

Kontaminationsquellen im Reinraum



Ein Reinraum ist NICHT partikel- bzw. kontaminationsfrei, auch wenn viele Nutzer von Reinräumen diese Meinung vertreten. Man sollte die Kontaminationen nicht ausschließlich auf Partikel reduzieren, auch wenn sich in den Normen und Richtlinien ein Reinraum ausschließlich auf die Partikelkonzentration in der Luft definiert. Welche Kontaminationen durch einen Reinraum reduziert werden sollen, wird einzig und allein durch die zu produzierenden Produkte bestimmt.

Verpflichtungen

Entsprechend der geltenden Normen und Richtlinien ISO 14644, VDI 2083 u.a. ist der Betreiber eines Reinraums oder eines Reinen Bereichs dazu angehalten, die Übereinstimmung der Parameter mit den Angaben im Raumbuch zu überprüfen und ggf. Maßnahmen zu ergreifen, um diese Übereinstimmung wieder herzustellen. Diese Überprüfung erfolgt durch regelmäßige Qualifizierungs- bzw. Requalifizierungsmessungen. Diese Messungen sollten mindestens ein- bis zweimal pro Jahr erfolgen, können aber auch öfter durchgeführt werden bis hin zum kontinuierlichen Monitoring der Reinraumumgebung.

In der Literatur findet man über die letzten Jahre hinweg eine Vielzahl von Angaben, welche die größten Kontaminationsquellen im Reinraum sind. Abhängig von der jeweiligen Sichtweise und den unterschiedlichen Erfahrungen fallen diese Angaben sehr unterschiedlich aus.

Meist wird der Mensch als größte Kontaminationsquelle im Reinraum angesehen. Aber auch diese Aussage, die grundsätzlich nicht falsch ist, lässt sich nicht verallgemeinern. Es spielt immer eine Rolle, inwieweit der Mensch in die ablaufenden Prozesse eingebunden ist. Sind es offene Prozesse mit manuellen Tätigkeiten oder sind es geschlossene Prozesse mit einem hohen Automatisierungsgrad, was den Einfluss von Kontaminationen durch den Menschen bestimmt. Zudem kommt es auf die Art der Kontaminationen an. Es können Partikel sein, die aus falscher Reinraumkleidung stammen oder keine wirkliche Barriere zwischen Menschen und Raum bilden. In Life-Science-Branchen spielen dabei die „lebenden“ Partikel, die Keime, eine wichtige Rolle. In der Halbleiterindustrie wächst neben den Partikeleinflüssen die Bedeutung von molekularen Kontaminationen CMC (chemical molecular contamination), in der Batteriefertigung hingegen spielt beispielsweise der Feuchteintrag durch den Menschen in den Raum eine entscheidende Rolle. Man erkennt hier schon, dass es eine Vielzahl unterschiedlichster Einflüsse auf den Reinraum und damit auf die Prozesse und Produkte gibt. Für jede dieser unterschiedlichen

Anwendungen sollte daher eine gesonderte Risikoanalyse erstellt werden, um damit gezielt eine Vermeidungsstrategie erarbeiten zu können.

So wirkt die Fertigung

Der Einfluss der Fertigungsprozesse selbst kann in zwei Kategorien unterteilt werden. Zuerst wird der Einfluss auf benachbarte Prozesse im Reinraum betrachtet: Entstehen durch die Fertigungsprozesse selbst Kontaminationen, die durch Querströmungseffekte zu benachbarten Maschinen gelangen können und die dort ablaufenden Prozesse negativ beeinflussen? Wenn ja, dann sollte dieser Einfluss durch konstruktive Maßnahmen, wie eine Absaugung oder eine Kapselung der Kontaminationsquellen erfolgen bzw. sollte über den Aufstellort der problematischen Maschine nachgedacht werden.

