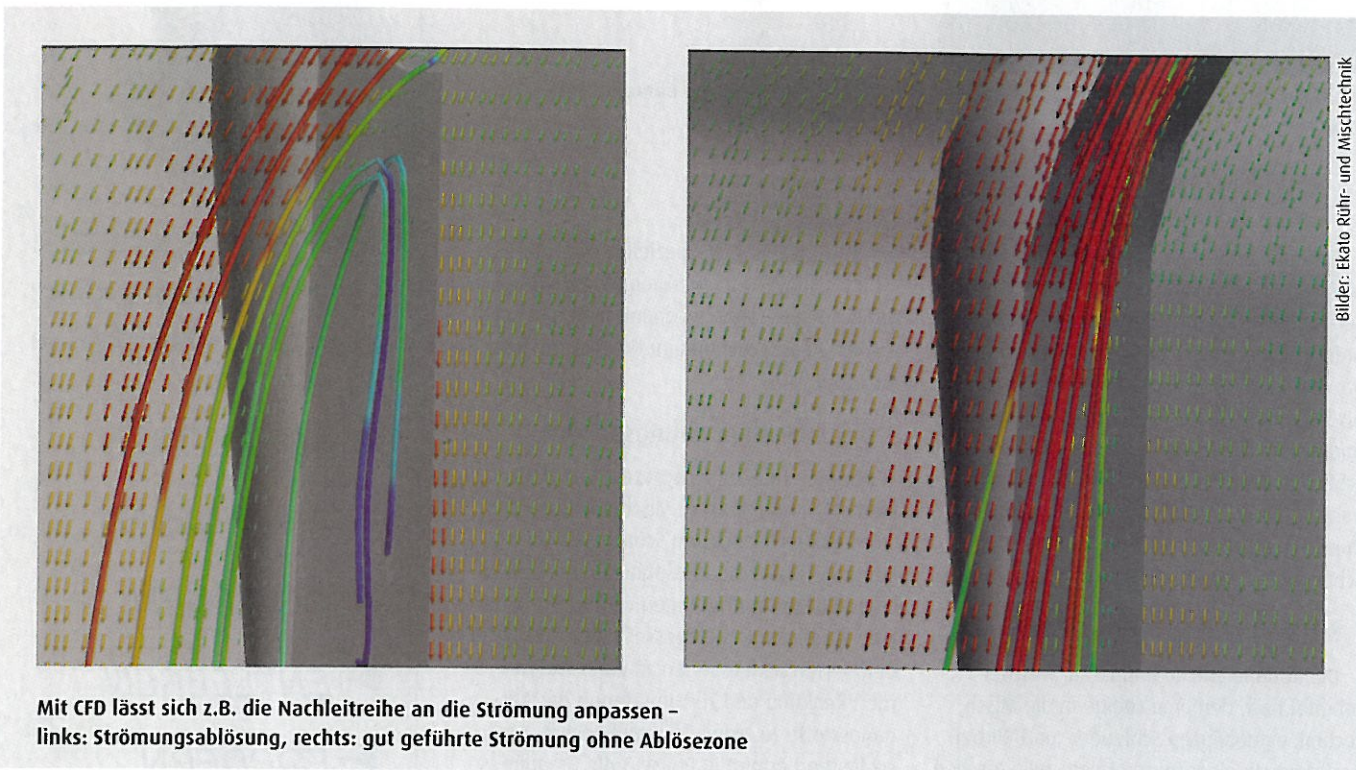


# Mit Berechnung Rührprozesse effizienter gestalten

Rührsysteme lassen sich mit der numerischen Strömungssimulation (CFD) optimieren



Bilder: Ekato Rühr- und Mischtechnik

Mit CFD lässt sich z.B. die Nachleitreihe an die Strömung anpassen – links: Strömungsablösung, rechts: gut geführte Strömung ohne Ablösezone

Um Systeme möglichst effizient auszulegen, ist eine ganzheitliche Betrachtung aller Komponenten nötig. Die numerische Strömungssimulation ist deshalb bei der Auslegung von Rührsystemen ein wertvolles Instrument.

