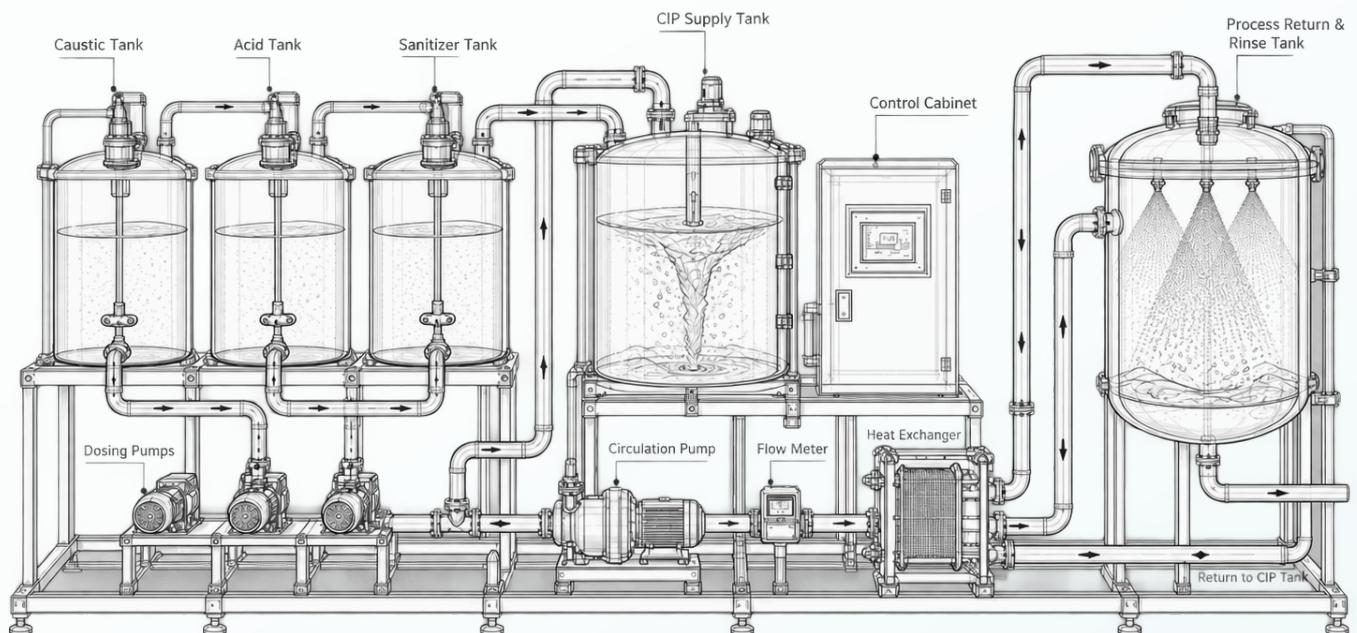


CIP-Prozesse optimieren

Wasser, Chemikalien, Zeit und Hygienenerisiko gemeinsam bewerten



Effizienz ist nur dann belastbar, wenn der hygienische Zielzustand erhalten bleibt

Cleaning in Place ist ein wiederkehrender Produktionsschritt - mit direktem Einfluss auf Lebensmittelsicherheit, Anlagenverfügbarkeit, Wasserbedarf und Kosten.

Eine Optimierung darf deshalb nicht bei kürzeren Reinigungszeiten oder geringerem Chemikalienverbrauch stehen bleiben. Sie muss zeigen, dass die veränderte Rezeptur unter realen Betriebsbedingungen reproduzierbar funktioniert.

Der Ausgangspunkt ist ein klar definiertes Reinigungsergebnis. Erst danach werden Zeit, Temperatur, Chemie und Mechanik so eingestellt, dass der Zielzustand mit dem notwendigen - aber nicht pauschal maximalen - Ressourceneinsatz erreicht wird.

