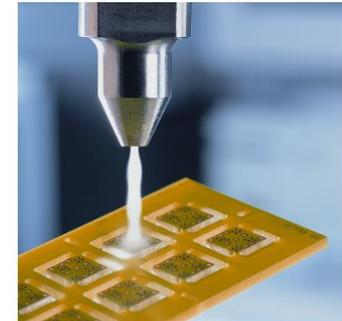


»Reinigungsverfahren«

Produkt- und Teilereinigung im Reinraum

Max Metzmacher B.Eng.

Fraunhofer IPA, Abteilung Reinst- und Mikroproduktion

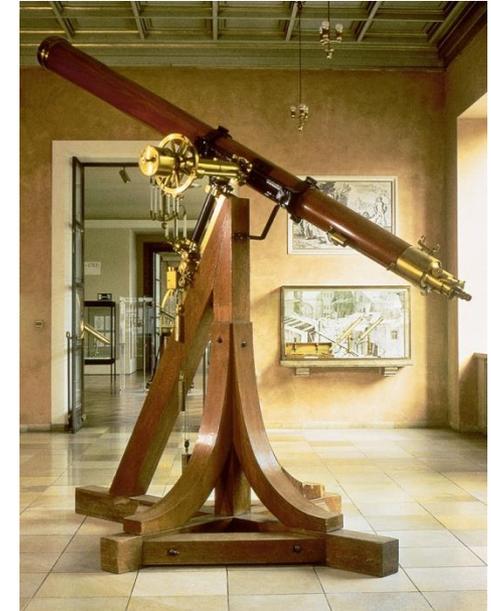


Vorstellung Fraunhofer IPA

Abteilung Reinst- & Mikroproduktion



- **Forscher**
Entdeckung der »Fraunhofer-Linien« im Sonnenspektrum
- **Erfinder**
Neue Bearbeitungsverfahren für Linsen
- **Unternehmer**
Leiter und Teilhaber einer Glashütte



Das Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart (IZS)



Vorstellung Fraunhofer IPA

Abteilung Reinst- und Mikroproduktion

- angewandte Forschung und Entwicklung
- 30 Jahre Erfahrung und Know-how
- 56 Mitarbeiter und ca. 40 studentische Hilfskräfte
- Finanzierung 2016:
 - BHH: ~ 8,5 Mio. €
 - Grundfinanzierung: ~10 %
 - öffentl. geförderte Projekte: ~ 30 %
 - Industrieprojekte: ~ 60 %
- Über 70 Patentanmeldungen



Vorstellung Fraunhofer IPA

Abteilung Reinst- und Mikroproduktion

■ Arbeitsgebiete

- Reinraumtauglichkeit von Equipment
- Optimierung und Planung von reinen Fertigungsumgebungen und Reinräumen
- Workshops und Schulungen
- Präzisionsreinigung, z. B. CO₂ Schneestrahlen
- Reinheitsvalidierung & Technische Sauberkeit
- Entwicklung von Reinheitsprüftechnik

■ Kunden:

- Hersteller von kontaminationskritischen Produkten
- Hersteller von Equipment für den Reinraum
- Reinraumplaner

