
Reinraumtechnik – unverzichtbare High-Tech-Lösung für 'saubere' Produkte



20. Juni 2012, VDI-Haus, Stuttgart-Vaihingen

Dr.-Ing. Markus Rochowicz

Fraunhofer IPA, Reinst- und Mikroproduktion



Der reinste Reinraum der Welt in Stuttgart-Vaihingen

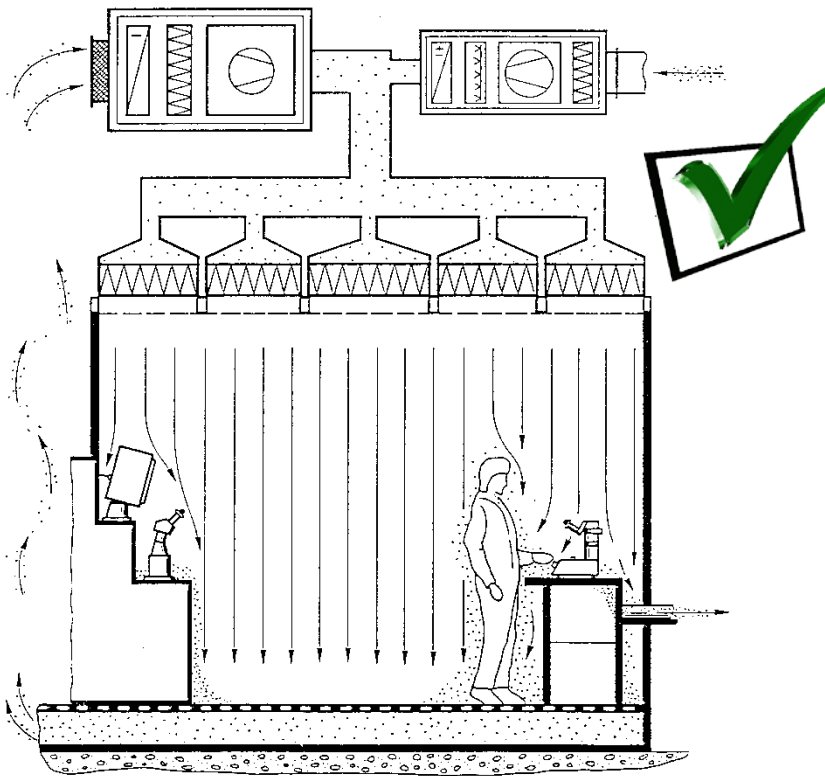


Fakten:

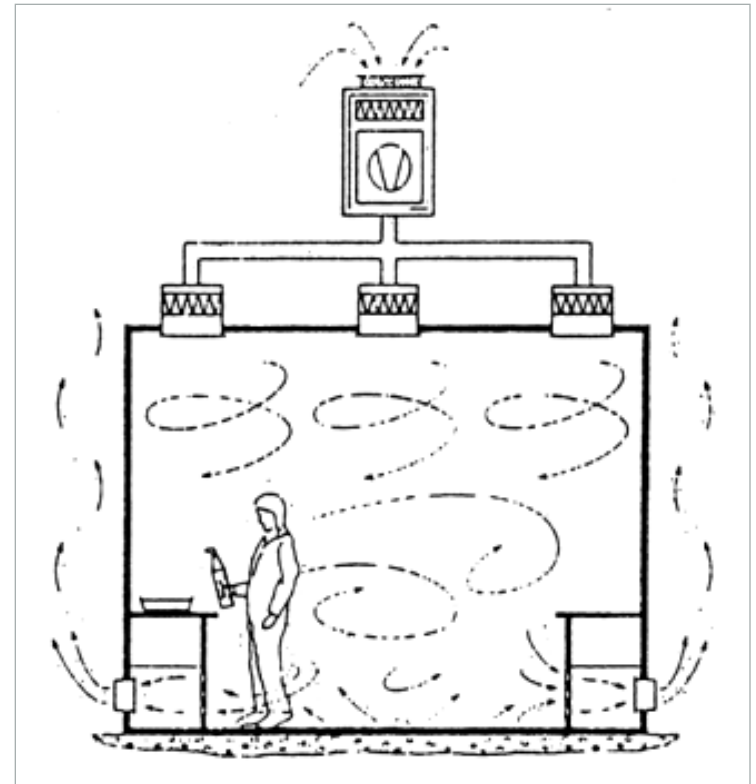
- 240m²
- ISO-Klasse 1
- Raumhöhe bis 6m
- Bodenlast bis 6t/m²
- Baujahr 2009

Reinraumkonzepte

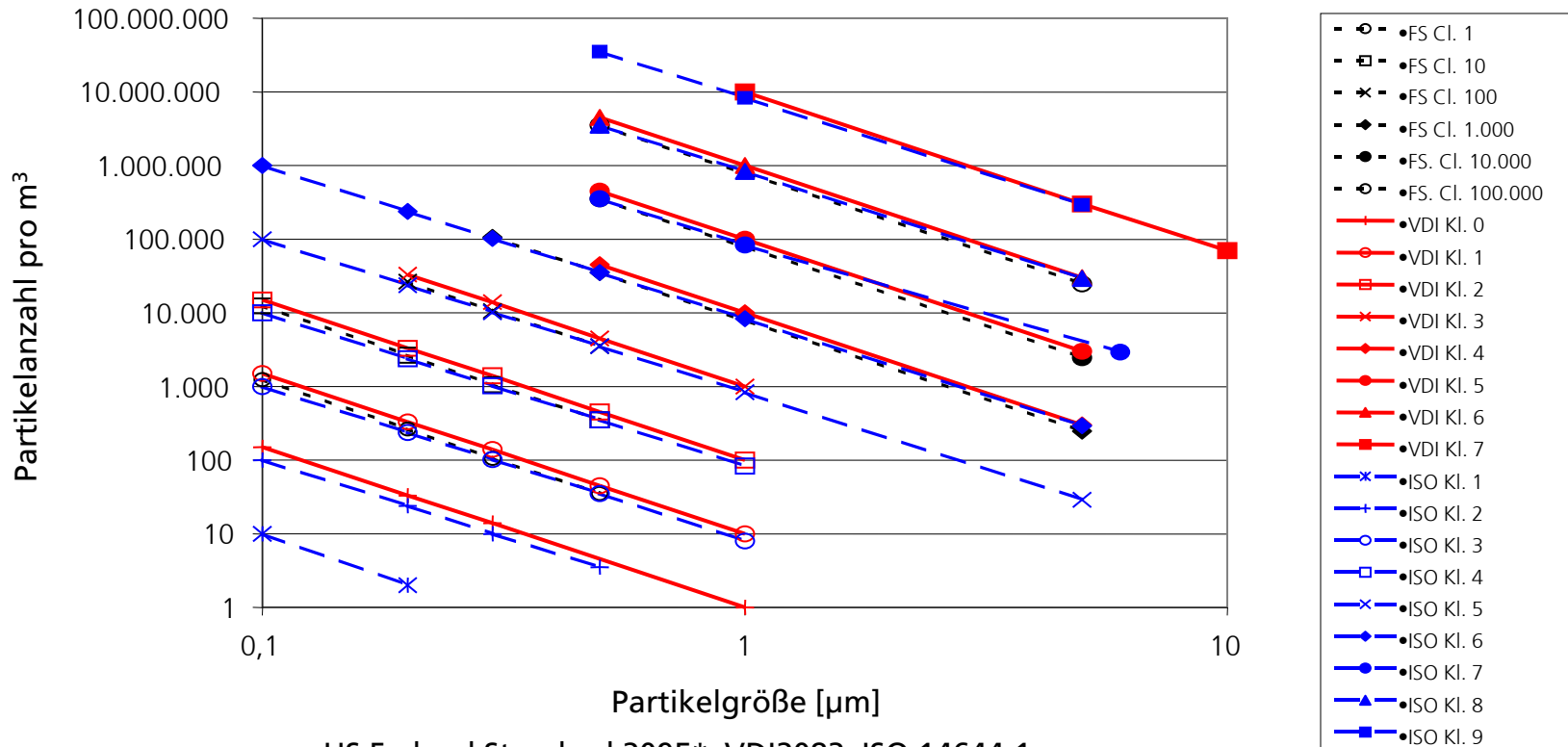
Turbulenzarme Verdrängungsströmung



Turbulente Mischlüftung



Reinraumklassen

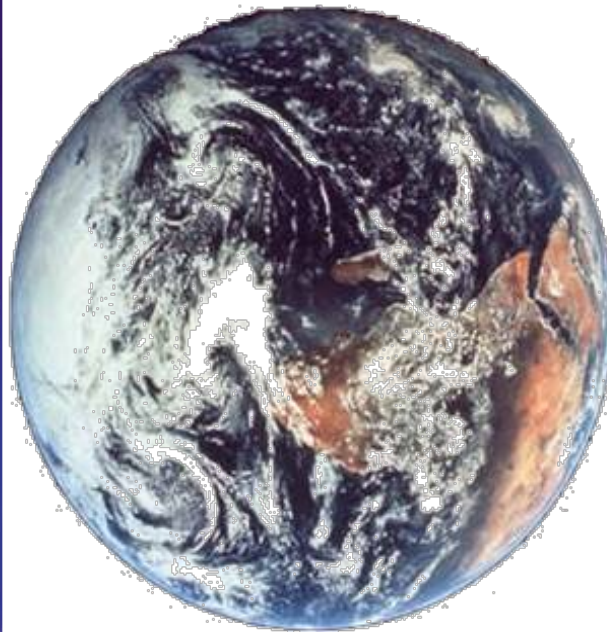


US Federal Standard 209E*, VDI2083, ISO 14644-1

* zurückgezogen

Reinraumklassen: Größenvergleich

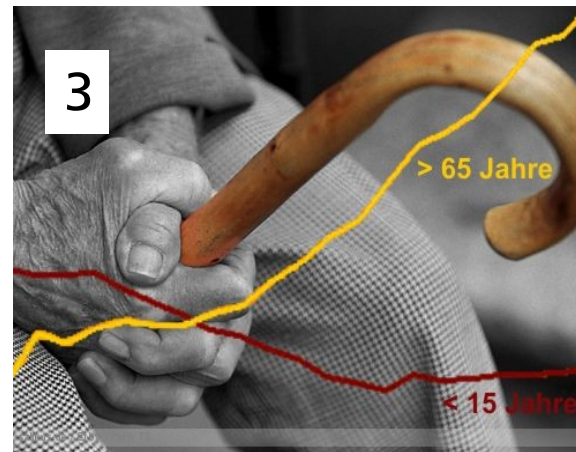
$\varnothing = 12.760 \text{ km}$



Luftreinheitsklasse ISO
Klasse 3, bezogen auf das
Erdvolumen bedeutet ein
Körper der Größe eines
Heißluftballons



Gesellschaftliche Megatrends



Die Raumtechnik leistet einen wichtigen Beitrag zur Bewältigung der drei gesellschaftlichen Megatrends:

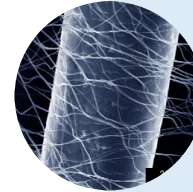
1. Kommunikation/
Vernetzung,
2. Energieeffizienz/
Umweltschutz
3. alternde
Gesellschaft



