

# Förderung von Sauer Milchprodukten

## Teil I

*Vergleich der Arbeitsweise von Schraubenspindel- und Exzentrerschneckenpumpen*

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



Im Molkereibetrieb werden produktabhängig eine große Anzahl unterschiedlicher Pumpenbauarten eingesetzt. Primäres Ziel der Pumpenauswahl ist es dabei, eine Produktschädigung beim Fördern weitgehend zu vermeiden. Die Pumpenauswahl erfolgt anhand der Kriterien Produktkonsistenz, Volumenstrom und notwendiger Förderdruck.

Sind bei Milch Strömungsgeschwindigkeiten von 1,5 bis maximal 2,0 m/s als Förderoptimum in den technologischen Abläufen integriert, werden Käsebruch, Magerquark und Sauer Milchprodukte nach der Fermentation als Mikrogelpartikeldispersion bei geringen Geschwindigkeiten mit rotierenden Verdrängerpumpen gefördert. Als produktschonendste Bauart hat sich die Exzentrerschneckenpumpe bei Quark- und Joghurtprodukten in der Vergangenheit erwiesen und wurde nahezu flächendeckend eingesetzt. Vorteil dieses Pumpentyps ist die nachgewiesene geringe Schereinwirkung auf die Mikrogelpartikeldispersion. Die Einwirkung hoher mechanischer Energie über ein technologisches Optimum heraus führt unausweichlich zur verstärkten Synärese der hoch serumhaltigen Produkte (Magerquark 82 %, Joghurt mit 1,5 % Fettgehalt ca. 85 %).

Dieser positiven Eigenschaft stehen Probleme bei der Reinigung und Desinfektion gegenüber, die aufgrund der erhöhten hygienischen Standards immer mehr in den Vordergrund treten. Der notwendige Platzbedarf und die Länge der Pumpe können ebenfalls neben dem Betriebsverhalten (häufiger Wechsel

des Stators aus hochwertigem kostenintensivem Kunststoff im Lebensmittelbereich) zu einem Malus für diese Pumpenbauart werden. Aus diesem Grunde wurde ein Vergleich der Einsatzcharakteristik der oben genannten Pumpenbauarten unter Praxisbedingungen durchgeführt.

### Problemfelder der Untersuchung

- Strukturabbau durch zu hohen Eintrag von Scherenergie
- Hygienic Design/Reinigungs- und Desinfektionsverhalten
- Betriebsverhalten/Fördersicherheit und
- betriebswirtschaftliche Kategorien bei Einbeziehung der Wartungskosten

Die eingesetzten Bauarten mit rotierendem Verdränger vereinen dabei die Vorteile von Kolben- und Kreiselpumpen, wie kontinuierliche Förderung, Fördersicherheit, Druck und Fördervolumen über Drehzahl regulierbar und Förderung von konsistenten bis hochkonsistenten Medien.

Von allen gesäuerten Milchprodukten ist Joghurt das verbreitetste Produkt /1/. Über saure Milcherzeugnisse und Joghurt existiert ein umfangreiches Schrifttum; vor allem sei auf die Veröffentlichungen von RASIC und KURMANN /2/, TAMIME und ROBINSON /3/, KLUPSCH /4/, ROBINSON und SCHKODA et.al /5/, KESSLER /6/ sowie LUCEY und SINGH /7/ und HAMMELEHLE /8/ hingewiesen. Umfangreiche Produktionsuntersuchungen zur Rührjoghurtherstellung wurden durch SENGE / 9, 10,11/ durchgeführt.

Da es sich bei Rührjoghurt um eine hochscherempfindliche, plastische Mikrodispersion mit nicht-Newton'schem Fließverhalten und Fließgrenze handelt, muss die Technologieführung insbesondere nach der Fermentation den spezifischen Anforderungen des jeweiligen Produktes angepasst werden, um typische vorhandene Strukturelemente zur Sicherung einer sensorischen Akzeptanz der Produkte durch produkttypische Texturalelemente zu erhalten bzw. zu erhöhen und das Synäreseverhalten zu minimieren.

