

Werkstoffkombination nach Maß

Werkstoffauswahl für Reinheit und Produktqualität

Die Auswahl geeigneter Werkstoffe und Materialien für den Reinraumeinsatz ist Grundvoraussetzung für den Aufbau reinheitsgerechter Produktionsanlagen und Prozesse. Der Vermeidung von Partikel- und Ausgasungskontaminationen mit Hilfe reinraumtauglicher Werkstoffe kommt daher ein hoher Stellenwert zu. Um dem Wissensdefizit über die Einsetzbarkeit von Werkstoffen entgegenzutreten, wurde der Industrieverbund Cleanroom Suitable Materials (CSM) gegründet. Die bereits heute vorliegenden Ergebnisse und die weltweit erste Datenbank zur Reinraumtauglichkeit getesteter Werkstoffe dienen der Unterstützung von Konstrukteuren beim Aufbau von Fertigungsanlagen für den Reinraum und den Endanwendern bei der Spezifikationsweitergabe an die Zulieferindustrie.

Der anhaltende Trend zur Miniaturisierung von elektromechanischen Erzeugnissen sowie die steigenden Präzisionsanforderungen sind meist mit „reinen“ Produktionsumgebungen verbunden. Diese haben die Aufgabe, Störeinflüsse auf das kontaminationskritische Produkt auf ein Minimum zu beschränken. Die Reinheitsanforderungen an die Fertigungsumgebung erstrecken sich von den „reinen“ Produktionen der Mikroelektronik, der Mikrosystemtechnik, der Life-Sciences-Branchen über die Luft- und Raumfahrt bis hin zur Automobilindustrie. Bei der Herstellung bzw. Bearbeitung von Produkten, deren Leistungsfähigkeit sich aufgrund einwirkender Verunreinigungen verringert, müssen

branchen- und prozessabhängig die Kontaminationsarten und deren maximal zulässigen Grenzwerte berücksichtigt werden.

Einflussfaktoren auf die Produktsauberkeit

Die Vielzahl der Einflussfaktoren auf die Sauberkeit des herzustellenden Produkts – von der Bereitstellung der Luftreinheit durch raumlufttechnische Anlagen, über die Personalintegration, eingesetzten Automatisierungseinheiten, den Logistikabläufen, spezifischen Fertigungsprozessen bis hin zu verwendeten Werkstoffen und Materialien – müssen reinheitstechnisch aufeinander abgestimmt sein (Abb. 1).

Die Reinraumtechnik für Luftsauberkeiten ist seit mehreren Jahren gut erforscht, sodass durch diese etablierte Technik nur ein marginaler Einfluss von ca. 2% auf die Produktqualität resultiert [1]. Das Personal, das bis vor ca. 15 Jahren noch den höchsten Einfluss auf die Pro-

duktsauberkeit hatte, verliert durch die Verdrängung des Menschen aus den sauberkeitskritischen Bereichen, kombiniert mit der Einführung von Einhausungstechnologien (z. B. Minienviroments), zunehmend an Kontaminationspotential. Dieses schätzen Experten derzeit auf ca. 10% [2]. Im Gegenzug wächst durch den vermehrten Einsatz von Automatisierungslösungen das von Produktionsanlagen und den darin verbauten Werkstoffen ausgehende Kontaminationsrisiko stark an, es wird von Experten gegenwärtig auf ca. 40% beziffert [3]. Die Verschiebung in der Gewichtung der unterschiedlichen Einflussfaktoren ist vor allem auf die Tatsache zurückzuführen, dass die eingesetzten Werkstoffe meist in direktem Produktkontakt (z. B. Produktgreifer) stehen und durch die lokale Anordnung bzw. die geometrischen Abmaße bedingt, meist nicht durch eine Einhausung eliminiert werden können. Fertigungsanlagen derart aufzubauen, dass von diesen und den darin verwendeten Werkstoffpaarungen nur minimale Kontaminationen ausgehen, ist ein weites und deshalb kaum erforschtes Themenfeld. Es bestehen zwar Verfahren zur Beurteilung der insgesamt von Fertigungsanlagen emittierten Partikelkontaminationen (VDI 2083 Blatt 9.1), jedoch lassen diese nur bedingt Aussagen über die Bewertung der Reinraumtauglichkeit von Werkstoffen zu [6]. Daher werden zurzeit im Rahmen des CSM-Industrieverbunds Klassifizierungsverfahren als Bewertungsgrundlage zur Auswahl geeigneter Werkstoffe entwickelt und etabliert.