1 Kommunikation / Vernetzung



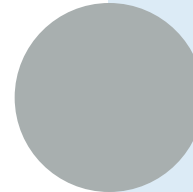
Anforderungen aus der Chipherstellung



Menschliches Haar
 $d = 60-100 \mu\text{m}$



Staubpartikel
 $d = 10 \mu\text{m}$



Rauchpartikel
 $d = 1 \mu\text{m}$

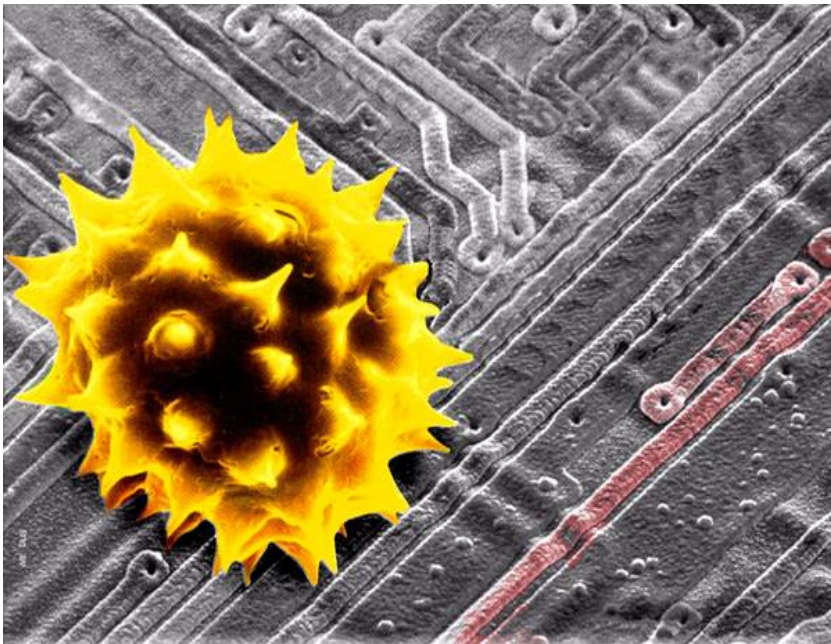


Killerpartikel
 $d = 50 \text{ nm}$

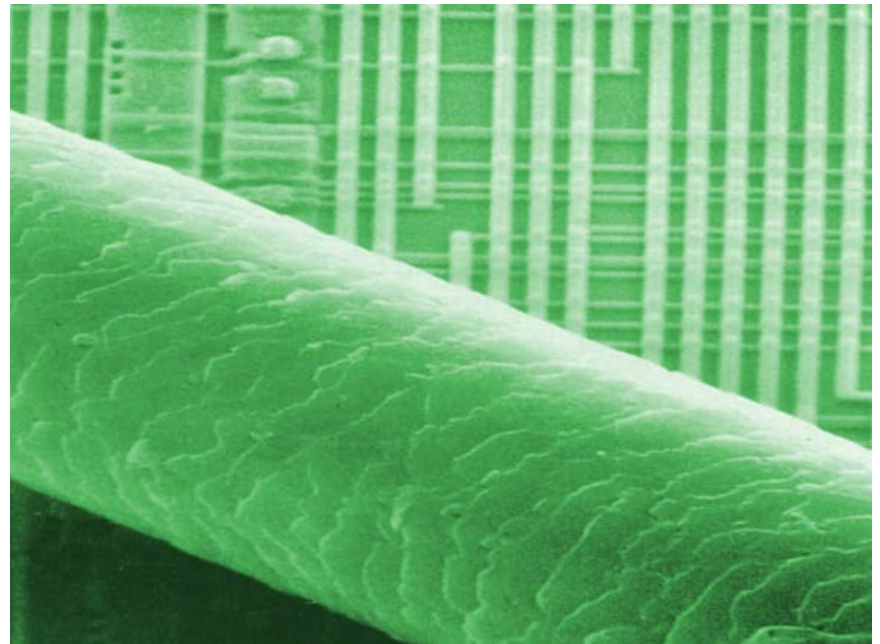


Anforderungen aus der Chipherstellung

Chip-Strukturen im Sub-Mikrometerbereich bestimmen die „Killer-Partikel“-Größe



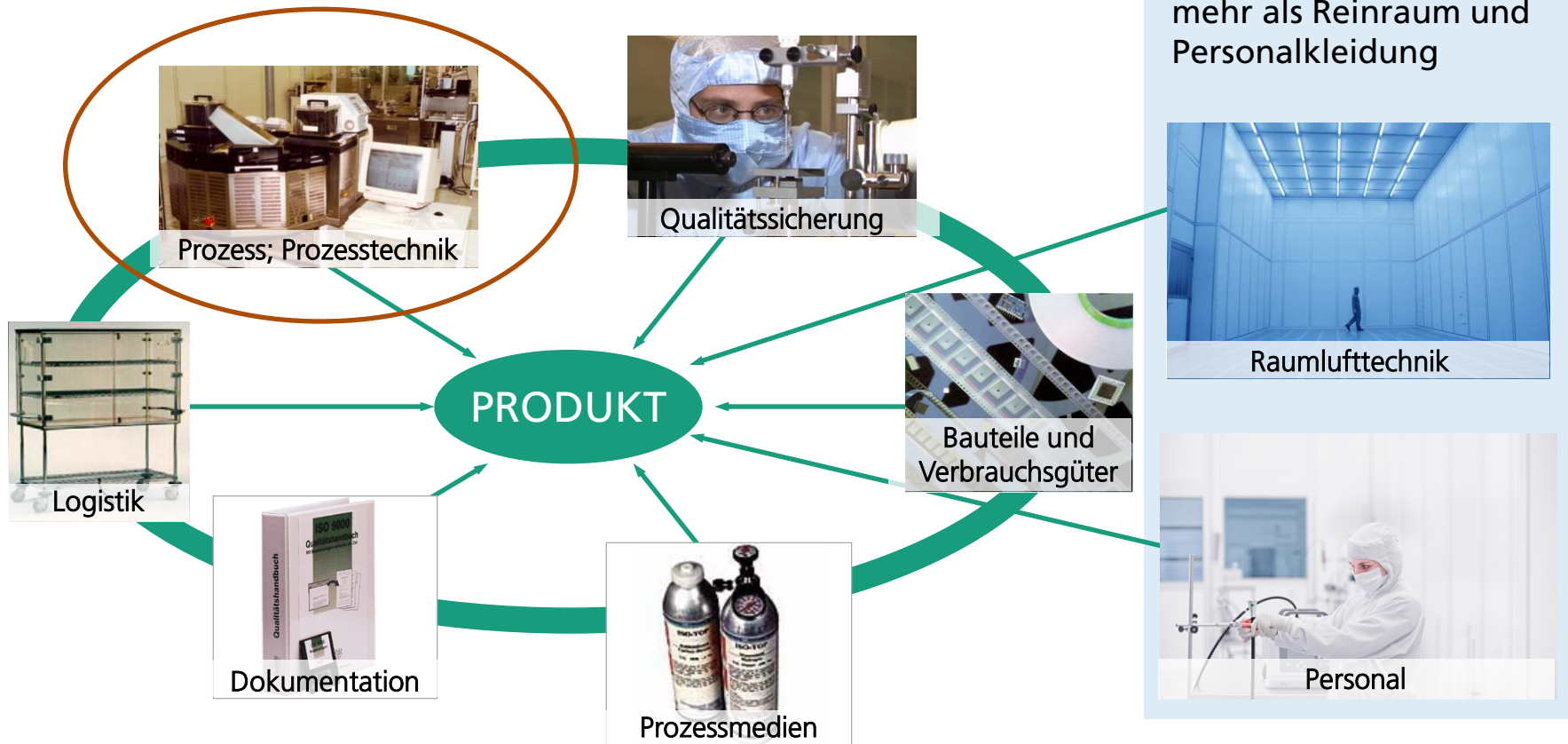
Polle: 10-100 μm



Haar: 60-100 μm

Was bedeutet Reinheitstechnik

Reinheit ist eine Frage der kompletten Prozesskette!



Qualifizierung von Betriebsmitteln für den Reinraum

Prüfung der Reinraumtauglichkeit als Dienstleistung

Untersuchung von Betriebsmitteln auf ihr Partikelabgabeverhalt

Ziel: Bestimmung der Reinraum-Klasse (nach ISO 14644-1)



Klassifizierung:

Betriebsmittel ist geeignet für Einsatz in der Luftreinheitsklasse X

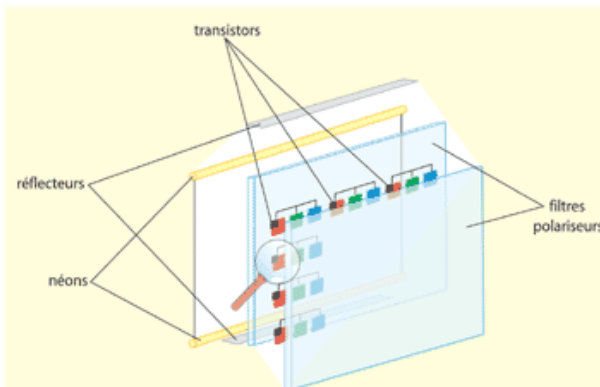
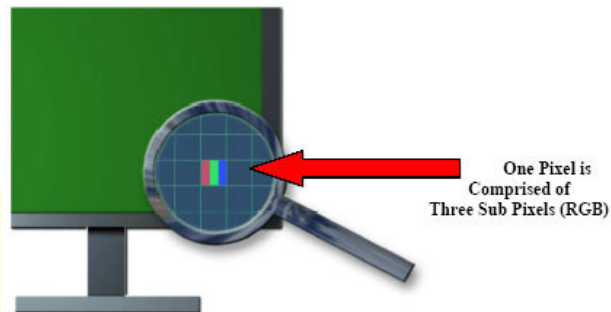


Anforderungen aus der Flachbildschirmproduktion



Großflächige Glas-
substrate mit
Beschichtungen im μm -
Bereich

Partikel können zu
defekten Pixeln führen



Die Bildschirme werden
immer größer...

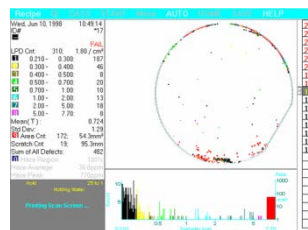
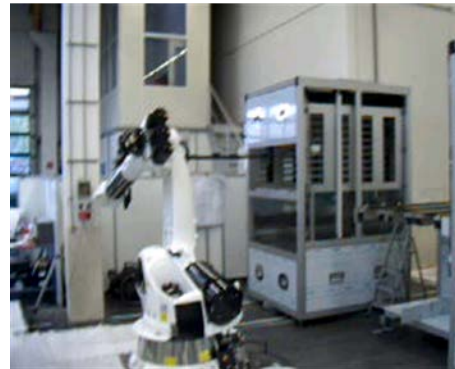


...und ebenso die
Glassubstrate...

...und die entsprechende
Handhabungstechnik!

