



Höchste Priorität

Sichere Phasenerkennung in Prozessen mit einem Ultraschallmessgerät

In einer Vielzahl verfahrenstechnischer Prozesse entstehen technologiebedingt verschiedene Phasen in den beteiligten flüssigen Medien. Dies gilt sowohl für kontinuierliche als auch für Batch-Prozesse. Der ständig wachsende Automatisierungsgrad erfordert messtechnische Lösungen zur sicheren Detektion dieser Phasen bzw. von Phasenübergängen im laufenden Prozess.

S. Wiedenhoff, G. Lommel, BASF;
M. Bode, Sensotech

Bei der Detektion solcher Phasen sind folgende Überlegungen maßgebend:

- Ablösen manueller Detektionsverfahren, beispielsweise visuell, dadurch Ausschalten subjektiver Einflussfaktoren,
- Ablösen fehlerbehafteter, indirekter Detektionsverfahren, wie etwa Zeitsteuerung, dadurch höhere Anlagensicherheit,
- Verbesserung der Produktausbeute durch Verringern des Verlustes sowie
- Sicherheitsaspekte.

An die Sensorik werden dabei zahlreiche Anforderungen gestellt:

- eindeutiges konzentrationsspezifisches Erkennen der Träger-, Produkt-, Reinigungs-, Mulm- oder Trennphasen,
- schnelle Ansprechzeiten,
- Robustheit gegen mechanische Einflüsse wie Schwingungen oder Druckstöße und
- Korrosionsbeständigkeit gegenüber aggressiven Medien.

Der Beitrag beschreibt anhand einer konkreten Applikation bei der BASF den Ein-

satz eines Ultraschallmesssystems zur automatischen, konzentrationsgesteuerten Phasenerkennung (Bild 1).

Ultraschallgeschwindigkeit als Messgröße

Messsysteme auf der Basis der Schallgeschwindigkeitsmessung erschließen sich seit rund zehn Jahren eine ständig wachsende Palette von Einsatzmöglichkeiten:

- Konzentrationsmessung in Flüssigkeiten aller Art,
- Steuergröße für verfahrenstechnische Prozesse aller Art, wie beispielsweise Verdampfung, Extraktion, Blending sowie
- Monitoring komplexer verfahrenstechnischer Prozesse, etwa Polymerisation und Kristallisation.

Das Messprinzip der Schallgeschwindigkeitsmessung beruht auf einer Zeitmessung. Dabei wird ein Ultraschallsignal durch die Flüssigkeit von einem Sender zu einem Empfänger übertragen und die Zeit gemessen, die dieses Signal vom Sender zum Empfänger benötigt (Bild 2):

$$v = \frac{s}{t - t_e}$$

Hierbei bedeuten v = Schallgeschwindigkeit, s = Abstand zwischen Sender und Empfänger, t = Gesamt-Signallaufzeit und t_e = Laufzeit durch die Elektronik. Die Schallgeschwindigkeit selbst ist von der Dichte und der adiabatischen Kompressibilität der Flüssigkeit abhängig:

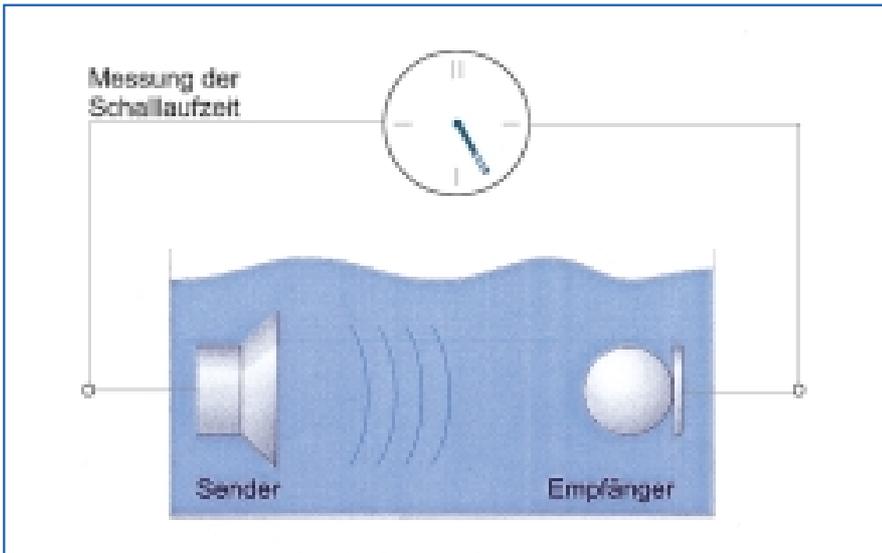
$$v = \frac{1}{\sqrt{\rho \cdot \beta_{ad}}}$$

v steht wieder für Schallgeschwindigkeit, ρ für Dichte und β_{ad} für adiabatische Kompressibilität.