Da die Fertigungsprozesse (ca. 20% Kontaminationspotential) sehr branchen- und produktspezifisch sind und somit nicht fertigungsübergreifend bewertet werden können, konzentrieren sich Kontaminationsexperten auf die Verringerung von Verunreinigungen, die von Werkstoffen, als Grundelemente einer jeden Produktionsanlage, ausgehen.




Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Udo Gommel, Leiter Reinraumprüfzentrum, Gruppenleiter am Fraunhofer IPA



Dipl.-Ing. (FH) Frank Bürger, Projektleiter, Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IPA































Dipl.-Ing. Guido Kreck, Projektleiter, Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IPA



Cleanroom[®]
Suitable
Materials

CSM Teilnehmer (Phase 1, 2 und 3)

<ul style="list-style-type: none"> ■ AMD Saxony Manufacturing GmbH  ■ Carl Zeiss Semiconductor Manufacturing Technologies AG  ■ COLANDIS GmbH  ■ DESY - Deutsches Elektron-Synchrotron  ■ Festo AG & Co. KG  ■ Gerflor Mipolam GmbH  ■ Grenzebach Maschinenbau GmbH  ■ INA-Schaeffler AG  ■ Infineon Technologies AG  ■ Qimonda AG, Dresden  ■ KARDEX Organisationssysteme GmbH  ■ Klüber Lubrication München KG  ■ KUKA Roboter GmbH  	<ul style="list-style-type: none"> ■ Océ-Technologies B.V.  ■ Parker Hannifin GmbH, EMD HAUSER  ■ Philips Semiconductors GmbH  ■ rap.ID Particle Systems GmbH  ■ Schott AG  ■ Schunk GmbH & Co. KG  ■ Sto AG  ■ Sieghard Schiller GmbH & Co. KG  ■ Siltronic  ■ Sika Deutschland GmbH  ■ SKF Linearsysteme GmbH  ■ Uhlmann Pac-Systeme GmbH & Co. KG  ■ Unaxis Balzers AG  ■ M+W Zander Holding AG  ■ VAT Vakuumventile AG 
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