Anforderungen aus der Flachbildschirmproduktion

Bsp. Qualifizierung eines Roboters für die Glashandhabung



Notwendige Reinraumsanierung

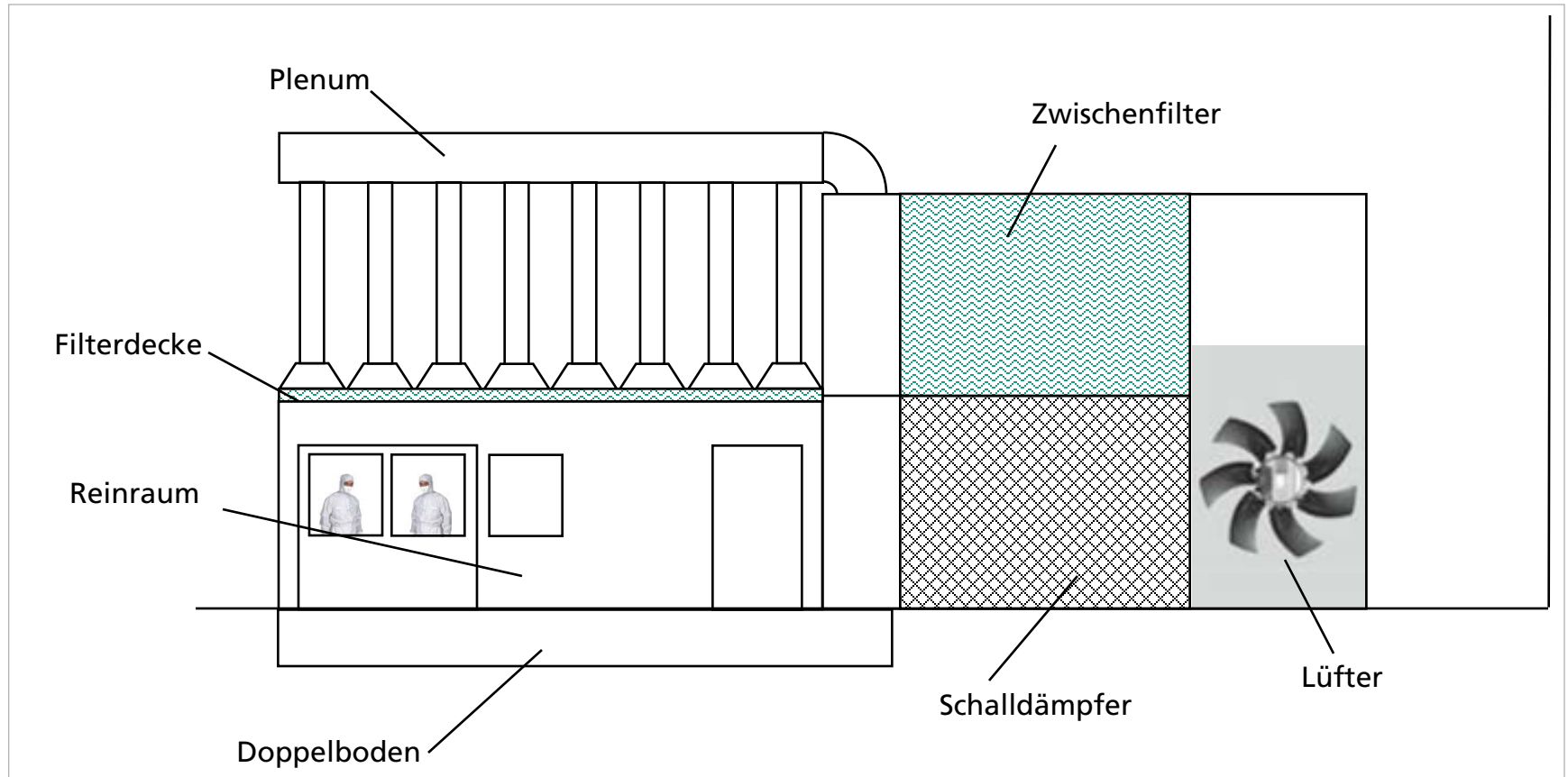
Prüfreinräume sind zu klein



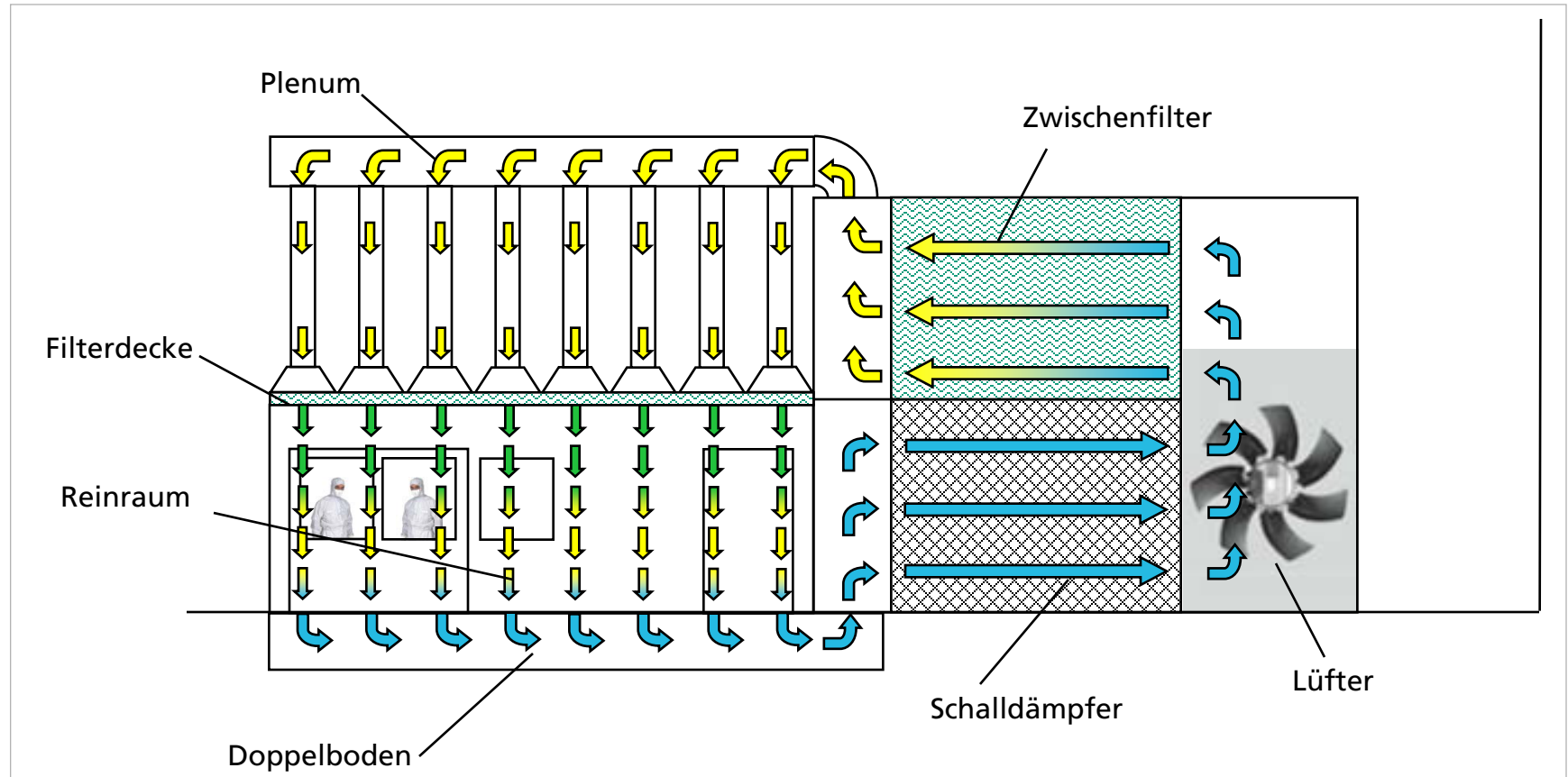
Einbringmöglichkeiten sind begrenzt



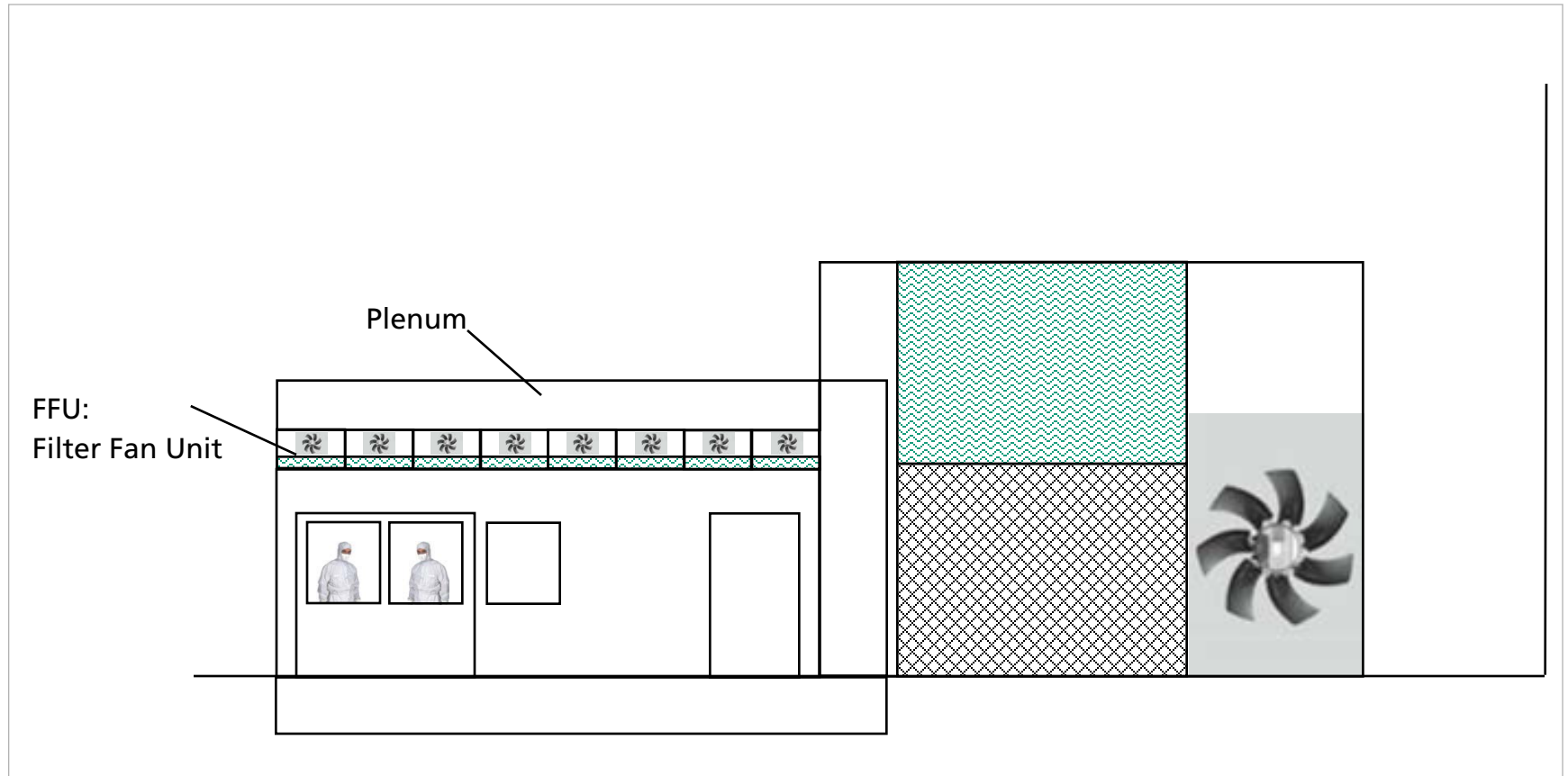
Bestehende Reinraumtechnik



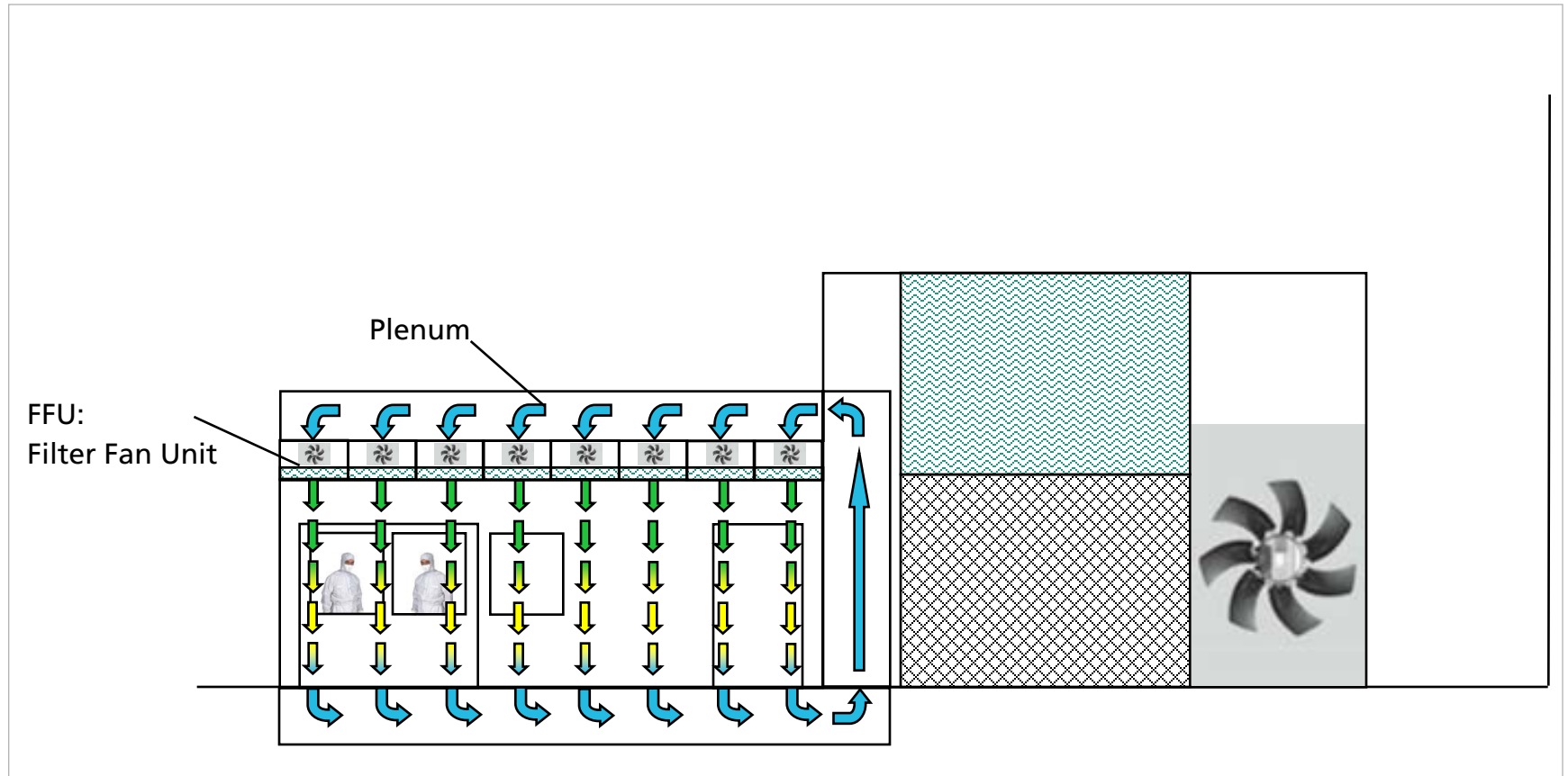
Bestehende Reinraumtechnik



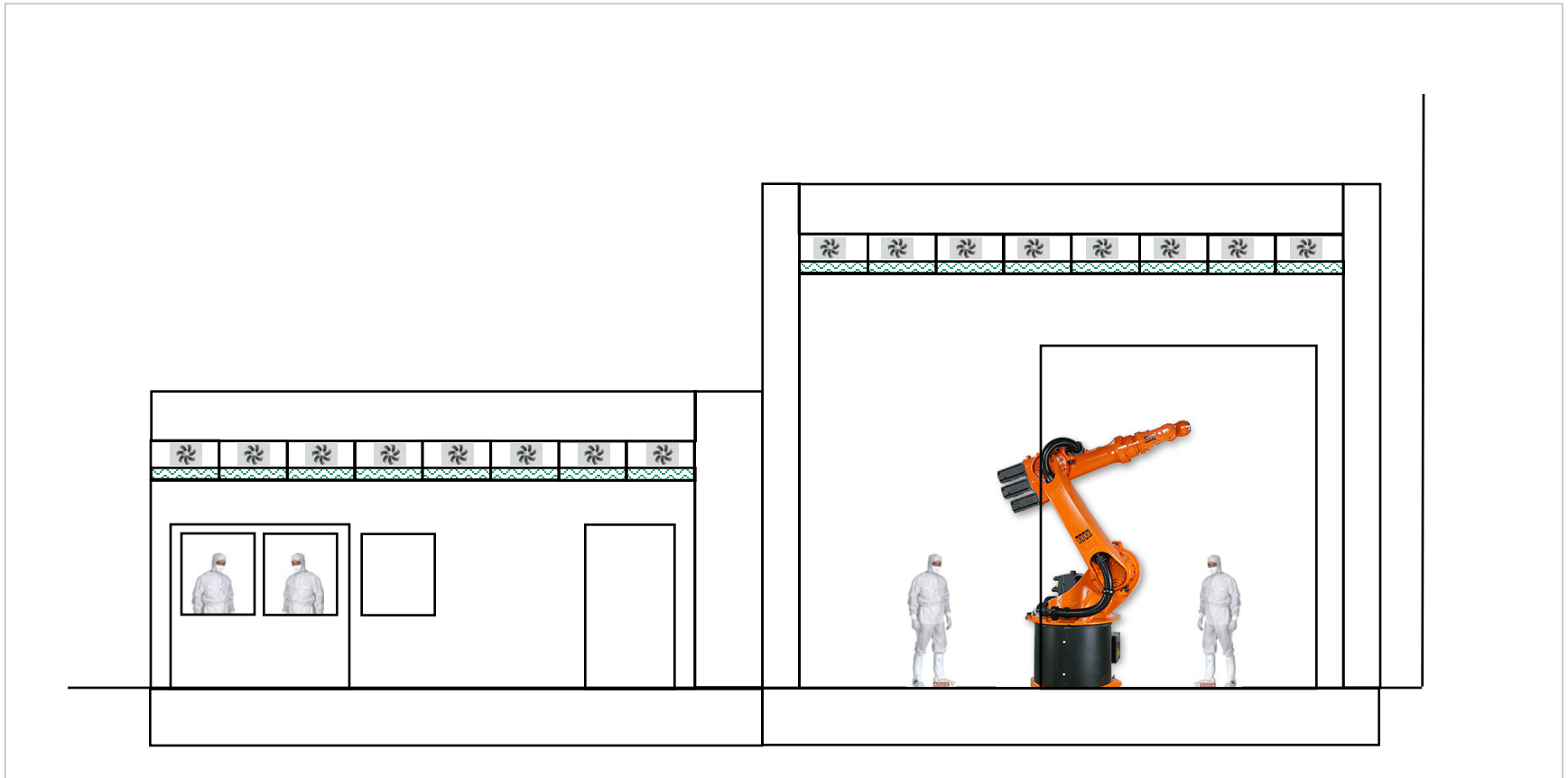
Neue Lüftungstechnik



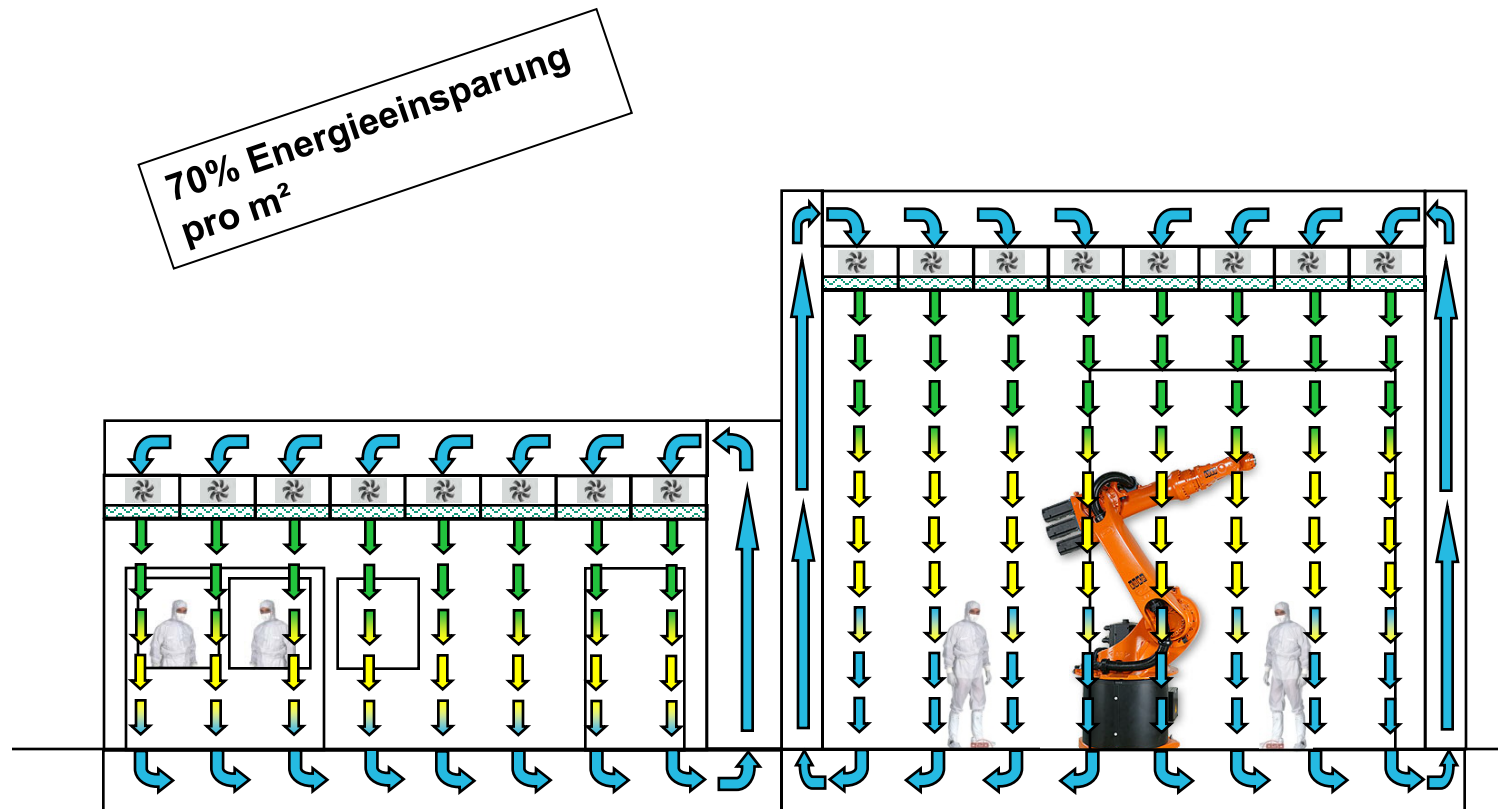
Neue Lüftungstechnik



Aubau eines Schwerlastreinraums

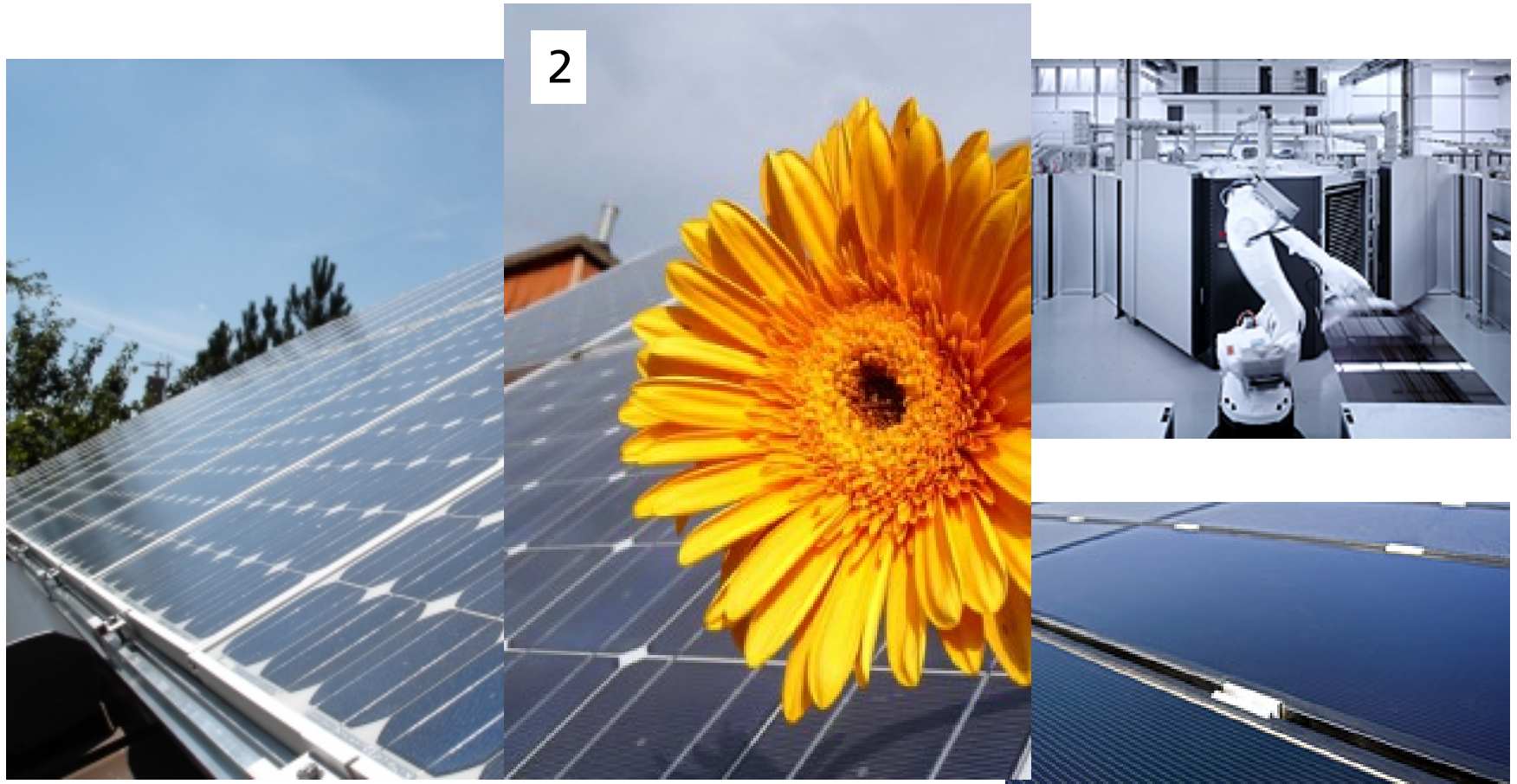


Aubau eines Schwerlastreinraums

