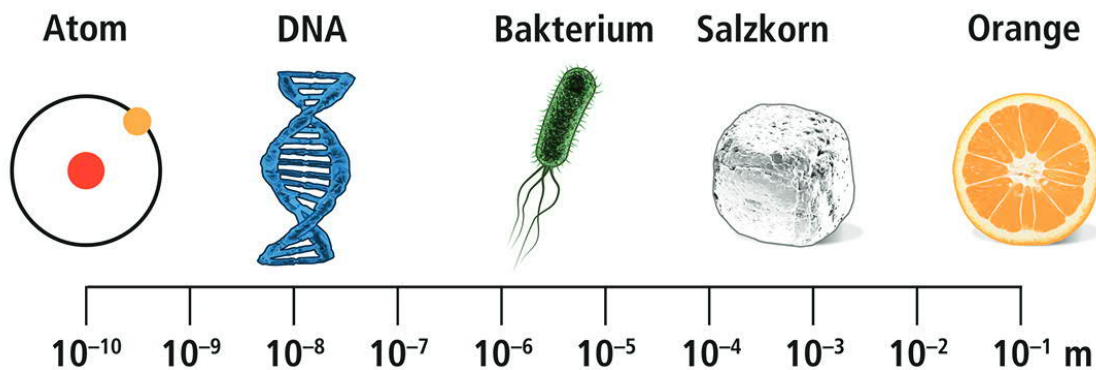


LUFT. SONST NICHTS.



hans j. michael gmbh

MT-Messtechnik



(Abbildung 1: Größen der Teilchen im Vergleich)

Was haben Aerosole, Staubpartikel und Mikroben gemeinsam?

Die Antwort auf diese komplexe Frage ist physikalischer Natur und recht einfach zu geben: Es ist nämlich die Größe, die bei allen drei unterschiedlich wirkenden Teilchen gemeinsam ist, besser gesagt ihre Ausdehnung.

Welche Größe weisen diese Teilchen auf?

Die Größenverhältnisse einiger ausgewählter Objekte sind in der Abbildung 1 dargestellt.

Die Größenskala reicht vom Atom mit 10^{-10} m bis hin auf zu einer Orange mit einem Durchmesser von 10 cm (0,1 m). In diesem Artikel interessieren wir uns für Objekte, die kleiner sind als 0,1 mm, also 100 μ m, und die deshalb mit dem bloßen Auge nicht mehr zu erkennen sind, und deshalb zu den Mikro-Objekten gehören, die obwohl unsichtbar, unser Leben in erheblichem Ausmaß beeinflussen können.

Sphärische Teilchen (Partikel, Aerosole, Mikroben) mit Durchmessern unter 30 μ m können nämlich in der Luft über große Entfernungen transportiert werden, und kürzlich konnten japanische Wissenschaftler sogar zeigen, dass durch den Menschen erzeugte Aerosole bis zu 20 Minuten in der Raumluft verweilen können, wenn nicht belüftet wird, bevor sie durch Wirkung der Gravitationskraft zu Boden sinken.

Als Aerosol bezeichnet man ein heterogenes Ge-

misch (Dispersion) aus festen oder flüssigen Schwebeteilchen in einem Gas. Die Schwebeteilchen heißen Aerosolpartikel oder Aerosolteilchen. Die kleinsten Partikel sind nur wenige Nanometer groß und können schon nicht mehr mit einem Licht-Mikroskop, sondern nur noch mit einem Elektronenmikroskop gesehen werden, wie z.B. Viren, aber der Durchmesser der Aerosole, die uns hier interessieren liegen im Mikrometerbereich. Aerosole werden derzeit heiß diskutiert, weil sie der Mensch beim Atmen und Sprechen, besonders aber beim Singen, unweigerlich produziert und ausstößt und andere Menschen können diese Aerosole, die mit Viren oder Bakterien besetzt sein können, wieder einatmen, wenn sie sich nicht entsprechend schützen, z.B. durch Einhaltung der Abstandsregeln oder dem Tragen eines Mund-Nase-Schutzes, oder sie setzen sich auf Oberflächen fest, und können so Produkteigenschaften negativ verändern.

