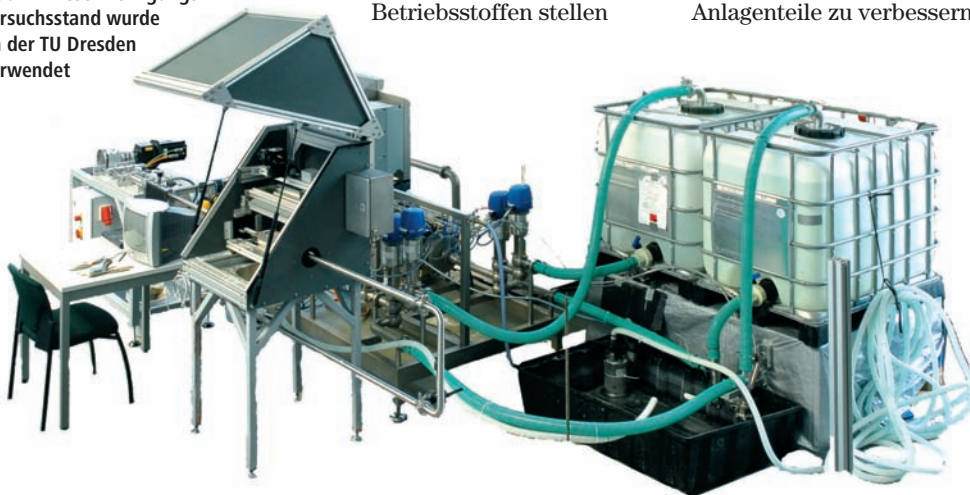


Am Puls der Strömung

Verbesserte Reinigung geschlossener Systeme mittels pulsierender Strömung

Ein kürzlich beendetes Forschungsprojekt der IVLV untersuchte die Reinigung von Rohrsystemen durch pulsierende Strömung. Trotz verbreiteter CIP-Reinigung besteht noch großer Bedarf für technologische Verbesserungen bei der Anlagenreinigung. Das Vorhaben wurde am Institut für Verarbeitungsmaschinen und Mobile Arbeitsmaschinen der TU Dresden und am Institut für Chemische und Thermische Verfahrenstechnik der TU Braunschweig bearbeitet. Für das erfolgreiche Projekt wurde bereits ein Fortsetzungsantrag gestellt und von der AiF befürwortet.

Abb. 1: Dieser Reinigungsversuchsstand wurde an der TU Dresden verwendet



Die Herstellung qualitativ hochwertiger und hygienisch einwandfreier Produkte hat in der Lebensmittelindustrie höchste Priorität und wird gesetzlich gefordert. Die Reinheit einer Anlage, d.h. das Fehlen von Verunreinigungen auf den produktberührenden Oberflächen der Verarbeitungsmaschinen, spielt dabei eine Schlüsselrolle. Bei der Verarbeitung hoch- und niedrigviskoser Lebensmittel erfolgt die Reinigung in den meisten Fällen mittels CIP. Der Bedarf an technologischen Verbesserungen im Bereich der Anlagenreinigung ist jedoch groß. Allein der Anteil reinigungsbedingter Stillstandszeiten in der Lebensmittelproduktion nimmt zwischen zehn und 15 Prozent der gesamten Maschinenlaufzeit ein. Die zusätzlichen Kosten durch den Verbrauch an Reinigungsmitteln und anderen Betriebsstoffen stellen

weiterhin einen großen ökonomischen wie auch ökologischen Faktor in der Lebensmittelproduktion dar.

Zielsetzung: Ressourcen einsparen

Ziel des AiF-Projekts war die Steigerung der Reinigungseffizienz in geschlossenen Fluidsystemen durch den Einsatz

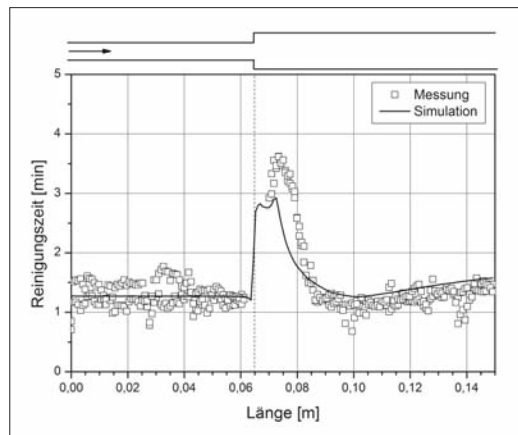


Abb. 2: Gemessene und simulierte Reinigungszeit an einem Rohrstück mit Querschnittserweiterung

von pulsierender Strömung. Angestrebt wurde eine Verkürzung der Reinigungszeit sowie eine Verringerung der einzusetzenden Reinigungsmittel. Weiterhin wurde angestrebt, die Reinigung schwer zugänglicher oder geometrisch komplexer Anlagenteile zu verbessern.