Für die Phasentrennung ist von besonderem Nutzen, dass sich hinter der adiabatischen Kompressibilität weitere Größen wie Viskosität oder strukturelle Eigenschaften eines Stoffes verbergen können. Durch die integrale Messmethode – d.h. durch die Messstrecke über den Messweg, bedingt durch



1: Ultraschallsensor zur automatischen konzentrationsgesteuerten Phasenerkennung



2: Prinzip der Schallgeschwindigkeitsmessung

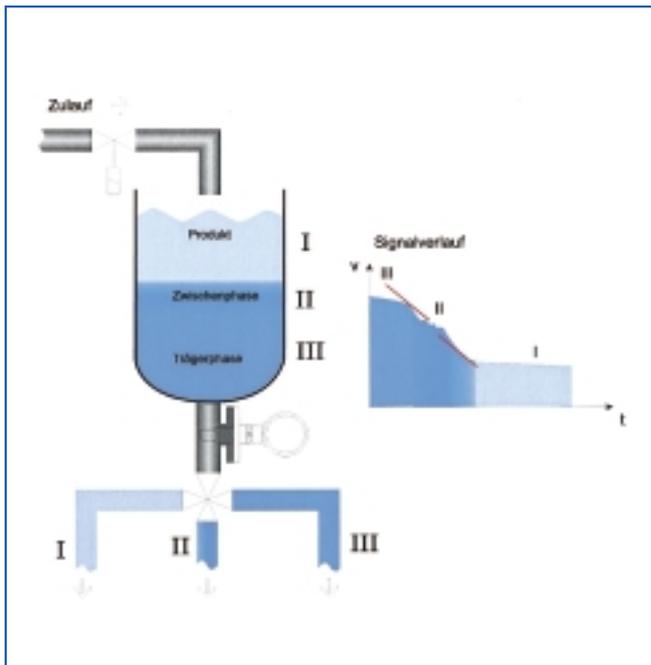
die Flüssigkeit – sind die Sensoren im Vergleich zu anderen Systemen in ihrer Genauigkeit kaum von Belägen abhängig und bedürfen damit keiner separaten Reinigungs-

oder Spülzyklen. Die Sensorik lässt sich aus nahezu allen denkbaren Metallen und deren Legierungen fertigen, da sie – im Vergleich zu anderen Messprinzipien – keinerlei Ein-

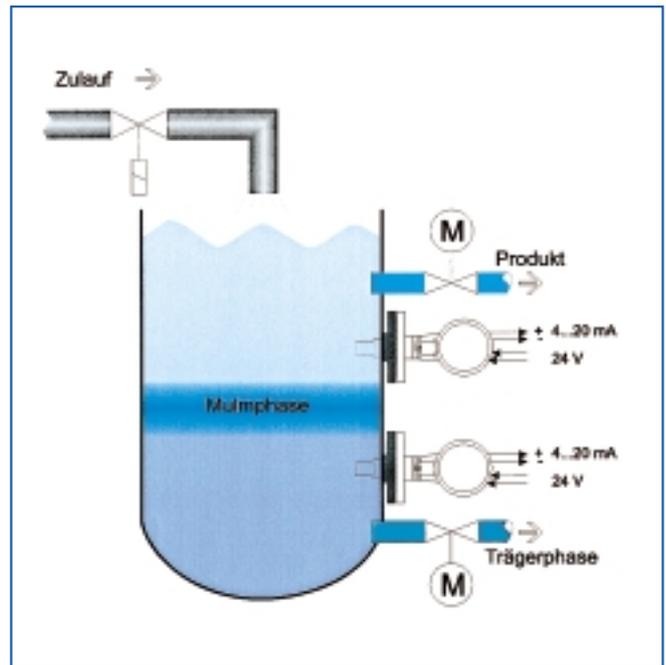
fluss auf das Verfahren als solches sowie seine Genauigkeit aufweisen.

