


SIMULIERT ZUM MODERNEN RÜHRSYSTEM

Die Industrie fordert höhere Wirtschaftlichkeit und Ressourceneffizienz, was die Entwicklung maßgeschneiderter Rührsysteme mit ganzheitlichem Ansatz verlangt. Mit Hilfe der numerischen Strömungssimulation können Rührorgan und Kesseleinbauten sowie die Form des Rührkessels selbst effizient optimiert werden.

TEXT: Nicole Rohn, Wolfgang Keller, Jochen Jung, Ekato **BILDER:** Ekato  www.PuA24.net/PDF/PAK8697130

Erfahrungswerte alleine, insofern welche vorhanden sind, reichen für eine sichere Auslegung maßgeschneiderter Rührsysteme nicht mehr aus. Die Durchführung zahlreicher Versuche im Labor ist zeitaufwendig und kostspielig und im Originalmaßstab häufig unmöglich. Mit Hilfe der numerischen Strömungssimulation (Computational Fluid Dynamics – CFD) können diese Nachteile abgefangen werden, sodass diese den Entwicklungsprozess im Bereich Messung ideal ergänzt.

Die Zuverlässigkeit von einphasigen numerischen Berechnungen im Bereich der Rührtechnik ist mittlerweile vergleichsweise gut untersucht. Neben diesen ermöglichen kommerzielle Programme es heutzutage, auch mehrphasige Berechnungen durchzuführen, sodass die in der Rührtechnik häufig anzutreffenden Suspensionen numerisch berechnet werden können. Vergleichende Untersuchungen zwischen numerischer Lösung und Resultaten aus Laborversuchen existieren jedoch noch vergleichsweise wenige. In diesem Beitrag wird zunächst eine einphasige Betrachtung durchgeführt und diese in einem weiterführenden Schritt mehrphasig ausgeführt – die Messergebnisse werden gegenübergestellt.

Rührorganoptimierung mit Hilfe von CFD

Bei der Aufbereitung sulfidischer Erze werden so genannte POX-Autoklaven (POX = Pressure Oxidation) eingesetzt. Um das Erz vom Schwefel zu trennen, wird der Schwefel mit rei-

nem Sauerstoff oxidiert, wobei Schwefelsäure entsteht. Die Betriebsanforderungen dieses Prozesses stellen höchste Ansprüche an das Rührorgan, sodass einfache und an die Prozessbedingungen unzureichend angepasste Scheibenrührer bereits nach wenigen Monaten Betriebsdauer verschleißbedingt ausgetauscht werden müssen. Prozessbedingte Herausforderungen an die Langlebigkeit des Rührorgans sind beispielsweise Betriebstemperaturen bis zu 250 °C, Betriebsdrücke bis zu 50 bar, hochgradig abrasive Feststoffe und Feststoffkonzentrationen zwischen 30 und 40 Gewichtsprozent.

Bei der Entwicklung eines verschleißoptimierten Rührorgans wurden Abrasionsversuche mit Quarzsand durchgeführt. Um die Versuchsdauer zu verkürzen und zusätzliche Informationen über das Fortschreiten der Abrasion zu erhalten, wurden Mehrfachfarbanstriche gewählt. Parallel zu den experimentellen Untersuchungen wurden einphasige, isotherme CFD-Berechnungen zunächst im Labormaßstab sowie im späteren Verlauf im Maßstab einer realen Anlage durchgeführt.

Resultat der Untersuchung ist der Rührer Epox-R mit einer zum bisherigen Scheibenrührer vergleichbaren Charakteristik, jedoch erheblich reduzierter Verschleißanfälligkeit. Die Ergebnisse der mittels CFD untersuchten Blattausführungen deckten sich gut mit den Resultaten der Farbanstrichversuche. Rückmeldungen aus dem Einsatz des Epox-R in realen Anlagen bestätigen bereits die gewonnenen Untersuchungsergebnisse.