Dies kann erreicht werden, indem die Reinigungswirkung der stationären Rohrströmung auf den anhaftenden Belag durch die Überlagerung einer oszillierenden Strömung erhöht wird.

Zu diesem Zweck wurden Reinigungsuntersuchungen an komplexen Strömungsgeometrien durchgeführt, um einerseits die Wirkmechanismen der Reinigung besser zu verstehen und andererseits das Einsparpotenzial pulsierender Strömungen zu ermitteln. Die Betrachtung komplexer Geometrien bietet dabei den Vorteil, dass alle reinigungsrelevanten Vorgänge in der Randschicht einer turbulenten Rohrströmung wie Ablösung und Wirbelbildung in den Versuchen abgebildet werden können.

Neue Methode für Reinigungsnachweis

Die orts- und zeitaufgelöste Messung der Reinigung an komplexen Geometrien stellt die Grundvoraussetzung für eine gezielte Betrachtung der Wirkmechanismen dieses Prozesses dar. Daher wurden im Rahmen dieses Projekts Methoden entwickelt, die eine orts- und zeitaufgelöste Erfassung realitätsnaher Verschmutzungssysteme im Technikumsmaßstab ermöglichen. Die besten Ergebnisse konnten dabei mit der optischen Detektion von kohäsiv haftenden Stärkeschichten erzielt werden. Im Ergebnis der Messungen kann für die gewählte Strömungsgeometrie jedem Ort eine charakteristische Reinigungszeit zugeordnet werden. Diese Daten wurden mit einem ebenfalls im Rahmen dieses Projektes entwickelten Simulationsverfahren verglichen. Dazu wurden mithilfe einer CFD-Software die auch

real im Versuchsstand anzutreffenden Materialeigenschaften, Randbedingungen und fluiddynamischen Kenngrößen definiert. Mithilfe des $k-\omega$ SST-Modells zur Simulation turbulenter Rohrströmungen und eines geeigneten Modells zur Berechnung von Diffusionsparametern konnte dann das Reinigungsverhalten im Versuchsstand nachgebildet werden.

Reinigungsverbesserung durch Pulsation

Im Ergebnis konnten sowohl Rückschlüsse zum Wirkmechanismus der Reinigung im vorliegenden System als auch Vorhersagen zum Reinigungsverlauf formuliert werden. Ausgehend von der gemessenen Reinigungscharakteristik konnte geschlossen werden, dass der Hauptvorgang der Reinigung im vorliegenden Fall ein Diffusionsprozess ist. Mit diesem Wissen erfolgte eine Optimierung des Berechnungsmodells mit dem Ergebnis, dass für die im Projekt getesteten Reinigungsbedingungen eine orts aufgelöste Vorhersage der Reinigungszeit möglich war. Ein solcher Vergleich von gemessenem Reinigungsverlauf (dargestellt durch Punkte) und berechneter Reinigungszeit (Linie) ist für eine stationäre

Strömung von 1 m/s in Abb. 2 dargestellt. Auf Basis dieser Mess- und Berechnungsmethoden erfolgte die Untersuchung der Reinigung mittels pulsierender Strömungen. Charakteristisch für die pulsierende Strömung ist ein Anstieg der Geschwindigkeit in der Strömungsgrenzschicht. Dies führt zu transienten Rückströmungen im wandnahen Bereich welche auch auf die Reinigung Auswirkungen haben. Eine charakteristische Größe der Pulsation ist die Frequenz. Innerhalb der durchgeführten Messungen wurden Werte zwischen 0,5 Hz und 2 Hz getestet.

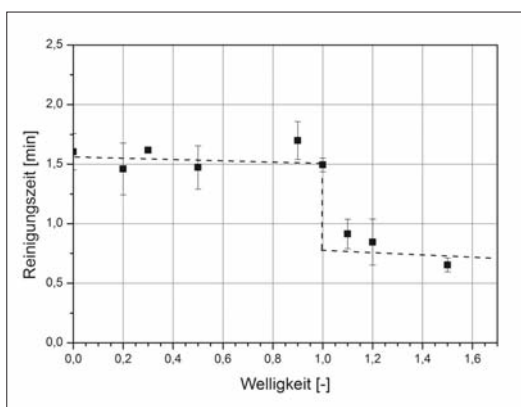


Abb. 3: Abhängigkeit der Reinigungszeit von der Welligkeit der Pulsation an einem geraden Rohrstück