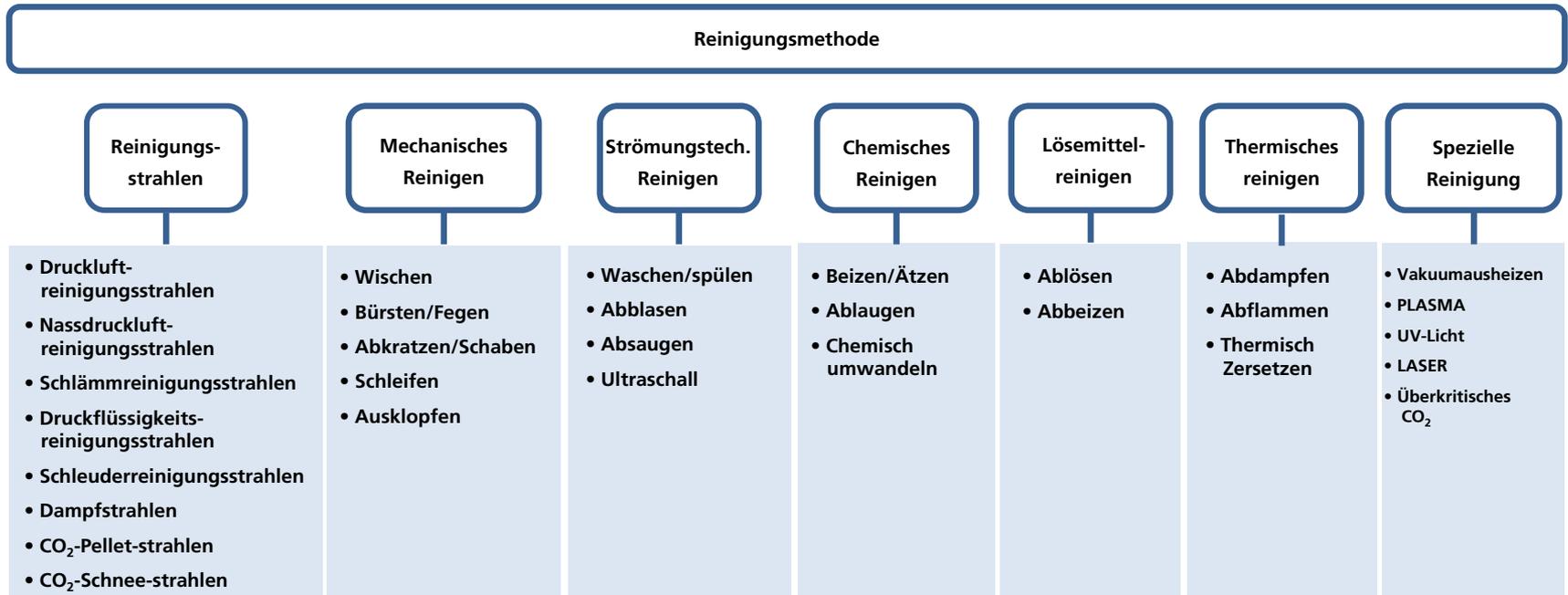


Inhalte

Produkt- und Teilereinigung im Reinraum

- Grundlagen der Reinigung
 - Reinigungsprinzipien
 - Mechanik
 - Die Wahl eines Reinigungsverfahrens
- Reinigungsanwendungen in kontrollierten Umgebungen
 - Produkthandling und Chargen
 - Grob- Fein- und Präzisionsreinigung
 - Anlagen und Reinigungsumgebungen

Reinigungsprinzipien



DIN 8592 Fertigungsverfahren Reinigen

VDI 2083 Blatt 4 Oberflächenreinheit

Reinigungsprinzipien und Reinraum



- Muss das Produkt nach der Reinigung durch einen Reinraum geschützt werden?
- Wie belastet die Reinigung den Reinraum?

<ul style="list-style-type: none"> • Druckluft-reinigungsstrahlen • Nassdruckluft-reinigungsstrahlen • Schlammreinigungsstrahlen • Druckflüssigkeits-reinigungsstrahlen • Schleuderreinigungsstrahlen • Dampfstrahlen • CO₂-Pellet-strahlen • CO₂-Schnee-strahlen ✓ 	<ul style="list-style-type: none"> • Wischen ✓ • Bürsten/Fegen ✓ • Abkratzen/Schaben • Schleifen • Ausklopfen 	<ul style="list-style-type: none"> • Waschen/spülen ✓ • Abblasen ✓ • Absaugen ✓ • Ultraschall ✓ 	<ul style="list-style-type: none"> • Beizen/Ätzen • Ablaugen • Chemisch umwandeln 	<ul style="list-style-type: none"> • Ablösen • Abbeizen 	<ul style="list-style-type: none"> • Abdampfen • Abflammen • Thermisch Zersetzen 	<ul style="list-style-type: none"> • Vakuumausheizen ✓ • PLASMA ✓ • UV-Licht ✓ • LASER ✓ • Überkritisches CO₂
---	--	---	--	---	---	---

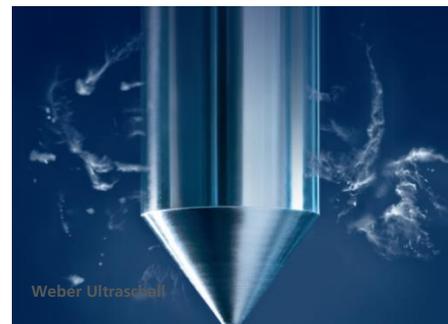
Reinigungsverfahren - Mechanik

Die Aufgabe der Reinigungsmechanik ist es, die notwendige **Energie** aufzubringen, um Kontaminationen von der **Oberfläche** zu entfernen.

Spritzen/Tauchen



Ultraschall



CO2



Plasma



Grundlagen der Reinigung

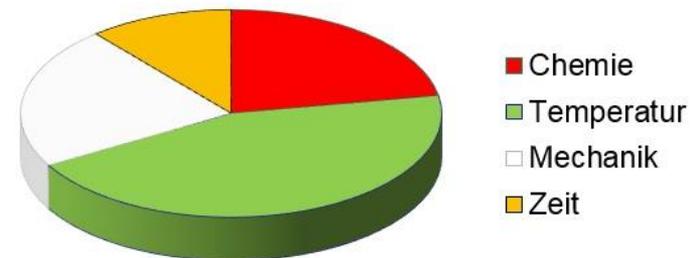
Der Sinnersche Kreis:

Die vier Elemente der Reinigung

Verringerung eines Parameters → Vergrößerung eines anderen.

Bsp.: Eintrocknete Pfanne: Kratzen (↑Mechanik ↓Zeit) oder Einweichen (↓Zeit ↑Mechanik).

Reaktionsgeschwindigkeits-Temperatur- (RGT-)Regel: ↑ +10°K Temperatur ↓ Zeit / 2



Reinigungsverfahren - Mechanik

Spritzen / Tauchen / Injektionsflutwaschen (IFW):

Bauteile im Warenkorb werden einer Prozesskammer oder einem Becken zugeführt. Der Arbeitsbereich ist mit Reinigungsmedium gefüllt oder wird über Düsen versorgt.