Als Bioaerosol werden alle im Luftraum befindlichen Ansammlungen von Partikeln biologischen Ursprungs bezeichnet, denen Pilze, Bakterien, Viren oder Pollen, sowie deren Zellwandbestandteile und Stoffwechselprodukte (z. B. Mykotoxine) enthalten oder Partikel, denen diese Biopartikel anhaften. Im weiteren Sinne werden sämtliche Teilchen biologischer Herkunft, wie zum Beispiel Hautschuppen oder Faserteile, zu den Bioaerosolpartikeln gezählt. Der Mensch selbst ist in Innenräumen

Was haben Aerosole, Staubpartikel und Mikroben gemeinsam?

deshalb der größte Produzent von Bio-Aerosolen. Beim Ausatmen gelangen winzige Tröpfchen in die Umgebungsluft, bei jeder Bewegung lösen sich Schuppen, Hautpartikel und Fasern seiner Kleidung und schweben meist für lange Zeit in der Raumluft.

Zu den größeren biologischen Schwabeteilchen zählen mit aerodynamischen Durchmessern im Bereich von 10 µm bis 100 µm Pollen, während Viren in der Regel einen Durchmesser im Bereich von 0,02 µm bis 0,4 µm aufweisen. Wenn man bedenkt, dass recht große Pollen selbst große Entfernungen zurücklegen können, um weit entfernt noch eine Allergie auszulösen, so können kleinere Teilchen, wie Viren jeder Luftströmung, auch in Innenräumen folgen, und werden auch von modernen Klimaanlage nicht mehr aus der Raumluft entfernt. Ohne Lüften und Luftaustausch können sie über viele Stunden in der Luft schweben, ohne in Kontakt mit einer Oberfläche zu kommen, wo sie absorbiert werden könnten.

Aerosole werden vom Menschen nicht nur ausgeatmet, sondern auch leicht eingeatmet. Ungefähr 10 % aller inhalierten Aerosolteilchen bleiben im Atemtrakt, die übrigen werden wieder ausgeatmet oder durch die Tätigkeit der Flimmerhärchen in der Lunge ausgeschieden. Teilchen, die mindestens bis in den Bronchialbereich vordringen können, heißen lungengängig. Dazu gehören alle Aerosolpartikel unterhalb eines Durchmessers von ungefähr 10 Mikrometer (PM₁₀). Größere Teilchen scheiden sich schon in der Nase oder im Rachen ab oder lassen sich überhaupt nicht inhalieren. Am wenigsten scheiden sich Teilchen mit einem Durchmesser zwischen 0,5 Mikrometer und 1 Mikrometer ab. Das bedeutet gleichzeitig, dass sie besonders tief in die Lunge eindringen. Überall dort wo in einer Produktion Stäube, Aerosole oder Partikel freigesetzt werden, da muss der Mensch vor diesen Partikeln geschützt werden. Wir erinnern uns alle noch an aufwendige Asbest-Sanierungen, weil schon einzelne Asbestfasern Lungenkrebs auslösen konnten.

Mikrobe ist die Kurzform von Mikroorganismus, einem Organismus also, dessen Ausdehnung im Mikrometerbereich unter 0,1 mm liegt, und das deshalb für das menschliche Auge nicht mehr sichtbar ist. Alle Mikroben haben gemeinsam, dass sie aus einer Zelle bestehen. Ist ein Zellkern, meist eine doppelwandige Membran in der die DNA eingeschlossen ist, ausgeprägt, sprechen wir von Eukaryonten, während Prokaryonten keinen Zellkern besitzen. Das Kriterium geringer Größe erfüllen auch Hefen, Algen, Protozoen



Abbildung 2: Foto einer Flow-Box (Spetec Clean Boy® Mini)

(wie Amöben) und Schleimpilze, aber die neueren Definitionen für Mikroben umfassen lediglich Bakterien und Archaeen (ebenfalls einzellige Organismen ohne Zellkern und den Bakterien sehr ähnlich) sowie Hefen. Bakterien und auch Hefen werden häufig in der Nahrungsmittelindustrie eingesetzt, um bestimmte Produkteigenschaften, zum Beispiel beim Bierbrauen, zu erzielen, können aber auch Produkte verderben, wie wir das von Schimmelpilzen oder von Coli-Bakterien kennen.

