

Förderung von Sauer Milchprodukten

Teil III

Vergleich der Arbeitsweise von Schraubenspindel- und Exzentrerschneckenpumpen

*Prof. Dr. Bernhard Senge, Dr. Reinhard Blochwitz,
Institut für Lebensmitteltechnologie und Lebensmittelchemie, TU Berlin*



Vergleichende Wertung der Versuche Ergebnisse und Diskussion

Einen Vergleich der Arbeitsweise der eingesetzten Pumpentypen enthält Tab. 4. Zur vollständigen ingenieurtechnischen Bewertung der eingesetzten Arbeitsmaschinen und ihrer Förderspezifika werden beide Pumpenbauarten von den eintretenden Wechselwirkungen mit dem Fördermedium/ Applikationseigenschaften her bewertet und prozentual quantifiziert.

Diskussion

Durch den nun unmittelbaren Vergleich der verdichteten Daten in Tab. 4 können objektive Bewertungen zum Einfluss der veränderten Pumpenarbeitsweise in Abschnitt 1 gegeben werden. Das Prozessoptimum wird am Beispiel der Mittelwertbildung zum jeweiligen Pumpentyp kenntlich gemacht. Ein maximaler Förderdruck wurde wieder mit 0,4 bar als Regelgröße vorgegeben.

- Der geringste Fließgrenzenabbau wird für die eingesetzte Exzentrerschneckenpumpe ermittelt und bestätigt Aussagen aus der Literatur zur schonendsten Prozessierung. Dieser Effekt wird durch die Dichtwirkung und Verhinderung der Rückströmung als spezifische Arbeitsweise bewirkt. Durch die Arbeitsweise der Exzentrerschneckenpumpe liegt eine direkte längere Abdichtlinie im Stator-Rotor-System vor.

Im Vergleich dazu liegt in der Schraubenspindelpumpe eine so-

Serie	1	2	3	4	5	6	7	Mittelwert Bestvariante
Weg: Tank nach Doseur; Berechnung: Tankparameter / Doseurparameter (Abschnitt 1)								
Fließgrenzen 1	0,63	0,92	0,90	0,95	0,85	0,90	0,86	0,90 SLH
	1,04	1,05	0,97	1,01	0,95	0,96	-	1,00 EXZ +
Konsistenzfaktoren 1	1,02	0,98	0,99	0,95	0,99	0,93	0,90	0,97 +
	0,96	0,90	0,98	0,97	0,99	0,99	1,00	0,97 +
Fließindices 1	0,94	0,99	0,99	1,00	0,97	1,00	0,97	0,99
	1,02	1,03	1,00	1,01	0,99	0,99	-	1,01
Effektive Viskositäten Prozessabschnitt 1	0,87	0,96	0,95	0,95	0,95	0,92	0,94	0,94
	0,98	0,96	0,98	0,99	0,96	0,97	-	0,97 +
Thixotropieflächen 1	0,58	0,87	0,90	0,93	0,82	0,88	0,67	0,85
	0,79	0,76	0,71	0,82	0,66	0,71	-	0,74
Weg: Doseur nach Finalprodukt; Berechnung: Finalproduktparameter / Doseurparameter (Abschnitt 2)								
Fließgrenzen 2	1,34	1,30	1,50	1,05	1,22	1,39	1,33	1,30 +
	1,37	1,10	1,12	1,25	1,31	1,17	-	1,22
Konsistenzfaktoren 2	1,01	1,00	0,92	1,04	1,10	0,96	0,93	0,98
	0,88	1,05	1,02	0,99	0,96	1,01	-	0,99 +
Fließindices 2	1,03	1,04	1,07	1,01	1,04	1,06	1,07	1,05
	1,07	1,00	1,01	1,03	1,06	1,03	-	1,03
Effektive Viskositäten Prozessabschnitt 2	1,10	1,10	1,10	1,00	1,09	1,11	1,01	1,07 +
	1,03	1,06	1,05	1,07	1,09	1,06	-	1,06
Thixotropieflächen 2	1,22	1,27	0,89	0,88	0,96	0,80	0,87	0,95
	0,87	0,96	1,01	0,96	1,19	1,78	-	1,00 * ohne V6
Relation Tank/FP für die effektive Viskosität über die Linie								
	0,96	1,05	1,04	1,00	1,03	1,03	1,01	1,03
	1,03	1,02	1,02	1,06	1,05	1,08	-	1,04 +