Wirkung:

- Auftreffen des Fluides oder Strömung reißt Verschmutzung mit
- Abfließender Flüssigkeitsfilm mit geringer Grenzschicht transportiert lose Partikel
- Stetig frischer Flüssigkeitsfilm behält Löse- und Verdünnungsvermögen
- Lösen durch verschiedene Mechanismen (Diffusion, Dissoziation, Hydratation, Emulgieren)
- Bringt Chemie zum Bauteil

Einschränkungen:

- Aerosolbildung bringt Ex-Schutz oder PSA-Pflicht mit sich
- Blasenbildung, schöpfende Teile, Bohrungen, Hinterschneidungen
- Aufschwimmen von Teilen, Aufschwimmen von Verschmutzungen
- Größe Reinigungsbad limitiert

Reinigungsverfahren - Mechanik

Spritzen / Tauchen / Injektionsflutwaschen (IFW):



Reinigungsverfahren - Mechanik

Ultraschall / Megaschall:

Wirkung:

- Transiente Kavitationsblasen und akustische Strömung
- Absprengen und Abspülen von Verunreinigungen
- Emulgieren von Ölen und Fetten

Vorteile:

- Schnelles Erfassen der gesamten Bauteiloberfläche auch sehr komplexer Strukturen
- Kurze Behandlungsdauer (wenige Sekunden bis einige Minuten)
- Boden- oder Seitenschall, Stabschwinger, Tauchschwinger

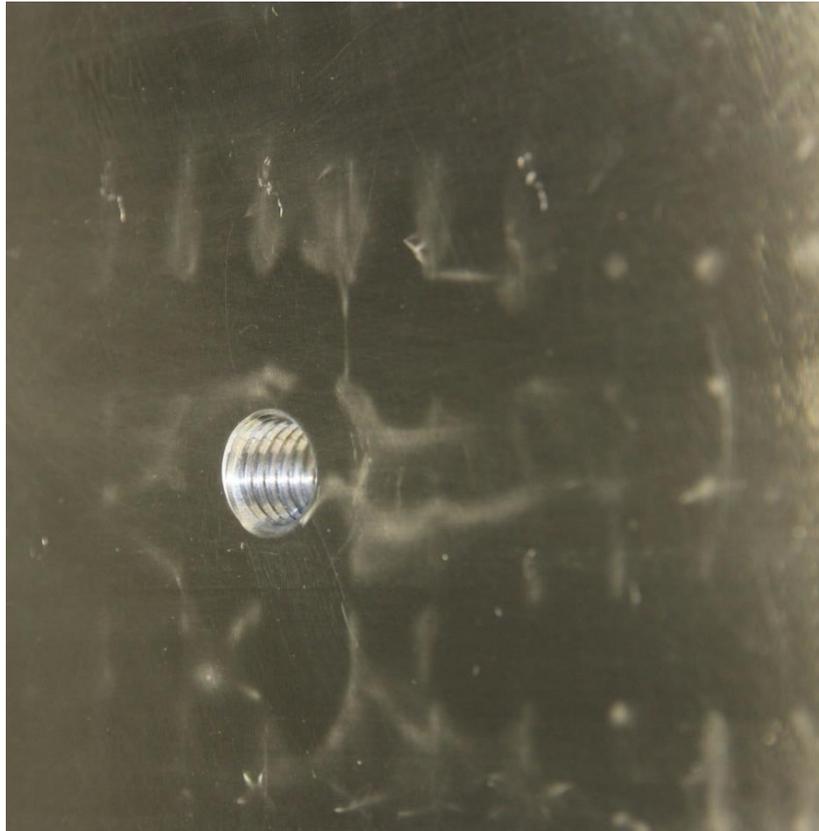
Einschränkungen:

- Schädigung von kleinen Strukturen/Beschichtungen durch Kavitation (Frequenz beachten)
- Chaotisch verteiltes Schallfeld: inhomogene Reinigungsleistung
- Verschleiß der Schwinger ändert US-Leistung → Überwachung schwierig



Reinigungsverfahren - Mechanik

Kavitationsschäden:



Bauteiloberfläche



Boden Ultraschallbecken

Reinigungsverfahren - Mechanik

Plasma:

Ein Plasma ist ein ionisiertes Gas, in dem Atome, Moleküle und Elektronen frei vorliegen. Es wird als vierter Aggregatzustand bezeichnet.

