

# ReinRaum Technik

STERILTECHNIK  
HYGIENE  
PRODUKTION

2

27. JAHRGANG  
MAI 2025



Per Reinraumtechniker  
durch die Galaxis  
Dr. Gernod Dittel

Effizienz von Schutzmasken  
Lucas Schumann,  
Prof. Dr.-Ing. Martin Kriegel

Reinraum-Tücher-Ökologie  
Win Labuda

WILEY

# WILEY



© Scanrail: statlineart - stock.adobe.com

# Erleben Sie die Zukunft des Lesens: Von Print zu Digital



Die Umstellung von Print auf Digital ist ein bedeutender Schritt in die Zukunft des Lesens. Sie bietet die Möglichkeit, die Reichweite zu erweitern und den Lesern ein modernes, interaktives und umweltfreundliches Leseerlebnis zu bieten.

Jetzt kostenlos für die digitale Ausgabe/Newsletter registrieren:



Kontakt Redaktion: [processtechnology@wiley.com](mailto:processtechnology@wiley.com)

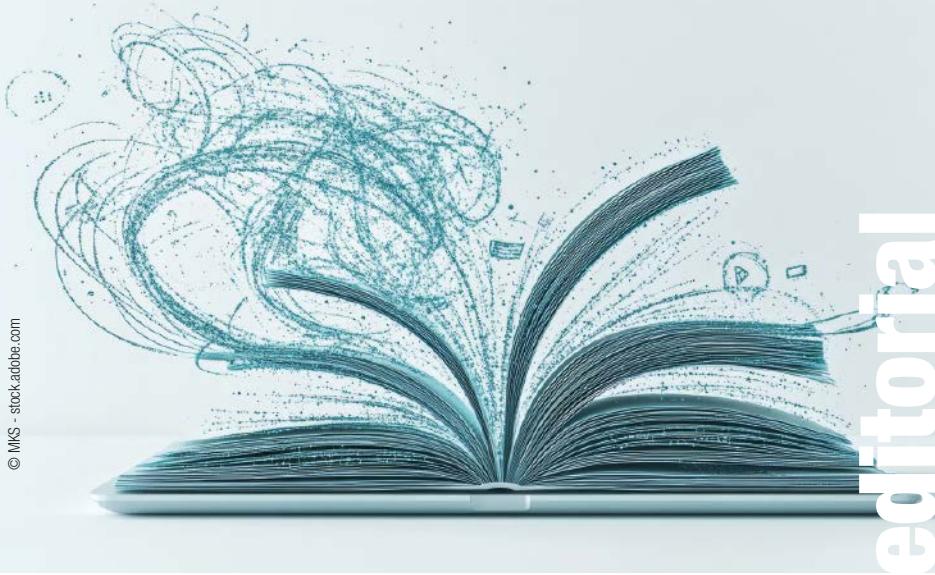
#### Kontakte Verkauf:

**Hagen Reichhoff**  
+49 (0) 6201 606 001  
[hreichhoff@wiley.com](mailto:hreichhoff@wiley.com)

**Stefan Schwartze**  
+49 (0) 6201 606 491  
[sschwartze@wiley.com](mailto:sschwartze@wiley.com)

[processtechnology.wiley.com](http://processtechnology.wiley.com)

**ReinRaum  
Technik**  
STERILTECHNIK  
HYGIENE  
PRODUKTION



# ReinRaumTechnik goes... digital

Liebe Leserinnen und Leser,

heute halten Sie die letzte gedruckte Ausgabe der ReinRaumTechnik in den Händen.

Bei Wiley verfolgen wir konsequent unsere Digitalstrategie und setzen auf Nachhaltigkeit, digitale Kanäle und schnelle, zielgruppengerechte Kommunikation.

Auf unserem neuen Online-Portal Wiley Process Technology (WPT) wird es umfassende Informationen zum Thema ReinRaum Technik geben, eingebettet in den Kontext aller prozessrelevanten Themen für die Chemie, Pharma und Lebensmittelindustrie. Dort finden Sie stets aktuelle Fachartikel, Applikationsberichte, News und virtuelle Events – übersichtlich aufbereitet in Themendossiers und natürlich mit Sponsoring- und Lead-Generation-Optionen für die werbetreibende Industrie.

Anstelle von vier Ausgaben im Jahr freuen Sie sich zukünftig auf sieben digitale Newsletter, die Ihnen die wichtigsten News und Highlights direkt in Ihr Postfach liefern. Diese Newsletter erscheinen jeweils begleitend zu Branchen-events wie Lounges, Ilmac, Parts2Clean, Semicon, Cleanzone oder CPHI. Melden Sie sich noch heute an und werden Sie Teil unserer wachsenden Community.



[https://processtechnology.wiley.com/  
de/newsletter/register.html](https://processtechnology.wiley.com/de/newsletter/register.html)

Nun wünsche ich Ihnen viel Vergnügen bei der Lektüre dieser ReinRaumTechnik-Ausgabe mit vielen Highlights: Freuen Sie sich auf einen Fachartikel von Win Labuda über die Ökologie von Reinraum-Wischtüchern, einen Ausblick auf zukünftige Entwicklungen der Reinraum-Branche von Dr. Gernod Dittel sowie eine Übersicht zu Trends im Containment zusammengestellt von Dr. Martin Schöler und Dr. Rainer Nicolai.

Ich verabschiede mich an dieser Stelle zum letzten Mal in Papierform mit den besten Wünschen für Sie und bedanke mich für Ihre Treue.

Wir sehen uns bald wieder – digital!

**Herzlichst Ihr**  
Roy T. Fox



Roy T. Fox

**REIN-RAUM**

**MEHRWEGBEKLEIDUNG**  
**VERBRAUCHSGÜTER**  
**REINRAUMTECHNIK**  
**MESSTECHNIK**  
**PARTIKELVISUALISIERUNG**  
**DIENSTLEISTUNGEN**

# Inhalt ReinRaum Technik 2/25

STERILTECHNIK  
HYGIENE  
PRODUKTION

27. JAHRGANG  
MAI 2025



## EDITORIAL

### 3 ReinRaumTechnik goes digital

Dr. Roy T. Fox

## VERANSTALTUNGEN

- 10 Bauteilreinigung –  
Schlüsseltechnologie der Zukunft  
33. Fachtagung Industrielle Bauteilreinigung  
Regine Henzler

## 12 Nachlese PharmaCongress 2025

Axel Schroeder

## TRENDBERICHT

- 14 Per Reinraumtechniker  
durch die Galaxis  
Wie Reinraumtechnik unsere Lebenswelt  
verändert und Innovationen möglich macht  
Dr. Gernod Dittel

## CONTAINMENT

- 18 Optimales Design mittels  
CFD-Simulation  
Zeit und Kosten durch ein optimiertes  
Design sparen  
Benjamin Pfändler

## 22 Trends im Containment

Zwischen steigenden Anforderungen  
und innovativen Lösungen  
Dr. Martin Schöler, Dr. Rainer Nicolai

## PHARMA

### 25 Neue MLD Advanced für RTU-Spritzen

Innovative Kombination  
bewährter Technologien

Marcus Burkert

## PARTIKELMONITORING

### 26 Effizienz von Schutzmasken

Rückhaltevermögen von respiratorischen  
Partikeln beim Ausatmen

Lukas Schumann, Prof. Dr.-Ing. Martin Kriegel

### 30 Annex 1 konforme Reinraum Monitoring Trendanalysen

Dr.-Ing. Peter Becker

## VERBRAUCHSMATERIALIEN

### 32 Reinraum-Tücher-Ökologie

Zwischen Nachhaltigkeit,  
Partikelfreisetzung und Preis  
Win Labuda

### 39 Spezialhandschuhe für anspruchs- vollste Reinraumanwendungen

## REINRAUMBAU

### 40 Umbau im Bestand

Projekte im Krankenhaus-  
und Reinraumbereich  
Christian Lorenz

## 42 Klimatests in der Praxis

Heiko Walter, Christian Schöner

NEWS  
PRODUKTE  
TERMINE

6–9  
41, 43–47  
49

INDEX/IMPRESSIONUM

3. US



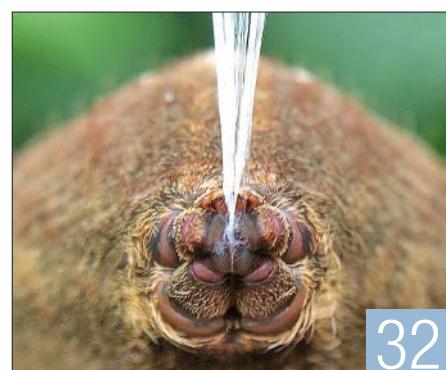
26



14



22



32



## Erleben Sie die Zukunft des Lesens: Von Print zu Digital



processtechnology.  
wiley.com

### Beilagenhinweis:

Diese Ausgabe enthält eine Beilage der Firma RCT Reichelt Chemietechnik GmbH + Co. Wir bitten um freundliche Beachtung.



© XYZ+ stock.adobe.com

WILEY

**Willkommen im Wissenszeitalter.**  
Wiley pflegt seine 200-jährige Tradition durch Partnerschaften mit Universitäten, Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Gesellschaften und Einzelpersonen, um digitale Inhalte, Lernmittel, Prüfungs- und Zertifizierungsmittel zu entwickeln. Wir werden weiterhin Anteil nehmen an den Herausforderungen der Zukunft – und Ihnen die Hilfestellungen liefern, die Sie bei Ihren Aufgaben weiterbringen. Die ReinRaumTechnik ist ein wichtiger Teil davon.

# MASTER OF PURITY

reinraumtechnik

## HiTech-Wischmittel

MADE IN GERMANY

CLEAR & CLEAN Werk für Reintechnik GmbH

info@clearclean.de www.cleanboss.de



## NEUE GESCHÄFTSFÜHRUNG

Zum 1. April 2025 hat Dr. Natalie Brandenburg die Geschäftsführung des Deutschen Verpackungsinstituts (dvi) übernommen. Das Netzwerk der Verpackungswirtschaft freut sich auf eine erfahrene Führungskraft mit besonderer Expertise in Netzwerkarbeit, Sustainability, Leadership und Change Management, die unterschiedliche Perspektiven aus der Wertschöpfungskette zusammenbringen und Raum für die Entwicklung innovativer Ansätze schaffen wird. „Dr. Natalie Brandenburg ist durch ihre mehrjährige verantwortliche Tätigkeit bei einer systemischen Organisationsberatung eine dynamische Gestalterin von Veränderungs- und Lösungsfindungsprozessen mit besonderer Expertise in Sustainability, Leadership und Change Management. Sie verfügt über Erfahrung und Geschick, Teams in sich verändernden Umwelten zu führen, steht für offene Kommunikation, ist als Mediatorin geübt, komplexe soziale Situationen zu navigieren und begreift das Vernetzen von Menschen als Schlüssel für neue Ideen und innovative Lösungen. Damit passt sie perfekt zum Deutschen Verpackungsinstitut. Wir freuen uns als Vorstand und gemeinsam mit dem gesamten Team der Geschäftsstelle sehr auf die Zusammenarbeit. Wir sind überzeugt, dass Frau Dr. Brandenburg das dvi mit ihrer positiven Energie und Umsetzungsstärke weiterentwickelt und in der Öffentlichkeit hervorragend repräsentiert. Sie wird dafür sorgen, dass unsere Mitgliedsunternehmen auch in Zukunft wichtige Dienstleistungen und entscheidende Impulse aus dem dvi erhalten“, so dvi-Vorstandsvorsitzender Thomas Reiner.

[www.verpackung.org](http://www.verpackung.org)



## WACHSENDE HALBLEITERBRANCHE

Der sächsische Spezialist für Industriegase Air Liquide Electronics konnte sein Kundenportfolio in den letzten Monaten weiter ausbauen. Um anstehende Großprojekte aus der Halbleiterbranche noch effektiver zu koordinieren, wurde deshalb ein neues Büro in der Nähe des Dresdner Flughafens eröffnet. Geschäftsführer Wolfgang Steiner erklärt dazu: „Wir haben uns das Airport-Büro aufgrund der perfekten Lage bereits vor einem guten Jahr gesichert. Momentan arbeiten hier drei bis vier Kollegen. Da jetzt auch die anvisierten neuen Großprojekte beginnen, werden wir mehr und mehr von hier aus arbeiten. In der Hochphase werden in dem Büro bis zu 25 Experten beschäftigt sein.“ Bei den Kollegen am Flughafen handelt es sich zunächst hauptsächlich um Projektentwickler. Ihre Aufgabe ist es, gemeinsam mit den Kunden die Anlagen und dazu unzählige Kilometer an Gasleitungen zu planen, die eine Halbleiterfabrik mit den notwendigen hochreinen Gasen versorgen. Dazu gehören bspw. Sauerstoff oder Stickstoff. Gewonnen werden diese Gase künftig direkt beim Kunden vor Ort durch unsere Luftzerlegungsanlagen. Für den Betrieb solcher Anlagen wird dabei eine ganze Reihe von Ressourcen wie Strom, Kühlwasser oder Erdgas benötigt. Auch das gilt es zusammen mit den Kunden zu planen. Viele Elemente der zukünftigen Luftzerlegungsanlagen werden weltweit an unterschiedlichen Air-Liquide-Standorten zusammengebaut. Vom Team am Flughafen wird dann die Koordinierung der Einzelteile und der Aufbau der jeweiligen Anlage betreut. Im laufenden Betrieb übernehmen die Experten dann die Analytik.



## INSTANDHALTUNG UND REINIGUNG VON RLT-ANLAGEN

Die Arbeitsgruppe „Instandhaltung und Reinigung von RLT-Anlagen“ des Fachverbandes Gebäude-Klima (FGK) hat bei ihrer Sitzung am 8. April 2025 in Frankfurt am Main Dr. Katharina Conzelmann, Dr. Hartmann Chemische Fabrik – Apparatebau, einstimmig zur stellvertretenden Vorsitzenden gewählt. Zdenko Engl, Gesc Hygiene + Instandhaltung, ist weiterhin Vorsitzender der Arbeitsgruppe. In der Doppelspitze sind damit sowohl die Wasseraufbereitung als auch die Lüftungstechnik vertreten. „Ich bedanke mich für das Vertrauen und freue mich darauf, als stellvertretende Vorsitzende der Arbeitsgruppe daran mitzuwirken, dass unsere Themen in der Öffentlichkeit stärker wahrgenommen werden“, so Dr. Conzelmann. Ein wichtiges Ziel ist, die Öffentlichkeit dafür zu sensibilisieren, dass Reinigung und Instandhaltung wasserführender und raumluftechnischer Anlagen nicht zu vernachlässigen sind. RLT-Anlagen sorgen energieeffizient für eine hohe Raumluftqualität. Um dies über den gesamten Lebenszyklus sicherzustellen, ist wie bei anderen technischen Systemen eine regelmäßige Wartung erforderlich.

[www.fgk.de](http://www.fgk.de)

[www.airliquide.com](http://www.airliquide.com)

## INNOVATIONEN AUSGEZEICHNET

Die Gewinner des Wettbewerbs für flexible und gedruckte Elektronik „OE-A Competition“ und der „LOPEC Start-up Competition“ wurden auf der LOPEC 2025 prämiert. Die OE-A Competition zeigt in diesem Jahr besonders viele nachhaltige Lösungen für den Smart-Living-Markt. 20 Einreichungen aus aller Welt traten beim OE-A-Wettbewerb an. Von smarten Pflastern für das Gesundheitswesen über sicherere Wasserstofftanks bis hin zu neuen Beleuchtungskonzepten: Auf der LOPEC 2025, der internationalen Fachmesse und Konferenz für gedruckte Elektronik in München, wurden die innovativen Demonstratoren gezeigt und damit das Potenzial der flexiblen und gedruckten Elektronik bestätigt. Der Wettbewerb wird jährlich von der OE-A (Organic and Printed Electronics Association), einer internationalen Arbeitsgemeinschaft im VDMA, organisiert. Die Jury, bestehend



aus Experten internationaler Unternehmen und Institute, bewertete die 20 Einreichungen in drei Kategorien. „Der diesjährige Wettbewerb verdeutlicht welche Möglichkeiten die flexible und gedruckte Elektronik insbesondere im Bereich Smart Living eröffnet. Zahlreiche der eingereichten Produkte bieten intelligente Lösungen für den Alltag und legen dabei einen starken Fokus auf Nachhaltigkeit“, so Dr. Klaus Hecker, Geschäftsführer der OE-A. Die Preise wurden im Rahmen der LOPEC Award Show an folgende Gewinner überreicht: Health patch development platform, Unternehmen, Fully additive manufactured light bulb, FAPS, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Hydrogen tanks shock and fatigue detection sensors, Piezotech Arkema, Frankreich und Smart hard hat, CeNTI, Portugal.

[www.oe-a.org](http://www.oe-a.org)

## 100 % ERNEUERBARE ENERGIE

Kimberly-Clark, einer der weltweit führenden Hersteller von Körperpflege- und Hygieneprodukten, hat bekannt gegeben, dass sein Werk in Koblenz weltweit die erste Produktionsstätte für Papiertücher des Unternehmens ist, die zu 100 % auf erneuerbare Energien umstellen wird. Der Standort wird seinen Wärmebedarf elektrisch decken und seinen Strombedarf über ein Portfolio europäischer Stromabnahmeverträge für erneuerbare Energien außerhalb des Werks abdecken. Die Umstellung soll bis spätestens 2029 abgeschlossen sein. Dieser Schritt wurde durch einen Zuschuss des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im Rahmen des Förderprogramms für Klimaschutzverträge (CCFD) sowie durch die kürzlich von K-C bekannt gegebenen europäischen Stromabnahmeverträge für mehrere Länder ermöglicht.

Infogedessen werden Toilettenpapier, Handtücher und Wischtücher der Marken Kleenex, Scottex, Scott, WypAll, Page und Hakle, die im Werk in Koblenz hergestellt werden, mit deutlich weniger Kohlenstoffemissionen produziert. „Die Ankündigung unseres weltweit ersten Kimberly-Clark-Werks für die Papierherstellung, das zu



100 % aus erneuerbaren Energien gespeist wird, ist ein unglaublicher Meilenstein, der zeigt, wie wir auf unserem Weg der Dekarbonisierung durch innovative, branchenübergreifende Zusammenarbeit weiter vorankommen“, so Lisa Morden, Chief Sustainability Officer bei Kimberly-Clark.

[www.kcprofessional.de](http://www.kcprofessional.de)

NEWS

**Dream big.  
Start small.**



**SYNTEGON**

**Versynta microBatch.  
Kleinste Chargen,  
große Wirkung.**

Entdecken Sie Versynta microBatch – unsere neue handschuhlose Produktionszelle. Sie sorgt für hohen Ausbeute und schnelle Chargenwechsel, auch bei allen gängigen RTU-Behältnissen.

Erfahren Sie, wie die Annex 1-konforme, vollautomatisierte Anlage neue Maßstäbe in der Kleinchargenproduktion setzt – und erleben Sie maximale Flexibilität auf kleinstem Raum.



## NEUE PRÜFKAPAZITÄTEN FÜR INNOVATIONEN UND SICHERHEIT

TÜV Süd investiert weiter in seine Prüfkapazitäten für Innovationen, Qualität und Sicherheit von Produkten und erweitert sein Labor in Frankfurt am Main. Mit dieser Erweiterung stärkt TÜV Süd seine Position als führender Anbieter unabhängiger Prüf- und Zertifizierungsdienstleistungen. Das Frankfurter Labor, gegründet im Jahr 1990 mit 16 Mitarbeitenden und heute auf fast 100 Mitarbeitende angewachsen, ist ein zentraler Bestandteil des globalen Netzwerks und bietet ein breites Spektrum an Prüfleistungen für verschiedene Industrien. Zu den bestehenden Services gehören im Kompetenzbereich „Elektro/Mechanik“ umfassende Prüfungen von elektrischen und mechanischen Werkzeugen, elektrischen Komponenten, einschließlich Kabeltrommeln, Mehrfachsteckdosen und Installationszubehör, elektrischen und mechanischen Reinigungsgeräten sowie Hochdruck- und Pumpensystemen. Im Kompetenzbereich „Gebrauchstauglichkeit Werkzeuge“ gehören Prüfungen von Werkzeugen und Lebensdauertest-Simulationen zum Spektrum. Außerdem ist Frankfurt ein wichtiger Standort im Kompetenzbereich „Spezialprüfung Batterien/Akkus“ und für Chemische Prüfungen. Im Bereich Elektromobilität setzt TÜV Süd neue Maßstäbe: Das Labor kann nun auch KFZ-Ladestecker prüfen und dabei Aspekte wie elektrische Sicherheit, mechanische Belastbarkeit und Wetterbeständigkeit bewerten. Ergänzend dazu sind nun auch Überfahrprüfungen möglich, bei denen Ladestecker und andere Bauteile Belastungstests unterzogen werden, um deren Widerstandsfähigkeit und Langlebigkeit sicherzustellen. Ebenso wurden die Prüfkapazitäten für Elektrowerkzeuge signifikant ausgebaut, um Herstellern eine noch umfassendere Bewertung hinsichtlich Qualität, Haltbarkeit und Sicherheit ihrer Produkte zu ermöglichen.



[www.tuvsud.com](http://www.tuvsud.com)

## VORSTANDSWAHL

Der VDMA Fachverband Allgemeine Lufttechnik hat auf seiner Mitgliederversammlung in Berlin am 11. April turnusgemäß einen neuen Vorstand gewählt. Dr. Urs Herding, CEO Herding Filtertechnik und bislangstellvertretender Fachverbandsvorsitzender, ist neuer Vorstandsvorsitzender des VDMA Fachverbands Allgemeine Lufttechnik und folgt damit auf Udo Jung, Vorstand Trox Group, der den Fachverband seit 2021 erfolgreich geführt hat. Zentrale Aufgaben sieht der neue Vorstand im Bereich der Bürokratie- und Berichtspflichten. „Im internationalen Wettbewerb zählt vor allem: Tempo bei Innovationen. Unternehmen brauchen zudem Freiräume, um sich global zu behaupten – keine lähmenden Strukturen. Viele fordern beim Thema Wettbewerbsfähigkeit staatliche Förderungen, doch was uns wirklich voranbringt, ist der Abbau von Bürokratie“, betonte Dr. Herding. Eine neue VDMA-Studie zeigt, dass in kleineren Betrieben 6,3 % des Jahresumsatzes auf bürokratischen Aufwand entfallen – „dies ist ein echter Bremsklotz für Wachstum und Fortschritt“, so Dr. Herding. Der Koalitionsvertrag mit dem Versprechen von spürbarem Bürokratieabbau sowie die EU-Omnibusverfahren machen jedoch vorsichtig Hoffnung auf Veränderung. „Mein Ziel ist es, diese Chancen zur Realität werden zu lassen. Als Vorstand des Fachverbands Allgemeine Lufttechnik im VDMA werde ich mich in den kommenden Jahren dafür engagieren, dass wir diese Reformen nicht nur in und mit der Politik diskutieren, sondern auch auf die Umsetzung bestehen – für mehr Dynamik, mehr Freiheit und mehr Zukunft im deutschen und europäischen Maschinen- und Anlagenbau“, so Dr. Herding.



[www.vdma.org](http://www.vdma.org)

news

## DESIGNPREIS BADEN-WÜRTTEMBERG „FOCUS SILVER“

Syntegon hat den Internationalen Designpreis Baden-Württemberg „Focus Silver“ für seine RMA-Montagelösung (Range Manual Assembly) für Pens und Autoinjektoren erhalten. Entwickelt für klinische Studien und die Kleinserienproduktion, überzeugte die

RMA die Jury mit besonderer Benutzerfreundlichkeit und optimierten Abläufen. Damit setzt sie einen neuen Maßstab für intuitives Maschinen- und Design in der Pharmaindustrie. Das Design der RMA vereinfacht die Bedienung durch eine erhöhte Automatisierung, ein intuitiv bedienbares Regalsystem und die Unterstützung mehrerer Formatsätze. Durch die Reduzierung von Komplexität und die Optimierung von Arbeitsabläufen bietet Syntegon mit der Montagelösung langfristigen Mehrwert für Hersteller einer Vielzahl pharmazeutischer Produkte, wie Antidiabetika und Medikamente zur Gewichtskontrolle. Das RMA-System ermöglicht Pharmaherstellern die Montage kleiner Chargen von Systemen zur Arzneimittelverabreichung gemäß regulatorischen Anforderungen. Dies ist ein wichtiger Schritt, bevor die Produktionskapazität für eine Markteinführung mit Hochleistungsmontagesystemen erhöht wird. „Der starke Fokus auf die Nutzererfahrung unter Einbindung von Kunden-Feedback sowie die enge Zusammenarbeit zwischen unseren Industrial-Design- und Design-Thinking-Teams waren entscheidend für den Erfolg dieses Projekts“, so Simon Ryman, Head of Engineering am Syntegon-Standort Sandved (Dänemark), der bei der Entwicklung des preisgekrönten Designs von der Agentur whitelD unterstützt wurde. „Diese Auszeichnung bestätigt unser Bestreben, Funktionalität mit einer intuitiven Benutzeroberfläche zu verbinden.“

© Syntegon



[www.syntegon.com](http://www.syntegon.com)

## VORSICHTIGES WACHSTUM UND STRATEGISCHE INVESTITIONEN

Während die Unternehmen der flexiblen und gedruckten Elektronik vorsichtig in das Jahr 2025 blicken, gibt es ein deutliches Vertrauen in das langfristige Wachstum, insbesondere in den wichtigen Endverbraucherbranchen wie der Unterhaltungselektronik, der Automobilindustrie und dem Gesundheitswesen“, so Dr. Alain Schumacher, OE-A Vorsitzender und CTO von IEE in Luxemburg, bei der Vorstellung der Ergebnisse der OE-A Geschäftsklimaumfrage auf der LOPEC Pressekonferenz am 26. Februar in München. Die Erwartungen für die flexible, organische und gedruckte Elektronikindustrie haben sich im Vergleich zu früheren Umfragen verschlechtert. Die OE-A Mitglieder erwarten nun ein Umsatzwachstum von 9 % in diesem Jahr, im Vergleich zu 17 % Wachstum in der letzten Umfrage. „Obwohl die Wachstumsprognose für 2025 nach unten korrigiert wurde, verfolgen die Unternehmen einen strategischen Ansatz, der sich auf Innovation und langfristige Investitionen konzentriert, um wirtschaftliche Unsicherheiten zu überwinden. Diese zukunftsorientierte Denkweise spiegelt sich in einer optimistischeren Prognose für 2026 mit einem erwarteten Wachstum von 13 % wider“, fügte Schumacher hinzu. Die halbjährliche OE-A Geschäftsklimaumfrage erfasst Daten von OE-A Mitgliedern entlang der gesamten Wertschöpfungskette, einschließlich F&E-Instituten, Materiallieferanten, Herstellern und Endanwendern. Sie liefert qualitative Daten zu Umsatz, Auftragseingang, Investitionen und Beschäftigung. Die Umfrage wird von der OE-A (Organic and Printed Electronics Association), einer internationalen Arbeitsgemeinschaft im VDMA, durchgeführt.

[www.oe-a.org](http://www.oe-a.org)



## STUDIE ZUM DISKONTINUIERLICHEN MONITORING IN REINRÄUMEN

Das diskontinuierliche Monitoring der Luft- und Keimreinheit in GMP-Reinraumklassen B, C und D und insbesondere die Report erstellung ist komplex und arbeitsintensiv. Traditionelle Methoden erfordern manuelle Datenerfassung und Papierprotokolle, was zu Fehlern und Zeitverlust führt. Das Fraunhofer IPT und die Firma Eurogard laden Unternehmen aus GMP-regulierten Bereichen wie der Pharma-, Medtech- und Biotech-Branche ein, an einer richtungsweisenden Studie zur Optimierung des diskontinuierlichen Monitorings in Reinräumen teilzunehmen. Ziel der Studie ist es, Best Practices des diskontinuierlichen Partikel-, Filter- und KBE-Monitorings zu entwickeln, regulatorische Anforderungen der EU-GMP-Leitlinien zu integrieren und innovative Lösungen zu erarbeiten, die die Prozesssicherheit, Data Integrity sowie Zeit- und Kosteneffizienz steigern. Durch die Teilnahme profitieren Teilnehmer von einem moderierten Community-Austausch unter Experten, um Herausforderungen, Risiken und Lösungsansätze zu erörtern. Die Studienergebnisse werden detailliert aufbereitet und eine Gap-Analyse zu Ist-Prozessen angeboten. Weitere Informationen finden sich auf der Homepage.

[www.upt.fraunhofer.de](http://www.upt.fraunhofer.de)



**DRRI | DEUTSCHES REINRAUMINSTITUT e.V.**

## JAHRESHAUPTVERSAMMLUNG DES DRRI 2025

Das Deutsche Reinraum-Institut (DRRI) hält am 05. Juni 2025 seine Jahreshauptversammlung ab. Das Treffen findet in Räumlichkeiten der Firma Streicher in Degendorf statt. Seit einem Jahr ist Herr Lukas Holzinger Vorsitzender. Auf der Tagesordnung der diesjährigen Veranstaltung stehen unter anderem der Bericht des Vorstandes, aktuelle Aktivitäten, Organisatorisches sowie die Aussprache der Mitglieder. Weitere Informationen finden Sie auf der Homepage des DRRI.

[www.reinraum-institut.de](http://www.reinraum-institut.de)

# news

# BSR



**Beratung & Service im Reinraum**

**SPEZIALISTEN** in Sachen

- Messungen zur Qualifizierung
- Service
- Messtechnik
- Strömungsvisualisierung
- Kalibrierung
- Wartung
- Verkauf
- Beratung
- Schulung

**... wir kennen uns aus!**

**BSR Ingenieur-Büro**  
**BSR Messtechnik GmbH**  
**Beratung & Service im Reinraum**

Marienstraße 156  
68794 Oberhausen-Rheinhausen

Tel. Zentrale: +49 7254 - 95 95 9-0  
Fax: +49 7254 - 95 95 9-29

e-Mail: [blattner@reinraum.info](mailto:blattner@reinraum.info)  
[service@reinraum.info](mailto:service@reinraum.info)  
[labor@reinraum.info](mailto:labor@reinraum.info)

Internet: [www.reinraum.info](http://www.reinraum.info)





► Die zweitägige Fachtagung bietet mit 25 Vorträgen sowie einer Interaktiv-Session viel Wissen, Know-how und Lösungsansätze zur Optimierung und Neuauslegung von Reinigungsprozessen. Ein Schwerpunktthema bei der diesjährigen Fachtagung widmet sich der Energieeffizienz und Nachhaltigkeit, unter anderem mit Best Practice-Beispielen zur Umsetzung.

▼ Die begleitende Ausstellung ermöglicht Teilnehmenden, sich direkt über neue Produkte und Entwicklung in verschiedenen Bereichen der industriellen Reinigungstechnik zu informieren.



# Bauteilreinigung – Schlüsseltechnologie der Zukunft

**33. Fachtagung „Industrielle Bauteilreinigung“, 26. und 27. Juni in Esslingen**

Veränderte Produkte und Prozessketten, strenge Anforderungen an Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit – der qualitätsrelevante Fertigungsschritt Bauteilreinigung steht vor neuen Herausforderungen. Über Auswirkungen und Lösungen sowie Innovationen, Trends und Best-Practice-Anwendungen informiert die 33. Fachtagung „Industrielle Bauteilreinigung“. Aufgezeigt wird darüber hinaus die Bedeutung der Bauteilreinigung als Schlüsseltechnologie für Produktinnovationen. Die Veranstaltung des Fachverbands industrielle Teilereinigung (FiT) wird am 26. und 27. Juni 2025 im Neckar Forum Esslingen durchgeführt.

Durch die Transformation in weiteren Bereichen der Industrie verändern sich Produkte und Prozessketten. Es geht unter anderem um Entwicklungen in Bereichen wie Mobilität, Medizintechnik, Sensor- und Analysesysteme, Luft- und Raumfahrt, Halbleiterindustrie, Optik, Beschichtungs- und Veredelungstechnik, Energietechnik und Rüstungsindustrie. In der Bauteilreinigung sind dafür neue und optimierte Prozesse erforderlich. Die stabile Einhaltung definierter Sauberkeitsspezifikationen und hoher Wirtschaftlichkeit ist dabei sicherzustellen. Gleichzeitig zwingen strengere Vorgaben zur Nachhaltigkeit und Verringerung des CO2-Fußabdrucks dazu, die Reinigung energie- und ressourceneffizienter durchzu-

führen. Welche Hürden dafür aus Sicht der Anlagen- und Verfahrenstechnik, Chemie und Messtechnik zu nehmen sind, thematisiert die 33. Fachtagung „Industrielle Bauteilreinigung“ des FiT. Eine integrierte Ausstellung ergänzt die zur Bauteilreinigung im deutschsprachigen Raum etablierte Veranstaltung.

## Reinigungsaufgaben nachhaltig lösen

Die zweitägige Fachtagung bietet mit insgesamt 25 Impuls-, Kompass- und Plenar-Vorträgen sowie der Interaktiv-Session „Der Reinigungsprozess aus Sicht des Fertigungsprozesses“ viel Wissen, Knowhow und Lösungsansätze. Schwerpunkt bilden die Themenbereiche Energieeffizienz und Nach-

haltigkeit, Innovationen der Bauteilreinigung, qualitätssichernde Prozessführung, Praxisbeispiele Teilereinigung und Grundlagen der Bauteilreinigung.