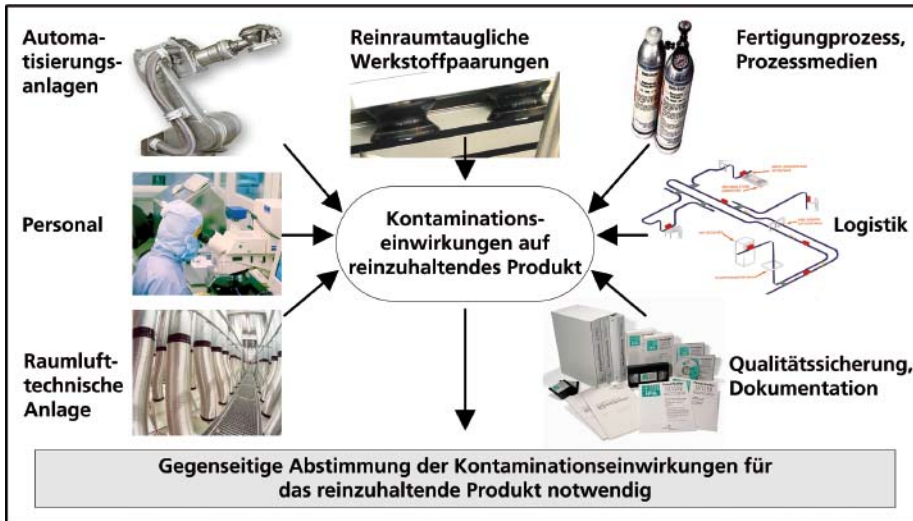


Abb. 1: Einflussfaktoren auf das kontaminationskritische Produkt

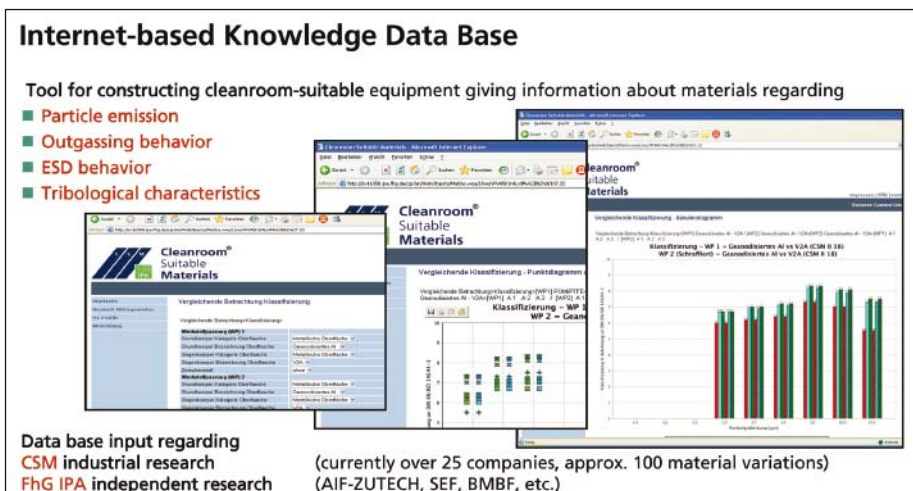


Abb. 2: Internetbasierte Datenbank zur Abfrage von Reinraum- und Reinheitstauglichkeitsklassifizierungen.

Partikel- und Ausgasungskontaminationen

Umfragen, Expertendiskussionen sowie über 20 Jahre Projekterfahrung der Abteilung Reinst- und Mikroproduktion der Fraunhofer Gesellschaft zeigten, dass die Partikelemission, die elektrostatischen Eigenschaften und das Ausgasungsverhalten von Werkstoffen die vorrangig zu kontrollierenden Kontaminationsarten sind [2, 4]. Dies wurde vom CSM-Industrieverbund aufgegriffen, an dem sich seit der Gründung in 2004 knapp 30 Firmen beteiligen (siehe Seite 27). Die Werkstoffprüfungen werden dabei in den Laboren und ISO 1-Referenzreinräumen der Fraunhofer-Gesellschaft durchgeführt, deren Ergebnisse den teilnehmenden Firmen in Form einer internetbasierten Datenbank mit den entsprechenden Werkstoffklassifizierungen und -bewertungen zur Verfügung gestellt werden.

Fokus

Übergeordnetes Ziel des Industrieverbunds ist es, Konstrukteuren von Produktionsanlagen für reine Bereiche ein Hilfsmittel zur Auswahl reinraum- und reinheitstauglicher (partikel-, ausgasungsarm, ESD-gerecht etc.) Werkstoffe an die

Hand zu geben. Dies erfordert eine enge Kommunikation zwischen dem Endanwender der Produktionsanlagen und dem Anlagenbauer hinsichtlich der Anforderungen und den zu verwendenden Werkstoffen. Dieser Austausch wurde erreicht durch

- die CSM-Plattform (kurze Informationswege und Wissenstransfer zwischen allen Beteiligten),
- die Zusammenstellung aller Regelwerke, Standards, Prüfkriterien zur Reinraumtauglichkeit,
- die mit allen Industriepartnern gemeinsam abgestimmte Verfahrensentwicklung [7],
- die Realisierung eines Werkstoffprüfstands [5],
- das einheitliche Bewertungsverfahren [5, 7] und schließlich
- die Ergebnisdatenbank, die Angaben über die Reinraumtauglichkeit von Werkstoffen enthält [8].

Auf Wunsch der CSM-Teilnehmer findet ein Know-how-Transfer in die Industrie statt, so dass Teile des erarbeiteten Verfahrens in die aktuell entstehende Richtlinie VDI 2083, Blatt 17 „Reinraumtauglichkeit von Werkstoffen“ übernommen werden sollen. Durch die vielen Werkstoff-



Abb. 3: Aufbau eines automatisierten Reinigungssystems, bei welchem die Werkstoffauswahl für die verbauten Bewegungselemente aufgrund von Voruntersuchungen nach dem CSM-Bewertungsverfahren erfolgte.

prüfungen an verschiedenen Kombinationen aus Keramik-, Metall-, Beschichtungs- sowie Kunststoffwerkstoffen entstand innerhalb zweier Jahre ein für die am Industrieverbund beteiligten Firmen exklusiver Wissenspool, in Form einer bisher weltweit einmaligen Online-Datenbank.