Wirkung:

- Reaktive Teilchen und Radikale oxidieren organische Substanzen
- Kalte Verbrennung von dünnschichtigen Verunreinigungen

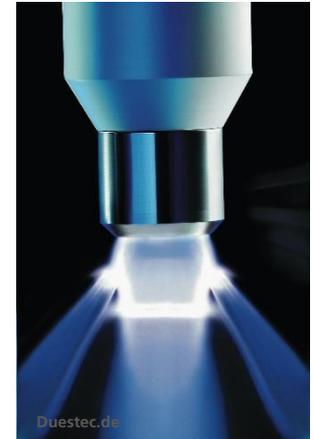
Vorteile:

- Trocken, rückstandsfrei, kontaktlos
- Frei von Chemie
- Elektrisch neutral*

Einschränkungen:

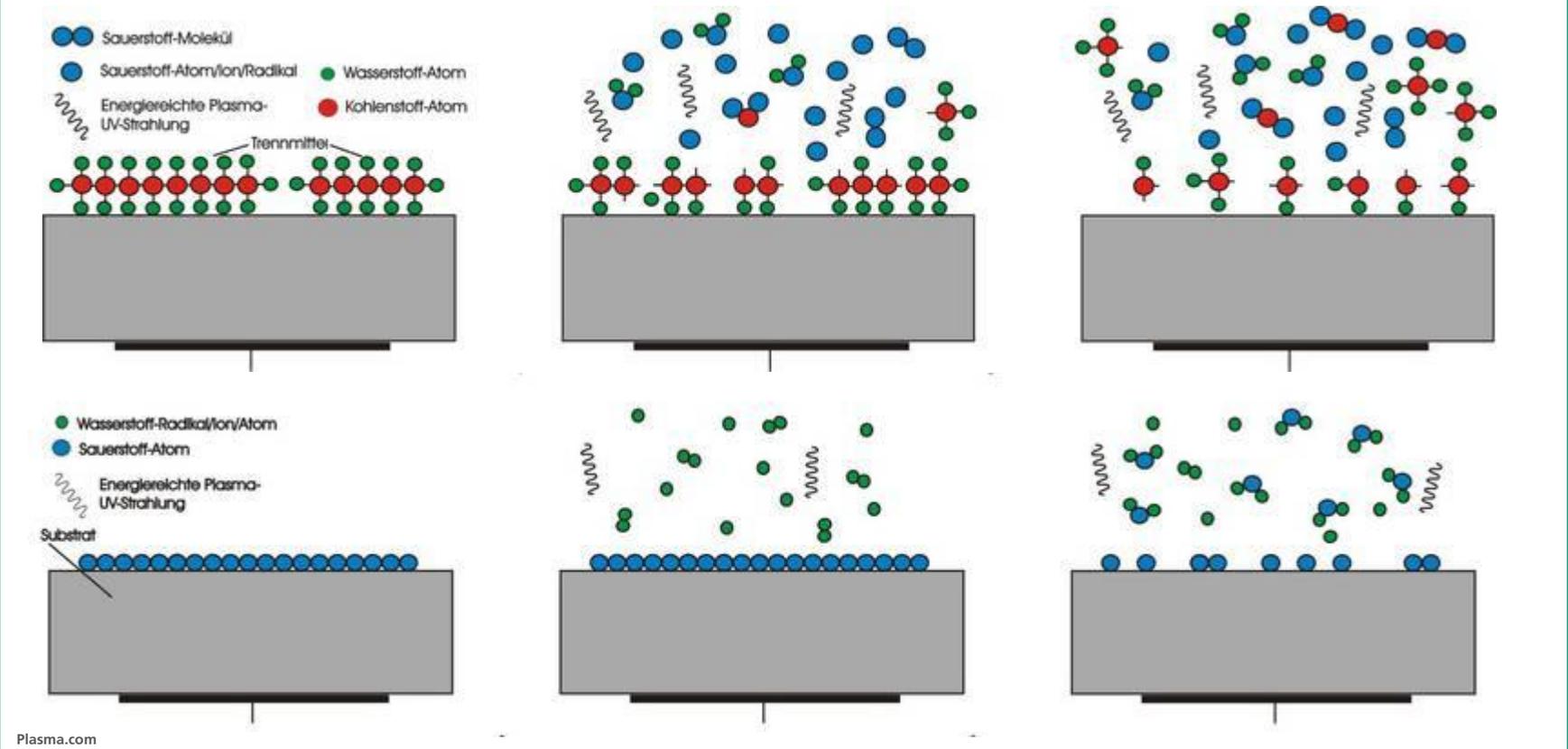
- Als finaler Reinigungs- oder Aktivierungsschritt für sehr dünne, oxidierbare Verunreinigungen
- Verfahren auf Sicht – Erreichbarkeit von Hinterschneidungen und Hohlräumen*