Mehrphasenmodell liefert akzeptable Ergebnisse

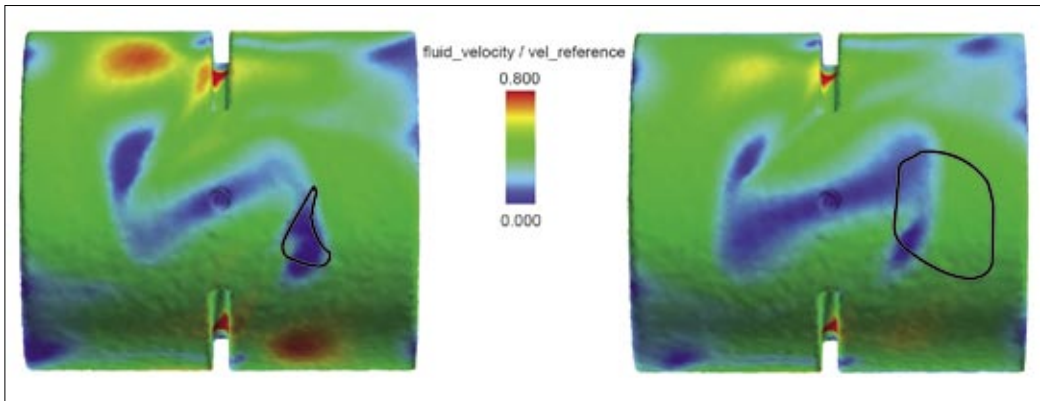
In einem nächsten Entwicklungsschritt wurde die mögliche Abbildung der Feststoffkonzentration des beschriebenen Prozesses in CFD sowie die Verlässlichkeit einer solchen mehrphasigen Berechnung untersucht. Hierzu wurde zunächst über interne Leistungskriterien die Drehzahl für eine vollständige Suspension ermittelt und im Labor mit Hilfe von Glaskugeln der Größe 40 bis 80 μm in Wasser überprüft. Für die numerische Berechnung des Versuchsmodells wurden dann zwei Drehzahlen ausgewählt. Eine bei beginnender Sedimentbildung (n_1) und die zweite bei deutlicher Sedimentbildung ($n_2 = 0,9 \times n_1$).

Die im Prozess vorliegende hohe Feststoffkonzentration erfordert eine numerische Umsetzung der Mehrphasenrechnung mit Hilfe eines Euler-Euler-Granular-Modells. Hierbei wurde neben der primären flüssigen Phase des Wassers eine Feststoffphase mit Partikeln der Größe 40 μm sowie eine weitere Feststoffphase mit Partikeln der Größe 80 μm generiert. Zur qualitativen Beurteilung der numerischen Berechnung wurde die mit Sediment bedeckte Fläche sowie deren Form mit den Ergebnissen des Laborversuchs verglichen. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Anwendung eines Mehrphasenmodells ohne weitere, gezielte Anpassungen des Modells zwar zu passablen Ergebnissen führt, im Detail jedoch von der Realität abweicht.

Die Bibliothek der P&A-Fachmedien im Internet



- PDF-Downloads aller Beiträge
- E-Paper der Magazine
- Querverlinkungen
- Archiv aller Magazin-, Week- und Kompendien-Inhalte
- Anbieter-Informationen



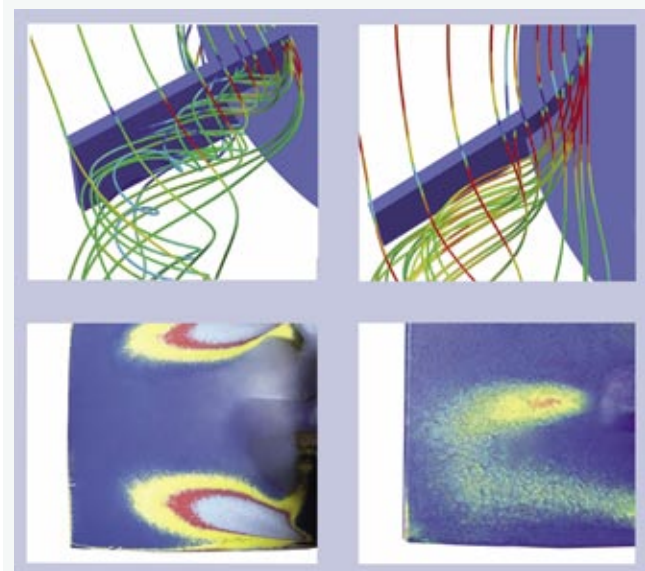
Die Ablagerungen beginnen punktsymmetrisch im schwarz skizzierten Bereich der Abbildung links und weiten sich beim Verringern der Drehzahl von dort beidseitig aus. In der Mitte des Kesselbodens bildet sich im Versuch bei den untersuchten Drehzahlbereichen kein Sediment.

