

Lehrveranstaltung
Reine Technologien

Folien zur Vorlesung

NUR ZUM PERSÖNLICHEN GEBRAUCH!

PD Dr.-Ing. habil. Frank Babick, 1. Oktober 2024

Prolog

Reine Technologien?

- mehrdeutiger Begriff
- „unser“ Verständnis
 - Technologien zur Bereitstellung (hoch-)reiner Arbeitsmedien und Umgebungsbedingungen
 - „Reinheit“ = Abwesenheit von Fremdpartikeln und Fremdmolekülen
 - Praxis: sehr niedrige zulässige Konzentrationen
- technische Fragestellungen
 - Partikelabscheidung, Partikelhaftung und Partikelmessung → MVT
 - Abscheidung oder Abbau organischer Stoffe → TVT, CVT
 - Sterilisierung → BVT
 - Strömungsführung in Räumen → Strömungstechnik, Bautechnik
- „false friend“:
 - *clean technologies* = „saubere“, d.h. emissionsarme und ressourcenschonende, Technologien

Lernziele der Lehrveranstaltung

- Verständnis:
 - technische Relevanz reiner Technologien
 - besondere Herausforderungen zur Bereitstellung hochreiner Medien
- Wissen:
 - technische Reinheit / Reinheitsklassen
 - physikalische Grundlagen des Transports, der Haftung und der Messung von Partikeln
 - Messung niedrigkonzentrierter Aerosole
 - Herstellung reiner Gase und Betrieb von Reinräumen
 - Herstellung reiner Flüssigkeiten
 - Reinigung von Oberflächen
- Fähigkeiten:
 - Auswahl geeigneter Techniken zur Sicherstellung spezifizierter Reinheitsgrade

1. Einführung in die Reinen Technologien

Lernziele zu Kapitel 1

- Wissen:
 - Aufgabe der „Reinen Technologien“
 - Arten und Beispiele von Verunreinigungen
- Verständnis:
 - Folgen von partikulären und nicht-partikulären Verunreinigungen
 - Relevanz reiner Medien und Umgebungsbedingungen in verschiedenen technischen und nicht-technischen Bereichen

1.1 Einführung in die Reinen Technologien

– *Gegenstand der LV* –

Gegenstand der Lehrveranstaltung

- Reine Technologien“ = Technologien ...
 - zur Gewährleistung einer **definierten** stofflichen Zusammensetzung in Räumen und Apparaten
 - zur Herstellung **reiner** Gase und Flüssigkeiten und reiner Oberflächen
- Ziele:
 - Sicherstellung der Produktqualität durch definierte Prozessbedingungen
 - Schutz des Personals und der Umwelt
 - ➔ **konkret:** Verunreinigungen sollen festgelegte Grenzwerte nicht überschreiten
- Arten von Verunreinigungen
 - in Gasen: Feststoffpartikel, Tröpfchen, Mikroorganismen, Fremdgase
 - in Flüssigkeiten: Feststoffpartikel, Tröpfchen, Mikroorganismen, gelöste Stoffe
 - an Oberflächen: anhaftende Partikel & Mikroorganismen, Adsorptionsschichten, Ablagerungen

Partikuläre Verunreinigungen

- grobdisperse Partikel:
 - z.B. Metallspäne o. Glassplitter in Lebensmitteln
 - z.B. „Sand“partikel auf Dichtungen
 - Kontamination (hoch)viskoser Produkte
- feindisperse Partikel:
 - z.B. Bakterien und Hautzellen
 - z.B. Textil- und Papierfasern, Trocknungsagglomerate
 - z.B. Tröpfchen
 - Kontamination von Flüssigkeiten, Gasen und Oberflächen
- kolloiddisperse Partikel:
 - z.B. Viren
 - z.B. Feinstaub und Umweltaerosole
 - Kontamination von Flüssigkeiten, Gasen und Oberflächen

