

CLEAN GREENCYCLE

by Dastex.com



Alina Kopp, Head of R&D



Carsten Moschner



Eine neue Ära der Reinraumbekleidung

Recycling und Performance – Nachhaltige Bekleidungs-systeme erfüllen Reinraumanforderungen mühelos

Nachhaltigkeit und ein verantwortungsvoller Umgang mit Ressourcen gewinnen in der Reinraumtechnologie zunehmend an Bedeutung. Dies gilt nicht nur für die Technik, sondern selbstverständlich auch für die Reinraumbekleidung und alle sonstigen reinraumtauglichen Verbrauchsgüter. Die Umsetzung ist jedoch weitaus komplexer als im privaten Umfeld, da Reinraumbekleidung und Reinraumverbrauchsgüter strenge Anforderungen erfüllen müssen, um den Produktschutz sicherzustellen. Eine wachsende Anzahl an Herstellern verpflichtet sich, sowohl bei den Herstellungsprozessen als auch bei der Logistik – dem Lieferservice und der Abfallwirtschaft einen besonderen Fokus auf Nachhaltigkeit zu legen.

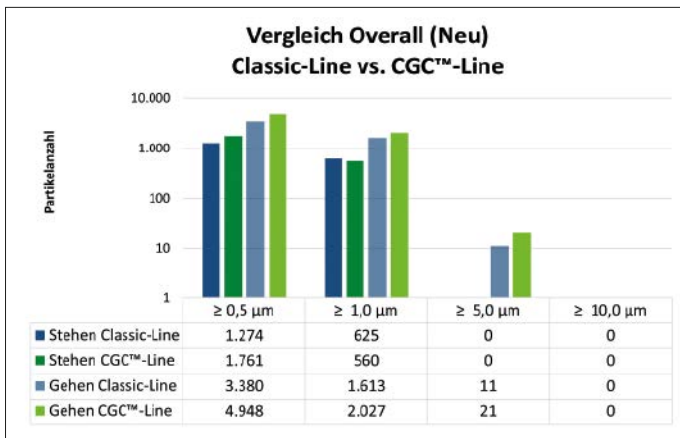


Abb. 1: Vergleich Overall (Neu) Classic-Line vs. CGC-Line

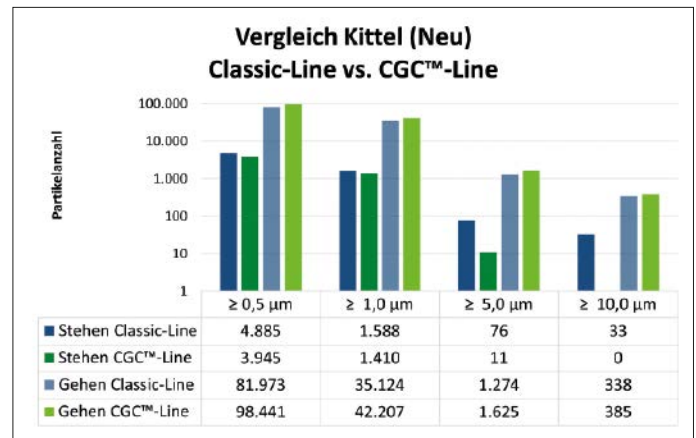


Abb. 2: Vergleich Kittel (Neu) Classic-Line vs. CGC-Line

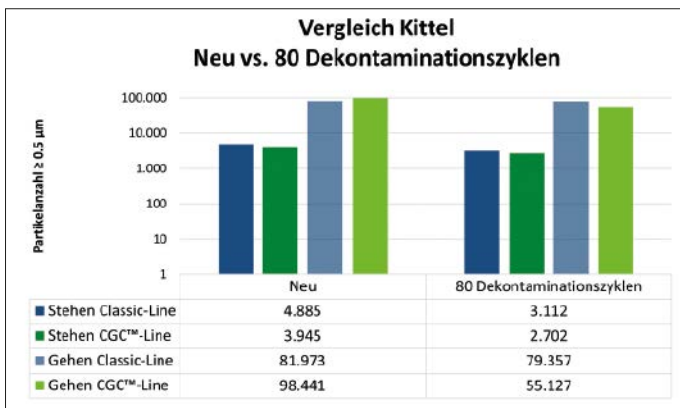


Abb. 3: Vergleich Kittel Neu vs. 80 Dekontaminationszyklen

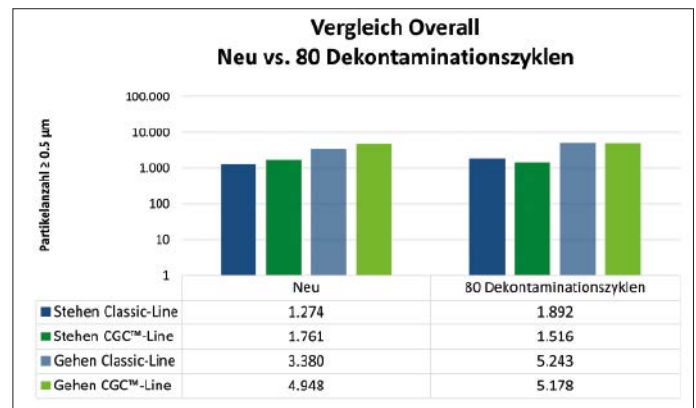


Abb. 4: Vergleich Overall Neu vs. 80 Dekontaminationszyklen

Trotz dieser Bestrebungen bleibt der Mut zu neuen Lösungsansätzen auf Anwender- und Betreiberseite begrenzt. Grundvoraussetzung für eine Umstellung bestehender Produkte ist eine geprüfte und nachgewiesene Qualität. Die entscheidende Frage bleibt: Welche umweltfreundlicheren Alternativen sind tatsächlich für den Einsatz in Reinräumen geeignet? Reinraumverbrauchsgüter sind meist aus synthetischen Stoffen, mehrfachverpackt und sollten aufwändig dekontaminiert sein. Ansatzpunkte liefern hier Produkte, welche für den wiederholten Einsatz geeignet sind. Könnten bspw. neue Verpackungsfolien zum Abdecken/Verpacken von Maschinen, Gegenständen, Produkten usw. durch eine wiederverwendbare Hülle aus Reinraumgewebe ersetzt werden. Eine Studie zur Effizienz und den Vorteilen solcher Ansätze wurde bereits veröffentlicht^[1].

