

Auf das Darunter kommt es an



Untersuchungen zur Partikelabgabe von Reinraumzwischenbekleidung



Carsten Moschner

Wie wichtig die richtige Zwischenbekleidung unter der Reinraumoberbekleidung ist, konnte im Rahmen einer Body-Box-Studie erneut belegt werden. Dabei wurden Kittel und Overalls jeweils in Kombinationen mit Baumwollbekleidung bzw. reinraumtauglicher Zwischenbekleidung darunter vergleichend untersucht.

Dass der Reinraumbekleidung als einzigem Filter zwischen Mensch und Produkten eine entscheidende Rolle bei der Kontaminationskontrolle im reinen Prozessumfeld zukommen sollte, wird in den meisten Fällen nicht verneint. Schwieriger wird es jedoch, Anwender und Betreiber davon zu überzeugen, dass die Reinraumbekleidung als System zu verstehen ist und nicht „nur“ als ein Overall oder als ein Kittel. Die fachgerechte Dekontamination, die Mitarbeiterschulung und damit auch -motivation, das Abstimmen mit den ergänzenden Bekleidungselementen

wie Handschuhe oder Mundschutz seien hier an erster Stelle aufgeführt. Aber noch viel wichtiger ist die Frage: „Was tragen eigentlich die Mitarbeiterinnen/Mitarbeiter unter der Reinraumoberbekleidung?“

Hierzu gab es bereits aussagekräftige Studien und Veröffentlichungen aus den 1990er Jahren und aktualisiert 2002. Trotzdem ist in der Wahrnehmung der Reinraumbetreiber die reinraumtaugliche Zwischenbekleidung oftmals ein Randthema, das gerne (nicht zuletzt aus Kostengründen) bei Seite geschoben wird.

Eine Bachelorarbeit an der Hochschule Albstadt-Sigmaringen in Zusammenarbeit mit dem Unternehmen Dastex hat sich dieses Themas nochmals fundiert angenommen und einen Schwerpunkt gerade auf Anwendungsgebiete mit geringeren Luftreinheitsklassen gelegt – typische Anwendungsfelder, bei welchen in vielen Fällen aus Betreibersicht ein Reinraumkittel als völlig ausreichend erachtet wird.

Um möglichst praxisnahe Bedingungen nutzen zu können, wurde für diese Untersuchungen die Body-Box des Unternehmens Dastex in



Reinraumtaugliche Zwischenbekleidung Funktionalität trifft Design!

Muggensturm genutzt (Abb. 1). Die Body-Box ist ein definierter Reinraum, der es zulässt Partikelmen gen zu bestimmen, die von der jeweiligen Testperson und der von ihr getragenen Bekleidung stammen. Im Leerlauf, also bei voller Filterleistung ohne dass sich die Testperson in der Body-Box befindet, wird eine Luftreinheitsklasse ISO 4 (gem. ISO 14644-1) erreicht. Betritt nun eine Person diesen Reinraum, müssen alle danach detektierten Verunreinigungen von dieser Person und deren Bekleidung stammen. Eine vergleichende Messung zwischen unterschiedlichen Bekleidungsvarianten ist möglich, unter der Voraussetzung, dass immer ein und dieselbe Testperson diese trägt. Jede Person gibt unterschiedlich große Mengen an Kontaminationen ab und somit ist es zwingend notwendig immer auf die selbe Testperson im Verlauf einer solchen Studie zurückzugreifen. Hinzu kommt, dass eine ausreichend große Anzahl an Wiederholungen mit dem jeweiligen Test-Setup sichergestellt sein muss, da die Werte einer einzigen Person ebenfalls stark variieren können.

