

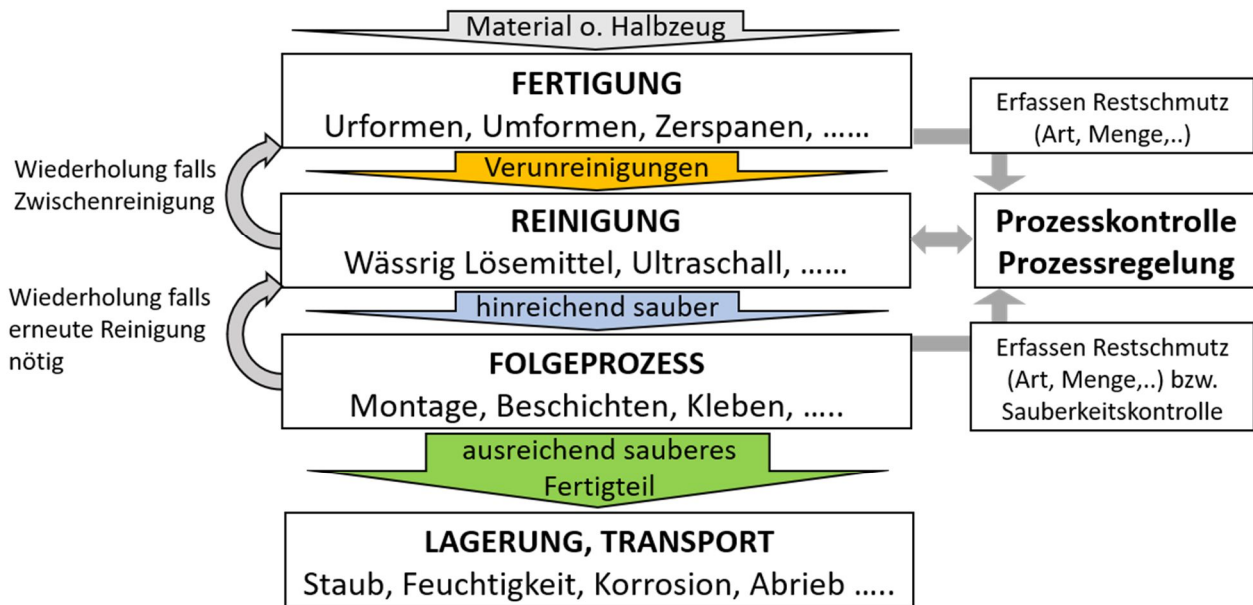
Industrielle Reinigungstechnik – Bestandteil der Wertschöpfungskette

Warum ist die technische Sauberkeit stärker denn je im Fokus nahezu aller Industriebereiche? Die gesamte Produktionslandschaft befindet sich in einem massiven Veränderungsprozess, ausgelöst durch neue Fertigungsverfahren (z.B. additive Formgebung), der zunehmenden Digitalisierung und durch Veränderungsprozesse. Ein gutes Beispiel ist der Transformationsprozess einer Automobilindustrie hin zur Mobilitätsindustrie. Neue Antriebe, neue Sensoriken und neue Energiespeicherkonzepte fordern für Ihre funktionale Zuverlässigkeit auch ein erhöhtes Maß an technischer Sauberkeit in der gesamten Prozesskette.

Reinigung ist nach DIN 8580 ein **Fertigungsverfahren** und muss, wie andere Fertigungsverfahren auch direkt in Zusammenhang mit Schlagworten wie **Qualitätssteigerung, Kostenersparnis und Ressourceneffizienz** gebracht werden. Die klassischen Fertigungsprozesse werden üblicherweise detailliert erfasst und dokumentiert. Dabei gehen Qualitätsprobleme häufig auf die zu wenig beachtete Bauteilsauberkeit zurück. Bei sachgemäßem und durchdachtem Einsatz der Reinigung lassen sich Kosten sparen! Die Optimierung von Reinigungsstrecken bedeutet nicht zwangsläufig, dass die gesamte vorhandene Anlagentechnik durch neue ersetzt werden muss. Trotzdem führen viele Unternehmen dies als ersten Punkt an. **Die Investition in neue Verfahren und Anlagen führt sicherlich häufig zu positiven Ergebnissen, ist aber meist gar nicht oder nur in geringerem Umfang erforderlich!**

Bemerkenswert ist, dass als zweithäufigste Maßnahme die Schulung von Mitarbeitern genannt wird. Es ist von Vorteil, wenn Entscheidungsträger für die Ausstattung der Reinigung zuvor zumindest hinsichtlich reinigungstechnischer Grundlagen geschult worden sind. **Jedoch ist es von zentraler Bedeutung, dass sich nicht nur der Einkauf, sondern auch die Produktion und das Qualitätsmanagement damit befasst!**

Denn der Reinigungsprozess ist mehr als nur eine Reinigungsanlage, sie muss zwingend als **Teil der Prozesskette mit den vor- und nachgelagerten Prozessschritten** verstanden und betrachtet werden.