Bei der zweiten Kategorie beeinflusst der Prozess sich selbst negativ. Es können prozessspezifisch Materialien freigesetzt werden, die einen Einfluss auf die Qualität der Produkte haben. In so einem Fall sollte man herausfinden, ob konstruktive Gegenmaßnahmen ergriffen werden können oder man mit dieser Situation zurechtkommen muss.

Die Ursache der Kontaminationen aus dem Prozess heraus liegt meist in der Historie der jeweiligen Prozessmaschine. Oftmals wurden diese Maschinen zu einer Zeit entwickelt, in welcher die Anforderungen bzgl. der Reinheit noch nicht so hoch waren. Prozesstechnisch funktionieren diese Maschinen auch

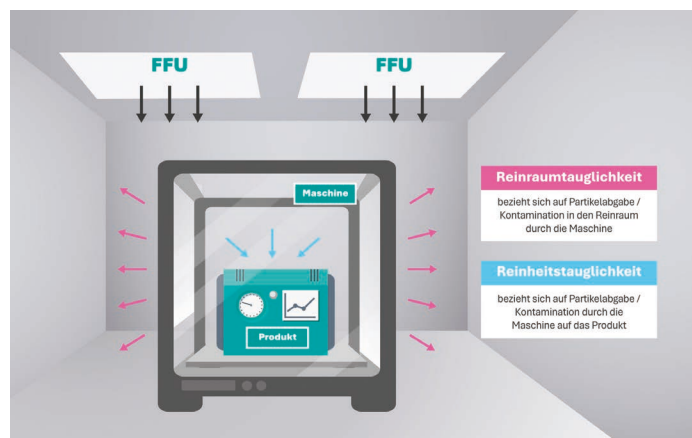
auf einem höheren Technologieniveau, erfüllen aber nicht mehr die Anforderungen an die notwendige Reinheit. Es kann auch sein, dass Maschinen aus komplett anderen Fertigungen oder auch Branchen eingesetzt werden, in denen nicht so hohe Reinheitsanforderungen gelten, aber technisch alle anderen Parameter erfüllt werden.

Ganz eng damit verbunden sind die Kontaminationen, die aus den Prozessmedien und Prozessmaterialien stammen. Die Reinheit dieser Medien ist essenziell für eine hohe Qualität der Erzeugnisse. Deshalb sind die Anforderungen an deren Reinheit in verschiedenen Normen und Richtlinien beschrieben (z.B. VDI 2083-7). Wird diese Reinheit im Anlieferzustand gewährleistet und werden im Prozess Kontaminationen im Zusammenhang mit diesen Medien festgestellt, dann liegen die Ursachen meist beim Prozessequipment.

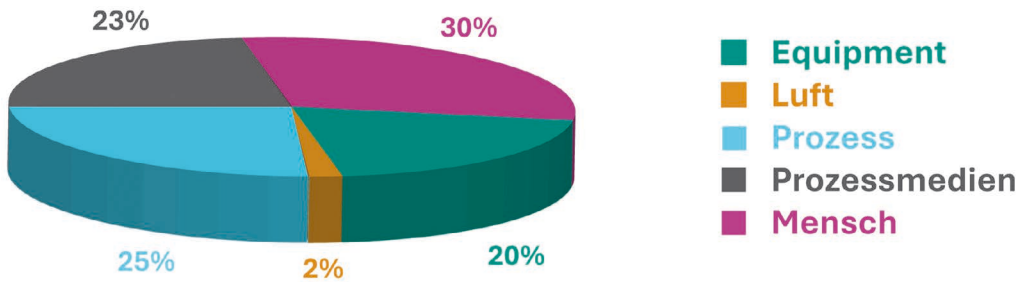
Anforderungen an Materialien

Die eingesetzten und zu ver- bzw. bearbeitenden Materialien müssen mit Blick auf die komplette Prozess- bzw. Lieferkette ebenfalls den hohen Ansprüchen genügen. Meist hat der Lieferant dieser Materialien seine Fertigung auf die hohen Anforderungen eingestellt, hat Reinigungsprozeduren eingeführt, stellt diese Materialien unter Reinraumbedingungen her oder er nutzt geschlossene Systeme, in denen eine Kontamination von der Umgebung aus nicht möglich ist.