Die Sensoren selbst (Bild 1) sind wartungsfrei. Sie verfügen über keinerlei bewegliche Komponenten. Ultraschallsender und -empfänger sind komplett verschweißt und benötigen keinen direkten Kontakt zur Flüssigkeit. Die Abdichtungen des eigentlichen Sensorelementes, die bei anderen Messprinzipien verfahrensbedingt notwendig sind, wie beispielsweise bei Prozessrefraktometern, entfallen. Dabei sind die Sensoren ohne Genauigkeitsverlust extrem robust und unempfindlich gegen Druckstöße. Speziell ausgelegte Sensoren sind beständig bei Drücken bis zu 200 bar. Durch den universell möglichen Einbau direkt in die Hauptleitung zeigen die Ultraschallsensoren extrem kurze Ansprechzeiten.

Die Einsatzmöglichkeiten der Sensorik sind vielfältig. Bild 3 zeigt zwei typische Einbausituationen. In einem quasi-kontinuierlichen Prozess wird die zeitliche Änderung des Schallgeschwindigkeitssignals zur Ansteuerung eines Mehrwege-Ventils verwendet. Es erfolgt eine präzise Trennung zwischen Produkt-, Zwischen- und Trägerphase.



3: Phasentrennung in einem quasi-kontinuierlichen Prozess



4: Phasentrennung in einem Batch-Prozess

In einem Batch- Prozess hingegen (Bild 4) wird über zwei in einem Absatzbehälter angebrachten Sensoren die Trennung eines Prozessstromes in eine Produkt- und eine Trägerphase gesteuert. In diesem Fall wird lediglich der für die jeweilige Phase charakteristische Wert der Schallgeschwindigkeit überwacht und konstant gehalten. Auf diese Weise lässt sich beispielsweise die Trennung eines Abwasserstroms in behandlungsbedürftiges und nicht behandlungsbedürftiges Abwasser steuern.

In einem Betrieb der BASF bestand die Aufgabe, die Salzwasserphase von einem Vorprodukt zur Herstellung von Kosmetika abzutrennen. Die wässrige Phase enthält Salze in unterschiedlichen Konzentrationen und wird über die Kläranlage entsorgt. Das hergestellte Vorprodukt ist schwach wasser-gefährdend und nur mäßig biologisch abbaubar. Deshalb darf es auf keinem Fall ins Abwasser gelangen. Darüber hinaus sind eine schnelle Ansprechzeit und leicht verarbeitbare Sensorsignale wichtig.



Erkennen der Oberphase hat höchste Priorität

Aus diesem Grund hat das rasche und zuverlässige Erkennen der Oberphase höchste Priorität, um ein Einleiten in die Kläranlage über eine sofortige Abschaltung zu verhindern. Optische Messverfahren scheiden an dieser Stelle aus, weil bei der Phasentrennung unterschiedliche Färbungen auftreten können. Außerdem kann es zur Ausbildung einer Mulmschicht kommen, was bekanntermaßen durch Verschmutzungseffekte für die Messung über optische Grenzeffekte kritisch sein kann. Der problemlose Einbau des Sensors an der Trennstelle des Sedimentationsbehälters ist in Bild 5 dargestellt.

Der Einsatz der Ultraschallmessung zur Phasentrennung ist eine Möglichkeit, Phasentrennungen zu automatisieren. Sie bietet darüber hinaus eine sinnvolle Alternative zu be-

5: Trennstelle am Sedimentationsbehälter mit dem Ultraschallsensor

KOMPAKT

Phasenerkennung mit Ultraschall

Die zur Phasenerkennung eingesetzte Sensorik muss hohe Anforderungen erfüllen: eindeutiges konzentrationsspezifisches Erkennen der Phasen, schnelle Ansprechzeiten, problemlose Verarbeitbarkeit der Sensorsignale sowie Unempfindlichkeit gegen mechanische Einflüsse und korrosive Medien. Geeignet sind Messsysteme auf Basis der Schallgeschwindigkeitsmessung. Im Gegensatz zu optischen Messverfahren, die auf Grund der bei der Phasentrennung möglichen unterschiedlichen Färbungen nicht in Frage kommt, eignet sich die Ultraschallmessung zur Phasenerkennung, um die – nur mäßig biologisch abbaubare – Salzwasserphase von einem Vorprodukt zur Herstellung von Kosmetika abzutrennen.

stehenden messtechnischen Lösungen. Auf Grund der Wartungsfreiheit der Sensoren und der sehr schnellen Ansprechgeschwindigkeit hat sich das Messverfahren bei zahlreichen weiteren Applikationen, wie Silikonharzphasen, Fettalkoholphasen in Abwässern, Epoxidharzphasen und Polyetherphasen bewährt.

Interkama Halle 14, Stand D49

Info

CT 613