Weitere Untersuchungen hinsichtlich der Auswirkung verschiedener Modellanpassungen und Netzverfeinerungen werden aktuell durchgeführt. Ferner werden in weiteren Testreihen Profile der Feststoffkonzentration im Behälter gemessen

und den numerischen Ergebnissen gegenübergestellt. Damit können dann präzisere Aussagen zur Zuverlässigkeit von CFD im Zwei-Phasen-System getroffen werden.

Grenzerfahrung industrielle Anwendung

Bei CFD handelt es sich um ein effektives und die Messung ergänzendes Werkzeug zur Analyse und Optimierung von Rührprozessen. Beim Betrieb von Anlagen auftretende, strömungsbedingte Fragestellungen lassen sich mit Hilfe von CFD-Berechnungen erklären und belegen, sodass eine effiziente und schnelle Lösung möglich ist. Dennoch ist CFD kein Allheilmittel. Durch die Vielfältigkeit und Komplexität von Rührprozessen sind der industriellen Anwendung von CFD nach wie vor Grenzen gesetzt, besonders wenn es um die Umsetzung chemischer oder die Betrachtung mehrphasiger Prozesse geht. Die hier dargestellte mehrphasige Rechnung stößt bereits an die Grenzen der in der Industrie vertretbaren Rechenzeiten. Ferner hängt die Qualität des CFD-Ergebnisses stark von der Umsetzung des zu betrachtenden Problems ab, sodass CFD auch weiterhin ein Werkzeug für Spezialisten bleibt. Versteeg und Malalasekera bringen dies wie folgt auf den Punkt: „Mittels CFD erzeugte Ergebnisse sind bestenfalls so gut wie die dem Programm zugrunde liegende Physik und Chemie und schlechtestenfalls so gut wie ihr Anwender.“ [1] □



Die Abbildung verdeutlicht anhand der Stromlinienverläufe in Blattnähe die der Verbesserung zugrunde liegende Idee: Durch die Strömungsablösung an den Blattkanten der herkömmlichen Blattgeometrie (links) bilden sich Nachlaufwirbel aus, die dazu führen, dass Partikel gegen das Blatt geschleudert werden und so zu erhöhtem Prallverschleiß führen. Die strömungskonforme Blattausführung des Rührers Epox-R (rechts) vermeidet diese Wirbelbildung.

Literatur

[1] H.K. Versteeg und W. Malalasekera, An introduction to Computational Fluid Dynamics, Longman (1995)

> MORE@CLICK PAK8697130

INNOVATIVE LÖSUNGEN FÜR HERAUSFORDERNDE ANWENDUNGEN



**ZUVERLÄSSIGKEIT.
EFFIZIENZ.
NACHHALTIGKEIT.**

Chlorwasserstoff-Synthese mit integrierter Dampferzeugung

Zuverlässigkeit

In einem Markt, für den Zuverlässigkeit ein wesentlicher Erfolgsfaktor ist, machen wir keine Kompromisse bei Qualität und Sicherheit.

Effizienz

Wir bieten integrierte Technologiekonzepte und maßgeschneiderte Systemlösungen aus einer Hand. Diesem Ansatz folgend haben wir in den vergangenen 50 Jahren mehr als 500 Chlorwasserstoff (HCl)-Synthesenanlagen gebaut, darunter die größten Anlagen weltweit. Durch Nutzen der Verbrennungswärme kann Prozessdampf mit einem Druck von bis zu 12 bar_g erzeugt werden.

Nachhaltigkeit

Dank unserer innovativen Lösungen tragen unsere Produkte zur Einsparung von Ressourcen und Energie sowie zur Verminderung von Treibhausgasemissionen bei.

Process Technology | SGL CARBON GmbH
Telefon +49 8271 83-1564 | manfredbirle.ptint@sglcarbon.de
www.sgl-processtechnology.com

Broad Base. Best Solutions. | www.sglgroup.com