* Gilt für Atmosphärendruck-Plasma



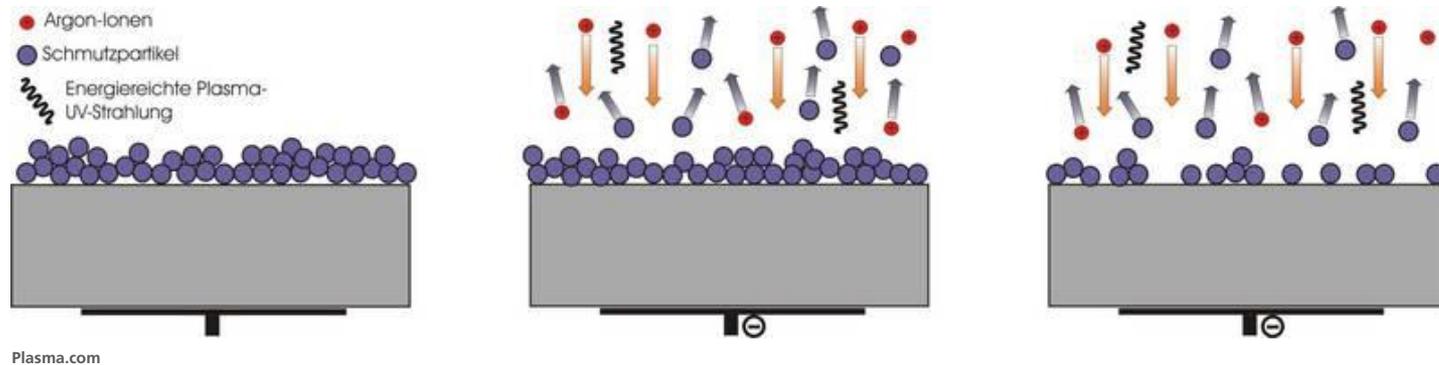
Reinigungsverfahren - Mechanik

Plasma: Ein Plasma ist ein ionisiertes Gas, in dem Atome, Moleküle und Elektronen frei vorliegen. Es wird als vierter Aggregatzustand bezeichnet.



Reinigungsverfahren - Mechanik

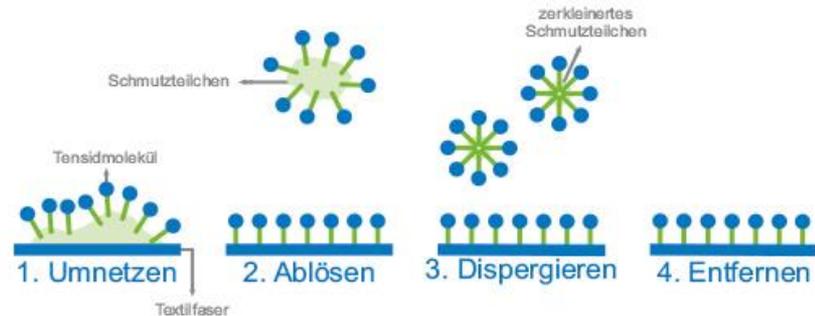
Plasma: Ein Plasma ist ein ionisiertes Gas, in dem Atome, Moleküle und Elektronen frei vorliegen. Es wird als vierter Aggregatzustand bezeichnet.



Reinigungschemie - Tenside

Tenside für wässrige Systeme:

- Senken der Oberflächenspannung
- Emulgieren von Fetten und Ölen
- Partikel in der Schwebelage halten



Klassewasser.de

Tenside:

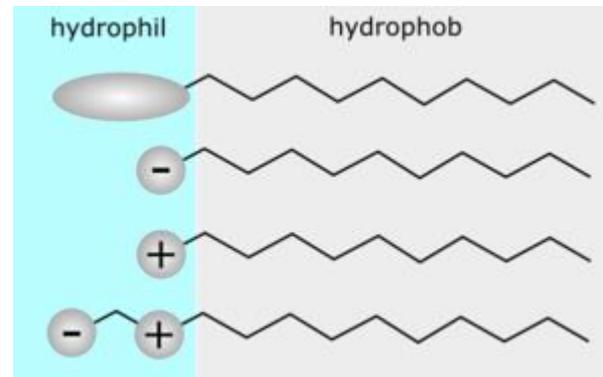
- Nichtionisch (Fettalkoholethoxylate)
- Anionisch (Seifen, meistverwendet, Sulfonate)
- Kationisch (Weichspüler)
- Amphoter (Hautfreundlich)

Komplexbildner (Builder)

- Wasserenthärter (Zeolith A, EDTA, Phosphate)

Antischaummittel (z. B. Silikonöl)

Korrosionsschutz (z. B. Triethanolamin)



wikipedia

Reinigungsverfahren - Chemie

Lösemittel:

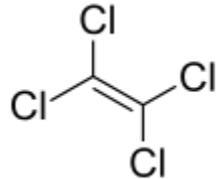
Die zu entfernenden Substanzen gehen in **Lösung** ≠ Emulsion, Suspension.

Häufig in Verbindung gebracht mit **organischen Substanzen**, die *giftig, umweltschädlich, brennbar* oder *vollständig synthetisch* sind - **Kann aber alles sein**

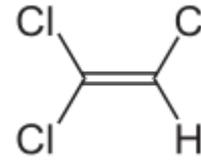
Kohlenwasserstoffe (fluoriert, chloriert, perfluoriert etc.)



Cyclohexan

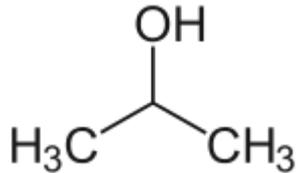


Tetrachlorethen (PER)

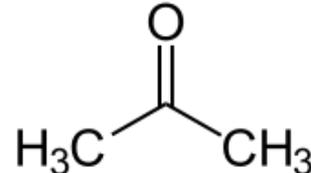


Trichlorethen (TRI)

