

Prozessmodell Strahlreinigung

Praxistaugliche Vorhersage von Reinigungsprozessen in der Lebensmittelindustrie mittels CFD

M. Joppa¹, H. Köhler², F. Rüdiger¹, J.-P. Majschak^{2,3}, J. Fröhlich¹

¹ Technische Universität Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Institut für Strömungsmechanik, Professur für Strömungsmechanik

² Technische Universität Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Institut für Naturstofftechnik, Professur für Verarbeitungsmaschinen und Verarbeitungstechnik

³ Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, Dresden

Reinigungssimulation

Ein vielversprechender Ansatz zur Ressourceneinsparung bei industriellen Reinigungsprozessen ist die CFD-Simulation.

Zur sinnvollen Nutzung im industriellen Maßstab bestehen dabei besondere Anforderungen an die Berechnungsmodelle:

- Übertragbarkeit auf verschiedene Reinigungsprozesse
- gute Vorhersagequalität
- praktikable Rechenzeiten.

Zur Durchführung einer Simulation wurde ein allgemeingültiger Ablauf entwickelt.



industrielle Problemstellung
überdimensionierte Reinigungsprozesse

Schmutzklassifizierung auf Basis von Reinigungsmechanismen

Modellauswahl und -parametrierung im Labormaßstab

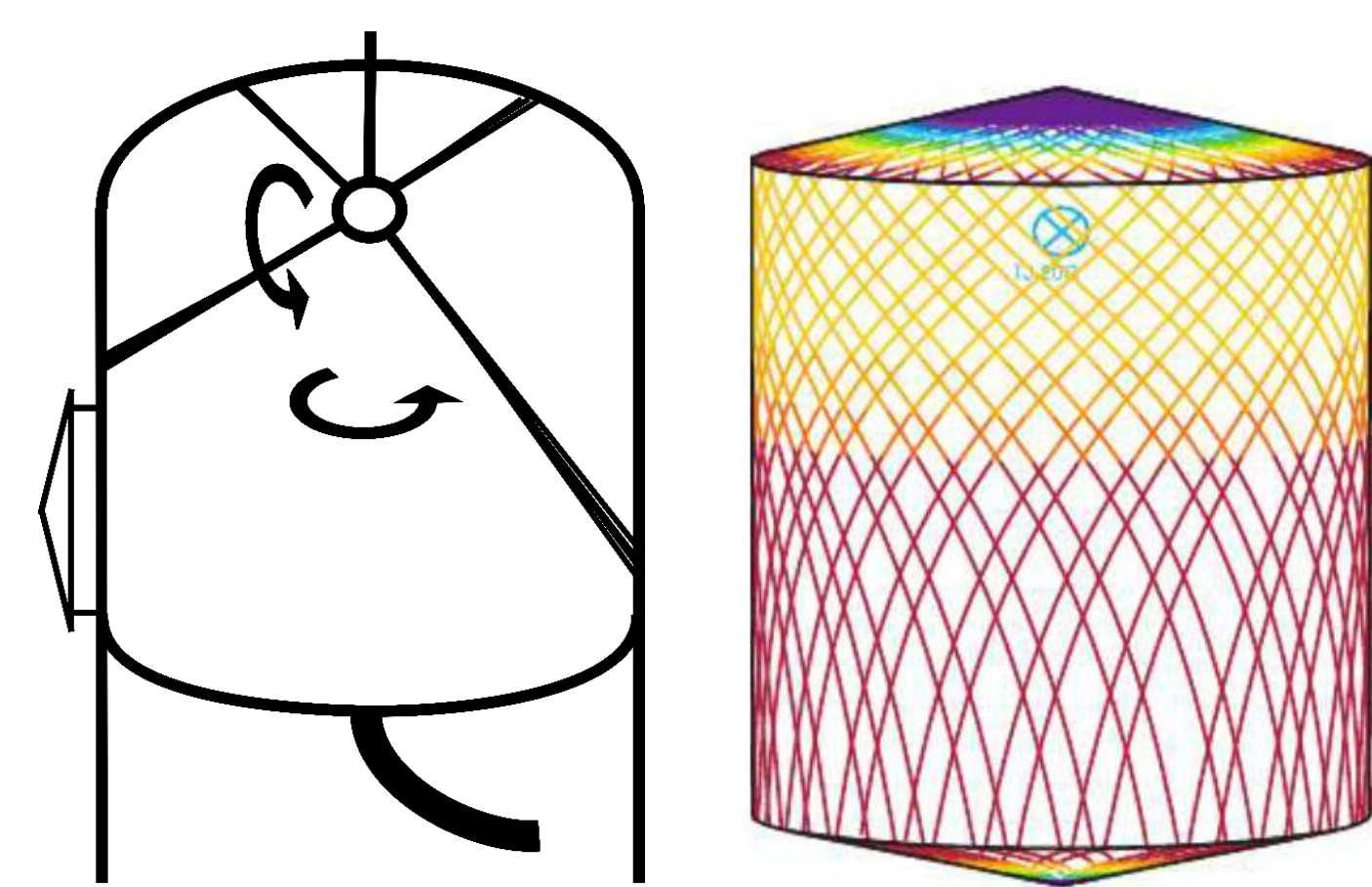
Reinigungsvorhersage durch Berechnung der Strömung und des Abtrags