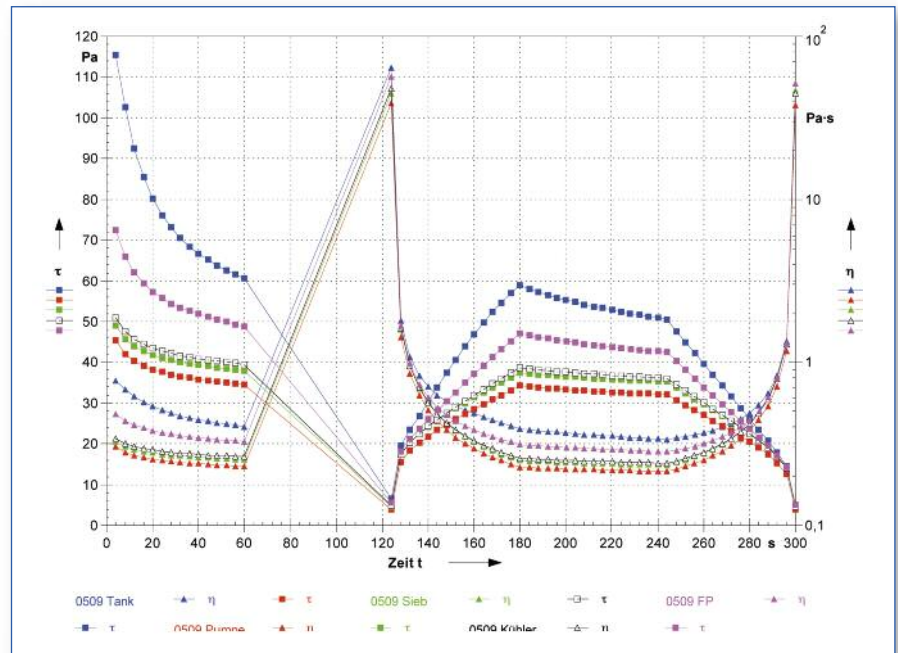


Abb. 1: Strukturstabilität von Joghurt Cremig 1,5 % im Ist-Zustand (MASO-Pumpe im Werk A)

Bei der Herstellung von Rührjoghurt bestätigt sich der Erfahrungswert, dass die Technologieabfolge zwar im Wesentlichen bei allen Herstellern gleich ist, die eingesetzte Prozesstechnik jedoch im Einzelfall nicht den aktuellen Stand einer möglichen optimierten Technologieführung entspricht. Die Linientechnologie sollte dabei einen geringen hydraulischen Widerstand aufweisen.

Um einen qualitativ hochwertigen Joghurt in Bezug auf Geschmack, Geruch, Konsistenz, Aussehen und einer langen Haltbarkeit ohne Molkenaustritt herstellen zu können, müssen u. a. die Faktoren Milchauswahl, Standardisierung bezüglich Fett- und Eiweißgehalt, Homogenisieren, Wärmebehandlung, optimierter Kultureinsatz und optimierte (minimierte) mechanische Behandlung im Processing beachtet werden.

### Umlaufkolbenpumpen im Molkereibetrieb

Zur Förderung der weißen Masse werden im Molkereibetrieb im Wesentlichen Umlaufkolbenpumpen eingesetzt. Diese diversifizieren sich in die 4 Unterbauarten. Nach der Schwerpunktfrage des Verdrängers und des Arbeitsraumes wird zwischen vier Pumpengrundformen

unterschieden:

- **Drehkolben** „außenachsiger“ Bauart nach Roots (1848).
- **Kreiskolben** mit einer „innenachsigen“ Bauart nach Wankel (1954).
- **Drehkolbenartige Umlaufkolben** nach Trotter (1805)
- **Kreiskolbenartige Umlaufkolben** nach Wittig (1900) /12/

Weiter existieren z. B. Sonderbauformen wie die Sinuspumpe (MASO-Pumpe) und die Exzentrerschneckenpumpe als klassische scherarme Dickstoffpumpe. /13,14/

Diese sind in ihrer Schnellläufigkeit auf niedrige bis mittlere Drehzahlen < 600 /min beschränkt, wogegen sich Drehkolbenpumpen für hohe Drehzahlen eignen und bei strukturierten Produkten nicht eingesetzt werden sollten.