Datenbank

Zum einen enthält diese CSM-Datenbank Klassifizierungen des Partikelemissionsverhaltens von Werkstoffen in Anlehnung an die DIN EN ISO 14644-1 für deren Einsatz in spezifischen Luftreinheitsklassen. Um eine einheitliche, von allen Seiten akzeptierte Bewertungsbasis zu haben, wurden im Vorfeld das Prüfverfahren und die Prüfkriterien zwischen der Zulieferindustrie und den Endanwendern gemeinsam erarbeitet. Neben den Partikelmessungen (statische und dynamische Emissionsentwicklungen) werden die von den Industriepartnern für die Untersuchungsreihen ausgewählten Werkstoffe auch hinsichtlich etablierter Verschleißkenngrößen (z. B. Reibbeiwerte, Verschleißtiefen/-breiten) bewertet, um die Brücke zu bereits wissenschaftlich und industriell häufig verwendeten Kenngrößen zu gewährleisten. Alle Untersuchungen und Klassifizierungen erfolgen in Abhängigkeit unterschiedlicher Werkstoffbelastungen, bei denen auch die angewendeten Herstellungsverfahren der Werkstoffe mit aufgenommen werden. Zur eindeutigen Charakterisierung der Werkstoffe werden die ESD-Kenngrößen der Prüfkörper gemäß etablierten Regelwerken (z. B. DIN IEC 61340 ff.) bestimmt.

Zum anderen beinhaltet diese Datenbank qualitative und quantitative Prüfergebnisse des Ausgasungsverhaltens von Werkstoffen, die besonders für hochsensible, reinheitskritische Anwendungen von Interesse sind. Die Untersuchungen finden dabei an Festkörpern, aber auch an Schmierstoffen, mit einem ebenfalls den Anforderungen der Technologie adaptieren Analyse- und Bewertungsverfahren statt. Zum Einsatz kommt eine hochempfindliche Nachweisttechnik, welche die mit Thermodesorption abgeschiedenen Ausgasungsprodukte über einen Gaschromatographen mit angeschlossenen Massenspektrometer analysiert. Für ein möglichst breites Einsatzgebiet werden auch hier die Untersuchungen bei unterschiedlichen Belastungsparametern durchgeführt. Zur Erzie-

Aktueller Stand

- In der laufenden dritten Phase des CSM-Industrieverbunds werden parallel Partikel-emissions- und Ausgasungsmessungen durchgeführt, sodass die Datenbank für reinraum- und reinheitstaugliche Werkstoffe stark erweitert und ausgebaut wird.
- Neben den Klassifizierungsergebnissen, die durch Urkunden und Bescheinigungen auch für Marketingmaßnahmen eingesetzt werden können, erhalten die Partner für interne Zwecke (Konstruktion, Entwicklung) eine sehr ausführliche Prüfbericht-Dokumentation.
- Es können noch interessierte, neue Partnerfirmen am CSM-Industrieverbund mitwirken, um somit deren eigenen Werkstoffe testen zu lassen als auch auf die Prüfergebnisse der weiteren Partner Zugriff zu haben.
- Eine Mitarbeit in VDI 2083 Blatt 17, auch zur industriegetriebenen Lenkung der Richtlinie, ist derzeit noch möglich.

lung eines zusätzlich erweiterten Nutzens für die Industrieteilnehmer finden derzeit mit Keyplayern der Reinraumtechnik Gespräche statt, um den Datenbestand durch Ausgasungsbewertungen zu erweitern, die bereits bei einzelnen CSM-Partnern bestehen. Sinn der Erweiterung ist eine aussagekräftige, vielschichtige Datenbank, von der die Industrie profitiert.

Abbildung 3 zeigt als exemplarisches Umsetzungsbeispiel ein Reinigungssystem, bei dem Vorversuche mit möglichen Werkstoffpaarungen durchgeführt wurden. Dadurch konnte die Anzahl in Frage kommender Werkstoffkombinationen bereits vor der Anlagenrealisierung eingegrenzt und dessen Kontaminationsverhalten bewertet werden.

