



ORIENTIERUNGSHILFE

Industrielle Reinigungsverfahren
zur Erreichung der Bauteilsauberkeit



1. Auflage (Mai 2026)

Unterstützt durch



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Mehrwert des Dokuments	3
1.2	Warum ist Reinigung wichtig?	3
1.3	Was ist Teilereinigung als funktionaler Prozess und als Wertschöpfung?	3
1.4	Zielsetzung der Teilereinigung	3
2	Grundlagen und Auswahlkriterien	4
2.1	Sinnerscher Kreis	4
2.1.1	Sinnerscher Kreis - Nasschemisch	4
2.1.2	Sinnerscher Kreis - Trockenverfahren	4
2.2	Anforderungen an die Technische Sauberkeit	5
2.3	Klassifizierung der Sauberkeit	6
3	Reinigungsverfahren	8
3.1	Manuelle Reinigung	8
3.2	Automatisierte Reinigung	9
3.2.1	Nasschemische Reinigung	9
3.2.2	Hochdruckreinigung inkl. Entgratung	10
3.2.3	Trockenreinigung	12
3.2.4	Kombinierte Reinigung	17
4	Anlagenauswahl für industrielle Reinigungsverfahren	19
4.1	Mechaniken im Überblick	19
4.2	Anlagentypen im Überblick	20
5	Praxisorientierte Entscheidungshilfe	23
5.1	Anforderungen an	23
5.2	Worauf gilt es noch zu achten?	23
6	Allgemeine Hinweise	24
7	CEC-Arbeitskreis Reinigungsverfahren	25

1 Einleitung

1.1 Mehrwert des Dokuments

Das Dokument bietet einen Überblick über die Vielfalt der verfügbaren und gängigen Reinigungsverfahren und unterstützt bei der Auswahl geeigneter Methoden. Es dient dem Anwender als branchenunabhängige Orientierungshilfe und beschreibt die Komplexität der Verfahrensauswahl sowie die relevanten Parameter und Einflussfaktoren.

Die Wirtschaftlichkeit des Reinigungsprozesses gilt grundsätzlich als einer der wesentlichen Faktoren bei der Implementierung. Eine zielgerichtete und sachgerechte Auswahl ermöglicht eine wirtschaftlich fundierte Entscheidung.

1.2 Warum ist Reinigung wichtig?

Reinigung wird in der industriellen Praxis oft als untergeordneter Prozess betrachtet, der nebenherlaufen muss. Dabei erfüllt sie eine zentrale Rolle in der Wertschöpfungskette. Sie ist Voraussetzung für viele nachgelagerte Bearbeitungsschritte und Prozesse, etwa Beschichtungen, Schweißverbindungen oder Klebprozesse. Ohne ausreichende Reinigung sind diese Schritte oft nicht zuverlässig durchführbar.

Ein weiteres Ziel der Reinigung ist die Sicherstellung und der dauerhafte Erhalt der technischen Funktionsweise von Bauteilen und Komponenten. Rückstände wie Partikel, Öle oder andere Verunreinigungen können zu Fehlfunktionen führen. In sicherheitsrelevanten Bereichen kann dies schwerwiegende Folgen haben.

Die Reinigung leistet einen entscheidenden Beitrag zur Langlebigkeit technischer Systeme. Sie trägt zum Korrosionsschutz bei, reduziert die Ausfallwahrscheinlichkeit und sichert die Funktionstüchtigkeit über den gesamten Lebenszyklus. Damit ist sie nicht nur aus technischer, sondern auch aus wirtschaftlicher Sicht unverzichtbar.

1.3 Was ist Teilereinigung als funktionaler Prozess und als Wertschöpfung?

Teilereinigung ist die gezielte Entfernung von unerwünschten partikulären und/oder filmischen Verunreinigungen auf Bauteiloberflächen. Sie stellt einen funktionalen Prozess dar, da sie die technische Sauberkeit sicherstellt, die für die weitere Verarbeitung oder den Einsatz der Bauteile notwendig ist.

Darüber hinaus hat Reinigung eine direkte Auswirkung auf die Qualität nachfolgender Prozesse. Sie beeinflusst beispielsweise die Haftung bei Beschichtungen, die Dichtheit von Verbindungen oder die Zuverlässigkeit mechanischer und elektronischer Komponenten.

Teilereinigung ist somit nicht nur ein unterstützender Arbeitsschritt, sondern ein eigenständiger Wertschöpfungsprozess. Durch sie wird die Funktionalität, Sicherheit und Lebensdauer von Produkten gewährleistet. In vielen Fällen entscheidet die Qualität der Reinigung über die spätere Produktqualität. Daher ist sie integraler Bestandteil der industriellen Fertigung mit direktem Einfluss auf Produktivität und Wirtschaftlichkeit.

1.4 Zielsetzung der Teilereinigung

Die Zielsetzung der Teilereinigung liegt in der bedarfsgerechten Entfernung von Verunreinigungen auf Bauteiloberflächen. Maßgeblich ist dabei nicht eine maximale, sondern eine funktional ausreichende Sauberkeit. Im Ergebnis gilt: *So sauber wie nötig, nicht wie möglich.*

Die Reinigung soll genau den Grad an Sauberkeit erreichen, der für die nachfolgenden Prozesse oder die endgültige Funktion des Bauteils erforderlich ist. Eine übermäßige Reinigung verursacht unnötige Kosten und Ressourcenverbrauch, ohne einen zusätzlichen Nutzen zu bringen.

Teilereinigung ist somit ein funktionsrelevanter Prozess. Sie sichert die technische Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der Bauteile. Gleichzeitig ist sie wertschöpfend, da sie direkt zur Qualität und Langlebigkeit des Endprodukts beiträgt. Damit wird die Reinigung zu einem strategischen Element in der industriellen Fertigung.

2 Grundlagen und Auswahlkriterien

2.1 Sinnerscher Kreis

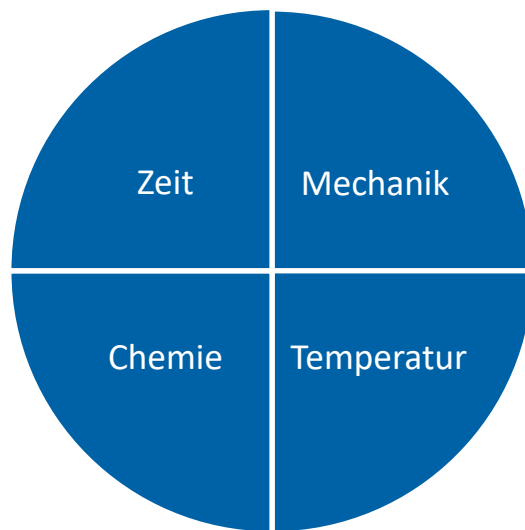


Abbildung 1: Darstellung des Sinner'schen Kreises

(Quelle: CEC)

2.1.1 Sinnerscher Kreis - Nasschemisch

Der Sinnersche Kreis beschreibt die vier grundlegenden Einflussgrößen im Reinigungsprozess: Zeit, Temperatur, Chemie und Mechanik. Diese Parameter wirken gemeinsam und bestimmen die Effektivität der Reinigung. Das Modell findet besondere Anwendung bei der nasschemischen Teilereinigung.

- **Zeit** bezeichnet die Einwirkdauer des Reinigungsmediums auf die Bauteiloberfläche.
- **Temperatur** erhöht in der Regel die Reaktionsgeschwindigkeit und verbessert so die Reinigungsleistung.
- **Chemie** steht für den Einsatz geeigneter Reinigungsmedien. Dabei gilt das Prinzip: *Gleiches löst Gleiches*. Organische Verunreinigungen werden durch organische Lösemittel, anorganische durch wässrige Lösungen entfernt.
- **Mechanik** ergänzt den Prozess durch physikalische Unterstützung, z. B. durch Spritzdruck, Ultraschall oder Bewegung.

Zwischen den vier Parametern bestehen enge Wechselwirkungen. Wird ein Faktor reduziert – etwa die Temperatur aus Energiegründen – muss dies durch Anpassung eines oder mehrerer anderer Faktoren (z. B. längere Zeit oder stärkere Mechanik) kompensiert werden. Damit der Prozess stabil und effizient bleibt, muss der Kreis im Gleichgewicht sein.

Die Auslegung dieser Parameter ist stets individuell auf die jeweilige Anwendung, das Material sowie die Art und Menge der Verunreinigung abgestimmt. Der Sinnersche Kreis dient somit als praxisorientiertes Modell zur Planung und Optimierung nasschemischer Reinigungsverfahren.