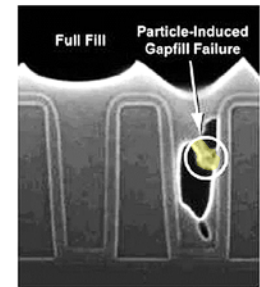
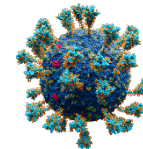
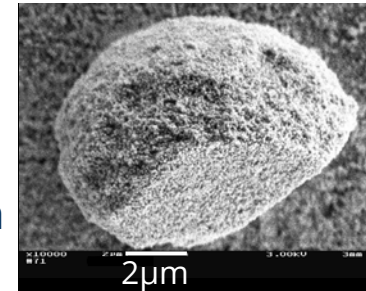
RÜCKRUF LEBENSMITTEL 18/04/2023

Rückruf: Glassplitter in „EDEKA Waldheidelbeeren ganze Frucht gezuckert“ möglich

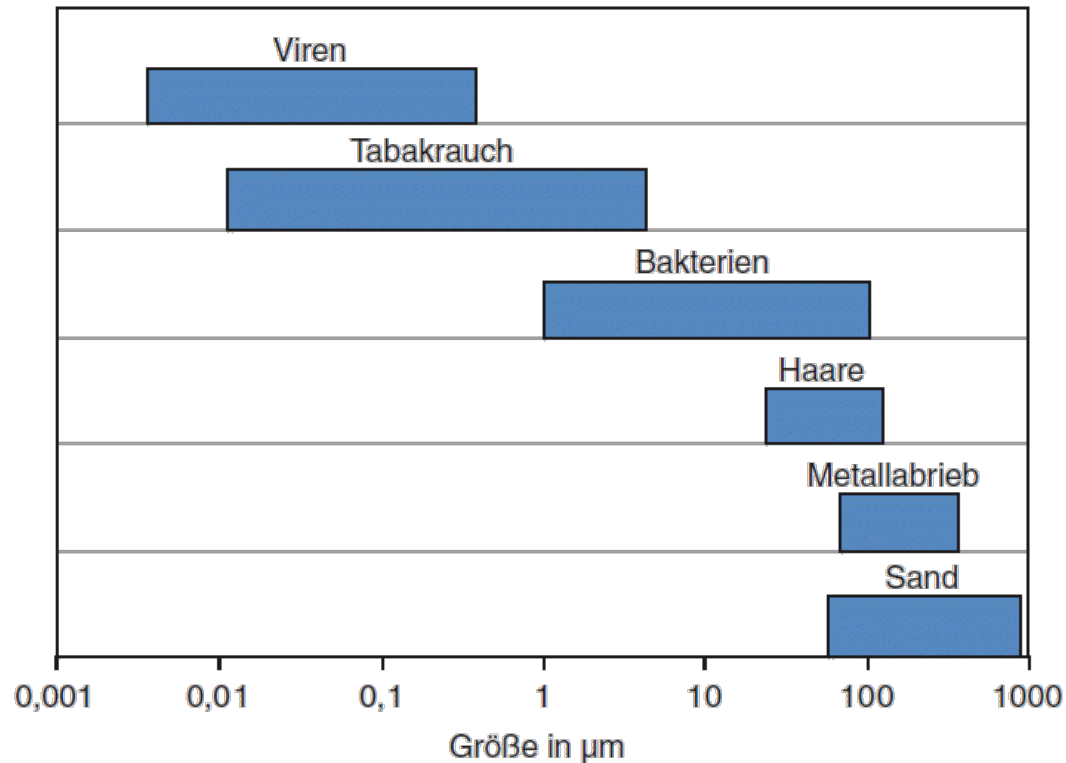


RÜCKRUF LEBENSMITTEL 22/07/2021

Rückruf: Metallspäne in REWE Beste Wahl Rahmspinat
Die ARDO GmbH informiert über REWE Beste Wahl, Rahmspinat, der 500g Packung. Wie das Unternehmen ausgeschlossen werden, dass sich