NICOLE ROHN

Die Forderungen der Industrie nach höherer Wirtschaftlichkeit und Ressourceneffizienz verlangt maßgeschneiderte Rührsysteme mit ganzheitlichem Ansatz. Dies bedeutet, dass das Zusammenspiel aller am Prozess beteiligten Komponenten berücksichtigt werden muss. Neben einem für die Grundrühraufgabe speziell entwickelten Rührorgan betrifft dies alle Kesseleinbauten, z.B. Stromstörer, Wärmetauscherelemente oder Einspeisevorrichtungen sowie die Form des Rührkessels.

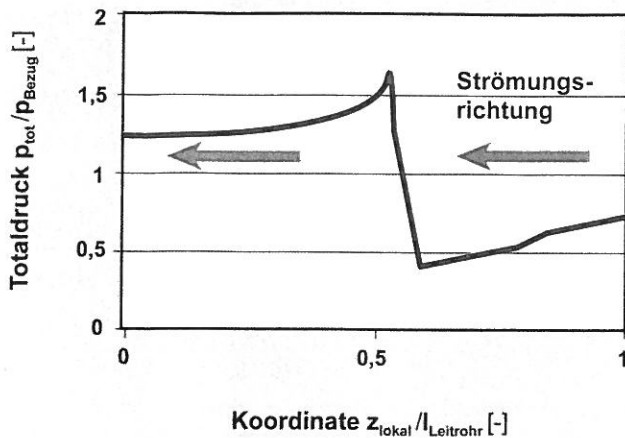
Erfahrungswerte, wenn vorhanden, reichen für eine punktgenaue und sichere Auslegung maßgeschneiderter Rührsysteme alleine nicht mehr aus, und die Durchführung zahlreicher Versuche im Labor ist zeitaufwändig, kostspielig und im Originalmaßstab häufig unmöglich. Die numerische Strömungssimulation (engl.: Computational Fluid Dynamics – CFD) kann diese Nachteile abfangen, sodass sie im Entwicklungsprozess die Messung ideal ergänzt.

## Was ist CFD?

Die Kontinuumsmechanik beschreibt Strömungsvorgänge durch ein System partieller Differenzialgleichungen, der Erhaltungsgleichungen für Masse, Impulse und Energie. Da die Lösung dieses Systems nur in den einfachsten Fällen in geschlossener Form gelingt, lässt sich die kontinuierliche Änderung der Strömungsgrößen durch Differenzen zwischen einzelnen Stützstellen approximieren. Dies wird als Diskretisierung (Gewinnung einer diskreten Teilmenge aus einer kontinuierlichen Daten- oder Informationsmenge) bezeichnet und kann in unterschiedlicher Form erfolgen.

Zur Berechnung von Rührkesselströmungen wird üblicherweise das Finite-Volumen-Verfahren verwendet. Der freie Raum im Rührkessel, der beim Betrieb mit dem entsprechenden Produkt gefüllt ist, wird dabei vernetzt, sodass ein Rechengitter aus einzelnen Volumenzellen entsteht. Diese „räumliche Diskretisierung“ wird auch als Gittergenerie-

Die Autorin ist Projektleiterin Fluid-Dynamik CFD bei Ekato Rühr- und Mischtechnik GmbH, Schopfheim. Kontakt: Tel. +49 (0) 76 22 / 29 - 0



Qualitativer Totaldruckverlauf im Leitrohr

ung bezeichnet. Über die Volumenelemente werden die entsprechenden Erhaltungsgleichungen für Masse, Impuls, Drehimpuls und Energie in integraler Form erfüllt.