2.1.2 Sinnerscher Kreis - Trockenverfahren

Der Sinnersche Kreis lässt sich auch auf Trockenverfahren der industriellen Teilereinigung anwenden, wie z. B. Plasma-, Laser- oder CO₂-Schneereinigung. Im Unterschied zur nasschemischen Reinigung wird hier der Einsatz chemischer Reinigungsmedien bei der Plasma- und CO₂-Schneereinigung durch Prozessgase ersetzt. Bei der Laser-Reinigung werden keine chemischen Medien genutzt.

Die Reinigungswirkung basiert bei Trockenverfahren auf vier verbleibenden Einflussgrößen:

- **Zeit:** beschreibt die Einwirkdauer der physikalischen Energie auf die Bauteiloberfläche.
- **Temperatur:** entsteht lokal, z. B. durch Plasmaprozesse oder Laserbestrahlung. Sie beeinflusst die Ablation, Zersetzung oder das Verdampfen von Verunreinigungen/Beschichtungen.
- **Mechanik:** wirkt in Form physikalischer Kräfte, etwa durch Pulsenergie, Stoßwellen oder Materialabtrag durch thermische Wirkung. Sie ist ein zentraler Wirkmechanismus bei Laser- und CO₂-Verfahren.
- **Prozesschemie:** in Form von Gasen bei der Plasma- und der CO₂-Schneestrahln-Reinigung. Die Laser-Reinigung erfolgt hingegen ohne Prozesschemie.

Auch bei Trockenverfahren gilt: Die Parameter stehen in Wechselwirkung zueinander. Eine Reduktion eines Faktors erfordert die Anpassung der anderen, um ein effektives Reinigungsergebnis zu erzielen. Der Kreis muss im Gleichgewicht bleiben.

Die Auslegung der Parameter erfolgt anwendungsbezogen. Art und Intensität der Pulsenergie, Einwirkzeit und thermische Belastung müssen an das Bauteil und die Art der Verunreinigung angepasst werden. Der Sinnersche Kreis bietet somit auch für Trockenverfahren eine fundierte Grundlage zur Analyse und Optimierung des Reinigungsprozesses.

2.2 Anforderungen an die Technische Sauberkeit

Die Auswahl eines geeigneten Reinigungsverfahrens basiert auf einer Vielzahl technischer Anforderungen, die systematisch erfasst und bewertet werden müssen. Grundlage ist die Kenntnis über das zu reinigende Material. Hierbei sind insbesondere Vakuumfestigkeit, Temperatur- und Chemikalienbeständigkeit, sowie die Empfindlichkeit der Bauteile zu berücksichtigen.

Auch die Geometrie, das Gewicht, die Größe und besondere Merkmale wie Sacklochbohrungen, Hinterschneidungen oder ob es sich um Schüttgut oder Setzware handelt, spielen eine zentrale Rolle bei der Auswahl des Verfahrens sowie des Warenträgers.

Ein wesentlicher Aspekt sind die geforderten Sauberkeitsanforderungen. Diese können sich auf filmische, partikuläre, organische oder ionische Rückstände beziehen. Entscheidend ist, welche Art und Menge der Verunreinigung vorliegt und welches Reinigungsergebnis angestrebt wird.

Der Produktionsdurchsatz (z. B. Stückzahl pro Zeiteinheit) sowie die Schichtstruktur (1-/2-/3-schichtig) beeinflussen die Auswahl und Auslegung der Reinigungstechnik ebenfalls maßgeblich.

Zusätzlich sind prozessbezogene Aspekte relevant: Korrosionsschutz, vor- und nachgeschaltete Prozesse, der Automatisierungsgrad, der Platzbedarf der Anlage und die Anforderungen an die Trockenheit nach der Reinigung.

Die nachfolgende Tabelle 1 gibt noch einmal einen schnellen Überblick über die Kriterien. Nur durch ganzheitliche Betrachtung dieser Parameter lässt sich ein wirtschaftlich und technisch optimales Reinigungsverfahren auswählen.

Tabellarische Übersicht: Einflussfaktoren auf die Auswahl von Reinigungsverfahren

Kategorie	Kriterium	Beispielhafte Bedeutung
Bauteil	Material	Vakuumfest, chemikalienbeständig, temperaturstabil
	Geometrie	Hinterschneidungen, Sacklochbohrungen
	Größe und Gewicht	Auswahl der Reinigungsanlage (Kammergröße, Handling)
	Empfindlichkeit	Schonende Verfahren notwendig
	Schüttgut / Setzware	Einfluss auf Transport, Reinigung und Trocknung
Verunreinigung	Art	Partikulär, filmisch, organisch, ionisch
	Menge	Einfluss auf Reinigungsdauer und Medium
	Haftfestigkeit	Mechanische vs. chemische Reinigung
Anforderungen	Sauberkeitsanforderungen	Technische Sauberkeit nach VDA 19.1 / ISO 16232
	Trockenheit nach Reinigung	Wasserfrei, fleckenfrei, trocken
	Korrosionsschutz	Notwendig bei Metallen
Prozessparameter	Durchsatz / Stückzahl	Relevanz für Zykluszeit und Anlagenkonzept
	Schichtmodell	1-/2-/3-Schichtbetrieb
	Vor-/Nachprozesse	Z. B. Wärmebehandlung, Beschichtung
	Automatisierungsgrad	Manuell bis vollautomatisch
	Platzbedarf	Anlagenlayout, Transportwege

Tabelle 1: Einflussfaktoren auf die Auswahl von Reinigungsverfahren

2.3 Klassifizierung der Sauberkeit

Die Sauberkeit von Bauteilen lässt sich in verschiedene Anforderungsstufen einteilen. Diese Einteilung dient der Auswahl geeigneter Reinigungsverfahren sowie der Definition notwendiger Prüfmethode. Grundsätzlich werden vier Sauberkeitsklassen unterschieden:

1. **Optisch sauber**

Hierbei sind keine sichtbaren Rückstände wie Öle, Späne oder Verfärbungen auf der Oberfläche erkennbar. Eine rein visuelle Prüfung ist ausreichend. Diese Stufe erfüllt keine normierten Sauberkeitsanforderungen und dient meist der rein ästhetischen Bewertung oder einfachen Weiterverarbeitung.

2. **Grobreinigung**

Ziel ist das Entfernen grober, meist partikulärer Verunreinigungen wie Staub, Abrieb, Späne oder Bearbeitungsrückstände. Diese Reinigungsstufe wird häufig als vorbereitender Schritt eingesetzt, z. B. vor einer nachfolgenden Feinreinigung oder Weiterbearbeitung.

3. **Feinreinigung**

Die Feinreinigung richtet sich an Anwendungen mit definierten technischen Sauberkeitsanforderungen, z. B. gemäß VDA 19, ISO 16232 oder weiterer branchenspezifischer Normen. Es werden partikuläre und filmische Rückstände bis in den Mikrometerbereich entfernt. Diese Stufe ist typisch für Bauteile in der Automobil-, Hydraulik- oder Medizintechnik.

4. **High Purity**

In diesem Bereich gelten höchste Anforderungen an die technische Sauberkeit. Ziel ist die nahezu vollständige Entfernung aller partikulären, filmischen, organischen und ionischen Verunreinigungen. High-Purity-Reinigung wird insbesondere in der Halbleiter-, Vakuum-, Laser- oder Raumfahrttechnik eingesetzt. Die Prozesse erfolgen häufig unter Reinraumbedingungen und beinhalten oftmals ultrareine Medien, spezielle Trocknungsmethoden und Validierungsmaßnahmen.

Die Einordnung eines Bauteils in eine dieser Klassen erfolgt in Abhängigkeit von dessen Funktion, Bauumgebung und anschließenden Prozessen. Je höher die Sauberkeitsklasse, desto strenger die Anforderungen an das Reinigungsverfahren und die Umgebungsbedingungen.

3 Reinigungsverfahren

3.1 Manuelle Reinigung

Definition

Die manuelle Reinigung ist ein händisch ausgeführtes Reinigungsverfahren, bei dem Werkzeuge wie Bürsten, Swipes, Tücher oder andere Hilfsmittel verwendet werden. Der Reinigungsprozess erfolgt durch direkte menschliche Handhabung ohne automatisierte Unterstützung.



