

Den Sprüschatten beleuchtet

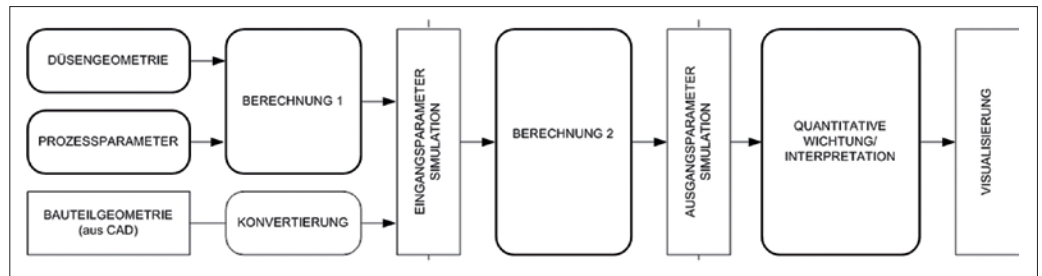
Werkzeug zur Simulation der Sprühreinigung unterstützt Maschinenkonstrukteure

Die automatisierte Sprühreinigung offener Maschinensysteme wird von den Anwendern in der Lebensmittelindustrie immer häufiger gefordert. Ein handhabbares und einfaches Simulationswerkzeug, das den Konstrukteur bei der Auslegung und Optimierung dieser Reinigungssysteme unterstützt, war bisher nicht verfügbar. Daher war es das Ziel eines IVLV-Forschungsprojekts, ein Softwaremodell zur Sprüschattensimulation zu entwickeln, mit dem erstmals die simulative Auslegung von komplexen Sprühreinigungssystemen erfolgen kann.

Im Fokus des Projekts "Erarbeitung eines entwicklungsbegleitenden Simulationswerkzeugs zur konstruktiven Auslegung von düsengebundenen Sprühreinigungssystemen in Lebensmittelverarbeitungsmaschinen", das beim Fraunhofer-AVV und an der TU Dresden durchgeführt wurde, lagen Verarbeitungsmaschinen, die mittels automatischer Sprühsysteme gereinigt werden. Die

verbreitet, bietet allerdings nur die Möglichkeit einer begrenzten qualitativen Aussage. Dazu wird ein handelsüblicher Fluoreszenzfarbstoff auf die zu reinigenden Maschinenoberflächen gesprüht und anschließend durch das zu testende Reinigungssystem abgereinigt. Mit Hilfe einer UV-Lampe kann dann das Reinigungsergebnis manuell überprüft werden. Diese Verifizierungsmethode kommt aber erst

tungs- und Berechnungsaufwandes, der die üblicherweise verfügbaren Zeitfenster für Funktionssimulationen im konstruktiven Entwicklungsprozess bei weitem übersteigt. Während für Anlagen der Verfahrenstechnik mit wenigen Sprühdüsen, zum Beispiel in Behältern, eine Simulation möglich ist, stößt diese Methode aber bei Getränkeabfüllmaschinen mit komplexen Baugruppen von mehreren



Darstellung der internen Prozessschritte der Sprüschattensimulation

Reinigungs- und Spülmedien werden dabei durch Spritzköpfe und statische oder dynamische Düsen über die zu reinigenden Flächen verteilt. Offene Reinigungssysteme werden zum Beispiel in Form-, Füll- und Verschleißmaschinen, Waschkabinen, Transportbehältern und Lagertanks eingesetzt. Der spezielle Projektfokus lag auf Verarbeitungsmaschinen und -anlagen mit einer großen Anzahl von Sprühdüsen wie zum Beispiel Getränkeabfüllanlagen. Zur Vermeidung von hygienischen und technischen Problemen werden solche Anlagen regelmäßig mit hohem Aufwand gereinigt. Die Reinigungsprozesse sind meist mehrstufig, wobei der Oberflächenbelag durch den Reinigungsvorgang und das nachfolgende Abspülen entfernt werden soll. Zur Einrichtung von Sprühreinigungssystemen und deren Validierung kommen in der industriellen Praxis Sprüschattentests zum Einsatz. Besonders der so genannte Riboflavintest ist weit

zu einem späten Zeitpunkt im Entwicklungsprozess und frühestens im Prototypenbau zum Einsatz. Ein Variantenvergleich während der konstruktiven Entwicklung ist damit nicht möglich und die spätere Fehlerbehebung damit sehr kostenintensiv.