Tab. 4: Heuristischer Trend der rheologischen Parameter Serien 1 bis 6 bzw. 7 über die Linie im direkten Vergleich

- genannte berührungslose Abdichtlinie vor, wodurch kein Materialkontakt im Umfangsspalt besteht.
- Der Abbau des Konsistenzfaktors als Indikator der inneren Reibung liegt für beide Pumpenbauarten auf gleichen moderaten Abbaulevel. Mit einem Abbaugrad von nur 3 % werden hochakzeptable Fahrweisen beider Pumpen ermittelt.
 - Am Beispiel des Quotienten des Fließindex wird erneut ein sehr geringer Abbau der Strukturstabilität nachgewiesen. Bei der Pumpen- bzw. Linienpassage findet keine Nachbearbeitung der Partikelmatrix statt.
 - Noch einmal im Vergleich zum Schraubenspindelpumpeneinsatz reduziert sich das Level der Thixo-

- tropiefläche als Indikator für die zugeführte Strukturzerstörungsarbeit: SLH:Tank-Pumpe: < 700 Pa/s; EXZ:Tank-Pumpe: < 511 Pa/s
- Das wichtigste Kriterium ist die effektive Viskosität als Integral der rheologischen Untersuchungen. Diese steigt bei allen Versuchsdurchführungen an und bestätigt bekannte Fördereigenschaften der Exzentrerschneckenpumpe. Die Unterschiede in der Relation der ermittelten effektiven Viskositäten sind mit ca. 3 % als marginal zu bewerten.
 - Nach der Fruchtzumischung wird erneut für diese Versuche ein höheres Viskositätslevel abgefüllt. Die Ursachen liegen in der Fruchtzugabe mit ihrer matrixverstärkten Funktionalität.

Auf den alleinigen Einfluss der Pumpe reduziert, ergeben sich folgende Relationen:

SLH: Tank-DOS:0,94
EXZ: Tank-DOS:0,97

Aus Sicht des Schraubenspindel-pumpenherstellers sind die unter Praxisbedingungen und bei geringem Drucklevel erreichten Prozessparameter als Erfolg anzusehen, werden doch marginale Unterschiede im Vergleich zur Fahrweise einer Exzentrerschneckenpumpe bei den genannten Prozessbedingungen und mit 3 % Unterschied SLH - SPS 6/2 nachgewiesen. Selbst größere Fruchtpartikel, die aufgrund des Kernanteils kritischen Fruchtzumischungen wie Erdbeere, Heidelbeere und Brombeere

Bezeichnung	Schraubenspindelpumpe SLH 125 /15/	Technologisch vergleichbarer Exzentrerschneckenpumpentyp /15/
Investitionskosten	14000	6000
Jährliche Abschreibungen	1400	600
Jährliche Reparaturkosten	250 Material 250 Lohn	3000 Material 3mal Statorenwechsel 600 Lohn
Mehraufwand CIP-Investitionskosten	0	2100
Gesamtkosten Jahr 1	15900	12300
Differenz für EXZ		3600
2. Betriebsjahr und folgende	1900	4200
Differenz für SLH	2300 jeweils jährlich	

Tab. 5 Vergleich von ökonomischen Kennwerten bei Einsatz beider Pumpenbauarten in €.

und Pilze werden nahezu unbeschädigt gefördert und verursachen keine abrasiven Effekte in der Pumpe.