Abbildung 2: Beispielhafter Waschtisch mit manuellem Swipe-Werkzeug

(Quelle: KI-generiert)

Einsatzgebiete

Die manuelle Reinigung kommt vorrangig in Werkstätten, in der Einzelteilfertigung, in Manufakturen sowie in Forschung und Entwicklung (F&E) zum Einsatz. Sie wird häufig dort verwendet, wo Flexibilität oder eine individuelle Bearbeitung erforderlich ist.

Vorteile

Die Reinigung kann flexibel an die Bauteilgeometrie angepasst werden. Auch schwer zugängliche Bereiche lassen sich manuell gut erreichen. Die Investitionskosten für die Ausstattung sind gering. Zudem ist der Platzbedarf minimal, was die Integration in kleinere Arbeitsbereiche erleichtert.

Nachteile

Die manuelle Reinigung ist zeitintensiv und personalaufwändig. Sie ermöglicht nur einen geringen Durchsatz und ist daher für Serienfertigung ungeeignet. Die Reproduzierbarkeit der Reinigungsergebnisse ist begrenzt, da sie stark vom jeweiligen Bedienpersonal abhängt. Motivation, Ermüdung oder unzureichende Schulung können die Qualität beeinflussen. Zudem besteht das Risiko einer Kreuzkontamination. Arbeitsschutzmaßnahmen sind aufwendig umzusetzen, insbesondere bei Verwendung von Chemikalien.

Anwendungsfelder

Die Anwendungsfelder der manuellen Reinigung ergeben sich aus den Grenzen der automatisierten Reinigung. Sie ist vor allem geeignet für Bauteile, die nicht automatisiert gehandhabt werden können, für Prototypen oder bei häufig wechselnden Produktvarianten mit geringen Stückzahlen.

Übersicht der Prozessparameter



Hoher Zeitaufwand durch händisches Arbeiten



Einsatz wässriger Reiniger oder milder Lösemittel unter Beachtung des Arbeitsschutzes



Mechanische Reinigungswirkung durch Bürste, Swipe oder Tuch

Zusammenfassung

Die manuelle Reinigung bietet flexible Einsatzmöglichkeiten bei geringen Investitionskosten. Sie ist besonders geeignet für Einzelteile, komplexe Geometrien oder nicht standardisierte Prozesse. Aufgrund des hohen Personalaufwands und der eingeschränkten Reproduzierbarkeit ist sie jedoch nur bedingt für industrielle Serienanwendungen geeignet.

3.2 Automatisierte Reinigung

Die automatisierte Reinigung bezeichnet einen voll- oder teilautomatisierten Prozess. Dabei werden Bauteile ohne manuelles Eingreifen durch eine Reinigungsanlage geführt und gereinigt. Die Abläufe erfolgen steuerungsgeführt und steuerungsdefiniert. Dies gewährleistet eine gleichbleibend hohe Reinigungsqualität und Prozesssicherheit. Automatisierte Verfahren eignen sich besonders für industrielle Anwendungen mit hohen Sauberkeitsanforderungen und hohen Materialdurchsätzen.

3.2.1 Nasschemische Reinigung

Definition

Die nasschemische Mechanik kombiniert mechanische Einwirkungen mit chemischen Reinigungsprozessen. Bauteile werden in speziellen Anlagen, wie Einkammer-, Mehrkammer- oder Durchlaufanlagen, gereinigt. Diese Anlagen sind meist automatisiert und zeichnen sich durch definierte Prozessabläufe aus.

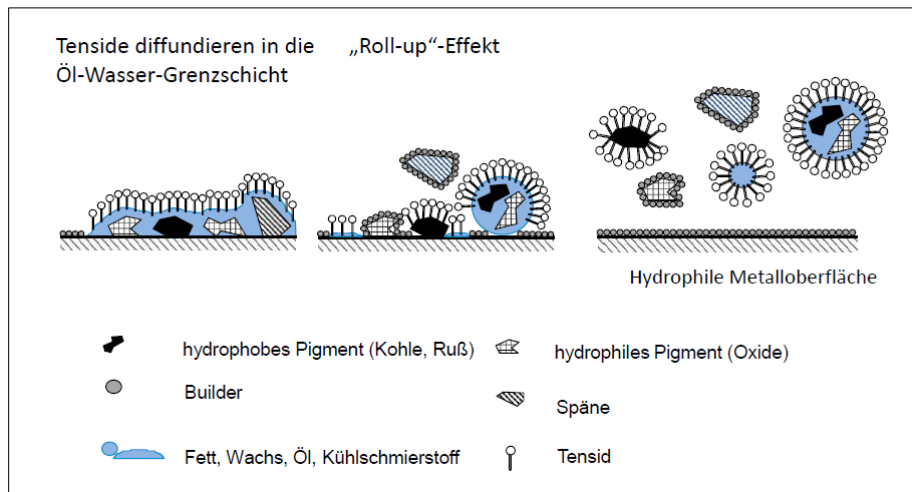


Abbildung 3: Schematische Darstellung der nasschemischen Reinigung

(Quelle: SurTec Deutschland GmbH, www.surtec.com)

Einsatzgebiete

Mechanisch-nasschemische Reinigungsverfahren finden vor allem in der industriellen Produktion und Massenproduktion Anwendung. Darüber hinaus werden sie häufig in der Instandhaltung eingesetzt, um Bauteile effizient und zuverlässig zu reinigen.

Vorteile

Diese Verfahren bieten eine hohe Reproduzierbarkeit der Reinigungsergebnisse, da die Prozesse validierbar und nachvollziehbar gestaltet sind. Durch die Automatisierung lassen sich hohe Durchsatzraten bei geringem Personaleinsatz erreichen. Die kontinuierliche Prozessüberwachung sorgt für eine hohe Prozesssicherheit. Gleichzeitig reduzieren sich die Produktionsstückkosten. Da menschliche Fehlerquellen minimiert werden, steigt die Qualität der Reinigung. Zudem verbessert sich der Arbeitsschutz für das Bedienpersonal. Der ressourcenschonende Einsatz von Chemikalien und Wasser unterstützt nachhaltiges Wirtschaften. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, verschiedene Trocknungsverfahren je nach Anforderung auszuwählen.

Nachteile

Auf der anderen Seite sind die Investitionskosten für die Anschaffung und Installation der Anlagen relativ hoch. Auch der Wartungsaufwand zur Sicherstellung der Prozessqualität ist nicht unerheblich. Zudem wird eine geeignete Infrastruktur benötigt, beispielsweise Strom-, Wasseranschluss und ausreichend Platz. Der Energieverbrauch der Anlagen ist vergleichsweise hoch.

Anwendungsfelder

Mechanisch-nasschemische Reinigungsverfahren werden in vielfältigen Anwendungsfeldern eingesetzt, in denen eine effiziente, reproduzierbare und schonende Reinigung von Bauteilen mit hohen Sauberkeitsanforderungen erforderlich ist.

Übersicht der Prozessparameter



Geringer Zeitaufwand



Flexible Temperaturbereiche



Chemikalienauswahl von neutral bis aggressiv, inklusive brennbarer Medien



Mechanische Verfahren wie Ultraschall, Druckfluten/Injektionsfluten, Spritzreinigung, Tauchreinigung, Druckwechselperfahren sowie verschiedene Trocknungsverfahren

Zusammenfassung

Mechanisch-nasschemische Reinigungsverfahren sind bewährte, automatisierte Prozesse, die chemische und mechanische Reinigung kombinieren. Sie bieten hohe Reproduzierbarkeit, Prozesssicherheit und Wirtschaftlichkeit bei gleichzeitig reduziertem Personaleinsatz. Trotz hoher Investitions- und Betriebskosten sind sie besonders für die industrielle Massenproduktion und Instandhaltung geeignet, um Bauteile effizient und ressourcenschonend zu reinigen.

3.2.2 Hochdruckreinigung inkl. Entgratung

Definition

Die Hochdruckreinigung ist ein mechanisches Reinigungsverfahren, bei dem Wasser unter hohem Druck – in der Regel zwischen 40 und 100 bar – auf die zu reinigenden Bauteile aufgebracht wird. Der Druckbereich für die Entgratung liegt hingegen bei 300 – 800 bar. Der Reinigungsprozess erfolgt meist ohne oder nur mit geringem Einsatz von Chemikalien. Durch die kinetische Energie des Wasserstrahls werden Verschmutzungen gezielt und effektiv entfernt. Neben der Reinigung kann gleichzeitig auch eine Entgratung der Bauteile erfolgen.