Ein verkürzter Zyklus ist kein Erfolg, wenn seine Wirksamkeit nur angenommen wird.

4 Wirkfaktoren

Zeit, Temperatur, Chemie und Mechanik wirken gemeinsam - Veränderungen müssen im System bewertet werden.

3 Nachweisaufgaben

Validierung, laufende Überwachung und Verifizierung ergänzen sich, ersetzen sich aber nicht.

Transparenz

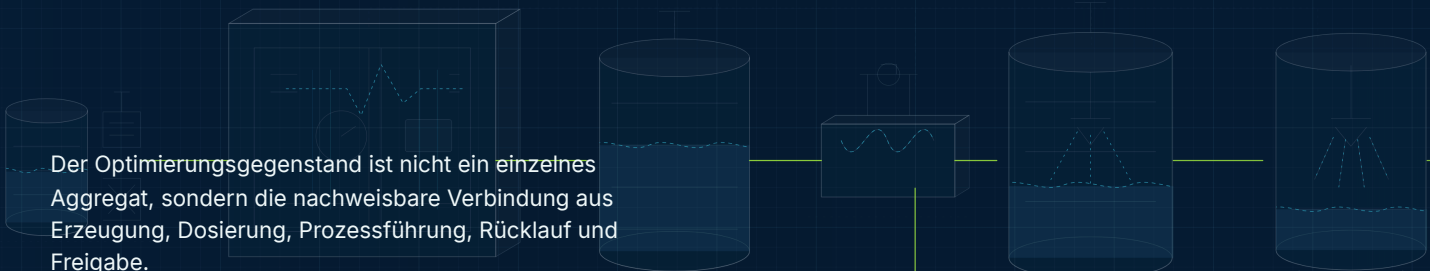
Volumen, Dauer, Temperatur, Konzentration, Energie und Produktionsverlust werden pro Schritt sichtbar.

Kontrollierte Veränderung

Parameter werden schrittweise, hypothesengeführt und innerhalb eines nachgewiesenen Fensters angepasst.

Hygienischer Beweis

Akzeptanzkriterien, Prozessdaten und Ergebnisprüfung tragen die Freigabe.



Der Optimierungsgegenstand ist nicht ein einzelnes Aggregat, sondern die nachweisbare Verbindung aus Erzeugung, Dosierung, Prozessführung, Rücklauf und Freigabe.

Ein CIP-Zyklus ist eine Kette definierter Zustände

Welche Schritte erforderlich sind, hängt von Produkt, Verschmutzung, Werkstoff, Anlagengeometrie und hygienischem Ziel ab.



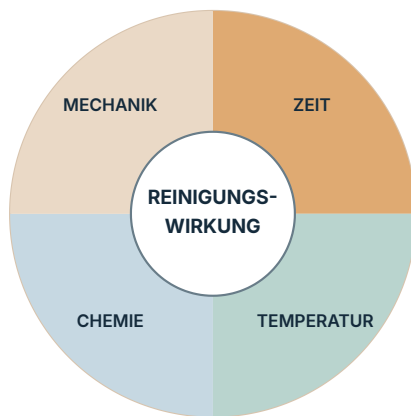
Historische Sicherheitszuschläge

Standardrezepte wirken oft robust, enthalten aber zusätzliche Spülungen oder Kontaktzeiten, deren Nutzen nie datenbasiert geprüft wurde. Diese Reserven dürfen nicht pauschal gestrichen werden - sie müssen kontrolliert untersucht werden.

Segmentierte Rezepte

Eiweiß, Fett, Zucker, Mineralbeläge und Biofilm reagieren unterschiedlich. Produktfamilien und Verschmutzungszustände können deshalb eigene, validierte Rezeptfenster benötigen.

Wird ein Faktor reduziert, muss das Gesamtsystem stabil bleiben



Mechanik bedeutet im geschlossenen System vor allem ausreichende Strömung, Benetzung und Turbulenz.

