

9 Reinigung

9.1 Reinigung in Produktionsprozessen

Produktionsanlagen müssen sorgfältig gereinigt und desinfiziert werden. Im folgenden soll die Reinigung am Beispiel der Molkereitechnik erläutert werden.

Kommt Milch mit Oberflächen von Behältern, Rohrleitungen und anderen Prozeßausrüstungen, die nicht einwandfrei gereinigt wurden, in Berührung, wird sie infiziert; Milch ist ein ausgezeichnete Nährboden für Mikroorganismen [23].

Man unterscheidet zwischen

- **physikalischer** und **chemischer** Sauberkeit einer Anlage, bei der alle Schmutzablagerungen und Rückstände auf der Oberfläche entfernt werden und
- **biologischer** Sauberkeit, bei der alle lebenden Mikroorganismen entfernt bzw. abgetötet werden.

Es ist einfacher eine biologische Sauberkeit zu erzielen, wenn die Oberflächen zuvor physikalisch und chemisch gereinigt worden sind.

Die meisten Reinigungsprozesse können in drei Phasen eingeteilt werden [23]:

- **Ablösen** des Schmutzes von der zu reinigenden Oberfläche,
- **Dispergieren** des gelösten Schmutzes im Reinigungsmittel und
- **In-Schwebe-Halten** des gelösten Schmutzes.

In den letzten Jahren wurde die manuelle Reinigung durch die mechanische und in vielen Fällen durch die automatisierte Reinigung ersetzt. Diese Reinigung ist als **CIP**-Reinigung bekannt.

9.1.1 CIP-Reinigung

Bei der CIP-Reinigung zirkulieren das Spülwasser und die Reinigungsmittellösungen durch Tanks, Rohrleitungen und Prozeßlinien, ohne daß, wie bei der manuellen Reinigung, ein Zerlegen der Prozeßanlagenteile notwendig ist.

Durch eine hohe Fließgeschwindigkeit der Reinigungsmittellösungen in Rohrleitungen, Wärmetauschern, Pumpen, Ventilen, Mischern usw. wird auf den Oberflächen der Anlagen eine hohe Schubspannung und somit ein mechanischer Reinigungseffekt zum Lösen der Rückstände erzielt. Beim Reinigen von großen Behältern wird das Reinigungsmittel auf die Oberflächen gesprüht. Der mechanische Reinigungseffekt ist dabei oft unzureichend, er kann jedoch durch die Verwendung spezieller Sprühköpfe verbessert werden [23]. Sprühturbinen bestehen aus zwei rotierenden Düsen. Eine rotiert horizontal, die andere

vertikal. Die Rotation erfolgt durch den Rückstoß des austretenden Reinigungsmittels. Die Reichweite der Strahlen beträgt bis zu 6 m; beim Sprühkopf 2 – 4 m.

Um eine effektive CIP-Reinigung bei Anlagen durchzuführen, müssen diese leicht zu reinigen sein. Alle Oberflächen müssen vom Reinigungsmittel erreicht werden können, das heißt, es dürfen weder tote Ecken oder Winkel vorhanden sein. Anlagen und Rohrleitungen sind daher derart zu installieren, daß eine selbständige Entleerung gegeben ist. Es muß ein konstantes Gefälle bei den Rohrleitungen vorhanden sein, damit sich kein Wasser sammeln kann. In diesem könnten sich Mikroorganismen vermehren und das Risiko einer Produktinfektion würde sich erhöhen [23].

Der Vorteil der CIP-Reinigung ist die dokumentierte Sicherheit des Reinigungsablaufs, da die Reinigung und Sterilisation unabhängig von der Zuverlässigkeit des Personals erfolgt [24].

Das Überprüfen des Reinigungseffektes muß als Teil der Reinigung betrachtet werden und kann entweder visuell oder bakteriologisch erfolgen.

9.2 Konstruktive Gestaltung

9.2.1 Einführung

Soweit konstruktiv möglich, sind Spalt- und Toträume zu vermeiden. Ecken und Kanten müssen ausreichende Mindestradien haben.

Bei Spalträumen muß das Verhältnis der Spalllänge l zur Spaltweite s die Aufrechterhaltung einer Strömungsgeschwindigkeit von mindestens $1,5 - 2 m/s$ erlauben, und es soll $l/s < 10$ sein. Bei Toträumen muß die Totraumlänge l_T kleiner sein als der Totraumdurchmesser d , und es soll $l_T/d \leq 1$ sein [25].

An Sterilverbindungen werden die folgenden Mindestanforderungen gestellt [26]:

- in situ dampfsterilisierbar,
- unabhängige Sterilisation während des Prozesses,
- standardisierte Anschlußarmaturen,
- tottraumfreie Ventile und Armaturen,
- sterilsichere Handhabung und
- einfache Reinigungsmöglichkeit.

Für O-Ringe und Membranventile stehen mehrere Materialien zur Verfügung. Tabelle 15 gibt einen Überblick. Von den im höheren Temperaturbereich beständigen Sorten hat sich EPDM als besonders günstig durchgesetzt. Ausgeführte Dichtungen für die Steriltechnik sollten eine Härte von 65 – 75 Shore A haben.