Der Impulsvortrag „Energieeffizienz und Nachhaltigkeit“ informiert die Teilnehmenden über die Hintergründe der Anforderungen zur Nachhaltigkeit, über gesetzliche Vorgaben und Zertifizierungen. Darüber hinaus werden Best-Practice-Beispiele für die Umsetzung in Unternehmen präsentiert. Vorgestellt wird mit der Cleanability-Analyse ein Frühindikator für nachhaltige Reinigungsprozesse. Es handelt sich dabei um eine komplexe, strukturierte Herangehensweise, mit der die Erreichbarkeit geforderter Sauberkeitsspezifikationen bei Werkstücken, Baugruppen und Produkten bewertet werden kann. Ein Referat über die Ansätze für eine verbesserte Energieeffizienz in der Teilereinigung bei einem Automobilzulieferer findet sich ebenfalls auf der Agenda. Ressourcen- und Energieverbräuche durch die intelligente Steuerung von Prozessen verringern. Ein Beispiel, das besprochen wird, ist die Regelung von Trocknungsprozessen mit Warmluft oder Vakuumwärmluft mittels künstlicher Intelligenz (KI). Informiert wird auch über die Wirkweise und den Einsatz alternativer Reinigungsverfahren wie der CO2-Schneestrahlreinigung und der Laserstrahltechnologie. Im Bereich der Plasma-Reinigung steht mit Hydro-Plasma eine innovative Technologie

im Fokus, die durch den Einsatz von Wasser im Plasmaprozess eine besonders schonende und gleichzeitig effektive Entfernung organischer und anorganischer Verunreinigungen ermöglicht. Als nicht klassisches Reinigungsverfahren bietet das elektrolytische Plasmapolieren bei metallischen Bauteilen die Möglichkeit, partikuläre und filmische Verunreinigung sowie Feinstgrate in einem Arbeitsgang zu entfernen und gleichzeitig die Oberflächengüte zu verbessern. Lösungen für die automatisierte Sauberkeitskontrolle sowie Prozessüberwachung präsentieren die Vorträge „Von der Stichprobe zur 100 %-Kontrolle – Praxisbeispiele der automatisierten Sauberkeitskontrolle“ und „Qualitätssichernde Prozessführung durch Regelung der Reinigerkonzentration“, ebenso wie ein innovatives System, das auf Basis diverser Messmethoden (z.B. Säure-Base-Titration, pH-Messung, Leitwertmessung; ORP-Messung und Fluoreszenz) die Reinigungsqualität kontinuierlich ermittelt und dokumentiert. Nach Crius, dem griechischen Gott der Sternbilder, ist ein Projekt benannt, zu dessen Bestandteilen die in-situ-Reinigung und die Reinerhaltung der verschiedenen Komponenten bis zum Einschalten des Fusionsreaktors ITER zählen. Der Vortrag dazu

**Die Veranstaltung in Kürze:**

## 33. Fachtagung „Industrielle Bauteilreinigung“

**Termin:** 26. und 27. Juni 2025

**Veranstaltungsort:** Neckar Forum Esslingen, Hauffstraße, 73728 Esslingen

**Information und Anmeldung:** [www.industrielle-reinigung.de](http://www.industrielle-reinigung.de)

fairXperts GmbH & Co. KG · Regine Henzler, [regine.henzler@fairxperts.de](mailto:regine.henzler@fairxperts.de)

Termin

thematisiert die technischen Fragestellungen, den erarbeiteten Lösungsansatz und dessen Ausführung sowie die Übertragung auf andere Branchen. Einen Blick über den Tellerrand hinaus bieten auch die Präsentationen zu einem systematischen Sauberkeitsmanagement durch Partikel-Monitoring und über die Aufbereitung von Medizinprodukten im Vergleich zur industriellen Bauteilreinigung.

### Begleitende Ausstellung

Eine begleitende Ausstellung rundet das anspruchsvolle Vortragsprogramm ab. Teilnehmende haben dadurch die Möglichkeit, sich über neue Produkte und Entwicklungen im Bereich der industriellen Reinigungstechnik zu informieren und für den direkten Erfahrungsaustausch mit Experten.

Die Fachtagung richtet sich an Fach- und Führungskräfte, Ingenieure und Techniker aus Entwicklung und Konstruktion, Technologie, Verfahrenstechnik, Arbeitsvorbereitung, Fertigung, Fertigungsplanung und Qualitätswesen aus verschiedenen Branchen.

**Das komplette Programm der 33. Fachtagung**

„Industrielle Bauteilreinigung“, weitere Informationen und Anmeldeunterlagen

sind abrufbar unter

[www.industrielle-reinigung.de](http://www.industrielle-reinigung.de)

### KONTAKT

#### Regine Henzler

fairXperts GmbH & Co. KG, Neuffen

Tel.: +49 (0)7025 8434 - 0

[regine.henzler@fairxperts.de](mailto:regine.henzler@fairxperts.de) · [www.fairxperts.de](http://www.fairxperts.de)

weiss**technik**

Weiss Pharmatechnik

## Experience Safety.

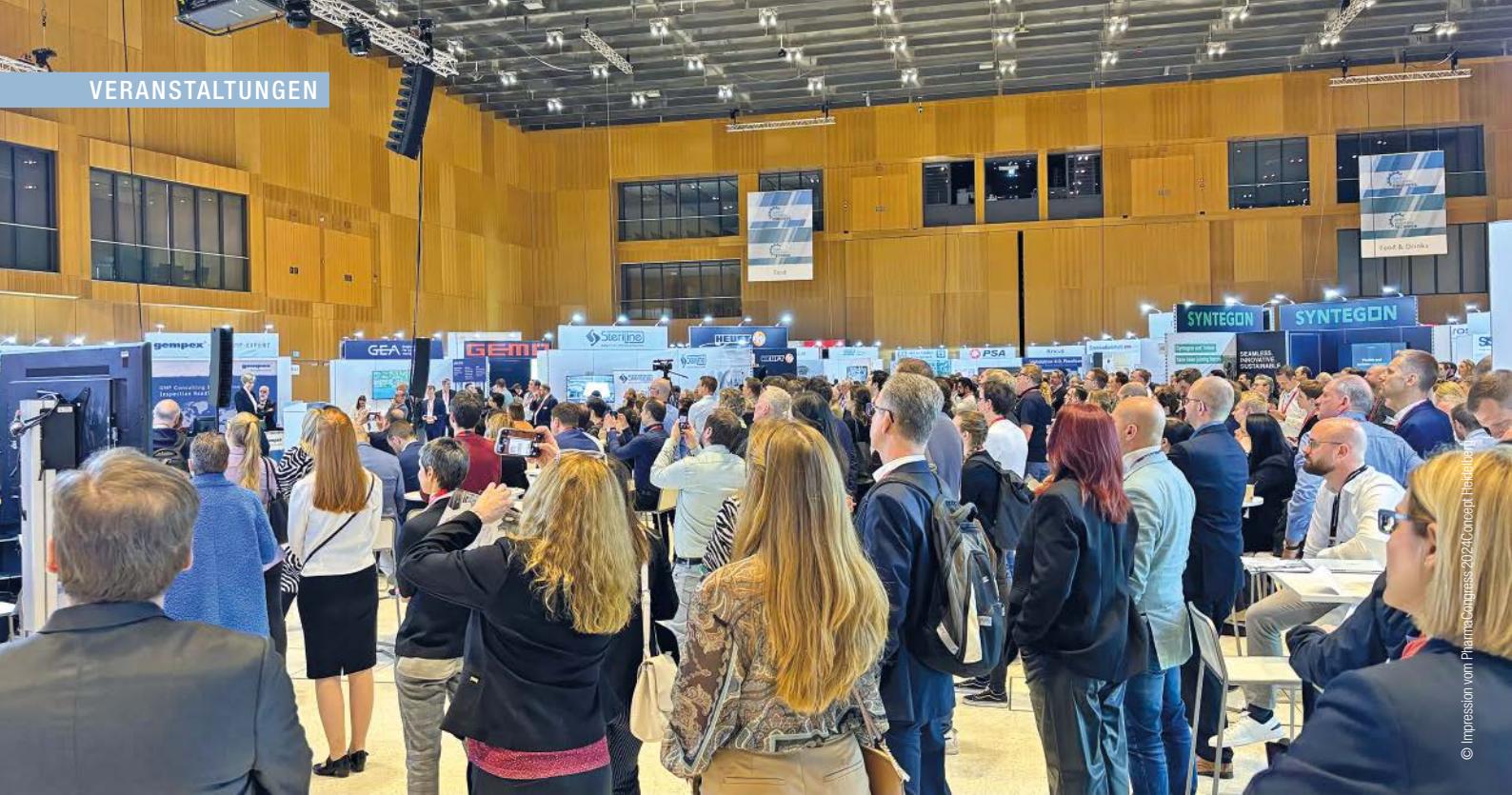
[weiss-pharmatechnik.com](http://weiss-pharmatechnik.com)



**Sichere Lösungen für Containment-Anwendungen und Stabilitätsprüfungen:**

Sicherheitsarbeitsplätze | Isolatoren | Laminar Flow | Barrier Systeme

Sicherheitswerkbanke | Reinräume | Klima- und Stabilitätsprüfung



Axel Schroeder

# Nachlese PharmaCongress 2025

Zum 27. Mal fand am 08. und 09. April in Wiesbaden der jährliche PharmaCongress und die PharmaTechnica statt. Rund 1.100 Kongressteilnehmende und Ausstellungsbesucherinnen und -besucher pro Tag folgten den Vorträgen von 126 Fachreferenten sowie den 16 Live Demonstrationen. Besondere Aufmerksamkeit

erhielten die beiden Key Notes im Plenum „Artificial Intelligence (AI) in Manufacturing and Quality at Sanofi“ von Dr Maite Durrenbach, Chief Quality Officer, Sanofi, und „Pharmaceutical Manufacturing Reinvented: The 3D Printing Process and other New Technologies“ von Dr Ranjita Shegokar Sahoo, Chief Pharma Innovation Officer (CPO), DiHeSys.

Neben den etablierten Konferenztracks zu Aseptischer Herstellung, Barriere-Systemen und Digitalisierung/AI gab es eine ganze Reihe weiterer Konferenzstränge.

Zum einen die Vortragsreihe „ATMP – Hurdles and Achievements in Quality and Safety“. Dort waren Vorträge über aktuelle Herausforderungen und Fortschritte bei ATMPs geboten. Führende Expert:innen aus Industrie, Behörden und Wissenschaft gaben Einblicke in regulatorische Prozesse wie einen Zulassungsantrag bei der EMA, GMP-Inspektionen und Qualitätskontrollen – etwa bei mRNA-Impfstoffen oder viralen Vektoren. Weitere Themen waren die Herstellung innovativer Exosomen-Therapien, industrielle Bakteriophagenproduktion, moderne aseptische Abfüllung für Kleinstchargen sowie Partikelkontrolle in Zelltherapien. Auch technologische Entwicklungen wie modulare Designs standen im Fokus.

## Einwegtechnologien

Im Konferenztrack „Single-Use-Systems in Sterile & Biomanufacturing“, wurde den Teilnehmenden ein umfassender Einblick in aktuelle Trends und praktische Anwendungen von Einwegtechnologien in der pharmazeutischen Produktion geboten. Referentinnen und Referenten von Behörden, Pharmaindustrie und Universität präsentierten dabei zahlreiche Fallstudien, die verdeutlichten, wie sich Single-Use-Lösungen vom Upstream-Bereich bis hin zum abschließenden Fill-&-Finish erfolgreich integrieren lassen. Ein zentrales Thema war die Einhaltung der GMP-Vorgaben und wie sich der revidierte EU Annex 1 auf Single-Use-Systeme auswirkt, wie bspw. die Durchführung von PUPSIT mit Single-Use-Technologie. Das Event verdeutlichte, dass Single-Use-Konzepte in puncto Flexibilität und Effizienz immer wichtiger werden – vorausgesetzt,

Single-Use-Hersteller und Anwender stehen in engem Kontakt, um die Qualität sowohl der SU-Systeme als auch der darin produzierten Produkte sicherzustellen.

## Neues Thema: Medizinisches Cannabis

Neu beim PharmaCongress war das Thema medizinisches Cannabis. Dieses ist in mehreren Ländern der Welt zur Verschreibung zugelassen. Häufig gefragt wird, was genau ist medizinisches Cannabis und gilt hier EU GMP Part 1 (Arzneimittelherstellung) oder Part 2 (Wirkstoffherstellung)? Wann genau gilt GACP und wann GMP?

Solche Fragen wie auch der EU GMP Annex 7 für die Herstellung pflanzlicher Arzneimittel und die EMA GACP-Leitlinie für „Good agricultural and collection practice of starting materials of herbal origin“ wurden diskutiert. Die GMP-gerechte Trocknung der Cannabis-



Preisverleihung des Professor Wallhäuser Innovation Awards

Blüten zur Verhinderung von Schimmelbildung und Dekontaminationsverfahren wurden diskutiert. Ein weiteres relevantes Thema war die neue Ph. Eur. Monographie für Cannabisblüten, die die DAB Monographie ersetzt. Sie setzt endlich einen einheitlichen europäischen Qualitätsstandard. Ein einheitlicher EU-Standard für Cannabis-Extrakte existiert derzeit allerdings noch nicht.

#### Vortragsreihe Reinraum

Die ebenfalls neue Vortragsreihe zum Reinraum im laufenden Betrieb war geprägt von Vorträgen zu ganz unterschiedlichen Schwerpunkten, die allesamt durch einen hohen Praxisbezug auffielen. Theorie – Regularien – und der Bezug zum Alltagsleben im Reinraum zogen sich als roter Faden durch alle Präsentationen. Ein Highlight war der Vortrag von Dr. Hans-Joachim Anders von Novartis zum Thema Desinfektion und Oberflächen. Nicht nur weil die Zuhörerinnen und Zuhörer erleben konnten, dass Dr. Anders die Thematik volumänglich und nachvollziehbar präsentierte, sondern auch weil er manche These begründet hinterfragte bzw. widerlegen konnte.

Bei den Vorträgen zum Thema Nachhaltigkeit beeindruckten zum einen technische Fallstudien, z.B. durch PSM Saar/Peter Groß Consulting, Refolution/Abbvie und Hof Anlagenbau/Roche und zum anderen der Vortrag von Gabriele Brutscher und Dr. Marius Beyersdorf, Pekana, die das gesamtheitliche Nachhaltigkeitskonzept Ihres Unternehmens darstellten.

#### Professor Wallhäuser Innovation Award 2025 verliehen

In Erinnerung an die herausragenden Leistungen von Professor Wallhäuser für die pharmazeutische Qualitätssicherung verleiht Concept

Heidelberg den Professor Wallhäuser Preis bereits seit 1987. Er ist mit 5.000 € dotiert.

Um auch aktuellen und zukünftigen Themen wie Nachhaltigkeit, Kosteneffizienz und dem Einsatz künstlicher Intelligenz Rechnung zu tragen, wurde der Preis 2024 neu ausgerichtet. Mit dem neuen Professor Wallhäuser Innovation Award, der jetzt im Rahmen des Pharma-Congress verliehen wird, sollen Projekte oder technische Lösungen honoriert werden, die sich durch Innovation auszeichnen und praktische Lösungen für die Zukunft bieten.

Für den Innovation Award 2025 wurden insgesamt 14 Projekte eingereicht, aus denen die Jury drei Finalisten ausgewählt hat. In Anerkennung des Projekts „Production of Small-Volume Batches using the Low Pressure Fluid Transfer System Sartophage“, ging der mit 5.000 € dotierte Innovation Award 2025 gemeinschaftlich an Roche Diagnostics und Sartorius Stedim Italy. Für die Jury repräsentierte dieser Vorschlag die beste Kombination aus technischer Innovation und Prozessvereinfachung. Platz 2 wurde an WILCO für ihr Projekt „Automated visual inspection for small scale production“ verliehen, der 3. Platz an KyooBe Tech für deren Projekt „eFIT Platform – a ground-breaking Solution for Pathogen Inactivation in Vaccine Production“.

#### KONTAKT

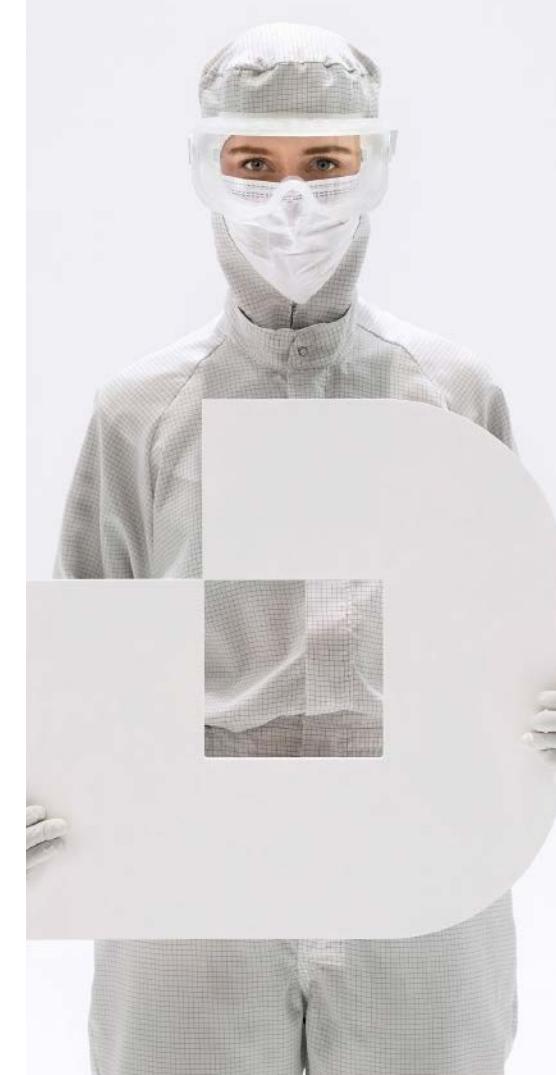
##### Axel Schroeder

Concept Heidelberg GmbH, Heidelberg  
Tel.: +49 6221 84 44-10  
schroeder@concept-heidelberg.de  
www.concept-heidelberg.de



# Dastex

The  
Cleanroom  
Contamination  
Control Experts.



**Dastex Group GmbH**

**www.dastex.com**



Dr. Gernod Dittel

# Per Reinraumtechniker durch die Galaxis

## Wie Reinraumtechnik unsere Lebenswelt verändert und Innovationen möglich macht

Reinraumplaner kommen herum. Sie haben Einblick in viele Branchen. Von Satellitenmanufaktur bis Mikrochipfabrik, von Apotheke bis Krankenhaus, vom Brotofen bis ins Labor – die Bandbreite der Einsatzgebiete von Reinraumtechnik hat mit den Jahrzehnten stark zugenommen. Bei den Bauformen und Gebäudeausstattungen herrscht eine ebenso große Vielfalt wie bei den Verhaltensvorschriften und Kleidungsregeln. All dies folgt aus dem beabsichtigten Anwendungsbereich, der mal allumfassende äußerste Strenge, mal nur punktuelle Hygiene verlangt.

Was man beim Blick in diese Reinräume zu sehen bekommt, unterscheidet sich entsprechend stark voneinander. Das erkennt man gut an der Kleidung der Menschen, die dort arbeiten. Die einen sehen aus wie Raumfahrer, sind komplett verhüllt, tragen Schutzbrillen und atmen durch Masken. Chirurgen operieren nicht ohne Maske und aseptische Handschuhe – ein steriler Anblick, der es selten in Krankenhaus-Seifenopern schafft. Andere Reinraumbeschäftigte tragen zum Overall ein Bart-Netz und antistatische Schuhe, aber keine Handschuhe und Atemmasken. Wiederum andere lassen sich in einem Reinraum geringerer Klasse in Straßenkleidung blicken. Sie marschieren durch die Schleuse, so als ob gar nichts wäre.

Letzteres ist zwar oft ein Zeichen mangelnder Einweisung oder Disziplin. Wir sahen einen Bauarbeiter mit Schubkarre in einer Satellitenmontagehalle, der hatte sein Haarnetz über den Helm gestülpt statt über seine Matte. Das seine Pro-forma-Haube nichts bringt, sondern die Produktion gefährdet, war ihm entweder nicht bewusst oder egal. Es gibt zwar Reinraum-Arbeitsplätze, wo tatsächlich nur minimale Klei-

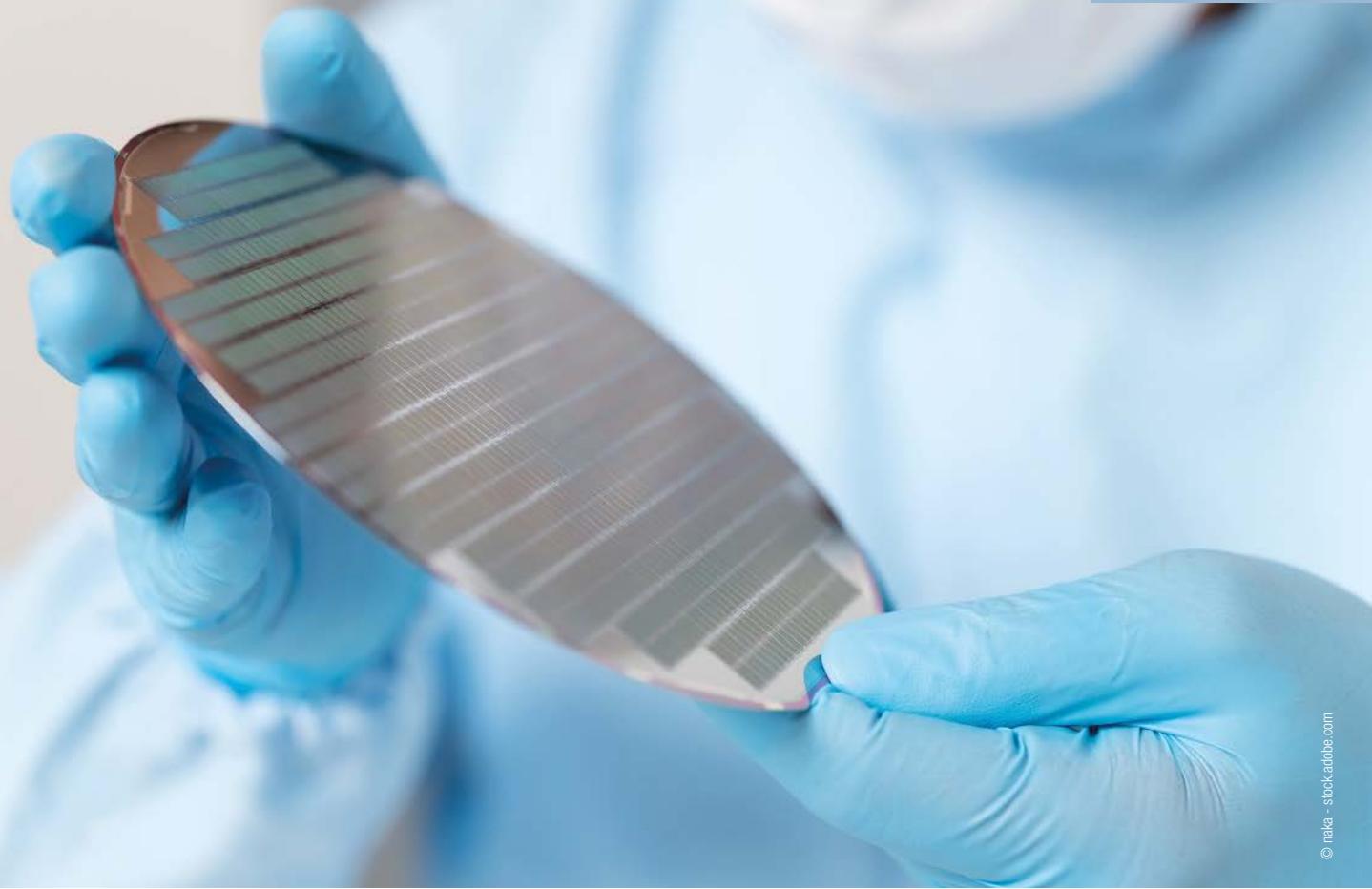
dungsvorgaben gemacht werden – z.B. eine OP-Maske und Handschuhe für solche, die Käse oder Wurst verpacken, oder ein Haarnetz für jene, die an einer Maschine Plastikfolien herstellen. Das ähnelt der Funktion einer guten alten Kochmütze. Was jemand trägt, hängt von dem Zweck ab, dem der jeweilige Reinraum dienen soll. Das Produkt bestimmt die Strenge der Kleiderordnung und den nötigen Reinheitsgrad. Dass dieser in der Praxis immer erreicht wird, kann leider nicht behauptet werden. Mit Beispielen für Nachlässigkeit und Ignoranz ließe sich eine Bibliothek der Reinraumliteratur anlegen.

Was tun diese mehr oder weniger aufwendig gekleideten Reinraumbeschäftigten, wenn sie ihrem Tagwerk nachgehen? 40 Jahre Berufserfahrung als spezialisierter Planer und Zertifizierer von Reinräumen bieten dem Autor die Gelegenheit für einen Über-, Rück- und Ausblick: Wie hat sich die Querschnittstechnologie entwickelt und wie wird es weitergehen? Damit eine Entwicklung deutlich wird, lohnt sich der Blick von den 1980er-Jahren bis heute und noch etwas

darüber hinaus. Auch wenn viele den Fortschritt nicht bemerkt haben oder ihn nicht der Reinraumtechnik zuschreiben würden, so ist er doch eingetreten. Ohne die Reinraumzunft und ihre Innovationen wären die Erfolgsgeschichten aus den folgenden Einsatzgebieten undenkbar.

### Techno-Paläste der Reinheit, errichtet zur Zucht von Mikrochips

Der Mensch ist im Umfeld von empfindlichen Mikrostrukturen ein Problem – umso mehr, je kleiner und feiner diese werden. Als stete Quelle von Verschmutzungen emittieren Arbeitskräfte Partikel, die Schaden anrichten. Atem, Schuppen, Hygiene, Verhalten – alles gefährdet Prozesse, die steril und partikelfrei bleiben sollen. Kaum etwas beschreibt die Mission der Reinraumtechniker besser, als das Streben, die Beschäftigten davon abzuhalten, mit ihren Emissionen Produktionsprozesse zu gefährden. Und wie erbarmungslos Reinraumtechniker diesen Gedanken zu Ende denken, zeigt sich nirgends stärker als in der Mikroelektronik.



© naka - stock.adobe.com

Elektronische Bauteile wurden vor 40 Jahren noch von fleißigen Händen hergestellt, oft in den Fabriken Asiens. Viele Leute saßen an Werkbänken, Absaugvorrichtungen über sich, und löteten vor sich hin. Im Lauf der Zeit saßen immer weniger da, weil Arbeitsschritte automatisiert wurden. Die Investition in Maschinen lohnte sich, weil die menschengemachten Emissionen und damit die Ausschussraten sanken. Wird heute eine Mikrochipfabrik errichtet, ist diese menschenleer. Der Chip entsteht eingehaust im Vakuum und wird von Fertigungsschritt zu Fertigungsschritt in Vakuumboxen transportiert, über Shuttles an der Decke. Geburtshelfer der Hochleistungschips sind somit Reinräume im Reinraum. Wenn Menschen mal eingreifen und die Halle betreten, dann sind auch sie maximal eingehaust. Die Atemmaske lässt keinen Hauch aufs Produkt zu. Denn einmal auf die Chipstruktur geatmet, wäre diese wertlos. Eine Reinigung bringt nichts, da auch sie die Struktur schädigen würde. Nur Vorbeugung hilft. Reinigungskräften dies klarzumachen, ist ein Unterfangen für sich. Nicht immer ist es erfolgreich.

#### Bitte atmen Sie nicht in einer Batteriefabrik für E-Autos

Ein Autokennzeichen mit einem „E“ am Ende ist heute nichts Besonderes mehr. Möglich wird die E-Mobilität durch große integrierte Batterien, die die Energie für den Antrieb liefern. Deren Herstellung im großen Stil ist ein Thema unserer Zeit – und ein aktuelles

Innovationsgebiet für Reinraumtechnik. Die Herausforderung ergibt sich daraus, dass die Fertigung der Batteriezellen noch vergleichsweise neu und unerprobt ist. Die Hersteller steigen auf einem niedrigen Qualitätsniveau ein. Es gibt Werke, in denen ist jede zweite Batterie Ausschuss. Vergleichbar ist diese Fehlerrate mit dem Niveau der Mikrochipfertigung in den 1980er-Jahren. Der Vergleich stimmt hoffnungsvoll, dass die Ausschussrate der Batteriefabriken drastisch sinken wird. Bei Mikrochips liegt der Ausschussanteil heute nämlich bei unter 1 %. Mit anderen Worten: Wo die Mikroelektroniker heute stehen, wollen die Batterietechniker erst noch hin.

Neben elektrisch geladenen Partikeln gibt es jedoch eine besondere Bedrohung für die Batteriequalität. Das bislang unbeherrschte Problem ist die Luftfeuchtigkeit. Batteriekathoden sind hochempfindlich gegen Feuchte. Unter 2 % Luftfeuchte werden verlangt. Zum Vergleich: Wo sich Menschen aufhalten, sind 50 bis 70 % Luftfeuchte normal. Wer auch immer in einer Batteriefabrik arbeiten wird, kommt um eine besonders konstruierte Atemmaske nicht herum. Wahrscheinlich hält man diese Arbeitsbedingungen nur wenige Stunden lang aus.

Die Energie für die Batterien stammt heute häufig aus Quellen, die nicht nachhaltig sind. Auch das soll sich dank Reinraumtechnik ändern. Sie ermöglicht Fortschritte neuer Technologien zur Stromerzeugung. So entstehen Solarzellen in streng kontrollierter Umgebung. Deren möglichst uniforme

kristalline Mikrostruktur ist schutzbedürftig. Diese Fertigung ist am besten aufgehoben in Roboterhand. Auch hier sind Menschen kaum noch anzutreffen.

Äußerst empfindlich ist auch die Herstellung von Spiegeln, die zu Hunderten in solarthermischen Kraftwerken zum Einsatz kommen. Sie bündeln Sonnenlicht konzentriert auf die Spitze eines Towers, wo Hitze entsteht und zur Stromerzeugung genutzt werden kann. Je genauer die Spiegel gefertigt sind, desto besser funktioniert die Lichtkonzentration. Fremdpartikel im Spiegel würden die Ausbeute trüben, wie bei einer Brille. Auch im Betrieb sollte man die Finger von den Spiegeln lassen. Geringste Fettspuren an der Oberfläche genügen, und bei Hitze platzt der Spiegel.

#### Götter in Weiß gibt es nur dank Technik und Hygiene

Wer medizinischer Behandlung bedarf, muss nicht wissen, wie im Operationssaal eines Krankenhauses für mikrobiologische Reinheit gesorgt wird. Oder wie der Impfstoff hergestellt wird, den man sich in die Blutbahn spritzen lässt. Oder wo die Tablette herkommt, die als nächste zu schlucken ist. Sicher ist nur, dass es im Interesse aller Behandlungsbedürftigen liegt, dass dabei alles mit sauberen Dingen zugeht. Dafür sorgen – neben diszipliniertem Personal – praxiserprobte Reinraumtechnik und Hygienestandards. Wo sie versagen, öffnet sich eine Hölle trotz Göttern in Weiß. Wie der Blick in Kliniken in fernen



Ländern lehrt, herrscht dort oft erst ein Hygienebewusstsein wie bei uns vor 40 Jahren.

Die höchsten Sicherheitsstandards in Krankenhäusern gelten in aseptischen Bereichen. Hier steht die Abwehr von Keimen im Fokus. Deren Bekämpfung wird überwacht und zertifiziert – etwas, wovon Patienten nichts merken. Dass es immer noch besser werden kann, zeigen multiresistente MRSA-Keime. Das sind hartnäckige Erreger, die sich bevorzugt in Krankenhäusern aufhalten und dort regelmäßig Opfer finden.

Ideen zur Weiterentwicklung der Krankenhaushygiene gibt es viele. Eine ungewöhnliche ist der mobile Reinraum. Je nach Bedarf errichtet, rasch transportiert und woanders aufgebaut, herrscht im Innern höchster Reinraumstandard. Der Container könnte in Pandemien, Kriegen, Flüchtlingscamps statt Zelten zum Einsatz kommen. Mehrere Module gekoppelt bildeten ein Krankenhaus. Die Technik gibt es, die Module gibt es. Aber Käufer gibt es nicht, weil im Gesundheitswesen und Katastrophenversorgung oft nicht Qualität, sondern die Kosten optimiert werden.

### Künstliche Befruchtung ist inzwischen so erfolgsträchtig wie die natürliche Zeugung

Es ist kaum noch vorstellbar, aber in Einrichtungen der Fortpflanzungsmedizin war Reinraumtechnik früher entweder nicht üblich oder nicht ausreichend an die Erfordernisse angepasst. Dabei sind die Umstände der In-Vitro-Fertilisation (IVF) besonders heikel, besonders beim Transfer des selektierten Samens in die Eizelle. Einst fand dieser sensible Transfer an einer Werkbank unterm Mikroskop statt, das in einem Luftstrom stand. Dieser sollte Staub und Keime von der Arbeitsstätte wegdrängen. Was

dabei aber nicht bedacht wurde, war die hohe Empfindlichkeit von Embryonen. Wer in so einer Zugluft gezeugt wird, geht ein. Entsprechend hoch war die Zahl von Fehlversuchen.

Inzwischen hat besser durchdachte Reinraumtechnik Einzug gehalten in die Fruchtbarkeitsinstitute. Die Erfolge sind messbar. Dank der Veränderung haben tiefgefrorene Embryonen inzwischen eine gleich hohe oder gar höhere Chance auf eine erfolgreiche Schwangerschaft wie auf natürliche Weise gezeugte Nachkommen. Auch unerwünschte Mehrlingsgeburten, ein vergleichsweise häufiger Begleiter von IVF, sind auf dem Rückzug. Ihre Rate sinkt.