Hygienic Design, Reinigungs- und Desinfektionsverhalten

Aufgrund der kompakten Bauweise der Schraubenspindelpumpen liegt der ökonomische Nutzen in der Möglichkeit, dass diese Pumpe sowohl zur Produktförderung als auch zur Reinigung mit CIP-Flüssigkeit genutzt werden kann. Damit kann auf zusätzliche CIP-Pumpen, Bypassleitungen mit zugehöriger Ventiltechnik/Regeleinrichtungen verzichtet werden. Das gesamte Reinigungsmedium fließt durch die Pumpe und trägt über erhöhte Strömungskräfte Ablagerungen/Produktreste ab. Die zweispindelige Förderschraubenausführung entspricht mit dem Edelstahlmaterial Einsatz den Konstruktions- und Fertigungsprinzipien des Hygienic Design und ist EHEDG sowie 3A-zertifiziert. Die Pumpenbaureihe Bornemann-Schraubenspindelpumpen Typ SLH wird in 4 Baugrößen geliefert. Durch das axiale Förderprinzip werden Ansaugunterdrücke bis 0,1 bar Absolutdruck erreicht. Der Volumenstrom liegt variabel im Bereich von 0,03 bis 180 m³/h. Die berührungslos arbeitenden Edelstahlförderschrauben sind abriebs- und wartungsfrei. Die Pumpe ist trockenlaufsicher und pulsationsarm, da keine Arbeitstakte wie etwa das Entleeren von Kammern vorliegen. Förderstrom und Förder-

druck sind über Frequenzumformer leicht einstellbar.

Ökonomische Bewertung

Wenn neben den rheologischen bzw. Strukturkategorien ökonomische Kennwerte mit in strategische Planungen eingehen, könnten folgende Argumente neben der Produktschonung bei geringen Gegendrücken als „pre“ für den Einsatz der Schraubenspindelpumpen aufgeführt werden:

- Kompakte/nahezu im Jahresintervall wartungsfreie Pumpe
- Hohe Betriebssicherheit auch bei abrasiven und nicht schmierenden Produkten
- Überlegenes hygienisches Design/Reinigungsfähigkeit; Produzieren und Reinigen mit einer Pumpe; Entfall eines separaten CIP-Systems und dessen regelungstechnische Einbindung/Ansteuerung
- Geringer Platzbedarf durch kompakte Bauweise
- Geringere Gefahr im Betrieb, z. B. durch Trockenlauf u. a.
- Durch Baukastenprinzip geringe Lagerhaltung von Verschleißteilen möglich.
- Ein breites Volumenstromspektrum wird ermöglicht.

Am Beispiel einer ökonomischen Modellkalkulation werden betriebswirtschaftliche Kategorien gegenübergestellt. In Tab. 5 gehen die ökonomischen Kennwerte Investitionskostenvergleich, Abschreibungskosten/a bei einer Nutzungsdauer von 10 a, jährlicher Reparaturkostenan-

teil, sonstige interne spezifische Kostenstrukturen z. B. CIP-Einrichtungen, Amortisationszeit im direkten Vergleich unter vergleichbaren Einsatzbedingungen und ermöglichen fundierte Grundsatzentscheidungen ein.

Aufgrund dieser vereinfachten Modellrechnung (keine Abschreibungen für CIP-Ausrüstungen eingeführt), dürfte nach > 2,5 Jahren Betriebsdauer eine betriebswirtschaftliche Überlegenheit der Schraubenspindelpumpe für den untersuchten Einsatzfall im Vergleich zur Exzentrerschneckenpumpe gegeben sein.

Zusammenfassung

Der Produktförderung im Milchindustriebereich kommt eine besondere Bedeutung zu, da in der Milch bzw. an durch Fermentation hergestellten Erzeugnissen Produktschädigungen bewirkt werden können. Beispielsweise können bei der Milchförderung Fettschädigungen auftreten, bei durch Dicklegung wertgeschöpften Produkten wird Synärese verstärkt bewirkt. Für diese hochstrukturierten Produkte werden verschiedene Bauarten von Umlaufkolbenpumpen mit unterschiedlichen Wirkprinzipien eingesetzt. Generell hat sich der Einsatz von scherarmen Exzentrerschneckenpumpen bei der Förderung von gerührten Sauermilchprodukten aus Sicht des Strukturerhalts bewährt. Problematisch bei Einsatz dieser speziellen Bauart sind die Sicherheit der Reinigungs- und Desinfektionsabläu-