Tabelle 15: Dichtungsmaterialien für die Steriltechnik [27]

Dichtungswerkstoff	Temperaturbereich
PTFE/Viton	−5...175 °C
PTFE/Hypalon	−10...120 °C
PTFE/Butyl	−20...150 °C
Viton	−5...150 °C
Hypalon	−10...100 °C
Neoprene	−30...100 °C
Nitrilkautschuk	−20...100 °C
Butylkautschuk	−30...130 °C
Naturkautschuk	−40...100 °C
EPDM	−40...140 °C

O-Ringe sollten grundsätzlich die Flachdichtungen ersetzen und sind möglichst dicht hin zum Medium anzuordnen, um zu verhindern, daß sich Kanäle mit nicht zu sterilisierender Nährlösung bilden [27].

Für alle eingesetzten Dichtungsqualitäten sollte die Bestätigung vorliegen, daß sie den Bestimmungen des Lebensmittelgesetzes entsprechen. In geprüfter Qualität stehen allgemein folgende Dichtstoffe zur Verfügung [24]:

- Silikon-Kautschuk VMQ
- Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk EPDM
- chlorsulfoniertes Polyethylen CSM (z. B. Hypalon)
- Acrylnitril-Buadien-Kautschuk NBR (z. B. Perbunan)
- Polytetrafluorethylen PTFE (z. B. Teflon, Hostaflon)

Auch Viton-Dichtungen gibt es in FDA-konformer Ausführung.

9.2.2 Werkstoffe

In der Lebensmittel- und insbesondere in der Pharmaindustrie werden an Behälter, Rohrleitungen, Armaturen und Absperrorgane sehr hohe Anforderungen gestellt. Diese Komponenten stehen standardmäßig in den Werkstoffen Chrom-Nickelstahl 1.4301 und Chrom-Nickel-Molybdänstahl 1.4401, 1.4571 sowie 1.4435 zur Verfügung. Die Werkstoffe Nr. 1.4401 und 1.4571 sind problemlos miteinander verschweißbar.

Edelstahlgußteile werden nicht akzeptiert, da Poren und Lunker nicht auszuschließen sind und Anlaß für Bakterienester geben.

Nur an der blank bearbeiteten Oberfläche des Edelstahls bildet sich eine korrosionsbeständige Passivschicht. Je glatter diese Schicht ist, desto höher ist die Korrosionsbeständigkeit. Für produktberührte Oberflächen wird daher eine maximale Rauheit von

$Ra \leq 0,8 \mu m$ vorgeschrieben. Eine zusätzliche Erhöhung der Beständigkeit produktberührter Oberflächen kann durch Elektropolieren und Passivieren erreicht werden [24].

Tabelle 16 zeigt die Einteilung von bearbeiteten Oberflächen in Sterilklassen. Diese Ein-

Tabelle 16: Einteilung von Oberflächen in Sterilklassen [28]

Sterilklassse	Mittenrauhwert Ra DIN 4768/1	gemittelte Rauhtiefe Rz DIN 4768
1	unbearbeitet	unbearbeitet
2	3,2	16
3	1,6	6,3
4	0,8	4
5	0,4	2,5
6	0,2	1,6
7	nach freier Vereinbarung	

teilung ist unabhängig vom Herstellungsverfahren. Der Mittenrauhwert Ra wird durch ein Oberflächenmeßverfahren ermittelt. Vorzugsweise sind dafür elektrische Tastschnittgeräte entsprechend DIN 4768 zu verwenden.

Statische und dynamische Oberflächen sollen passiv, mit geringen Potentialunterschieden, geschlossen, weder absorptiv noch adsorptiv, homogen, reinigungsfähig, CIP- und SIP-fähig sein sowie eine geringe absolute Oberfläche haben [25].

9.3 Maschinentechnik

Der Mischprozeß setzt sich aus mehreren Schritten zusammen, Befüllen, Mischen, Entleeren und Reinigen (s. a. Seite 26). Oft ist die Reinigung zeitaufwendig. Durch den Einbau einer Reinigungsvorrichtung (Bild 95) in die Behälterhaube kann der Reinigungsaufwand verringert werden. Das Reinigungssystem hat außen an der Behälterhaube einen verschließbaren Anschlußstutzen, durch den man z. B. heißes Wasser in die Sprühköpfe leiten kann. Die Sprühköpfe sind mit einer Vielzahl kleiner Düsenbohrungen ausgestattet, die die Druckenergie des zugeführten Mediums in Bewegungsenergie umwandeln. Die Sprühköpfe sind so angeordnet, daß der gesamte Innenraum des Rührwerks von den austretenden Strahlen erfaßt wird. Mit Hilfe des Reinigungssystems ist eine gute Vorreinigung möglich, so daß der anschließende zeitliche Aufwand für die Endreinigung erheblich reduziert werden kann. Mit entsprechender Steuerungstechnik läßt sich auch ein komplettes CIP-Reinigungssystem aufbauen.



Bild 95: Sprühköpfe in der Behälterhaube eines Rührwerks