### Schimmeliges Brot verhindert man nicht mehr mit Konservierungsstoffen

Toastbrot aus dem Supermarkt war früher voller Konservierungsstoffe. Heute kommt es ohne aus. Das Beispiel zeigt: Die Lebensmittelindustrie ist ebenfalls zum Einsatzgebiet für Reinraumtechnik geworden. Chemische Zusätze hinderten Pilzkeime daran, Schimmel zu bilden oder Bakterien zu kultivieren. Der Fachbegriff für diese Mikroorganismen, die die Haltbarkeit gefährden, sagt alles über deren Umtriebe: „koloniebildende Einheiten“. Wer auf Chemie verzichten und trotzdem verhindern will, dass sich so ein Eigenleben in Brot, Käse oder Wurst bildet, muss bei der Herstellung und beim Verpacken verhindern, dass die Keime ins Produkt gelangen. Das ist schwierig. Es ist aber – wie sich in den vergangenen Jahrzehnten gezeigt hat – machbar.

Gemüse wächst auch nicht mehr nur auf dem Acker, sondern mehr und mehr in Nährösungen. Die Idee vom Gewächshaus treibt das sogenannte Vertical Farming auf die Spitze. Das ist ein komplett isoliertes Gewächshaus,

dessen Betreiber jeden Parameter je nach Pflanze einstellen können, seien es Temperatur, Luftfeuchte, Nährstoffzufuhr oder Licht. Die Isolation hat den Vorteil, das fremde Lebewesen und unerwünschte Erdbewohner ferngehalten werden. Wo keine Schädlinge, braucht es keine Pflanzenschutzmittel. Agrarfabriken dieser Art entstehen aktuell im großen Stil am Persischen Golf. Der Grund ist der Mangel. In der Wüste wächst kaum Gemüse und wird von der dortigen Bevölkerung entsprechend wenig gegessen. Die Diabetes-Rate ist sehr hoch. Abhilfe sollen die Indoor-Farmen schaffen, die vor Ort Gemüse produzieren.

Wie Gemüse lassen sich auch Fische im geschlossenen System züchten. Eine Indoor-Fischzucht unter kontrollierten idealen Bedingungen – möglich etwa mit Lachs oder Shrimps – minimiert die Störfaktoren für die Tiere und damit die Krankheiten. Sie sind eine Antwort auf die Verschmutzung mit Antibiotika, die bei Aquakulturen im offenen Meer anfällt.

### Die Erde bewegt sich im größten Reinraum von allen

Erstmals entwickelt wurden Indoor-Farming-Konzepte von der US-Raumfahrtbehörde NASA für den Betrieb von Raumstationen. Sollte die Menschheit in Zukunft zu fernen Planeten fliegen, wäre dank Vertical Farming für die Wegzehrung gesorgt. Ob solche Fernreisen sinnvoll sind, steht auf einem anderen Blatt.

Die Transportmittel für die Reise kämen jedenfalls auch aus einem Reinraum. Bei der Montage von Satelliten und Raketen werden Staubquellen weitgehend ausgeschlossen. Partikel im Satelliten sind fatal, weil sie Kurzschlüsse oder andere Ausfälle verursachen



© Gorodenkoff - stock.adobe.com

und, einmal ins All gebracht, nicht repariert werden können. Wer fremdes Leben auf anderen Planeten entdecken will, muss sicher sein, dass die untersuchten Keime nicht von der Erde stammen. Das letzte Mal, als eine solche Meldung über anderes Leben im All die Runde machte, waren die gefundenen Mikroben mit dem Messgerät mitgereist.

Die kurze Umschau über die Verbreitung der Reinraumtechnik nach ihren Anwendungsbereichen zeigt: Die Zahl der Einsatzorte wächst,

ebenso wie die Menge der Produkte und Prozesse, die unter kontrollierten Umgebungsbedingungen entstehen oder ablaufen. Möglich ist das, weil die Reinraum-Lösungen zielgenau an jeweilige Zwecke angepasst werden können. Zudem lassen sich immer höhere Reinheitsgrade erreichen. Es gibt keine Grenzen dieser Entwicklung. Sie führt von weiteren technischen Fortschritten, die das Leben auf Erden verbessern, bis zum Aufbruch ins Weltall, den größten aller Reinräume.

## KONTAKT

### Dr. Gernod Dittel

DITTEL Engineering GmbH, Schlehdorf  
Tel.: 08851 – 61 59 0-0  
g.dittel@dittel-ce.de  
www.dittel-ce.de

CWS

CLEANROOMS

**STAXS®**  
CONTAMINATION CONTROL EXPERTS

Your Cleanroom

# RUN BY XPERTS

■ TEXTILES ■ CLEANING ■ CONSUMABLES ■ TRAINING



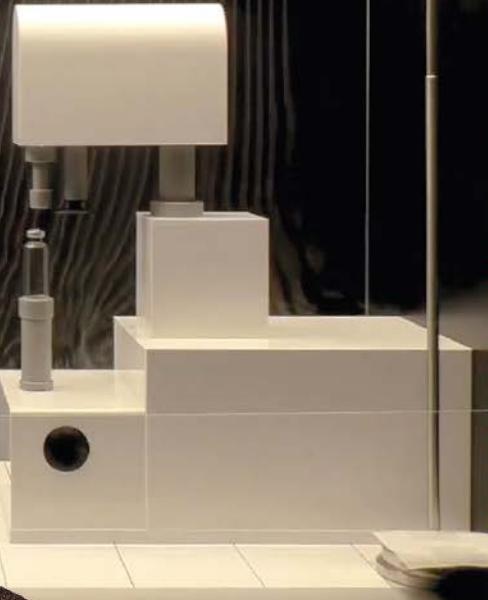
Als **Full-Service Provider** erhalten Sie bei uns alles aus einer Hand:

**Bekleidung, Reinigung, On-Site Service, Schulungen** und über unsere Kollegen von **STAXS® Verbrauchsmaterialien**.



Unsere Xperten beraten Sie gern.

Abb. 5: Vergleich zwischen einer Strömungsvisualisierung (links) und einer CFD-Simulation (rechts). Simulation und Visualisierung liefern in diesem Fall gleichwertige Ergebnisse und zeigen die gute Aussagekraft des Simulationsmodells.



# Optimales Design mittels CFD-Simulation

Zeit und Kosten durch ein optimiertes Design sparen

Benjamin Pfändler

Um kostspielige und zeitaufwendige Nachbesserungen an Containment- oder anderen hochwertigen Reinluft-Systemen zu vermeiden, muss bereits in der Design-Phase der Fokus auf eine optimale Funktion und bestmögliche Energieeffizienz gelegt werden. Die CFD-Strömungssimulation ermöglicht eine frühzeitige Betrachtung der Strömungsverhältnisse im Reinluftsystem. Durch das Vergleichen von verschiedenen Varianten kann das bestmögliche Design, bei Neubauten und Umbaumaßnahmen, ermittelt werden. Hierdurch können maßgeblich Zeit und Kosten eingespart werden.

Durch CFD-Analysen (CFD: Computational Fluid Dynamics) kann die Effizienz von Reinräumen verbessert, die Produktqualität gesichert und der Energieverbrauch minimiert werden. Um diese gewinnbringenden Aspekte ausreichend zu berücksichtigen, ist es wichtig bereits in der Design-Phase den Fokus darauf zu legen. Im Speziellen bei Containment-Systemen, welche höchste Anforderungen an Produkt- und/oder Umweltschutz besitzen, kommt die

CFD zum Tragen. Zum einen erzeugt die Luftströmung durch eine gezielte Verdrängung von Partikeln und Keimen mit gefilterter Luft einen Schutz für das Produkt vor Kontaminationen (First-Air-Prinzip, siehe Abb. 1). Zum anderen muss durch eine gerichtete Strömung und ggf. Dichtheitsanforderungen an das System sichergestellt werden, dass keine Gefahr für Menschen und Umwelt besteht (z.B. bei toxischen Substanzen oder  $H_2O_2$ -Begasung).

Häufig werden erst bei der Strömungsvisualisierung, im Rahmen der Qualifizierung, am fertigen Reinluftsystem unerwünschte Strömungsverläufe erkannt. Dabei kann es sich um Verwirbelungen, Richtungsumkehr, stehende Luft oder ähnliche Effekte handeln, die zu einer Kontamination führen können. So ein bereits installiertes System nachträglich noch einmal zu optimieren, ist oft mit extrem viel Zeit und einem hohen Kostenaufwand verbunden. Und im schlimmsten Fall auch mit Produktionsstillstand. Daher empfiehlt es sich für komplexe Reinluftsysteme, bei denen die Strömungsverläufe nicht so einfach vorhersehbar sind, bereits in der Designphase eine Simulation durchzuführen. Damit können schwerwiegende Fehler vor dem Bau der Anlage vermieden werden.

### CFD-Simulation

CFD steht für Computational Fluid Dynamics und ist eine Strömungssimulation, die am Rechner stattfindet. Es handelt sich dabei um eine numerische Simulation auf der Grundlage physikalischer Gesetze, also Erhaltungsgleichungen der Strömungsmechanik. Dazu gehören Massenerhaltung, Impulserhaltung und Energieerhaltung. Dabei wird ein mehr oder weniger vereinfachtes digitales Fluidvolumen innerhalb eines 3D-Objekts in lauter finite Volumenelemente aufgeteilt. Hierin können dann die Strömungsvorgänge realitätsnah simuliert und analysiert werden.

### Strömungssimulation vs. Strömungsvisualisierung

Die Strömungsvisualisierung wird begrifflich häufig mit der Strömungssimulation verwechselt. Sie ist entgegen der Simulation ein Mittel, um Strömungen in der Realität sichtbar zu machen. Üblicherweise wird dazu Nebel in die Reinluft gegeben und durch Beobachtung der Nebelausbreitung geprüft und bewertet, ob der gewünschte Strömungsverlauf eintritt.

Die Strömungssimulation liefert im Gegensatz zu einer Visualisierung mit einem Nebel sehr viel mehr Informationen. Man kann z.B. an jeder beliebigen Stelle des Fluidvolumens Temperatur, Partikelkonzentration und viele Parameter mehr direkt betrachten und auswerten. Auch in Bereichen, die mit einer klassischen Visualisierung nicht einsehbar sind, da die Bauweise es nicht zulässt, bietet die CFD-Simulation eine gute Alternative. Die Simulation bietet damit eine quantitative Auswertemöglichkeit, während die Visualisierung nur eine qualitative Prüfung darstellt.

### Erwartungen der Inspektoren im GMP-Bereich

Im GMP-regulierten Umfeld (GMP: Good Manufacturing Practice; Anwendungen im Pharma-Bereich) müssen hohe gesetzliche Vorgaben eingehalten werden. Maßgeblich für den Nachweis dieser Vorgaben sind die Prüfungen im Rahmen der Qualifizierung am endgültigen Sys-

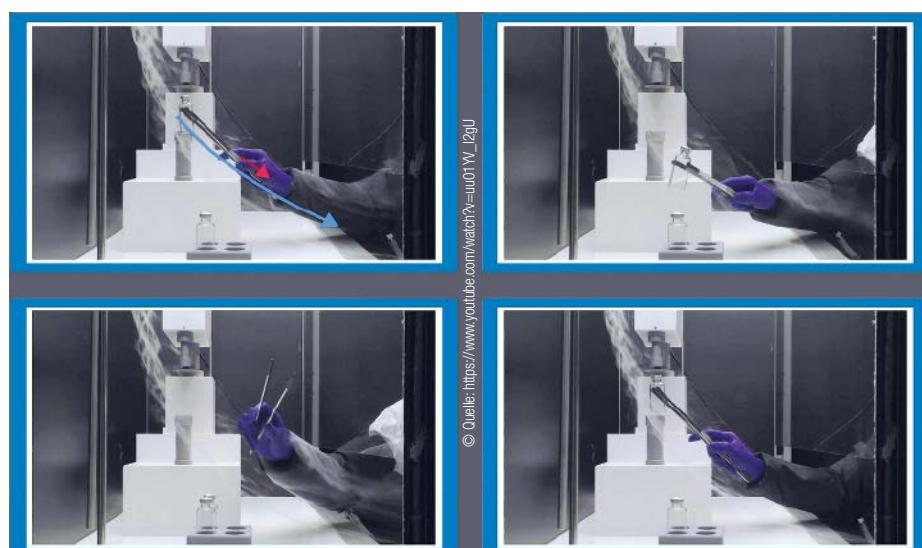


Abb. 1: Erläuterung zum First-Air-Prinzip anhand der Visualisierung der Luftströmung mit einem Nebel. Links oben: Gefilterte Luft strömt von oben über den zu schützenden Bereich (blau). Potenziell kontaminierte Luft durch den Bediener strömt vom zu schützenden Bereich weg (rot). Rechts oben und links unten: Durch die Aufgabe des Nebels direkt am Arm des Bedieners mit einer speziellen Nebelmanschette kann gezeigt werden, dass die Luft nach außen abströmt und nicht in den zu schützenden Bereich gelangt. Rechts unten: Visualisierung der turbulenzarmen Verdrängungsströmung. Der Begriff Erstluft bezieht sich auf gefilterte Luft, deren Strom vor dem Kontakt mit dem exponierten Produkt nicht kontaminiert wurde.

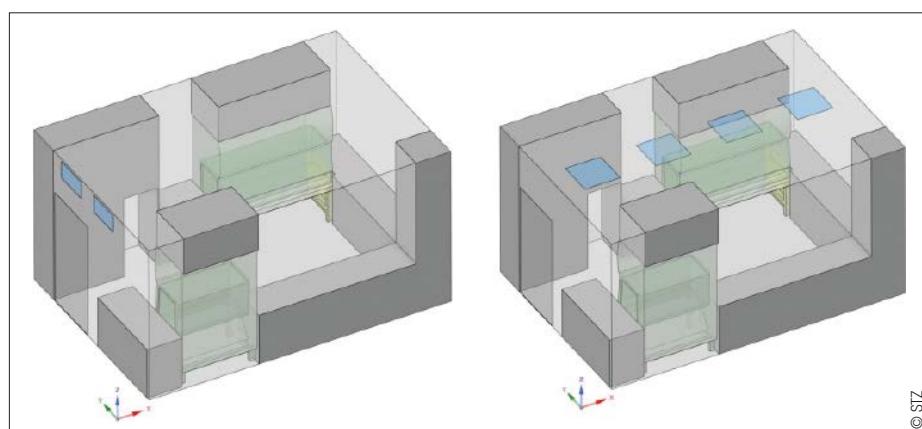


Abb. 2: Aufbau des Reinraums mit zwei Varianten zur Anordnung der Zuluftdurchlässe (horizontal und vertikal). Innerhalb des Raumes sind zwei Sicherheitswerkbenke aufgestellt.

tem. Jedoch wird der Fokus verstärkt auf ein gutes Design mit wissenschaftlich basiertem Ansatz gelegt. Unter anderem beschreibt dazu der Annex 1 zum EU GMP-Leitfaden (European Commission, Annex 1 – Manufacture of Sterile Medicinal Products, 2022) die Wichtigkeit der Planung. In Kapitel 2.2 wird darauf hingewiesen, dass proaktiv Risiken identifiziert, kontrolliert und auch wissenschaftlich bewertet werden sollen. Dies erfolgt durch einen risikobasierten Ansatz. Hierbei soll vor allem der Fokus auf die Auslegung (das Design) der Anlage, der Ausrüstung und der Prozesse gelegt werden. Erst danach folgen die gut ausgelegten Verfahren und die Anwendung eines Monitoring-Systems zum Nachweis der korrekten Funktion. Diese Projektphase kann maßgeblich durch das Einbinden einer CFD-Simulation, als wissenschaftlich basierter Ansatz, mitgestaltet werden.

### Zielsetzung der Simulation definieren

Der wichtigste Schritt bei der Vorbereitung der CFD-Strömungssimulation ist die Erarbeitung der Zielsetzung. Durch diese Zielvorgabe kann das Simulationsmodell zielfgerecht aufgebaut und bei Bedarf vereinfacht werden. Auch für die Auswertung können dann die interessanten Bereiche und Parameter festgelegt werden. Die Zielsetzung hat maßgeblichen Einfluss auf die Zeit und Kosten der CFD-Analyse.

### Beispiele für die Zielsetzung sind:

- Nachweis verschiedener Parameter (z.B. Partikel, Temperatur) an definierten Positionen im Reinluftsystem
- Anordnung der Zu- und Abluftdurchlässe zur Optimierung der Luftströmung
- Einhaltung der „First-Air“-Anforderung im kritischen Bereich einer Klasse A Zone

- Installationsorte für Monitoringsensoren im Reinluftsystem anhand von repräsentativen oder worst-case Messpunkten
- Verteilung der H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Konzentration im Reinluftsystem, um eine wirkungsvolle Dekontamination sicherzustellen
- Schutz von Personen

In diesem Rahmen sollte auch entschieden werden, ob eine stationäre Simulation ausreichend ist oder eine instationäre notwendig wird. Bei einer stationären Simulation ist der Aufbau des Reinluftsystems starr und die Luftbewegungen innerhalb des Systems werden betrachtet. Bei instationären CFD-Analysen befinden sich zusätzlich bewegte Teile (z.B. vertikale Bewegung einer Abfüllnadel) innerhalb des Modells. Dies erfordert einen wesentlich höheren Rechenaufwand und damit auch steigende Kosten.

### Erstellung eines Modells und Simulation der Luftströmung

Um möglichst wenige Varianten simulieren zu müssen und damit möglichst schnell zu einem guten Ergebnis zu gelangen, sollte die Simulation mit einem sehr gut durchdachten Design starten. Damit sind weniger Anpassungen bzw. Iterationsschritte erforderlich.

Um mit einem gut durchdachten Design zu beginnen, spielt Erfahrung in der Lüftungs- und Reinraumtechnik eine große Rolle. Es können aber auch Tests an vorhandenen Anlagen durchgeführt werden. Beispielsweise kann im Falle einer Optimierung an einem vorhandenen Containment-System (z.B. Isolator oder RABS – Restricted Access Barrier System) mit provisorischen Luftleitblechen aus Kartonagen oder zusätzlichen Absaugungen mit Hilfsgebläsen experimentiert werden, um eine gute Ausgangslage zu schaffen.

Ein vorhandenes 3D-CAD-Modell des zu simulierenden Systems wird für die Strömungs simulation optimiert oder erstellt, falls nicht vorhanden. Häufig sind umfangreiche Vereinfachungen an der Geometrie erforderlich, da übliche CAD-Modelle aus dem Maschinenbau oft viel zu detailliert sind. Hierin wird der Fluidraum, also der luftdurchströmte Bereich, mit einem Netz in kleine (finite) Volumenelemente unterteilt. In Bereichen in denen große Änderungen der relevanten physikalischen Größen erfolgen, muss diese Vernetzung sehr fein erfolgen.

Der Strömungsexperte muss vor der Simulation prüfen, welche Einflüsse auf die Strömungsverhältnisse bestehen. Zum Beispiel, haben die Zulufttemperatur, Wärmelasten oder Thermik einen Einfluss auf das Berechnungsergebnis?

Dementsprechend sind die Randbedingungen im Simulationsprogramm zu definieren und das physikalische Berechnungsmodell anzupassen bzw. zu erweitern.

Durch das Lösen der mathematischen Gleichungen an jedem Punkt und für jeden Zeitschritt im Netz des Fluidraumes werden die physikalischen Änderungen ermittelt. Dies ge-

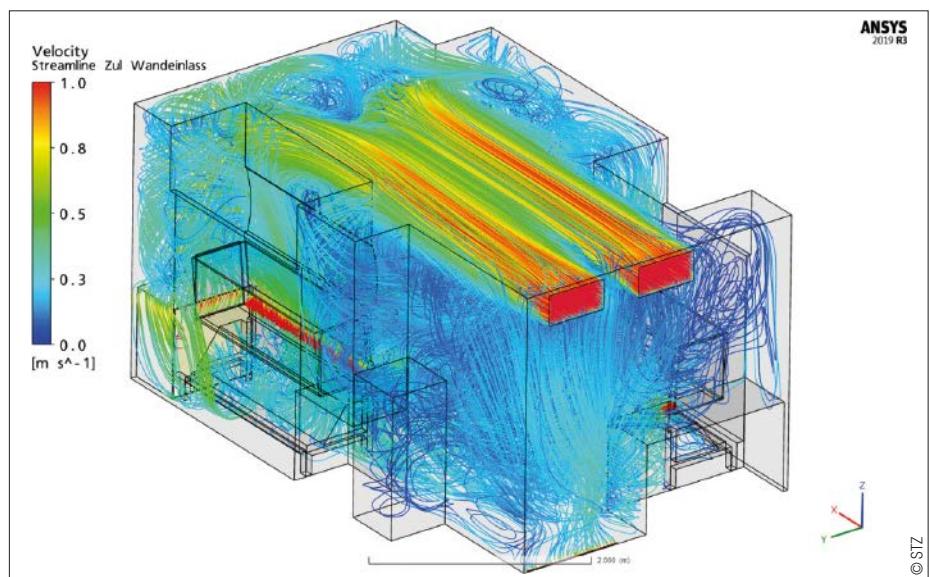


Abb. 3: Turbulente Verdünnungsströmung im Raum bei horizontaler Einbringung der Zuluft. Durch die Farbverläufe werden die Luftgeschwindigkeiten sichtbar.

schieht durch iterative Schritte so lange bis sich die Strömungsvariablen nicht mehr bedeutend ändern, also das Ergebnis konvergiert.

Im Postprocessing können die Ergebnisse ausgewertet und grafisch dargestellt werden (siehe Abb. 3 und 4). In diesem Zusammenhang ist eine Plausibilitätsprüfung der Simulationsergebnisse unerlässlich.

### Praxisbeispiel Sicherheitswerkbank – mit zwei Varianten der Raum-Lüftung

In diesem Praxisbeispiel wird gezeigt, welche Möglichkeiten bei der CFD-Strömungssimulation bestehen. Es geht dabei um einen turbulent belüfteten Raum (TVS: turbulente Verdünnungsströmung) in dem zwei Sicherheitswerkbanken angeordnet sind (siehe Abb. 2). Es werden dabei verschiedene Varianten der Raumlüftung und deren Auswirkungen auf die Sicherheitswerkbanken betrachtet. Die Raumlüftung soll so ausgeführt werden, dass sie mögliche Kontaminationen im Raum austrägt bzw. verdünnt. Gleichzeitig soll die Raumströmung die Funktion der Sicherheitswerkbank nicht negativ beeinträchtigen. Denn die Sicherheitswerkbank schützt zum einen das Produkt in ihrem Inneren durch eine turbulenzarme Verdrängungsströmung (TAV), zum anderen verhindert sie das Austreten von risikobehafteten Stoffen aus der Werkbank. Somit wird sowohl Produkt- wie auch Personenschutz sichergestellt.

Abbildung 3 zeigt die Raumströmung als Ganzes. In dieser Darstellung ist der Strömungsverlauf im Raum mit Angabe der Luftgeschwindigkeiten über den Farbverlauf abgebildet. Mittels kostenlosem Viewer kann sich der Betrachter in einer sogenannten AVZ-Datei bewegen und jede beliebige Ebene detailliert analysieren. Alternativ dazu zeigt Abb. 4 die Darstellung der Luftströmung innerhalb und an der Eingriffsöffnung der Werkbank. Es ist er-

kennbar, dass der Bereich im Inneren, in dem das Produkt gehandhabt wird, durch eine turbulenzarme Verdrängungsströmung (von oben nach unten) geschützt ist. Wenn die Stromlinien direkt an der Öffnung dargestellt werden, zeigt sich, dass die Pfeile weder nach Außen noch in das Innere der Werkbank zeigen. Dies stellt die Barriere zum Raum dar und sichert somit Produkt- und Personenschutz.

### Vergleich zwischen Simulation und Visualisierung/Messung

Um eine aussagekräftige numerische Simulation zu erstellen, ist ein entsprechendes Fachwissen beim Simulations-Experten notwendig. Dazu gehören idealerweise die Grundlagen der Strömungsmechanik, Kenntnisse in Reinraumanwendungen und Erfahrungen mit Strömungsvisualisierungen an realen Anlagen. Diese Basis ermöglicht eine Plausibilitätsprüfung der Simulationsergebnisse durchzuführen. Für die endgültige Abnahme eines Reinluftsystems kommt im GMP-regulierten Bereich die Qualifizierung zum Tragen. Hier wird der Funktionsnachweis mittels Visualisierung erbracht und dokumentiert. Abbildung 5 zeigt den Vergleich zwischen Visualisierung und Simulation an einem Maschinenmodell in turbulenzarmer Luftströmung. Dort lässt sich gut erkennen, welche Details mit einem guten Simulationsmodell betrachtet werden können. Es zeigen sich die gleichen Strömungsbilder mit den zugehörigen Wirbelbildungen in beiden Varianten – Praxis und Theorie.

Mit einem auf den Anwendungsfall abgestimmten Modell und den richtigen Randbedingungen lassen sich sehr detaillierte und realitätsnahe Analysen durchführen. Weiterhin bietet die numerische Simulation mehr Möglichkeiten die Daten zu analysieren, z.B. bei der Ermittlung von Luftgeschwindigkeiten, Temperaturen oder Partikelkonzentrationen.

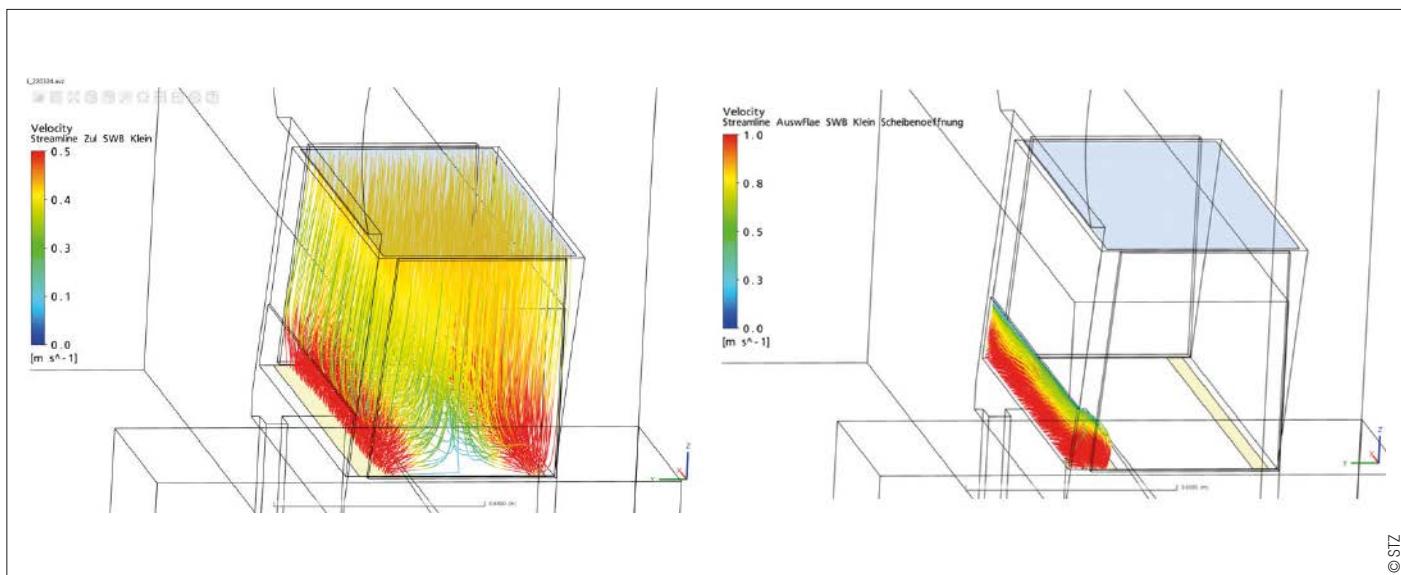


Abb. 4: Luftströmung innerhalb und an der Eingriffsöffnung der Werkbank. Es tritt keine Luft in den Arbeitsbereich der Sicherheitswerkbank ein und es gelangt keine Luft nach außen in den Raum (Produkt- und Personenschutz).

CFD-Strömungssimulationen bieten	
<b>mehr</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Optimierungsmöglichkeiten</li> <li>✓ Akzeptanz bei Kunden und Behörden</li> <li>✓ Wissen über das System</li> <li>✓ Daten zur Funktionsweise</li> <li>✓ Möglichkeiten schlecht einsehbare Bereiche zu bewerten</li> <li>✓ Energieeinsparmöglichkeiten</li> </ul>	<b>weniger</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Risiko bei Neuentwicklungen</li> <li>– Schwachstellen im System</li> <li>– Aufwand für Versuchsaufbauten</li> <li>– Zeit bei der Inbetriebnahme</li> <li>– Nachbesserungen im eingebauten Zustand</li> </ul>

Tab. 1: Zusammenfassung der Vorteile einer CFD-Simulation

### Energieeffizienz kontra Prozesssicherheit

Der Auftraggeber will normalerweise, dass das System funktioniert und das mit möglichst geringen Kosten. Das Reinluftsystem muss für den entsprechenden Prozess, die definierten Parameter und Bedingungen einhalten. Was meist nicht betrachtet wird, sind die Lifecycle-Kosten, sondern nur die Anschaffungskosten. Durch regulatorische Vorgaben und klimatische Veränderungen wird das Thema der Energieeffizienz einen weiter steigenden Stellenwert einnehmen. CFD bietet eine hervorragende Möglichkeit in der Planungsphase verschiedene Varianten miteinander hinsichtlich Energieeffizienz zu vergleichen. Beispielsweise kann ermittelt werden, ob mit einer Neuanordnung der Luftdurchlässe für Zu- und Abluft ein geringerer Luftwechsel ausreichend ist, um alle inneren Lasten im Raum auszutragen und die Grenzwerte einzuhalten. Durch Verbesserung des Strömungsbildes kann somit auch ein energetisch optimiertes Design zustande kommen und im gesamten Lebenszyklus wiederum Kosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen einsparen. Die Betrachtung der Prozesssicherheit steht dabei weiterhin an erster Stelle und ist damit kein Ausschlusskriterium für Energieeffizienz.

### Kosten und Nutzen

Grundsätzlich kann man nahezu alle Reinluftsysteme mit einer CFD-Berechnung simulieren. Die Grenzen ergeben sich im Wesentlichen durch den Aufwand und die damit verbundenen Kosten.

Kostentreibend für die Simulation sind vor allem folgende Punkte:

- Keine, zu detaillierte oder fehlerbehaftete 3D-CAD-Zeichnung. Nachbearbeitung durch CFD-Experten notwendig.
- Instationäre Berechnungen (z.B. Bewegung von Maschinenteilen, diskontinuierliche Partikelfreisetzung).
- Multiphysik-Simulationen (Zwei-Phasen-Strömungen und chemische Prozesse).
- Variantenberechnungen mit Änderung der Geometrie, wodurch eine erneute Vernetzung und Simulation notwendig wird.

Die Kostentreiber sollten anfänglich geprüft und diskutiert werden, um eine möglichst kosteneffiziente Simulation zu erstellen. Dies richtet sich maßgeblich nach der zu Beginn definierten Zielsetzung.

### Fazit

Durch CFD-Strömungssimulationen kann die Effizienz von Reinräumen verbessert, die Produktqualität gesichert, die Umwelt geschützt und der Energieverbrauch minimiert werden.

Die umfangreichen Vorteile der CFD-Analyse für die Anwendung in der Reinraumtechnik sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Besonders zum Tragen kommen diese Vorteile unter anderem bei Containment-Systemen, welche sehr hohe Anforderungen an Produkt- und/oder Personenschutz haben. Um die Simulation bestmöglich und mit angemessenem Aufwand durchzuführen, ist eine konkrete Zielsetzung unerlässlich.

### KONTAKT

#### Benjamin Pfändler

Geschäftsleitung

Steinbeis-Transferzentrum Energie-, Umwelt

und Reinraumtechnik STZ EURO, Offenburg

Tel.: +49 781 203547-00

bpfændler@stz-euro.de

www.stz-euro.de

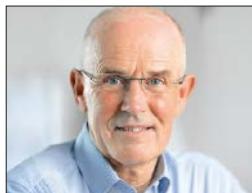


# Trends im Containment

**Zwischen steigenden Anforderungen und innovativen Lösungen**



Dr. Martin Schöler



Dr. Rainer Nicolai

Die Anforderungen an Containment-Lösungen in der Pharmaindustrie steigen kontinuierlich. Neue hochwirksame Therapien, besonders in der Onkologie und Präzisionsmedizin, erfordern immer ausgereiftere Technologien zum Schutz von Bedienern und Umwelt – bei gleichzeitig höchster Produktionseffizienz. Wie die Branche diese Herausforderungen meistert und welche innovativen Ansätze sich durchsetzen: ein Überblick über aktuelle Entwicklungen im Pharma-Containment.

Die Integration aller Systemkomponenten und die Minimierung von Transferpunkten sind entscheidend für die Rückhalteleistung moderner Containment-Anlagen (Bild mit Bediener an einem RTP).

Die pharmazeutische Industrie befindet sich in einem Wandel, der die Anforderungen an Containment-Lösungen grundlegend verändert. Ein Blick auf die Zulassungsstatistik der FDA macht die Dimension dieser Entwicklung deutlich: Über 57 % der zwischen 2011 und 2020 neu zugelassenen Wirkstoffe liegen im Occupational Exposure Band (OEB-Level) 3 oder höher – ein klares Signal für den steigenden Bedarf an Containment-Technologien. Marktanalysen bestätigen diesen Trend: Allein der Markt für hochaktive pharmazeutische Wirkstoffe (HPAPIs) soll von aktuell etwa 27 Mrd. auf über 41 Mrd. USD im Jahr 2028 wachsen, getrieben vor allem durch Fortschritte in der Präzisionsmedizin und neue onkologische Therapien.