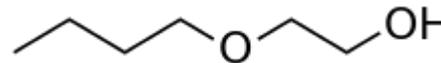
Alkohole / Ketone



2-Propanol



Aceton



2-Butoxyethanol

2-Butoxyethanol: Dowanol, Bane-Clene, Eastman EB solvent, Solvas



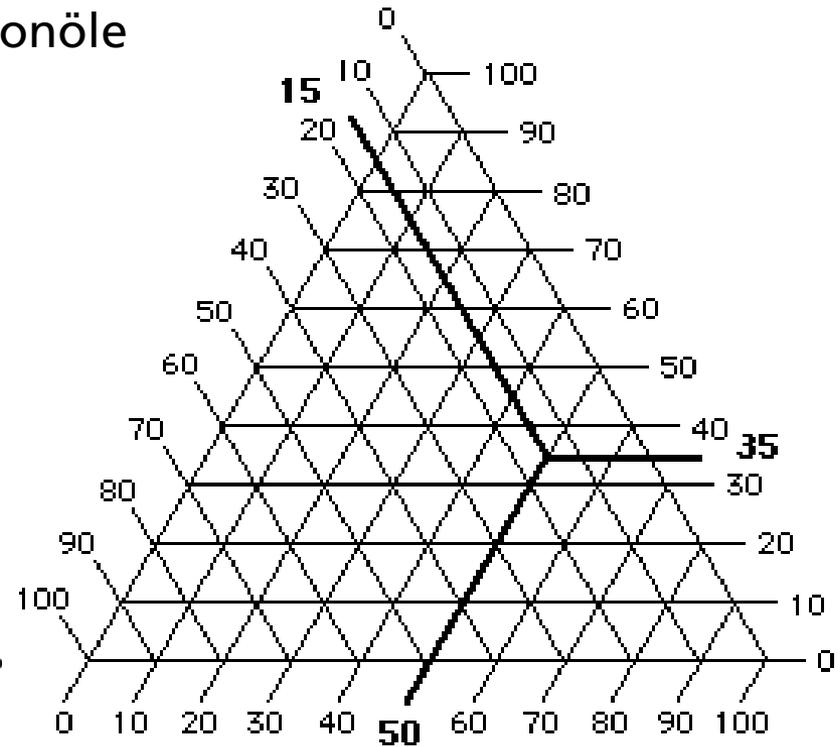
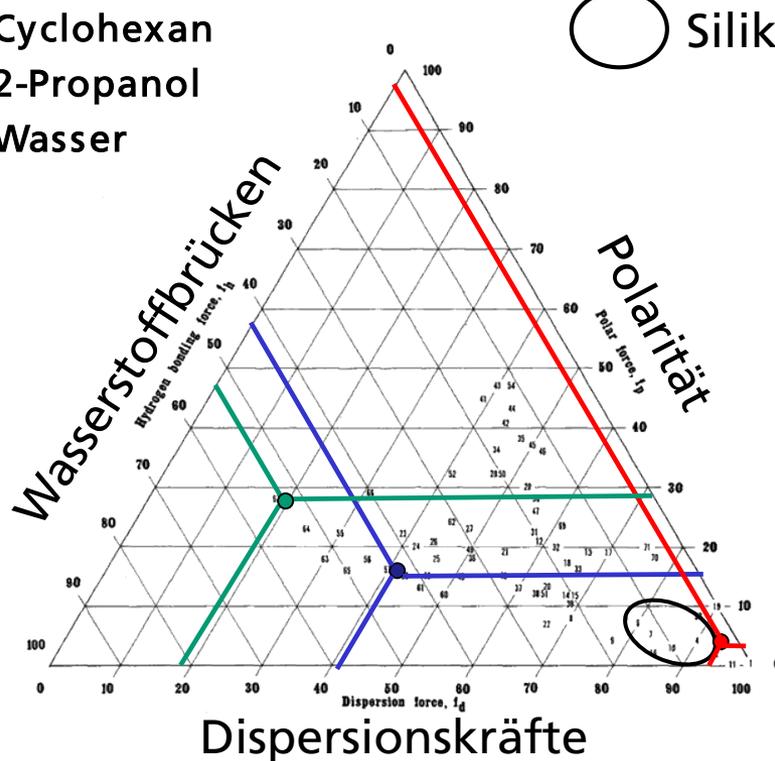
Reinigungsverfahren - Chemie

Lösemittel:

Hansen Solubility Parameters (HSP)

- ❖ Cyclohexan
- ❖ 2-Propanol
- ❖ Wasser

○ Silikonöle



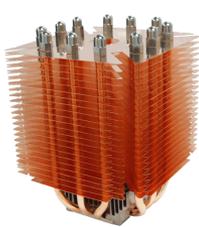
Wahl des richtigen Reinigungsverfahrens

Produkteigenschaften:

Geometrie, Material, Oberfläche, Beschichtung



3d-model.ch



Ht4u.net



Mtb-news.de



Hauser-optik.de



lw-online.de

Art der Verunreinigung (Vorheriger Fertigungsschritt)



Confovis.de

Geforderter Reinheitsgrad (Nachfolgender Fertigungsschritt)

Lackieren, Beschichten, Kleben, Fügen, Optik, Medizintechnik, Messtechnik, Lagerung,