Neben den Thematiken Testperson, Bekleidungsarten und Anzahl an Wiederholungsmessungen ist die Body-Box an sich noch genauer zu betrachten. Die Testmethode ist zwar in einer amerikanischen Empfehlung rudimentär beschrieben (IEST-RP-CC-003.4), aber die in den letzten 15 Jahren gemachten Erfahrungen mit dieser Messtechnik haben gezeigt, dass einige Parameter die ermittelten Messwerte maßgeblich beeinflussen können. Dies bezieht sich nicht nur auf Temperaturbedingungen oder Luftfeuchtigkeit in der Body-Box, sondern vielmehr auf die Luftgeschwindigkeiten/-wechselraten und die allgemeine Luftführung aus der Prüfkammer heraus hin zu den Messpunkten. Ein Fazit aus diesen eher allgemeinen Erkenntnissen ist die Aussage, dass man Ergebnisse zu gleichen Thematiken, die aber in

unterschiedlichen Body-Box-Prüfkabinen erfasst wurden, höchstwahrscheinlich nicht miteinander vergleichen kann.

Ergebnisse Vergleichsstudie

Ziel der aktuellen Vergleichsstudie war es, die Bedeutung einer reinraumtauglichen Zwischenbekleidung, insbesondere bei der Nutzung von Reinraummitteln messtechnisch zu belegen. Hierzu wurden folgende zwei Bekleidungsvarianten in der ersten Testphase miteinander verglichen: Variante 1 mit Baumwollbekleidung unter dem Kittel und Variante 2 mit reinraumtauglicher Zwischenbekleidung unter dem Kittel (s. Abb. 2). Je Variante wurden zehn Messungen jeweils mit frischen, neu aufbereiteten Materialien durchgeführt. Die in den nachfolgenden Tabellen dargestellten Ergebnisse basieren auf Mittelwerten: Partikelanzahl pro Minute und Kubikmeter, abgegeben vom Probanden mit der jeweiligen Testbekleidung.

Tabelle 1 zeigt die eindeutigen Messergebnisse. Die Partikelzahlen der Variante 2, bei welcher der Kittel mit reinraumtauglicher Zwischenbekleidung aus Kunstfasern kombiniert wurde, liegen deutlich unter den Partikelzahlen der Variante 1 mit der Baumwollbekleidung.

Ohne allzu großen Aufwand ist somit eine Partikelreduktion von mehr als 90 % durch den Einsatz einer entsprechend auf die Reinraumbedürfnisse ausgelegten Zwischenbekleidung realisierbar. Bei Umgebungsbedingungen, die typischerweise in Reinraumklassen ISO 7–ISO 9, sowie in Produktionsbereichen der technischen Sauberkeit herrschen, sind dies bemerkenswerte Resultate. In der Regel ist die Luftführung über die Filterdecken in diesen Produktionsbereichen turbulent. Dazu kommen weitere Turbulenzen, verursacht durch die Bewegungen der Mitar-

beiter. Die Gefahr steigt somit signifikant, dass Verunreinigungen, die zwar nach unten Richtung Boden aus den Kitteln herausfallen, durch besagte Turbulenzen ohne Schwierigkeiten wieder auf Produkthöhe befördert werden und somit das Produkt kontaminieren können.

Neben den positiven Ergebnissen bzgl. der Kontaminationsvermeidung kann die richtige Zwischenbekleidung zusätzlich den Tragekomfort des gesamten Bekleidungs systems deutlich verbessern. Typische Fasern, die die meisten bereits aus dem Bereich der Sportswear kennen, sorgen für ein angenehmes Trageempfinden, fördern die Atmungsaktivität und in manchen Fällen lassen sich auch unangenehme Gerüche durch eine antimikrobielle Funktionalität reduzieren. Diese antimikrobiell wirkenden Zwischenbekleidungskomponenten sind folglich für den Einsatz in Life-Science-Bereichen ausdrücklich zu empfehlen, da sie bereits unter der Reinraumoberbekleidung das Wachstum überlebensfähiger Kontaminationen reduzieren.