Ressourceneinsparungen durch Kenntnis der Reinigungszeit und kritischer Stellen

Industrielle Reinigung

Die wirtschaftliche Relevanz von Reinigungsprozessen steigt vor allem wegen sinkender Chargengrößen stetig. In der Lebensmittelindustrie erhöhte sich der Anteil der Reinigungszeit an der Maschinenarbeitszeit seit der Jahrtausendwende von 10 % [1] auf bis zu 25 % [2, 3]. Automatisierte, fest in Anlagen integrierte Reinigungsgeräte sind inzwischen weitgehend industrieller Standard. Eine der effektivsten Technologien ist die Verwendung von Zielstrahlreinigern [4].

Die Auslegung des Reinigungsprozesses erfolgt bisher vorrangig erfahrungsbasiert. Aufgrund der kostenbedingt mit wenigen Versuchen ermittelten Reinigungsparameter entsteht oft ein überhöhter Reinigungsaufwand [3].

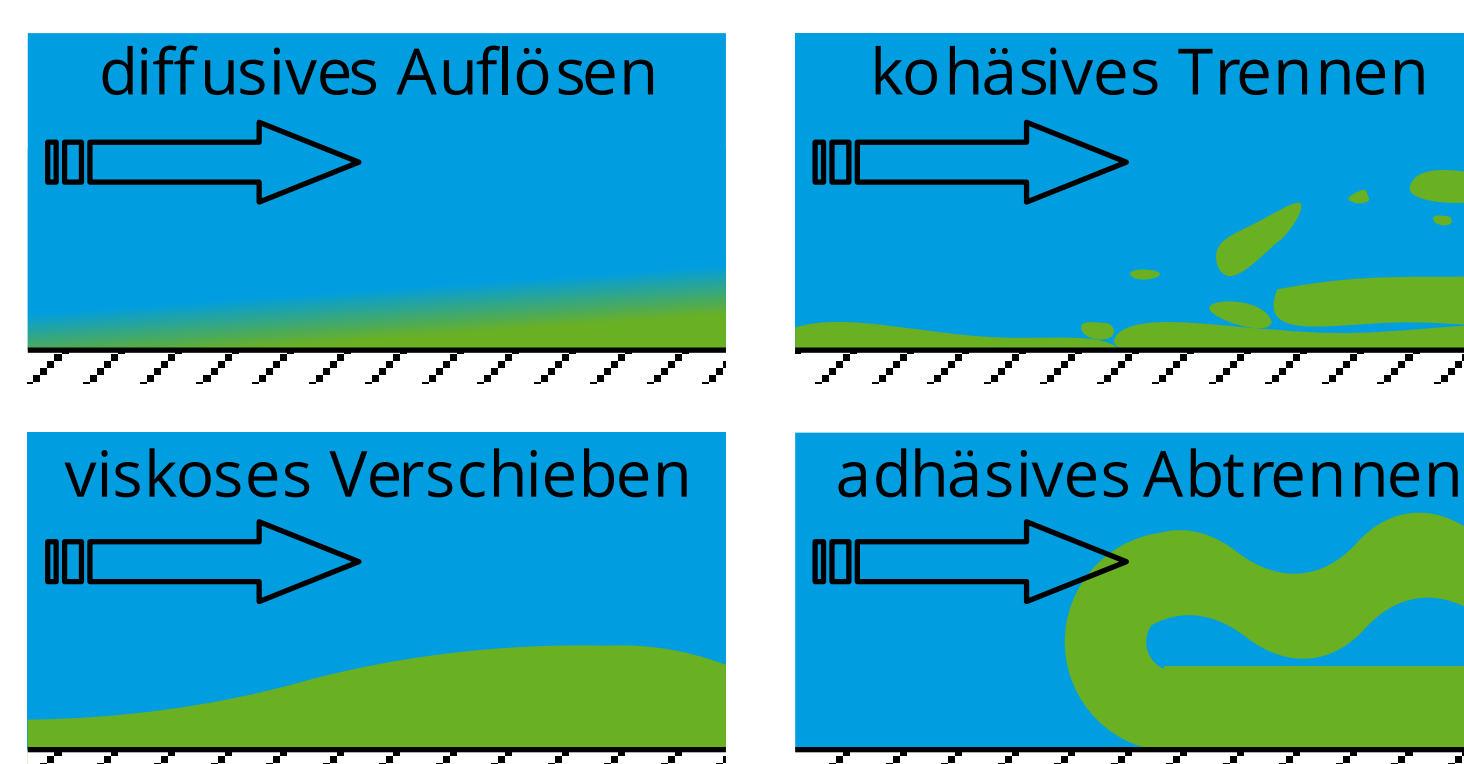


Abbildungen:

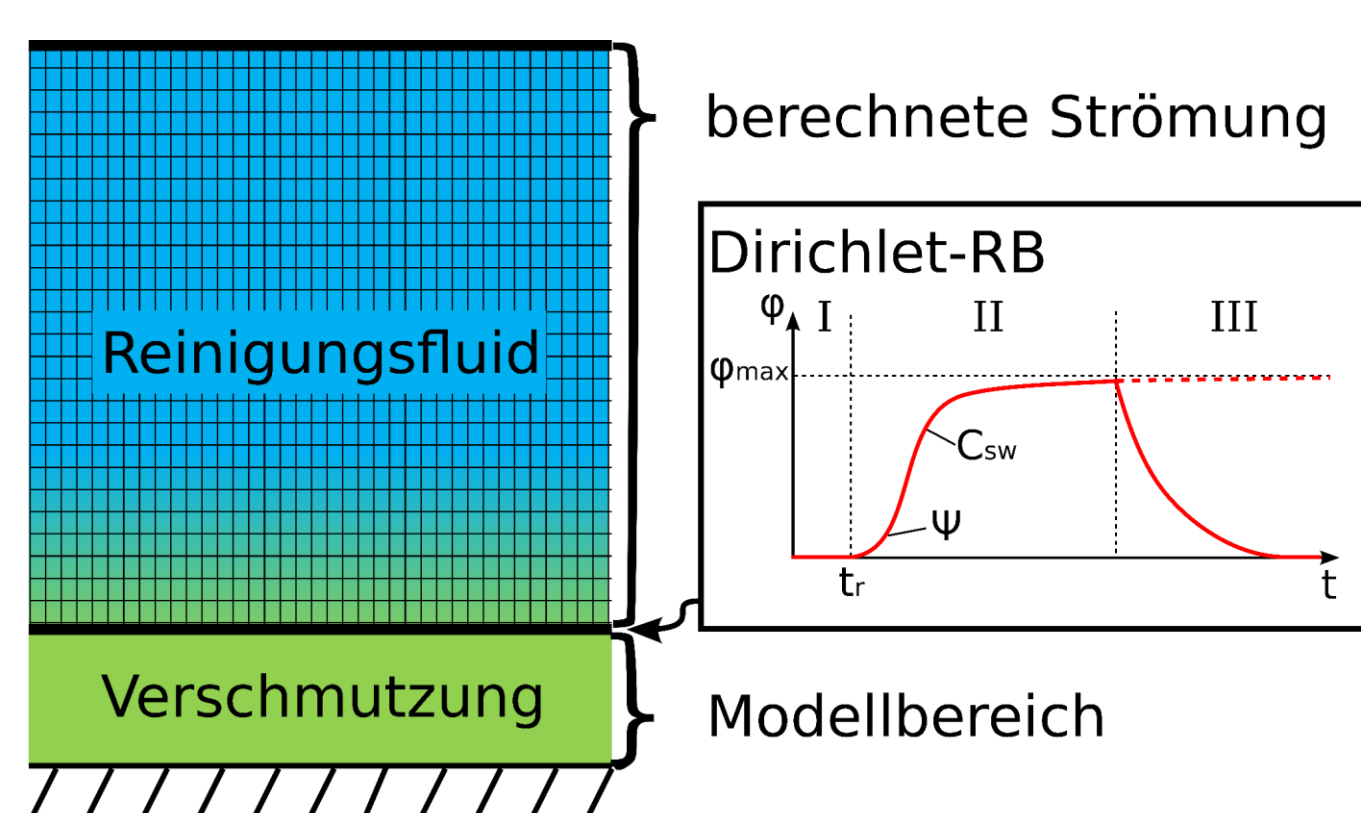
- Abb. 1: Zielstrahlreiniger, Ablaufschema zur Reinigungssimulation
 Abb. 2: Tankreinigung: schematischer Aufbau, Pfad der Strahlen im Tank [6]
 Abb. 3: Basismechanismen bei der Reinigung
 Abb. 4: Abbildung des Verschmutzungsverhaltens als transiente Randbedingung
 Abb. 5: Radialer Verlauf der Reinigungszeit t_{90} aus der Simulation im Vergleich mit eigenen Experimenten mit variiert initialer Verschmutzungsmenge m_0 "

Reinigungsmechanismen

Die folgenden Mechanismen treten häufig in Kombination auf, wobei die Klassifizierung sich am dominanten Verhalten orientiert.



Das Verschmutzungsverhalten für das diffusive Auflösen und das kohäsive Trennen kleiner Partikel kann mit folgender, transienter Randbedingung modelliert werden.



Literatur:

- [1] WEILE, F.: Anforderungen an moderne Verpackungsanlagen aus Sicht des Anwenders, Tagung VVD, Technische Universität Dresden, 2003
 [2] TAMIME, A.: Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations, Hoboken: Wiley-Blackwell, 3. Aufl., 2009
 [3] FRYER, P.J. et al.: Current knowledge in hygienic design: can we minimize fouling and speed cleaning?, *Procedia Food Science* 1, S. 1753-1760, 2011
 [4] BOYE, A.: Empfehlungen zur Auslegung effektiver Behälterreinigungssysteme, IVLV e. V., Merkblatt 111/2013, 2013
 [5] JOPPA, M. et al.: Simulation of jet cleaning: diffusion model for swellable soils. *Fouling and Cleaning in Food Processing Conference*, Lund, Sweden, 2018
 [6] <http://alfalaval-sanitary-equipment.publ.com/ESE00361DE#954>, 17.06.2014

Numerisches Modell

Die Simulation [5] erfolgt mithilfe der freien und quelloffenen Software OpenFOAM. Sie basiert auf einer entkoppelten Berechnung mit der Abfolge:

- stationäre Strömungsberechnung (RANS)
- instationäre Reinigungsberechnung mittels Transportgleichung für den Volumenanteil der Verschmutzung ϕ .

Dies ermöglicht den meist kleinen und mittelständischen Unternehmen der Lebensmittelindustrie eine schnelle Strahlreinigungssimulation.