Eine andere Lösung besteht darin, dass aus einer großen Anzahl/



Autor:
Joachim Ludwig
Gründer und Geschäftsführer
COLANDIS GmbH
www.colandis.com



Bildquelle: H.-J. Warnecke: *Der Produktionsbetrieb 1: Organisation, Produkt, Planung* Springer-Verlag, Berlin, 1993, www.climet.com

Menge von zu bearbeitendem Material dasjenige herausgesucht wird, welches den Reinheitsansprüchen genügt und das Restmaterial verworfen wird. Beispielsweise wird für das Mikropressen in Kunststoff hochreines PMMA benötigt. Die angelieferten PMMA-Platten waren durch Handling, Transport und Lagerung von allen Seiten stark kontaminiert. Die oberen und unteren zwei Platten wurden verworfen und aus den anderen Platten mittig ca. 1/3 des Materials herausgeschnitten und für den Prägeprozess benutzt.

Geräte, Maschinen und Anlagen

Eine oftmals vernachlässigte Partikelquelle sind die Geräte, Maschinen und Anlagen sowie auch Materialien und Oberflächen, die nicht den gewünschten Anforderungen entsprechen. Seit vielen Jahren gibt es verschiedene Richtlinien (VDI 2083-9.1; ISO 14644-14), die sich mit dem Thema der Reinraum- und Reinheits-tauglichkeit beschäftigen. Mit der Anwendung dieser Richtlinien und den daraus resultierenden Messungen kann man schon im Vorfeld einschätzen, in welcher Reinraumumgebung beispielsweise eine Maschine eingesetzt werden kann. Des Weiteren kann ermittelt werden, welche Anzahl von Maschinen in einem Reinraum platziert werden kann, um mit ihrer Partikelabgabe den Reinraum nur so weit zu belasten, dass dieser die geforderte Spezifikation im Betrieb beibehält.

Bei diesen Messungen unterscheidet man in Reinraumtauglichkeits- und Reinheits-tauglichkeitsmessungen. Bei der Reinraumtauglichkeit wird der Einfluss der Maschine, Anlage, Komponente auf den Reinraum ermittelt – besteht die Gefahr der Verschlechterung der Reinraumparameter? Bei der Reinheits-tauglichkeit wird der Ein-

fluss der Maschine, Anlage, Komponente auf das Produkt ermittelt – besteht die Gefahr der Verunreinigung und damit der negativen Beeinflussung des Produktes? Die Reinraumtauglichkeit wird auch als Unterkategorie der Reinheits-tauglichkeit betrachtet, denn das Entscheidende ist der Schutz der Produkte vor Kontaminationen.

Noch einmal: Materialien

Bei den Materialien verhält es sich etwas anders. Das Material an sich ist eine passive Einheit und gibt normalerweise keine Partikel aktiv an die Umgebung ab. Sind jedoch chemische Kontaminationen ein Problem für die Fertigung von Produkten, können die falschen Materialien durchaus ungeeignet für den Einsatz sein. Es kann auch sein, dass man die Passivität eines Materials nicht sofort dahingehend einschätzt, dass die Bewegung dessen nicht sofort ersichtlich ist. Hier ein Beispiel: Eine neue Greifereinheit für flache Werkstücke wurde mittels Ultraschalles angeregt, so dass sich ein Luftpolster zwischen Werkstück und Greifer ausgebildet hat, welches ein berührungsloses Handling ermöglicht. Der Greifer bestand aus einem eloxierten Aluminium, die gemessenen Partikelwerte waren exorbitant hoch. Die eloxierte Oberfläche stellt eine Keramik mit vielen Mikroporen dar, aus denen die Partikel im Mikrobereich herausgeschleudert bzw. auch herausgebrochen wurden. Nachdem der Greifer aus Edelstahl gefertigt wurde, verbesserten sich die Werte, waren aber noch nicht im Wunschbereich angekommen. Die Mikrostruktur, trotz Elektropolierens, ließ immer noch Partikel aus der Oberfläche austreten. Letztendlich wurde der ideale Werkstoff für diese Anwendung durch weitere Tests gefunden: Glas.

