

(K)eine unsichtbare Bedrohung

Nicht nur auf uns Menschen, sondern auch auf mikroelektronische Produkte hat **FEINSTAUB** negative Auswirkungen. Verschiedene technische Möglichkeiten, eingebunden in ein Gesamtkonzept, sorgen dafür, dass die Funktion des Produkts nicht beeinträchtigt wird.

Bild 1. Rund 200 000 t Feinstaub werden pro Jahr in Deutschland abgegeben



NORBERT JAKUBOWSKI UND ELISABETH SCHOLLWÖCK

Die Frage, ob Feinstaub eine unsichtbare Bedrohung ist, kann klar mit »Nein« beantwortet werden, denn das Feinstaubproblem wird regelmäßig sichtbar, zum Beispiel in den Sylvesternächten. Feuerwerke werden aus verschiedenen Gründen kontrovers diskutiert. Wenig bedacht werden dabei aber die gesundheitsrelevanten und wirtschaftlichen Schäden, denn jährlich werden rund 2050 t Feinstaub (PM10) durch das Abbrennen von Feuerwerkskörpern in der Sylvesternacht freigesetzt. Diese Menge entspricht in etwa einem Prozent der gesamten freigesetzten Feinstaubmenge. Nach Angaben des Umweltbundesamts sind dies circa 200 000 t pro Jahr in Deutschland (**Bild 1**) [1].

Doch was genau ist Feinstaub eigentlich? Feinstaub ist ein Teil des Schwebstaubs. Als Schwebstaub (englisch »Particulate Matter«, PM) bezeichnet man Teilchen in der Luft, die nicht sofort zu Boden sinken, sondern längere Zeit in der Atmosphäre schweben. Je nach Korngröße der Staubpartikel unterscheiden wir verschiedene Fraktionen: Unter PM 10 versteht man vereinfacht alle Staubpartikel,

> KONTAKT

HERSTELLER
Spetec GmbH
 D-85435 Erding
 Tel. +49 8122-95909-0
spetec@spetec.de
www.spetec.de