fe sowie der Statorabrieb (auch Trockenlaufprobleme) und die in Relation zu anderen Pumpentypen kurzen Wartungsintervalle, die kein betriebswirtschaftliches Optimum mehr zulassen. Aus diesem Grunde erfolgte der direkte Vergleich des Förderverhaltens bei gleichem Produkt und gleicher Linienführung für eine Schraubenspindelpumpe SLH 125 mit scherarmem Arbeitsorgan und einer Exzentrerschneckenpumpe SPS 6/2.

Durch drei unterschiedliche Optimierungsansätze im Jahr 2010 wurde das Betriebsverhalten der eingesetzten SLH 125 im Vergleich zur nicht ausschließlich für den Lebensmittelbereich konzipierten älteren Bauart verändert und „scherärmer“ gemacht.

Mithilfe rheologischer Messungen und kooptierten Laserpartikelmessungen (hier wegen Identität nicht eingebracht) wurde unter Praxisbedingungen bei einem renommierten Hersteller der Einfluss der Arbeitsma-

schinen auf die Struktur des Produktes untersucht und bewertet.

Genutzt wurde die rheologische Zustandsgleichung von Herschel und Bulkley mit den Parametern Fließgrenze, Konsistenzfaktor, Fließindex, Thixotropiefläche zwischen Hin- und Rücklaufkurve und als Integral die effektive Viskosität. Durch Bildung von Quotienten der rheologischen Parameter konnte zwischen den Messstellen Tank / Doseur und Doseur / Finalprodukt der spezifische Einfluss der Pumpenbauarten auf das Produkt detailliert quantifiziert werden.

Ergebnis

Es stellte sich heraus, dass unter den Betriebsbedingungen mit einem Maximaldruck von 0,4 bar nur ein marginaler Unterschied von 3 % zwischen Schraubenspindelpumpe und Exzentrerschneckenpumpe bezüglich der Strukturparameter am Beispiel

der effektiven Viskosität vorliegt, der produktseitig vernachlässigt werden kann. Betriebswirtschaftliche Kategorien am Beispiel einer Modellrechnung weisen für die Schraubenspindelpumpe eine ökonomische Überlegenheit bei einer Betriebsdauer > 2,5 a im Vergleich zu einer Exzentrerschneckenpumpe aus, die von der Wartungskostenreduzierung und Verzicht auf zusätzliche CIP-Ausrüstungen herrührt.

Anhand von Untersuchungen mit Modellsystemen von Rührjoghurt und Quark auf Basis von Hydrokolloidmischungen aus Guar, Cellulose mit höherem Molekulargewicht und einem Xanthan/Maltodextrinsystem kann abgeschätzt werden, dass das scherarme Verhalten der eingesetzten Schraubenspindelpumpenbauart SLH 125 bis zu einem Druck von ≤ 2 bar bisher gesichert ist.

Das Literaturverzeichnis ist bei der Redaktion erhältlich.

MOHN
Hygiene-Kompetenz in Edelstahl

- Ihr Spezialist für Hygienetechnik in der Milchwirtschaft

Lösungen aus Edelstahl rostfrei
für ein hygienisches Umfeld

- Hygiene- & Entwässerungstechnik
- Waschanlagen
- Sozialraumausstattungen
- Schaumreinigungssysteme
- Betriebsraumeinrichtungen
- Entwässerungstechnik
- Türen & Bauelemente

Produktvideos im Internet unter:
www.mohn-gmbh.com



Schaumreinigungssysteme



Entwässerungstechnik



Dreh- & Schiebetüren



Waschanlagen

MOHN & Co. GmbH • In der Helle 1 • 58566 Kierspe • Tel.: 0 23 59-29 97-0 • Fax: 0 23 59-29 97-77

info@mohn-gmbh.com • www.mohn-gmbh.com

BERATUNG • PLANUNG • KONSTRUKTION • MONTAGE