Abbildung 4: Schematische Darstellung einer Hochdruckreinigung

(Quelle: KI-generiert)

Einsatzgebiete

Hochdruckreinigungsverfahren finden Anwendung in der spanenden Fertigung, im Stanz- und Umformbereich, in Werkstätten sowie in der Instandhaltung. Überall dort, wo grobe oder hartnäckige Verunreinigungen auftreten, ist diese Methode besonders wirksam.

Vorteile

Ein wesentlicher Vorteil der Hochdruckreinigung ist die effektive Entfernung selbst hartnäckiger Verschmutzungen. Die Reinigungsintensität kann auf das Material abgestimmt werden, wodurch eine oberflächenschonende Behandlung gewährleistet ist. Die punktuelle Reinigung einzelner Bauteilbereiche ist möglich. Zusätzlich erlaubt das Verfahren die Entgratung von Bauteilkanten in einem Schritt.

Nachteile

Dem stehen ein hoher Energie- und Wasserverbrauch sowie ein hoher Wartungsaufwand gegenüber. Die starke Beanspruchung von Anlagenkomponenten wie Leitungen und Pumpen führt zu erhöhtem Verschleiß. Dem Verschleiß kann durch Einbau von Filtern entgegengewirkt werden. Das Verfahren ist zudem nicht für alle Materialien geeignet, etwa für empfindliche Kunststoffe. Es wird eine entsprechende Infrastruktur benötigt, einschließlich Strom-, Wasseranschluss und ausreichend Platz.

Anwendungsfelder

Die Hochdruckreinigung mit Entgratung ist ideal für Anwendungen mit grober oder fester Verschmutzung sowie für Bauteile, bei denen neben der Reinigung auch eine Nachbearbeitung (z. B. Entgratung) erforderlich ist. Sie eignet sich besonders für robuste metallische Bauteile und industrielle Fertigungsumgebungen.

Übersicht der Prozessparameter



Geringer Zeitaufwand durch schnellen Reinigungsprozess



Einsatz bei Niedertemperaturbedingungen



Geringer Chemikalieneinsatz, meist nur wässrige Medien



Mechanische Spritzreinigung mit Hochdruck

Zusammenfassung

Die Hochdruckreinigung ist ein leistungsstarkes, mechanisches Verfahren zur Entfernung hartnäckiger Verunreinigungen und zum Entgraten von Bauteilen. Sie eignet sich besonders für industrielle Anwendungen mit hohen Anforderungen an Reinigungsleistung und Präzision. Trotz des hohen Energie- und Wartungsaufwands bietet sie eine effektive, materialschonende und zeiteffiziente Reinigungslösung.

3.2.3 Trockenreinigung

3.2.3.1 Laserreinigung

Definition

Die Laserreinigung ist ein physikalisches Verfahren, das ohne flüssige Reinigungsmedien auskommt. Dabei werden in der Regel Nanosekunden- oder Pikosekundenlaser eingesetzt, deren kurze, hochenergetische Pulse Verunreinigungen wie z.B. Öle oder Fette, Oxidschichten oder Beschichtungen durch Verdampfung oder Ablation präzise von der Bauteiloberfläche entfernen. Das Verfahren stellt eine trockene und materialschonende Alternative zu klassischen Nassreinigungsverfahren dar.

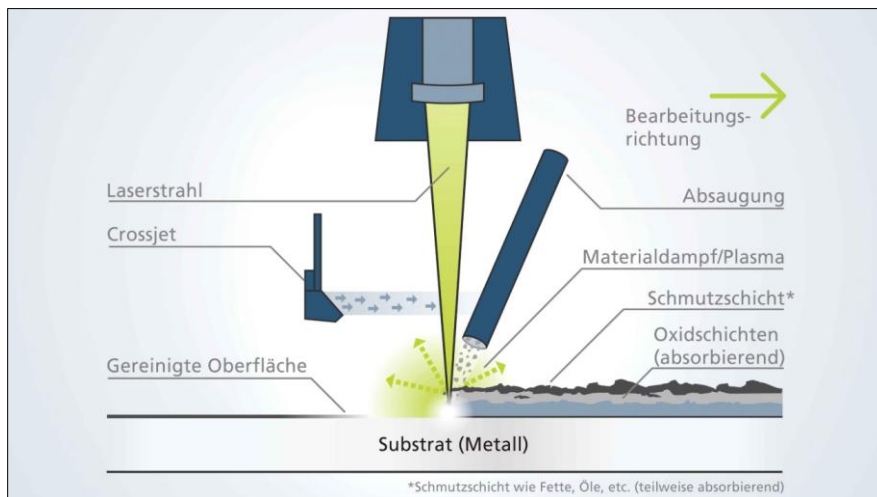


Abbildung 5: Schematischer Aufbau der Laserreinigung

(Quelle: TRUMPF SE, <https://www.trumpf.com/>)

Einsatzgebiete

Laserreinigungsverfahren werden vor allem in der industriellen Produktion und der Massenfertigung eingesetzt, insbesondere in Branchen wie Automotive, E-Mobilität, Elektronikfertigung und Medizintechnik. Sie eignen sich für Anwendungen, bei denen hohe Anforderungen an Präzision, Oberflächensauuberkeit und Umweltverträglichkeit bestehen.

Vorteile

Ein zentraler Vorteil der Laserreinigung ist die selektive Entfernung von Verunreinigungen, während das Substrat geschont wird. Der Prozess ist kontaktlos, materialschonend und ohne Chemikalien, was ihn besonders umweltfreundlich macht. Die Anlagen benötigen wenig Platz und lassen sich gut in automatisierte Produktionslinien integrieren.

Nachteile

Die Laserreinigung stößt bei komplexen Geometrien an ihre Grenzen, da der Laserstrahl freie Sicht auf die Oberfläche benötigt. Zudem ist die Reinigungswirkung stark materialabhängig, was eine sorgfältige Abstimmung der Laserparameter und Auswahl der Laserquelle erfordert.

Anwendungsfelder

Typische Anwendungsfelder der Laserreinigung liegen in der Automobilindustrie, E-Mobilität, der Lebensmitteltechnik, der Luft- und Raumfahrt, der Elektronikfertigung sowie in der Medizintechnik.

Übersicht der Prozessparameter



Geringer Zeitaufwand bei ausreichender Flächenrate



Temporär hohe Temperaturen an der Oberfläche durch hohe Pulsintensitäten



Kein Einsatz von Chemikalien



Physikalisches Verfahren ohne mechanische Einwirkung auf das Bauteil

Zusammenfassung

Die Laserreinigung ist ein trockenes, physikalisches Reinigungsverfahren mit hoher Präzision und Umweltverträglichkeit. Sie eignet sich besonders für automatisierte Fertigungsprozesse mit hohen Anforderungen an selektive und materialschonende Reinigung. Trotz höherem Energiebedarf und begrenzter Geometrieanpassung bietet sie eine moderne Lösung für zahlreiche industrielle Anwendungen.

3.2.3.2 Plasmareinigung

Definition

Die Plasmareinigung ist ein trockenes Reinigungsverfahren, bei dem in der Regel keine flüssigen Reinigungsmedien eingesetzt werden. Das Verfahren basiert auf physikalischen und chemischen Reaktionen im energiereichen Plasmazustand. Es erfolgt unabhängig vom Sinnerschen Kreis und zählt zu den mechanisch-trockenen Reinigungsverfahren. Es stehen sowohl atmosphärisches Plasma als auch Niederdruckplasma (Kammerverfahren) zur Verfügung.



Abbildung 6: Schematische Darstellung der atmosphärischen Plasmareinigung

(Quelle: KI-generiert)

Einsatzgebiete

Plasmareinigung findet vorrangig Anwendung in der industriellen Produktion und der Massenfertigung. Sie wird insbesondere dort eingesetzt, wo höchste Anforderungen an Oberflächenreinheit und Prozesssicherheit bestehen.

Vorteile

Die Reinigung erfolgt kontaktlos und materialschonend. Durch die gezielte Entfernung organischer Rückstände wird eine sehr hohe Reinheit erzielt. Die Prozesse sind präzise, reproduzierbar und lassen sich gut automatisieren. Zudem ist der Einsatz chemischer Reinigungsmittel stark reduziert oder entfällt vollständig, was das Verfahren umweltfreundlich macht. Auch bei komplexen Geometrien kann eine gleichmäßige Reinigung erreicht werden. Der Platzbedarf der Anlagen ist vergleichsweise gering.