Eine pauschale Verkürzung der Kontaktzeit kann die Reinigung verschlechtern, wenn Konzentration, Temperatur oder Strömung nicht angepasst werden. Umgekehrt kann eine gute Hydraulik ermöglichen, chemische oder zeitliche Sicherheitszuschläge kontrolliert zu reduzieren.

Verschmutzung ist der fünfte Kontext

Art, Menge und Antrocknung bestimmen, wie viel Prozessenergie notwendig ist. Deshalb muss jedes Optimierungsfenster zu Produktfamilie, Produktionsdauer und realer Anlagenbelastung passen.

Reduktion

Nur innerhalb eines getesteten Fensters und mit definiertem Ergebniskriterium.

Kompensation

Andere Wirkfaktoren gezielt anpassen, statt pauschal Sicherheitsreserven abzubauen.

Bestätigung

Prozessdaten und hygienisches Ergebnis gemeinsam bewerten.

Die größten Kosten stehen nicht immer auf der Chemikalienrechnung

Wasser

Frischwasser, Vor- und Zwischenspülung, Endspülung und Abwasser.

Energie

Aufheizung, Warmhaltung, Pumpenstrom und Abwasserbehandlung.

Zeit

Produktionsstillstand, Anlagenbelegung und verlorene Kapazität.

Ausgangsbilanz pro Schritt

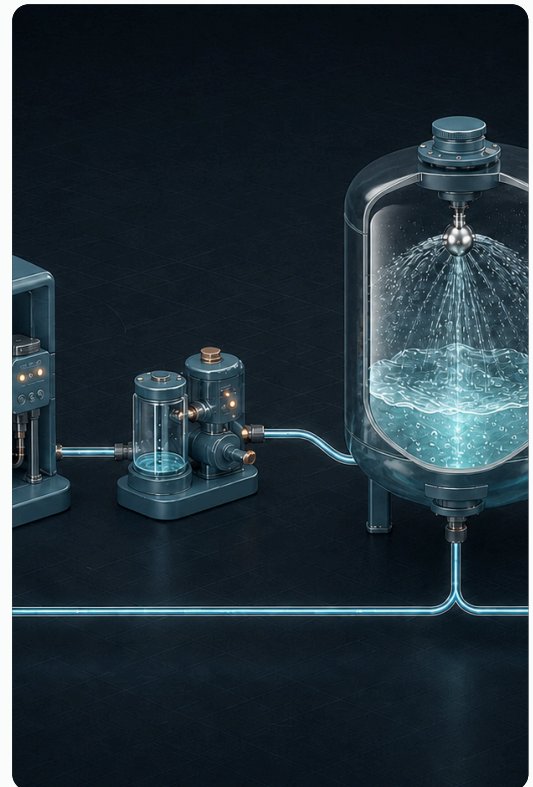
Die Kosten eines CIP-Zyklus bestehen aus Wasser, Abwasser, Reinigungschemikalien, Aufheizenergie, Pumpenstrom, Personal, Produktverlust und dem Zeitwert der nicht produzierenden Anlage. Eine belastbare Bilanz ordnet diese Größen jedem Prozessschritt zu.

Volumen und Dauer werden mit Temperatur, Konzentration und Rücklaufzustand verbunden. Dadurch wird sichtbar, ob eine zusätzliche Spülung, eine überlange Aufheizphase oder eine zu späte Endpunkterkennung den größten Hebel darstellt.

Verlustarten trennen

Direkte Medienkosten lassen sich leicht berechnen. Schwieriger ist der Wert verlorener Produktionszeit. Er hängt von Auslastung, Produktwechsel, Engpasslage und Reinigungsfrequenz ab. Deshalb sollten technische und betriebswirtschaftliche Daten im gleichen Modell zusammengeführt werden.

Die Optimierung beginnt dort, wo ein messbarer Verbrauch oder Zeitblock keine zusätzliche hygienische Wirkung mehr erzeugt.