Diese Entwicklung stellt die Industrie vor komplexe Herausforderungen: Einerseits erfordern neue hochaktive Wirkstoffe und regulatorische Vorgaben immer ausgereiftere Schutzkonzepte für Bediener und Umwelt.



Abb. 1: Continuous Manufacturing reduziert die Anzahl kritischer Transferpunkte deutlich: beispielhafte Anlage mit kontinuierlichem Verarbeitungssystem FE CPS (rechts) und Tablettenpresse FE55 (links) von Fette Compacting.

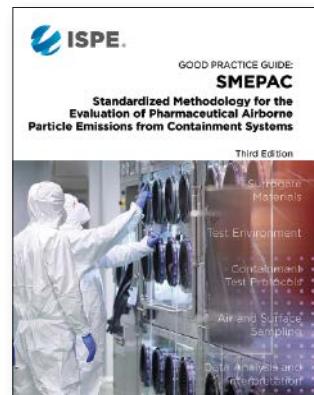


Abb. 2: High-Containment-Anlage mit Isolatortechnologie: Die Integration von Tablettenpresse und Prozess-Equipment ermöglicht die sichere Verarbeitung hochaktiver Wirkstoffe (exemplarische Anlage von Fette Compacting).

Andererseits müssen moderne Containment-Lösungen höchste Effizienzstandards erfüllen und sich flexibel in bestehende Produktionsprozesse integrieren lassen. Gefragt sind daher ganzheitliche Systemlösungen, die neben technischen Aspekten auch organisatorische Faktoren wie Bedienerqualifikation und Prozessabläufe berücksichtigen.

#### Neue regulatorische Anforderungen

Wie stark der Wandel die Branche prägt, zeigt sich besonders an regulatorischen Entwicklungen: Die seit Dezember 2024 geltende aktualisierte Gefahrstoffverordnung führt wichtige Neuerungen für die Pharmaindustrie ein. Zentral ist die Übernahme des risikobezogenen Maßnahmenkonzepts aus der Technischen Regel für Gefahrstoffe (TRGS), das Akzeptanz- und Toleranzkonzentrationen für kritische Stoffe in der Arbeitsumgebung definiert. Darin wird auch die Verwendung geschlossener Sys-

teme für Gefahrstoffe der KMR-Kategorien Ia und Ib (krebszeugende, keimzellmutagene oder reproduktionstoxische Stoffe) explizit empfohlen. Zudem müssen pharmazeutische Produzenten neue Regelungen zu Zugangsbedingungen, Schulungen und erweiterte Meldepflichten beachten. Letztere sind nun an klar definierte Bedingungen geknüpft.

Parallel dazu wurde der Praxisleitfaden SMEPAC (Standardized Methodology for the Evaluation of Pharmaceutical Ergonomic Particle Emission from Containment Systems) der ISPE grundlegend überarbeitet. Statt einzelner Geräte und Unit Operations fokussiert sie nun verstärkt auch auf komplexe Systeme mit vielen Einzelkomponenten, was besonders im Bereich des Continuous Manufacturing zur Anwendung kommt. Neu ist zudem die erweiterte Betrachtung des Anlagen-Lebenszyklus: Der Bediener-Schutz muss nicht nur während der Produktion, sondern auch bei Reinigung, Wartung

und Außerbetriebnahme gewährleistet sein. Der Praxisleitfaden empfiehlt zwar weiterhin den Produktionszustand als primären Messfokus, gibt aber nun auch konkrete Beispiele für die Bewertung anderer Betriebszustände.

#### Continuous Manufacturing als Treiber

Die Erwähnung von Continuous Manufacturing im SMEPAC-Leitfaden ist kein Zufall: Die kontinuierliche Herstellung entwickelt sich zu einem wichtigen Treiber moderner Containment-Lösungen. Dabei geht es nicht nur um die oft zitierten Vorteile wie höhere Effizienz und bessere Produktqualität. Aus Sicht des Containments bietet die kontinuierliche Produktion einen entscheidenden Vorteil: Sie reduziert die Anzahl kritischer Transferschnittstellen zwischen einzelnen Prozessschritten deutlich. Jeder Materialtransfer zwischen Gebinden, jedes Umfüllen und jeder Raumwechsel stellt ein potenzielles Kontaminations-

risiko dar. Ein kontinuierlich laufender Prozess in einer geschlossenen Anlage ist dagegen deutlich weniger kritisch als der Transfer von hochpotenten Stoffen zwischen verschiedenen Unit Operations.

Die Kombination aus Containment und Continuous Manufacturing ermöglicht so nicht nur effizientere, sondern auch sicherere Produktionsprozesse. Diese Synergie gewinnt in der Branche an Bedeutung, wie auch die wachsende Zahl entsprechender Marktanfragen zeigt.

### Testlabore und Validierung gewinnen an Bedeutung

Ein weiterer wichtiger Trend ist die Einrichtung spezialisierter Testlabore bei den Anlagenherstellern. Die sichere Handhabung hochpotenter Wirkstoffe erfordert umfangreiche Tests vor der Installation beim Kunden. So empfiehlt der neue Good Practice Guide SMEPAC ausdrücklich erste Containment-Messungen bereits während des Factory Acceptance Tests (FAT). Diese frühzeitige Validierung minimiert Risiken bei der späteren Inbetriebnahme, wobei standardisierte Testverfahren sowohl mit Ersatzstoffen (Surrogaten) als auch mit aktiven Produkten zum Einsatz kommen.

Zentral ist dabei die systematische Überprüfung der Containment-Performance. Messverfahren wie der Containment Guard prüfen die Rückhalteleistung in sieben definierten Szenarien: von der normalen Produktion über Werkzeugwechsel bis zu simulierten Störfällen wie Stromausfällen. Die nach SMEPAC-Richtlinie durchgeführten Messungen liefern reproduzierbare Ergebnisse als verlässliche Basis für die Anlagenauslegung entsprechend dem Aktivitäts- und Toxizitätsgrad der Wirkstoffe.

### Innovative Systemlösungen

Die Industrie reagiert auf diese Entwicklungen mit durchdachten Containment-Konzepten. Moderne Tablettenpressen sind bereits in der Standardausführung staubdicht konstruiert, mit einem konstanten Unterdruck im Maschineninneren zur Vermeidung von Staubemissionen. Optionale Containment-Pakete mit Handschuheingriffen (Gloveports) und Rapid Transfer Ports (RTP) ermöglichen sichere Eingriffe ohne Unterbrechung des Containments. Für höchste Anforderungen stehen High-Containment-Lösungen mit Isolatortechnologie und Wash-in-Place (WiP) zur Verfügung.

Ein besonderer Fokus liegt auf der Integration aller Systemkomponenten. Die Erfahrung zeigt, dass Transferprozesse maßgeblich über die Rückhalteleistung einer Anlage entscheiden. Je weniger Schnittstellen zwischen den einzelnen Prozessschritten existieren, desto geringer ist das Risiko einer Wirkstofffreisetzung. Moderne Containment-Systeme bspw. bei der OSD-Herstellung umfassen neben der eigentlichen Tablettenpresse auch das komplette Prozess-Equipment wie Entstauber, Metalldetektoren und Einheiten zur Inprozesskontrolle.



Abb. 3: Standardisierte Messverfahren wie der Containment Guard ermöglichen die systematische Überprüfung der Rückhalteleistung in verschiedenen Betriebszuständen.

### Zusammenfassung und Ausblick

Die Entwicklung im Pharma-Containment wird künftig wesentlich von zwei Faktoren bestimmt: der steigenden Nachfrage nach Lösungen für hochaktive Wirkstoffe und der zunehmenden technischen Komplexität der Systeme. Besonders bei kritischen und zielgerichteten Therapien wächst der Bedarf an sicheren Containment-Lösungen weiter. Die Verbindung von Containment und Continuous Manufacturing zeigt exemplarisch, wie Innovation zu mehr Sicherheit bei höherer Effizienz führen kann.

Entscheidend wird die noch engere Integration aller Systemkomponenten sein: von der Anlagentechnik über Reinigungskonzepte bis zur digitalen Prozessüberwachung. Die frühzeitige Zusammenarbeit zwischen Anlagenherstellern und Pharmaproduzenten gewinnt dabei weiter an Bedeutung, um Lösungen zu entwickeln, die sowohl Sicherheitsanforderungen als auch wirtschaftliche Ziele erfüllen. Die neuen regulatorischen Rahmenbedingungen und erweiterten Testmöglichkeiten bieten dafür eine solide Grundlage.

#### Autoren:

**Dr. Martin Schöler,**

Vice President Technology  
bei Fette Compacting

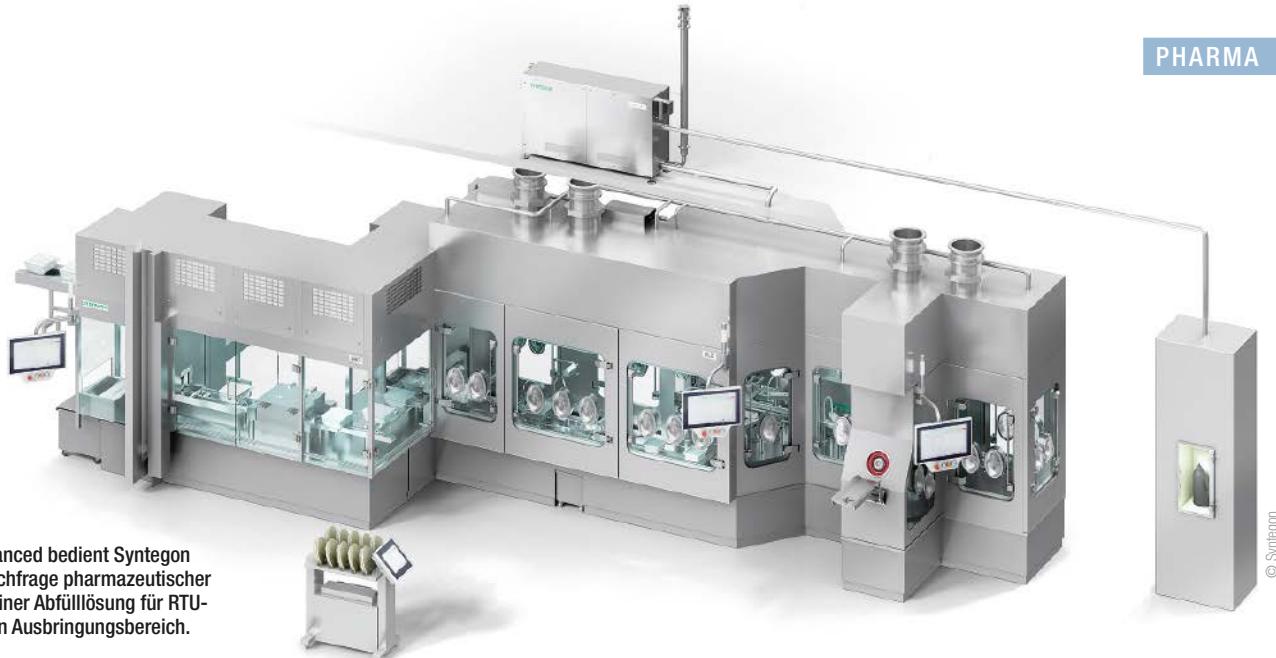
**Dr. Rainer Nicolai,**

Product Owner Engineering Consulting  
bei F. Hoffmann – La Roche

### KONTAKT

**Dr. Martin Schöler**

Fette Compacting GmbH, Schwarzenbek  
Tel.: +49 4151 12-802  
mschoeler@fette-compacting.com  
www.fette-compacting.com



Mit der MLD Advanced bedient Syntegon die steigende Nachfrage pharmazeutischer Hersteller nach einer Abfülllösung für RTU-Spritzen im hohen Ausbringungsbereich.



Markus Burkert

# Neue MLD Advanced für RTU-Spritzen

## Innovative Kombination bewährter Technologien

Nach der ersten virtuellen Vorstellung auf der Interphex, führt Syntegon jetzt seine neue Anlage für die Abfüllung von ready-to-use (RTU) Nestspritzen im Markt ein: Mit der MLD Advanced bedient das Unternehmen die steigende Nachfrage pharmazeutischer Hersteller nach einer Lösung im hohen Ausbringungsbereich mit 100-prozentiger In-Prozess-Kontrolle (IPK). „Gerade bei hochpreisigen Arzneimitteln muss jeder Tropfen optimal abgefüllt und verwogen werden“, so Markus Burkert, Produktmanager bei Syntegon. „Deshalb haben wir die MLD-Plattform, die bislang vor allem für Kapseln und Vials verwendet wird, mit unseren Technologien für die Spritzenabfüllung kombiniert.“

Die von vielen Spritzenlinien bekannten automatischen Beutel- und Tuböffner sorgen mittels No-Touch-Transfer für die aseptische Einbringung der Spritzen in den Füllbereich. Die Vereinzelung aus dem Nest erfolgt ebenfalls automatisch und ohne Glas-zu-Glas-Kontakt über die von Syntegon entwickelte Pharma Handling Unit, die die Behältnisse in die dafür vorgesehene Spreizstation platziert. Dort werden die Objekte auf den Maschinentisch gebracht und anschließend in die Clips des Maschinentransports platziert. „Dieses einzigartige Clip-System ist die erste Besonderheit, die wir von der Kapsellinie für die Spritzenanwendung übernommen haben“, so Burkert. „Das spezielle, umlaufende Transportsystem gewährleistet einen schonenden, tragenden Transport und ist somit perfekt für RTU-Spritzen, aber auch für Vials und Kapseln geeignet.“

Nach der Leerverwiegung mittels 100-prozentiger IPK gelangen die Behältnisse in die Füllstation. Das folgende Füllen und Stopfensetzen basiert auf der bewährten FXS-Baureihe

für Spritzen: Die auf der Pharma Handling Unit montierten Füllhadeln ermöglichen bei Bedarf eine flexible Nachfüllung. Dank IPK wird das Füllgewicht genau kontrolliert. „Neben minimalem Produktverlust steht vor allem der dokumentierte Nachweis über die Verwiegung jedes einzelnen Behältnisses im Vordergrund. So haben Hersteller die Sicherheit, dass alle Behältnisse stets korrekt befüllt wurden“, erläutert Klaus Ullherr, Senior Produktmanager bei Syntegon. Nach dem Stopfensetzen per Vakuum oder Setzrohr werden die Behältnisse wieder über das umlaufende Transportsystem zurücktransportiert und von der Pharma Handling Unit sanft in die Nester gesetzt. „Damit bieten wir unseren Kunden einen nahtlosen Prozess für ihre vorsterilisierten Spritzen aus einer Hand“, so Ullherr.

### Erster Kundenauftrag bereits erteilt

Kunden profitieren gleich mehrfach von dieser innovativen Kombination bewährter Technologien: Neben einer Ausbringung von bis zu 400

Spritzen pro Minute erhalten sie sichere und erprobte Prozesse. „Indem wir bereits erfolgreich eingesetzte Technologien nutzen, ist die Anlage schnell verfügbar und das Risiko minimiert sich deutlich“, betont Markus Burkert. Der erste Kunde ist bereits von diesen Vorteilen überzeugt: Schon bald wird die erste MLD Advanced bei einem europäischen Pharmahersteller für die schonende Verarbeitung und Abfüllung von RTU-Spritzen mitsamt 100-prozentiger IPK sorgen.

### KONTAKT

#### Daniela Goetz

Syntegon Technology GmbH, Crailsheim  
Tel.: +49 7951 402-620  
daniela.goetz@syntegon.com  
www.syntegon.com

# Effizienz von Schutzmasken

## Rückhaltevermögen von respiratorischen Partikeln beim Ausatmen

Die Quantifizierung von emittierten, respiratorischen Partikeln durch infektiöse Personen trotz des Tragens von Masken spielt für die Ausbreitungscharakteristik in Innenräumen und insbesondere in geschützten Umgebungen eine wichtige Rolle. Aus diesem Grund wurde am Hermann-Rietschel-Institut der Technischen Universität eine Probandenstudie durchgeführt, bei der gemessen wurde, wie groß der Anteil der an der Maske vorbei strömenden Luft (Verpassungsleckage) ist. Dafür wurde die Konzentration an CO<sub>2</sub> in der Ausatemluft von 36 Versuchspersonen als Tracer verwendet.



Lukas Schumann

Dabei wurde die Atemluft der durch die Maske aufgeteilt in die durch die Maske strömende und die daran vorbei strömende Luft und die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen mit einem Spurengasanalysegerät gemessen. Es konnte festgestellt werden, dass die Verpassungsleckage beim Sprechen gegenüber dem Atmen im Mittel um 5,1 % erhöht ist. Bei Masken mit höherem Ausatemwiderstand ist die Verpassungsleckage grundsätzlich größer. Die Ergebnisse ermöglichen die Bewertung der Gesamtabstcheidung von Partikeln unter Berücksichtigung der Materialeigenschaften der Masken und schließen damit u.a. eine wichtige Schnittstelle für die Modellbildung zum Infektionsrisiko beim Übertragungsweg Luft.

### Motivation

Bei respiratorischen Aktivitäten setzen Personen Partikel frei, die in die Luft dispergiert werden und sich frei im Raum ausbreiten. Diese können sich in Totzonen aufkonzentrieren oder Projektil-artig auf direktem Weg zum zu schützenden Produkt oder einer anderen Person gelangen. Zur Bestimmung des Ansteckungsrisikos unter Einfluss von Gesichtsmasken haben (Bagheri et al., 2021) eine ausführliche

Untersuchung durchgeführt. Sie führen an, dass die Verpassungsleckage von Masken beim Einatmen sowie die Filterleistung der Materialien in der Literatur bekannt ist, die Verpassungsleckage beim Ausatmen jedoch nicht ausreichend.

In der vorliegenden Studie wird nun eine experimentelle Methode vorgestellt, mit der bestimmt werden kann, welcher Volumenanteil der ausgeatmeten Luft durch die Maske strömt und welcher Anteil durch Leckagen an der Maske vorbei entweicht. Das Versuchziel ist die Bestimmung dieser Verpassungsleckage, welche durch Undichtigkeiten zwischen Maskenrand und dem Gesicht der tragenden Person beim Ausatmen entsteht. Die Gesamtleckage der Maske ergibt sich aus der Verpassungsleckage und der Filtereffizienz des Stoffes. Aus der Gesamtleckage kann dann die Abscheide rate der Maske beim Tragen bestimmt werden.

### Übersicht Richtlinien zu Masken als PSA

Grundlagen über die Anforderungen an Atemschutzgeräte liefert die (DIN EN 149:2009-08), welche für partikelfiltrierende Halbmasken Typ 2 (FFP2-Masken) eine Mindestabscheide rate von 92 % für Partikel <2,5 µm vorgibt,



unter Verwendung von NaCl (Natriumchlorid) als Prüfaerosol. 99 % dieser NaCl-Partikel sind, so führen (Dreller et al., 2006) an, sind <1 µm. Das ist ähnlich des Größenspektrums respiratorischer Partikel, mit einem Anteil von >80 % in einer Partikelgröße von ≤1 µm (Hartmann et al., 2020). Partikel in dieser Größenordnung können als ideal luftgetragen angenommen werden, und befinden sich über lange Zeiträume stabil in der Raumluft (Hinds and Zhu, 2022). Die normative Anforderung basiert auf der Angabe eines Volumenstroms von 95 l/min und ist ein Spitzenwert, der deutlich über einem realistischen kontinuierlichen Volumenstrom von 30 l/min für die inspiratorische und aufgrund des sinusförmigen Verhaltens der Atmung auch expiratorische Phase für leichte bis mittelschwere körperliche Tätigkeit liegt (Dreller et al., 2006; Davies et al., 2013). Es kann in der Praxis eine geringere Geschwindigkeit der Durchströmung der Maske angenommen werden. Daraus resultiert, dass die Filtereffizienz um mehr als eine Dekade verringert würde, also auf einen Wert von über 98 % (DIN EN 1822-1: 2019-10) Es ist aufgrund dieser Abweichung notwendig, zusätzlich zu den bestehenden

Prüfnormen wissenschaftliche Untersuchungen zu Filtereffizienzen mit entsprechenden Prüfaerosolen und kleinerer Strömungsgeschwindigkeit zu berücksichtigen. Derartige Ergebnisse findet man in entsprechenden Metastudien. Eine weitere wichtige Größe bei der Klassifizierung von Schutzmasken ist der Atemwiderstand. Dieser hängt vom Material, sowie der Verpassungsleckage ab. Medizinischer Mund-Nasen-Schutz (MNS) weist in der Regel einen geringeren Atemwiderstand auf als FFP2. Geometrisch ähnliche Masken erzeugen mit steigendem Atemwiderstand bei gleichem Dichtsitz aufgrund des höheren Druckverlustes im Filtermedium auch mehr Leckage, was die Abscheiderate verringert (Konda et al., 2020). Da mit einer Erhöhung des Atemwiderstandes die Anstrengung, die notwendig ist, um die notwendige Luftmenge einatmen zu können steigt, existieren Grenzwerte für den Atemwiderstand. FFP2-Masken haben als integralen Grenzwert für den maximal zulässigen Ausatemwiderstand 3,0 mbar bei 160 l/min (DIN EN 149:2009-08). Kommerzielle Alltagsmasken dürfen einen Grenzwert von 3,0 mbar nicht überschreiten, außer der Differenzdruck des Materials ist  $\leq 70$  Pa/cm $^2$  oder die Luftdurchlässigkeit ist  $\geq 96$  l/(s·m) bei einem Vakuumdruck von 100 Pa (CEN Workshop Agreement, 2020). Für medizinische MNS Typ 1 und Typ 2 muss die Druckdifferenz nach (DIN EN 14683:2019-0)  $< 40$  Pa/cm $^2$  für einen Vakuumdruck von 100 Pa betragen, für Typ 2R gilt als Grenzwert unter analogen Bedingungen  $< 60$  Pa/cm $^2$ . Das Verhältnis aus Atemwiderstand und Filtereffizienz ist für Masken des Typs N95/KN95 deutlich erhöht gegenüber Alltagsmaterialien (Hao et al., 2020).

### Versuchsbeschreibung

Die sechs unterschiedlichen Masken, welche in dieser Studie zur Anwendung kommen (siehe Tab. 1 und Abb. 2), wurden hinsichtlich ihrer Verpassungsleckage in einer Probandenstudie miteinander verglichen. Dafür wird das jeweils an der Maske vorbei- bzw. hindurchströmende CO<sub>2</sub> aus der Atemluft mit einem Spurengasanalysegerät in einer Doppelkammer vermessen. Dies bietet einen deutlichen Vorteil gegenüber Partikeln als Tracer. Die Quellen von CO<sub>2</sub> sind in den Versuchen genau festgelegt, und sind ausschließlich die Atemluft der Versuchspersonen und die Zuluft. Durch Wiederholung der Messungen kann trotz der Ungenauigkeit des Messverfahrens zur Bestimmung der CO<sub>2</sub>-Konzentration, hier die nichtdispersive Infrarot-Analyse, eine statistische Auswertung der experimentellen Daten durchgeführt werden. Im Gegensatz dazu wären Ursachen für die Freisetzung von Partikeln neben der Atmung des Menschen ebenfalls Abrieb, von u.a. Hautschuppen und Kleidungsfasern, welche in großen Mengen abgegeben werden. Zudem ist die Menge respiratorischer Partikel sehr viel geringer, und messtechnisch schwer zu erfassen. Eine Messung der Partikelkonzentration in den beiden Versuchskammern wäre daher

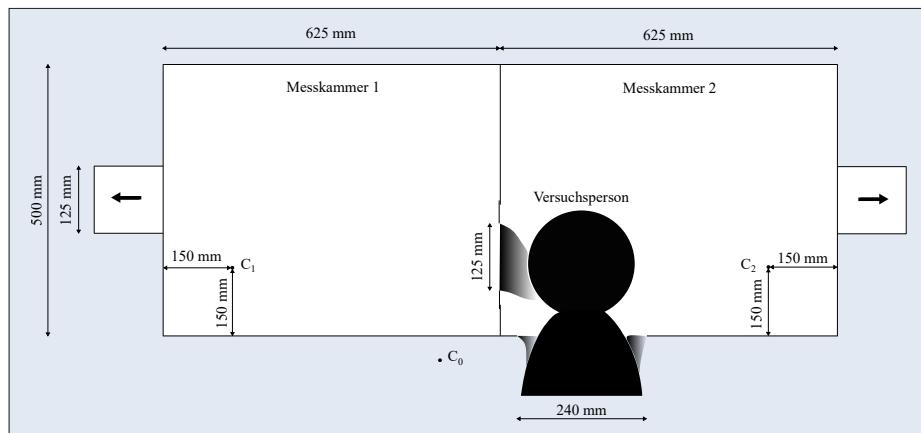


Abb. 1: Versuchsaufbau. Versuchspersonen befindet sich sitzend in Kammer 2 mit einer Maske. Die Probenahmestellen sind als C<sub>0</sub> bis C<sub>2</sub> entsprechend markiert. C<sub>1</sub> befindet sich in Messkammer 1, C<sub>2</sub> in Messkammer 2 und C<sub>0</sub> im Raum außerhalb der Doppelkammer. Die Abluft wird an den Enden der Kammern abgeführt.

unter den hier verwendeten Bedingungen nicht möglich. Eine Übersicht über den Versuchsaufbau wird in Abb. 1 dargestellt.

Am äußeren Rand jeder Maske ist eine Folie aufgeklebt, die für Flexibilität sorgt und gewährleistet, dass nur die Atemluft in Messkammer 1 gelangt, die durch die Maske strömt (siehe Abb. 1, grauer Bereich am Kopf der Versuchsperson). In Messkammer 2 gelangt somit nur die Luft, welche an der Maske vorbei strömt.

In Messkammer 2 befindet sich in der Nähe der Trennwand eine Öffnung, durch die die Versuchsperson ihren Kopf mit Blick auf Kammer 1 stecken und die Maske für den Versuch aufsetzen kann. Eine weitere Folie, die luftdicht um den Hals der Versuchsperson geschlossen wird, verhindert den Luftaustausch in oder aus der Messkammer 2 über diese Durchführung. Über ein luftdicht verschließbares Loch in der Messkammer 1 kann die Versuchsleitung den



Abb. 2: Übersicht für die verschiedenen Maskentypen mit Front- und Seitenansicht: a) Alltagsmaske aus Baumwolle (1) b) Alltagsmaske aus Vlies (2) c) Alltagsmaske aus Baumwolle (3) d) medizinischer Mund-Nasen-Schutz (4) e) FFP2-Maske, an den Ohren befestigt (5) f) FFP2-Maske mit Zugband am Hinterkopf (6)

korrekten Sitz der Maske sicherstellen und den Nasenclip anpassen. Außerdem bietet diese Öffnung die Möglichkeit, die Gesichtsmasken in die Trennwand einzuführen. Eine Darstellung des Messaufbaus ist in Abb. 1 zu sehen. An jedem Ende der Doppelkammer befindet sich ein Abluftkanal mit Ventilator, der die Luft aus der jeweiligen Kammer ansaugt. Zuluft strömt ausschließlich über kleine, jeweils identische Öffnungen in die beiden Kammern.

### Versuchsplan und Messablauf

Es wird durch die Maske geatmet und der zeitliche Verlauf der  $\text{CO}_2$ -Konzentration in beiden Kammern messtechnisch erfasst.

**Tab. 1: Übersicht über die in der Probandenstudie verwendeten Typen von Masken untergliedert nach Typ, Art der Befestigung am Kopf sowie der jeweiligen Passform.**

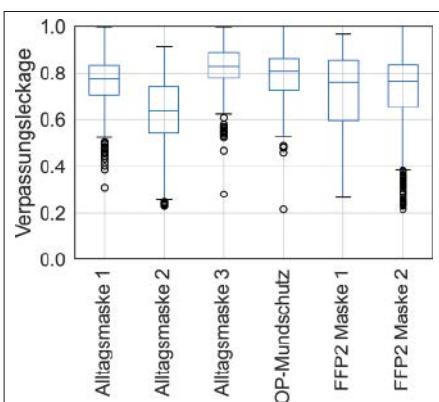
Bez.-Nr.	Typ	Befestigung	Form
1	Alltagsmaske aus Baumwolle	hinter den Ohren	rechteckig
2	Alltagsmaske aus Vlies	hinter den Ohren	angepasst
3	Alltagsmaske aus Baumwolle	hinter dem Kopf	rechteckig
4	medizinischer Mund-Nasen-Schutz	hinter den Ohren	rechteckig
5	FFP2-Maske	hinter den Ohren	rund
6	FFP2-Maske	hinter dem Kopf	Schnabel

Die  $\text{CO}_2$ -Konzentration in Messkammer 1 stellt den Anteil der ausgeatmeten Luft dar, der durch die Maske gelangt. In Messkammer 2 wird der Anteil der ausgeatmeten Luft gemessen, der an der Maske vorbeikommt, die so genannte Verpassungsleckage ( $A_x$ ). Die Probenahmeschlüche  $C_1$  und  $C_2$  befinden sich auf der gleichen Seite in einer Höhe von 150 mm über dem Boden und 150 mm vor dem jeweiligen Ende der Messkammern, und erfassen die  $\text{CO}_2$ -Konzentrationen  $c_1$  und  $c_2$  in ppm. Zudem wird die Basiskonzentration  $c_0$  an der Position  $C_0$  außerhalb der Messkammern gemessen. Das Messintervall ist pro Kanal 10 s und die Spülzeit beträgt 8 s.

Im ersten Versuchsteil atmet die Versuchsperson normal über die Gesichtsmaske ein und aus. Anschließend, im zweiten Versuchsteil, liest die Versuchsperson einen festgelegten Text vor. Es wird jeweils abgewartet, bis die  $\text{CO}_2$ -Konzentration in den Kammern stationär ist, bevor die Messdaten für je zehn Messdurchläufe aufgezeichnet werden. Die resultierende Messdauer pro Maskentyp beträgt ca. 10 – 15 Minuten.

### Auswertung

Nachfolgend werden die Ergebnisse für den Vergleich der einzelnen Maskentypen als auch für den Einfluss der respiratorischen Aktivitäten Atmen und Sprechen auf die Verpassungsleckage dargestellt.



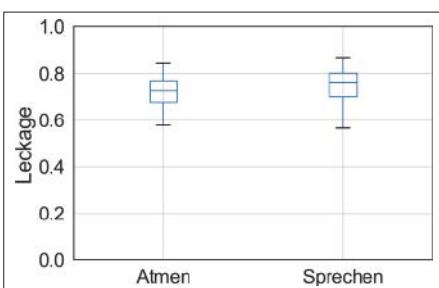
**Abb. 3: Boxplot für die Verpassungsleckage bei diversen Mundschützen über alle Versuchspersonen und Aktivitäten**

### Vergleich der Verpassungsleckage der Maskentypen

In Abbildung 3 wird die Verpassungsleckage unterteilt nach den untersuchten Maskentypen als Boxplot dargestellt. Insgesamt liegt die Verpassungsleckage bei allen Masken im Median oberhalb von 50 %. Die Streuung der Werte ist bei allen Masken, insbesondere bei den FFP2-Masken und Alltagsmaske 2 sehr ausgeprägt. Zwar befindet sich ein Großteil der Daten zur Verpassungsleckage in einem Bereich zwischen 0,6 – 0,9, jedoch gab es jeweils einzelne Versuchspersonen, bei denen die Verpassungsleckage deutlich geringer ausfiel. Das führt zu Ausreißern in dem Bereich von  $\leq 0,6$ . Die größten Verpassungsleckagen liegen bei Alltagsmaske 3 (Median: 0,82; Standardabweichung: 0,12) und beim medizinischen MNS (Median: 0,80; Standardabweichung: 0,10) vor. Es fällt auf, dass trotz des engeren Anliegens der FFP2-Masken eine im Median geringere Verpassungsleckage bei Alltagsmaske 2 vorliegt (FFP2 jeweils Median: 0,76; Standardabweichung: ca. 0,15; Alltagsmaske 2 Median: 0,64; Standardabweichung: 0,14). Aufgrund des höheren Dichtsitzes der FFP2-Masken, und auch der schärferen Testanforderungen lag zuvor die Vermutung nahe, dass diese zur geringsten Verpassungsleckage führen würden.

### Einfluss von respiratorischen Aktivitäten auf die Verpassungsleckage

Weiterhin wurde im Rahmen der Studie die Hypothese, dass beim Sprechen mehr Verpassungsleckage als beim Atmen auftritt, untersucht.



**Abb. 4: Boxplot für die Verpassungsleckage für die Unterscheidung zwischen den Aktivitäten Atmen und Sprechen, mit Daten von allen Versuchspersonen.**

Grund für diese Vermutung ist, dass durch das Sprechen ein Verrutschen der Maske auftritt, und somit der Dichtsitz beeinträchtigt wird. Dafür wurden die Ergebnisse der beiden Versuchsreihen für alle Probanden durch einen gepaarten Wilcoxon-Test gegenübergestellt. Es konnte dabei ein signifikanter Unterschied im Median mit einer Verpassungsleckage von 74,3 % beim Atmen und 78,1 % beim Sprechen festgestellt werden ( $p < 0,01$ ). Die Forschungshypothese hat sich damit erfüllt. Die Ergebnisse sind dargestellt in Abb. 4.