In den nachfolgenden Abbildungen soll der Einfluss der Pumpentypen im Ist-Zustand auf die weiße Masse in verschiedenen Unternehmen kenntlich gemacht werden. Die eingesetzte Pumpentechnik dient dabei der Überwindung des hydraulischen Widerstandes der Linie. Die notwendige Leistungsaufnahme der Pumpe kann nach Gleichung berechnet werden.

$$P = \frac{\dot{V} \cdot \Delta p}{\mu} \text{ in W} \quad (1)$$

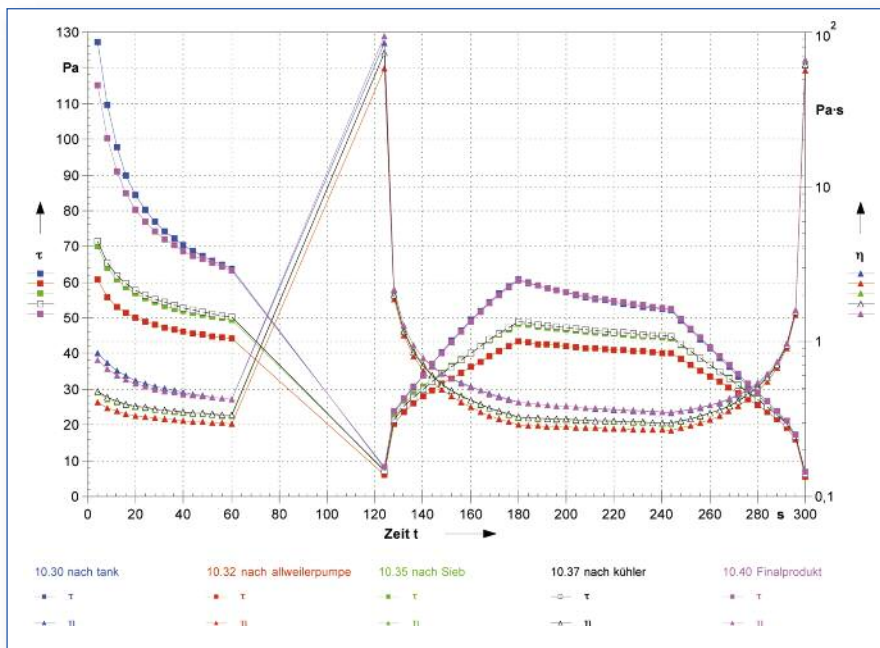


Abb. 2: Strukturstabilität von Joghurt Cremig 1,5 % bei Einsatz einer Exzentrerschneckenpumpe im Werk A mit 3,5 m³/h