Ein geschlossener CIP-Kreislauf macht Medienwege, Dosierung, Strömung und Rücklauf als zusammenhängendes System lesbar. Die wirtschaftliche Bewertung bleibt an das nachgewiesene Reinigungsergebnis gebunden.

Messwerte verkürzen keine Reinigung - sie begründen den richtigen Endpunkt

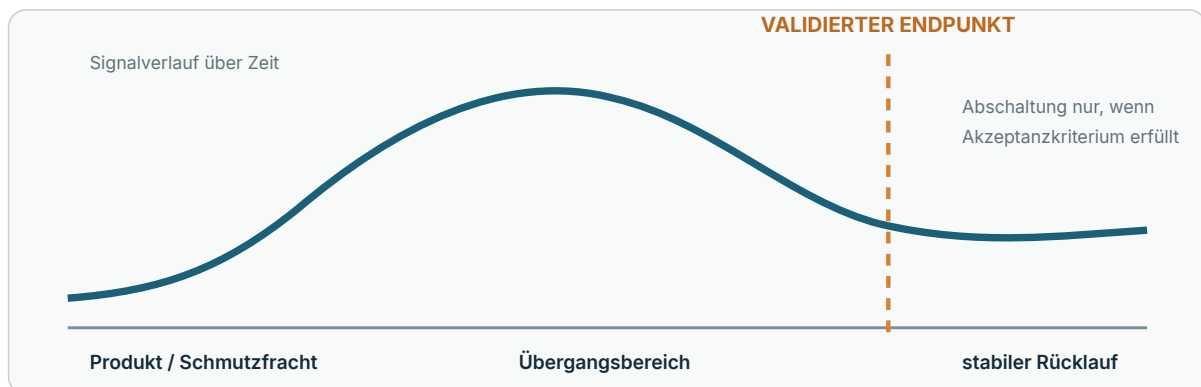
Leitfähigkeit, Temperatur, Durchfluss, Druck, Trübung oder produktspezifische Signale können Übergänge zwischen Produkt, Wasser und Reinigungslösung sichtbar machen.

Richtig eingesetzt ermöglichen Sensoren, Schritte nach erreichtem Zustand statt nach starrer Maximalzeit zu beenden. Die Aussagekraft hängt jedoch von Einbaustelle, Dynamik, Kalibrierung und Anlagengeometrie ab.

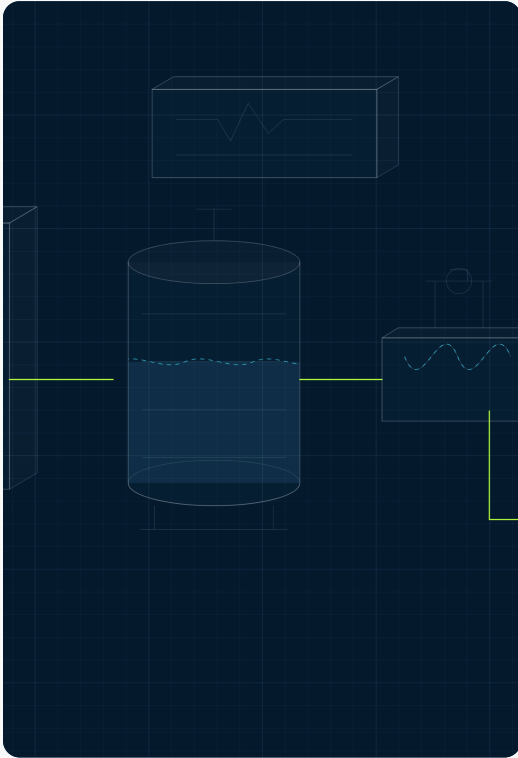
Ein Sensor im Sammelrücklauf kann lokale Toträume nicht erkennen. Messdaten müssen deshalb mit technischer Inspektion und Validierung verbunden werden. Eine automatische Verkürzung ist nur innerhalb eines nachgewiesenen Betriebsfensters zulässig.