### Diskussion

Dass die größte mittlere Verpassungsleckage beim Tragen des medizinischen MNS und der Alltagsmaske 3 auftrat, war zu erwarten, da diese im Verhältnis zu den anderen Masken deutlich lockerer am Gesicht saßen. Die großen Unterschiede im Median der Verpassungsleckage von 64 bis 83 % zwischen den einzelnen Alltagsmasken lassen die Schlussfolgerung zu, dass es schwierig ist, für diese nicht genormten Masken einen generischen Einfluss auf die Verpassungsleckage beim Ausatmen abzuschätzen. Die große Verpassungsleckage der FFP2-Masken ist überraschend. Allerdings ist sehr wahrscheinlich der deutlich größere Atemwiderstand des Filtermaterials dafür verantwortlich, dass sich die Maske in der exspiratorischen Phase vom Gesicht abhebt und ein Großteil der Ausatemluft an der Maske vorbeiströmt.

Es konnte ein deutlicher Anstieg der Verpassungsleckage zwischen den Aktivitäten von ca. 5 % ermittelt werden. Für Risikoabschätzungen könnte eine Unterteilung je nach Aktivität in Zukunft somit besser berücksichtigt werden, da sich auch die emittierte Anzahl respiratorischer Partikel mit unterschiedlicher respiratorischer Aktivität verändert (Hartmann et al., 2020). Insbesondere auf respiratorische Aktivitäten die mit viel Bewegung und Quellsstärke verbunden sind, etwa Singen oder lautes Rufen, sollte in Bereichen hoher Anforderung an die Luftqualität vermieden werden.

Die ermittelten Daten zeigen erhebliche Abweichungen zu Annahmen aus der Literatur. So steht der experimentell ermittelte Median von 76 % Verpassungsleckage gegenüber der Annahme, dass die Leckage beim Ausatmen so groß wie beim Ausatmen (ca. 2 %) ist (Bagheri et al., 2021). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie führen nicht zur Interpretation, dass das Tragen einer Maske nicht sinnvoll ist, um die Abgabe von Partikeln zu unterbinden. Partikel in einem kleinen Größenbereich, wie sie im respiratorischen Aerosol vorkommen, können jedoch an der Maske vorbeigelangen und trotz des Tragens ein Infektionsrisiko für andere Personen über den Übertragungsweg Aerosol darstellen oder zur Kontamination eines Produktes führen.

Bei der Verwendung von  $\text{CO}_2$  als Tracer ist einschränkend zu sagen, dass sich  $\text{CO}_2$  nicht wie luftgetragene Partikel ausbreitet, sondern sich mit den Stromlinien der Luft sowie durch Diffusion ausbreitet. Respiratorische Partikel,

um deren Rückhalt es eigentlich bei der Verwendung der hier betrachteten Masken geht werden dagegen durch weitere physikalische Kräfte wie u.a. Trägheit, Gravitation, elektromagnetische Kräfte etc. beeinflusst (Hinds and Zhu, 2022). Hierbei gelten die Kräfte, die von der Masse der Partikel abhängig sind, wie Gravitation oder Trägheitskraft, als maßgeblich für den Transport von Partikeln  $> 1 \mu\text{m}$ . Partikel  $\leq 1 \mu\text{m}$  folgen dagegen eher den Stromlinien der Luft und unterliegen diesem Transport überlagert zudem dem Diffusionseffekt. Diese Einflussgrößen wurden bei dem vorliegenden Versuchsaufbau nicht berücksichtigt, haben jedoch einen Einfluss auf die tatsächliche Verpassungsleckage von Partikeln. Insbesondere große Partikel  $> 3 \mu\text{m}$  werden, wie auch in der Studie von (Bagheri et al., 2021) gezeigt werden konnte, durch ihre Massenkräfte verstärkt von der Maske abgeschieden und folgen nicht ideal den Stromlinien der Luft durch die Verpassung. Die Verpassungsleckage kann somit nur für die Abschätzung der Ausbreitung ideal luftgetragener respiratorischer Partikel verwendet werden. Außerdem gilt die Verpassungsleckage nicht für den Übertragungsweg „Tröpfchen“, welcher nur von der Trägheitskraft und der auf die Partikel wirkende Gravitation beeinflusst wird.

## Fazit

Die Verpassungsleckage beim Ausatmen liegt für alle untersuchten Masken um ein Vielfaches höher als beim Einatmen. Die aus der Literatur bekannte Vermutung, dass die Verpassungsleckage und damit auch die Gesamtleckage beim Einatmen einen ähnlichen Wert wie beim Ausatmen haben, kann somit nicht bestätigt werden.

Trotz des höchsten Atemwiderstandes führen die FFP2-Masken zu geringeren Verpassungsleckagen als der MNS. Bei FFP2-Masken scheint ein umliegender Gummi zu einem etwas besseren Sitz zu führen als Befestigungsschlauen für die Ohren. Für die Alltagsmasken lässt sich festhalten, dass Masken bei gutem Sitz zu einer niedrigen Verpassungsleckage führen können, aber eine einheitliche Aussage nicht möglich ist.

Die Ergebnisse dieser Studie können genutzt werden, um als Grundlage für die Berechnung des Einflusses des Tragens einer Maske auf das Infektionsrisiko in Innenräumen zu dienen. Die Reduktion der Partikelemissionsrate von potenziell ansteckenden Personen lässt sich unter Berücksichtigung der Filtereigenschaften des Maskenmaterials sowie der Eigenschaften der infektiösen respiratorischen Partikel so für die diversen Maskentypen und Aktivitäten abschätzen. Allerdings bleibt festzuhalten, dass sich im Einzelfall immer eine hohe interindividuelle Variabilität zeigt.

## Zur Unbedenklichkeit der Studie:

Die Studie wurde nach den ethischen Grundsätzen der WMA-Deklaration von Helsinki durchgeführt und vom Ethikvotum der Technischen Universität Berlin genehmigt. Studien-

teilnehmerinnen und -teilnehmer wurden über die Ziele und Inhalte der Studie sowie über den Datenschutz informiert und haben ihre Einwilligung (informed consent) gegeben.

## Danksagung

Die Studie wurde durch die Heinz-Trox-Stiftung mit der Kennung HTx0023 gefördert. Die Ergebnisse sind unabhängig von den Interessen der Mittelgeber ausgewertet und veröffentlicht. Die Autoren bedanken sich bei Hansjörg Rotheudt für das Konzept des Messaufbaus sowie bei Hendrik Ziems und Tobias Hagemann für ihre Unterstützung bei der Betreuung der Probandenstudie.

Die Autoren erklären, dass kein potenzieller Interessenkonflikt besteht. Die Autoren haben kein sekundäres Interesse, welches die Validität der Forschungsergebnisse beeinflusst.

## Literatur:

Bagheri, G. et al. (2021) 'An upper bound on one-to-one exposure to infectious human respiratory particles', *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(49). Available at: <https://doi.org/10.1073/pnas.2110117118>.

CEN Workshop Agreement (2020) 'Community face coverings: - Guide to minimum requirements, methods of testing and use'.

Davies, A. et al. (2013) 'Testing the efficacy of homemade masks: would they protect in an influenza pandemic?', *Disaster medicine and public health preparedness*, 7(4), pp. 413–418. Available at: <https://doi.org/10.1017/dmp.2013.43>.

'DIN EN 149:2009-08, Atemschutzgeräte - Filternde Halbmasken zum Schutz gegen Partikeln - Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung; Deutsche Fassung EN\_149:2001+A1:2009' (no date). Berlin: Beuth Verlag GmbH. Available at: <https://doi.org/10.31030/1527555>.

'DIN EN 1822-1:2019-10, Schwebstofffilter (EPA, HEPA und ULP) - Teil\_1: Klassifikation, Leistungsprüfung, Kennzeichnung; Deutsche Fassung EN\_1822-1:2019' (no date). Berlin: Beuth Verlag GmbH. Available at: <https://doi.org/10.31030/3015805>.

'DIN EN 14683:2019-10, Medizinische Gesichtsmasken - Anforderungen und Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN\_14683:2019+AC:2019' (no date). Berlin: Beuth Verlag GmbH. Available at: <https://doi.org/10.31030/3089330>.

Dreller, S. et al. (2006) 'Zur Frage des geeigneten Atemschutzes vor luftgetragenen Krankheitserregern', *Gefahrstoffe – Reinhalter der Luft*, (66), pp. 14–24.

Hao, W. et al. (2020) 'Filtration performances of non-medical materials as candidates for manufacturing facemasks and respirators', *International journal of hygiene and environmental health*, 229, p. 113582. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijeh.2020.113582>.

Hartmann, A. et al. (2020) 'Emissionsrate und Partikelgröße von Bioaerosolen beim Atmen, Sprechen und Husten'. Technische Universität Berlin. Available at: <https://doi.org/10.14279/DEPOSITIONCE-10332>.

Hinds, W.C. and Zhu, Y. (2022) *Aerosol technology: Properties, behavior, and measurement of airborne particles*. Third edition. Hoboken, NJ: Wiley.

Konda, A. et al. (2020) 'Aerosol Filtration Efficiency of Common Fabrics Used in Respiratory Cloth Masks', *ACS nano*, 14(5), pp. 6339–6347. Available at: <https://doi.org/10.1021/acsnano.0c03252>.

## Autoren:

**Lukas Schumann,**

**Prof. Dr.-Ing. Martin Kriegel**

Hermann-Rietschel-Institut,  
Technische Universität Berlin

## KONTAKT

**Lukas Schumann**

Hermann-Rietschel-Institut  
Technische Universität Berlin, Berlin  
Tel.: +49 30 314 24 - 170  
lukas.schumann@tu-berlin.de  
www.hermann-rietschel-institut.de



**WILEY**



# Erfahren Sie als Erster alle Neuigkeiten

Möchten Sie immer auf dem Laufenden bleiben und keine wichtigen Neuigkeiten mehr verpassen? Dann melden Sie sich jetzt für unseren Newsletter an! Mit dem Newsletter von **process-technology.wiley.com** erhalten Sie regelmäßig Top-Meldungen, exklusiven Zugriff auf die neuesten E-paper und viele weitere Neuigkeiten für die Prozessindustrien. Wir freuen uns auf Ihre Anmeldung!

Die Anmeldung zu unserem Newsletter ist einfach und dauert nur wenige Sekunden. Geben Sie einfach Ihre E-Mail-Adresse in das Anmeldeformular auf unserer Website – **process-technology.wiley.com** – ein.



**process-technology.wiley.com**

**WILEY**  
**Process**  
**Technology**



# Annex 1 konforme Reinraum Monitoring Trendanalysen

Die jüngste Revision des EU-GMP Guidelines Annex 1, speziell Kapitel 9 „Environmental and Process Monitoring“, stellt Reinraumbetreiber vor neue und anspruchsvolle Herausforderungen. Mit der steigenden Bedeutung von Daten-Trending und Alarm-Auswertung müssen Betreiber nicht nur Daten in großem Umfang erfassen und analysieren, sondern diese auch so aufbereiten, dass Trends frühzeitig erkannt und geeignete Maßnahmen eingeleitet werden können. Der Fokus auf Datenintegrität und Compliance erfordert hochentwickelte Werkzeuge, die über die bisherigen Systeme hinausgehen.



Dr.-Ing. Peter Becker

Kapitel 9.11 des Annex 1 beschreibt detailliert, wie Daten-Trending zur Erkennung von Abweichungen und zur Verbesserung von Prozessen genutzt werden soll. Die Anforderungen umfassen:

- Identifikation von Trends: Steigende Anzahl von Grenzwertüberschreitungen oder aufeinanderfolgende Alarne müssen analysiert werden.
- Langfristige Analysen: Kurz- und langfristige Daten-Trends, zur Überprüfung, ob Veränderungen im Reinraumumfeld auftreten, die auf Kontaminationsrisiken hinweisen, sind für fundierte Entscheidungen notwendig.
- Flexible Datenaufbereitung: Darstellung in verschiedenen Formaten, Skalierungen und mit individuell konfigurierbaren Warn- und Alarmgrenzen.

Die Umsetzung dieser Anforderungen erfordert eine technische Lösung, die die umfassenden Datenmengen analysiert und Erkenntnisse aus den Daten ableitet. Mit herkömmlichen Tools ist dies oft nicht effizient realisierbar. Viele Reinraumbetreiber versuchen daher eigene, bspw. Excel-basierte, Tools zu entwickeln. Diese Ansätze sind jedoch fehleranfällig und erfüllen oft nicht die strengen Anforderungen an Datenintegrität und Compliance. Manuelle

Prozesse können zu Inkonsistenzen führen, wodurch regulatorische Risiken entstehen.

CleanroomTrendPro, ein Add-on-Tool, adressiert diese komplexen Anforderungen und bietet eine umfassende, flexible Lösung für das Reinraum-Daten-Trending und die Alarm-Auswertung. Es erweitert etablierte Reinraum-Monitoring-Systeme und unterstützt Anwender dabei den neuen Annex 1-Trendanalyse-Anforderungen gerecht zu werden. Zu den Hauptmerkmalen gehören:

- Automatisierte Trendanalysen & kontinuierliche Überwachung: CleanroomTrend Pro wertet kontinuierlich die erhobenen Daten aus und identifiziert Abweichungen sowie Trends. Warn- und Aktionsgrenzen werden klar dargestellt, und Alarne können ausgelöst werden, sobald Grenzwerte überschritten werden. Dies ermöglicht eine frühzeitige Intervention, bevor kritische Situationen auftreten.
- Regelkonformität sicherstellen: In Kombination mit dem eurogard Reinraum Monitoring System Moni.NET unterstützt das Tool Anwender bei der Einhaltung der EU-GMP Guidelines durch präzise Dokumentation, automatische Warnmeldungen bei Grenzwertüberschreitungen und umfassende Berichte.
- Umfassende Datenanbindung: CleanroomTrend Pro kann alle Datenpunkte aus offenen Datenbanken auslesen und verarbeitet diese.
- Transparente Visualisierung: Interaktive Dashboards und benutzerfreundliche Oberflächen erleichtern die Interpretation von Daten und Trends.
- Flexible Report-Optionen: Die aus der Software generierten Daten können in verschiedenen Formaten exportiert und zukünftig als eigenständige

Berichte bereitgestellt werden. Diese Berichte lassen sich leicht in die Contamination Control Strategy (CCS) integrieren und bieten eine wertvolle Entscheidungsgrundlage für kontinuierliche Verbesserungen.

- Browerbasierte Anwendung: Sie basiert auf einer plattformübergreifenden Software, die speziell für GMP-Umgebungen konfiguriert und validiert wurde.
- Weitere Optimierungspotenziale: Die Anwendung kann beliebige Daten erfassen und in Korrelation zueinander stellen. Somit lassen sich neben der Erfüllung regulatorischer Anforderungen auch weitere Einblicke in Prozesse und Abläufe gewinnen, die es ermöglichen eine kontinuierliche Prozessverbesserung zu gewährleisten.
- Einfache Implementierung: CleanroomTrendPro ist kompatibel mit bestehenden Monitoring-Systemen – ob von Eurogard oder Drittanbietern. Die Implementierung erfordert minimalen Aufwand.

Neben der Adressierung von Annex-1-Trendanalyse-Anforderungen, bietet das System darüber hinaus Möglichkeiten zur internen Prozessoptimierung durch intelligente Datennutzung. Die umfangreichen Visualisierungs- und Analysetools ermöglichen es, betriebliche Abläufe zu verbessern und fundierte Entscheidungen auf Basis detaillierter Datenanalysen zu treffen.

## KONTAKT

**Dr.-Ing. Peter Becker**  
 eurogard GmbH, Herzogenrath  
 Tel.: +49 2407 9516-20  
 peter.becker@eurogard.de  
 www.eurogard.de



# Immer einen Schritt **voraus.**

**Know-how und News – für Forschung und Industrie.**

- Die führende Fachpublikation im deutschsprachigen Raum
- für Betreiber und Nutzer von Reinräumen
- 14.000 qualifizierte Leser (IVW)



<https://tinyurl.com/2cdw7sh>

#### Kontakt Redaktion:

**Dr. Roy Fox**

Tel.: +49 6201 606 714  
roy.fox@wiley.com

#### Kontakte Verkauf:

**Stefan Schwartz**

Tel.: +49 6201 606 491  
sschwartze@wiley.com

**Hagen Reichhoff**

Tel.: +49 6201 606 001  
hreichhoff@wiley.com

#### Sonderdrucke:

**Stefan Schwartz**

Tel.: +49 6201 606 491  
sschwartze@wiley.com

<https://processtechnology.wiley.com/de/zeitschriften/reinraumtechnik>

**ReinRaum  
Technik**  
STERILTECHNIK  
HYGIENE  
PRODUKTION

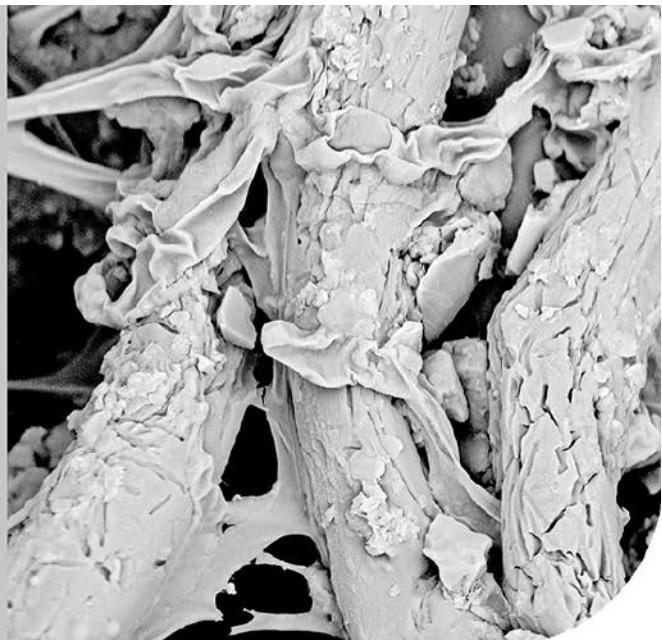


Abb. 1: Cellulosics-Reinigungsvlies, links nach 1 Tag Lagerung im Erdreich, rechts nach 22 Tagen. REM: 5000fach



# Reinraum-Tücher-Ökologie

## zwischen Nachhaltigkeit, Partikelfreisetzung und Preis

Win Labuda

HiTech-Wischmittel wie Reinraum-Tücher, Schwämme, Swabs und Mops sind aus Gründen der Vermeidung von Kontaminations-Verteilung (spreading) zum großen Teil Einweg-Produkte. Von daher sind sie nach Gebrauch Plastik-Müll wie auch Plastikflaschen oder Becher. Das heißt: Der Anwender muss sie entsorgen – entweder in der Müllverbrennungs-Anlage oder auf der Kippe. Beides ist Grund genug, sich des Themas Nachhaltigkeit näher anzunehmen. HiTech-Reinigungs-Tücher sind auch unter dem Begriff „Reinraum-Tücher“ – engl. cleanroom wipers oder einfach wipes bekannt. Wir gebrauchen diesen Begriff jedoch ungern, weil er im Zusammenhang mit dem Raumbegriff fälschlich mit „Raumpflege-Tüchern“ verwechselt werden kann.

Reinraum-Tücher lassen sich entsprechend der Rohstoffe, aus denen sie bestehen, in drei Kategorien einteilen (vgl. Abb. 2):

- A- Cellulosics: Tücher aus Cellulose-haltigen Polymeren (Viskose, Cupro) Cellulosics werden heute ausschließlich als Vliestücher gefertigt.
- B- Synthetics: Tücher aus synthetischen Polymeren (Polyester, Polyamid, Polypropylen) Synthetics werden als Vliestücher, Gestrücke und Gewebe gefertigt.
- C- Composites: Tücher aus einem Mix von Holzschliff + Polyester oder Polyester + Polyamid- Composites werden sowohl als Vliestücher und als Bikomponent-Garn-Gestrücke gefertigt.

### Schwerpunkt Nachhaltigkeit

Viele von uns kennen aus dem Fernsehen den Video-Film mit der Meeresschildkröte, die verheddert in einem Plastikbeutel über ihrem Kopf – in wirren Bögen dem sicheren Tod entgegen schwimmt.

Millionen Tonnen von Plastikteilen haben unsere Meeresfauna erreicht und werden für diese zur lebensgefährdenden Bedrohung. Solange uns die Entsorgungswege unserer industriellen Abfallprodukte weitgehend verbor- gen bleiben, müssen potenziell auch benutzte Reinraumtücher der HiTech-Indus- trien dazu gerechnet werden – es sei denn sie bestehen aus Materialien der Gruppe A, und sind innerhalb überschaubarer Zeiträume

biologisch abbaubar. Wir von Clear & Clean glauben, dass die ökologische Unbedenklichkeit unserer Materiaauswahl nicht erst in ferner Zukunft die wichtigste Voraussetzung für die Nachhaltigkeit unseres Unternehmens ist, sondern schon jetzt. Wir haben daher bereits im Jahr 2019 mit eigenen Verrottungs-Studien für Viskose-Produkte begonnen. Künftig werden weitere Produkte in die Studie eingegliedert werden. In diesem Kontext ist neues Bildma- terial entstanden, welches das Phänomen der Verrottung unserer Cellulosics im Erdreich in bester Weise aufzeigt (Abb. 1).

Das Entsorgungsproblem gewinnt auch dadurch an Momentum, dass China sei- nen Polymer-Müll-Import aus Deutschland

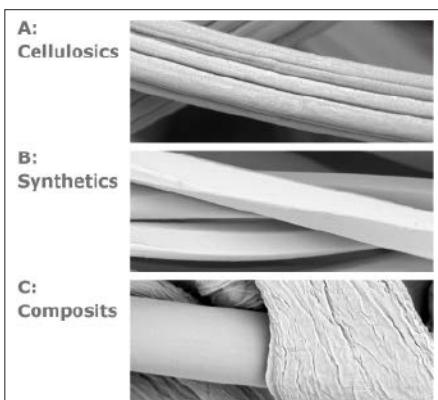


Abb. 2: Drei Faser-Abbildungen, 5000fach, REM YL

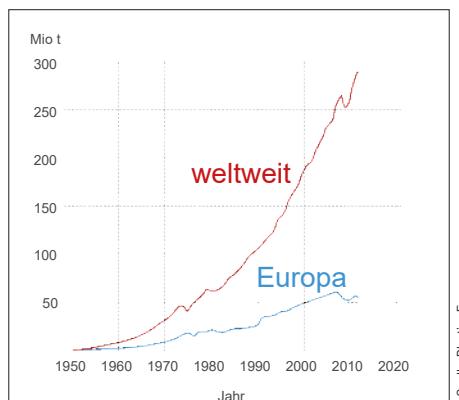


Abb. 3: Plastikverbrauch in Europa und weltweit.

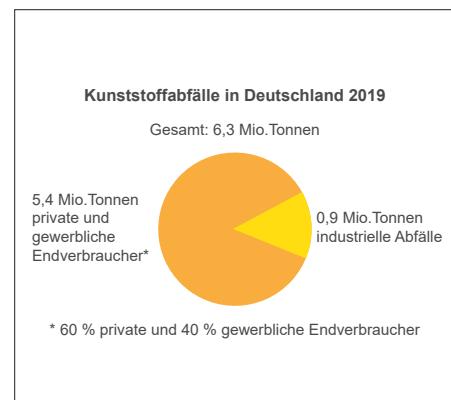


Abb. 4: Kunststoffabfälle in Deutschland 2019.

© Quelle: Plastics Europe

© Jason 7825, wikimedia.com

ab 1.1.2019 von 460.000 auf 13.000 t/p. a. reduziert hat und auch Malaysia und Vietnam Import-Reduzierungen vorgenommen haben.

Die Anlieferer bei den 29 deutschen Müllverbrennungsanlagen klagen nun naturgemäß über zu geringe Verbrennungskapazitäten. Im Prinzip gehört ein Teil der HiTech-Reinigungstücher aus synthetischen Polymeren etwa zur Hälfte zum wieder verwertbaren Kunststoffabfall. Dies ist jedoch nicht der Fall, wenn es sich um Bikomponent-Tücher mit einem Faser-Mix aus einer Polyester-Polyamid oder Polyester-Holzschliff-Kombination handelt.

Weder die Politik noch die großen Produktanwender können und werden sich aufgrund des zunehmenden Drucks „von der Straße“ der Plastik-Müll-Problematik länger verschließen (vgl. Abb. 4). Hinzu kommt, dass mit dieser Problematik möglicherweise auch das Mikroplastik-Problem einhergeht. Direkte Korrelationen zwischen Plastikmüll- und Mikroplastik-Vorkommen sind uns noch nicht bekannt geworden. Es gibt aber Vermutungen, die in diese Richtung weisen. Weil die von uns gefertigten Produkte Fasern von 5 – 10 µm Durchmesser enthalten ist es für uns wichtig zu erfahren, was mit den von uns gefertigten Produkten endlich geschieht und ob sie einen Beitrag zur Mikroplastik-Problematik leisten oder nicht.

### Wischmittel-Anwendungen in den HiTech-industrien sind bspw.:

- Partikel von Oberflächen entfernen
- Flüssigkeitslachen aufnehmen
- gereinigte Teile trockenwischen
- Schmierfilme lösen und entfernen
- Lack- und Farreste entfernen
- reinigende Klebeflächen-Vorbereitung
- Flüssigkeiten und Cremes auftragen
- Moppreinigung in reinen Bereichen
- Präzisionsreinigung optischer Glasflächen
- Beschichtungs-Vorbereitung
- Schnäuz- und Brillen-Reinigungs-Tücher
- analytische Probenahmen durch Swabs

Bei den oben angeführten Anwendungen muss sichergestellt sein, dass es zu keiner oder lediglich minimaler Rückübertragung der Verunreinigungen aus der Tuchmatrix hin zu

den verunreinigungsempfindlichen Objekt-Oberflächen kommt. Das betrifft auch die partikuläre Verunreinigung, die im höheren Maße bei der Anwendung von Tüchern der Gruppe A – Cellulosics entsteht als bei denen der Gruppen B – Synthetics und C – Composites. Bei der Gruppe C ist die gegebene Wahrscheinlichkeit einer solchen Übertragung unterschiedlich verteilt. Während die Tücher der Polyester-Holzschliff-Kombination durchaus eine gewisse Tendenz zum Hinterlassen partikulärer Oberflächen-Verunreinigung aufweisen, ist dies bei der Polyester-Polyamid-Kombination deutlich weniger der Fall.

Um zu gewährleisten und zu demonstrieren, dass die von den Premium-Herstellern gefertigten Produkte für das wischende Reinigen spezifikationsgemäß und unter Einhaltung angemessen hoher Reinheits-Standards gefertigt sind, unterhalten diese ein analytisches Labor. Manche, wie Clear & Clean veröffentlichen die QS-Daten für die wichtigsten Produkte im Internet.

### Cellulosics

Mit Cellulosics werden Wischmittel-Produkte bezeichnet, die zum größten Teil aus Zellulose-haltigen Stapelfasern bestehen und im Spulnace-Verfahren vervliest sind. Es ist nicht grundlos, dass in dieser Schrift den Cellulosics-Produkten mehr Raum gewidmet ist als den Synthetics. Das steht mit der Tatsache im Zusammenhang, dass wir von Clear & Clean gedanklich von dem Wunsch geleitet sind, eines Tages alle Prozeduren des wischenden Reinigens mit Hilfe biologisch abbaubarer Produkte zu bewältigen. Dieser Wunsch kann – wenn überhaupt – nur unter Einbeziehung von Cellulosics in Erfüllung gehen. Dies ist schon deswegen so, weil allein Cellulosics die Möglichkeit der tensidfreien Flüssigkeits-Aufnahme auf der Basis naturgegebener Kapillarität gewährleisten und sie zudem die einzige Perspektive biologischer Abbaubarkeit eröffnen (siehe Abb. 12 – 15).

Vielen stellt sich in diesem Zusammenhang die Frage warum Viskose dann oftmals als „Chemiefaser“ bezeichnet wird. Der Stoff besteht doch hauptsächlich aus Zellulose, die



Abb. 5: Spinnapparat einer Australischen Gartenspinne

ursprünglich aus Holz gewonnen wird. Die Antwort steht nicht im Zusammenhang mit dem eingesetzten Material Holz sondern mit dem Fertigungsprozess. Um Viskose zu gewinnen, wird die Zellulose mit Hilfe aggressiver Chemikalien aufwändig bearbeitet

### Viskose (CV)

Viskosefasern sind mittlerweile angemessen preiswert, sodass es möglich ist, aus ihnen ökonomisch interessante Wischmittel zu fertigen. Sie haben auch eine ganze Reihe Wischmittel-kompatibler Eigenschaften. Lediglich die eingeschränkte Abriebfestigkeit/bzw. erhöhte Partikelfreisetzung mindert ihre Attraktivität für den Einsatz als HiTech-Wischmittel – Viskose hat viele Eigenschaften, die sich insbesondere für den Wischmittel-Bereich als günstig erweisen, sodass dem Material in seinen mehrfach verbesserten Ausführungen eine technologisch und ökonomisch aussichtsreiche Position einnehmen könnte. Dies soll nicht heißen, dass für die Präzisionsreinigung ausgewählter Oberflächen nicht auch weiterhin mehrfach dekontaminierte Synthetics-Produkte Einsatz finden werden.

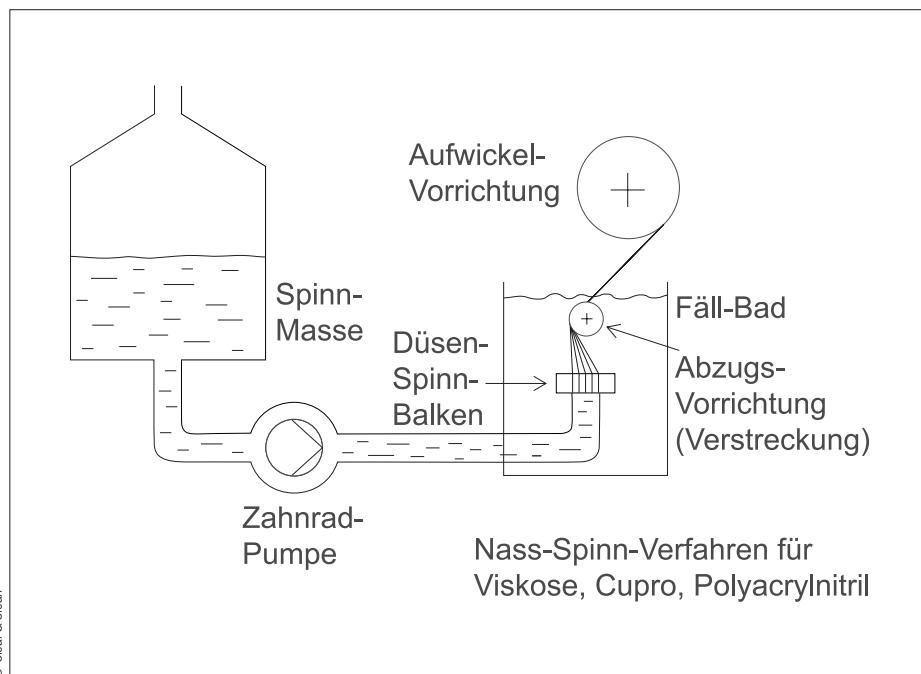


Abb. 6: Spinnvlies-Fertigung

### Die Viskose-Herstellung

Die Viskosevlies-Herstellung vollzieht sich im Prinzip in drei aufeinander folgenden Schritten:

- Aufbereiten der Spinnmasse
- Spinnvorgang durch Fällen
- Nachbehandlung

Das Ausgangsmaterial ist Zellulose ( $C_{12}H_{20}O_{10}$ ) von hohem Reinheitsgrad. Im ersten Prozessschritt wird dem Zellstoff Natronlauge NaOH hinzugegeben um seine Mercerisierung (Quellung) zu bewirken. Anschließend erfolgt die Zugabe von Schwefelkohlenstoff  $CS_2$  (Xanthat). Zum Erhalt einer reinen Masse erfolgt eine mechanische Filterung. Danach ist es unverzichtbar, die filtrierte Masse eine bestimmte Zeit lang reifen zu lassen

In der zweiten Fertigungsstufe erfolgt der eigentliche Spinnvorgang: Zunächst wird ein Spinnbad aus Schwefelsäure zubereitet und diesem sowohl Natrium-Sulfat als auch eine geringe Menge Zinksulfat hinzugegeben. Die Masse wird mittels einer Zahnradpumpe durch eine Düsenplatte welche mit Spindeldüsen im Durchmesser von 0,05 mm versehen ist, hindurchgepresst. Dabei nehmen die etwa 10 µm dicken Materialstränge feste Form an. Es entstehen Viskosefäden (siehe Abb. 6).

In der dritten und letzten Fertigungsstufe erfolgt eine Nachbehandlung. Das Material wird dabei chlorfrei gebleicht und mit einer Tensid-Avage im Promille Massen-Bereich versehen und getrocknet.

Förderliche Ausgestaltungsformen des oben erläuterten Viskose-Prozesses finden sich in Prozessen für die ausschließlich Zellstoff aus Buchenholz-Schliff verwendet wird. Auf diese Weise ist es möglich erhöhte Filament- bzw. Faser-Festigkeitswerte zu erhalten.

Lange Zeit unerwünschter Aspekt des Viskose-Prozesses sind die im Prinzip umwelt-

schädlichen Chemikalien des Fällbads. (Schwefelsäure, Natrium-Sulfat und Zinksulfat) Man suchte also längere Zeit nach einem ungiftigen wenngleich wirkungsvollen Fällbad. Dies fand man in dem Lösungsmittel N-Methyl-Morpholin-N-Oxyd, das ungiftig ist.

