

## Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz durch Virtuelle Reinigung in der Lebensmittelindustrie

Prof. Dr. Christian Gerhards, Fakultät Life Sciences  
Hochschule Albstadt-Sigmaringen

**Hygiene bei der Lebensmittelverarbeitung  
Konzepte, Herausforderungen & Chancen**

Halag Chemie AG, Aadorf, Schweiz  
20. Januar 2017

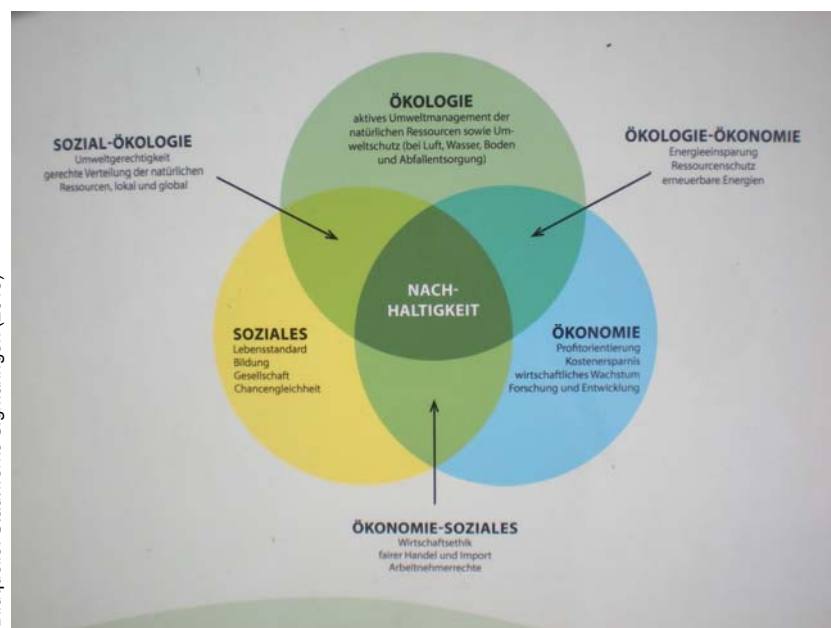
### Virtuelle Reinigung



## Gliederung des Vortrags

- Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz in der Lebensmittelproduktion
- Grundlagen der Reinigung in der Lebensmittelindustrie
  - Arten von Verschmutzung
  - Einflussfaktoren bei der Nassreinigung
- Mathematische Modellierung des Reinigungsprozesses
- Experimentelle Untersuchungen
  - Teststand für Hochdrucksprühstand
  - Durchführung und Auswertung der Versuche
- Simulation der Reinigung im Virtual Reality Labor

Bildquelle: Stadtwerke Sigmaringen (2013)



## Arten von Verschmutzungen in der Lebensmittelindustrie

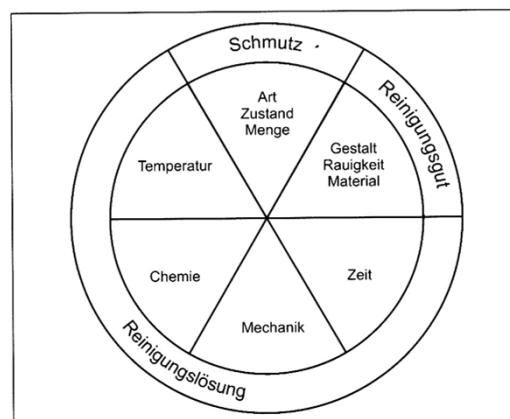
Definition Schmutz: Sämtliche unerwünschten Stoffe, einschließlich Produkt-rückständen, mit und ohne Mikroorganismen (EHEDG)

Verhalten gegenüber Wasser	Beispiele
löslich	Salze, Säuren, niedermolekulare Kohlenhydrate (z.B. Zucker)
quellbar	höhermolekulare Kohlenhydrate (z.B. Stärke), Proteine
emulgierbar	Fette, Lipide
suspendierbar	Rohfaseranteile, Samenkörner

Quelle: Dürr & Wildbrett, 2006

Entscheidend für die Reinigung ist nicht nur die Zusammensetzung, sondern auch die Vorgeschichte der Verschmutzung: Zeit, Temperatur, Luftfeuchte

## Einflussfaktoren bei der Nassreinigung (Erweiterter Sinnerscher Kreis)



Quelle: Dürr & Wildbrett, 2006

## Mathematische Modellierung

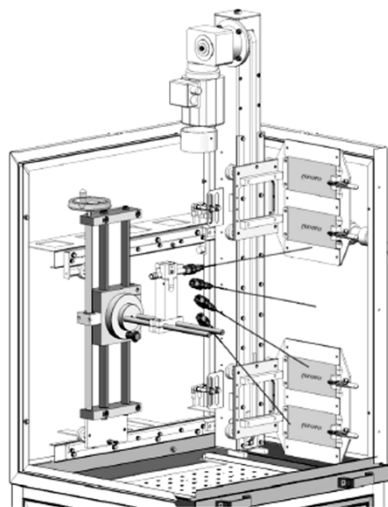
- Weibull-Verteilung: Beschreibung der Restschmutzmenge  $r(t)$  und des Reinigungsgrades  $s(t)$  mit zwei Parametern:

$$r(t) = e^{-\left[\frac{t}{T}\right]^b} \quad s(t) = 1 - r(t)$$

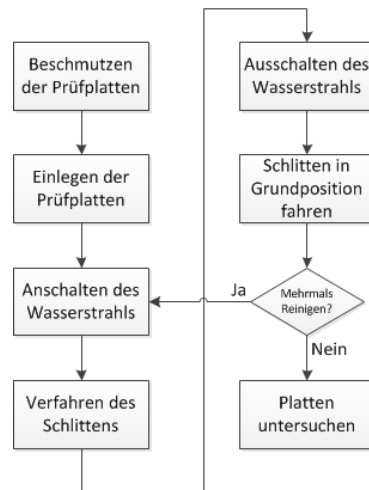
- T: Zeitkonstante      b: Steilheit der Verteilung
- b = 1: Exponentialverteilung
- b < 1: Reinigungsrate nimmt monoton ab (z.B. bei Fettverschmutzung)
- b > 1: Reinigungsrate nimmt monoton zu („Einweicheffekt“)