Ein weiterer wichtiger Parameter der Pulsation ist dabei die so genannte Welligkeit, welche das Verhältnis von oszillierender und stationärer Geschwindigkeitskomponente beschreibt. Nimmt die Welligkeit den Wert null an, so handelt es sich um eine stationäre Strömung. Bei einer Welligkeit

von eins sind beide Geschwindigkeitskomponenten gleich groß. In Abb. 3 ist der Verlauf der Reinigungszeit in Abhängigkeit dieses Parameters dargestellt. Gut zu erkennen ist ein deutlicher Abfall der notwendigen Reinigungszeit mit einer Zunahme der Welligkeit, wobei beim Überschreiten des Wertes eins ein Sprung sichtbar ist. Die somit gemessene Verbesserung der Reinigungszeit ist ebenfalls durch eine Steigerung der Strömungsgeschwindigkeit möglich, jedoch bietet die Pulsation im Hinblick auf zukünftige Anwendungen weitreichende Vorteile.

So kann durch den lokalen Einsatz der Pulsation gezielt auf reinigungstechnische Schwachstellen eingewirkt werden, ohne die Strömungsgeschwindigkeit und damit auch den Energiebedarf im Rest der Anlage zu steigern. Durch weitere Messungen hinsichtlich des Druckverlaufs bei pulsierender Reinigung konnte sichergestellt werden, dass die Applikation dieses Verfahrens keine negativen Auswirkungen auf industrielle Anlagen hat.

Ausblick auf weitere Forschungen

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes konnte gezeigt werden, dass eine Abschätzung der

Reinigungszeit für ein bestimmtes Verschmutzungssystem mithilfe der numerischen Simulation der Strömung möglich ist. Der Schlüssel dazu war die



IVLV e.V.
Schragenhofstraße 35
80992 München
Tel.: 089/14 90 09 0
Fax: 089/14 90 09 80
Internet: www.ivlv.de
E-Mail: office@ivlv.de

erstmalige Kombination eines hochauflösenden Messverfahrens mit einer neuartigen Simulationsmethode zur Abbildung des Stoffübergangs in geschlossenen Strömungsgeometrien. Anhand dieser Erkenntnisse kann innerhalb des geplanten Fortsetzungsprojektes die gezielte Optimierung der Pulsation für bestimmte reinigungskritische Rohrgeometrien erfolgen. Weiterhin sind Untersuchungen zur Wirkung von Pulsationen in Rohrverzweigungen sowie die Gestaltung einer hygienege rechten Pulsationserregung geplant. MS/HF/ct

Der Schlussbericht des Projektes ist nach seiner Fertigstellung über die Geschäftsstelle der IVLV erhältlich.

VVD-Seminar 2010 des Fraunhofer IVV

Ultraschall in Verarbeitungs- und Verpackungsprozessen

Im Rahmen der Veranstaltungsreihe „Verarbeitungs- und Verpackungstechnik Dresden“ (VVD) veranstaltet das Fraunhofer-Anwendungszentrum Verarbeitungsmaschinen und Verpackungstechnik (AVV) des Fraunhofer IVV am 10. und 11. November 2010 in Dresden das Seminar „Ultraschall in Verarbeitungs- und Verpackungsprozessen“, welches sich an Mitarbeiter der Anwendungstechnik, Entwicklung und Produktion in Unternehmen der abpackenden Industrie, der Folienherstellung und des Verarbeitungsmaschi-

nenbaus richtet. Im Fokus des Seminarprogramms stehen das Siegeln und das Trennen mithilfe von Ultraschall. Präsentiert werden unter anderem die Ergebnisse des aktuellen AiF-Forschungsprojektes „Ultraschallsiegeln“ (Bericht in LT 7-8/10, S. 44) gemeinsam mit aktuellen technischen Entwicklungen und Anwendungen der Ultraschalltechnik. In diesem Projekt werden noch bis Ende September 2010 die Materialparameter detektiert, welche die Vorgänge bei der Erwärmung sowie beim Schmelzenfluss und damit die Ultra-

schallsiegelbarkeit von Packstoffen beeinflussen. Inhalte des ersten Veranstaltungstages sind die Einführung in Grundlagen, Technik und Wirkungsweise der verschiedenen Ultraschallsysteme sowie packstoffseitige Einflussgrößen auf die Ultraschallsiegelbarkeit von Kunststoffen und die Siegelbarkeit von Packstoffverbunden im Speziellen. Am zweiten Tag sollen spezifische Anwendungen vorgestellt und die Erfahrungen der Anwender geschildert werden.

www.avv.fraunhofer.de/ultraschall