Ein weiterer wichtiger Aspekt spricht dafür, grundsätzlich in allen kontrollierten Bereichen den Einsatz einer definierten reinraumtauglichen Zwischenbekleidung zu empfehlen: Die private Straßenbekleidung der Mitarbeiter ist aus Reinraumbetreiber sicht nicht zu kontrollieren. Alle Arten von Kontaminationen aus dem privaten Haushalt, aus der Umwelt oder aus anderen Bereichen der eigenen Fertigung/Produktion können so in die reine Fertigung gelangen.

Ermutigt durch die eindeutigen Messergebnisse in Bezug auf die Kittel wurde die zweite Testphase gestartet. Der gewählte Versuchsaufbau bzw. -ablauf war ähnlich dem der ersten Phase. Diesmal ging es jedoch darum, den Einfluss der Zwischenbekleidung bei Reinraumoverall s zu überprüfen und zu dokumentieren, sowie einen



Abb. 1 a+b: Body-Box (Prüfkabine) in Muggensturm

möglichen Unterschied zwischen Reinraumkittel und Reinraumoverall messtechnisch herauszuarbeiten. Die untersuchten Bekleidungsvarianten sind in Abb. 3 dargestellt.

Wie Tabelle 2 zeigt, waren die Unterschiede der Messergebnisse mit den Overalls anstelle der Kittel nicht ganz so dramatisch, aber am Ende trotzdem eindeutig. Die Variante 4 mit der reinraumtauglichen Zwischenbekleidung zeigte geringere Partikelzahlen als Variante 3 mit der Baumwoll-Zwischenbekleidung.

Fällt die reinraumtaugliche Zwischenbekleidung beim Stehen noch gar nicht allzu sehr ins Gewicht, so wird bei der gehenden Bewegung der Einfluss im Hinblick auf die Reduzierung von möglichen Kontaminationen ausgehend von der unter dem Overall getragenen Bekleidung umso eindeutiger. Eine Partikelreduktion bei der gehenden Bewegung von ca. 60 % konnte bei den kleineren Partikeln ($\geq 0,5 \mu\text{m}$) ebenso nachgewiesen werden, wie bei den etwas größeren Verunreinigungen ($\geq 5,0 \mu\text{m}$). Dass der Unterschied beim Stehen nicht ganz so signifikant ausfällt, ist der Vorteil der Filtrationseffizienz des Reinraumoveralls als Ganzes. Vergleicht man die Ausgangswerte der Varianten 1 und 3 (also jeweils mit der Baumwoll-Zwischenbekleidung), so ist die Effizienz des Overalls klar zu erkennen (Tabelle 3).

Was aber nicht minder interessant ist, ist die Aussage, dass Variante 2 (Reinraumkittel mit reinraumtauglicher Zwischenbekleidung) mit Variante 3 (Reinraumoverall mit Baumwoll-Zwischenbekleidung) vergleichbare Ergebnisse – zum Teil sogar bessere Werte – aufzeigen (Tabelle 4). Wenn also die Mitarbeiter aufgrund von Akzeptanzkriterien einen Reinraumoverall in Umgebungsbedingungen von ISO 7 – ISO 9 ablehnen, so wäre ein Reinraumkittel mit einer

reinraumgerechten Zwischenbekleidung aus Sicht der Kontaminationskontrolle eine akzeptable Alternative.

Fazit

Die Bachelorarbeit hat die Wichtigkeit und die Effizienz einer auf die Reinraumbedürfnisse angepassten Zwischenbekleidung eindeutig nachgewiesen und vorangegangene Studien in dieser Richtung erneut belegt. Insbesondere für Anwender in weniger kritischen Bereichen, wie

denen in Teilen der „Technischen Sauberkeit“, in „staubarmen“ Umgebungsbedingungen sowie in Reinräumen der Luftreinheitsklassen ISO 7 – ISO 9 ist der Einsatz von tauglicher Zwischenbekleidung eine geeignete Maßnahme, die von den Mitarbeitern ausgehende Kontamination einfach und zugleich in erheblichem Umfang zu reduzieren. Trotz erschwelter Luftbedingungen durch die in diesen Prozessbereichen turbulente Luftführung, können Risiken einer Kreuzkontamination (ausgehend von den Mitarbeitern) deutlich gesenkt werden.