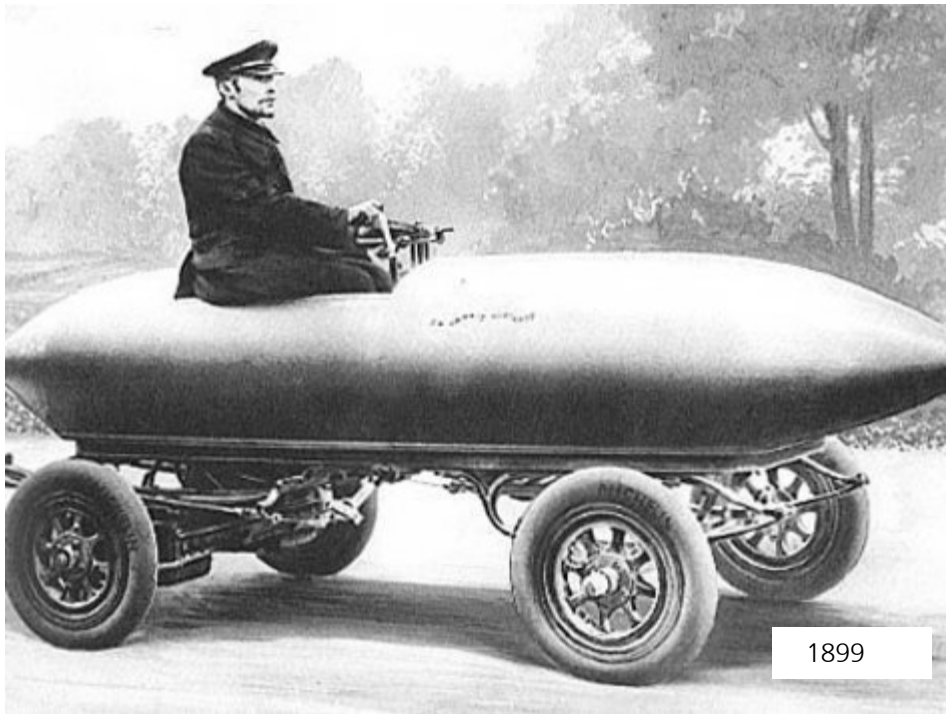




Effiziente Photovoltaik



Batterieproduktion für die Elektromobilität



*Bundeskanzlerin Angela Merkel (CDU) ist trotz aller Probleme optimistisch, das Ziel von **einer Million Elektroautos bis 2020** zu erreichen. Bis 2030 könnten es sechs Millionen Fahrzeuge sein, erklärte Merkel ...* Quelle Focus

*„Der **deutsche Maschinen- und Anlagenbau** wird in den kommenden Jahren vom Ausbau der Elektromobilität profitieren (ca 4.8 Mrd Euro bis 2020). Das prognostizieren der VDMA sowie die Strategieberatung Roland Berger in einer gemeinsamen Studie.“* Quelle ATZ online

Partikelprobleme in Batterien? Die Öffentlichkeit ist gewarnt!