Ein Recyclingansatz mit Potenzial: CleanGreenCycle

Dastex verfolgt seit vielen Jahren innovative Ansätze, wie die Entwicklung von Reinraumbekleidung aus recyceltem Material. Bereits Ende 2022 wurde in einer Veröffentlichung ein erstes reinraumtaugliches Gewebe vorgestellt, das ausgiebig durch die DITF Denkerdorf geprüft wurde und auch nach 50 Reinigungszyklen sehr gute Werte aufweist^[2]. Das Gewebe Dastat-REC, hergestellt aus PET Flakes – gewonnen aus wiederverwerteten Kunststoffflaschen – zeigte darüber hinaus

auch sehr gute Tragekomforteigenschaften sowohl was die Haptik des Textils betrifft als auch die Werte zu der Wasserdampfdurchlässigkeit. Auf den Lounges 2023 wurde das Textil dann erstmals im Markt breit vorgestellt. Außerdem erzielte das Projekt CleanGreenCycle – dessen Kernelement Reinraumgewebe aus Recyclingmaterial ist – den zweiten Platz bei der Auszeichnung Reiner!2023, dem Fraunhofer IPA Reinheitstechnik-Preis^[3].

Herausforderungen bei der Markteinführung

Daher erstaunt es sehr, dass bis heute kein Unternehmen diese Option nutzt bzw. im größeren Umfang die Reinraumbekleidung aus Recyclingmaterial in der Reinraumtechnik einsetzt. Obwohl die Reinraumbekleidung basierend auf den Untersuchungsergebnissen auch in einer Prozessumgebung mit der Luftreinheitsklasse ISO 5 (DIN EN ISO 14644-1) eingesetzt werden kann, gibt es nur wenig Engagement seitens der Industrie, die Recyclingbekleidung einzuführen, selbst in weniger kritischen Bereichen. Lediglich ein Unternehmen aus dem Bereich der Luft- und Raumfahrttechnik hat Mitte 2024 für einen kleinen Teilbereich erstmalig diese Bekleidung für das Servicepersonal angeschafft und sammelt derzeit erste Erfahrungswerte.