VIER PRÜFUNGEN JE SIGNAL

- ✓ Misst der Sensor am entscheidenden Ort?
- ✓ Reagiert er schnell genug auf den Prozessübergang?
- ✓ Ist das Signal kalibriert und plausibilisiert?
- ✓ Ist der Abschaltpunkt hygienisch validiert?



Was konstruktiv nicht erreichbar ist, kann Chemie nur begrenzt kompensieren



Die technische Anlagenstruktur zeigt, warum Messwerte immer im Zusammenhang mit Geometrie, Strömungsweg, Benetzung und Entleerbarkeit interpretiert werden müssen.

Eine gut reinigbare Anlage benötigt entwässerbare Leitungen, geeignete Oberflächen, ausreichend durchströmte Ventile und Behälter sowie eine Geometrie ohne schwer erreichbare Bereiche. Wenn Bauteile nicht vollständig benetzt oder entleert werden, kann ein aggressiveres Rezept die konstruktive Schwäche nur begrenzt ausgleichen.

Technische Inspektion

Strömungswege, Sprühgeräte, Ventilstellungen, Rücklauf, Dichtungen und mögliche Produktfallen werden geprüft. Auffälligkeiten werden nicht nur fotografiert, sondern mit dem realen Prozesszustand verbunden.

Hydraulik als Optimierungshebel

Unzureichende Benetzung, Lufteinschlüsse oder ungünstige Rückläufe können längere Zeiten und höhere Chemie erfordern. Häufig liegt ein Teil des Potenzials deshalb in der Korrektur einer hydraulischen Ursache.

Rezeptproblem?

Parameter liegen außerhalb des validierten Fensters oder passen nicht zur Verschmutzungsart.

Konstruktionsproblem?

Flächen werden nicht erreicht, nicht entwässert oder nicht ausreichend durchströmt.

Fachliche Orientierung: EHEDG Guideline 50, Hygienic Design Requirements for CIP Installations, 1. Ausgabe 2019; aktuelle Hinweise und Revisionen beim Herausgeber prüfen.

Veränderungen müssen eine technische Hypothese beantworten

01

Referenz stabilisieren

Vollständigen Ausgangszyklus und Ergebnis dokumentieren.

02

Hypothese formulieren

Welcher Schritt enthält Reserve - und warum?

03

Begrenzt verändern

Einen Parameterbereich anpassen und alle relevanten Daten erfassen.

04

Grenzfälle prüfen

Hohe Last, lange Produktion, kalter Start und schwierige Rezeptur testen.

Ein gutes Ergebnis bei idealer Ausgangslage beweist noch keine robuste Reinigung.

Der Versuch muss ungünstige, aber realistische Zustände abdecken. Nur wenn die Reinigung dort zuverlässig bleibt, kann eine Verkürzung in den Regelbetrieb übernommen werden.

Versuchsmatrix

Produktfamilie, Produktionsdauer, Antrocknung, Starttemperatur und Anlagenzustand werden so gewählt, dass die kritischen Kombinationen sichtbar werden. Die Anzahl der Versuche folgt der Risikofrage, nicht einem pauschalen Schema.

Akzeptanzkriterien und Abbruchregeln stehen vor Versuchsbeginn fest. Damit wird verhindert, dass Ergebnisse nachträglich passend interpretiert werden.

Übertragung in den Betrieb

Nach erfolgreicher Validierung werden Rezept, zulässiges Prozessfenster, Sensorgrenzen, Reaktion auf Abweichungen und Wiederholungsregeln freigegeben. Bedienpersonal erhält eine verständliche Arbeitslogik.

Die ersten Serienzyklen werden eng überwacht. Erst danach wird der neue Standard in die reguläre Verifizierung übernommen.

PRÜFFRAGE

Kann aus den Daten eindeutig erklärt werden, welche Änderung welchen Effekt erzeugt hat?

