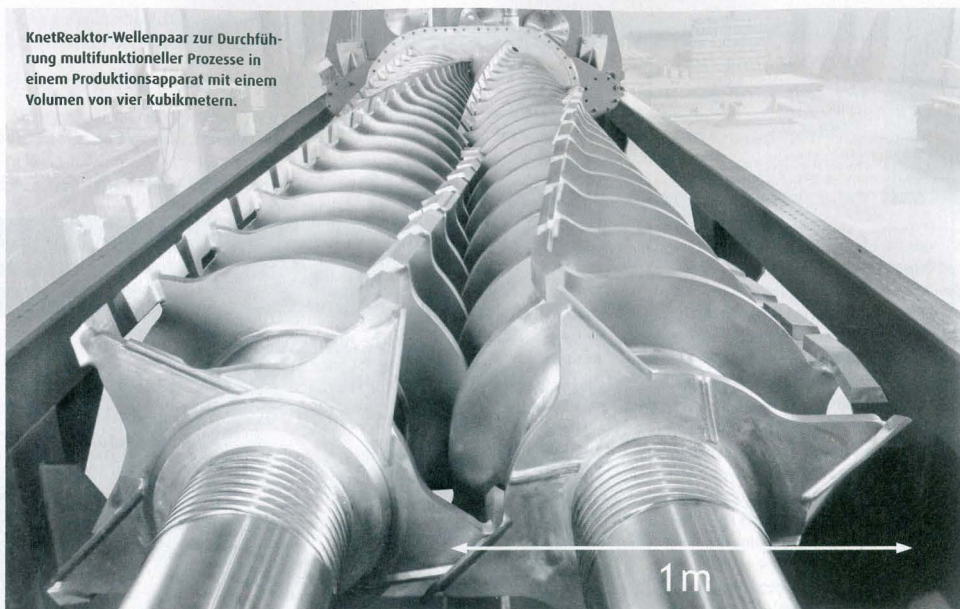


KnetReaktor-Wellenpaar zur Durchführung multifunktionaler Prozesse in einem Produktionsapparat mit einem Volumen von vier Kubikmetern.



Bilder: LIST

# Apparatelücke geschlossen

Knetreaktor-Technologie vereint die Vorteile von klassischem Extruder und Rührkessel

In der Polymerherstellung und -verarbeitung werden traditionell kontinuierlich arbeitende Rührkessel, Extruderschnecken und Dünnschichtapparate eingesetzt. Immer öfter kommen jedoch großvolumige, so genannte Knetreaktoren zum Einsatz. Die Bereitschaft zu fundamentalem Umdenken vorausgesetzt, verschaffen sie dem Betreiber Wettbewerbsvorteile.

BERNHARD STÜTZLE, MANUEL STEINER

Für Polymerreaktionen eingesetzte Rührkessel erfordern apparatbedingt die Verdünnung der Reaktionsgemische unter Verwendung erheblicher Mengen an Lösungsmitteln, die gleichzeitig auch zur Temperaturkontrolle dienen. Dabei ist der technische und ökonomische Aufwand für die nachfolgend notwendige Entfernung des Lösungsmittels, z.B. durch Dampfstrippen oder mehrstufige Trennverfahren sehr hoch. Für eine moderne Prozessführung ist die Verwendung großer Mengen an Lösemitteln in Hinblick auf Effizienz, Material- und Energieeinsparung sowie Umweltverträglichkeit heute nicht mehr Stand der Technik.

Extruder sind in der Lage, selbst schwer oder nicht mehr fließende Polymermassen bis zu höchsten Produktviskositäten zu verarbeiten. Je nach Ausführung des Extruders variieren Misch- und Knetwirkung sowie Transportmechanismus. Das Verweilzeitenspektrum im Extruder ähnelt dem eines Rohrreaktors (Propfenströmung). Die Art des Energieeintrags, der im Extruder quasi ausschließlich über sehr hohe, lokale mechanische Scher-

kräfte erfolgt, führt bei sensitiveren Polymeren zu Qualitätsverlusten. Eine Produkttemperaturkontrolle ist aufgrund der hohen Scherraten und des kleinen Wärmeflächen-/Volumenverhältnisses nur ungenügend zu erreichen. Die direkt an die Drehzahl gebundene Zwangsförderung der Polymermasse, in Verbindung mit den kleinen Prozessraumvolumina, limitieren durch kurze Verweilzeiten im Sekunden- bis wenige Minutenbereich die Anwendungsmöglichkeiten des Extruders zusätzlich.

Des Weiteren stellt das Abziehen größerer Mengen an volatilen Komponenten den Anwender wegen enger Querschnitte im Extruder vor Probleme. Abhilfe schafft hier allenfalls noch die kostenintensive Aneinanderreihung mehrerer Extruder in Serie.

Scheibenreaktoren oder Dünnschichtapparate sind dank ihrer großen Wärmeaustauschflächen für thermische Polymerprozesse interessant, haben aber ihrerseits wieder aufgrund ihrer konstruktiven Gestaltung schnell Grenzen bei den Transport- und Mischeigenschaften bei höheren Polymervis-

Die Autoren sind Mitarbeiter der LIST AG, Arisdorf/Schweiz.  
Kontakt: Tel. +41 (0) 61 / 8 15 30 00

**Magazin** • Lesen Sie in PROCESS 5-2010, S. 82, wie die Knetreaktor-Technologie Devolatilisierungsprozesse revolutioniert.

**Online** • Mehr zum Beitrag finden Sie auf [process.de](http://process.de) über InfoClick 2327099. Weitere Neuheiten zur K bietet das Themenspecial auf [process.de/kunststofftechnik](http://process.de/kunststofftechnik) auswirken.