Die Zurückhaltung des Marktes scheint in einer eher „konservativen“ Haltung der Reinraumnutzer begründet zu sein, die die vermeintlichen „Risiken“ recycelter Produkte scheuen.

Schließlich hat noch kein anderer Reinraumanwender ein Bekleidungssystem aus recyceltem Material über einen längeren Zeitraum erfolgreich im Einsatz. Diese Zurückhaltung könnte jedoch das Potenzial untergraben, ehrgeizige Umweltziele zu erreichen und gleichzeitig das Unternehmensimage zu verbessern. Zudem trägt möglicherweise eine gewisse Skepsis gegenüber der Qualität von Reinraumbekleidung aus recycelten Materialien zu dieser Zurückhaltung bei, was Fragen wie „Kann ein hochwertiges Reinraumbekleidungsstück tatsächlich aus recycelten Materialien hergestellt werden?“ aufwirft.

Die Antwort auf diese Frage lautet eindeutig „Ja“. Die umfassenden Untersuchungen an den DITF Denkerdorf haben bereits belegt, dass das Reinraumgewebe Dastat-REC hohe Reinraumanforderungen erfüllt, auch nach 50 Wasch- bzw. Dekontaminationszyklen. Aufbauend auf dieser Grundlage führte Dastex über einen längeren Zeitraum in der firmeneigenen Body-Box entsprechende Testreihen mit Reinraumbekleidung aus Recyclingmaterial durch. Die Body-Box Messmethode in Anlehnung an die Beschreibungen aus der IEST-RP-CC003.5 ist nach wie vor die einzige praxisnahe Testmethode, die es ermöglicht, komplette Bekleidungssysteme unter realitätsnahen Bedingungen vergleichend zu bewerten. Dastex hat die Methode sowohl im Aufbau der Body-Box als auch im Bereich der durchzuführenden Bewegungsabläufe weiter verbessert, um die Realitätsnähe zu erhöhen und belastbare Ergebnisse

zu gewährleisten (weitere Informationen hierzu sind auf Anfrage erhältlich).

Untersuchung der Bekleidungssysteme

In der vorliegenden Studie wurden Bekleidungssysteme im Neuzustand (nach einmaliger fachgerechter Dekontamination) mit solchen verglichen, die 80 Dekontaminationszyklen durchlaufen haben. Zwei unterschiedliche Bekleidungssysteme wurden untersucht:

- Bekleidungssystem „Kittel“: bestehend aus Reinraumsocken, Reinraumzwischenbekleidung (Hose und langärmeliges Oberteil) und einem Kittel.
- Bekleidungssystem „Overall“: bestehend aus Reinraumsocken, Reinraumzwischenbekleidung (Hose und langärmeliges Oberteil), Overall, Vollschutzhaube und Überziehtiefeln.

Hinweis: Die Reinraumzwischenbekleidung, gefertigt aus HT-REC, sowie die Reinraumsocken bestehen ebenfalls aus recyceltem Material.

Die Leistung beider Systeme wurde in den unterschiedlichen Zuständen (Neu und nach 80 Dekontaminationszyklen) sowie zwischen den Linien CleanGreenCycle und der Classic-Linie verglichen.

Ergebnisse und Hypothesenprüfung

Die Ergebnisse, dargestellt in der Abb. 1 – Vergleich Overall (Neu) Classic-Linie vs. CGC-Linie, zeigen im direkten Vergleich minimale Unterschiede: Gehen 3.380 Partikel $\geq 0,5 \mu\text{m}$ (Classic) vs. 4.984 Partikel $\geq 0,5 \mu\text{m}$ (CGC). Wird ein direkter Vergleich im Stehen gezogen – bspw. Abb. 2 – Vergleich Kittel (Neu) Classic-Linie vs. CGC-Linie, so kann hier kein signifikanter Unter-

schied zwischen den beiden Bekleidungssystemen erkannt werden (Stehen 4.885 Partikel $\geq 0,5 \mu\text{m}$ (Classic) vs. 3.945 Partikel $\geq 0,5 \mu\text{m}$ (CGC).