Dieser sog. Prozess erlaubt heute die modernste und effektivste Viskose- Fabrikation zudem mit erhöhter Faserfestigkeit.

Die Faserfestigkeiten der verschiedenen Ausbildungsformen der Viskose (Cellulosics) im Vergleich mit zwei Synthetics sind wie folgt:

#### (in cN/dT- trocken/nass/Feuchteaufnahme)

Cupro	15–20	9–12	100 %
Viskose	20–26	10–15	100 %
M-HWM	34–36	19–24	75 %
MP	36–42	20–30	60 %
TEN	38–47	26–40	65 %

#### im Vergleich zwei Synthetics-Materialien:

Polyester	30–95	--	0,3 %
Polyamid 6	30–80	--	12 %

### Anwendungs-Eigenschaften der Viskose

Viskose hat viele Eigenschaften, die das Material für HiTech-Anwendungen interessant machen. Dies trifft insbesondere zu wegen seiner ausgeprägten Absorptions-Eigenschaften für Lösungsmittel und andere Flüssigkeiten. Grundvoraussetzung ist jedoch, dass Viskose-Tücher während ihrer Handhabung mechanisch nicht übermäßig beansprucht werden. Nachstehend ein Eigenschaftskatalog von Viskose-Tüchern:

- kompostierbar oder teilkompostierbar
- sehr saugfähig
- Flächen-schmiegsam
- mittelmäßige Strapazierbarkeit

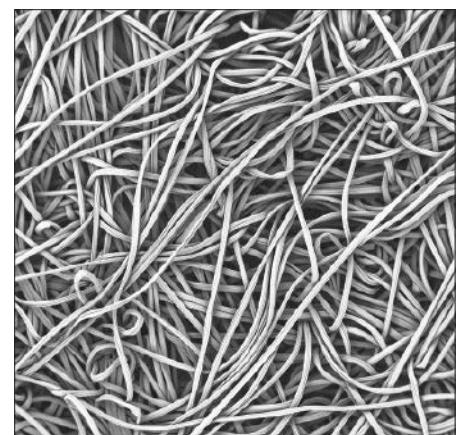


Abb. 8: Viskose-Vlies, 250fach, REM YL

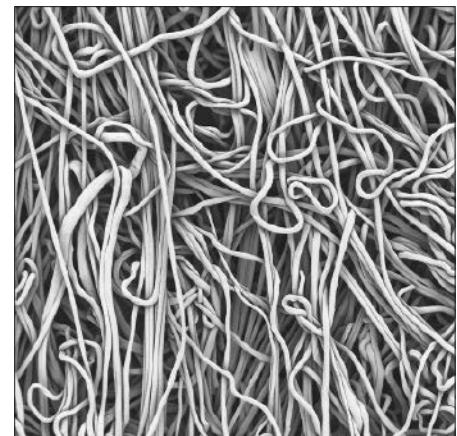
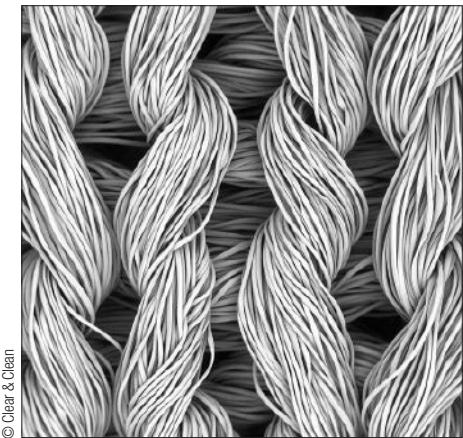


Abb. 7: Cupro-Endlos-Filamente-Vlies, 250fach, REM YL

- geringe Riefenbildung beim Wischen
- geringe elektrostatische Aufladbarkeit
- geringe Dichte
- angenehme Haptik

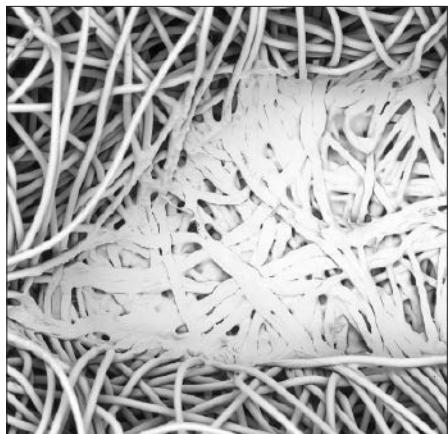
Von höchster Bedeutung für den Spinnvorgang von Cellulosics-Garnen von Cellulosics-Garnen ist die Spindeldüsenfertigung unter Zuhilfenahme der Laser-Technik. Stand der Technik sind Laser-fertigte Nass- Spindeldüsen-Platten mit 950 Bohrungen eines mittleren Durchmessers von 25 µm. Mithilfe dieser Technologie ist es möglich Cellulose zu Mikrofilamenten mit Filament-Feinheiten von 0,2 dTex zu spinnen. Das entspricht etwa einer Masse von 20 g für einen Spinnfaden, der von Lübeck bis nach Salzburg reicht.

An der Universität Stuttgart, wo man sich mit der Technik des Ultra-Microspinnens in Zusammenarbeit mit dem Institut für Textilchemie und Chemiefasern in Denkendorf intensiv beschäftigt hat, ist es gelungen, mit Zellulose 1-Ethyl-3-methyl-imidazolium-acetat (EMIM OAc) und Cellulose-2,5-acetat/Aceton unter Einsatz von Düsen mit Bohrungsdurchmessern von 25 µm endlose Super-Mikro-fasergarne mit Filament-Feinheiten unter 0,2 dTex zu fertigen. Es ist gut möglich, dass es mit Filamenten dieser Feinheit gelingen kann, Partikel im Bereich von 80 nm und weniger Feret-Durchmesser von Objekt-Oberflächen durch wischende Reinigungs-Vorgänge zu entfernen und zu binden. Um dies



© Clear & Clean

Abb. 9: Polyester-Gestrick, Synthetics, 250fach, REM YL



© Clear & Clean

Abb. 10: Spinnvlies, Synthetics, 250fach, REM YL

sicherzustellen, müsste man die Materialfestigkeit solcher Filamente und deren Abriebfestigkeit bzw. Partikel-Eigenstreuung untersuchen. Es gibt jedoch – die Viskose betreffend – einige weniger günstige Eigenschaften, die beim Einsatz als HiTech-Wischmittel nicht außer Acht gelassen werden dürfen. Das sind:

- geringe Abriebfestigkeit
- Partikelfreisetzung bei Wischvorgängen auf rauen Oberflächen
- erhöhte Lichtempfindlichkeit (Gilb)
- gering ausgeprägte Schimmelfestigkeit
- reduzierte Faserfestigkeit im Feuchtzustand insbesondere auch im Reinraum-Tücher-Bereich. Es können allerdings Filament-Durchmesser von kleiner 4 µm erreicht werden

#### Cupro (CU)

In den zwanziger Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde in Deutschland als Seiden-Ersatz ein Kupferoxid-Ammoniak-Verfahren (Cupro) patentiert und nach dem Krieg in Japan weiterentwickelt. Seitdem hat es wegen der hochreinen Endlos-Filamente in den HiTech-Industrien, trotz sehr hoher Abgabepreise im 3-fachen Viskose-Bereich, ein hohes Maß an Bedeutung für Fein- und Präzisions-Reinigungs-Aufgaben in Reinheits-kontrollierter Umgebung erlangt. Dem Material wird eine erhöhte Aceton-Verträglichkeit nachgesagt, was wir bisher jedoch noch nicht untersucht haben. Entsprechende Versuche sind geplant.

#### Synthetics

Etwa die Hälfte der z.B. bei den Reinraum-Betreibern eingesetzten Wischmittel müssen den Synthetics zugeordnet werden. Das sind solche Wischmittel, die aus den synthetischen Polymeren Polyester, Polyamid oder Polypropylen bestehen. Sie werden entweder als Spinnvlies, Spunlace-Vlies gefertigt oder aber als Multifilament-Garn zum Gestrick verarbeitet. Danach werden Gestricke im Spannrahmen bei erhöhter Temperatur gereckt und fixiert. Anschließend müssen sie in speziellen Laser-Schneidmaschinen formatiert – also in ihre endliche Form und Abmessung – gebracht werden. Danach erfolgt im Reinraum ein mehrstufiger Dekontaminations-Prozess bevor die Tücher mit einem nichtionischen Tensid ausgerüstet werden. Die Tensid-Ausrüstung wird notwendig, weil Polyester von Natur aus hydrophob ist – also für Wasser und wässrige Lösungsmittel abweisend. Danach erfolgen die stichprobenartigen Prozeduren der Qualitätssicherung und ihre sorgfältige Dokumentation. Die so gewonnenen QS-Daten werden anschließend im Internet öffentlich gemacht. Zuguterletzt werden die Tücher gelegt oder geschüttet und verpackt. Synthetics-Wischmittel sind teuer in der Herstellung aber unverzichtbar für die Fein- und Präzisions-Reinigung strukturierter Oberflächen wie feinmaschiger Siebe im Hybrischaltungsdruck.

Es ist angemessen in diesem Aufsatz die verrottbaren Synthetics nicht außer Acht zu lassen. Gibt es seitens der Polyester-Hersteller wie bspw. der BASF offenbar Pläne biologisch abbaubare Polyester zu entwickeln, aber bisher wissen wir über diese Entwicklungen lediglich, dass man seit 1998 im Rahmen eines sog. Ecoflex-Projekts mit zunehmendem Erfolg versucht, aliphatische und aromatische Polyester zu copolymerisieren. Ein Granulat wird offenbar auf einer 60-kg-Tonnen-Anlage erfolgreich eingesetzt. Das Material eignet sich gut für die Herstellung von Mikrofaser-Flächen und ist maschinell gut verfliesbar.

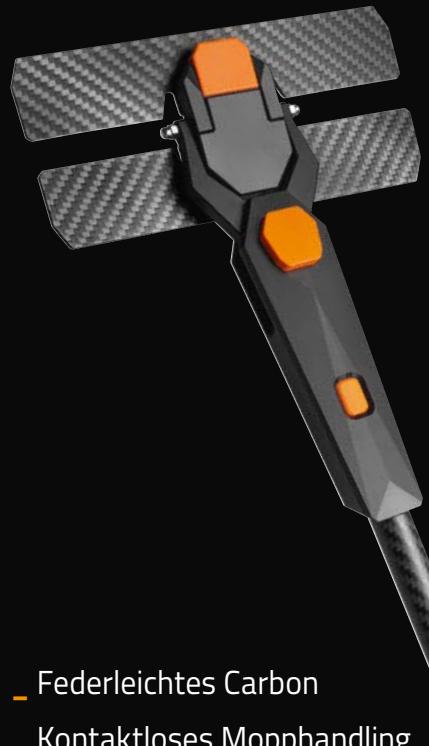
Polyester eignet sich aber auch bestens für die Garnherstellung. Dabei geht der Rein-technik-Bedarf in Richtung Multifilamentgarn. Diese Garne sind mit bis zu 175 Filamenten im Garnstrang lieferbar. Die Polyester-Garne werden mittels Rundstrick-Maschinen verstrickt, wobei dem Strickgut oftmals zur Beruhigung des Fadenlaufs so genanntes Stricköl zugesetzt wird. Zusammen mit dem bereits vom Spinnvorgang im Textilmaterial befindlichen Spinnöl mischen sich hier zwei Schmiermassen, die vor der Auslieferung an den Anwender unbedingt entfernt werden müssen um letztendlich Reinigungstücher hoher Oberflächen-Reinheit zu erhalten. Einer der großen Vorteile der Polyester-Filamente zeigt sich in der vergleichsweise geringen Partikelfreisetzung sorgfältig dekontaminiert Gestrick-Tücher oder auch der Vliestoffe aus diesem Material.

**Hydroflex**

Jetzt verfügbar!

**PurMop BLACK® C4**

## ISOLATOR REINIGUNGS-TOOL



– Federleichtes Carbon

– Kontaktloses Mopphandling

– Verbesserte Eckenreinigung

– Neues Mikrofaser-Moppmaterial

[purmop-black.com](http://purmop-black.com)



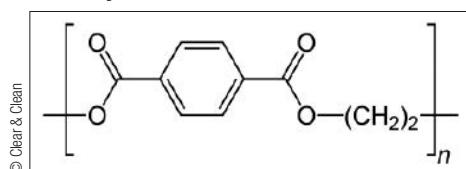
**PET Polyester**

Abb. 11: Chemische Struktur von Polyethylen-terephthalat (PET)

PET Polyester ist der Markenname eines durch Poly-Kondensation hergestellten thermoplastischen Kunststoffs. Er besteht aus den beiden Monomeren Ethylen-Glykol und Terephthalsäure. Die fachlich richtige Produktbezeichnung ist Polyethylenterephthalat  $C_{10}H_8O_4$ . Das Material ist gegen viele Chemikalien beständig. Es ist zudem von hoher Festigkeit, hat einen Schmelzpunkt von 250 – 260 °C und nimmt praktisch kein Wasser auf. Diese Werte machen Polyethylenterephthalat für verschiedene Anwendungen geeignet. Ein großer Anwendungsbereich ist die Herstellung von Spinnvliesen aus Pellets. Das sind kleine tablettenähnliche Granulat-Körper, die den Transport und die Handhabung des Materials ermöglichen. Das Material eignet sich gut für die Herstellung von Mikrofaser Materialien und ist maschinell gut verarbeitbar.

Polyester eignet sich aber auch bestens für die Garnherstellung. Dabei geht der Reintechnik-Bedarf in Richtung Multifilamentgarn. Diese Garne sind mit bis zu 175 Filamenten im Garnstrang lieferbar. Die Polyester-Garne werden mittels Rundstrick-Maschinen verstrickt, wobei dem Strickgut oftmals zur Beruhigung des Fadenlaufs so genanntes Stricköl zugesetzt wird. Zusammen mit dem bereits vom Spinnvorgang im Textilmaterial befindlichen Spinnöl mischen sich hier zwei Schmiermassen, die vor der Auslieferung an den Anwender unbedingt entfernt werden müssen um letztendlich Reinigungstücher hoher Oberflächen-Reinheit zu erhalten. Einer der großen Vorteile der Polyester-Filamente zeigt sich in der vergleichsweise geringen Partikelfreisetzung sorgfältig dekontaminiertem Gestrick-Tücher oder auch der Vliestoffe aus diesem Material.

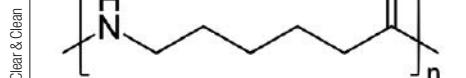


Abb. 12: Chemische Struktur von Polyamid (PA)

**Polyamid**

Polyamid ist in zwei von der Herstellung unterschiedlichen Gruppen bekannt geworden: PA 6 und PA 6.6. Diese beiden Gruppen ähneln sich in ihren physikalischen Eigenschaften: PA 6 entsteht durch Ringöffnungs-Polymerisation aus e-Caprolactam mit Wasserabspaltung. PA 6.6 hingegen wird aus Hexamethyldiamin und Adipinsäure hergestellt, wobei es unter Wasserabspaltung zu einer Polykondensation kommt. Unterschiede zwischen den Grup-

pen gibt es beim Schmelzpunkt. Der liegt bei 220 °C für PA 6 und bei 260 °C für PA 6.6 ist ein makromolekularer, teilkristalliner Thermoplast dessen mechanische Eigenschaften ganz wesentlich von der Kombination und Struktur seiner Molekülketten bestimmt werden. Polyamid ist als Polymerat ein vielseitiger, hoch belastbarer „Technischer Kunststoff“, der in seiner Abriebfestigkeit dem Polyester vergleichbar und daher für die Herstellung von Wischmitteln der Reintechnik besonders gut geeignet ist. Polyamid-Garne gibt es in Filament-Durchmessern bis hinunter zu etwa 3 µm. Das ist deutlich unterhalb 1 dTex und man darf ein solches Garn daher der Gruppe der Mikrofilament-Garne zuordnen. Oftmals werden im Wischmittel-Bereich zu den Polyamid Garnen Polyester-Garne hinzugemischt. Dies ist ökonomisch sinnvoll weil Polyamid-Garne teurer sind als vergleichbare Polyester Garne. Technisch gesehen ergeben sich Vorteile aus der Feuchtigkeits-Aufnahme der Polyamid-Garne und der somit reduzierten elektrostatischen Aufladbarkeit der Garn-Kombination.

**Composites**

Composites haben für die Gruppe der HiTech-Wischmittel eine große technische und ökonomische Bedeutung. Insbesondere die Spulace-Viese aus Polyester-Holzschliff-Gemisch tragen schätzungsweise mit etwa 40 % zum Gesamt-Wischmittel-Bedarf der HiTech-Indus-

trien bei. Das Material hat eine erfreulich hohe Festigkeit und ist noch ausreichend Wasseraufnahmefähig und für viele Standard-Reinigungs-Aufgaben in der Industrie bestens geeignet. Betrachtet man diese Gruppe der Wischmittel unter Entsorgungs-Aspekten dann irritiert jedoch die Tatsache, dass das Material zu 50 % nicht biologisch abbaubar ist. Das bedeutet die Polyester-Anteile verbleiben entweder in der Deponie-Masse oder müssen im Rahmen der Müllverbrennung entsorgt werden. Dieses Material ist Wasserstrahl-verfestigt. Das bedeutet: Prozessgemäß trifft eine große Anzahl sehr dünner Wasserstrahlen unter hohem Druck von einigen 100 bar auf den Holzschliff-Polyesterfaser-Mix der sich auf einem bewegten Sieb befindet, sodass fertigungsgemäß es im Rahmen der hohen hydrodynamischen Kräfte die zur Vliesbildung nötig sind, gleichzeitig zu einer partiellen Zerstörung der Holzschliff-Anteile kommt. Dabei werden unvermeidbar Partikel freigesetzt, die während der Reinigungs-Prozeduren aus dem Material austreten und den Reinigungsvorgang erschweren.

Eine andere Art von Composites besteht aus synthetischen Garnen für die Verstrickung deren Filamente, die zum Teil aus Polyester und zum anderen aus Polyamid bestehen. Diese Kombination kann aus mehreren Gründen vorteilhaft für das Endprodukt Reinraum-Wischmittel sein. In dieser Schrift bleiben die Garn-Composites aus Kostengründen jedoch unberücksichtigt.



Abb. 13 a: Polyester-Zellstoff-Vlies, A-Seite, 90-fach, REM YL

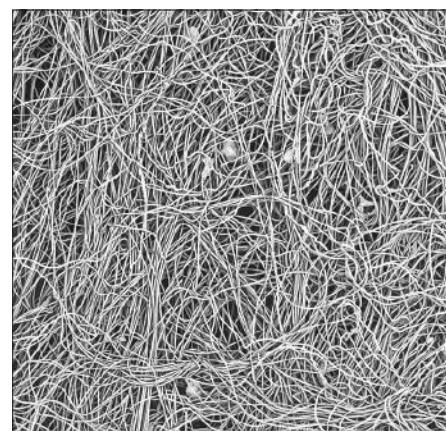


Abb. 13 b: Polyester-Zellstoff-Vlies, A-Seite nach 33 Tagen Lagerung im Erdreich, 90-fach, REM YL



Abb. 13 c: Polyester-Zellstoff-Vlies, B-Seite, 90-fach, REM-YL

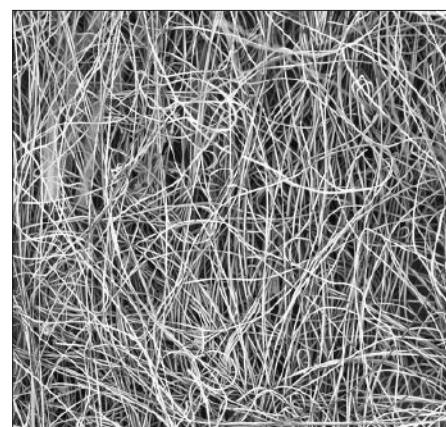


Abb. 13 d: Polyester-Zellstoff-Vlies, B-Seite nach 33 Tagen Lagerung im Erdreich, 90-fach, REM YL

## Erkenntnisse

Verunreinigungs-Schichtdicke – als Maßgabe für die Wischmittel-Qualität. Stellen wir uns eine Oberfläche mit einer Rauigkeit von bspw.  $< Rz 3 \mu m$  vor und nehmen wir an, diese sei mit einer 1 mm dicken mittelviskosen Ölschicht belegt. Es sei die Aufgabe gestellt, diese Verunreinigung durch eine wischende Reinigungs-Prozedur um 90 % zu reduzieren. Der Instandhalter wird feststellen, dass sich diese Aufgabe mit nahezu jeder Art von Reinigungstuch und zwar auch ohne Zuhilfenahme eines Lösungsmittels bewältigen lässt. Bei gleicher Aufgabenstellung unter der Voraussetzung einer Ausgangs-Schichtdicke von 100  $\mu m$  und einer Zielgröße von 10  $\mu m$  wird die Reduzierung der Verunreinigungsschicht durch eine wischende Reinigungsprozedur

Unter der Voraussetzung einer Ausgangs-Schichtdicke von 10  $\mu m$  und einer Zielgröße von 1  $\mu m$  oder weniger ist die Reinigung falls überhaupt – nur mit speziellen Tüchern und evtl. unter Zuhilfenahme eines Lösungsmittels durchführbar. Wir lernen daraus:

Bei wischenden Reinigungs-Prozeduren ist der Reinigungsaufwand von einem in erster Näherung umgekehrten Verhältnis zur Material-Dicke und Oberflächenschicht und der Flächenhaftung der Verunreinigungs-Masse bestimmt. Im Rahmen unserer Wischmittelforschung haben wir Erkenntnisse gewonnen, die für Alle die mit den Prozeduren des wischenden Reinigens befasst sind, von Interesse sein können und daher stellen wir sie hier zur Diskussion:

### 1. Erkenntnissatz

Mit abnehmender Dicke einer Verunreinigungs-Schicht nimmt der monetäre Reinigungs-Aufwand überproportional zu. Im unteren Molekularbereich kann er für mehrfach dekontaminierte, ultrareine Tücher hohe Beträge pro  $cm^2$  erreichen.

### 2. Erkenntnissatz

Die Reinigungs-Effektivität wischender Reinigungs-Prozeduren steht in direkter Abhängigkeit von der Papillen-Zahl der Wischmittel-Oberfläche. Die Papillen-Obergrenze für HiTech-Reinigungs-Tücher liegt bei etwa 1.200 Papillen/ $cm^2$ .

(Als Papillen (lat. papillae) bezeichnen wir in Analogie zur Botanik die Topographie-bildenden aus der gemittelten Flächenebene eines textilen Flächengebildes (Gewebes, Gewirks, Gesticks etc) herausragenden Maschenteile auf seinen beiden Seiten. Bei Gestrick-Tüchern ist die Papillenzahl der Berührungsflächen identisch mit der Maschendichte in der Einheit: n Maschen/ $cm^2$ ).

### 3. Erkenntnissatz

Mit zunehmender Rauigkeit Rz der Objekt-Oberfläche nimmt die Reinigungs-Effektivität einer wischenden Trocken-Reinigungs-Prozedur stark, bei einer Feuchtreinigung mittelmäßig ab.

## 4. Erkenntnissatz

Für das wischende Entfernen einer Verunreinigungs-Schicht der Dicke D bedarf es lediglich eines Wischmittels der Dicke von etwa  $D \times 5$ . Das heißt: Wenn die Objekt-Oberfläche (z.B. aus Fensterglas) 10  $\mu m$  dick verunreinigt ist, dann genügte ein Tuch von 50  $\mu m$  Dicke zur Entfernung derselben.

Dies bedeutet für die Praxis, dass ein Großteil der Reinigungsaufgaben die z. Zt. mit Hilfe von hochpreisigen Gestrick-Tüchern durchgeführt werden genauso gut und kostensparend mit Hilfe dünner Langfaser-Vliese (Beispiel Drytech-Vlies) bewältigt werden könnten. Dies gilt jedoch lediglich für solche Applikationen, bei denen die Gebrauchs-induzierte Partikelfreisetzung aus den Langfaser-Vliesstoffen keine einschränkende Komponente ist.

Wir von Clear & Clean beschäftigen uns im Rahmen unserer Applikations-Forschung ausschließlich mit den Wischmittel-Anwendungen der HiTech-Industrien, der Medizin und der Raumfahrt. Aufgrund unserer konzeptuell begrenzten Unternehmensgröße sind uns daher für Forschungsaufgaben in anderen Gebieten Grenzen gesetzt.

## Zusammenfassung für CELLULOSICS

Vliscose-Tücher gehören in die Gruppe der Cellulosics. Deren Schlüsselparameter ist eine hervorragende kapillare Flüssigkeits-Aufnahme pro Zeiteinheit von 0,53 g/5 s/20 mm.

Wenn diese Tücher mechanisch nicht zu stark belastet werden, so hat man ein „gutwilliges, weichherziges“ Arbeitsmittel, das zudem durch seinen angenehmen „Griff“ bei den Anwendern seit 40 Jahren viele Freunde gefunden hat.

Das Tuch gehört allerdings bei einer Rauigkeit der Objekt-Oberfläche von  $Rz 0,5$  trocken mit 5,4 kPart/cm<sup>2</sup> zu den Tüchern mit mittlerem bis hohem Partikelabrieb, der sich bei  $Rz 39$  auf 8,6 kPart erhöht.

### Vergleich der Abrieb-Daten:

Cellulosics auf unterschiedlich rauen Oberflächen (Angaben in Klammern). Datenangaben in kPart/cm<sup>2</sup>:

Composit-Tuch	6,6 (Rz 5)	10,9 (Rz 39)
Cellulose-Tuch	4,0	11,4
Vliscose Tuch	5,4	8,6
Cupro	In Vorbereitung	

### Messung der LuftPartikelfreisetzung mittels Kleinwinkel-Agitation:

Bei  $\pm 30^\circ$  Winkelbewegung des Reinigungstuchs im Abstand von 4 cm oberhalb der Partikel-Sonde messen wir im Laminarstrom an Partikeln  $> 0,3 \mu m$ .

#### ■ Vergleichsmessung beim Composit-Tuch

6 Winkel-Bew. von  $\pm 30^\circ$  = 0,3 Part.

60 Winkel-Bew. von  $\pm 30^\circ$  = 15,6 Part.

#### ■ Vergleichsmessung beim Cellulose-Tuch

6 Winkel-Bew. von  $\pm 30^\circ$  = 6,8 Part.

60 Winkel-Bew. von  $\pm 30^\circ$  = 61,0 Part.

#### ■ Vergleichsmessung beim Vliscose-Tuch

6 Winkel-Bew. von  $\pm 30^\circ$  = 9,9 Part.

60 Winkel-Bew. von  $\pm 30^\circ$  = 43,8 Part.

#### ■ Vergleichsmessung beim Cupro-Tuch

6 Winkel-Bew. von  $\pm 30^\circ$  = 19,2 Part.

60 Winkel-Bew. von  $\pm 30^\circ$  = 72,3 Part.

## Fazit

Wir werden verstärkt daran arbeiten ein Reinraumtuch mit Fasern von höherer Festigkeit bei gleich guter Saugfähigkeit vorzustellen und haben dafür bereits erste Schritte eingeleitet. Bis zum Erscheinen dieses Produkts empfehlen wir die folgenden Cellulosics bzw. Composites-Tüchern zu testen:

#### ■ Composit-Tücher aus PET und CE

#### ■ Tücher aus endlosen Cellulose-Filamenten

#### ■ dünnes Nassgelege-Vlies

#### ■ Vliscose-Stapelfaser-Vlies

Es steht jedoch zu erwarten, dass alle Cellulosics-Tücher bei der Reinigung rauerer Oberflächen  $> Rz 10$  zur erhöhten Partikel-Abgabe tendieren.

In diesem Fall bleiben dem Anwender zumindest aus dem Programm eines nord-deutschen Herstellers lediglich die Synthetics-Tücher: (je mehr Maschen desto teurer)

Tuch A	170 Mesh PES-Gestrick
Tuch B	380 Mesh PES-Gestrick
Tuch C	400 Mesh PES/PA-Gestrick
Tuch C	540 Mesh PES-Gestrick
Tuch D	900 Mesh PES/PA Gestrick

## Widmung

Diese Schrift ist den Technologen Thomas Beck und Friedrich Reiff gewidmet, die bereits seit den 80er Jahren die Entsorgungs-Problematik von Polyester, Polyamid und Polypropylen bedacht hatten und sich als erste Reinraum-Beauftragte in Deutschland für den Einsatz von Spender-geeigneten Cellulosics-Wischmitteln entschieden.

## KONTAKT

### Win Labuda

Clear & Clean GmbH, Lübeck

Tel.: +49 451 3895 - 00

info@clearclean.de

www.cleanboss.de



# Erfahren Sie als Erster alle Neuigkeiten

Möchten Sie immer auf dem Laufenden bleiben und keine wichtigen Neuigkeiten mehr verpassen? Dann melden Sie sich jetzt für unseren Newsletter an! Mit dem Newsletter von **processtechnology.wiley.com** erhalten Sie regelmäßig Top-Meldungen, exklusiven Zugriff auf die neuesten E-paper und viele weitere Neuigkeiten für die Prozessindustrien. Wir freuen uns auf Ihre Anmeldung!

Die Anmeldung zu unserem Newsletter ist einfach und dauert nur wenige Sekunden. Geben Sie einfach Ihre E-Mail-Adresse in das Anmeldeformular auf unserer Website – **processtechnology.wiley.com** – ein.

[processtechnology.wiley.com](http://processtechnology.wiley.com)

**WILEY**  
Process  
Technology

## SPEZIALHANDSCHUHE FÜR ANSPRUCHSVOLLSTE REINRAUMANWENDUNGEN

Mit den neuen CCI NoTraceX-Handschuhen bringt CCI vK eine Produktinnovation auf den Markt, die speziell für den Einsatz in hochsensiblen Fertigungsbereichen wie der Halbleiter- und Mikroelektronikindustrie, der Luft- und Raumfahrt, Automotive sowie viele weitere Hightech Bereiche entwickelt wurde.

Die Handschuhe bestehen aus einem fein gestrickten weißen Polyamid-Trägermaterial, wahlweise in Standard- oder ESD-Ausführung dank eingearbeiteter Carbonfasern. Die widerstandsfähige, weiße Nitrilbeschichtung ersetzt herkömmliches Polyurethan und bietet optimierte Griffigkeit, Komfort sowie ausgezeichnete Beständigkeit gegenüber Abrieb und Chemikalien.



### DMFa-freie Nitrilbeschichtung

Ein besonderer Vorteil: Die verwendete weiße Nitrilbeschichtung ist vollständig frei von Dimethylformamid (DMFa) – einer Chemikalie, die in vielen polyurethanbeschichteten Handschuhen enthalten ist und unter Verdacht steht, gesundheitsschädlich zu wirken, insbesondere bei häufiger Hautexposition oder unzureichender Belüftung am Arbeitsplatz.

Mit der Entscheidung für DMFa-freie Materialien trägt CCI aktiv zur Förderung der Betriebsgesundheit und Arbeitssicherheit bei – ein Aspekt, der bei herkömmlichen PU-Handschuhen oftmals vernachlässigt wird.

### Reinheit auf höchstem Niveau

Ein zentrales Qualitätsmerkmal der CCI NoTraceX-Handschuhe ist ihre außergewöhnlich hohe Oberflächenreinheit. Bereits im Herstellungsprozess durchlaufen die Handschuhe ein speziell entwickeltes mehrstufiges Reinigungsverfahren. Dadurch wird das Risiko minimiert, dass Verunreinigungen wie Silikone, Ionenrückstände oder fingerabdruckbildende Stoffe zurückbleiben.

### Warum „technisch reduziert“ – und nicht „frei von“?

Trotz aller Maßnahmen ist es aus physikalisch-chemischer Sicht nahezu unmöglich, Handschuhe vollständig silikon- und ionenfrei herzustellen.

Das hat mehrere Gründe:

- Rückstände aus Rohstoffen: Bereits die Ausgangsmaterialien – z.B. Polyamidfasern oder Nitril – können Spuren von Ionen oder silikonhaltigen Hilfsstoffen enthalten, die im Molekularbereich eingebettet und nicht restlos entfernt werden können.
- Produktionsumgebung und Maschinenkomponenten: Selbst in kontrollierten Fertigungsprozessen können mikroskopisch kleine Mengen an Ionen oder flüchtigen Siloxanen aus Maschinen, Schläuchen, Dichtungen oder Luftsystemen in das Produkt übergehen.

■ Grenzen analytischer Nachweisverfahren: Viele analytische Prüfmethoden können nur bis zu einer gewissen Nachweigrenze Rückstände detektieren. Unterhalb dieser Grenze sind Kontaminationen zwar technisch nicht ausgeschlossen, aber praktisch nicht messbar.

■ Grenzwerte statt Nullwerte: In der Reinrautechnik und Halbleiterfertigung gilt der technische Ansatz der Minimalisierung, nicht der völligen Elimination. Die Spezifikation „technisch silikon- und ionenreduziert“ entspricht diesem Ansatz und signalisiert eine maximale Reduktion innerhalb wirtschaftlich und technisch vertretbarer Grenzen.

### Qualitätssicherung und Schutz bis zum Einsatzort

Durch regelmäßige Zwischenprüfungen während der Produktion wird eine gleichbleibend hohe Qualität der Handschuhe gewährleistet. Ergänzt wird dies durch eine aufwendige, aluminiumbeschichtete Moisture Barrier-Folienverpackung, die die Handschuhe zuverlässig vor Feuchtigkeit und Kontamination schützt – ideal für Anwendungen im Reinraum.