Frühere Vorhersagen erforderlich

Es besteht daher ein großer Bedarf an geeigneten Auslegungs- und Berechnungswerkzeugen, um diesen enormen Kostenfaktor in der Entwicklung zu minimieren. In Abstimmung mit anerkannten Experten aus Forschung und Industrie wurde ebenfalls deutlich, dass der gegenwärtige und mittelfristig zu erwartende Entwicklungsstand der CFD-Technologie keine sinnvolle Nutzung von klassischen CFD-Methoden in diesem Bereich erwarten lässt. Der wichtigste Grund ist die Komplexität der verfügbaren Modellansätze und des daraus resultierenden hohen Bearbei-

Metern Raumaufdehnung und oft mehr als 100 Reinigungsdüsen an die Grenze des Machbaren. Darüber hinaus erfordern die klassischen CFD-Ansätze für komplexe Mehrphasenströmungen eine spezielle Qualifikation der Projektbearbeiter. Diese kann nur durch langjährige Erfahrung erworben werden oder muss von hochbezahlten, externen Mitarbeitern erbracht werden. Beides führt zu einem unwirtschaftlichen Aufwands- und Kostenniveau für diese Art der Simulation.

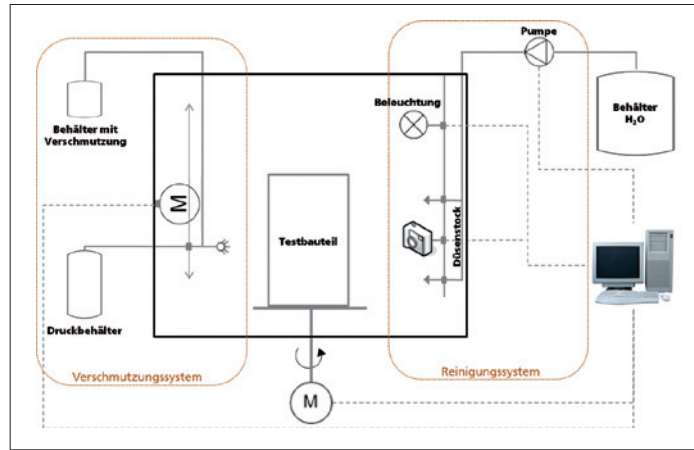
Innovative Ansätze entwickeln

Die methodische Lücke zur Quantifizierung des Reinigungserfolges zwischen den aufwändigen und kostenintensiven Sprüschattentests und der zu komplexen, gitterbasierten, numerischen CFD-Simulation sollte im Wesentlichen durch die Reduktion der Simulationskomplexität gegenüber einer herkömmlichen Strömungs-

IVLV
 Wissen vernetzen!
 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



Der verwendete Versuchsstand mit Waschkabine am Fraunhofer AVV und sein Funktionsschema



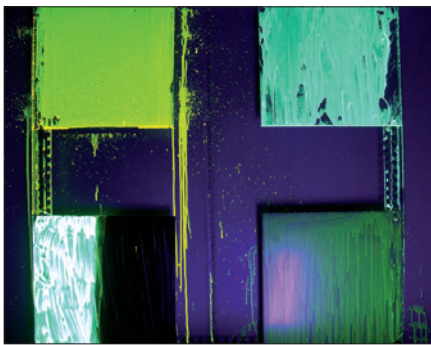
Datenbank geladen werden und den anschließenden Re-Import der optimierten Düsenanordnung in ein CAD-Programm durch den Export der Düsenpositionen

simulation erreicht werden. Der neue Ansatz wurde dabei auf das Mindestmaß der quantitativen, problemrelevanten, physikalischen Aspekte zugeschnitten. Wegen der strukturellen Ähnlichkeit der Problemstellung zur Simulation der Lichtausbreitung wurden Techniken der Computergrafik (Strahlabbildung) weiterentwickelt. Zur signifikanten Beschleunigung der Simulationsalgorithmen konnten weitere Techniken wie das GPU-basierte Rendering verwendet werden. Der relativ geringe Gesamtaufwand für die Durchführung der Reinigungssimulation erlaubt erstmals eine effizientere, entwicklungs-

wurden. Die Kenntnis industrieller Reinigungsprozesse und deren Modellierung wurden durch das Fraunhofer AVV im Projekt vertreten. Der Abgleich mit realen Untersuchungen erfolgte durch die zu entwickelnde Nachweismethode.

