

# Läuft und läuft und läuft

Mit dem Mikromakro-Mischer lassen sich die Mischvorgänge optimieren und der Druckverlust bzw. die Mischerlänge verringern

## Einmal in Betrieb genommen sorgen statische Mischer und Mischer-Wärmetauscher für hohe Prozesseffizienz

Alain Georg, Martin B. Däscher

**Er war das Sinnbild der Zuverlässigkeit. Einmal vom Band gelaufen, fuhr der VW Käfer wie ein Schweizer Uhrwerk. So ähnlich verhält es sich mit statischen Misch- und Wärmetauschersystemen. Einmal im Prozess installiert, helfen sie in anspruchsvollen Prozessen nicht nur Energie zu sparen, sondern gleichzeitig auch die Prozesssicherheit zu steigern. Die sehr hohen Raum-/Zeitausbeuten tragen neben der kontinuierlichen Betriebsweise dazu bei, dass sich diese vielseitig einsetzbare Apparategruppe immer größerer Beliebtheit erfreut.**

Kernstücke der statischen Mischer und Mischer-Wärmetauscher sind die feststehenden Einbauten, die unter Nutzung der Strömungsenergie die Mischung fluider Produktströme bewirken. Während das Mischen niederviskoser Medien hauptsächlich durch strömungsinduzierte Konvektionen und Wirbelbildung erreicht wird ( $Re > 2300$ ), muss im laminaren Fließbereich die Homogenisierung durch aktives Trennen und Rekombinieren der Medien (Umschichten), durch gezielten radialen Stofftransport und durch Scherkräfte erzielt werden. Bei statischen Mischer-Wärmetauschern wird die typisch hohe radiale Mischwirkung dazu genutzt, um interne axial angeordnete Wärmetauscherrohre kontrolliert und stetig anzuströmen. Der durch den Druckverlust benötigte Energiebedarf wird durch optimierte Mischergeometrien und Dimensionierungen so gering als möglich gehalten.

Der Begriff Energieeffizienz sollte jedoch nicht nur alleine auf die Vorgänge im Mischrohr bezogen werden: die Betrachtungsgrenze muss in Anbetracht der globalen Aktualität wesentlich weiter gefasst werden. So macht die einfache und kompakte Bauweise die statischen Misch- und Mischer-

Wärmetauschersysteme bereits in ihrer Herstellung und Installation zu besonders energiesparenden Bauteilen (Stichwort: „graue Energie“). Da die Apparate über keinerlei bewegte Teile verfügen, entfallen zudem im Betrieb hohe Betriebs- und Wartungskosten: Statische Mischer und Mischer-Wärmetauscher besitzen in der Regel keine Verschleißteile.

Statische Mischer und Mischer-Wärmetauscher werden praktisch ausschließlich in kontinuierlichen Prozessen eingesetzt. Einmal in Betrieb genommen, bieten diese Verfahren entscheidende Vorteile wie konstante Produktionsbedingungen, keine Totzeiten, vereinfachte Prozessautomatisierung und geringeren Personalbedarf. Weitere Vorzüge sind die äußerst hohen Raum-/Zeitausbeuten, die reduzierte Infrastruktur durch kleinere Volumina und eine verbesserte Prozesskontrolle. All diese Faktoren tragen direkt oder indirekt wesentlich zur energiesparenden Produktionsweise bei. Misch- und Dispergierprozesse in klassischen Rührwerken und hochtourigen Rotor/Stator-Systemen zeichnen sich durch lokal stark unterschiedliche spezifische Energiedissipationsfelder aus. So wird die wirksame Misch- und Dispergierenergie

hauptsächlich an den Blattspitzen der Rührer bzw. im engen Spalt zwischen Rotor und Stator abgegeben, während im viel größeren Rest des Behältervolumens, besonders bei niederviskosen Systemen die Energie mehr oder weniger unwirksam verloren geht. Statische Mischer hingegen haben keine Totzonen. Vorausgesetzt, dass die richtige Mischergeometrie gewählt wird, ist die Energiedissipation sowohl über die Länge wie auch über den Querschnitt betrachtet sehr homogen verteilt und damit entsprechend schonend für das Produkt. Dies führt zu der bekannten, sehr engen Gasblasen- oder Tropfengrößenverteilung.

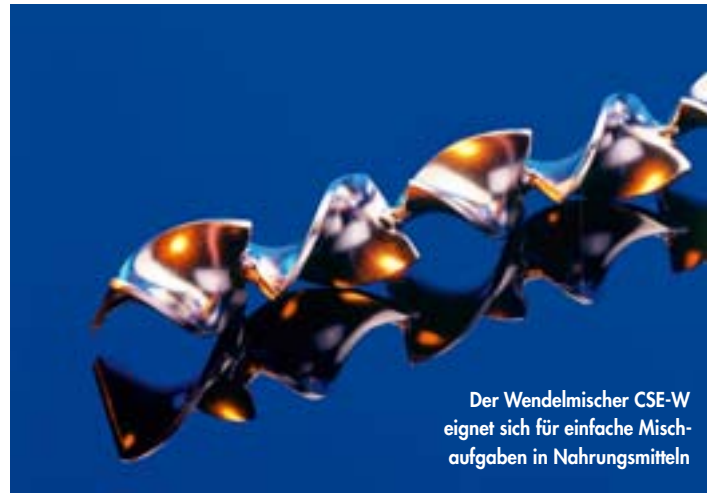
Mithilfe von CFD-Simulationen und Laborversuchen konnten die lokalen Dehn- und Scherfelder, die in statischen Mixern auftreten und für den Tropfenzerfall hauptsächlich verantwortlich sind, aufgezeigt, charakterisiert und optimiert werden. So wird praktisch die gesamte investierte Energie (Pumpenenergie) in tatsächliche Misch- und Dispergierwirkung umgesetzt. Energiefressende, wartungsanfällige und laute Motoren entfallen gänzlich. Auch sind keine hohen Drücke notwendig, wie sie bei Hochdruckhomogenisatoren eingesetzt werden. Die mangelnde Skalierfähigkeit des letzteren Systems, wie auch bei Ultraschallsonotroden, ist bei statischen Mixern ebenfalls kein Thema.