Variante 1	Variante 2
Zwischenbekleidung 2-Teiler aus 100 % Baumwolle	Reinraumtaugliche Zwischenbekleidung 2-Teiler aus 100 % Polyester
Reinraumkittel aus hochwertigem Reinraumgewebe	
Kopfbedeckung ▶ Vlieseinweghaube	
Fußbereich ▶ Reinerschuhe + ▶ Reinersocke	

Abb. 2: Für die Body-Box-Studie mit Reinraumkitteln verwendete Materialien

Variante 3	Variante 4
Zwischenbekleidung 2-Teiler aus 100 % Baumwolle	Reinraumtaugliche Zwischenbekleidung 2-Teiler aus 100 % Polyester
Reinraumoverall aus hochwertigem Reinraumgewebe	
Kopfbedeckung ▶ Vlieseinweghaube	
Fußbereich ▶ Reinerschuhe + ▶ Reinersocke	

Abb. 3: Für die Body-Box-Studie mit Reinraumoveralls verwendete Materialien

Varianten	Stehen		Gehen	
	≥ 0,5 µm	≥ 5,0 µm	≥ 0,5 µm	≥ 5,0 µm
1 Reinraumkittel & Baumwoll-Zwischenbekleidung	7.711	12	359.609	4.949
2 Reinraumkittel & reinraumtaugliche Zwischenbekleidung	675	0	27.082	196

Tabelle 1:
Partikel pro m³ und Minute bei den Kombinationen Reinraumkittel mit verschiedener Zwischenbekleidung

Varianten	Stehen		Gehen	
	≥ 0,5 µm	≥ 5,0 µm	≥ 0,5 µm	≥ 5,0 µm
3 Reinraumoverall & Baumwoll-Zwischenbekleidung	596	11	49.575	198
4 Reinraumoverall & reinraumtaugliche Zwischenbekleidung	508	0	20.113	79

Tabelle 2:
Partikel pro m³ und Minute bei den Kombinationen Reinraumoverall mit verschiedener Zwischenbekleidung

Varianten	Stehen		Gehen	
	≥ 0,5 µm	≥ 5,0 µm	≥ 0,5 µm	≥ 5,0 µm
1 Reinraumkittel & Baumwoll-Zwischenbekleidung	7.711	12	359.609	4.949
3 Reinraumoverall & Baumwoll-Zwischenbekleidung	596	11	49.575	198

Tabelle 3:
Partikel pro m³ und Minute bei den Kombinationen Reinraumoverall und Kittel jeweils mit der Baumwoll-Zwischenbekleidung

Varianten	Stehen		Gehen	
	≥ 0,5 µm	≥ 5,0 µm	≥ 0,5 µm	≥ 5,0 µm
2 Reinraumkittel & reinraumtaugliche Zwischenbekleidung	675	0	27.082	196
3 Reinraumoverall & Baumwoll-Zwischenbekleidung	596	11	49.575	198

Tabelle 4:
Partikel pro m³ und Minute bei den Kombinationen Reinraumoverall mit der Baumwoll-Zwischenbekleidung und Reinraumkittel mit reinraumtauglicher Zwischenbekleidung



Die Autoren

Carsten Moschner,
Dr. Sarah Gaza und Anja Säger

Originalartikel veröffentlicht in
ReinRaumTechnik 1/2020

Alle Bilder © Dastex



**Dastex Reinraumzubehör
GmbH & Co. KG**

Draisstraße 23
76461 Muggensturm
DEUTSCHLAND
Telefon +49 7222 9696-60
Telefax +49 7222 9696-88
E-Mail info@dastex.com

www.dastex.com