Nachteile

Nachteilig ist der vergleichsweise hohe Energiebedarf des Verfahrens. Zudem sind Investitionen in geeignete Vakuumanlagen oder Plasmaquellen erforderlich. Die Reinigungswirkung hängt stark von den eingesetzten Parametern (z. B. Gasart, Leistung, Druck) sowie vom Material des Bauteils ab. Nicht alle Werkstoffe sind uneingeschränkt für die Plasmabehandlung geeignet.

Anwendungsfelder

Plasmareinigung wird in vielen Hightech-Bereichen eingesetzt, etwa in der Automobilindustrie, der Lebensmitteltechnik, der Luft- und Raumfahrt, der Elektronikfertigung und der Medizintechnik.

Übersicht der Prozessparameter



Kurze Prozesszeiten bei dünnen Schichten und geringen Verschmutzungen



Niedrige thermische Belastung des Bauteils durch kaltes Plasma



Kein oder minimaler Chemikalieneinsatz, je nach eingesetztem Prozessgas



Physikalisches Reinigungsverfahren ohne mechanische Belastung der Oberfläche

Zusammenfassung

Die Plasmareinigung ist ein trockenes, präzises und umweltfreundliches Reinigungsverfahren für sensible Bauteile mit hohen Sauberkeitsanforderungen. Sie eignet sich besonders für automatisierte Produktionsprozesse in hochsensiblen Industrien. Trotz des höheren Energiebedarfs bietet das Verfahren eine effektive und schonende Alternative zu klassischen Reinigungsmethoden.

3.2.3.3 CO₂-Reinigung

Definition

Die CO₂-Reinigung ist ein trockenes, mechanisches Reinigungsverfahren, bei dem in der Regel keine flüssigen Reinigungsmedien eingesetzt werden. Dabei wird festes oder flüssiges Kohlendioxid (meist in Form von Schneestrahlen oder Trockeneispartikeln) verwendet, um Oberflächen von Verunreinigungen zu befreien. Das Verfahren wirkt physikalisch und erfolgt unabhängig vom Sinner'schen Kreis. Die Anwendung kann robotergestützt sein, was einen hohen Automatisierungsgrad zulässt. Die Auswahl einer geeigneten Automation erhöht die Vielfalt der Anwendungsmöglichkeiten.

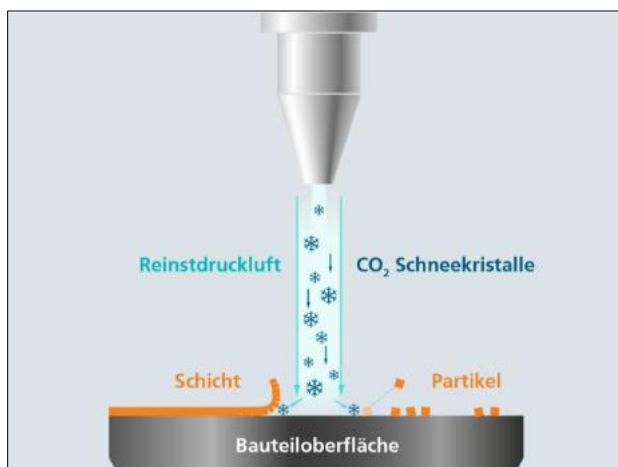


Abbildung 7: Schematischer Aufbau und Anwendung des CO₂-Reinigungsverfahrens

(Quelle: Fraunhofer IPA; <https://www.ipa.fraunhofer.de>)

Einsatzgebiete

CO₂-Reinigungsverfahren finden breite Anwendung in der industriellen Produktion und in der Massenfertigung. Sie eignen sich besonders für empfindliche Bauteile oder solche mit komplexer Geometrie, bei denen eine trockene und rückstandsfreie Reinigung erforderlich ist.

Vorteile

Ein wesentlicher Vorteil ist die rückstandsfreie Reinigung, da das CO₂ nach dem Prozess vollständig verdampft. Es ist ein kontaktfreies Verfahren, wodurch empfindliche Oberflächen nicht beschädigt werden. Es ist umweltfreundlich, da keine wässrigen oder chemischen Reinigungsmittel benötigt werden. Die Anlagen lassen sich platzsparend integrieren und gut automatisieren. Auch punktuelle oder partielle Reinigungen sind möglich. Der Reinigungsprozess ist schonend und erzeugt keine thermische Belastung für das Bauteil.

Nachteile

Der Energieaufwand für die Bereitstellung und Handhabung des CO₂ ist hoch. Zudem muss das CO₂ unter hohem Druck gelagert und sicher gehandhabt werden. Der Reinigungsprozess ist nicht für jede Art von Verschmutzung oder jedes Material geeignet. Auch die Beschaffung und Entsorgung von CO₂ kann logistische Herausforderungen mit sich bringen. Die Anlagen selbst erfordern regelmäßige Wartung und geeignete Infrastruktur.

Anwendungsfelder

Typische Einsatzbereiche der CO₂-Reinigung liegen in der Automobilindustrie, der Lebensmitteltechnik, der Luft- und Raumfahrt, der Elektronikindustrie sowie in der Medizintechnik – überall dort, wo hohe Reinheit und Rückstandsfreiheit gefordert sind.

Übersicht der Prozessparameter



Geringer Zeitaufwand durch sofortige Wirkung des CO₂-Strahls



Niedrige Temperaturbelastung durch sublimierendes CO₂



Keine Chemikalien erforderlich – reines physikalisches Verfahren



Mechanisches Verfahren mittels Partikel- oder Schneestrahls

Zusammenfassung

Die CO₂-Reinigung ist ein innovatives, trockenes Reinigungsverfahren für empfindliche und anspruchsvolle Bauteile. Es ermöglicht eine schonende, rückstandsfreie Reinigung ohne Flüssigkeiten oder Chemikalien. Trotz höherem Energiebedarf und logistischer Anforderungen bietet es eine effiziente Lösung für zahlreiche Industrien mit hohen Sauberkeitsanforderungen.

3.2.3.4 Druckluft (Abblasen und Absaugen)

Definition

Die Druckluftreinigung ist ein trockenes, mechanisches Reinigungsverfahren, bei dem in der Regel keine flüssigen Reinigungsmedien verwendet werden. Die Reinigung erfolgt durch gezielte Beaufschlagung der Bauteiloberfläche mit komprimierter Luft. Dieses Verfahren ist unabhängig vom Sinner'schen Kreis und zählt zu den einfachsten mechanisch-trockenen Reinigungsmethoden.

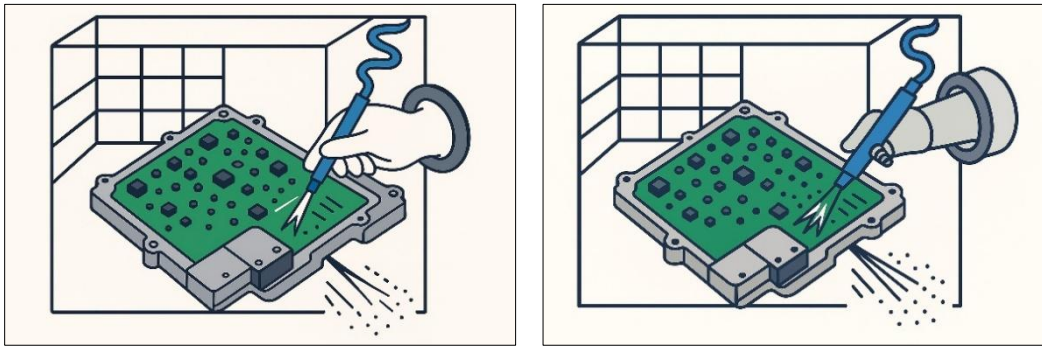


Abbildung 8: Schematischer Aufbau für die automatisierte Druckluftreinigung (links manuell, rechts automatisiert)

(Quelle: Gläser GmbH)

Einsatzgebiete

Druckluftreinigungsverfahren finden breite Anwendung in der industriellen Fertigung und Massenproduktion. Sie werden häufig als vorbereitender oder unterstützender Reinigungsschritt genutzt – etwa zur Entfernung loser Partikel oder zur Trocknung von Oberflächen.

Vorteile

Die Druckluftreinigung ist einfach in der Anwendung, schnell und kostengünstig. Sie eignet sich besonders für die Entfernung von Staub, Spänen oder leichten Partikeln. Der Prozess ist kontaktfrei, wodurch empfindliche Oberflächen nicht beschädigt werden. Die Anlagen lassen sich leicht in bestehende Produktionslinien integrieren. Zudem ist kein Einsatz von Chemikalien erforderlich. Durch die geringe Komplexität ist auch der Wartungsaufwand minimal.