### Feinere Emulsionen

Hinsichtlich der eingetragenen Energie und der resultierenden Tropfendurchmesser ist die Membranemulgiermethode mit Abstand die effizienteste Emulgiermethode. Dabei wird das zu emulgierende Medium durch eine mikroporöse Membran gepresst und die entstandenen Tropfen werden auf der Austrittsseite durch gezielte Anströmung mit der kontinuierlichen Phase bereits im Frühstadium ihrer Entstehung ab-



Niederviskose Medien werden mit dem Kompaktmischer Milkmix effizient turbulent vermischt



Der Wendelmischer CSE-W eignet sich für einfache Mischaufgaben in Nahrungsmitteln

gelöst. Da jedoch mit zunehmender Nähe zu diesen Membranen die Anströmungsgeschwindigkeit abnimmt und gleichzeitig die Konzentration an emulgierten Tropfen zunimmt, sind der Durchsatz und die Tropfengröße durch Koaleszenzeffekte negativ beeinflusst. Die Anströmung der Membranen bzw. der Wegtransport der Tropfen wird durch den Einsatz von radial mischenden statischen Mischelementen stark verbessert. Dazu werden die Mischelemente in poröse Rohre eingesetzt, die mit einem Doppelmantel versehen sind. Die im Rohr auf der Innenseite fließende kontinuierliche Phase strömt die Rohrwand gezielt an und erzeugt dadurch deutlich feinere Tropfen.

### CIP-fähiger Wärmetauscher

Die Temperierung hochviskoser Stoffe wie Schokolade, Caramel- oder Zuckerlösung ist im industriellen Maßstab oft ein sehr aufwendiger Prozessschritt. Besonders beim Kühlen kann die Effizienz des Energietransfers leicht durch hochviskose, stationäre Grenzschichten an der Kühlfläche signifi-

kant beeinträchtigt werden. Der Einsatz dynamischer Systeme birgt den Widerspruch, dass dabei unnötig viel Wärmeenergie über die mechanische Reibung eingetragen wird. Der Mischer-Wärmetauscher CSE-XR kombiniert die radiale Mischeffizienz des statischen Mixers mit der großen Oberfläche von Rohrbündelwärmetauschern. Dadurch, dass das zu kühlende Medium jedoch im Außenraum der parallel geführten Kühlrohre fließt und durch die Mischelemente permanent und kontrolliert an diese Kühlrohre herangeführt wird, wird die Gefahr der Maldistribution oder des Aufbaus von isolierenden, stationären Schichten stark verringert. Somit kann im Kühlkreislauf mit tieferen Temperaturen gefahren werden, was die Apparategröße und die Verweilzeit reduziert.

Als Resultat der starken Mischleistung sind die statischen Mixer und Mischer-Wärmetauscher im Vergleich zu den leeren Rohrleitungen problemlos CIP-fähig. Eine vollständige und reproduzierbare Reinigung wird auch bei problematischen, fett-haltigen Medien bereits bei einem Bruchteil der normalerweise erforderlichen Strö-

mungsgeschwindigkeiten des Reinigungsmediums erreicht. Probleme mit rotierenden Dichtungen und Sprüschatten sind ausgeschlossen. Durch die geschlossene Betriebsweise kann die Reinigung einfach automatisiert werden.

### Anwendungsbeispiele

Statische Mixer und Mischer-Wärmetauscher zeichnen sich in zahlreichen Prozessen durch ihre energiesparende und kontrollierbare Betriebsweise aus. Beim Kühlen von viskosen Stoffen können Rohrbündel- und Plattenwärmetauscher oder gar der Kühlraum auf einfache Weise ersetzt werden. So können in der Nahrungsmittelindustrie die zu verarbeitenden Produkte über die exakte Temperierung, z. B. bezüglich ihrer Viskositätseigenschaften, zuverlässig und rasch konditioniert werden. Andernfalls wären allenfalls der Schokoladenüberzug auf dem Eis zu dünn, die Caramelschicht im Praliné zu dick oder die resultierende Textur von Bonbons nicht den Anforderungen entsprechend. Sogar Teigmassen werden mit dem Mischer-Wärmetauscher auf Temperatur gebracht. Klassische Mischprozesse in der Nahrungsmittelindustrie sind das Einmischen von Aromastoffen oder Stabilisatoren in Milchprodukte oder hochviskose Produkte, der Eintrag von CO<sub>2</sub> in Bier oder Mineralwasser sowie das Emulgieren von Öl in Wasser. Da die Mixer ein exzellentes Selbstreinigungsverhalten aufweisen, sind auch rasche Produktwechsel möglich und Kontaminationen werden zuverlässig vermieden. Statische Mixer und Mischer-Wärmetauscher sind beinahe in allen Abmessungen und in einer Vielzahl von Ausführungsformen erhältlich.



Der Mischer-Wärmetauscher CSE-XR packt auch schwierigste Heiz- und Kühlaufgaben und ist komplett CIP-fähig