Wahl des richtigen Reinigungsverfahrens

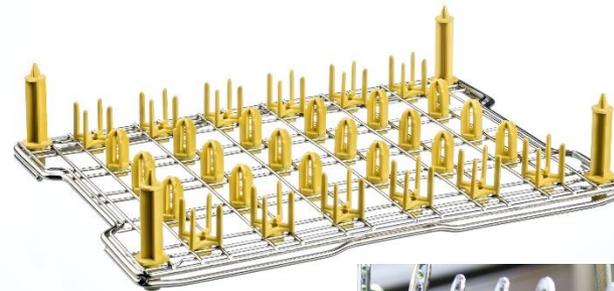
Bauteilhandling:

Reinigungskorb: Schüttgut, Satzgut, Spezielle Warenträger

Anspruch: Erreichbarkeit für das Medium. Drehbar, schwenkbar. Beachtung kritischer Oberflächen.



mafac



Fischer-draht.de



Kks-ultraschall.de

Reinigungsverfahren und Anlagenkonzepte

Aufbau eines Reinigungsprozesses:

Badüberwachung - Prüfung der Wirksamkeit der Badaufbereitung

- **Leitwert** – Angabe über Ionenkonzentration / Mobilität im Medium
Ionische Tenside, gelöste Salze.
- **pH-Wert** – negativer dekadischer Logarithmus der H_3O^+ -Konzentration
Überlastung eines Puffersystems, Hinweis auf Gasgehalt.
- **Titration** – Konzentrationsbestimmung mit Hilfe von Indikatorlösung
Regelmäßige Entnahme einer Probe und Probenvorbereitung nötig.
- **Photometrie** – Konzentrationsbestimmung über Extinktion.
Regelmäßige Entnahme einer Probe und Probenvorbereitung nötig.
- **Tensiometrie** – Bestimmung der Oberflächenspannung einer Flüssigkeit
Bestimmung der Tensid-Konzentration, In-Situ Lösung.



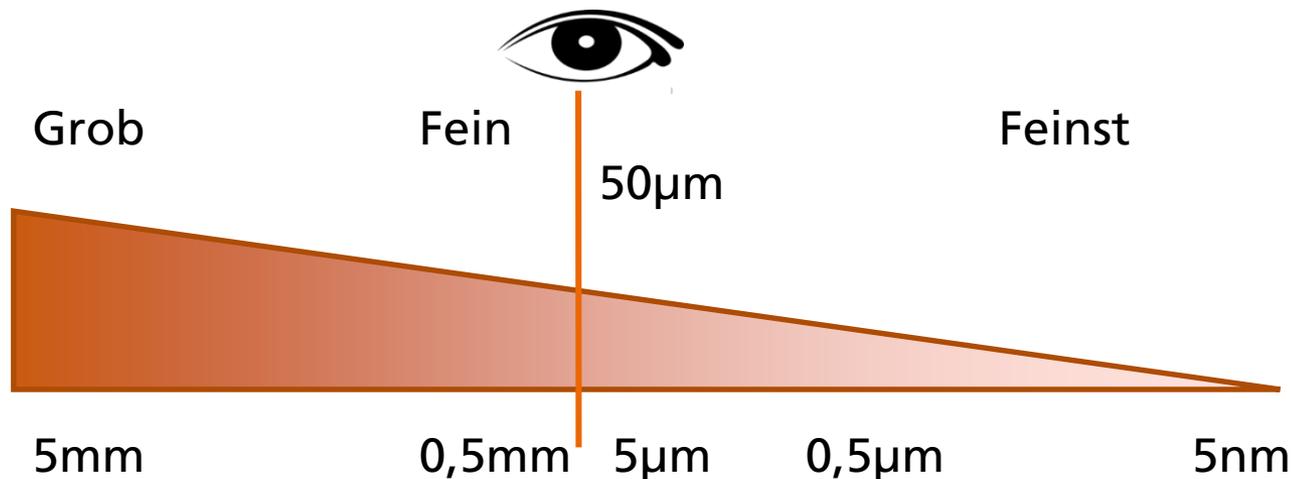
Indikator	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Thymolblau	Red	Orange	Yellow	Green	Blue										
Methylorange	Red	Orange	Yellow	Green	Blue										
Bromkresolgrün	Yellow														
Methylrot	Red	Orange	Yellow	Green	Blue										
Lackmus	Red	Orange	Yellow	Green	Blue										
Bromthymolblau	Yellow														
Phenolphthalein	Colorless														
Thymolphthalein	Colorless														
Alizarinengelb R	Yellow														
Indigokarmin	Blue														

Wikipedia.org

Reinigungskonzepte und Produktführung

Wann reinige ich wozu?

- **Grobreinigung** – Nach der Zerspanung, Entfernung von Schneidölen, groben Partikeln
Weiterverarbeitung: Nachbearbeitung, Polieren
Zustand: Frei von Spänen und Abrieb. Grob entfettet.
- **Feinreinigung** – Nach dem Polieren, vor der Maßprüfung
Weiterverarbeitung: Beschichtung, Einbau.
Zustand: Frei von Partikeln bis $100\mu\text{m}$. Gänzlich entfettet.
- **Feinstreinigung** – Endreinigung vor dem Beschichten, der Ausgabe, dem Einbau.
Weiterverarbeitung: Beschichtung, Einbau.
Zustand: Frei von Partikeln bis X (Anwendungsspezifisch). Organik: wenige ng/cm^2 .