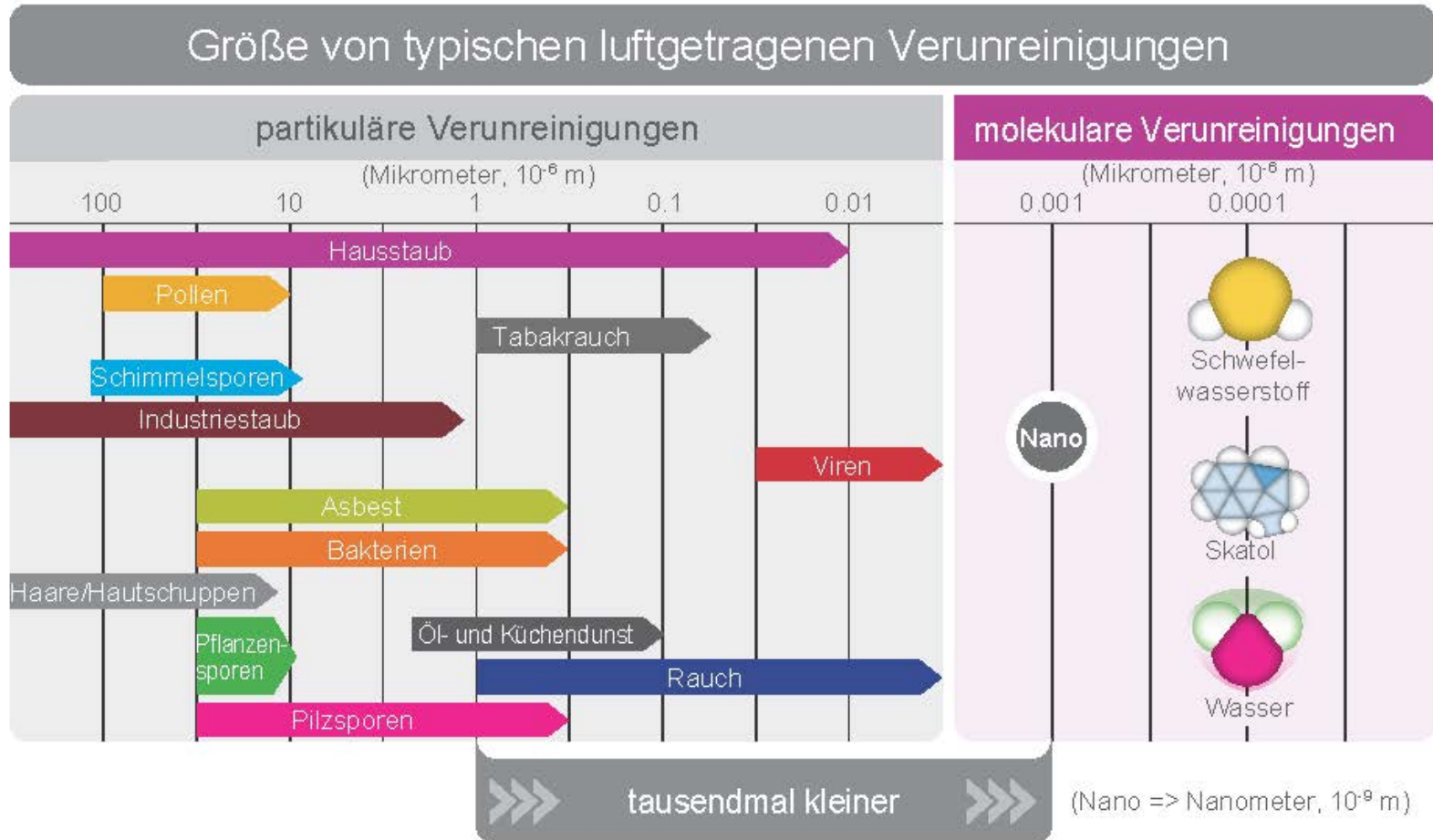


Partikuläre Verunreinigungen



Bildquelle: L. Gail & U. Gommel (Hrsg.): *Reinraumtechnik*, 4. Aufl., Springer, Heidelberg, **2018**; Abb. 1.2