„Nach dutzenden Fällen von Überhitzung haben mehrere große Computerhersteller 100.000 - Akkus des Herstellers Sony zurückgerufen. Zuvor hatte es mindestens 40 Fälle gegeben, in denen sich die Akkus überhitzt hatten, wie Sony am Freitag mitteilte. In vier der Fälle erlitten Laptop-Nutzer leichte Verbrennungen, andere berichteten von Stichflammen oder Rauch aus ihrem tragbaren Computer“ Ursache: Metallpartikel in der Isolationsschicht

Quelle: http://computer.t-online.de/rueckrufaktion-computerhersteller-rufen-sony-akkus-zurueck/id_16699514/index



Quelle: www.laptopseite.de

„Am wüstesten hat dieser Laptop im Juli 2006 in einem Truck sein Ende gefunden: Die Idylle am Lake Mead in Nevada (USA) wurde erst sanft durch einen kokelnden Laptop, dann heftiger durch die Explosionen der im Handschuhfach gelagerten Munition und schlussendlich durch das die Explosion des kompletten Trucks erschüttert. Der Besitzer staunte nicht schlecht, als er von einer Wanderung auf dem Parkplatz zurückkam“.

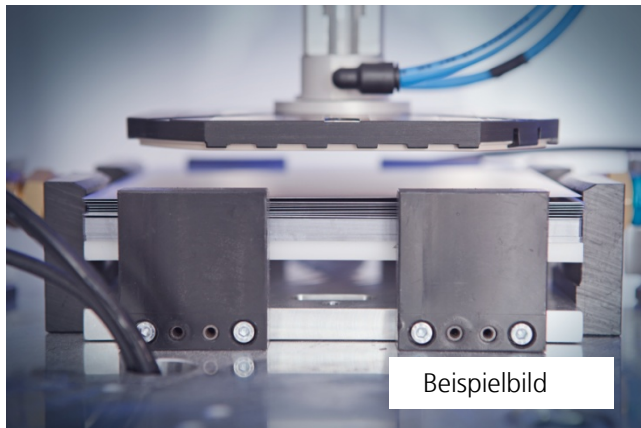


Gäbe es solche Qualitätsproblemen im Bereich von Antriebsbatterien wäre das Kundenvertrauen in die aufkeimende Elektromobilität nachhaltig beschädigt.

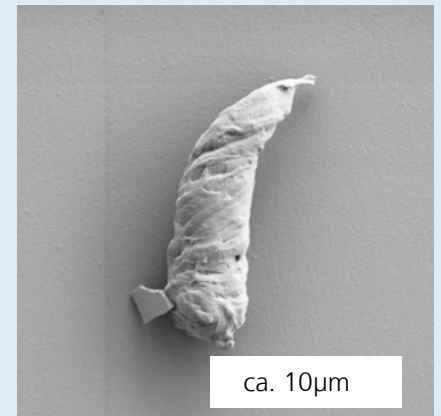
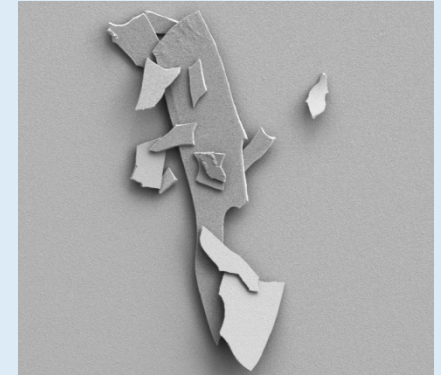


Reinheit von Foliengreifern

Untersuchung verschiedener Greifer (Vakuum, Bernoulli, ...) für konfektionierte Folienstücke hinsichtlich Partikelabgabe direkt an das empfindliche Substrat – **Ziel: Vergleich verschiedener Greifer**

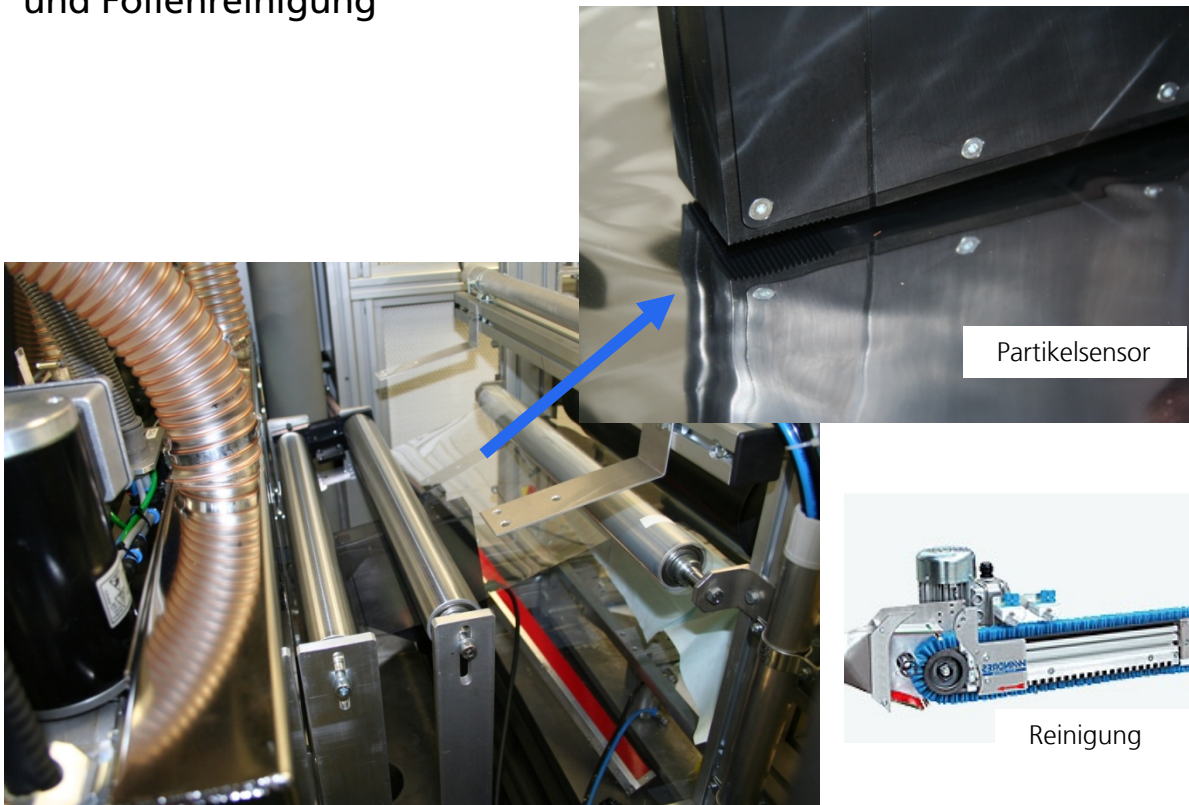


Ergebnis: Große Unterschiede hinsichtlich Produktverschmutzung bei unterschiedliche Greifprinzipien und Greifertypen.



Integrierte Reinigungs- und Inspektionslösungen

Beispiel einer Rolle-zu-Rolle-Folienbeschichtungsanlage mit integrierter Reinluftversorgung (clean machine), Partikelinspektion und Folienreinigung

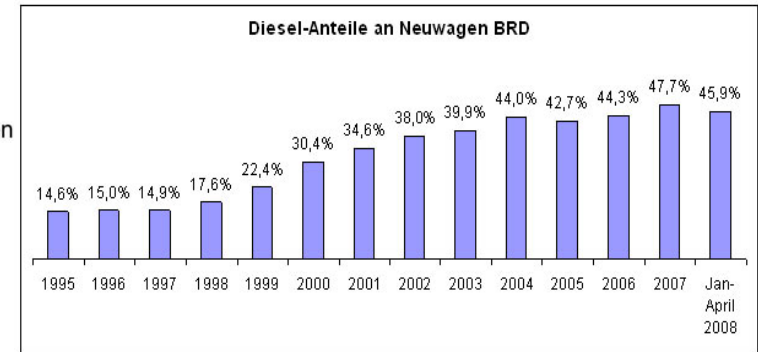
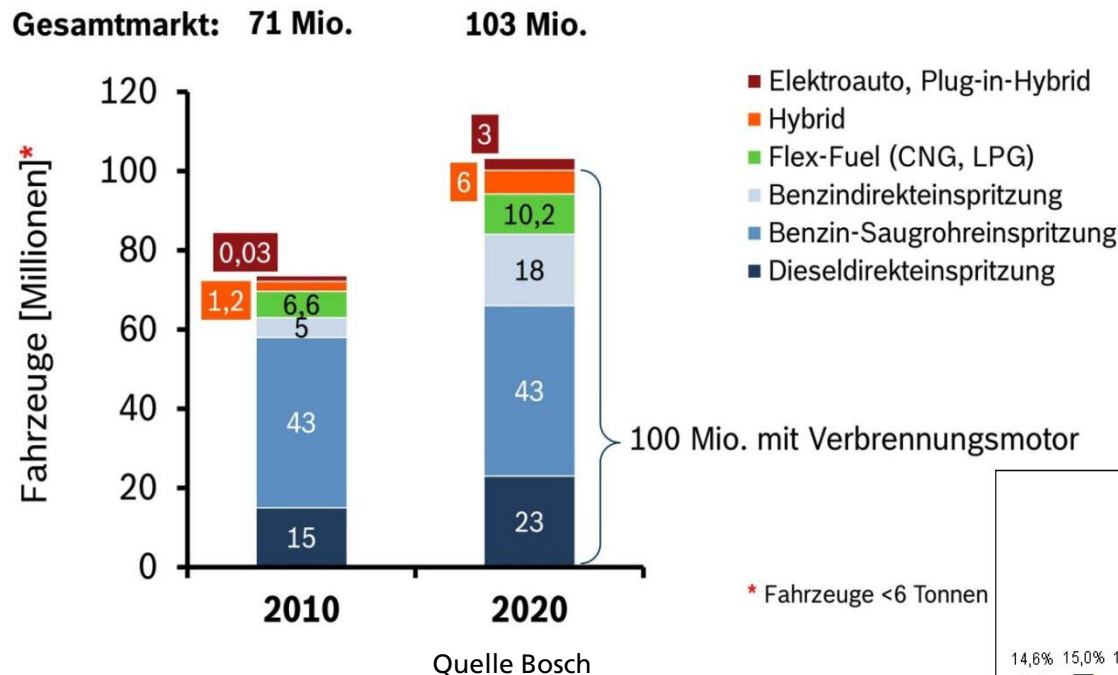


Beispiel **CO₂-Schnee-Reinigung** als integrierbare, automatisierbare und hochreine Alternative zu etablierten Reinigungsverfahren



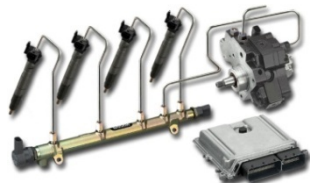
Optimierte Verbrennungsmotoren

Antriebstechniken: Perspektiven 2020

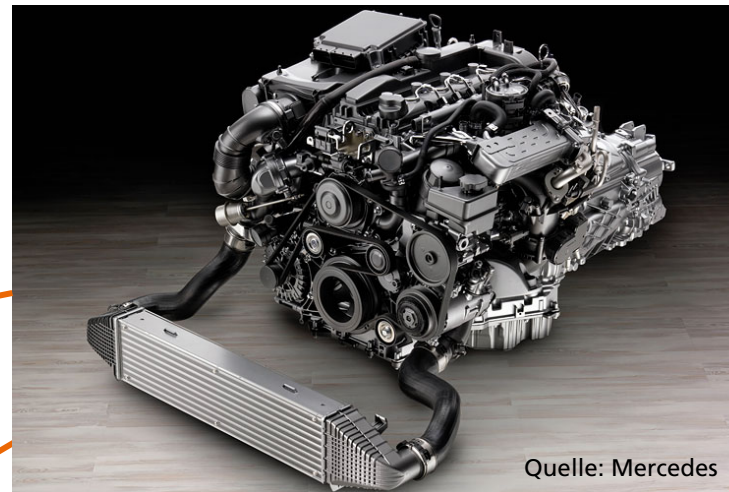


Optimierte Verbrennungsmotoren

Moderne Motoren können viele **partikelsensible Teile** und Systeme enthalten



Direkteinspritzung



Quelle: Mercedes



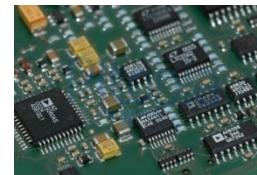
Lagerschalen



Nockenwellensteller



Turbolader



Elektroniken

Beispiel 250 CDI (OM 651)