Die grundlegende Betrachtung der Reinigung

Stark vereinfacht lassen sich die meisten Reinigungsprozesse, durch vier Faktoren charakterisieren („Sinerscher Kreis“: **Zeit, Chemie, Mechanik, Temperatur**). Je nach Aufgabenstellung können diese vier Faktoren miteinander kombiniert und auf den Produktionsprozess eingestellt werden. **Wichtig ist jedoch, dass die Veränderung eines Faktors automatisch Änderungen bezüglich der anderen nach sich zieht.** D. h. eine kürzere Reinigungszeit führt zwangsläufig zu einem höheren Anteil an Chemie, Mechanik und/oder Temperatur herbei, um das gleiche Reinigungsergebnis zu erzielen. **Das Reinigungsergebnis wiederum wird maßgeblich von den Anforderungen des folgenden Prozessschritts beeinflusst. Hierbei gilt: „So sauber wie nötig, nicht so**

„sauber wie möglich.“ Ein Reinigungsergebnis kann dann als „ausreichend sauber“ definiert werden, wenn der nachfolgende Prozess oder die bestimmungsgemäße Funktion nicht durch verbleibende Verunreinigungen negativ beeinflusst wird!

Unabhängig davon, ob ein neues Reinigungsverfahren etabliert oder bestehende Anlagen optimiert werden müssen, gilt zwangsläufig **eine ganzheitliche Betrachtung der Prozesskette hinsichtlich reinigungstechnischer Einflussgrößen**. Das bedeutet im Idealfall die **Kenntnis (und Verständnis) aller vor- und nachgelagerten Prozessschritte**. Die Prozessschritte vor und nach einer möglichen Zwischen- bis hin zur Endreinigung beeinflussen sich gegenseitig. Es werden Verunreinigungen eingebracht, entfernt, neue Materialempfindlichkeiten erzeugt oder Anforderungen an eine vorgelagerte Reinigung gestellt. Beim Lösen einzelner Reinigungsaufgaben ist es sinnvoll, sie in einen **reinigungstechnischen Gesamtkontext** zu stellen.

Dieser Kontext berücksichtigt die zu entfernenden **Verunreinigungen**, die **Geometrie** der Bauteile, deren **Materialeigenschaften** und die **Anforderung** an das zu erzielende Reinigungsergebnis und gibt so einen grundsätzlichen Überblick über das bzw. die möglichen Reinigungsverfahren. Der Katalog möglicher Verunreinigungen ist überaus vielfältig. Er lässt sich in **partikuläre** Verunreinigungen und **filmische** Verunreinigungen einteilen. Zu den partikulären gehören z. B. Späne, Staubpartikel, Sand und Flusen. Zu den filmischen Verunreinigungen gehören Öle, Fette, Handschweiß, Korrosionsschutz, Beschichtungen, aber auch Klebstoff sowie Keime und Bakterien bei medizintechnischen Produkten. Meist geben die der Reinigung **vorgelagerten Prozesse einen Hinweis auf die Art der zu erwartenden Verunreinigung**. Handelt es sich z. B. um Drehteile, kann davon ausgegangen werden, dass Späne und Kühlschmierstoff anhaften und entfernt werden müssen. Die Geometrie der Bauteile und deren Beschaffenheit sind ebenfalls relevant für die Auswahl des Reinigungsverfahrens. Wenn nur eine bestimmte Funktionsfläche für das Fügen sauber sein muss, muss zumeist nicht das ganze Bauteil z. B. nass-chemisch gereinigt werden. Auf der anderen Seite schließen sich Strahlverfahren oftmals für kleine Einzelteile wie Schrauben aus, da diese in der Regel als Schüttgut behandelt werden müssen. Die Reinigungsverfahren basieren auf einem chemischen, mechanischen oder thermischen Wirkprinzip, also muss sichergestellt sein, dass es durch die Reinigung nicht zu

einer Beschädigung kommt. Schlussendlich müssen die Anforderungen an das Reinigungsergebnis festgelegt werden, welche maßgeblich die Auswahl des Verfahrens sowie Aufwand und Kosten bestimmen. **Grundsätzlich ist eine Oberfläche nie frei von jeglichen Verunreinigungen!**