Partikuläre und molekulare Verunreinigungen



Bildquelle: *Gas-Phase Filtration Solutions*, Brochure GFP-1-203A, AAF International, Louisville, KY/USA, 2024.

Partikelbedingte Probleme

- Funktionsabweichungen (inhomogene Antireflexbeschichtungen auf optischen Bauteilen) oder Ausfall (Kurzschluss in elektronischen Komponenten)
- fehlende Sterilität (Arzneimittel)
- Gesundheitsgefährdung der Konsumenten (problematische Inhaltsstoffe)
- Gesundheitsgefährdung des Personals (giftige Stäube)
- Beeinträchtigung der Ästhetik (sichtbare Partikeleinschlüsse in Displays und Beschichtungen)
- ...

Probleme durch nicht-partikuläre Verunreinigungen

d.h. Gase, Dämpfe oder gelöste Stoffe

- Feuchtigkeit
 - Degradation bzw. Alterung oder
 - Agglomeration und Anhaftung oder
 - Keimbildung
- organische Dämpfe
 - Adsorption auf Oberflächen und Änderung der Grenzflächeneigenschaften
 - außerdem gesundheitliche Gefährdung
- gelöste Stoffe
 - Einfluss auf Lösegleichgewichte
 - Zellgifte
 - Diffusion in Feststoffe

Typische Aufgaben

- Erzeugung reiner Umgebungsbedingungen in Produktionsräumen (Reinraumtechnik)
- Erzeugung steriler Atmosphären in Apparaten (der Biotechnologie, Pharmatechnik, Lebensmitteltechnik)
- Erzeugung von Reinstwasser
- Sterilisierung von Luft, Wasser und Geräten
- Einschluss von lebensfähigen Keimen in einer Anlage, z. B. bei genmanipulierten Mikroorganismen (Biotechnologie)

1.2 Einführung in die Reinen Technologien

– *Beispiele* –

Herstellung von Pharmazeutika

- Produkte und Formen
 - Medikamente, Diagnostika, Impfstoffe, Blutprodukte, ...
 - Tabletten, Kapseln, Salben, Lösungen, Aerosole, ...
- Probleme:
 - Fremd-„Keime“ (Raumluft, Rohstoffe, Werkzeuge, Apparate, Personal)
 - partikuläre Verunreinigungen (Staub, Abrieb, ...),
 - Querverunreinigungen (schlecht gereinigte Oberflächen)
 - unkontrollierte Wirkstofffreisetzung (endokrine Substanzen, Zytostatika, ...)
- Ziele:
 - sichere Produkte und sichere Arbeitsbedingungen
- Mittel:
 - Hygiene
 - Sterilisieren, Aufreinigung der genutzten Medien
 - Zufuhr saubere Raumluf und Abzug kontaminierter Luft
 - Stichprobenkontrolle

Herstellung von Pharmazeutika



Reinraum für Produktion von Medizinprodukten

<https://www.aafintl.com/us/resources/case-studies>



Sichtkontrolle auf partikuläre Verunreinigungen in Impfstoffphiole

R. König, *Dtsch. Ärztebl.*, 115(27-28):30, **2018**;
doi:10.3238/PersInfek.2018.07.09.009

Operationssäle

- Probleme:
 - „Keime“ (aus Raumluft, vom Personal, von Geräten, aus Wunde ...)
 - Allergene und Fremdpartikel (Staub, Hautzellen, textile Fasern, ...)
 - giftige Therapeutika/Zytostatika (Tumorbehandlung)
 - Dämpfe der Desinfektionsmittel
- Ziele:
 - keine Kontamination der Operationswunde
 - keine Infektion des Personals
- Mittel:
 - Hygiene & Sterilisieren {Flächen, Geräte, Personal}
 - keimarme/-freie Zuluft
 - definierte Entlüftung