- 2,2 Liter Hubraum
- 204 PS Leistung
- 500 Nm Drehmoment
- 5,2 l/100km Verbrauch

Optimierte Verbrennungsmotoren

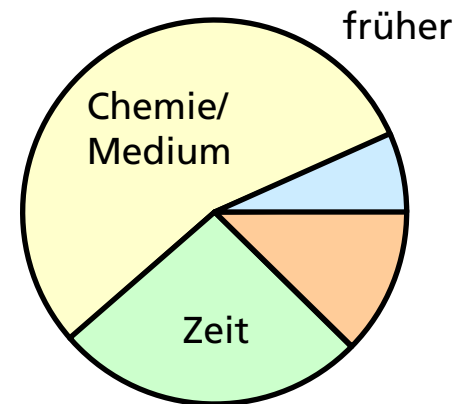
Schäden durch Partikel

- Blockierung von Ventilen
- Klemmen von Steuerkanten in der Hydraulik
- Lagerschäden
- Kurzschlüsse
- Verstopfen von Bohrungen (oder Filtern)
- Verschleiß



Opfer einer Partikel bedingten Dauereinspritzung

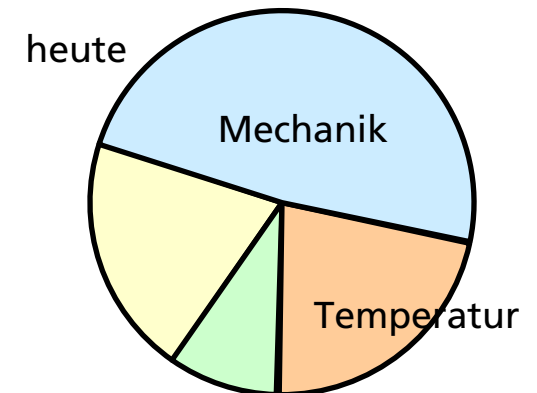
Schlüsseltechnologie Reinigung im Wandel



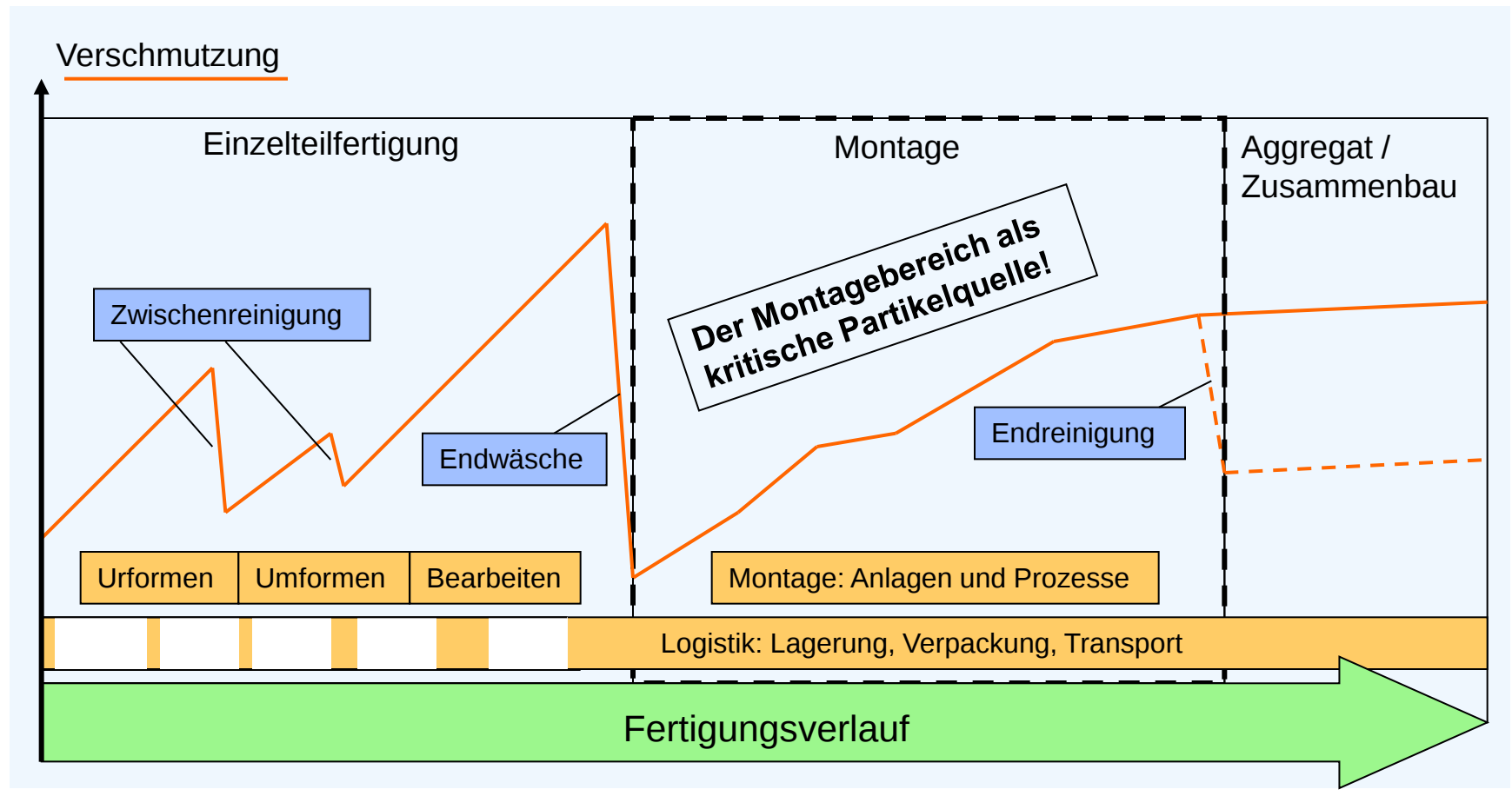
Quelle: Waechter



Quelle: Dürr Ecoclean



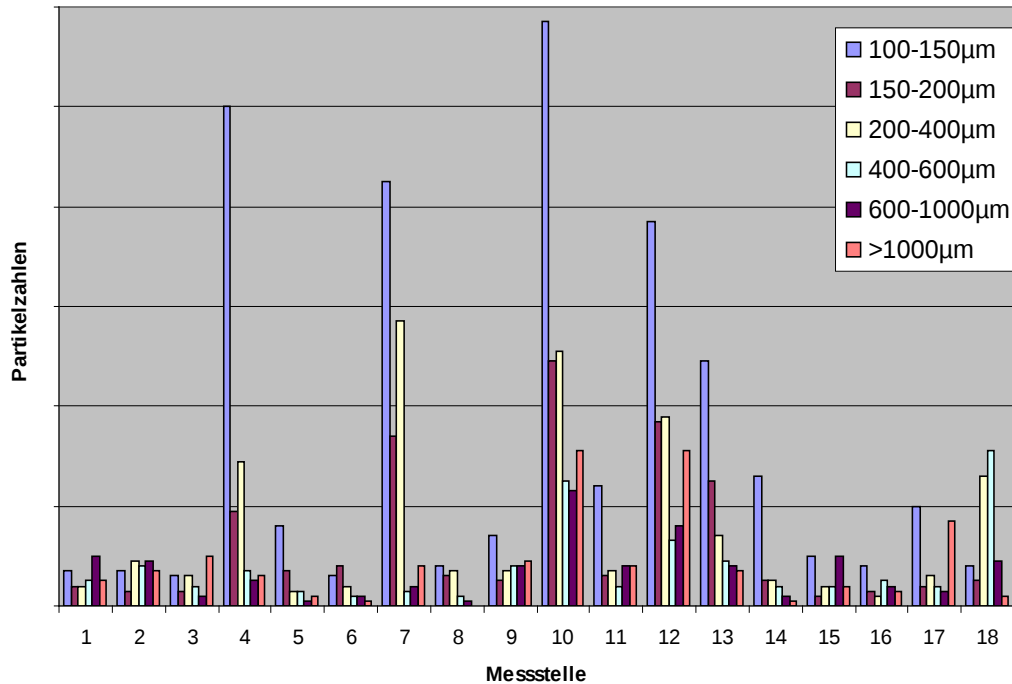
Optimierte Verbrennungsmotoren



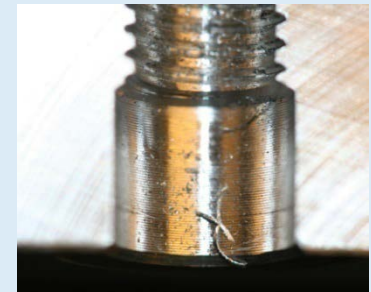
Optimierte Verbrennungsmotoren

Verschmutzungen durch Montageanlagen und -prozesse

Auswertung: "Partikelfallen" nach einer Woche



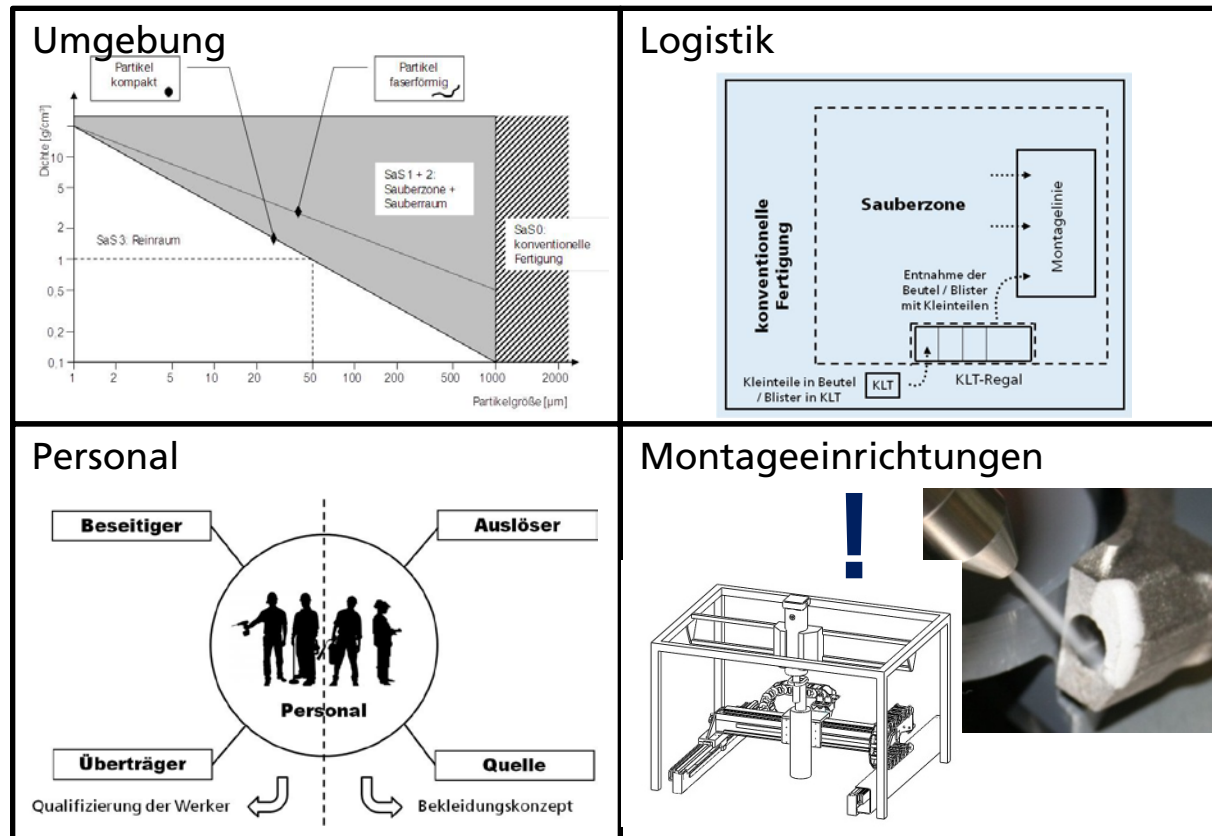
Bsp. Schraubprozess



2 Energieeffizient / Umweltschutz

So sauber wie nötig nicht wie möglich

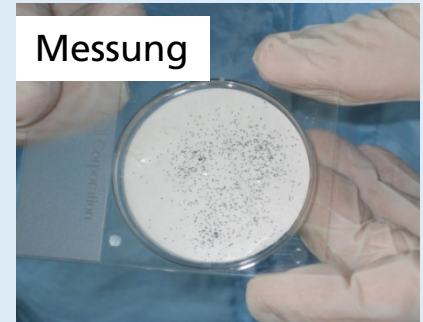
Beispiel: VDA 19 Teil 2 für die Technische Sauberkeit in der Montage



Leitfaden für den Planer
(keine Vorschrift!!!)