Nachteile

Die Reinigungswirkung ist auf lose Verunreinigungen beschränkt. Festsitzende oder fettige Rückstände können mit Druckluft nicht zuverlässig entfernt werden. Zudem kann es zur Wiederverschmutzung kommen, wenn Partikel nur umverteilt statt vollständig entfernt werden. Auch ist die Staubentwicklung zu berücksichtigen, was bei sensiblen Bauteilen problematisch sein kann. In einigen Fällen sind zusätzliche Absaug- oder Filtereinrichtungen erforderlich.

Anwendungsfelder

Typische Einsatzbereiche sind die Automobilindustrie, Lebensmittelverarbeitung, Luft- und Raumfahrt, Elektronikfertigung sowie die Medizintechnik. Die Druckluftreinigung wird dort vor allem zur Entfernung trockener Partikel oder als Zwischenschritt innerhalb komplexerer Reinigungsprozesse genutzt.

Übersicht der Prozessparameter



Sehr geringer Zeitaufwand bei einfachen Reinigungsaufgaben



Keine thermische Belastung für das Bauteil



Keine Chemikalien erforderlich



Reinigung durch mechanischen Luftstrom – kontaktlos und schonend

Zusammenfassung

Die Druckluftreinigung ist ein schnelles und kosteneffizientes Verfahren zur Entfernung loser Verunreinigungen. Sie eignet sich besonders für einfache Reinigungsaufgaben in automatisierten Produktionsumgebungen. Ihre Grenzen liegen jedoch bei haftenden Rückständen oder komplexen Sauberkeitsanforderungen. Als ergänzendes Verfahren ist sie in vielen Industriezweigen dennoch unverzichtbar.

3.2.4 Kombinierte Reinigung

Definition

Die kombinierte Reinigung bezeichnet Reinigungsverfahren, bei denen mehrere physikalische, chemische oder mechanische Prinzipien gezielt miteinander kombiniert werden. Ziel ist es, die jeweiligen Stärken der Einzelverfahren zu nutzen und so eine höhere Reinigungswirkung, Prozesssicherheit oder Wirtschaftlichkeit zu erzielen. Dabei kann es sich um sequenzielle oder parallele Anwendungen handeln.

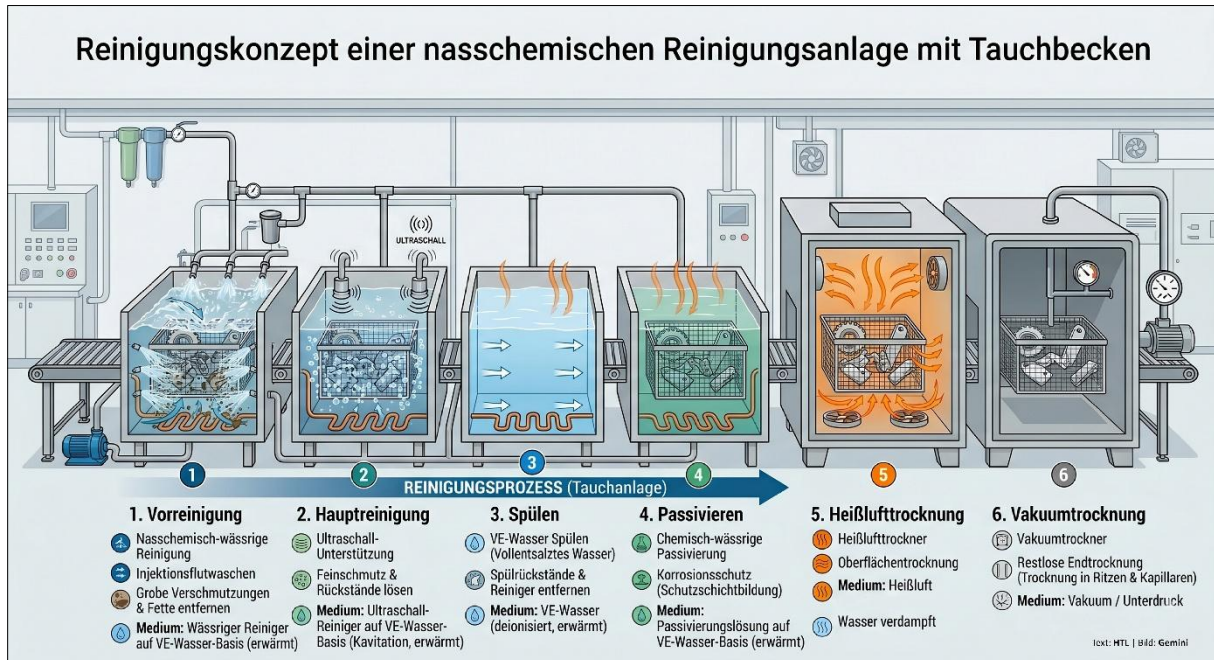


Abbildung 9: Schematischer Aufbau einer beispielhaft modular aufgebauten Reinigungsanlage mit unterschiedlichen Reinigungsverfahren in Kombination

(Quelle: HTL Peter Messner GmbH)

Verfahren

Kombinierte Reinigungssysteme integrieren z. B. nasschemische Reinigung mit Ultraschall, Hochdruck- oder CO₂-Technologien, ergänzt durch geeignete Trocknungs- oder Plasmaverfahren. Auch Kombinationen aus manuellen und automatisierten Prozessschritten sind möglich. Die Verfahren werden anwendungs- und bauteilspezifisch ausgewählt.

Einsatzgebiete

Eingesetzt wird die kombinierte Reinigung vor allem in Bereichen mit besonders hohen oder spezifischen Reinheitsanforderungen. Sie eignet sich für komplexe Bauteilgeometrien, stark haftende Verschmutzungen oder bei Prozessketten, in denen unterschiedliche Verunreinigungen auftreten. Typische Einsatzorte sind die präzisionsorientierte Fertigung, F&E oder anspruchsvolle Endreinigungen in der Serienproduktion.

Vorteile

Durch die Kombination mehrerer Verfahren lassen sich sehr gute Reinigungsergebnisse erzielen. Es entsteht eine höhere Flexibilität bei der Anpassung an verschiedene Materialien, Geometrien und Verschmutzungsarten. Zudem kann die Kombination die Effizienz steigern, da Synergien zwischen den Verfahren genutzt werden. Der Reinigungsprozess kann gezielt validiert und dokumentiert werden. Auch automatisierte Lösungen sind realisierbar.

Nachteile

Die Systeme sind in der Regel komplex und damit investitions- sowie wartungsintensiv. Die Abstimmung der verschiedenen Verfahrenskomponenten erfordert genaue Prozesskenntnis. Je nach Verfahren entstehen zusätzliche Anforderungen an Infrastruktur, Energieversorgung, Medienhandling oder

Arbeitsschutz. Der Betrieb solcher Anlagen ist häufig nur wirtschaftlich, wenn hohe Anforderungen oder große Stückzahlen vorliegen.

Anwendungsfelder

Die kombinierte Reinigung findet Anwendung in der Automobilindustrie, der Luft- und Raumfahrt, der Elektronikfertigung, der Medizintechnik sowie in der optischen Industrie. Überall dort, wo hohe technische Sauberkeit mit gleichzeitiger Materialschonung und Prozesssicherheit gefordert wird, ist sie eine geeignete Lösung.

Übersicht der Prozessparameter



Zeitaufwand abhängig von der Prozesskombination – oft effizienter als Einzelverfahren



Anpassbare Temperaturführung durch modulare Verfahrenswahl



Chemikalieneinsatz je nach Verfahren – flexibel von neutral bis aggressiv



Mechanische Wirkprinzipien wie Ultraschall, Spritzdruck, Bürsten, Druckluft oder Plasma frei kombinierbar

Zusammenfassung

Die kombinierte Reinigung bietet eine leistungsstarke und anpassbare Lösung für vielfältige industrielle Anforderungen. Sie ermöglicht die gezielte Nutzung von Synergien verschiedener Reinigungsverfahren, um eine hohe Prozesssicherheit und Reinigungsqualität zu erreichen. Trotz höherer Investitionen und Komplexität überwiegen ihre Vorteile besonders in anspruchsvollen Fertigungsumgebungen.