Fazit

Aufgrund der erfolgreichen kooperativen Erarbeitung der Grundlagen für die Prüfung von Werkstoffen war es möglich, die kundenspezifischen Werkstoffe für Reinraumanwendungen zu untersuchen. Die Ergebnisse der zahlreichen Prüfungen zur Partikelemission und den ESD-Eigenschaften stehen den Partnern des Industrieverbunds nun exklusiv online im Internet zur Verfügung. Es können sowohl Einzelbetrachtungen in Form der Ergebnisdarstellung einer einzelnen Werkstoffpaarung als auch eine vergleichende Gegenüberstellung der Ergebnisse mehrerer Werkstoffpaarungen abgerufen werden. Weiterhin besteht bei der Abfrage die Auswahlmöglichkeit zwischen der Werkstoffklassifizierung (in Anlehnung an DIN EN ISO 14644-1) und der zeitlichen Entwicklung der Partikelgrößenverteilungen. Die Darstellungen erfolgen in Abhängigkeit der Werkstoffbelastungen, Partikelemissionsgrößen und deren Zeitverläufe. Auch die gezielte Auswahl von Werkstoffpaarungen für den Erhalt einer vom Bediener vorgegebenen ISO-Klassifizierung ist möglich.

Aufbauend auf den Ergebnissen vorausgegangener Phasen wurde die Reinraumtauglichkeitsbewertung der Werkstoffe, über Partikelemission und ESD-Verhalten hinaus auf das Ausgasungsverhalten erweitert. Hierfür wurden spezielle Prüfverfahren konzipiert und realisiert, sodass bereits Ausgasungsuntersuchungen durchgeführt werden. Sowohl alle bislang erarbeiteten als auch künftigen Ergebnisse werden in die bestehende CSM-Datenbank implementiert.

Literatur

- [1] Hauptmann, G. Hohmann, R.: Handbuch der Reinraum-Praxis Reinraumtechnologie und Human-Ressourcen, Kap. III-1. 1. Aufl. Landsberg: Ecomed-Verlag, 1992.
- [2] FhG-IPA: Auswertung des Fragebogens »Werkstoffe für Reinraum-Anwendungen« (2003). www.ipa-qualification.com/de/umfrage/pdf/Auswertung/auswertung.pdf, (31.12.2005).
- [3] FhG-IPA: Expertendiskussion RTW, Ergebniszusammenfassung der Gruppenarbeit zum Thema »Reinraumtaugliche Werkstoffe« (2003). www.ipa-qualification.com/de/umfrage/pdf/Workshop/gruppenarbeit_zusammenfassung_loesungen.pdf, (31.12.2005).
- [4] FhG-IPA: Übersicht über durchgeführte Untersuchungen zur Bestimmung der Reinraumtauglichkeit von Betriebsmitteln (Report No. 148 bis 320), Pulldown-Menü „Referenzen“ (2005) auf Internetpräsenz www.ipa-qualification.com, (31.12.2005).
- [5] Verfahren zur Bestimmung der Reinraumtauglichkeit von Werkstoffpaarungen. Heimsheim: Jost-Jetter Verlag, 2006. IPA-IAO Forschung und Praxis, Band 445. Zugl.: Stuttgart, Universität, Fakultät Maschinenbau, Dissertation, 2006.
- [6] VDI 2083 Blatt 9.1 2006-12: Reinraumtechnik - Reinheitstauglichkeit und Oberflächenreinheit.
- [7] Gommel, U.; Schuele, A. Assessing the suitability of material pairings for cleanroom applications. In: CleanRooms Magazine, October 2005 auf Internetpräsenz http://cr.pennnet.com/Articles/Article_Display.cfm?Section=Articles&Subsection=Display&ARTICLE_ID=239553, (31.12.2005).
- [8] FhG-IPA: Demo-Zugang zur internetbasierten CSM-Datenbank (2007). <http://sv16350.ipa.fhg.de/cgi-bin/WebObjects/MatIns>, (31.07.2007).

Autoren: Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Udo Gommel, Dipl.-Ing. (FH) Frank Bürger, Dipl.-Ing. Guido Kreck

KONTAKT

Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Udo Gommel
Fraunhofer Institut Produktionstechnik und Automatisierung (Fraunhofer IPA), Stuttgart
Abt. Reinst- und Mikroproduktion
Tel.: 0711/970-1633
Fax: 0711/970-1007
gommel@ipa.fhg.de
www.ipa-csm.com
www.ipa-qualification.com