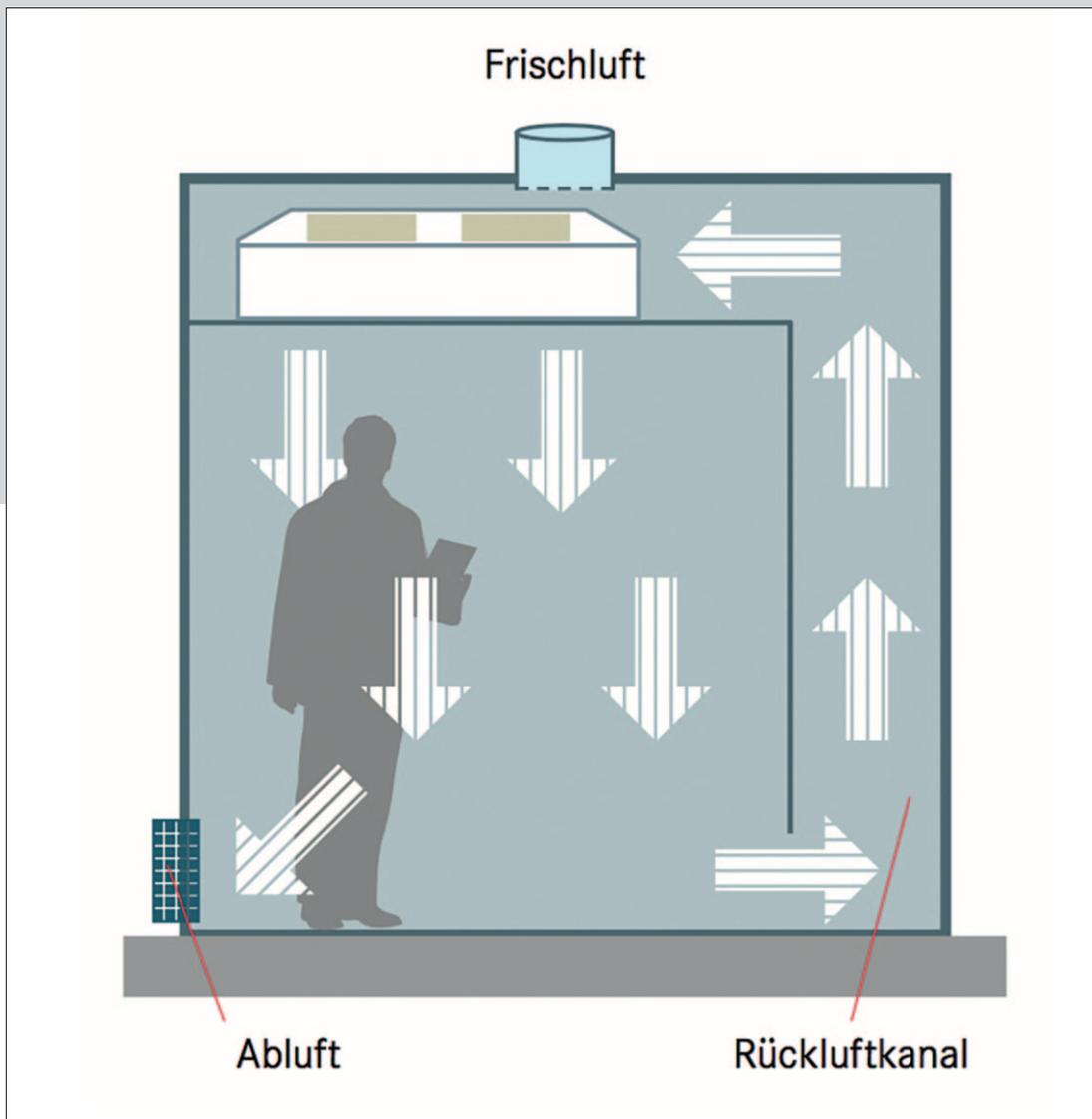


Bild 2. Schematische Darstellung des laminaren Luftstroms in einer Reinraumzelle

deren aerodynamischer Durchmesser kleiner als $10\ \mu\text{m}$ ist. Feinstaub, der kleiner als $2,5\ \mu\text{m}$ ist (PM 2,5), kann bis in die Lunge gelangen. Beide genannten Größenfraktionen werden täglich an über 600 Messstellen in der gesamten BRD überwacht. Es kommt häufig zu täglichen Überschreitungen der Grenzwerte, auch wenn der zulässige Jahresmittelwert von $40\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahr 2021 nicht mehr überschritten wurde. Im Allgemeinen wird die PM-10-Fraktion als Feinstaub bezeichnet.

Feinstaub ist mit bloßem Auge nicht wahrzunehmen. Lediglich während bestimmter Wetterlagen oder etwa beim Feuerwerk zu Sylvester kann man ihn in Form einer »Dunstglocke« sehen. Feinstaub stammt aus zwei unterschiedlichen Quellen. Während natürlicher Feinstaub durch Bodenerosion unvermeidbar ist, wird ein Großteil durch menschliches Handeln erzeugt: Dieser Feinstaub entsteht durch Emissionen aus Kraftfahrzeugen, Kraft- und Fernheizwerken, Öfen und Heizungen in Wohnhäusern, bei der Metall- und Stahlerzeugung oder auch beim Umschlagen von Schüttgütern. In Ballungsgebieten ist der Straßenverkehr die dominie-

rende Staubquelle. Dabei gelangt Feinstaub nicht nur aus Motoren – vorrangig aus Dieselmotoren – in die Luft, sondern auch durch Bremsen- und Reifenabrieb sowie durch die Aufwirbelung des Staubs. Eine weitere wichtige Quelle ist aber auch die Landwirtschaft, denn die Emissionen gasförmiger Vorläuferstoffe, insbesondere die Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung, tragen zur sekundären Feinstaubbildung bei.