Die Anforderung an das Reinigungsergebnis sollte sich wie erwähnt an den anschließenden Prozessschritten richten. **Eine normative Vorgabe für einen Reinigungsgrad gibt es nicht.** Ein verzundertes Bauteil kann nach der Entzunderung (Grobreinigung) durchaus noch andere Verunreinigungen aufweisen. Bei Bauteilen einer Einspritzanlage für Motoren zielt die **Feinreinigung** darauf ab, Partikel ab einer bestimmten Größe vollständig zu entfernen. Die **Feinstreinigung** in der Medizintechnik, der optischen Industrie oder auch der Hochvakuumtechnik ist nötig, weil besonders niedrige Grenzwerte von Verunreinigungen sicher erreicht werden müssen.

Hier muss noch ein Anteil formuliert werden, der sich mit der Sauberkeit von Produktions- und Logistikprozessen befasst. Die Sauberkeit von Produktionsmitteln, gerade unter dem Aspekt der Cross.- und Re-Kontamination, ist eine zentrale Planungsaufgabe bei der Ausplanung eines Produktionsprozesses und in Folge ein nicht zu unterschätzender Schulungsbedarf für Planer, Operator und Qualitätsverantwortliche!

Kurzer Überblick der Reinigungsverfahren

Wenn alle relevanten Fakten hinsichtlich des reinigungstechnischen Kontextes gesammelt sind, kann ein Verfahren ausgewählt oder Anlagenhersteller angesprochen werden. **Leider zeigt sich oft, dass hier nicht die gleichen Beschaffungsroutinen wie für andere Fertigungsverfahren angelegt werden können. Die Reinigungsaufgaben sind zumeist sehr komplex und vielschichtig.** Eine Universalanlage zur Reinigung in der Produktion gibt es nicht. Aus einer Vielzahl von Verfahrensvarianten muss die am besten geeignete Lösung ermittelt werden. Die meisten am Markt mehr oder weniger etablierten Reinigungstechnologien lassen sich in Nass-, Strahlverfahren sowie in mechanische und thermische Verfahren einteilen. Hinzu kommt eine kleine Gruppe von Spezial- und Sonderverfahren. Mit ca. **60 % Marktanteil werden die Nassverfahren** (oder auch „nass-

chemische Reinigung“) in Deutschland am häufigsten eingesetzt. Hierauf folgen die Strahlverfahren mit einem Anteil von ca. 20 %.

Bei den Nassverfahren werden auf Wasser basierende Reiniger, Lösemittel wie Kohlenwasserstoffe, Alkohole und biologische Reiniger zum Lösen von filmischen Verunreinigungen verwendet. Zur Unterstützung der Reinigung und zum Entfernen von Partikeln oder Spänen wird das Medium zusätzlich durch z.B. Spritzen, Fluten oder Ultraschall bewegt und somit eine mechanische Wirkung auf der Oberfläche erzielt. Häufig schließen sich an die Reinigung noch **Spülprozesse** zum Entfernen von Verunreinigungen und Medium sowie eine **Trocknung** an.

Die Nassverfahren sind sehr gut geeignet, um viele Einzelteile in Form von **Schüttgütern oder Bauteile mit komplexer Geometrie integral zu reinigen**.

Bei den **Strahlverfahren** werden kantige, runde oder zylindrische Strahlmittel pneumatisch (Druckluft), hydraulisch (Wasser) oder mechanisch (Schleuderrad) auf die Bauteiloberfläche beschleunigt. Durch den Aufschlag des Strahlmittels werden die Verunreinigungen von der Oberfläche entfernt. Abgesehen vom Strahlmittel **Trockeneis, welches bei der Bearbeitung vollständig trocken sublimiert**, muss hierbei in der Regel nachgereinigt werden, um Strahlmittelrückstände zu entfernen. Die Strahlverfahren werden nicht nur zum Zweck des Reinigens eingesetzt, sondern meist in Verbindung mit einer gleichzeitigen Oberflächenstrukturierung oder -verfestigung verwendet.

Strahlverfahren drängen sich überall dort auf, wo es um die Reinigung von Funktionsflächen und die Behandlung großer Bauteile geht. Oftmals vernachlässigen Anwender den Hintergrund, dass Strahlen ein reines **Sichtverfahren** ist. Das bedeutet, kleine Bohrungen oder komplexe Hinterschneidungen lassen sich zumeist nicht bzw. nur schwer reinigen.