**Events** • Besuchen Sie List auf der K: Halle 9, Stand C24

**WICHTIGE TIPPS FÜR DEN F&E-MANAGER**

**Bereitschaft zum Paradigmenwechsel**

- Der Einsatz von Dry Processing kann wettbewerbstechnische Vorteile schaffen, eine Implementierung bedeutet aber auch die Bereitschaft zum Paradigmenwechsel.
- Für die Implementierung der Dry Processing-Technologie müssen geeignete Knetter-Konfigurationen und Betriebsweisen ermittelt werden, welche auf das Produkt abzustimmen sind.
- Die korrekte Knetreaktor-Geometrie variiert stark mit dem Produkt und dem Verfahrenslizit. Prozessprognosen und -simulationen sowie Scale-up-Rechnungen bedürfen deshalb viel Erfahrung. Vorherige Pilotierung beim Technologielieferanten maximiert die Erfolgchancen.

kositäten erreicht. Ausweg ist hier oft nur noch eine Erhöhung der Produkttemperaturen zur Absenkung der Schmelzeviskositäten. Dies kann sich wiederum negativ auf die Produktqualität durch Bildung unerwünschter Nebenprodukte oder Produktdegradation auswirken.

**Die Dry Processing-Technologie**

Großvolumige Knetreaktoren (von 3 bis 16000 Litern) schließen eine Apparatelücke. Sie verbinden vorteilhafte, in der Kombination einzigartige Eigenschaften, Freiheitsgrade und Flexibilität zum Nutzen der Prozessführung und der Produktqualität. Das Schweizer Unternehmen List beschreibt mit der Prozessführung in der konzentrierten Phase fundamental neue Prozesswege, welche die oben beschriebenen Probleme oder Einschränkungen vermeiden und das Feld der verfahrenstechnischen Möglichkeiten erweitern. Markante Eigenheiten der Knetreaktor-technologie sind:

- unbegrenzte Verweilzeiten: typischerweise 5 bis 120 Minuten, frei wählbar nach Bedarf und der Reaktionsgeschwindigkeit angepasst;
- frei konfigurierbares Verweilzeitspektrum: von quasi idealer Rückmischung bis Pfropfenströmung, entsprechend Verweilzeitverteilungen von ca. 3 bis 15 Rührkesseln in Serie;
- große Gasvolumenströme bei niedrigen Gasgeschwindigkeiten dank großer Querschnitte;
- breiter Viskositätsbereich: Produktviskositäten von 500 bis ca. 50 000 Pas;
- Phasenübergänge (von flüssig über pastös, hochviskos bis fest, pulverig) im Prozessraum möglich;
- batchweise und kontinuierliche Prozessführung;
- hohe Mischeffizienz in allen Phasen mit hohem thermischen Energieeintrag über große, selbstreinigende Wärmeaustauschflächen; hohe Oberflächen- und Grenzflächenerneuerungsraten;

- Durchsatz (Axialtransport von Produkt) quasi unabhängig von der Drehzahl der Knet-Reaktorwellen;
- moderate Produktscherung mit Scherraten im Bereich von 10 bis 100 s<sup>-1</sup>: Adaptierbarkeit des mechanischen Energieeintrags an Prozess- und Produktbelange über die frei wählbare Drehzahl der Knetreaktor-Wellen und den frei wählbaren Füllgrad (Hold-up);
- hoher Turn-down-ratio: Betrieb von kleinen bis hohen Durchsätzen möglich;
- Flexibilität bei wechselnden Produktequalitäten: Die Wellenkonfiguration muss nicht gewechselt werden.

Die oben klassifizierte, sich in ihrer Kombination von den etablierten Technologien grundsätzlich unterscheidenden Wirkprinzipien in der Knetreaktor-Technologie bedeuten letztendlich eine eigene verfahrenstechnische Disziplin, das Dry Processing. Die Grafik unten zeigt die technischen Möglichkeiten der unterschiedlichen Polymerisations-technologien im Vergleich: Knetreaktor-Technologie versus Extruder-, Rührkessel-, Dünn-schicht- und Scheibenapparate.

Die Knetreakorteknologie eröffnet dank ihrer Positionierung im dreidimensionalen Technologie-Vergleich bei möglichen Verweil-

zeiten, bei thermischen Energieein- oder austragen (über große Wärmeaustauschflächen und/oder Verdampfungskühlung) sowie beim mechanischen Energieeintrag über Scherung bisher unbeschrittene Wege der Prozessführung und neue Anwendungen.

**Breites Anwendungsspektrum**

Zahlreiche World-scale-Knetreaktoranlagen, die die fortschrittliche und flexible Verfahrens- und Apparatekonomie Dry Processing nutzen, wurden in den letzten Jahren neu in Betrieb genommen und liefern Produktqualitäten, die höchste Ansprüche erfüllen. Die Einsatzmöglichkeiten sind breit gefächert, viele Anwendungsfelder, Verfahren und Produktgruppen in der Entwicklung.

Fazit: Prozessführung in der konzentrierten Phase ist eine anspruchsvolle Zielrichtung, die mit den Knetreaktoren verfolgt wird. Die Vorteile dieser modernen Prozessführung bieten jedoch Antworten auf die drängenden Fragen der Zeit: Material-, Ressourcen- und Energieeinsparung, Verfahrensvereinfachung und -intensivierung, erhöhte Wirtschaftlichkeit, erhöhte Flexibilität, Skalierbarkeit, verbesserte Umweltverträglichkeit und Förderung der Nachhaltigkeit.