4 Anlagenauswahl für industrielle Reinigungsverfahren

In der industriellen Reinigungstechnik steht eine Vielzahl an Anlagentypen zur Verfügung. Die Auswahl basiert auf den spezifischen Anforderungen an Sauberkeit, Bauteilgeometrie, Werkstoff, Produktionsvolumen sowie Wirtschaftlichkeit. Nachfolgend sind die gängigen Mechaniken aufgeführt, sortiert nach physikalischer Wirkungsweise und ihrem typischen Anwendungsbereich. Die einzelnen Mechaniken lassen sich vielfach auch kombinieren, um Reinigungsergebnisse zu optimieren. Die Darstellung folgt dem Prinzip des Sinnerschen Kreises: Mechanik, Chemie, Temperatur und Zeit – ergänzt um moderne Verfahren und Medien.

4.1 Mechaniken im Überblick

Tabellarische Übersicht: Gängige Reinigungsverfahren mit Wirkungsmechanismen und deren häufigste Anwendungsfelder

Mechanik	Wirkung	Anwendungsfelder
Tauchen	Auftriebskraft, Aufweichen, Anlösen	Für alle Geometrien geeignet. Besonders effektiv in Kombination mit anderen Mechaniken (z. B. Ultraschall oder Druckfluten). Ideal bei empfindlichen Bauteilen
Spritzen (Hochdruck / Niederdruck)	Kinetische Energie	Für einfache Geometrien geeignet. Hinterschneidungen werden nicht zuverlässig erreicht. Es besteht die Gefahr von Spritzschatten.
Ultraschall	Kavitation (Mikroimplosionen durch Schallwellen)	Für Bauteile mit hohen Anforderungen und komplexen Geometrien. Besonders bei hartnäckigen Verkrustungen wirksam.
Vakuum-Druckwechsel-Verfahren	Nukleation und Kavitation unter Druckwechsel	Für komplexe Geometrien ohne erzeugte Strömung. Eignet sich für kapillare Strukturen und schwer zugängliche Innenbereiche.
Druckfluten/ Injektionsfluten	Strömungsmechanik durch gezielte Flüssigkeitsbewegung	Geeignet für moderate Anforderungen. Auch bei komplexen Geometrien mit Hinterschneidungen wirksam.
Warenbewegung (Rotation, Oszillation, Schwenkung)	Strömungsmechanik durch Relativbewegung	Ergänzt andere Mechaniken. Für empfindliche, schöpfende oder geometrisch komplexe Bauteile geeignet.
Dampfen	Kondensation	Für besonders reine Anwendungen (z. B. Medizintechnik). Dient dem Entfetten, Spülen oder zur Trocknungsunterstützung.
CO₂-Schneestrahlen	Thermomechanisch, ggf. leicht abrasiv	Für hartnäckige Verunreinigungen auf einfachen Geometrien. Hinterschneidungen werden nicht vollständig erreicht, Gefahr von Spritzschatten.
Laserreinigung	Abtragend mittels gepulster Laserenergie (hohe Pulsintensität): photothermisch oder photoablativ	Für die selektive und kontaktlose Reinigung. Besonders vorteilhaft bei empfindlichen Materialien, da keine mechanische

Mechanik	Wirkung	Anwendungsfelder
		Belastung entsteht und keine chemischen Rückstände zurückbleiben.
Plasmareinigung	Aktivierung und Abtrag durch ionisierte Gase	Für feinste Reinigung bspw. in der Elektronik, Medizintechnik oder Luft- und Raumfahrt. Ohne Einsatz flüssiger Medien.
Druckluftreinigung	Kinetische Energie durch Druckluft oder Luftstöße	Für das Abblasen loser Partikel. Ergänzend oder vorbereitend einsetzbar bei einfachen Verschmutzungen.

Tabelle 2: Gängige Reinigungsverfahren mit Wirkungsmechanismen und deren häufigste Anwendungsfelder

Zusammenfassung

Die Wahl der geeigneten Reinigungsanlage hängt maßgeblich von der Bauteilgeometrie, Verschmutzungsart und geforderter Sauberkeit ab. Mechanische Verfahren reichen von klassischen Techniken wie Spritz- oder Tauchreinigung bis hin zu modernen Lösungen wie Plasma- oder Laserreinigung. Eine differenzierte Betrachtung aller Einflussgrößen (Zeit, Chemie, Temperatur, Mechanik) unterstützt bei der prozesssicheren Auswahl und Kombination von Reinigungsmechaniken.

4.2 Anlagentypen im Überblick

Ultraschallreinigung im Tauchbecken

Die Ultraschallreinigung im Tauchbecken bietet eine besonders gründliche und schonende Reinigung selbst bei komplexen Bauteilgeometrien. Durch hochfrequente Schallwellen entstehen feine Kavitationsblasen, die beim Implodieren Schmutzpartikel auch aus kleinsten Bohrungen und Vertiefungen lösen. Das Verfahren eignet sich ideal für empfindliche oder schwer zugängliche Werkstücke und wird häufig als Ergänzung zu Spritz- oder Flutprozessen eingesetzt. Die Intensität der Reinigung kann durch Frequenz, Leistung und Temperatur des Mediums exakt an die jeweilige Anwendung angepasst werden. Ultraschall-Tauchbecken sind in verschiedenen Größen verfügbar und können als Einzelstation oder integriert in mehrstufige Anlagen betrieben werden. So lassen sich auch hohe Reinheitsanforderungen zuverlässig erfüllen.

Mechaniken:



Drehtellerspritzanlagen

Drehtellerspritzanlagen eignen sich besonders für die gründliche Reinigung großer und schwerer Bauteile. Die Werkstücke werden auf einem stabilen Drehteller positioniert und während des Spritzvorgangs gleichmäßig bewegt, sodass alle Flächen zuverlässig erreicht werden. Das System gewährleistet eine gleichbleibend hohe Reinigungsqualität bei geringem Aufwand. Je nach Anforderung können unterschiedliche Spritzdrücke, Düsenanordnungen und Reinigungsmedien eingesetzt werden. Die Anlagen sind robust aufgebaut, wartungsfreundlich und in verschiedenen Größen erhältlich. Sie lassen sich individuell an die jeweiligen Bauteilabmessungen und Prozessanforderungen anpassen und kommen häufig bei der Werkzeugreinigung und für Aufbereitungen zum Einsatz.

Mechaniken:



Durchlaufreinigungsanlagen

Durchlaufreinigungsanlagen mit wässrigen Medien sind ideal für die Inline-Reinigung in Fertigungsprozessen. Sie werden je nach Bedarf von der einfachen Zwischenreinigung bis zur mehrstufigen Endreinigung individuell konzipiert. Der Transport der Teile erfolgt über Kettengliederbänder, Aufnahmeprismen, Warenkörbe oder Hängefördersysteme. Auch Paletten aus vorherigen Arbeitsschritten können übernommen werden. Je nach Bauteil können zusätzlich Tauchzonen für Ultraschall oder bewegliche Spritzdüsen zur Bohrungsreinigung integriert werden.

Mechaniken:



Kammerreinigungsanlagen (Einkammer- und Mehrkammerausführung)

Kammerreinigungsanlagen sind kompakt, flexibel und für nahezu alle Reinigungsaufgaben geeignet. Ultraschall, Spritzreinigung, Druckumfluten sowie Warmluft- oder Vakuumtrocknung ermöglichen eine anforderungsgerechte und energieeffiziente Prozessgestaltung. Je nach Bauteilgröße und Stückzahl kommen Einkammeranlagen, vertikale oder horizontale Spritzsysteme sowie drehende Korbaufnahmen zum Einsatz. Anlagen sind in Standard- und kundenspezifischen Ausführungen erhältlich und erlauben die Kombination verschiedener Verfahren.

Sie eignen sich besonders für hohe Stückzahlen, große Chargen, komplexe Geometrien und mehrstufige Prozesse. Transfersysteme mit abnehmbaren Warenträgern ermöglichen flexible Leistungsanpassungen und höhere Reinheitsanforderungen. Kombinierbare Bewegungen, verschiedene Reinigungsmedien und geringe Verschleppungsverluste sichern stabile und hochwertige Reinigungs- und Spülergebnisse.