### Produktvielfalt und Wirtschaftlichkeit

Die Handschuhe sind ebenfalls in einer Variante mit Nitril-Fingerkuppenbeschichtung erhältlich, um auch feine Montagearbeiten sicher und präzise zu ermöglichen. Neben den geprüften Eigenschaften und dem hohen Reinheitsstandard überzeugt CCI NoTraceX mit einem attraktiven Preis-Leistungs-Verhältnis.

## CCI vK GmbH & Co. KG

Tel.: +49 721 667393-30  
info@cci-vk.de  
www.cci-vk.de

## Ohne ihn ist ein Reinraum nur ein Raum: Der Clino® CR.

Reinigungssysteme von PFENNIG.  
Für höchste Anforderungen in  
hochsensiblen Bereichen.

MADE IN  
GERMANY



Finden statt suchen!  
Entdecken Sie unseren  
digitalen Produktfinder.

[pfennig-reinigungstechnik.com/  
de/produktfinder](http://pfennig-reinigungstechnik.com/de/produktfinder)

**PFENNIG**  
REINIGUNGSTECHNIK



# Umbau im Bestand

## Projekte im Krankenhaus- und Reinraumbereich



**Umbau im Bestand:**  
Projekte im Krankenhaus- und Reinraumbereich.

durchdachtes Bauphasen- und Logistikkonzept konnten die Herausforderungen des „Bauens im Bestand“ erfolgreich gemeistert werden.

Im Hinblick auf Nachhaltigkeit und Klimaschutz kommt dem Umbau im Bestand eine zentrale Bedeutung zu. Lorenz Consult hat sich dabei auf den Krankenhaus- und Reinraumbereich spezialisiert. Die Herausforderungen dabei und aktuelle Projekte wurden in einem Vortrag auf der Fachtagung Lounges – Cleanroom Processes Ende März in Karlsruhe präsentiert.

Lorenz Consult, das Zivilingenieurbüro, das auf bauspezifische Planungs- und Überwachungsleistungen in den Bereichen Gesundheitseinrichtungen, Reinraum für Pharma, Food und Elektronik, Industrie- und Stahlbau sowie Planungstechnologie 5D-BIM und Digitalisierung am Bau spezialisiert ist, hat sich bereits seit längerem im Bereich Bestandsumbau auf die komplexen Bereiche Krankenhaus und Reinraum spezialisiert.

**Umbau im Krankenhaus: Laufender Betrieb und Schutz der Patientinnen und Patienten**  
Der Umbau im Krankenhausbau stellt hohe Anforderungen an Planung und Ausführung. Hier geht es nicht nur um die Integration neuer Funktionen, sondern auch um die Minimierung von Störungen im Betrieb – insbesondere zum Schutz der Patientinnen und Patienten. Lorenz Consult hat sich auf die besonderen Anforde-

rungen im Krankenhausbau spezialisiert. Dazu gehört die Umsetzung von umfangreichen Sanierungsmaßnahmen und Neubauten während des laufenden Krankenhausbetriebs, ohne dabei den Betrieb zu gefährden oder Stillstandszeiten zu verursachen. Besonders im Hinblick auf Medizintechnik und medizintechnische Gase, wie auch auf die Primärziele des Patientenschutzes und Personenschutzes, muss eine exakte Planung und Ausführung gewährleistet sein. Kostenziele und Terminziele spielen dabei eine zentrale Rolle, werden jedoch stets unter Berücksichtigung der höchsten Qualitätsanforderungen umgesetzt.

Ein Beispiel für ein solches Projekt ist der Funktionsneubau- und Eingangszentrum des LKH Leoben, bei dem Lorenz Consult erfolgreich ein Projekt mit einer Bauzeit von über drei Jahren realisiert hat – ohne den laufenden Krankenhausbetrieb zu beeinträchtigen. Durch ein

**Reinraum und Pharma: Höchste Qualitätsansprüche in der Produktion**  
Ein weiteres Fachgebiet von Lorenz Consult ist der Umbau von Reinraumproduktionsbereichen. Diese Projekte erfordern höchste Präzision und eine enge Zusammenarbeit mit den Auftraggebern, um die Anforderungen an Produktschutz, Personenschutz und Minimierung von Produktionsausfällen zu gewährleisten. In der Pharmaindustrie spielen Qualität und Termintreue eine entscheidende Rolle. Bei der Planung und Ausführung von Umbauten im Reinraum steht daher stets die Einhaltung der strengen GMP-Vorgaben (Good Manufacturing Practice) im Fokus. Die Planung von Reinräumen im laufenden Betrieb erfordert spezielle Maßnahmen, um die Produktionsprozesse nicht zu stören.

**Innovative Planung mit BIM und 3D-Scans**  
Ein wesentlicher Bestandteil der erfolgreichen Projektumsetzung im Bestandsumbau bei Lorenz Consult ist die Anwendung moderner Planungstechnologien wie Building Information Modeling (BIM) und 3D-Scans. Diese Tools ermöglichen eine exakte Bestandsaufnahme und eine nahtlose Integration von Neubauten in bestehende Strukturen. So können unvorhergesehene Probleme frühzeitig erkannt und Kollisionsplanungen im 3D-Modell umgesetzt werden.

Der Einsatz von 3D-Scans und die kontinuierliche Fortschreibung des 3D-Modells während der Bauphasen gewährleisten eine hohe Planungssicherheit und reduzieren das Risiko von Fehlern und Verzögerungen. Das BIM-Modell dient dabei nicht nur der Planungsphase, sondern wird auch für das Facility Management genutzt und stellt sicher, dass alle Änderungen und Abweichungen dokumentiert werden.

### Projektvorbereitung als Schlüssel zum Erfolg

„Die Grundlage für jedes erfolgreiche Umbauprojekt bildet eine detaillierte Planung und Vorbereitung. Wir legen großen Wert auf die gründliche Bestandsaufnahme und die enge Zusammenarbeit mit allen Beteiligten. Durch eine detaillierte Bauphasen- und Inbetriebnahmeplanung werden alle notwendigen Schritte zur Minimierung von Betriebsunterbrechungen und Kostenoptimierung im Voraus berücksichtigt“, so DI (FH) Markus Masser von Lorenz Consult. Und ergänzt: „Je besser die Projektvorbereitung ist, desto weniger Problemstellungen ergeben sich in der Bauwicklung.“

Im Rahmen der Gesundheits- und Sicherheitsplanung wird zudem der Schutz des Gebäudes sowie die Betriebsausfallssicherheit gewährleistet. Dies umfasst unter anderem Maßnahmen wie Brandschutz, Staubschutz und die Sicherstellung der Funktionsfähigkeit aller technischen Anlagen während des Umbaus.

### KONTAKT

#### Christian Lorenz

Lorenz Consult Ziviltechniker GmbH Graz (A)

Tel.: +43 316 / 80 18-0

office@lorenz-consult.at

[www.lorenz-consult.at](http://www.lorenz-consult.at)

### INNOVATIVE LÖSUNGEN FÜR BESSERE RAUMLUFTQUALITÄT

Laut einer aktuellen Studie der Harvard T.H. Chan School of Public Health steigert eine gute Luftqualität die kognitive Leistungsfähigkeit von Mitarbeitenden um bis zu 61 % und reduziert krankheitsbedingte Ausfälle erheblich. Rentokil THS, dem Technischen Hygieneservice von Rentokil Initial, setzt mit Inspektionen und Reinigung von raumlufttechnischen Anlagen, kurz RLT-Anlagen, neue Maßstäbe für gesunde Innenraumluft. Die Relevanz dahinter erklärt Enzo Fisauli, Category Director Hygiene & Wellbeing: „Viele Unternehmen unterschätzen, welchen Einfluss schlechte Raumluft auf ihre Angestellten hat. Eine erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentration kann Müdigkeit, Konzentrationsprobleme und Kopfschmerzen verursachen. Feinstaub und VOCs, das sind flüchtige organische Verbindungen, erhöhen zudem das Risiko für Atemwegserkrankungen.“ Rentokil THS ist darauf spezialisiert, Hygiene-Herausforderungen insbesondere im Bereich der Raumluft zu lösen. Dank anerkannter und moderner Verfahren und Techniken streng nach VDI-Richtlinien, sorgen die Experten dafür, dass höchste Standards eingehalten werden. In Zusammenarbeit mit Airthings, einem führenden Anbieter von Raumluftüberwachungssystemen, bietet Rentokil THS maßgeschneiderte Lösungen zur kontinuierlichen Luftqualitätskontrolle und -verbesserung an. Zusätzlich ermöglicht die Partnerschaft mit Airthings eine präzise Überwachung der Raumlufttreinheit in Echtzeit. „Durch die Kombination aus hochpräziser Sensorik und leistungsstarken Filtern können Arbeitgeber ein gesünderes und produktiveres Umfeld schaffen“, so Fisauli. Unternehmen, die in saubere Luft investieren, investieren in ihre Mitarbeitenden – und damit in ihre Zukunft.

#### Rentokil Initial GmbH & Co. KG

Tel.: +49 221/94534-30

[info-de@rentokil-initial.com](mailto:info-de@rentokil-initial.com) · [www.rentokil-initial.com](http://www.rentokil-initial.com)



## DEIN WISSENSUPDATE

## IM BEREICH REINRAUM

- Fertigung im Reinraum – Anlagentechnik und -qualifizierung
- GMP-regulierte Reinräume – Lufttechnische Messungen und Qualifizierung
- Lüftungstechnik im Reinraum Planung, Ausführung und Betrieb
- Reinraumtechnik und Reinraumpraxis
- GMP-regulierte Reinräume – Lufttechnische Messungen und Qualifizierung

Entdecke deine Möglichkeiten  
[vdi-wissensforum.de/reinraum](http://vdi-wissensforum.de/reinraum)



Jetzt weiterbilden

# Klimatests in der Praxis



Heiko Walter



Christian Schöner



© Weiss Technik

Das renommierte Labor für Umweltsimulationsprüfungen Aspect Quality aus Reutlingen gibt Einblick in seinen Testalltag. Dabei erklärt Heiko Walter, einer der beiden Geschäftsführer, wie die Prüfanlagen und SIMPATI-Software von Weiss Technik zum Erfolg des Unternehmens beitragen.

„Schnell, flexibel und mit einem Hang zum Unkonventionellen“, so lässt sich die Aspect Quality beschreiben. Das 2006 gegründete schwäbische Prüflabor testet sowohl Produkte der Automotiv-, Luftfahrt-, Solar- und High-Tech-Industrie als auch aus der Medizintechnik. Dazu gehören Karosseriekomponenten, Kabel, Leitungen, Komponenten der e-Mobility oder auch Exoten wie bspw. alternative Verpackungen für gefrorenen Instant-Kaffee. Mit breitem Angebot, darunter Klima-, Temperatur- und Korrosionswechseltests sowie Sonnen-simulations- und Salzsprühnebelprüfungen, versteht sich das Testunternehmen vor allem als Partner bei der Entwicklung.

## Präzise Kontrolle, einfache Bedienung

Zu den mehr als 25 Prüfanlagen und einer begehbaren Klimazelle des Reiskirchener Anlagenbauers Weiss Technik nutzt das Prüflabor auch die zugehörige Software „SIMPATI“. Aspect-Quality-Geschäftsführer Heiko Walter: „Mit SIMPATI 4.70 haben sich Aufzeichnung und Auswertung der Prüfkammern deutlich verbessert, was die Arbeit erleichtert.“ Auch

der Analyseprozess sei mit Einsatz des Programms einfacher geworden, unterstreicht der Laborinhaber.

Heiko Walter bewertet die Software durchweg positiv: „Die Anlagen sind komplex. SIMPATI ist perfekt darauf abgestimmt und benutzerfreundlich im Hinblick auf den Funktionsumfang.“ Die Software laufe zudem absolut zuverlässig, bestätigt der Geschäftsführer. „Auch, wenn wir das Programm aufgrund der vielen Normen, die wir mit unseren Tests abdecken, exzessiv nutzen. Taucht ein Fehler auf, bekommen wir sofort eine Warnmeldung“, erzählt Heiko Walter. „So werden die Anlagen super überwacht.“ Und er fügt hinzu: „Anfangs- und Endbedingungen für eine Temperaturschockprüfung festlegen, das kann eben nur SIMPATI.“

## Schnelle Updates, neue Möglichkeiten

„Die Aktualisierung der Software geht zügig“, bescheinigt Heiko Walter. Man versuche natürlich dafür einen Zeitpunkt zu wählen, an dem die Prüfkammern nicht so stark frequentiert seien, betont der Geschäftsführer. Und verrät: „Hier am Standort Reutlingen haben wir alle Überwachungsrechner virtualisiert, es gibt also keine physischen Rechner mehr. Bei einem neu aufgesetzten virtuellen Rechner haben wir dann das Update aufgespielt, alle Features installiert und schließlich mit den Kammern verbunden – sozusagen ein Update im fliegenden Wechsel von der einen Version zur anderen.“

Mit dem neuen Update SIMPATI 4.80 bieten sich weitere Funktionen, erläutert La-borchef Heiko Walter und präzisiert: „Die Version ermöglicht beispielsweise, dass wir Aufzeichnungen aus verschiedenen Zeitpunkten übereinanderlegen können. So lassen sich aktuelle Prüfungen mit vergangenen Tests vergleichen, etwa bei Requalifizierungen.“ Damit

könne man erkennen, ob sich das Verhalten der Kammern verändert habe. Was laut Heiko Walter die Überwachung und Zuverlässigkeit der Prüfprozesse verbessere.

## Maximale Leistung, interessante Felder

Auch die Testanlagen von Weiss Technik überzeugen. „Was uns beispielsweise an den begehbaren Prüfzellen beeindruckt, ist der extrem hohe Temperaturbereich von minus 70 bis plus 180 °C“, sagt Heiko Walter und ergänzt: „Nicht jede Klimazelle kann so einen Temperaturhub abdecken.“ Nicht nur das, wie der Laborinhaber unterstreicht: „Bei der Klimazelle von Weiss-Technik können wir selbst große, schwere Lasten einbringen und das funktioniert auf Grund der Unterfahrbarkeit super.“

Unter den Prüfgeräten gibt es auch Lieblingseinrichtungen des Geschäftsführers, etwa die Kammer mit simuliertem Sonnenlicht, „weil das ein extrem spannendes Thema ist“, erklärt Heiko Walter. Oder die Korrosionsprüfkammer, „denn da passiert am meisten“, sagt er weiter und konkretisiert: „Wenn man die Korrosionsbeständigkeit eines Produkts prüfen möchte, stellt man es in die Kammer und holt danach unter Umständen nur ein Häufchen Rost heraus. Diese Anwendung ist schon sehr interessant.“

## KONTAKT

### Heiko Walter

Aspect Quality GmbH, Reutlingen

Tel.: +49 7121 1590-800

info@aspectquality.de · www.aspectquality.de

### Christian Schöner

Weiss Technik GmbH, Reiskirchen

Tel.: +49 6408 84-6886

christian.schoener@weiss-technik.com

www.weiss-technik.com

## ROBUSTER EDELSTAHL-PANEL-PC FÜR HYGIENE-KRITISCHE UMGEBUNGEN



Die Firma ICO Innovative Computer stellt mit dem Hygrolion SPC18 VEII einen leistungsstarken Panel-PC vor, der speziell für den Einsatz in hygienekritischen Umgebungen konzipiert wurde. Sein robustes Edelstahlgehäuse mit Schutzklasse IP66 bietet optimalen Schutz vor Staub, Wasser und Reinigungsmitteln, wodurch der Panel-PC insbesondere für Branchen wie die Lebensmittelindustrie, Pharmaindustrie sowie die chemische Industrie prädestiniert ist. Der Hygrolion SPC18 VEII verfügt über einen 18,5-Zoll-Touchscreen, der in resistiver oder kapazitiver (PCAP) Ausführung verfügbar ist. Diese Flexibilität ermöglicht den Einsatz in unterschiedlichen Anwendungsbereichen, in denen sowohl die Bedienbarkeit mit Handschuhen als auch eine intuitive Multi-Touch-Steuerung gefragt sind. Dank seines lüfterlosen Designs eignet sich der Panel-PC auch für den Einsatz in Reinräumen oder Umgebungen mit strengen Hygieneforderungen. Im Inneren des Hygrolion SPC18 VEII arbeitet ein Intel N95 Prozessor, der ausreichend Rechenleistung für gängige Industrieanwendungen bietet. Unterstützt wird der Prozessor von 8 GB RAM und einer 256 GB SSD, wodurch schnelle Datenverarbeitung und ausreichend Speicherplatz für Steuerungs- und Visualisierungsaufgaben gewährleistet werden. Die Kombination aus effizienter Hardware und hygienischer Bauweise macht den Hygrolion SPC18 VEII zu einer zuverlässigen Lösung für den industriellen Einsatz. Er überzeugt durch seine hohe Zuverlässigkeit und Vielseitigkeit. Ob in der Produktion, der Lebensmittelverarbeitung oder der pharmazeutischen Herstellung – der Edelstahl-Panel-PC bietet eine robuste und hygienische Lösung für anspruchsvolle Umgebungen.

### ICO Innovative Computer GmbH

Tel.: +49 6432/9139-0  
vertrieb@ico.de · www.ico.de

## SAUBERE LÖSUNGEN FÜR DIE PHARMA- UND BIOTECHNOLOGIE



Jumo als System- und Lösungsanbieter der industriellen Sensor- und Automatisierungs-technik ist ein zuverlässiger Partner – von der präzisen Sensorik über die Automatisierung bis hin zur FDA 21 CFR Part 11-konformen Aufzeichnung. „Die präzise Steuerung, effektive Automatisierung und umfassende Datenauswertung stellen zentrale Herausforderungen in der Pharmaindustrie und Biotechnologie dar. Zusätzlich müssen strengste Hygienestandards und internationale Normen eingehalten werden“, so Matthias Kremer, Branchenmanager Wasser und Abwasser bei Jumo. Jumo präsentiert ein vielfältiges Portfolio, das es Kunden ermöglicht, komplexe hygienische Anwendungen effizient und wirtschaftlich zu bewältigen. Das Portfolio umfasst hygienische Prozessanschlüsse, EHEDG-zertifizierte Lösungen, benutzerfreundliche Automatisierungssysteme sowie eine umfassende, sichere und ortsunabhängige Datenauswertung und -visualisierung. Darüber hinaus kann das Jumo Engineering Systeme individuell auf die speziellen Bedürfnisse der Kunden zuschneiden. Kapazitive Hygrothermogeber, Multisensoren für Feuchte, Temperatur und CO<sub>2</sub> sowie Differenzdruckmessumformer sorgen gemeinsam mit den Jumo-Automatisierungssystemen für eine rundum effiziente Überwachung und Steuerung von Reinräumen. Dies gilt im Pharmabereich aber auch bei der Herstellung von Mikroprozessoren oder Sensoren in Reinräumen.

### Jumo GmbH & Co. KG

Tel.: +49 661/6003-0  
mail@jumo.net · www.jumo.net

## GESTEIGERTE EFFIZIENZ DES PROFILTECHNIK-PORTFOLIOS

Das neue RK Eco Profil runden das erfolgreiche Profiltechnik-Angebot von RK Rose+Krieger ab. Die RK Profiltechnik ist damit auch für Anwendungen verfügbar, in denen gewichtsoptimierte und ressourcensparende Komponenten eingesetzt werden. Die effizient ausgelegten RK Eco Profile fügen sich hinsichtlich Qualität und Stabilität nahtlos in die Produktwelt von RK Rose+Krieger ein. Die Aluminiumprofile lassen sich wie gewohnt einfach ohne Bohren montieren. Die RK Eco Profile verfügen über eine Bohrzentrierung im Nutgrund, die bei individuellen Anpassungen genutzt werden kann. Ein breites Zubehör ermöglicht es, die Profile mit Knotenwinkeln, Nutensteinen und anderen Komponenten der Verbindungstechnik einfach und sicher zusammenzubauen. Auch handelsübliche Sechs- und Vierkantmuttern sowie Schrauben lassen sich verdrehgesichert in die Nutgeometrie einsetzen. Die RK Eco Profile bieten vielfältige Einsatzmöglichkeiten. So eignen sie sich etwa für den Bau von Untergestellen, wie sie für die Förder- und Lagertechnik zum Einsatz kommen, sowie von Kommissionierwagen und den Vorrichtungsbau. Die verschiedenen RK Profilsysteme sind problemlos miteinander kombinierbar. Dadurch können Systemlösungen auf Traglasten und Ausstattungsanforderungen passgenau auslegt und komplett aus einer Hand geliefert werden. Anwender profitieren von einer optimalen Material- und Kosteneffizienz sowie auf Wunsch einer individuellen Beratung, welches Profilsystem die Zielanwendung am besten erfüllt.



### RK Rose+Krieger GmbH

Tel.: +49 571/9335-0 · info@rk-online.de · www.rk-rose-krieger.com



## Reinraumtechnik und Laserschutz

für jeden Arbeitsbereich in Industrie und Forschung!



### Reinraumzelle

► Reinraumklasse A-D, bzw. ISO Klasse 5-8  
► Modular ► Flexibel ► Größe frei wählbar



### Laserschutzvorhang

Wellenlängenbereich	Schutzstufe
180 – 315 nm	D AB8, IR AB4, M AB6
> 315 – 1.050 nm	DIR AB5, M AB7
> 1.050 – 1.400 nm	D AB5, IR AB9, M AB8
> 1.400 – 11.000 nm	DI AB3

► Kundenspezifische Laserschutzeinhausungen auf Anfrage möglich!



**SPETEC**®

[www.spetec.de](http://www.spetec.de)

Spetec GmbH  
Am Kletthamer  
Feld 15  
85435 Erding

Tel.: + 49 8122 95909-0  
Fax: + 49 8122 95909-55  
E-Mail:  
spetec@spetec.de

## NEUE HOCHLEISTUNGSSCHUTZBRILLE

Bollé Safety, einer der weltweit führenden Hersteller von persönlichen Schutzausrüstungen für die Augen, kündigt die Einführung eines neuen Schutzbrillenmodells an, das für Einsatzkräfte entwickelt wurde, die in risikoreichen Umgebungen arbeiten, wie etwa Militär, Spezialeinheiten und Strafverfolgungsbehörden. Mit der innovativen ballistischen Schutzbrille MY6 erweitert Bollé Safety nicht nur sein bestehendes taktisches Sortiment, sondern bringt auch ein neues Spitzenmodell auf den Markt. Die Schutzbrille bietet höchste Leistungen und entspricht den sich ständig weiterentwickelnden Anforderungen der Branche: verschiedene Tönungen der Scheiben, Platinum-Beschichtung, Kompatibilität mit anderen Ausrüstungsgegenständen und optimale Sicht in unterschiedlichen Umgebungen. Mit seiner taktischen Marke Bollé Safety Standard Issue setzt sich Bollé Safety dafür ein, das Sehvermögen der Männer und Frauen, die die öffentliche Sicherheit gewährleisten, zu schützen und ihnen bei ihren Einsätzen maximale Widerstandsfähigkeit zu bieten. Die MY6-Brillen sind nach den höchsten ballistischen Standards zertifiziert und erfüllen die strengsten Anforderungen internationaler Militärstandards wie MIL und STANAG. Diese Zertifizierungen garantieren ein Höchstmaß an ballistischem Widerstand und bieten den ultimativen Schutz für die Augen der Träger. Darüber hinaus entspricht die MY6 der EN166-Norm und bietet somit optimale Sicherheit in allen Situationen.



© Bollé Safety

**Bollé Safety, Frankreich**  
Tel.: + 33 478/852 - 364  
contact@bolle-safety.com  
www.bolle-safety.com

## OPERATION ENERGIESPAREN

Laut der Deutschen Krankenhausgesellschaft verbraucht ein Krankenhausbett jährlich so viel Energie wie drei Einfamilienhäuser. Energieeinsparungen bedeuten also auch Kosteneinsparungen. Die St. Franziskus-Stiftung Münster erkennt das Potenzial: In fünf ihrer Kliniken sorgt ein Retrofit der Lüftungsanlagen mit hocheffizienten EC-Ventilatoren von ebm-papst für eine optimale Belüftung, ein betriebssicheres Umfeld und spart dabei bares Geld. Die insgesamt 18 raumlufttechnischen Anlagen (RLT) in fünf Krankenhäusern waren teilweise über 20 Jahre alt und mussten erneuert werden. Zur Planung und Umsetzung der Modernisierung wandte sich die Stiftung an die Firma FACT, ihr Tochterunternehmen für technische Dienstleistungen im Gesundheitssektor. Bei dem Retrofit kamen in Summe 70 EC-Ventilatoren der RadiPac- und RadiFit-Baureihen von EBM-Papst zum Einsatz. Dank der Maßnahmen konnte die St. Franziskus-Stiftung eine erhebliche Energieeinsparung erzielen. Bei einem angenommenen Strompreis von 0,30 €/kWh bedeutet das eine jährliche Kosteneinsparung von über 275.000 €. Die Nachtabschaltung der OP-Anlagen steigert die Energieeinsparung zusätzlich um etwa 30 %. Die modernisierten RLT-Anlagen tragen nicht nur zu erheblichen Energieeinsparungen bei, sondern verbessern dank Sensoren und Überwachung auch das Raumklima für Patienten und Mitarbeitende. Diese Ergebnisse haben die St. Franziskus-Stiftung überzeugt. Deshalb plant sie, auch die anderen Einrichtungen auf EC-Ventilatoren umzurüsten.

**ebm-papst Mulfingen GmbH & Co. KG**  
Tel.: +49 7938/81 - 0  
info1@de.ebmpapst.com  
www.ebmpapst.com



## INTELLIGENTE WÄRMEPUMPENSTEUERUNG

Das Unternehmen Airzone hat seine innovativen Klimatisierungslösungen für Wohngebäude vorgestellt und unterstreicht die Bedeutung von sauberer Luft und bestmöglichem Raumklima. Flexa 25, ein Mehrzonen-Klimatisierungssystem, unterteilt das Gebäude in verschiedene Regelzonen, die so individuell klimatisiert bzw. geheizt werden können, während der sog. AirQ-Sensor die Luftqualität berücksichtigt. Der AirQ-Sensor misst laufend alle Variablen, die die Luftqualität beeinflussen, berechnet auf dieser Basis den Raumluftqualitätsindex und zeigt anhand einer Farbskala die Qualität der Raumluft plakativ an, grün=gut, gelb=mittel, rot=niedrig. Fällt dieser Index unter einen bestimmten Wert, gibt der AirQ-Sensor automatisiert einen Steuerungsimpuls an die in Flexa 25 enthaltene AirQ-Box zur Ionisation, um Schadstoffe und Feinstoffpartikel wie PM10, PM2,5 und VOC aus der neu einströmenden Luft herauszufiltern bzw. die Luftqualität bei hohem CO<sub>2</sub>-Level entsprechend zu verbessern. Dadurch trägt der AirQ-Sensor zu Gesundheit und Wohlbefinden bei. Neu in diesem Jahr ist die schlankere WiFi-Version. Mit Hilfe von Mehrzonen wird das Heizen und Kühlen eines Gebäudes in verschiedene Regelzonen unterteilt, die besonderen Merkmale wie großen Glasflächen und individuellen Nutzungsgewohnheiten Rechnung tragen. Über proprietäre Algorithmen steuert Flexa 25 – eine Weiterentwicklung des bewährten Flexa 4.0 – die kanalgeführte Klimaanlage in Verbindung mit der Fußbodenheizung/-kühlung und des Heizkörpers und sorgt damit für maximalen Komfort bei minimalem Energieverbrauch. Für optimales Raumklima sorgt der in Flexa 25 integrierte AirQ-Sensor, der kontinuierlich die Luftqualität überwacht und

gepaart mit der AirQ-Box Ionisatoren zur Verbesserung der Raumluft aktiviert.

[www.airzonecontrol.com](http://www.airzonecontrol.com)



© Airzone

## ERGONOMISCHE ARBEITSPLATZLÖSUNG FÜR MOBILE ARBEITSMASCHINEN

Das Bedienen mobiler Arbeitsmaschinen erfordert eine hohe Konzentration über einen langen Zeitraum. Ergonomische Arbeitsplatzlösungen unterstützen das Bedienpersonal von Kranen, Landmaschinen, Baugeräten und anderen Arbeitsmaschinen bei der sicheren Steuerung der schweren Geräte. Mit seiner RK Monitorhalterung zeigt RK Rose+Krieger, wie sich solche Lösungen für Monitore und Touchpanels gestalten lassen. Die RK Monitorhalterung ist ein Systemangebot aus der Rohrverbindungstechnik des Herstellers. Zusammen mit den Komponenten der klemmbaren Rohrverbinder, wie etwa den Light Clamps, einer VESA-Anschlussplatte und einem RK Rohr aus Aluminium entsteht eine Arbeitsplatzlösung, mit der Bediener Displays optimal für ihre Arbeit positionieren können. Mit der Halterung kann der Monitor um 60° frei geschwenkt werden. An dem Rohr befestigt, lässt er sich zudem auch auf einer Höhe von 80 cm flexibel verstehen. Die Neigung kann in 15°-Rastschritten arretiert werden. Die maximale Lastaufnahme liegt statisch bei 10 kg, dynamisch bei 3 kg. Alle Freiheitsgrade lassen sich ohne Werkzeug getrennt voneinander einrichten. Auf diese Weise haben Bediener ihr Panel oder Display immer im Blick, ohne dass es das Sichtfeld nach draußen behindert. Eine hohe Arretier- und Vibrationssicherheit sorgt dafür, dass auch bei robusten Arbeitsbedingungen die Position des befestigten Geräts sicher erhalten bleibt.

**RK Rose+Krieger GmbH**  
Tel.: +49 571/9335 - 0  
info@rk-online.de  
www.rk-rose-krieger.com



## INNOVATIVES HERSTELLUNGSVERFAHREN STEIGERT NACHHALTIGKEIT

Kalthoff Luftfilter und Filtermedien aus Selm hat in ein neues Verfahren zur Herstellung von Luftfiltern investiert, welches den Stand der Technik in Bezug auf Energie- und Rohstoffeffizienz sowie Automatisierungsgrad und Prozessgeschwindigkeit neu definiert. Für das innovative Verfahren hat das Unternehmen einen Zuschuss aus dem KfW-Energieeffizienzprogramm Abwärme erhalten. Unterstützt wurde es dabei durch die Finanzierungsberatung der Effizienz-Agentur NRW (efa) aus Duisburg. Kalthoff Luftfilter und Filtermedien entwickelt, produziert und vertreibt Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik (RLT). Ein Hauptprodukt sind Taschenfilter, welche aus feinstfaserigen, voluminösen Vliesstoffschichten aus Synthetikfasern aufgebaut sind. „Der Einsatz von Luftfiltertechnik für die Frischluftversorgung von Gebäuden dient der Herabsetzung des Gebäudeenergiebedarfes und hilft wirksam mit, den europäischen Green Deal voranzubringen“, so Geschäftsführer Dr.-Ing. Henrik Badt. Ein wesentliches Innovationsmerkmal des neuen Prozesses liegt in der Substitution von Nähtechnik durch Ultraschallschweißtechnik, welche zusätzliche Abdichtmaßnahmen durch Schmelzkleber überflüssig macht. „Das moderne und hochproduktive Herstellverfahren senkt den Ressourceneinsatz signifikant“, freut sich Badt. „Darüber hinaus eignen sich das konsequent automatisierte, aber dennoch flexible Produktionsverfahren ideal dazu, am Hochlohnstandort Deutschland zukunftsweisend den Europäischen Markt auf kurzen Lieferwegen zu bedienen.“



**Kalthoff Luftfilter  
und Filtermedien GmbH**  
Tel.: + 49 2592/965 - 0  
info@kalthoff-luftfilter.de  
www.kalthoff-luftfilter.de

## KAUTSCHUK AM BODEN UND DER WAND

Für eine durchgängig harmonische Optik – Nora erweitert sein Bodenbelagsportfolio um Wandbeläge aus Kautschuk. Durch die Verbindung von Boden und Wand entsteht ein ebenso einheitliches wie ästhetisches Raumgefühl. Der zwei Millimeter dicke Kautschukbelag Noraplan Wall ist in verschiedenen Designs erhältlich und zeichnet sich durch eine hohe Stoß-, Abrieb- und Kratzfestigkeit aus. So bleiben die Wände über lange Zeit in gutem Zustand, ohne regelmäßig renoviert werden zu müssen. „Mit den Noraplan Wandbelägen können unsere Kunden dank der vielfältigen Design- und Farbauswahl individuelle Raumkonzepte realisieren“, so Bettina Haffelder, Vice President DACH Nora. „In Kombination mit der bewährten Nora Funktionalität bietet Noraplan Wall die ideale Lösung für den Schutz und die stilvolle Gestaltung von Wandflächen.“ Die Wandbeläge punkten nicht nur durch ihr attraktives Design, sondern auch durch ihre hygienischen Eigenschaften und die geringen Unterhaltskosten: Die robuste, einfach zu reinigende Oberfläche reduziert den Pflegeaufwand im Vergleich zu Tapeten oder verputzten Wänden erheblich. Zudem sind die Noraplan Wall Beläge vollständig desinfizierbar und beständig gegen Hand- und Flächendesinfektionsmittel gemäß VAH- und RKI-Liste. Ein weiterer Vorteil ist ihre Umweltverträglichkeit. Die Wandbeläge sind frei von PVC, chlorhaltigen Polymeren sowie Phthalat-Weichmachern und tragen das Umweltzeichen „Blauer Engel“. Darüber hinaus erfüllen sie die Anforderungen der EN 15102 und entsprechen der Brandklasse E nach EN 13501-1.