Operationssäle



OP-Saal (mit gefilterter Zuluft über Decke, Abluftsystem, glatten Oberflächen, abgerundeten Kanten)

<https://www.tqm-gmbh.ch/de/bau-und-planung/>

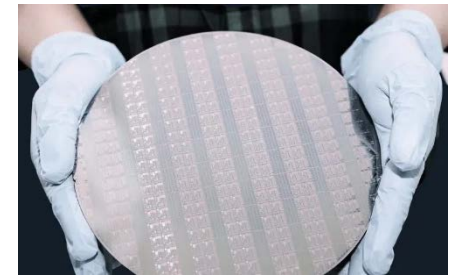


OP-Bekleidung

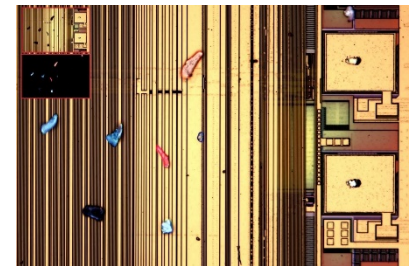
<http://praxisdienst.de/hygiene/schutzbekleidung/op+bekleidung>



Halbleiterindustrie / Mikroelektronik



- Produkte / Prozesse
 - integrierte Schaltkreise, mikro-elektromechanische Systeme
 - lithographische Strukturbildung, Ätzen, Beschichten, Polieren, ...
- Probleme:
 - Schädigung der Funktionalität durch atmosphärische Partikel (aus Raumluft, vom Personal, von Geräten)
 - Strukturschädigung durch „Grob“partikel in Poliersuspensionen
 - funktionale Störungen durch eingelagerte Atome & Moleküle (Adsorption auf OF, Diffusion in Wafer; u.a. B, NH₃, Organophosphate)
- Ziele:
 - kein Kontakt mit Fremdpartikeln, kein Kontakt mit kritischen Elementen
- Mittel:
 - Fertigung im Reinraum
 - reine Medien
 - gekapselter Transport der Wafer