Die mechanischen Reinigungsverfahren geben allein schon durch ihre Bezeichnung Aufschluss über die zugrunde liegende Reinigungswirkung. Es handelt sich hierbei um elementare Reinigungsverfahren wie Bürsten, Schleifen, Abblasen bzw. Saugen oder Schleudern. Diese können manuell als auch automatisiert eingesetzt werden, um Schüttgüter

oder Einzelteile zu reinigen. Vorteil der mechanischen Verfahren ist die in der Regel sehr einfache und kostengünstige Anlagentechnik.

Zu den **thermischen Verfahren** zählen beispielsweise das Flammstrahlen und die Laserstrahlreinigung, bei welchen Verunreinigungen verbrannt bzw. verdampft werden. Ebenso wie die Sonderverfahren, zu denen das Reinigen mit flüssigem und überkritischem CO₂, der Elektronenstrahl oder die UV-Licht-Reinigung gehört, werden diese Verfahren bei besonderen und teils komplexen Reinigungsaufgaben gewählt, bei denen ihre spezifischen Vorteile zum Tragen kommen.

Schwieriges Thema: Qualitätssicherung

Sind im Rahmen einer Verfahrensauswahl und der Analyse der Reinigungsaufgabe Anforderungen definiert worden, muss der **festgelegte Reinigungsgrad auch gemessen bzw. nachgewiesen werden können**. Ebenso müssen die Parameter der Reinigung, wie die Anlagenparameter sowie Ein- und Ausgangsgrößen **überwacht** und im Idealfall **protokolliert** werden. Die Reinigung verhält sich hierbei identisch zu anderen Produktions- und Fertigungsprozessen, eine Veränderung der Parameter führt zwangsläufig zu einer Veränderung des Reinigungsergebnisses, das im schlimmsten Fall zu Qualitätsproblemen im nachfolgenden Arbeitsschritt führen kann. Während sich die Überwachung von Reinigungsparametern beim heutigen Stand der Prozess- und Anlagentechnik einfach einrichten lässt, ist die **Überprüfung von Reinigungsergebnissen jedoch weit schwieriger**.

Partikuläre Verunreinigungen lassen sich noch einfach mikroskopisch auf dem Bauteil oder in der Spülflüssigkeit detektieren. Filmische Verunreinigungen hingegen sind im Prozess nur schwer berührungslos nachweisbar. Methoden wie Testtinten, Wisch- und Wasser-Ablauf-Tests lassen zwar eine Einschätzung zu, allerdings werden die Bauteiloberflächen dabei wieder verunreinigt. Um gleichbleibende Reinigungsergebnisse zu erzielen, ist hierbei eine genaue Einstellung der Reinigungsprozesse auf die zu entfernenden Verunreinigungen und ein mehr oder weniger gleichmäßiger **Störstoffeintrag in die Reinigungsstrecke** notwendig.

Reinigung – auf einen Blick

Die Reinigung ist Bestandteil der Produktentstehung und muss als solche im Wertschöpfungsprozess berücksichtigt werden. **Reinigung ist per Definition zwar nicht wertschöpfend, zumeist jedoch obligatorisch und werterhaltend.** Letztlich ist ein verunreinigtes Bauteil für die Weiterverarbeitung nutzlos. Vor der Investition in neue Verfahren und Anlagen ist die Optimierung der Reinigungsstrecken zu prüfen. **Eine zumindest grundlegende Schulung der Mitarbeiter und ein umsichtiger Umgang mit reinigungstechnischen Einflussgrößen in der Produktion sollten zu den ersten Maßnahmen bei Problemen bezüglich der Sauberkeit in der Produktion gehören.** Die Reinigungsprozesse müssen, wie andere Fertigungsverfahren auch, sorgfältig geplant und umgesetzt werden. Die verfügbaren Reinigungsverfahren besitzen spezifische Vor- und Nachteile, wodurch sie auf die konkrete Aufgabenstellung angepasst und die Anforderungen an das Reinigungsergebnis genau definiert werden müssen.

Für die Planung eines Reinigungsprozesses ist es daher wichtig, die vor- und nachgelagerten Arbeitsschritte einzubeziehen und die Überwachung der Prozesse und Ergebnisse zu berücksichtigen. **Umfassende Kenntnis und das Verständnis für die wichtigen Einflussgrößen ist jedoch Grundvoraussetzung für eine reinigungsgerechte Produktion.**