Validierung, Überwachung und Verifizierung dürfen nicht vermischt werden

Aufgabe	Frage	Zeitpunkt	Nachweis	Entscheidung
Validierung	Erreicht der definierte Prozess das hygienische Ziel?	Vor Freigabe / nach wesentlicher Änderung	Versuchsplan, Prozessdaten, Ergebnisprüfung	Prozessfenster freigeben
Laufende Überwachung	Lag jeder Zyklus innerhalb des freigegebenen Fensters?	Bei jedem Zyklus	Zeit, Temperatur, Konzentration, Durchfluss, Status	Zyklus akzeptieren oder sperren
Verifizierung	Bleibt das System über Zeit wirksam?	Geplant und risikobasiert	Trend, Prüfung, Audit, Proben	Bestätigen oder neu bewerten

Akzeptanzkriterien vorab definieren

Probenmethoden, Messstellen, Grenz- und Aktionswerte sowie Verantwortlichkeiten werden vor der Bewertung festgelegt. Das verhindert, dass ein Ergebnis nur deshalb akzeptiert wird, weil es wirtschaftlich günstig ist.

Abweichungen benötigen klare Regeln: Wann darf ein Zyklus wiederholt werden? Wann wird die Produktion gesperrt? Wann ist Ursachenanalyse oder Revalidierung erforderlich?

Auditfähigkeit

Ein auditfähiger Nachweis verbindet Rezeptversion, Anlagenzustand, Charge, Prozesskurve, Abweichung und Freigabeentscheidung. Isolierte Tabellen ohne Kontext sind dafür nicht ausreichend.

Die Dokumentation soll nicht maximal umfangreich, sondern entscheidungsfähig sein. Jeder erfasste Wert muss eine Kontroll- oder Freigabefrage unterstützen.

MERKSATZ

Validieren heißt beweisen. Überwachen heißt einhalten. Verifizieren heißt fortlaufend bestätigen.

Rückgewinnung braucht klare Zweck- und Ausschlussgrenzen

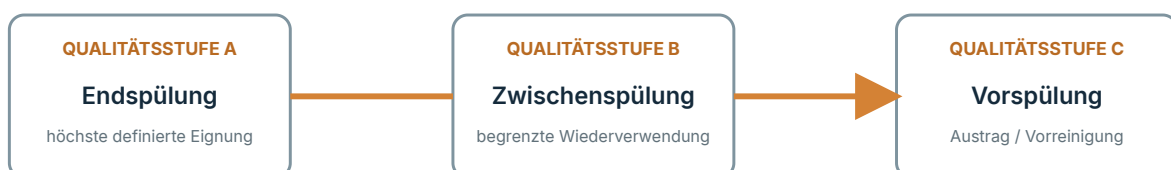
Ein Wasserstrom kann für eine erste Vorspülung geeignet sein, ohne die Anforderungen einer Endspülung zu erfüllen.

Rückgewinnung von Spülwasser oder Reinigungslösung kann den Ressourcenbedarf reduzieren. Sie ist jedoch nur sinnvoll, wenn Verschleppung, Konzentrationsänderung, Speicherzeit und mikrobiologisches Risiko beherrscht werden.

Für jeden wiederverwendeten Strom werden Zweck, Qualitätskriterium, Speicherzeit und Ausschlussbedingung definiert. Qualitätskaskaden vermeiden zwei Extreme: unnötige Aufbereitung jedes Teilstroms auf höchste Qualität und unkontrollierte Rückführung ohne Eignungsnachweis.



Prozessströme werden nicht pauschal zurückgeführt. Qualität, Speicherzeit, Verwendungszweck und Ausschlussbedingung bilden gemeinsam die Entscheidungslogik.



Vom historischen Rezept zum kontrollierten Prozessfenster

PHASE 1

Ist-Prozess bilanzieren

Schritte, Volumen, Zeiten, Temperaturen und Ergebnisse erfassen.