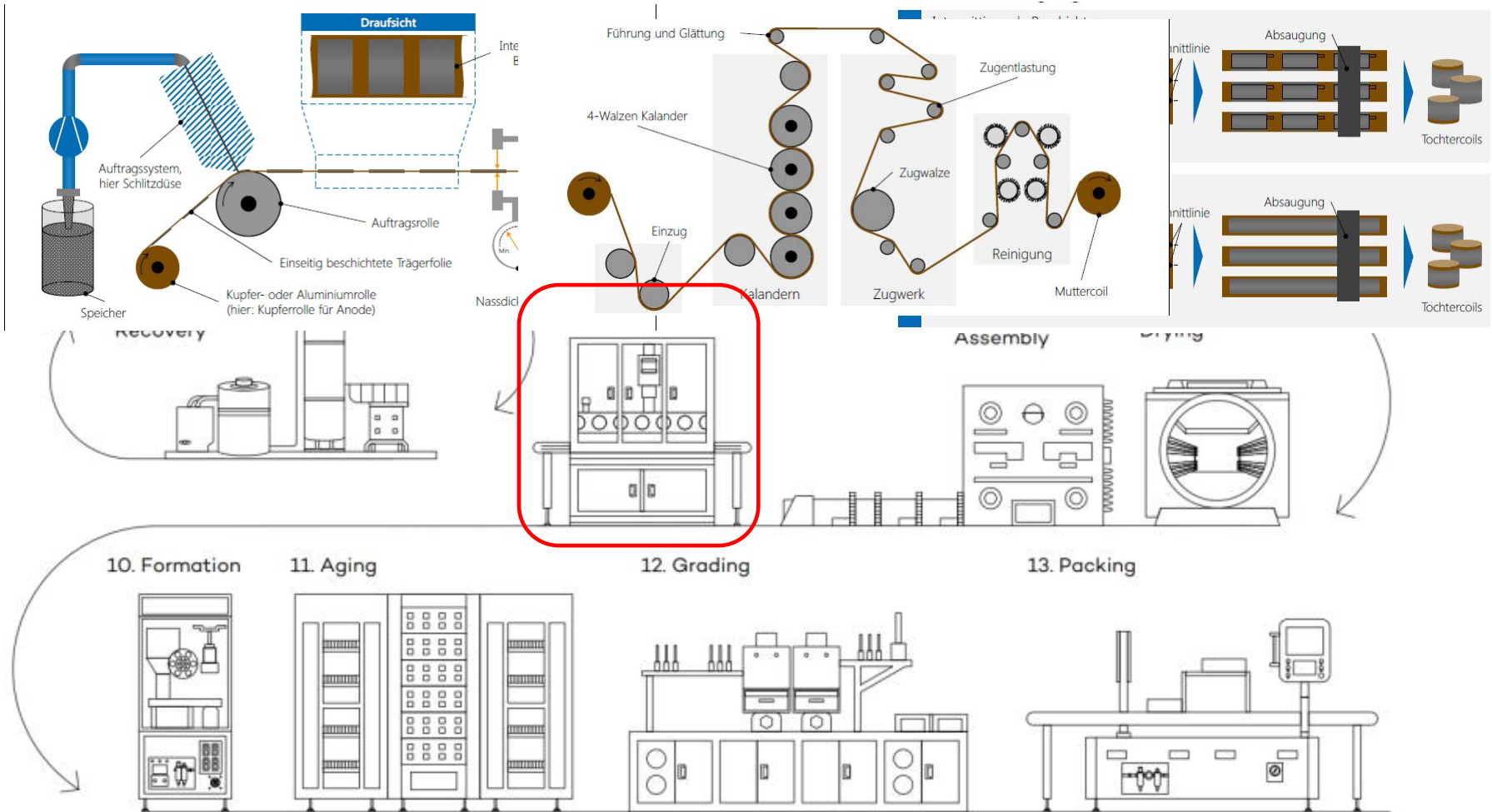


Halbleiterindustrie / Mikroelektronik



Reinraum für Mikroelektronikfertigung (gefilterter Zuluft aus Decke, Abluft in Boden)
<https://www.aafintl.com/us/resources/case-studies/microtechnology-park>

Batterietechnik



- Anforderungen: partikelarm, und trocken

Batterietechnik

- Probleme:
 - Fremdpartikel in der Elektrodenmasse (aus Raumluft, über Personal)
 - Feuchtigkeit (insbesondere beim Befüllen)
- Ziele:
 - trockene Luft
 - Vermeidung von Fremdpartikeleintrag
- Mittel:
 - u.a. Schutzgasatmosphäre Argon (ohne Sauerstoff, Stickstoff und Feuchte)

1.3 Einführung in die Reinen Technologien

– *Literaturhinweise* –

Literatur zum Einstieg

Bücher und Buchkapitel:

- L. Gail & U. Gommel (Hrsg.): Reinraumtechnik, 4. Auflage, Springer, Heidelberg, **2018**; [doi:10.1007/978-3-662-54915-5](https://doi.org/10.1007/978-3-662-54915-5)
- M. Petek, M. Jungbluth, E. Krampe, „Reinraumtechnik für die Medizintechnik“. In: Wintermantel, E., Ha, SW. (eds) *Medizintechnik*; Kap. 32; Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. https://doi.org/10.1007/978-3-540-93936-8_32