Die Lösung der Simulationsaufgabe

Im Forschungsprojekt sollte eine qualitative Unterscheidung hinsichtlich direkt durch Sprühstrahlen erreichter Bauteiloberflächen und nicht direkt durch Sprühstrahlen erreichter Bereiche getroffen werden. Die entwickelte Software simuliert Sprühschatten von Reinigungssystemen in Echtzeit und zeigt sie auf 3D-CAD-Modellen an. Änderungen am Reinigungssystem werden unmittelbar visualisiert. Zur Verifizierung der Simulation mit realen Versuchsbedingungen wurde im Labormaßstab ein qualitativer Reinigbarkeitstest für offene Maschinensysteme entwickelt, der mit



Die Resultate der Vortests zur Auswahl der Verschmutzungsmatrix

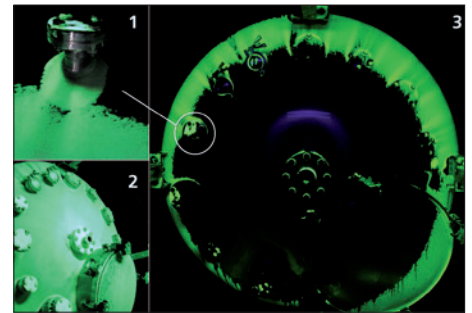
begleitende Auslegung durch den Konstrukteur, eine geringe Anzahl notwendiger Reinigungstests und die Vermeidung aufwändiger Umbauten bei der Einrichtung der Anlage. Auf Seiten der Computergrafik existieren in der Beleuchtungssimulation, der physikalisch basierten Animation sowie der 3D-Erfassung von Oberflächen bereits eine Vielzahl von Lösungen, die durch den Lehrstuhl für Computergrafik und Visualisierung der TU Dresden in das Projekt eingebracht

einer lumineszierenden Testverschmutzung arbeitet. Mit dieser Untersuchungsmethode ist die klar konturierte Abgrenzung des Reinigungsbereichs von Reinigungsdüsen möglich. Dadurch konnte ein unmittelbarer Abgleich von Versuch und Simulationssoftware erfolgen. Ein weiteres Feature der Software ist die integrierte Düsen Datenbank, in der das experimentell bestimmte Reinigungsverhalten ausgewählter Düsen gespeichert ist. Die auf diese Weise hinterlegten Düsen können per

Drag & Drop in die Simulationsszene geladen werden. Art, Anzahl und Ausrichtung können so festgelegt werden, dass eine optimale Beaufschlagung des zu reinigenden Objekts durch die Sprühstrahlen des Reinigungssystems erreicht wird. Für die Bestimmung des Reinigungsverhaltens der Düsen wurde ein Verfahren zur halbautomatisierten Aufnahme von Sprühmasken entwickelt, welche just-in-time via Online-Datenbank in die Simulationssoftware integriert werden können. Dadurch kann auch eine größere Menge an Düsen mit vertretbarem Aufwand aufgenommen werden. Die Strategien zur Visualisierung und Nutzerinteraktion in der Software

wurden bewusst flexibel gehalten, orientieren sich aber an gängigen CAD/3D-Modellierungstools. Darüber hinaus konnte die Eignung des Ray-Tracing-Verfahrens zur Sprühstrahlsimulation gezeigt werden. Insbesondere die Performanceprobleme des Modells konnten durch einen Paradigmenwechsel behoben werden: Durch die geschickte Portierung des Algorithmus auf die Grafikkarte des PCs wurde ein vierzigfacher Performance-Zuwachs erreicht. Die derzeit aktuelle Version 2.0 der Software zur Sprühschattensimulation kann über die Projekthomepage bezogen werden. Sie ermöglicht das Laden von triangulierten Modellen, die Positionierung von Düsen deren Parameter aus einer Online-

nen im VRML2-Format. Mit der Software steht Konstrukteuren erstmalig eine rechnergestützte Auslegungs- und Optimierungshilfe für komplexe Reinigungssysteme zur Verfügung. Mit ihr können Sprühschatten schon vorab in der konstruktiven Phase ausgeschlossen werden. Mit dem entwickelten, qualitativen Reinigbarkeitstest können



Reinigungstest eines komplexen Bauteils mit einer Vollkegeldüse: 1 Detailsicht Stutzen nach Reinigung, 2 Verschmutztes Testobjekt, 3 Testobjekt nach Reinigung (grün=verschmutzt, schwarz=sauber)

Schwachstellen von Sprühreinigungssystemen direkt an der Maschine sichtbar gemacht werden. Durch Nutzung von Simulation und Reinigungstest in Kombination besteht die Möglichkeit, hygienische Risiken zu minimieren und die Investitionssicherheit nachhaltig zu verbessern. AB/ct

Das IGF-Vorhaben 16438 BR der Industrievereinigung für Lebensmitteltechnologie und Verpackung e.V. (IVLV) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Der vollständige Schlussbericht kann von der IVLV bezogen werden.