Ein Problem für die Mikroelektronik

Nicht nur für den Menschen ist Feinstaub schädlich und kann gesundheitliche Probleme verursachen, sondern auch mikroelektronische Produkte können in Mitleidenschaft gezogen werden. Dies gilt ganz besonders für die Fertigung von mechanischen und elektronischen Bauteilen, deren Struktureigenschaften im μm -Bereich liegen, wie in der Mikroelektronik, bei hochauflösenden optischen Komponenten, Sensoren, insbesondere Kamera- und Videobildsensoren, oder immer häufiger auch in der Datenspeicherung. Hier können Partikel die Funktion des

Bild 3. Anwender bevorzugen meist besonders geräuscharme Ventilatoren der Serie ›SuSi‹ (Super-Silent)



Produkts verändern, beeinträchtigen oder komplett zerstören. Deshalb müssen diese Produkte vor Partikeln jeglicher Art geschützt werden, wenn bestimmte Produktqualitäten und -eigenschaften erforderlich sind.

Wenn wir über Partikelbelastungen von Innenräumen sprechen, müssen wir zwei Quellen im Auge behalten. Feinstaubpartikel, die aus der Umgebungsluft stammen, lassen sich recht einfach durch geeignete Luftströmungen und Luftfilteranlagen in den Griff bekommen. Die zweite Partikelquelle ist der Mensch selbst, denn er setzt eine sehr große Anzahl dieser Schwebeteilchen als Aerosol beim Sprechen und bei jedem Atemzug oder direkt als Partikel wie Hautschuppen oder Faserteilchen der Kleidung bei jeder Bewegung frei. Immer dann, wenn Menschen in der Produktion, Herstellung oder Verpackung involviert sind, ist deshalb zusätzlicher Handlungsbedarf gegeben. Allein durch Haut und Kleidung werden in einem reinen Raum (ISO-Klasse 8) von jeder Person in einer Schicht mehr als 600 Millionen Partikel (> 0,5 µm Durchmesser) pro Kubikmeter abgegeben, wie Daten des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automation IPA zeigen.

Filtertechnik hält Partikel fern

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. Nur durch eine sachgemäße Reinigung der Raumluft lassen sich Schwebeteilchen und Feinstaub vermeiden.

Mit dem Einbau einer Luftreinigungsanlage ist es deshalb allein nicht getan. Vielmehr muss ein strategisches Gesamtkonzept erstellt werden,

um Partikel aus der Fertigung und Verpackung fernzuhalten. Dieses besteht aus einer ganzen Reihe von Maßnahmen, wie der Reinigung der Raumluft durch geeignete Filteranlagen, dem Tragen geeigneter Schutzkleidung, der Optimierung von Arbeitsabläufen und der direkten Abschirmung der Produkte vor Partikeln, die von Mitarbeitern emittiert werden können. Bei besonders hohen Anforderungen werden Personen- und Produktschleusen ebenso notwendig wie die Schulung des Personals und die Qualitätskontrolle der Raumluft durch regelmäßige Messung der Partikelanzahl.

Die Qualität eines Reinraums oder entsprechender kleinerer Reinraumbereiche, wie einer Flow-Box, wird nach DIN-Norm EN ISO 14644 beurteilt, in der die Güteklassen durch die Anzahl der Teilchen in einer vorgegebenen Größen-Fraktion definiert werden [2].

Die Funktion eines Reinraumes ist recht einfach, wie die schematische Darstellung des laminaren Luftstroms in einer Reinraumzelle zeigt (**Bild 2**). Die Raumluft wird mittels eines Ventilators angesaugt und durch einen Hochleistungs-Partikelfilter gepresst. Anwender bevorzugen, unseren Erfahrungen nach, meist besonders geräuscharme Ventilatoren der Serie ›SuSi‹ (Super-Silent) (**Bild 3**). Beide Komponenten sind im oberen Deckenbereich in einem Modul der ›FMS‹-Serie von Spetec eingebaut. Der HEPA-14-Filter weist einen Isolationsfaktor von 10 000 auf und reduziert somit die Anzahl der Partikel und verbessert die Luftqualität im Inneren



Bild 4. Für unterschiedliche Einsatzbereiche stehen verschiedene Ausführungsformen von Laminar-Flow-Boxen zur Verfügung

um mindestens das 10 000-Fache gegenüber der äußeren Umgebungsluft.