Zusammenfassend können wir sagen, dass Schwabeteilchen (Staubpartikel, Keime, Aerosole oder Bioaerosole) überall in der Luft und in Innenräumen vorkommen und wegen ihrer kleinen Abmessungen unter 100 µm lange in der Raumluft verweilen können oder mit dem Luftstrom über große Entfernungen transportiert werden können.

Wo und was müssen wir vor diesen Schwabeteilchen schützen?

Viele der genannten Schwabeteilchen können Produkteigenschaften verändern

oder sogar beeinträchtigen.

In der Lebensmittelindustrie sind alle luftgetragenen Mikroorganismen unerwünscht, aber sie sind trotzdem in jeder Raumluft vorhanden. Wir wissen dies aus eigener Erfahrung, weil viele Nahrungsmittel sehr anfällig sind. So beginnt unser Brot zu schimmeln; Milch wird sauer oder Obst fault, wenn es ungeschützt diesen Organismen ausgesetzt wird. Empfindliche und wertvolle Erzeugnisse müssen deshalb vor Mikroorganismen geschützt werden.

In der optischen und elektronischen Fertigung sind Staub-Partikel der größte Feind des Herstellers, denn sie sind ebenfalls in jeder Raumluft vorhanden. In der Produktion von optischen oder elektronischen Komponenten können Partikel die Funktion des Produktes verändern, beeinträchtigen oder komplett zerstören, und deshalb müssen diese Produkte vor Partikeln jeglicher Art geschützt werden.

In der Pharma- und Medizintechnik spielt die Keimfreiheit oder Sterilität eine besondere Rolle, aber Keime sind in jeder Raumluft vorhanden. Deshalb müssen medizinische

Was haben Aerosole, Staubpartikel und Mikroben gemeinsam?

Geräte wie Spritzen, Skalpelle oder Verbandmaterialien und Pflaster steril verpackt und gelagert werden. Eine sterile Verpackung ist noch einfach unter einem gefilterten Luftstrom zu gewährleisten, eine sterile Lagerung z.B. kann durchaus aufwändiger werden. Konsequenterweise müssten in Krankenhäusern sogar Patienten steril gelagert werden, wenn multiresistente Keime bereits nachgewiesen wurden.

Wenn wir über Partikelbelastungen von Innenräumen sprechen müssen zwei Partikel-Quellen im Auge behalten werden. Staubpartikel, die aus der Umgebungsluft stammen, lassen sich durch geeignete Luftströmungen und Luftfilteranlagen in den Griff bekommen. Aber die zweite Partikelquelle, der Mensch, ist viel schwieriger in den Griff zu bekommen, denn er selbst setzt eine sehr große Anzahl dieser Schwebeteilchen als Aerosol oder direkt als Partikel (Hautschuppen, Faserteilchen der Kleidung) bei jedem Atemzug und jeder Bewegung frei. Immer dann, wenn Menschen in der Produktion, Herstellung oder Verpackung, involviert sind, ist Handlungsbedarf gegeben. Nur eine ausreichende Reinigung der Raumluft und Abschirmung der Produkte mag diese vor Einwirkung durch den Menschen schützen, oder umgekehrt, in manchen Fällen muss auch der Mensch selbst vor Emissionen, insbesondere vor Stäuben oder Aerosolen, die bei der Produktion entstehen, geschützt werden.

Alle diese Beispiele zeigen, dass Produkte und der Mensch selbst vor den unterschiedlichsten Partikeln und Aerosolen geschützt werden muss.

Wie kann man nun diese Schwebeteilchen von seinen Produkten fernhalten?

Nur durch eine sachgemäße Reinigung der Raumluft lassen sich Schwebeteilchen aus der Luft entfernen! Unter den verschiedenen technischen Möglichkeiten zur Reinigung von Raumluft haben sich Filtertechniken besonders bewährt, weil sie eine preiswerte und im Betrieb kostengünstige Alternative darstellen und auch nachträglich noch nachgerüstet werden können.

Die Grundlage für die Beurteilung der Qualität eines Reinraumes oder entsprechender Reinraumbereiche, wie einer Flow-Box, bietet die DIN-Norm EN ISO 14644, wonach die Reinraumklassifizierungen vorgenommen werden. Die verschiedenen ISO Klassen sind in der Tabelle 1 zusammengestellt. (1)

Je nach Anforderung lassen sich auch nachträglich ganze Reinräume in Produktionsbereiche einbauen, oder wenn der Raumbedarf kleiner ausfällt, dann können auch kleinere Boxen aufgestellt werden, die eine lokale Reinraumumgebung erzeugen.