Reinigungskonzepte und Produktführung

Wo reinige ich wie?

- **Grobreinigung** – Werkstatt, Fertigung, alkalisches Ultraschallbecken / Lösemittelanlage
- **Feinreinigung** – Sauberraum, Eingang, als Schleuse, Verpackung.
- **Feinstreinigung** – Reinraum, Im Beschichtungs-/Montageprozess selbst.



Kaercher-media.de



Newsroom.unsw.edu.au

Reinigungskonzepte und Produktführung

Reinigungsanlagen IPA

Lösemittelanlage: Im Sauberraum. Grobe Verunreinigung. Langkettige, schwach polare Verschmutzungen. Als Vorreinigung und zum Entfetten.

Feinreinigungsanlage: Im Reinraum. Feine Verunreinigung. Partikuläre, polare Verschmutzungen. Als Endreinigung, Vorbereitung zur Montage.



Durr Ecoclean

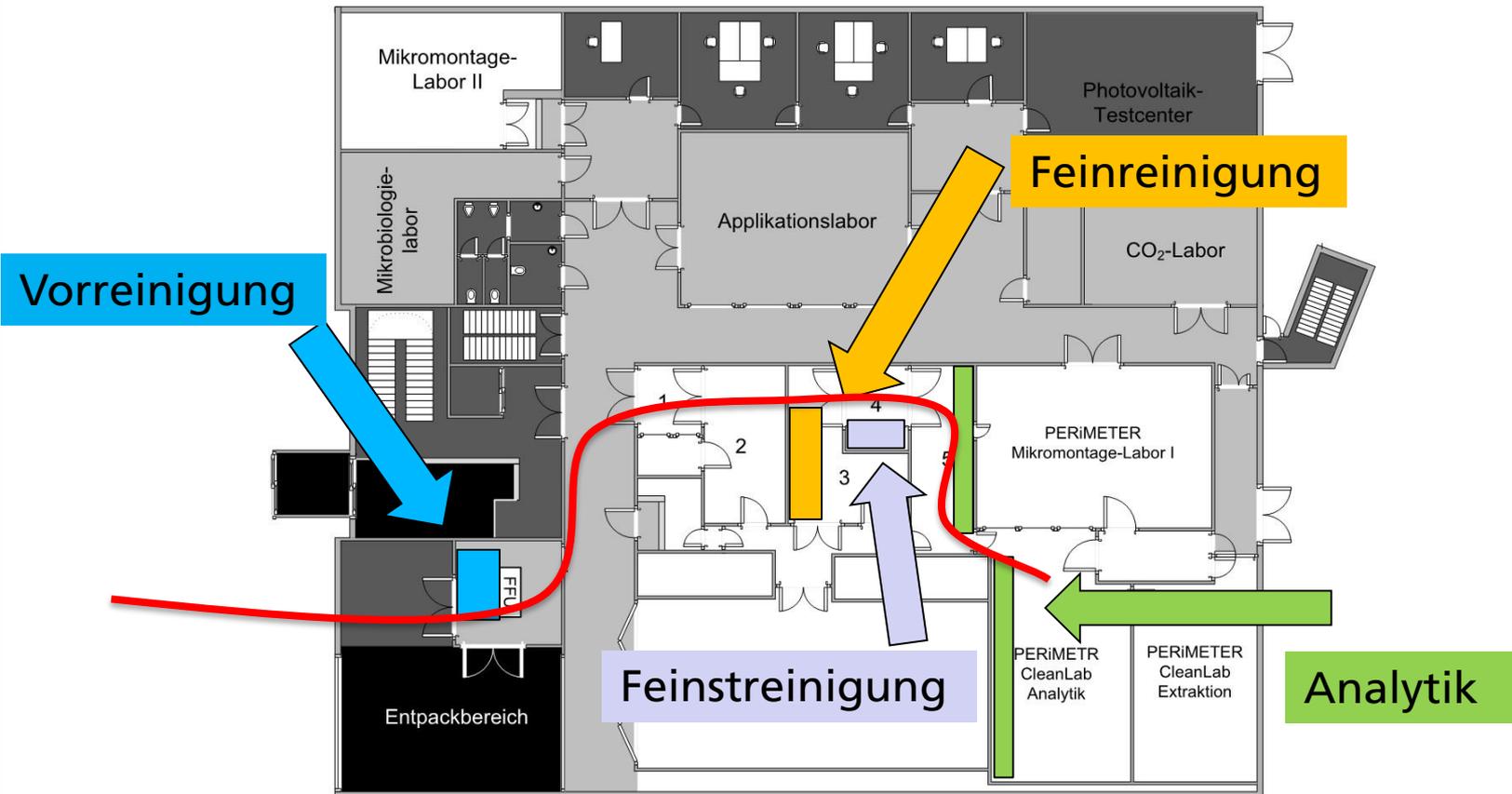


Reinigungskonzepte und Produktführung

Reinigungsanlagen IPA

Anschluss an Analyselabors.

Validierung der Reinigung → Indirekte Validierung der Reinigungsprozesse.



Vielen Dank