Während laminare Strömungen Newtonscher Flüssigkeiten exakt gelöst werden können, sind zur Berechnung turbulenter Strömung für industrielle Anwendungen meist statistische Turbulenzmodelle nötig, die so genannten Reynolds-Averaged Navier-Stokes-Gleichungen (RANS). Prinzipiell können die zeitlichen und räumlichen Strukturen turbulenter Strömung auch vollständig und ohne Modelle mit direkter numerischer Simulation (DNS) aufgelöst werden. Doch ein heute handelsüblicher Computer bräuchte zur Berechnung einer turbulenten Kanalströmung mit einer Reynoldszahl von  $Re = 10^6$  etwa 2000 Jahre, sodass DNS bislang nur auf Superrechnern sinnvoll ist.

Da numerische Berechnungen kostspielig und ihrer industriellen Anwendung nach wie vor Grenzen gesetzt sind, ist CFD kein Standardtool für jede Auslegung. Vielmehr sollte es dort eingesetzt werden, wo ein größtmöglicher Nutzen zu erwarten ist. Dies ist im Bereich der Rühr- und Mischtechnik in der Regel bei der Neuentwicklung von Rühror-

ganen sowie der Entwicklung neuer Prozesse der Fall, bei denen verlässliche Erfahrungswerte fehlen.

Ebenfalls sinnvoll ist CFD in bereits bestehenden Rühranlagen, wenn unerwünschte strömungstechnische Effekte auftreten wie Ablagerungen, ein unerwartet hoher Leistungsbedarf oder eine unzureichende Homogenität im Rührgut, deren Entstehung unklar ist.

### Beispiel Leitrohrapparat

Bei kontinuierlichen Prozessen, beispielsweise der Kristallisation, kommen häufig Leitrohrapparate zum Einsatz, weil sie eine effektive Umsetzung der Rührleistung in Suspenderleistung und dadurch höchste Produktqualität ermöglichen. Die Auslegung eines solchen Leitrohrapparates sollte im Wesentlichen folgende Anforderungen erfüllen:

- gute Homogenisierung und Vermeidung von Totzonen,
- Minimierung der Druckverluste,
- effektive Umsetzung der Rührleistung in Suspenderleistung.

Mit folgendem Vorgehen lassen sich diese Ziele erreichen:

- Analyse der bestehenden geometrischen Ausführung mittels CFD,
- Ideenfindung und eindimensionale Abschätzung der erreichbaren Reduktion der Druckverluste,
- Festlegen der aussichtsreichsten Varianten,
- Vorgehen gemäß Schema (s. nächste Seite).

Um die Auswirkungen zu untersuchen, die unterschiedliche Ausführungen der Einbauten auf den Druckverlust haben, wurde ein Scale-down eines gewöhnlichen Leitrohrapparates durchgeführt und als Versuchsmodell im Technikum aufgebaut. Dieselbe Geometrie wurde mit 1,2 Millionen Zellen unstrukturiert

## PROCESS PLUS

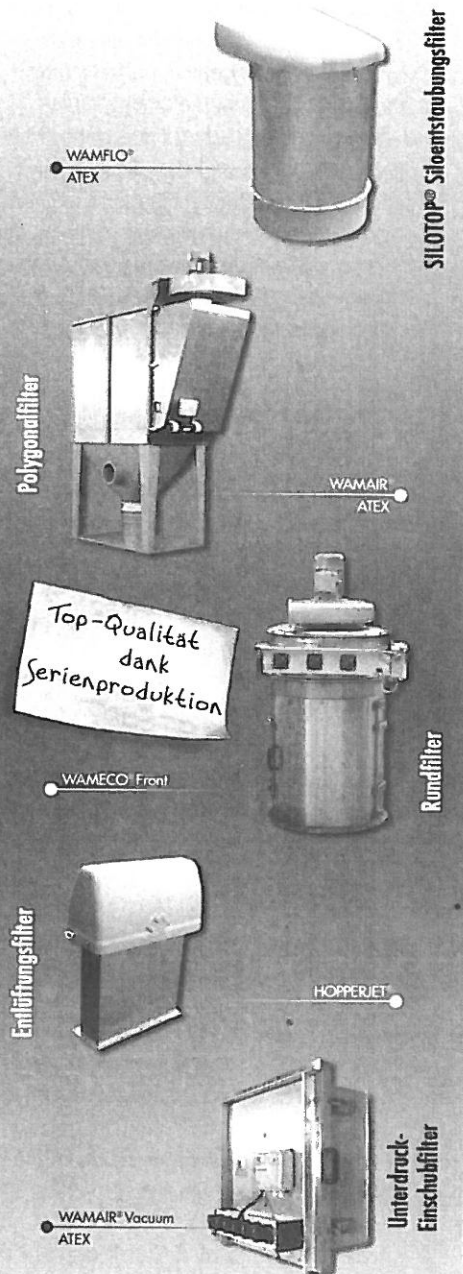
**Magazin** ● PROCESS wird Ihnen im Frühjahr 2011 einen Zulieferer-Guide Strömungstechnik bieten.