Durch die Filteranordnung wird im Arbeitsbereich hinter den Glasscheiben oder Lamellen ein laminarer Luftstrom erzeugt, das heißt, dass die Luft wie ein Vorhang von oben nach unten in parallelen Stromlinien fließt. Die Probe, das Produkt oder der Arbeitsbereich wird durch einen Überdruck vor eintretenden Partikeln geschützt. Schwebeteilchen, die sich in der Raumluft befinden oder vom Personal freigesetzt wurden, werden vom Luftstrom erfasst und durch einen Abluftkanal entfernt oder durch einen Rückluftkanal wieder zur Filtereinheit zurückgeführt. Das Personal trägt fussfreie Kleidung, Hauben, Mundschutz und Überziehschuhe, wodurch Partikelemissionen durch Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen drastisch reduziert werden können.

Alternativen zur großen Reinraumzelle

Alternativ zu einer großen Reinraumzelle haben sich für viele Anwendungen kleinere Module, die Laminar-Flow-Boxen, bewährt. Für unterschiedliche Anwendungen in der Fertigung, Montage oder Verpackung mikroelektronischer oder optoelektronischer Bauteile wurden verschiedene Ausführungsformen entwickelt (**Bild 4**). Je nach Ausführungsvariante sind diese auch als zertifizierte Werkbank der ISO-Klasse 5 in unterschiedlichen Größen erhältlich.

Durch Kombination von Reinräumen oder Laminar-Flow-Boxen lassen sich ganze Fertigungsstraßen aufbauen, sodass das Produkt an keiner Stelle des Fertigungsablaufs 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.

Feinstaub belastet uns und unsere Umwelt dauerhaft, nicht nur zum Jahreswechsel. Da diese Partikel immer kleiner werden, stellen sie eine immer größere Herausforderung in vielen Bereichen der mikroelektronischen Fertigung da. Nur ein umfangreiches

Gesamtkonzept kann den steigenden Qualitätsanforderungen gerecht werden. Spetec verfügt über jahrzehntelange Erfahrung bei der Entwicklung und Anwendung von Reinraum- und Luftreinigungsanlagen und bietet Anwendern nicht nur eine technische Lösung an, sondern entwickelt mit den Kunden auch ein kostengünstiges strategisches Gesamtkonzept.

Wir empfehlen Laminar-Flow-Boxen immer dann, wenn Produkte vor Partikeln geschützt werden müssen und wenn die Produktionsschritte mit wenig Raumbedarf auskommen. Wird ein größerer Raumbedarf benötigt oder müssen die Boxen begehbar sein, dann ist ein Reinraum oder eine Reinraumzelle unausweichlich. ■ MI110798

AUTOREN

Dr. NORBERT JAKUBOWSKI ist wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Spetec in Erding
ELISABETH SCHOLLWÖCK ist im selben Unternehmen für Betriebsorganisation/Marketing zuständig;
spetec@spetec.de

LITERATUR

- 1 Artikel: Zum Jahreswechsel: Wenn die Luft ›zum Schneiden‹ ist;
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe/feinstaub/feinstaub-durch-silvesterfeuerwerk>
- 2 DIN EN ISO 14644-1:2016-06 Reinräume und zugehörige Reinebereiche - Teil 1: Klassifizierung der Luftreinheit anhand der Partikelkonzentration (ISO 14644-1:2015); deutsche Fassung EN ISO 14644-1:2015, Beuth Verlag GmbH