Messung



Ziel: So sauber wie nötig
nicht wie möglich



Wir benötigen dringend

Clevere Lösungen

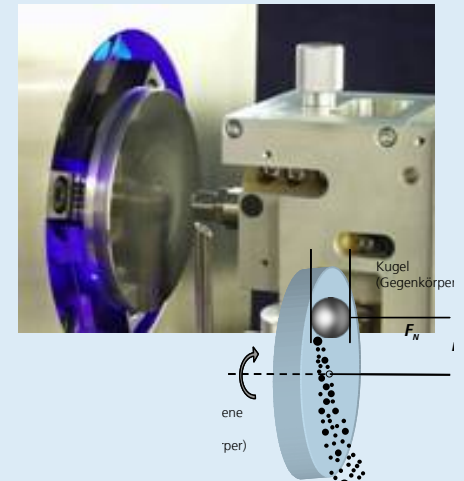
Bsp. Warum beginnt ein Montagearbeitsplatz immer mit einem Tisch?

Gesamtlösungen

Bsp. partikelarmerer Schraubprozess

Neue Lösungen

Bsp. Forschung an partikelarmen Materialien für die Vakuumbeschichtung



Entwicklung eines Vakuumtribometers



3 alternde Gesellschaft



Steigende Bedeutung der Medizintechnik und Pharmaindustrie

Hier ist doch Reinheit längst etabliert und ein „alter Hut“ oder?



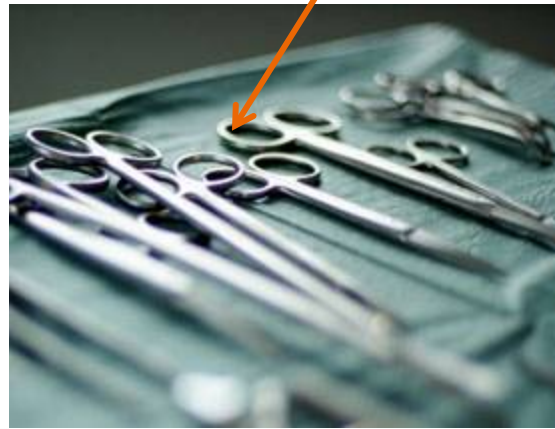
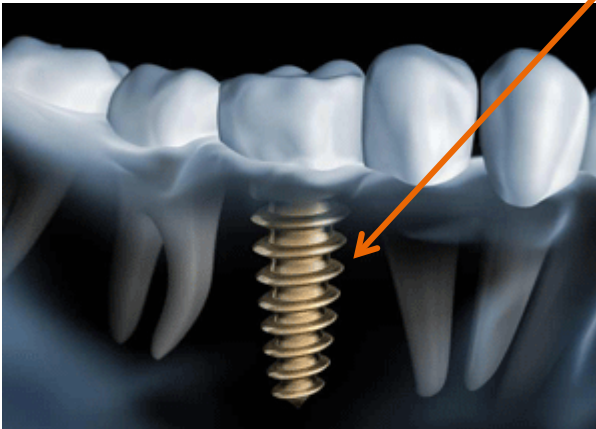
Medizintechnik / Pharmaindustrie

Stand der Produktionstechnik

Sehr gute Ausgangsposition:

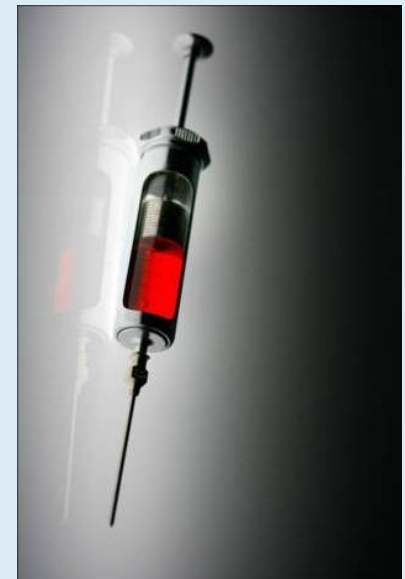
- Hochwertige Werkstoffe und Oberflächen
- Gute Reinigungstechnik
- Keine Massenfertigung
- Reinheit ist in der Branche verankert
- Strenge gesetzliche Regelungen

Wichtig: Reinheit nach der
Fertigung und beim
(wiederholtem) Gebrauch



...aber oft sind auch
Innengeometrien
betroffen

- Kanülen
- Schläuche
- Instrumente



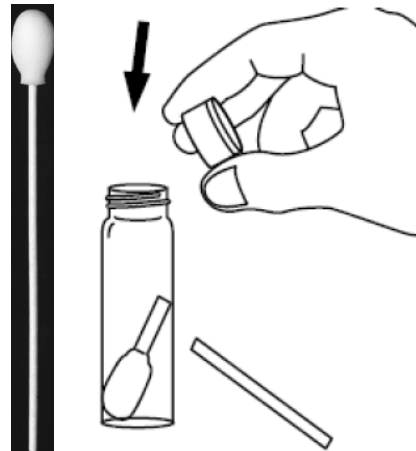
Medizintechnik/Pharmaindustrie: Aufgaben für die Qualitätssicherung

Stand der Analysetechnik

Anlagen werden qualifiziert

Prozesse werden validiert

Die Erfassung der unerwünschten Substanzen/Kontaminationen/Keime basiert auf der streng geregelten Probenahme mit Swabs (oder Spülen) und einer anschließenden Analytik bspw. der Bebrütung von vermehrungsfähigen Keimen



Defizite der Analysetechnik

- Nur lokale nicht vollflächige Messung
- Probenahmeverluste
- Langwierig
- Ergebnis Operator abhängig
- Ergebnis extrem zeitverzögert verfügbar
- Nicht alle Keime werden erfasst

Bedarf

- Schnelle fertigungsnahe Analytik
- Dynamischere Entwicklung



Medizintechnik/Pharmaindustrie: Aufgaben für die Reinigung

Reinigungsbeispiel Zahnimplantat:



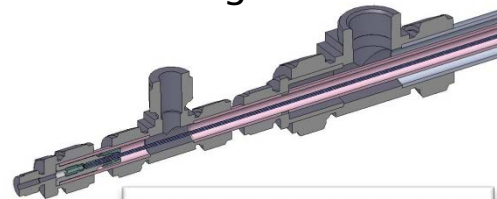
Reinigungsaufgabe

Abreinigung von
Bearbeitungsrückständen
aus dem Inneren Ø 2mm

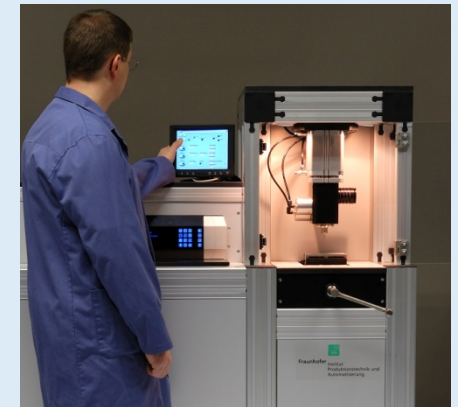


Weitere Entwicklungen

Spülreaktor für
Führungskanülen



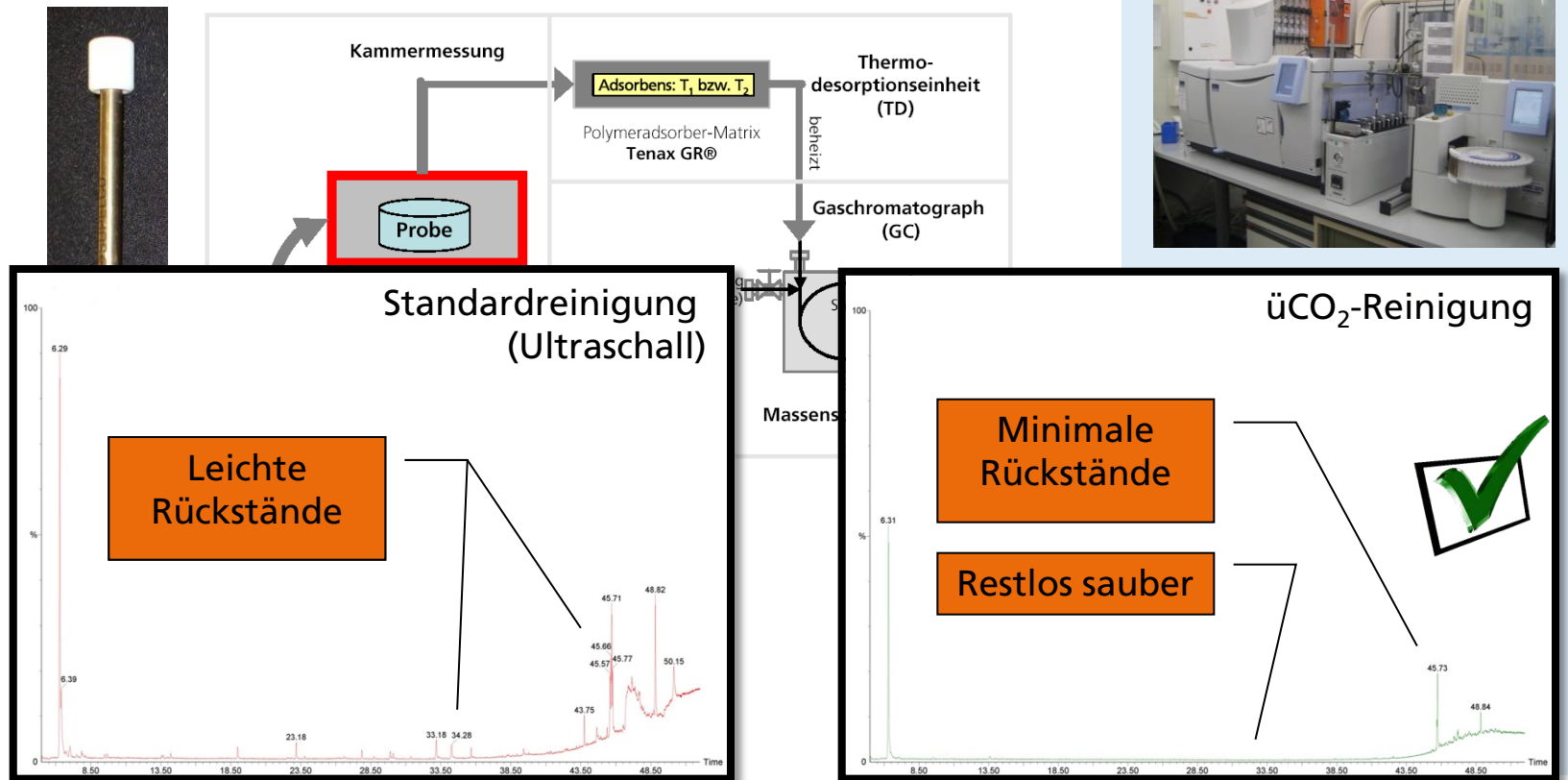
Reinigungsaufbau für Innengeometrien:





Medizintechnik/Pharmaindustrie: Bsp. für Reinigungsvalidierung

Validierung mit TD GC/MS:





Die Pharmaindustrie rückt näher an die Reinraumtechnik

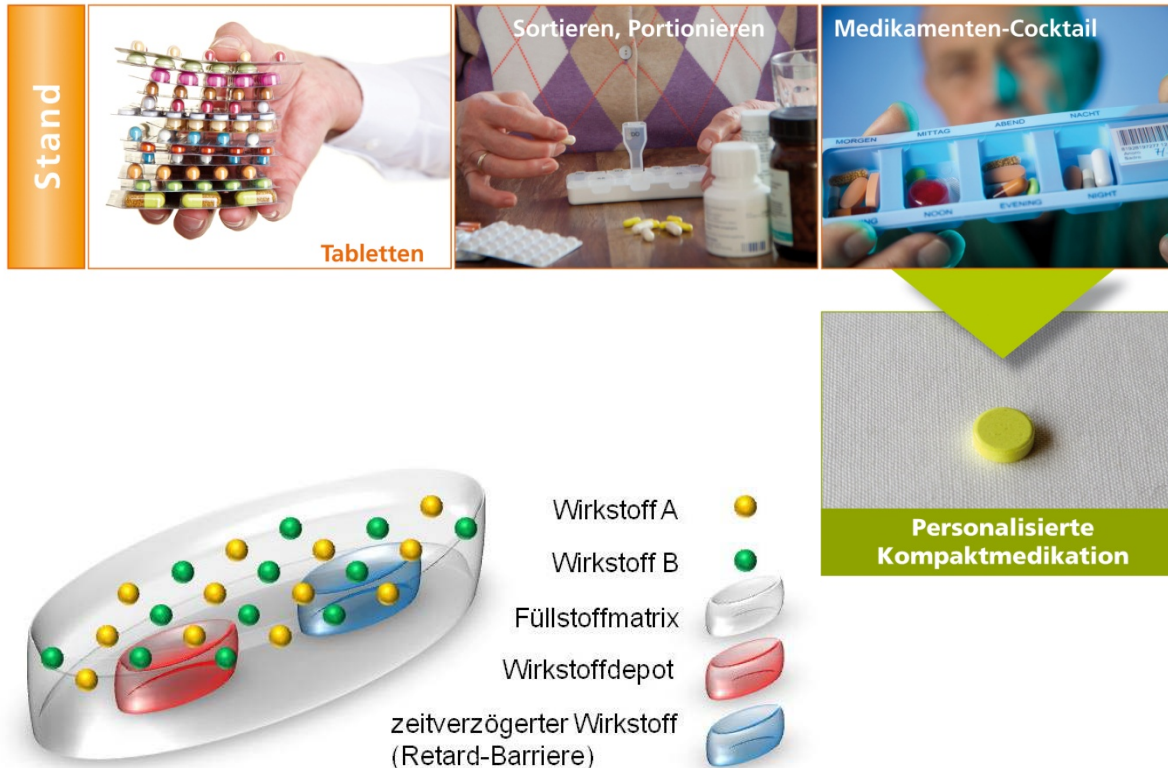
Regulatory

Limiting values of each Air Cleanliness Class for differing particle sizes and reference volumes (according to ISO 14644-1)

ISO 14644-1	EU-GMP „at rest“	EU-GMP „in operation“	US Fed. Standard 209E*	0.1 µm		0.2 µm		0.3 µm		0.5 µm		1.0 µm		5.0 µm	
				per m³	per cbf	per m³	per cbf	per m³	per cbf	per m³	per cbf	per m³	per cbf	per m³	per cbf
1				10	0,3	2	0,1								
2				100	3	24	1	10	0,3	4	0,1				
3				1.000	30	237	7	102	3	35	1	8	0,2		
			1	1.240	35	265	8	106	3	35	1				
4				10.000	300	2.370	67	1.020	29	352	9,9	83	2		
			10	12.000	340	2.650	75	1.060	29	353	10				
5				100.000	2.833	23.700	671	10.200	286	3.520	100	832	24	29	0,8
	A									3.520	100			20	0,6
		A								3.520	100			20	0,6
	B									3.520	100			29	0,8
			100			26.500	750	10.600	300	3.530	100				
6				1.000.000	28.329	237.000	6.710	102.000	2.890	35.200	977	8.320	235	293	8
			1.000							35.300	1.000			247	7
7										352.000	9.972	83.200	2.357	2.930	83
	C									352.000	9.972			2.900	82
		B								352.000	9.972			2.900	82
			10.000							353.000	10.000			2.470	70
8										3.520.000	99.716	832.000	23.569	29.300	830
	D									3.520.000	99.716			29.000	821
		C								3.520.000	99.716			29.000	821
			100.000							3.530.000	100.000			24.700	700
9										35.200.000	997.167	8.320.000	235.694	293.000	8.300



Neue Ansätze: Personalisierte Medikation

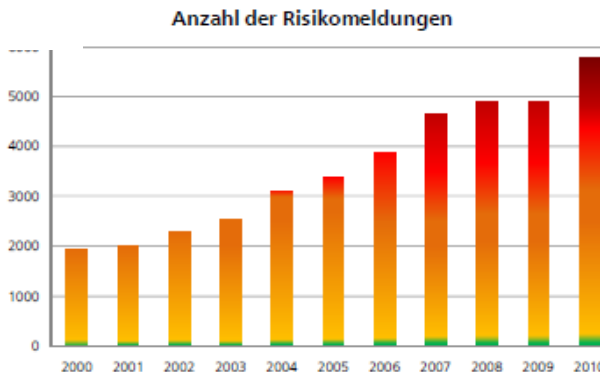
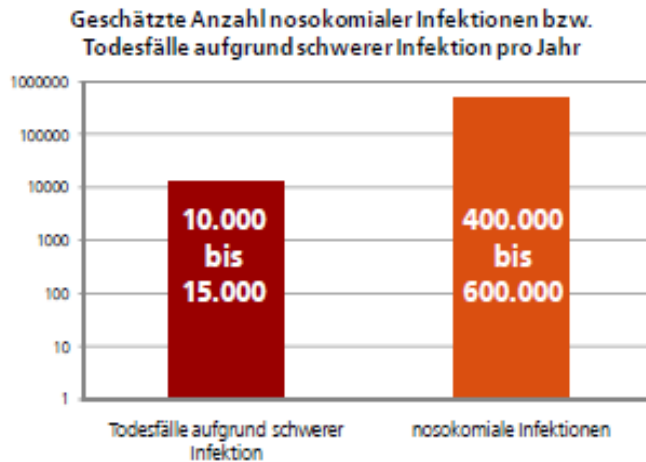


...auch hier wird es
Reinheitsthemen geben

- Produktschutz (Keime und Partikel)
- Produktschutz (Wirkstoffverschleppung)
- Personenschutz (z.B. cytotoxische Wirkstoffe)

Trotz Reinheitstechnik bleibt der Mensch sehr wichtig

Problemfall: Infektionen in Krankenhäusern



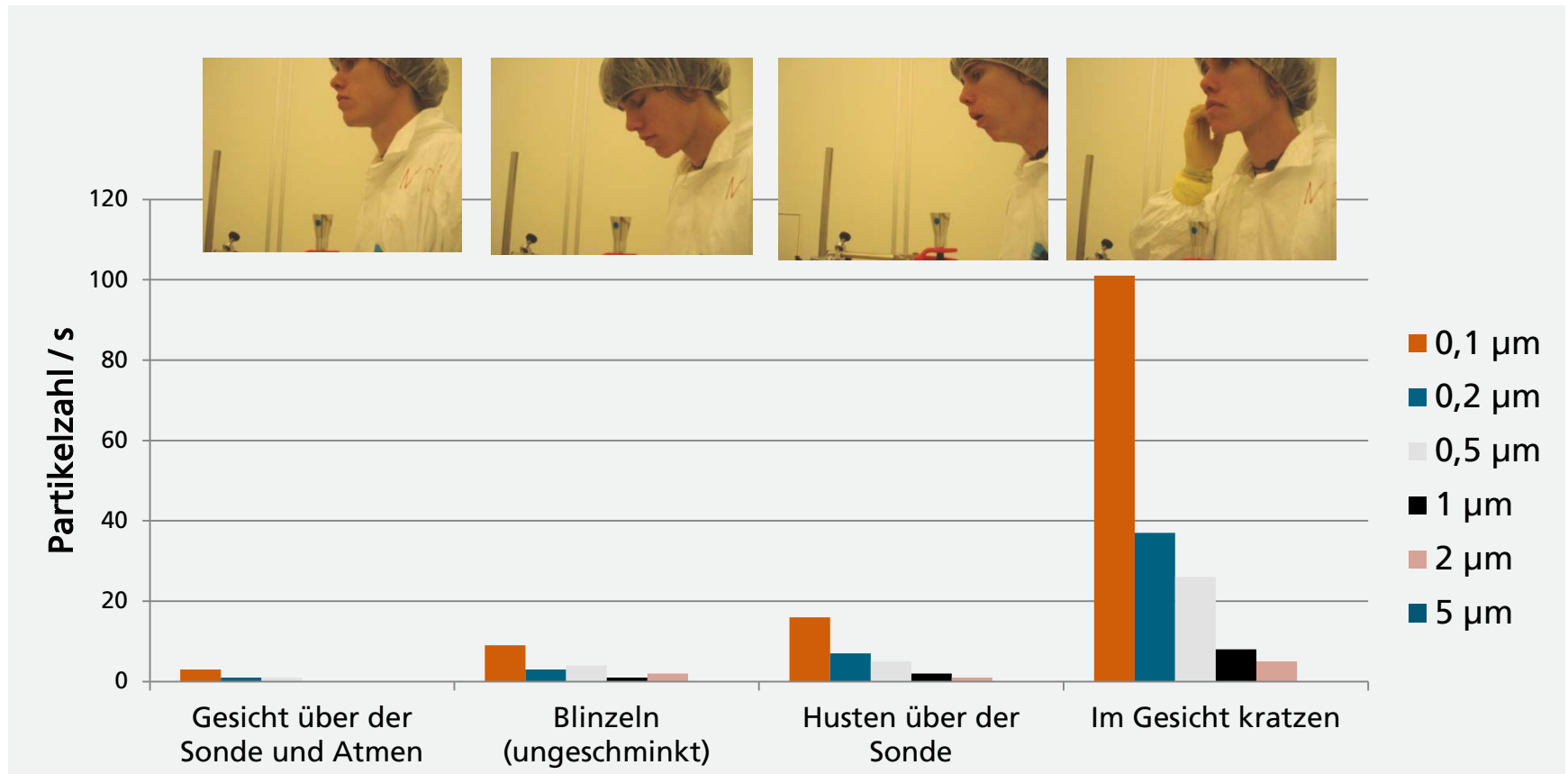
Zum Vergleich:

Im Straßenverkehr
sterben pro Jahr „nur“
ca. 3500 Menschen





Reinraumtechnik bietet nur die saubere Hülle





Reinheit gehört in die Köpfe

Werker:

Das Produktionspersonal fungiert als Quelle, Auslöser, Überträger und/oder Beseitiger von kritischen Verunreinigungen und muss entsprechend geschult werden:

- Verständnis für die technische Notwendigkeit von Reinheitsmaßnahmen
- Korrekter Umgang mit Reinraum und Reinraumkleidung
- Bewusstsein über die möglichen Konsequenzen für das Produkt bei Falschverhalten



Reinheit und Reinigungstechnik muss mehr in die Lehre und in die Forschung!!!

Management:

- Verständnis für die technische Notwendigkeit
- Notwendigkeit von Investentscheidungen
- Rückendeckung für QS und Produktion
- Wichtig für das mindset im Unternehmen



Wie wird sich die Bedeutung der Reinheit weiter entwickeln?

*„In einer Welt, die immer voller und schneller wird, wird das **Trennen** in „gut und schlecht“, „sauber und verunreinigt“, „wertvoll und wertlos“ immer wichtiger werden, um das Zusammenleben und die Gesundheit der Menschen aber auch die Qualität von Produkten zu sichern. Dies gilt für die verschiedensten Aspekte des menschlichen Wirkens und insbesondere im Bereich der (industriellen) Produktion. Damit werden auch Technologien des Trennens wie Reinigen*) und Filtrierens oder allgemein des Separierens immer mehr an Bedeutung gewinnen.“*

**) Reinigen ist nach DIN 8580 wie das Spanen, Abtragen oder Zerlegen ein Trennverfahren*





**Vielen Dank für
Ihre
Aufmerksamkeit**

Für Fragen
stehe ich
gerne zur
Verfügung



Reinheit in der Weltraumforschung

Leistungssteigerung von Raumflugkörpern:

- Bsp. Weltraumteleskope: Reinheit von Spiegeln und Linsen gewährleistet hohe Auflösungen



Herschel-Weltraumteleskop

Planetary Protection Program:

- Zielplanet muss vor Biokontamination des Landefahrzeugs geschützt sein
- Erde muss vor Einschleppung von Biokontamination geschützt sein
- Bodenproben dürfen nicht durch terrestrische Kontaminationen verunreinigt werden



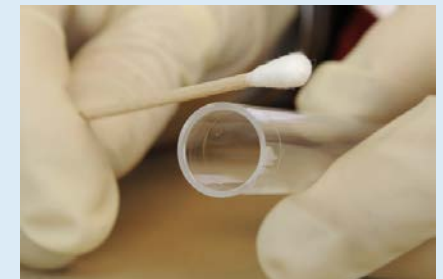
Fußabdruck der ersten Mondlandung

Quelle: ESA/NASA

Erinnern Sie sich noch an das Phantom von Heilbronn?

- Polizeimord
- 45 weitere Verbrechen mit derselben DNA-Spur
- Kein Täter konnte verhaftet werden

Ursache: verunreinigte Wattestäbchen bei der Spurensicherung



Weitere Infos / Kontakt

Fraunhofer IPA, Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Dr.-Ing. Markus Rochowicz, 0711-970-1175,
rochowicz@ipa.fraunhofer.de

Abteilungsleitung:

Dr.-Ing. Udo Gommel, 0711-970-1633,
Gommel@ipa.fraunhofer.de

www.technische-sauberkeit.de

www.ipa-qualification.com

www.ipa.fraunhofer.de