**Online** ● Auf [process.de](http://process.de) finden Sie mehr zum Beitrag über InfoClick 2377811.

**Services** ● Buch-Tipp: „Strömung und Druckverlust“ von Walter Wagner. Bequem bestellen über [www.process.de/bookshop](http://www.process.de/bookshop)



## ENTSTAUBUNGSTECHNIK



### Einsatzbereiche:

- ▶▶ Baustoffe
- ▶▶ Kunststoff / Chemie
- ▶▶ Nahrungsmittel
- ▶▶ Futtermittel
- ▶▶ Mühlenbau

WAM GmbH  
Dornierstraße 10  
D - 68804 Alltüsheim  
☎ +49 (0) 62 05 / 39 49 0  
☎ +49 (0) 62 05 / 39 49 49

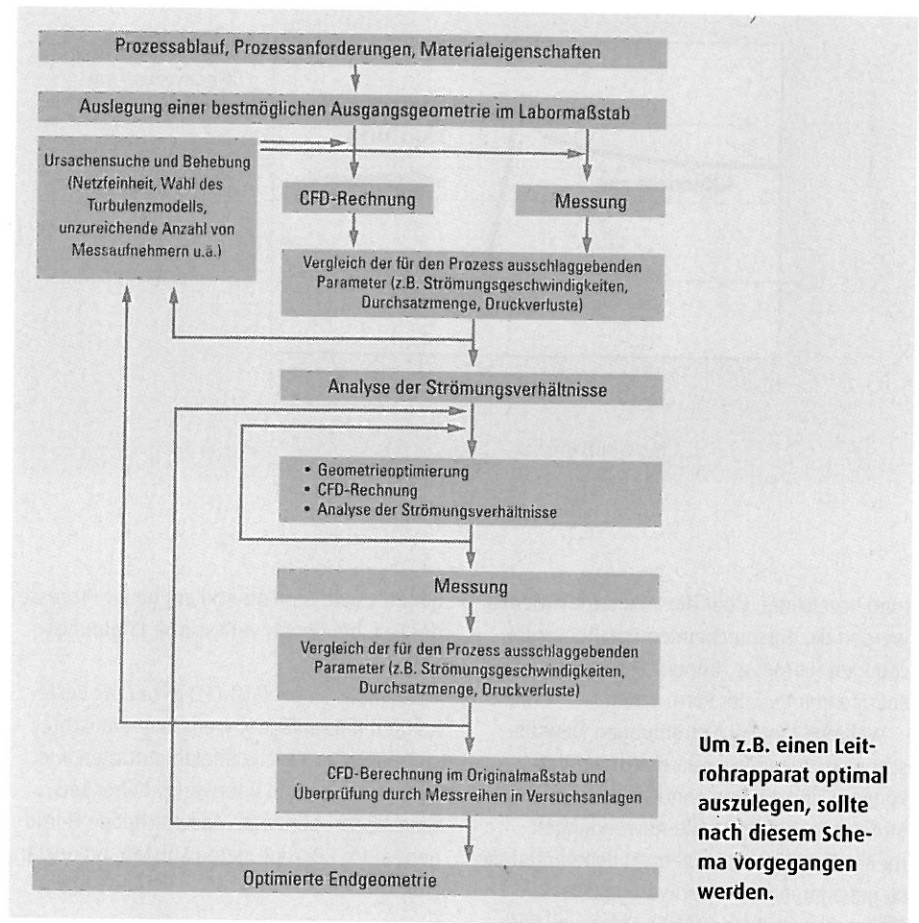


[www.wamgmbh.de](http://www.wamgmbh.de)