Zur besseren Übersicht wurde in Abb. 3 – Vergleich Kittel Neu vs. 80 Dekontaminationszyklen und Abb. 4 – Vergleich Overall Neu vs. 80 Dekontaminationszyklen nur der Partikelgrößenbereich $\geq 0,5 \mu\text{m}$ dargestellt.

Bei näherer Betrachtung werden zum einen die bisherigen Ergebnisse der Classic-Linie bestätigt. Die Differenz zwischen den gemittelten Partikelwerten im Neuzustand von 81.973 Partikel $\geq 0,5 \mu\text{m}$ und 79.357 Partikel $\geq 0,5 \mu\text{m}$ ist nicht signifikant, was eine konsistente Leistung der Textilien belegt. Identisch hierzu konnte im Rahmen dieser umfassenden Untersuchung nachgewiesen werden, dass die CleanGreenCycle-Serie keine signifikanten Verschlechterungen über den Lebenszyklus aufweist. Beim Bekleidungssystem Overall im Neuzustand liegen die durchschnittlichen Werte bei 4.948 Partikel $\geq 0,5 \mu\text{m}$ (CGC) und nach 80 Dekontaminationszyklen bei 5.178 Partikel $\geq 0,5 \mu\text{m}$ (CGC). Diese Ergebnisse bestätigen, dass die CGC-Linie unter realitätsnahen Bedingungen über den gesamten Lebenszyklus die gewünschten Reinheitsanforderungen, in Abhängigkeit von den jeweiligen Prozessanforderungen, zuverlässig erfüllt.

Allgemeiner Hinweis: Alle oben aufgeführten Partikelzahlen sind hochgerechnet auf die sich in der Body-Box insgesamt befindenden Partikel. Das heißt, die Messwerte wurden nicht nur auf m^3 hochgerechnet, sondern auch in das Verhältnis zur Luftwechselrate gesetzt (nähere Informationen auch hierzu auf Anfrage.)

Fazit: Nachhaltigkeit und Reinheit vereint

Die Ergebnisse zeigen, dass die CleanGreenCycle-Linie eine mit der Classic-Linie vergleichbare Leistungsfähigkeit bietet, sowohl im Neuzustand als auch nach 80 Dekontaminationszyklen. Die Hypothesen, dass die Recyclinglinie die Reinraumanforderungen erfüllt und ihre Leistung über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg aufrechterhält, wurde bestätigt.

Die Kombination aus geprüfter Raumleistung und Nachhaltigkeit macht die CGC-Linie zu einer zukunftsorientierten Option für Anwender, die sowohl technische als auch umwelttechnische Anforderungen erreichen möchten.

Literatur

- [1] Schutz von kritischen Komponenten vor Oberflächenkontaminationen, Teil 1 und 2, Kopp/Moschner/Müller, cleanroom&processes Ausgabe 1+2/2024, Editio Cantor Verlag, Aulendorf
- [2] Mehrwegreinraumbekleidung aus Recyclat – geht das?, Moschner, Reinraumtechnik 5/2022, GIT Verlag
- [3] Auszeichnung für Reinraumbekleidungssystem, Reinraumtechnik 3/2023, GIT Verlag

KONTAKT

Alina Kopp

Dastex Group GmbH, Muggensturm
Tel.: +49 7222 9696-333
a.kopp@dastex.com
www.dastex.com

CMC3

Carsten Moschner
c.moschner@cmc3.de
www.dastex.com

Piepenbrock 

 **Reinraum**

GMP-Reinraumschulung mit Virtual Reality

Nehmen Sie Ihre Weiterbildung in die Hand. Werden Sie Experte im aseptischen Reinraumbereich. Erleben Sie Theorie und Praxis verbunden mit Virtual-Reality-Training – offizielles Abschlusszertifikat inklusive.

Einblicke gefällig? Treffen Sie uns auf der **LOUNGES** in Karlsruhe. Am 25. bis 27. März, Stand H3.5



Foto: © Innerspace