Mechaniken:



Vollvakuumanlagen

Vollvakuumanlagen bieten höchste Reinigungsqualität mit Lösemittel unter Vakuumbedingungen und weisen die gleichen Funktionen wie die Kammerreinigungsanlagen auf. Sie entfernen selbst feinste Verunreinigungen zuverlässig und sind besonders gut für die Entfernung von Ölen und Fetten auf empfindlichen oder komplexen Bauteilgeometrien geeignet. Durch die sehr niedrige Viskosität dringen die Reinigungsmedien tief in Bohrungen, Spalten und Hohlräume ein. So werden auch schwer zugängliche Stellen vollständig gereinigt und getrocknet. Die Anlagen sind energieeffizient, wartungsarm und können mit verschiedenen Lösemitteln betrieben werden. Sie sind individuell konfigurierbar und lassen sich optimal in bestehende Fertigungsprozesse integrieren. Durch das Vollvakuum ist ein sicherer Umgang mit dem Lösemittel gewährleistet.

Mechaniken:



Reihentauchanlagen

Reihentauchanlagen eignen sich besonders für die effiziente Reinigung von Schüttgut und Werkstücken in großen Mengen. Durch die lineare Anordnung der Becken und die kontinuierliche Fördertechnik wird ein hoher Durchsatz erzielt. Oft sind die Anlagen mit Rotationsbewegungen ausgestattet, sodass die Teile während des Tauchvorgangs gleichmäßig benetzt und intensiv gereinigt werden. Die Anlagen lassen sich individuell an die Prozessanforderungen anpassen, sind robust gebaut und gewährleisten eine gleichbleibend hohe Reinigungsqualität bei großen Stückzahlen. Reihentauchanlagen finden sehr häufig in der Endreinigung Anwendung und erreichen höchste Sauberkeitsanforderungen.

Mechaniken:



Robotergestützte Reinigungsanlagen (Roboter übernehmen Reinigung und/ oder Warenhandling)

Robotergestützte Reinigungsanlagen kombinieren Reinigung und Warenhandling durch den Einsatz von Industrierobotern. Sie bieten hohe Flexibilität und eignen sich sowohl für die Einzelreinigung als auch für komplexe Bauteilgeometrien. Die Roboter übernehmen präzise Positionierung, Bewegungsabläufe und die gezielte Anwendung bei Spritz-, Tauch- oder Ultraschallprozessen. Dadurch werden selbst schwer zugängliche Stellen zuverlässig gereinigt. Die Anlagen sind modular aufgebaut, können an unterschiedliche Werkstückgrößen angepasst werden und lassen sich problemlos in bestehende Fertigungsprozesse integrieren, um Effizienz und Reinigungsqualität zu maximieren.

Mechaniken:



Zusammenfassung

Die Auswahl der Reinigungsanlage muss anwendungs- und prozessspezifisch erfolgen. Kammeranlagen bieten hohe Flexibilität für unterschiedliche Anforderungen. Durchlauf- und Reihentauchanlagen als auch Kammeranlagen ermöglichen Lösungen für hohe Stückzahlen. Für empfindliche oder besonders große Bauteile sind Spezialanlagen wie Vollvakuumanlagen, Drehteller- oder robotergestützte Systeme geeignet. Die eingesetzten Mechaniken variieren je nach Anlagenkonzept und erlauben eine gezielte Anpassung an die jeweilige Reinigungsaufgabe.

5 Praxisorientierte Entscheidungshilfe

Die nachstehenden Checkpunkte unterstützen bei der Vorbereitung und Implementierung von industriellen Reinigungsprozessen.

5.1 Anforderungen an...

Was muss ich erreichen, was will ich erreichen

- ...Technische Sauberkeit
- ...Bauteil
- ...Sauberkeitsnorm
- ...Reinigungsumfeld
- ...Folgeprozesse
- ...

5.2 Worauf gilt es noch zu achten?

- Kapazität
- Kosten/ Wirtschaftlichkeit
- Durchsatz (1-,2- oder 3-Schicht)
- Einsatz des geeigneten Warenträgers
- Vorherrschende Wasserqualität
- Benötigte Wasserqualität
- Eintragsmenge der Verunreinigung
- Chemieauswahl – grundsätzlich gilt: Gleiches löst Gleiches!
- Filtration
- Badpflege: Ölabscheider, Mikrofiltration, Verdampfer, Reiniger-Dosierung
- Abkühlung
- Trocknung
- Konservierung
- Verpackung
- Prozessmonitoring
- Sauberkeitsanalyse
- Logistikprozesse
- Entsorgung
- CO2-Fußabdruck
- Regularien, gesetzliche Vorgaben
- ...

6 Allgemeine Hinweise

Disclaimer

Diese Orientierungshilfe ist entstanden ohne Berücksichtigung der aktuellen Gesetzeslage und Regularien. Die dargestellten Inhalte dienen zur Orientierung und haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie ersetzen keine rechtliche, technische oder normative Prüfung im Einzelfall. Für die Anwendung und Umsetzung der Inhalte sind die jeweiligen Nutzer selbst verantwortlich. Eine Haftung für die Richtigkeit, Aktualität und Vollständigkeit der bereitgestellten Informationen wird ausgeschlossen. Änderungen im Stand der Technik, in Normen sowie in gesetzlichen und regulatorischen Anforderungen können jederzeit auftreten und sind eigenständig zu berücksichtigen.

Zusatzinformationen

Weiterführende Hilfestellungen und Übersichten sind als Download auf der CEC-Website zur Verfügung gestellt unter www.cec-leonberg.de/cec-downloads/.

Cleaning Excellence Center (CEC)

Das Cleaning Excellence Center (CEC) ist das Kompetenz- und Anwendernetzwerk für die industrielle Bauteil- und Oberflächenreinigung mit zentralem Sitz in Leonberg bei Stuttgart. Zu den CEC-Mitgliedern zählen namhafte Technologieunternehmen sowie mittelständische Unternehmen aus allen Bereichen der Prozesskette der Technischen Sauberkeit, darunter Anlagenbauer, Analysegeräte- und Prozesschemiehersteller sowie Anwender industrieller Reinigungsprodukte und -prozesse.

Ziel des CEC ist es Unternehmen aus den verschiedensten Bereichen der Prozesskette Technische Sauberkeit die Plattform für praxisbezogene Aufgabenstellungen zu bieten. Die CEC-Mitglieder profitieren vom anwenderorientierten Erfahrungsaustausch und erhalten informative Einblicke in die Umsetzung von innovativen Technologien, logischen Prozessen und praktischen Lösungsansätzen. Die ganzheitliche Betrachtung der Prozesskette Technische Sauberkeit mit den umgebenden Fertigungsprozessen liefert dabei den Grundstein für pragmatische Lösungsansätze.

Cleaning Excellence Center (CEC)

Kompetenznetzwerk für Industrielle Bauteil- und Oberflächenreinigung Leonberg e.V.

Mollenbachstraße 14
71229 Leonberg
Deutschland

Mail: info@cec-leonberg.de

Phone: +49 (0)7152 / 3308471

Website: www.cec-leonberg.de

7 CEC-Arbeitskreis Reinigungsverfahren

Der Arbeitskreis „Reinigungsverfahren“ ist eine unternehmensübergreifend initiierte Arbeitsgruppe bestehend aus Mitgliedern des Cleaning Excellence Centers (CEC). Mitgearbeitet im Arbeitskreis haben Vertreter aus Anlagenherstellern, Komponentenherstellern, Lohnreinigern und akkreditierten Dienstleistungslaboren.

Ziel des CEC-Arbeitskreises „Reinigungsverfahren“ war es, Entscheidungsträgern eine Hilfestellung in Form einer Orientierungshilfe für die Auswahl geeigneter industrieller Reinigungsprozesse zur Verfügung zu stellen. Die gewählten Entscheidungshilfen beruhen auf dem Konsens des CEC-Arbeitskreises Reinigungsverfahren und sind ohne Beschränkung der Allgemeinheit üblich. Die dargestellten Verfahren und Prozesse sind aus den marktüblichen Anwendungen gewählt und haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Mitwirkende im CEC-Arbeitskreis „Reinigungsverfahren“

Christian Deisenroth Gläser GmbH



David Bartels HÖCKH Metall-Reinigungsanlagen GmbH



Markus Haas HYDAC International GmbH



Michael Messner HTL Peter Messner GmbH



Sebastian Wegner HÖCKH Metall-Reinigungsanlagen GmbH



Steffen Habertzettl Cleaning Excellence Center



Tina Erlewein HYDAC International GmbH



Tobias Wulzinger Gläser GmbH



Volkan Yavuz TRUMPF Laser- und Systemtechnik SE