als Vollmodell vernetzt und einphasig, isotherm und stationär berechnet. Nach Abgleich der Ausgangsvariante mit experimentell ermittelten Daten wurde die Strömung im Leitrohrapparat mithilfe von Geschwindigkeitsverteilungen, Vektorplots, Stromlinien und Änderungen im Totaldruckverlauf analysiert. So ließen sich verlustreiche Zonen in der Strömung lokalisieren und mit eindimensionalen Berechnungen das Verbesserungspotenzial abschätzen. Die erfolgversprechendsten geometrischen Änderungen wurden dann schrittweise in das Geometriemodell der CFD-Berechnung übernommen und deren Auswirkung auf die Strömung bzw. den Druckverlust überprüft. Umfangreiche Messreihen bestätigten, dass der Druckverlust deutlich gesenkt und die Effizienz um 20 Prozent gesteigert werden konnte.

**Werkzeug für Spezialisten**

CFD etabliert sich als äußerst effektives Werkzeug zur Analyse und Optimierung von Rührprozessen, das die Messung ergänzt. Beim Betrieb von Anlagen auftretende, strömungsbedingte Fragestellungen lassen sich mit Hilfe von CFD-Berechnungen erklären und belegen, sodass sich eine effiziente und schnelle Lösung finden lässt. Bei der Neuentwicklung von Rührorganen oder Anlagen kann CFD die Anzahl der durchzuführenden Versuche deutlich reduzieren und somit die Entwicklungszeit verkürzen. Die vielfältigen Möglichkeiten bei der Auswertung der CFD-Ergebnisse bieten dem Entwickler zahlreiche



Um z.B. einen Leitrohrapparat optimal auszulegen, sollte nach diesem Schema vorgegangen werden.

Ansatzpunkte für eine weitere Optimierung. Dennoch ist CFD kein Allheilmittel. Durch die Vielfältigkeit und Komplexität von Rührprozesse sind der industriellen Anwendung nach

wie vor Grenzen gesetzt, besonders, wenn es um die Umsetzung chemischer Prozesse oder die Betrachtung mehrphasiger Prozesse, beispielsweise mit Begasung, geht. 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.

Fazit: Um es mit den Worten von Versteeg und Malalasekera<sup>[1]</sup> auf den Punkt zu bringen: Mittels CFD erzeugte Ergebnisse sind bestenfalls so gut wie die dem Programm zugrunde liegende Physik und Chemie und schlechtestenfalls so gut wie ihr Anwender.

**Literaturverzeichnis**

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

**AUF EINEN BLICK**

**Die numerische Strömungsberechnung (CFD)**

CFD bietet als Ergänzung zu Messungen folgende Vorteile:

- Numerische Berechnungen fördern das Verständnis für das Strömungsverhalten im Behälter.
- Sie ermöglichen einfache Durchführung von Parameterstudien.
- Entwicklungszeiten werden verkürzt.
- Eine Berechnung des Rührprozesses im Originalmaßstab ist möglich.
- CFD-Resultate können als Eingabewerte für die Finite-Elemente-Berechnung genutzt werden.
- Projektrisiken werden minimiert.



**Schüttgut-Dosierung**

Seit 40 Jahren die Genauigkeit für jede Anforderung

± 1000 g ± 100 g ± 10 g ± 1 g ± 0,1 g ± 0,02 g

Wir haben die Lösung!

www.solids.de



Tel. 08191 - 3359-50  
info@solids-service.de