PHASE 2

Technik prüfen

Geometrie, Hydraulik, Messstellen und Reinigbarkeit bewerten.

PHASE 3

Versuche durchführen

Hypothesen testen und kritische Betriebsbedingungen abdecken.

PHASE 4

Standard verankern

Validieren, schulen, überwachen und regelmäßig verifizieren.

Schnelle Transparenz

Schon die Schritt-für-Schritt-Bilanz zeigt häufig unnötige Standzeiten, unklare Spülenden oder Medienverluste. Diese Erkenntnisse strukturieren die weitere Untersuchung.

Keine Abkürzung bei der Hygiene

Direkte Änderungen am Produktionsstandard erfolgen erst, wenn Ziel, Versuch, Akzeptanzkriterien und Verantwortlichkeiten definiert sind.

Fazit: Effizienz braucht hygienischen Beweis

Ein optimierter CIP-Prozess nutzt nur die Zeit, Energie, Chemie und Wassermenge, die für ein nachgewiesenes Reinigungsergebnis erforderlich sind. Der wirtschaftliche Nutzen entsteht aus Daten, hygienischem Design und kontrollierter Veränderung.

Wer Validierung und laufende Überwachung konsequent trennt und verbindet, kann Effizienz steigern, ohne Sicherheit in eine unbelegte Annahme zu verwandeln. Das Ergebnis ist kein einmalig verkürzter Zyklus, sondern ein robustes Prozessfenster, das im Alltag geführt und nachvollziehbar freigegeben wird.

ZIELBILD

Jeder CIP-Schritt hat einen Zweck, einen messbaren Endpunkt und ein überprüfbares Ergebnis.

Grundlagen für die weitere Ausarbeitung

Rechtlicher Rahmen

Europäische Union: Verordnung (EG) Nr. 853/2004 über Lebensmittelhygiene. Sie verankert die Verantwortung des Lebensmittelunternehmens, gute Hygienepaxis und HACCP-basierte Verfahren.

EUR-Lex, konsolidierte Fassung vom 24.03.2021: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:02004R0852-20210324>

Internationale Hygienegrundlage

FAO/WHO Codex Alimentarius: General Principles of Food Hygiene, CXC 1-1969. Grundlegendes Codex-Dokument zu Hygiene- und Lebensmittelsicherheitskontrollen einschließlich HACCP.

Codex Alimentarius, Ausgabe 2022/Publikation 2023; aktuelle Fassung beim Herausgeber prüfen.

Hygienic Design

EHEDG Guideline 50: Hygienic Design Requirements for CIP Installations, 1. Ausgabe 2019. Empfehlungen zu Auslegung, Management und Validierung von CIP-Anlagen.

Die EHEDG-Arbeitsgruppe aktualisiert die Guideline; vor Anwendung den aktuellen Ausgabestand prüfen.

Anwendungshinweis

Dieser Fachreport dient der technischen Orientierung. Er ersetzt keine produkt-, anlagen- und standortspezifische Gefahrenanalyse, Validierung oder freigegebene Reinigungsanweisung.

ARBEITSCHECK

Ist Ihr CIP-Prozess entscheidungsfähig?

- ✓ Das hygienische Ziel ist eindeutig definiert.
- ✓ Jeder Schritt hat Zweck und Akzeptanzkriterium.
- ✓ Zeit, Temperatur, Chemie und Mechanik sind als System bewertet.
- ✓ Medien- und Zeitkosten sind pro Schritt sichtbar.
- ✓ Messstellen und Sensorgrenzen sind plausibilisiert.
- ✓ Reinigbarkeit und Hydraulik sind technisch geprüft.
- ✓ Änderungen werden hypothesengeführt getestet.
- ✓ Validierung, Überwachung und Verifizierung sind getrennt.
- ✓ Wiederverwendung hat Zweck- und Ausschleusgrenzen.
- ✓ Abweichung und Wiederfreigabe sind geregelt.