Eine Flow-Box beispielsweise, wie der Spetec Clean Boy® Mini ist als Beispiel im Foto in der Abbildung 1 gezeigt. Sie wurde vom Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung getestet, zertifiziert und in die Klasse ISO 5 (US alt: Klasse 100) eingestuft, was bedeutet das im Inneren der Box max. 100 Partikel von min. 0,5 µm Durchmesser pro Kubikfuß (3,5 Partikel pro Liter bzw. 3.520 Partikel pro m³) nachgewiesen werden dürfen. Die Flow Box weist somit einen Isolationsfaktor von 10⁴ auf und redu-

ziert so entsprechend die Anzahl der Partikel und verbessert die Luftqualität um mindestens das 10.000-Fache gegenüber der Umgebungsluft im Produktionsbereich. Ähnliches gilt auch für die größeren Reinräume – hier lässt sich aber die Luftqualität auf die Wünsche und Vorgaben des Kunden anpassen. Alle Reinräume werden vor Ort von der Firma Spetec GmbH aufgebaut, ausgemessen und anschließend zertifiziert.

Bei der Bewertung der Luftqualität im Innenraum eines Reinraumes oder einer Laminar-Flow-Box ist es unerheblich, ob das Partikel ein Aerosol, eine Mikrobe, eine Hefezelle oder ein Bakterium ist, denn die Abscheidung erfolgt lediglich über die Größe des Partikels, aber nicht über seine chemischen oder biologischen Eigenschaften.

Die Funktion einer Flow-Box ist recht einfach. Die Raumluft wird mittels eines Ventilators angesaugt, der im Foto (Abbildung 2) im oberen Gehäuseteil eingebaut ist, und durch einen Partikel-Filter gepresst. Durch die Filteranordnung wird im Arbeitsbereich hinter den Plexiglasscheiben ein laminarer Luftstrom erzeugt. Letzteres heißt, dass die Luft wie ein Vorhang von oben nach unten in parallelen Stromlinien fließt und die Probe oder das Produkt durch einen Überdruck vor eintretenden Partikeln geschützt wird. Partikel oder andere Schwebeteilchen, die sich in der Raumluft befinden und trotzdem eingedrungen sind, zum Beispiel beim Einstellen oder Wechseln von Produkten, die geschützt werden sollen, werden vom Luftstrom erfasst und durch die Lochblenden im Boden der Flow-Box entfernt bzw. durch die vordere Öffnung abgeleitet.

Durch Kombination von Reinräumen oder Laminar-Flow-Boxen lassen sich ganze Fertigungs-Straßen aufbauen, so dass das Produkt an keiner Stelle des Fertigungsablaufes mehr mit Partikeln jeglicher Art in Kontakt kommen kann. Die Aufstellung oder Anordnung, aber auch die Auslegung einzelner Komponenten kann auf die Bedürfnisse des Kunden angepasst werden.

Tabelle 1: Reinraumklassen nach ISO 14644-1ⁱ

Klasse	Partikel je m ³					
	≥ 0,1 µm	≥ 0,2 µm	≥ 0,3 µm	≥ 0,5 µm	≥ 1,0 µm	≥ 5,0 µm
ISO 1	10					
ISO 2	100	24	10			
ISO 3	1.000	237	102	35		
ISO 4	10.000	2.370	1.020	352	83	
ISO 5	100.000	23.700	10.200	3.520	832	
ISO 6	1.000.000	237.000	102.000	35.200	8.320	293
ISO 7				352.000	83.200	2.930
ISO 8				3.520.000	832.000	29.300
ISO 9				35.200.000	8.320.000	293.000

(1)Tabelle 1: Reinraumklassen nach ISO 14644-1 (<https://www.beuth.de/de/norm/din-en-iso-14644-1/238330395>)



Spetec Gesellschaft für Labor- und
Reinraumtechnik mbH
Am Kletthamer Feld 15
D 85435 Erding
Telefon: 08122/95909-0
Telefax: 08122/95909-55
E-Mail: info@spetec.de <https://www.spetec.de>