## Teststand für Hochdrucksprühstrahl

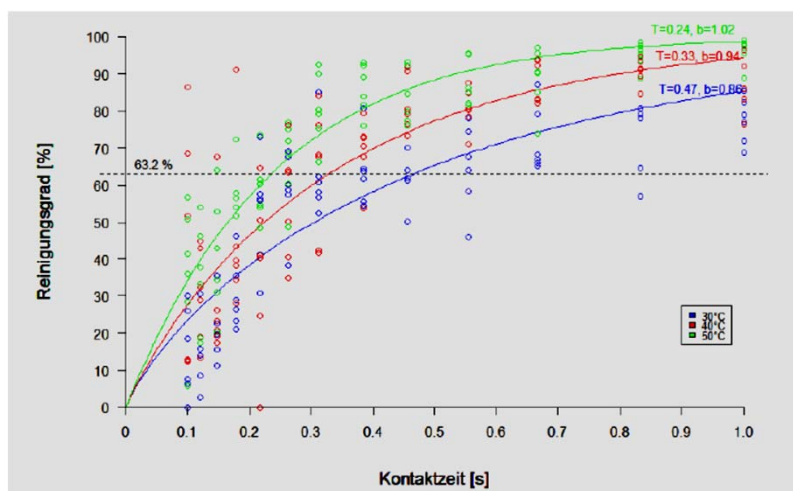
- Spezieller Teststand mit Linearführung für zwei Prüfblech
- Variable Schlittengeschwindigkeit: 0,1 - 1 m/s
- Austauschbare Flachdüsen, Winkel und Abstand einstellbar
- Temperatur: 20 - 60 °C  
Druck: 20 - 60 bar  
Volumenstrom: 10 - 40 Liter/min



## Durchführung und Auswertung der Versuche



## Einfluss der Temperatur auf den Reinigungsgrad



### Simulation der Reinigung im Virtual Reality Labor

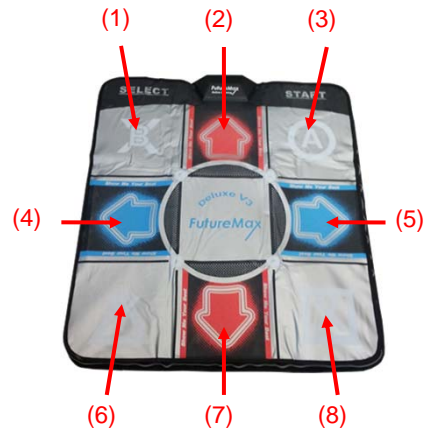


### Modifizierte Sprühlanze für die Virtuelle Reinigung



## Simulation der Bewegung im Raum

- (1) nach links blicken
- (2) nach vorne bewegen
- (3) nach rechts blicken
- (4) nach links bewegen
- (5) nach rechts bewegen
- (6) nach oben blicken
- (7) nach hinten bewegen
- (8) nach unten blicken



## Ablauf der Simulation im VR-Labor

- „Collision Zones“ aktivieren
- Kollisionsscan durchführen
- Simulationsmodus starten
- Abhören der „Collision Zones“ aktivieren
- Abhören der „Collision Zones“ deaktivieren
- Simulationsmodus stoppen
- Auswertung starten
- Fortschrittsfenster anzeigen
- Anschließend kann das Reinigungsergebnis importiert werden.



## Zusammenfassung

- Eine optimierte Reinigung trägt erheblich zur Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz in der Lebensmittelindustrie bei.
- Mit Versuchen an einem Teststand wird der Einfluss einzelner Parameter auf die Reinigungswirkung eines Sprühstrahles ermittelt und mathematisch beschrieben.
- Im Virtual Reality-Labor kann nun die Reinigung von Maschinen und Anlagen simuliert werden.
- Das Ergebnis der Simulation dient zur Optimierung des Reinigungsprozesses, zu Schulungszwecken und zur konstruktiven Verbesserung von Maschinen und Anlagen.

## Danksagung

- dem Virtual Cleaning Team: M.Sc. Maria Schramm, M.Eng. Markus Kiesel, Prof. Dr. Nicolai Beisheim
- allen Studierenden, die im Rahmen Ihrer Projekt- und Abschlussarbeiten an diesem Projekt mitgewirkt haben: Katja Nold, Manuela Hübler, Julia Rudolf, Henrike Wegener, Hannes Bareither, Judith Metzger, Thomas Frank, Ivo Hauck, Tobias Kudermann, Christiane Schick, Markus Gerstenecker, Nadine Matthes, Ralf Müller, Lisa Behrens, Katharina Herrmann
- dem Institut für Angewandte Forschung (IAF) der Hochschule Albstadt-Sigmaringen für die finanzielle Förderung im Rahmen des Fit4Research Programms