**Nora Systems GmbH**  
Tel.: +49 6201/80 - 5666  
info-de@nora.com  
www.nora.com

## The **Safe Choice**: Clean Room Forklifts by Sichelschmidt



**d400 GMP Electric**  
pedestrian pallet stacker



**d500 GMP Electric**  
pedestrian straddle stacker



Sichelschmidt GmbH – material handling

Im Hilingschen 32 Call +49 2335 6309-0 www.sichelschmidt.de  
D - 58300 Wetter Fax +49 2335 6309-88 info@sichelschmidt.de

**Sichelschmidt**  
material handling



## SIND WIR BEI DER VERMEIDUNG VON FEINSTAUB AUF DEM HOLZWEG?

Während Umweltauflagen dafür gesorgt haben, dass die Feinstaubbelastung durch den Betrieb von Kraftfahrzeugen kontinuierlich abgenommen haben, so wird diese anthropogene Quelle nun verdrängt durch die Feinstaubfreisetzung aus privaten, holzbefeuerten Anlagen und zwar seit der Corona- und Energiekrise. Feinstaub kann nicht nur die Gesundheit schädigen, sondern beeinträchtigt auch die Qualität und Funktion sensibler Produkte aus vielen Bereichen der Optik, Elektronik, Elektromechanik, Medizintechnik, Biotechnologie und der Pharmazie. 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. Die Firma „Alternative Produktion“ kurz Al-Pro Gerd Böhm blickt auf eine über 20-jährige Firmengeschichte zurück, die durch nachhaltiges Wachstum, stetige Weiterentwicklung und dem Streben nach passgenauen Lösungen geprägt ist. Als Dienstleister bietet Al-Pro elektromechanische Montagen und Kabelkonfektionierung, Kommissionier- und Konfektionier-Tätigkeiten und auch die Fertigung, Montage, Reinigung und Verpackung unter Reinraumbedingungen an. Die Firma fertigt Produkte mit höchsten Anforderungen an die Fertigungsumgebung in drei autarken Reinraumsystemen. Die Reinräume wurden von der Firma Spetec geplant und in die vorhandenen Werkshallen nachträglich eingebaut, und zwar mit minimalen baulichen Änderungen. Die Reinraumumgebungen sind für wechselnde Anwendungen sehr flexibel ausgelegt und aus diesem Grund wurden die Personenschleuse und die Materialschleuse räumlich getrennt realisiert.



### Spetec GmbH

Tel.: +49 8122/95909 - 0  
spetec@spetec.de · www.spetec.de

## DIE NEUE BENCHMARK FÜR ERGONOMISCHE ARBEITSSTÜHLE

Der Arbeitsstuhl Texon von Bimos, führender Hersteller von Industrie- und Laborstühlen, wurde bei der Preisverleihung des German Design Awards 2025 mit Gold in der Kategorie „Excellent Product Design – Industry“ ausgezeichnet. „Dieser Arbeitsstuhl setzt neue Maßstäbe in hoch spezialisierten Umgebungen, indem er Benutzer Komfort und leichte Reinigung ermöglicht. Mit seiner Fähigkeit, die Polsterung mühelos zu wechseln, erfüllt Texon die Anforderungen von Reinräumen und Laboren mit beeindruckender Präzision“, begründet die Jury ihre Entscheidung. Das moderne, futuristische Design des Texon spiegelt die hohen Ansprüche wider, welche die Hightech-Branche an ihre Arbeitsumgebung stellt. Doch der Texon steht für weit mehr als nur Ästhetik. Mit seiner zertifizierten Reinraumtauglichkeit (DIN ISO 14644-1, Luftreinheitsklasse 3) und ESD-Konformität (EN 61340-5-1) gewährt der Stuhl umfassenden Schutz in sensiblen Umgebungen. Sein Hygienic Design mit glatten, fugenlosen, leicht zu reinigenden Oberflächen und verkapselter Mechanik verhindert die Ansammlung von Staub und Schmutz - entscheidend für Reinräume, in denen höchste Sauberkeit gefordert ist. Ein Highlight ist das Wechselpolster, welches sich mit nur einem Klick entfernen und wieder einsetzen lässt. Die Auto-Motion-Technik des Texon ermöglicht zudem eine synchrone Bewegung von Sitz und Rückenlehne nach vorne und hinten. So bleiben Sitz und Rückenlehne, die in drei verschiedenen Positionen arretiert werden können, in dynamischem Kontakt mit dem Körper und es entsteht ein Gefühl des schwelbenden Gleitens.

**Bimos – eine Marke der Interstuhl Büromöbel GmbH & Co. KG**  
Tel.: +49 7436/871 - 0  
bimos@bimos.de  
www.bimos.com



© Bimos

## ERWEITERTES PRODUKTPORTFOLIO

Im Rahmen der Reinraum Lounges stellte die CCI vK eine strategische Produkterweiterung vor: Gemeinsam mit dem renommierten Bekleidungshersteller alsico baut CCI sein Leistungsportfolio im Bereich der Reinraumbekleidung aus. Die Kooperation markiert einen Meilenstein, bei dem technologisches Know-how, funktionales Design und kurze Lieferzeiten in einzigartiger Weise zusammengeführt werden.

### Design- und funktionsoptimierte Eigenentwicklungen für höchste Ansprüche

Im Zentrum dieser Zusammenarbeit steht die von CCI eigens entwickelte OEM-Reinraumbekleidung, die sowohl in Design als auch Tragekomfort Maßstäbe setzt. Dabei orientieren man sich an den Bedürfnissen anspruchsvoller Branchen, wie der Halbleiter- und Pharmaindustrie, Mikroelektronik und Biotechnologie, mit dem Ziel, Funktionalität, Produktsicherheit und Tragekomfort optimal zu vereinen.

### Zugang zu alsicos geprüften Hightech-Textilien und Laborkapazitäten

Durch die enge Zusammenarbeit mit alsico kann CCI auf ein umfassendes Portfolio geprüfter Reinraumgewebe für Ober- und Zwischenbekleidung zurückgreifen. Die Materialauswahl deckt ein breites Spektrum an branchenspezifischen Anforderungen, wie

ESD-Eigenschaften, Chemikalienbeständigkeit, Partikelrückhaltevermögen, Autoklavierbarkeit, Schutz vor Zytostatika und Langlebigkeit ab. Darüber hinaus steht CCI das technologisch hochgerüstete Prüflabor mit integrierter Body-Box von alsico zur Verfügung. Dieses deckt alle gängigen Prüfverfahren für Partikelabrieb, Aufrauneigung, Waschanalysen, ESD- und Luftdurchlässigkeit, Rückhaltevermögen, Reiß- und Zugfestigkeit, partikuläre Restkontamination und weitere für Reinraumbekleidung ab. Das Prüflabor kann auch von Kunden für individuelle Prüfungen genutzt werden, was maximale Transparenz und Qualitätssicherung ermöglicht.

### Logistikvorteile und schnelle Lieferzeiten

Ein Highlight ist der Zugriff auf das zentrale Alsico-Bekleidungslager mit über 40.000 sofort verfügbaren Teilen. Dadurch kann CCI innerhalb von zehn Tagen eine Vielzahl an Standardbekleidungen in diversen Größen, Farben und Reinraumgeweben liefern – ideal für kurzfristigen Bedarf.

Für kundenspezifisch konfigurierte Bekleidung steht eine weltweite Fertigungskapazität von bis zu 100.000 Teilen pro Monat zur Verfügung. Selbst CCI-OEM-Modelle – neuartige Schnitte im modernen Design – mit firmenspezifischem Branding oder Sondermaßen



sind dank optimierter Prozesse innerhalb von nur zehn Wochen lieferbar.

### Kompetenz aus Erfahrung

Ergänzend zur über Jahrzehnte aufgebauten technischen Expertise verfügt das CCI-Team über umfangreiche Erfahrung in der Entwicklung, Planung und Umsetzung von Reinraumbekleidungskonzepten. In Zusammenarbeit mit alsico fließt dieses Know-how direkt in die Kooperation ein und ermöglicht Lösungen, die sowohl technischen als auch regulatorischen Anforderungen entsprechen.

### Eine starke Allianz für die Zukunft

Mit der Integration von Designkompetenz, geprüften Materialien, flexibler Logistik und kundennaher Beratung setzt CCI gemeinsam mit alsico neue Standards in der Reinraumbekleidung – für alle Branchen, in denen Produktsicherheit und Kontaminationskontrolle essenziell sind und höchste Priorität haben.

### CCI vK GmbH & Co. KG

Tel.: +49 721 667393 - 30  
info@cci-vk.de · www.cci-vk.de

## NEUES LEITFÄHIGES VERSIEGELUNGSSYSTEM MIT SEIDENMATTER OPTIK

ESD-Schutzzonen, Serverräume, Batterieräume oder Lager für brennbare Stoffe – das neue elektrisch leitfähige Versiegelungssystem StoFloor ESD WL 213 von StoCretec ist vielseitig einsetzbar. Der seidenmatte Wasserlack StoPox WL 213 eignet sich für alte und neue elektrisch leitfähige Epoxidharzbeschichtungen. Mineralische Untergründe lassen sich sogar nachträglich zum ESD-Boden aufrüsten. StoFloor ESD WL 213 ist ein vielseitiges und zugleich einfache zu verarbeitendes Versiegelungssystem. Es funktioniert nicht nur auf lösemittelfreien, leitfähigen Epoxidharzbeschichtungen, sondern auch auf mineralischen Untergründen wie Beton, Zementestrich, Magnesiaestrich oder Calciumsulfatestrich. Hierbei benötigt es keinen zusätzlichen Leitlack, es genügt ein zweimaliger Auftrag der Bodenbeschichtung mit einer dazwischen eingebrachten Erdung (StoDivers LS Leitset und StoDivers LB 100 Leitband). Selbst nicht leitfähige Standardböden lassen sich so in ESD-Böden umwandeln. Damit ist StoFloor ESD WL 213 auch optimal für die Sanierung. Die seidenmatte Oberfläche lässt sich hervorragend reinigen, und die hohe Lichtbeständigkeit verhindert Vergilben oder Ausbleichen. Außerdem ist die Oberfläche abriebbeständig, chemisch widerstandsfähig und resistent gegen Weichmacher. Der emissionsarme Lack ist frei von Silikonen, Nonylphenol und Benzylalkohol. Er lässt sich einfach und schnell ohne besondere Fachkenntnisse verarbeiten – manuell oder mit einem Airless-Gerät.



StoCretec GmbH

Tel.: +49 6192/401 - 104

stocretec@sto.com · www.stocretec.de

## DIE ZUKUNFT DER PHARMAVERPACKUNG

Mit PharmaGuard, einer PP-basierten, recyclingfähigen Blisterverpackung, hat Südpack Medica den Weg geebnet zu mehr Nachhaltigkeit in der Pharmaindustrie. Doch das war erst der Anfang. Derzeit arbeitet der Folienhersteller an den nächsten Generationen zukunftsfähiger Verpackungssysteme, die Nachhaltigkeit mit außergewöhnlicher Qualität und Zuverlässigkeit verbinden. Durch die Entwicklungspartnerschaft mit IMA wird sichergestellt, dass sich die neuen Monostrukturen mit der gleichen Effizienz, Produkt- und Packungssicherheit wie konventionelle PVC/PVDC-Lösungen auf vorhandenen Blisterlinien der Kunden verarbeiten lassen. Zwar schreibt der Gesetzgeber momentan weder wiederverwertbare Verpackungen noch Verpackungen mit Rezyklatanteil wie in der Lebensmittelindustrie vor, doch Pharmaunternehmen sind gut beraten, sich bereits jetzt auf künftige Verpackungsanforderungen einzustellen. Um Kunden bei der Umstellung auf nachhaltige Blisterverpackungen optimal unterstützen zu können, arbeiten Südpack und IMA intensiv an marktreifen Lösungen. Ziel ist es, die neuen Materialien auf dem bestehenden Maschinenpark der Kunden lauffähig zu machen. Die Entwicklung von PharmaGuard darf dabei zu Recht als ein echter Meilenstein angesehen werden. Denn das Verpackungskonzept setzt neue Maßstäbe in puncto Nachhaltigkeit, Qualität und Performance. Allerdings ist genau diese Performance eine echte Herausforderung, denn Monomaterialien auf Basis von Polypropylen oder Polyethylen stellen völlig neue Anforderungen an den Verpackungsprozess.

**Südpack Medica AG, Schweiz**

Tel.: +41 41 767 32 - 31

info@suedpack-medica.com · www.medica-suedpack.com



## ZUVERLÄSSIGE MESSWERTE UND ROBUSTE BAUWEISE

Der neue Kabel-Temperaturfühler TF-2000 liefert zuverlässige Temperaturwerte für die Kältetechnik, Heizungen und Wärmepumpen. Häufigen Wechseln zwischen Tau- und Gefrierpunkt hält der Temperaturfühler ohne Weiteres stand, denn das Messelement ist staub- und wasserdicht mit Kunststoff umspritzt. Zudem ermöglichen Schnellmontageklammern eine zeitsparende Installation. Das Thermometer lässt sich über eine CrNi-Stahl-Hülse mechanisch stabilisieren. Dies sorgt etwa in Pufferspeichern für Heizungs- und Warmwasser für eine erhöhte Messsicherheit. Gemäß Schutzart IP68 ist der TF-2000 komplett dicht. Auch ohne optionale Fühlerhülse dringen somit weder Kondenswasser noch Wasserdampf in das Messelement ein. Dies minimiert das Risiko von Ausfällen, sichert die Messgenauigkeit, optimiert die Lebensdauer und sorgt für Investitionssicherheit. Der TF-2000 mit Messingvierkanthülse lässt sich mittels Schnellmontageklammern in Sekundenschnelle fixieren, ganz ohne aufgelöste Kupferrohrchen. Geräte, die mehrere Temperaturmessstellen haben, können so zeitsparend und kosteneffektiv ausgestattet werden. Durch die Ausführung in Messing sorgt die Vierkanthülse für eine gute Wärmeleitung und beugt Kontaktkorrosion vor. Das Auftragen von Wärmeleitpaste entfällt – ohne Abstriche bei Genauigkeit und Ansprechzeit.

**Wika Alexander Wiegand SE & Co. KG**

Tel.: +49 9372/132 - 0

vertrieb@wika.com · www.wika.de



## Thomapren®-EPDM/PP-Schlüsse – FDA konform



### Elastischer Pumpen-, Pharma- und Förderschlauch für höchste Ansprüche

- **High-Tech-Elastomer EPDM/PP:** Temperaturbeständig bis +135 °C, UV-beständig, chemikalienresistent, niedrige Gaspermeabilität
- **Für Schlauchquetschventile und Peristaltikpumpen:** Bis zu 30 mal höhere Standzeiten gegenüber anderen Schläuchen
- **Biokompatibel und sterilisierbar:** Zulassungen nach FDA, USP Class VI, ISO 10993, EU 2003/11/EG

[www.rct-online.de](http://www.rct-online.de)



**Reichelt  
Chemietechnik  
GmbH + Co.**

Englerstraße 18  
D-69126 Heidelberg  
Tel. 0 62 21 31 25-0  
Fax 0 62 21 31 25-10  
rct@rct-online.de



Für Werbemaßnahmen auf unserem neuen Portal können Sie gerne ab sofort unser Sales-Team kontaktieren:

**Hagen Reichhoff**  
hreichhoff@wiley.com  
Tel.: +49 6201 606 001

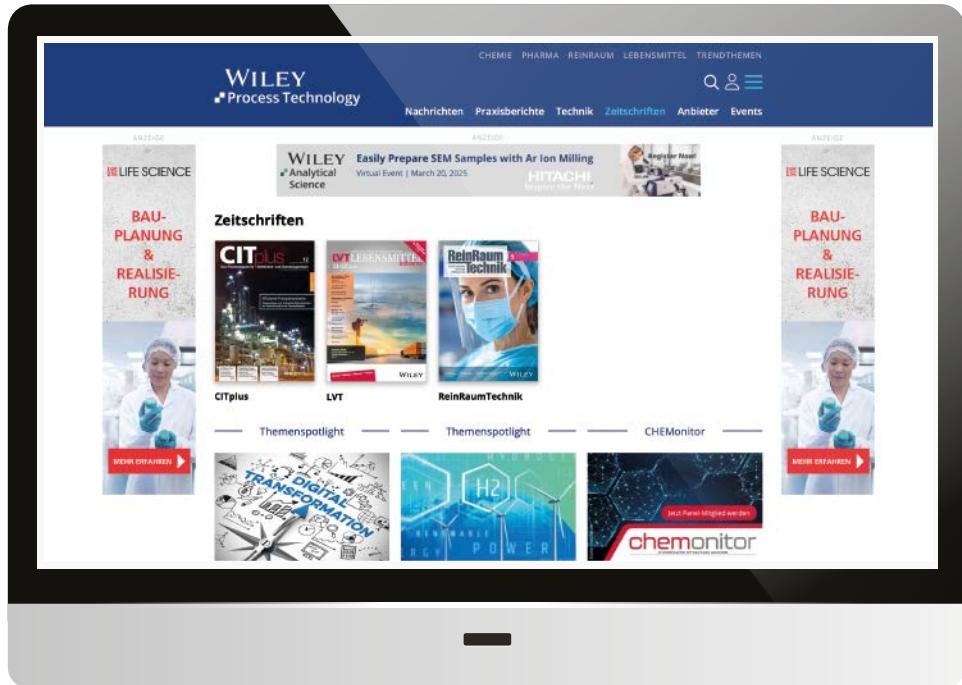
**Stefan Schwartze**  
sschwartze@wiley.com  
Tel.: +49 6201 606 491

**Thorsten Kritzer**  
tkritzer@wiley.com  
Tel.: +49 6201 606 730

Die Redaktion erreichen Sie unter:

**Dr. Etwina Gander**  
Chefredakteurin CITplus  
egandert@wiley.com  
Tel.: +49 6201 606 768

**Dr. Roy T. Fox**  
Chefredakteur  
ReinRaumTechnik/  
Lebensmittel  
royfox@wiley.com  
Tel.: +49 6201 606 714



# Wiley Process Technology

Wir präsentieren Ihnen unsere neue Online-Präsenz für die Prozess-industrie. Hier finden Sie alle Informationen zu Themen rund um die Produktion in Chemie-, Pharma-, Life Science- und Lebensmittelindustrie. Wir berichten über innovative Anwendungen, neue Produkte, wichtige Branchenevents und veröffentlichen Nachrichten aus und für die Prozess-industrien. Unsere benutzerfreundliche Navigation und das moderne Design sorgen dafür, dass Sie schnell und einfach finden, was Sie suchen – und darüber hinaus viele wertvolle Informationen. **Schauen Sie sich um und entdecken Sie, was wir für Sie bereithalten!**

[processtechnology.wiley.com](http://processtechnology.wiley.com)

**CITplus** | **ReinRaumTechnik** | **LVT LEBENSMITTEL**  
STERILTECHNIK HYGIENE PROTECTION  
ENTSCHEIDER KNOW-HOW FOR FOOD & BEVERAGE  
Industrie



**WILEY**  
Process  
Technology

# termine 02/2025

Mai	Woche	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
	18		1	2	3	4		
	19	5	6	7	8	9	10	11
	20	12	13	14	15	16	17	18
	21	19	20	21	22	23	24	25
	22	26	27	28	29	30	31	

Juni	Woche	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
	22					1		
	23	2	3	4	5	6	7	8
	24	9	10	11	12	13	14	15
	25	16	17	18	19	20	21	22
	26	23	24	25	26	27	28	29
	27	30						

Juli	Woche	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
	27		1	2	3	4	5	6
	28	7	8	9	10	11	12	13
	29	14	15	16	17	18	19	20
	30	21	22	23	24	25	26	27
	31	28	29	30	31			

August	Woche	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
	31				1	2	3	
	32	4	5	6	7	8	9	10
	33	11	12	13	14	15	16	17
	34	18	19	20	21	22	23	24
	35	25	26	27	28	29	30	31

September	Woche	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
	36	1	2	3	4	5	6	7
	37	8	9	10	11	12	13	14
	38	15	16	17	18	19	20	21
	39	22	23	24	25	26	27	28
	40	29	30					

## MAI

22. Reinraumtechnik: Grundlagen  
27.–28. Cross Contamination Control

Wien (A)  
online

[www.cls.co.at](http://www.cls.co.at)  
[www.concept-heidelberg.de](http://www.concept-heidelberg.de)

## JUNI

- 02.–06. Reinraum Service- & Messtechniker/-in IHK mit FN „Mikrobiologische und Zytostatika-Werkbänke“  
03.–04. Reinraumqualifizierung mit Praxisworkshop  
04. Aktualisierung/Auffrischung für Reinraum-Servicetechniker:  
Neues in der Mess- und Gentechnik, GMP & Co.  
26.–27. 33. Fachtagung Industrielle Bauteilreinigung

Krefeld  
Kirchzarten  
Krefeld  
Esslingen

[www.mittlerer-niederrhein.ihk.de](http://www.mittlerer-niederrhein.ihk.de)  
[www.testotis.de](http://www.testotis.de)  
[www.mittlerer-niederrhein.ihk.de](http://www.mittlerer-niederrhein.ihk.de)  
[www.wissenstransfer.events](http://www.wissenstransfer.events)

## JULI

- 01.–02. Annex 1 Intensive Training Course

online

[www.concept-heidelberg.de](http://www.concept-heidelberg.de)

## AUGUST

26. Reinraum Praxisseminar inkl. Workshops  
28. Annex 1 – Kontaminationskontrollstrategie sinnvoll umsetzen

Rheinfelden (CH)  
Rheinfelden (CH)

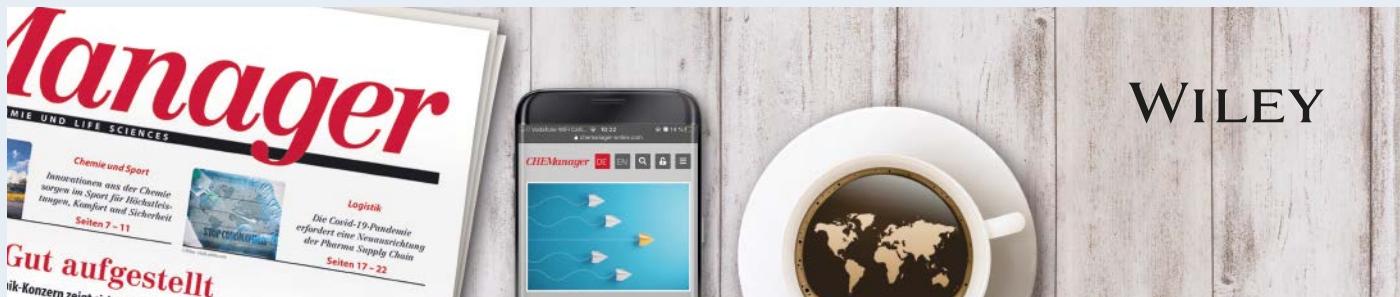
[www.swisscleanroomconcept.ch](http://www.swisscleanroomconcept.ch)  
[www.swisscleanroomconcept.ch](http://www.swisscleanroomconcept.ch)

## SEPTEMBER

02. Anforderungen an Single use Systeme inkl. Besichtigung der Firma Avintos  
04. Reinraumtechnik – Grundlagen  
04. Sicherer Umgang mit Zytostatika  
09.–10. Reinraum Intensivseminar  
11. Audits und Inspektionen erfolgreich bestehen  
15.–17. Reinraum-Verantwortliche – Lehrgang mit Zertifikat  
15.–20. Projektmanager/-in Reinraumtechnik IHK  
16.–18. ILMAC Basel  
23. Annex 1  
23.–25. Powtech Technopharm  
23.–25. Fachpack  
26.–27. Praxisseminar Sicherheitstraining Zytostatika  
30. Reinigungsvalidierung

Rheinfelden (CH)  
Wien (A)  
Allschwil (CH)  
Rheinfelden (CH)  
Rheinfelden (CH)  
Rheinfelden (CH)  
Frankfurt/Main  
Westerham  
Basel (CH)  
Guntramsdorf (AT)  
Nürnberg  
Nürnberg  
Elmshorn  
Kirchzarten

[www.swisscleanroomconcept.ch](http://www.swisscleanroomconcept.ch)  
[www.cls.co.at](http://www.cls.co.at)  
[www.swisscleanroomconcept.ch](http://www.swisscleanroomconcept.ch)  
[www.swisscleanroomconcept.ch](http://www.swisscleanroomconcept.ch)  
[www.cleanroomfuture.com](http://www.cleanroomfuture.com)  
[www.ihk-akademie-muenchen.de](http://www.ihk-akademie-muenchen.de)  
[www.ilmac.ch](http://www.ilmac.ch)  
[www.nuernbergmesse.de](http://www.nuernbergmesse.de)  
[www.nuernbergmesse.de](http://www.nuernbergmesse.de)  
[www.berner-safety.de](http://www.berner-safety.de)  
[www.testotis.de](http://www.testotis.de)



## Fünf Minuten Kaffeepause...

...und dabei den wöchentlichen Newsletter von CHEManager studieren. Effizienter und entspannter können sich Strategen und Entscheider der Chemiebranche nicht informieren!

Jetzt ganz einfach kostenlos registrieren:  
[www.chemanager-online.com/newsletter](http://www.chemanager-online.com/newsletter)



[CHEManager.com](http://CHEManager.com)

**CHEManager**



[www.processtechnology.wiley.com](http://www.processtechnology.wiley.com)

# Top-Titel

## für die Chemie-, Pharma- und Lebens- mittelindustrie

### Ihre Ansprechpartner:

#### Redaktion

##### Michael Reubold

Leitung/Chefredakteur CHEManager

Tel.: +49 (0) 6201 606 745

michael.reubold@wiley.com

##### Roy Fox

Chefredakteur ReinRaumTechnik

Tel.: +49 (0) 6201 606 714

roy.fox@wiley.com

##### Etwina Gandert

Chefredakteurin CITplus

Tel.: +49 (0) 6201 606 768

etwina.gandert@wiley.com

#### Mediaberatung

##### Thorsten Kritzer

Tel.: +49 (0) 6201 606 730

tkritzer@wiley.com

##### Hagen Reichhoff

Tel.: +49 (0) 6201 606 001

hreichhoff@wiley.com

#### Stefan Schwartze

Tel.: +49 (0) 6201 606 491

sschwartze@wiley.com

#### Florian Högn

Tel.: +49 (0) 6201 606 522

fhogn@wiley.com

[www.chemanager.com](http://www.chemanager.com)

### CHEManager

Die führende Branchenzeitung für die Märkte der Chemie und Life Sciences

### CITplus

Das Praxismagazin für Verfahrens- und Chemieingenieure

### ReinRaumTechnik

Die führende Fachpublikation für Betreiber und Nutzer von Reinräumen

Air Liquide Deutschland	6
Berner International	49
Bimos	46
Bollé Safety	44
BSR Ing.-Büro	9
CCl vK	3, 39, 46
Cleaning Excellence Center (CEC)	49
Cleanroom Future	49
Clear & Clean Werk für Reintechnik	5, 32
Concept Heidelberg	12, 49
Contec	4. US
CWS Cleanrooms Deutschland	17
Dastex Group	13
Deutsche Messe	49
Deutsches Reinraum-Institut (DRRI)	9
Deutsches Verpackungsinstitut	6
Dittel Engineering	14
Ebm-Papst	44
Eurogard	9
Fachverband Gebäude-Klima (FGK)	6
Fairxperts	10
Fette Compacting	22
Fraunhofer Institut für Produktionstechnologie (IPT)	9
Hermann-Rietschel-Institut	26
Hpc Media	49
Hydroflex Group	35
ICO Innovative Computer	43
IHK Niederrhein-Duisburg	9
Jumo	43
Kalthoff Luftfilter und Filtermedien	45
Kimberly-Clark Professional	7
Lorenz Consult	40
MCH Messe Schweiz	49
Nora Systems	45
Nürnbergmesse	49
OE-A Organic Printed Electronic Ass.	6, 8
Pfennig Reinigungstechnik	39
RCT Reichelt Chemietechnik	47, Beilage
Rentokil Initial	41
RK Rose+Krieger	43, 44
Sichelschmidt	45
Spetec	43, 46
Stocretec	47
STZ Euro Steinbeis-Transfer-Zentrum	18
Südpack Medica	47
Swiss Cleanroom Concept	49
Syntegon Technology	7, 8, 25
Testo Industrial Services	49
TÜV Süd	8
VDI Wissensforum	41
VDMA	8
Weiss Technik	1, 42
Wika Alexander Wiegand	47

<b>Herausgeber</b>	Wiley-VCH GmbH
<b>Geschäftsführung</b>	Dr. Guido F. Herrmann
<b>Group Vice President</b>	Harriet Jeckells
<b>Publishing Director</b>	Steffen Ebert
<b>Produktmanager</b>	Dr. Michael Reubold Tel.: +49 6201 606 745 michael.reubold@wiley.com
<b>Chefredaktion</b>	Dr. Roy T. Fox Tel.: +49 6201 606 714 roy.fox@wiley.com
<b>Freie Mitarbeit</b>	Birgit Arzig
<b>Anzeigen</b>	Stefan Schwartze Tel.: +49 6201 606 491 sschwartze@wiley.com
<b>Hagen Reichhoff</b>	Hagen Reichhoff Tel.: +49 6201 606 001 reichhoff@wiley.com
<b>Zur Zeit gilt die Anzeigenpreisliste</b>	vom 1. Oktober 2024
<b>Redaktionsassistenz</b>	Bettina Wagenhals Tel.: +49 6201 606 764 bettina.wagenhals@wiley.com
<b>Herstellung</b>	Jörg Stenger Melanie Radtke (Anzeigen) Elli Palzer (Layout+Litho)
<b>Sonderdrucke</b>	Stefan Schwartze Tel.: +49 6201 606 491 stefan.schwartze@wiley.com
<b>Wiley-VCH GmbH</b>	Boschstraße 12 69469 Weinheim Tel.: +49 6201 606 0 Fax: +49 6201 606 100 reinraumtechnik@wiley.com www.gitterverlag.com www.wiley.com www.chemanager-online.com/ reinraumtechnik
<b>Adressverwaltung / Leserservice</b>	Wiley GIT Leserservice 65341 Eltville Tel.: +49 6123 9238 246 Fax: +49 6123 9238 244 WileyGIT@vuservice.de
<b>Unser Service ist für Sie da von</b>	Montag bis Freitag zwischen 08:00 Uhr und 17:00 Uhr.
<b>Bankkonten</b>	J.P. Morgan AG, Frankfurt Konto-Nr.: 6161517443 BLZ: 501 108 00 BIC: CHAS DE FX IBAN: DE55501108006161517443

**Erscheinungsweise**  
4 Ausgaben im Jahr  
Druckauflage 10.000  
IW Q1 2025  
Gesamtverbreitung: 14.028, davon 4.248 E-Paper  
27. Jahrgang 2025



**Abonnement**  
Einzelheft 17,00 € zzgl. MwSt. u. Porto

Schüler und Studenten erhalten unter Vorlage einer gültigen Bescheinigung 50 % Rabatt. Abonnementbestellungen gelten bis auf Widerruf; Kündigungen 6 Wochen vor Jahresende. Abonnementbestellungen können innerhalb einer Woche schriftlich widerrufen werden, Versandreklamationen sind nur innerhalb von 4 Wochen nach Erscheinen möglich.

#### Originalarbeiten:

Die namentlich gekennzeichneten Beiträge stehen in der Verantwortung des Autors. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Redaktion und mit Quellenangabe gestattet. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Abbildungen übernimmt der Verlag keine Haftung.

Dem Verlag ist das ausschließliche, räumlich, zeitlich und inhaltlich eingeschränkte Recht eingeräumt, das Werk/den redaktionellen Beitrag in unveränderter Form oder bearbeiteter Form für alle Zwecke beliebig oft selbst zu nutzen oder Unternehmen, zu denen gesellschaftsrechtliche Beteiligungen bestehen, so wie Dritten zur Nutzung übertragen. Dieses Nutzungsrecht bezieht sich sowohl auf Print-, wie elektronische Medien unter Einschluss des Internets wie auch auf Datenbanken/Datenträgern aller Art.

Alle etwaig in dieser Ausgabe genannten und/oder gezeigten Namen, Bezeichnungen oder Zeichen können Marken oder eingetragene Marken ihrer jeweiligen Eigentümer sein.

#### Druck

westermann DRUCK | pva

Printed in Germany  
ISSN 1439-4251



WILEY

# Annex 1 konforme Reinigung und Desinfektion

## Contec PeridoxRTU

Schnell wirkendes Sporizid mit einer Kontaktzeit von 3 Minuten.



## Contec 70% Alcohol

IPA und denaturiertes Ethanol, wahlweise steril, endotoxinarm und gefiltert.

## Contec CyChlor

Schnell wirkendes Breitspektrum-Desinfektionsmittel für den täglichen Gebrauch gegen Bakterien und Hefen.

## Contec ProChlor

Schnell wirkendes Sporizid mit mehreren Wirkmechanismen.

## Contec NeutraKlean

Ein schonendes und nicht schäumendes Reinigungsmittel, das zur Reinigung von Reinräumen in der Biowissenschaft entworfen wurde.

Demnächst hergestellt in unseren hochmodernen neuen Reinräumen in Ashwood, Vereinigtes Königreich.

Um mehr über das Sortiment zu erfahren, ein Muster anzufordern oder mit einem unserer Experten zu sprechen, besuchen Sie uns unter:  
[emea.contecinc.com/annex-1-compliant-cleaning](http://emea.contecinc.com/annex-1-compliant-cleaning)

*Sauberkeit ist das Wichtigste*

 SCAN MICH