Der Reinraum selbst

Bleibt nur noch, als letzte Kategorie der Contamination Hotspots der Reinraum an sich. Hier kann man sagen, dass fast alle am Markt befindlichen Reinnräume den gewünschten Anforderungen entsprechen. Die über die letzten 60 Jahre immer weiter entwickelten Lösungen sind derart ausgereift, dass man kaum noch große Unterschiede feststellen kann. Selten findet man noch Lösungen, bei denen neben dem Filter (Lufteinlass) in geringem Abstand auch die Rückströmöffnung (Luftauslass) platziert wurde. Nicht nur, dass ca. 30% der hochreinen Luft sich den kürzesten Weg vom Lufteinlass zum Luftauslass sucht und damit viel Energie verschwendet wird, es kann auch passieren, dass die hochreine Luft über den Prozessort zum Reinraumfußboden strömt, sich dort mit Kontaminationen belädt und über den Prozessbereich zum Luftauslass strömt und diesen damit negativ beeinflusst.

Ein weiterer erstaunlicher Gesichtspunkt hat sich z.B. beim Bau von Halbleiterfabriken gezeigt. Entsprechend der obigen Graphik hat der Reinraum einen Einfluss von ca. 2% und die Maschinen und Anlagen (Equipment) von ca. 20%. Im Einkaufsprozess geht es unter anderem um die Verbesserung der Reinheitsparameter. Um den Einfluss der Maschinen und Anlagen

(z.B. Partikelabgabe) zu optimieren, müsste man mit ca. 100 bis 150 verschiedenen Lieferanten sprechen. Beim Reinraum beschränken sich die Gespräche auf einen Anbieter. Würden die Maschinen- und Anlagenbauer die Partikelabgabe um ca. 25 % reduzieren können, wäre das ein sehr gutes Ergebnis. Bezogen auf den Gesamteintrag von Partikeln im Reinraum (siehe Graphik oben, links) würde dies 5 % entsprechen. Wenn jedoch der Reinraumanbieter seinen Einfluss von 2 auf 1 % reduzieren würde, wäre das eine Reduzierung des Gesamteintrages von 1 %, aber eine Verbesserung des Reinraums von 50 %. Es stellt sich damit die Frage, ob die Betrachtung dieser Einflussfaktoren mit dem richtigen Blickwinkel und den richtigen Schlussfolgerungen geschieht. Sicherlich sollte man an allen Stellschrauben drehen, um ein besseres Gesamtergebnis zu erzielen. Es wäre die Frage zu beantworten, wie stellen sich die Aufwände zum erwarteten Ergebnis dar und wo werden die Prioritäten gesetzt – ist der Reinraum oder das Produkt der entscheidende Faktor?

Zusammenfassung

Die Kontaminationsquellen im Reinraum sind sehr vielfältig. Es gilt zu analysieren, welche dieser Quellen den größten Einfluss auf die im Reinraum ablaufenden Prozesse haben. Das Ergebnis dieser Analyse sollte sich nicht nur auf einen Einflussfaktor beziehen, auf den man sich konzentrieren möchte (das Aufsetzen einer Haube im Reinraum reduziert zwar die Kontaminationen, löst aber nicht grundsätzlich ein Kontaminationsproblem), sondern helfen, Prioritäten zu setzen und nach und nach alle sinnvoll beeinflussbaren Kontaminationsquellen zu beseitigen bzw. zu reduzieren. ◀

KONTAMINATIONSQUELLEN



Quelle: climet.com