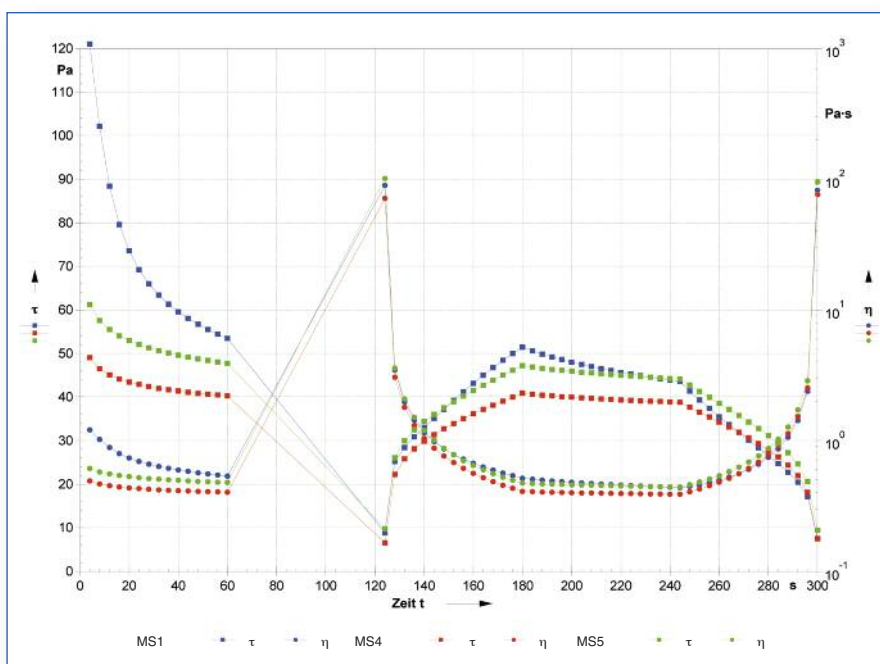


Abb. 3: Strukturstabilität von Joghurt Cremig bei Einsatz einer Exzentrerschneckenpumpe im Werk B  
Bedeutung: MS1 Tank, MS4 nach Exzentrerschneckenpumpe, MS5 im Zwischentank nach Kühlerpassage (1. Tag)

### Linienmessungen zur Dokumentation des Istzustandes

In Abb. 1 sind Linienmessungen am Beispiel des Vergleichs einer MASO- mit einer Exzentrerschne-

ckenpumpe im Werk A dargestellt. Es ist erkennbar, dass die eingesetzte Pumpe den niedrigsten Strukturierungszustand der weißen Masse als Mikrogelpartikeldispersion bewirkt. Nach Sieb und Kühler wird eine Reststrukturierung für das Finalprodukt

am Beispiel des Schubspannungsverlaufes 72 Pa zu 116 Pa Tankprodukt ermittelt. In diesem Beispiel werden 38 % der originären Matrix abgebaut und verringern so das Konsistenzlevel des Produktes unterhalb eines technologisch unumgänglichen Levels. Für die Relation Pumpe/Tank gilt:  $46 \text{ Pa} / 116 \text{ Pa} = \text{Abbau auf } 40 \% \text{ des Ausgangsstrukturlevels}$ . Je weniger die eingesetzte Pumpe das Sauer Milchprodukt zerschert, desto höher ist die Konsistenz der Finalproduktes (Abb. 2). Der Vorteil des Einsatzes einer Exzentrerschneckenpumpe (hier Hersteller Allweiler) wird am Beispiel des auf ein technologisch unumgänglichen reduzierten Druckverlustes nachgewiesen.

In Abb. 2 erfolgt am Beispiel des gleichen Produktes der Einsatz einer Exzentrerschneckenpumpe. Ebenfalls erfolgt der Einsatz von Biogarde-Kultur. Gefundene Strukturabbauraten: Relation FP/Tank  $112/128 = 12 \% \text{ Verlust}$ ;

Relation nach Pumpe/Tank  $61/128 = \text{Abbau auf } 52 \% \text{ .}$

Analoge Aussagen ergeben sich am Beispiel anderen Exzentrerschneckenpumpeneinsatzes im Werk B mit Lactobacillus Bulgaricus-Kultureinsatz in Abb. 3. Dabei korreliert das Anziehen des Rührjoghurts nach Linienpassage unmittelbar mit der mechanisch induzierten Departikulierung des Sauer Milchgels in eine Mikrogelpartikeldispersion.

Wie diese Untersuchungen ergeben, wird durch die eingesetzte Pumpentechnik ein erheblicher struktureller Abbau infolge des Inputs an mechanischer Energie zur Kompensation der hydraulischen Widerstände auf der Linie bewirkt. /9, 10, 11/ Jede Verringerung des Strömungswiderstandes bedeutet damit Erhalt originärer, bei der Fermentation gebildeter Strukturen und damit direkt eine Reduzierung der Molkenlässigkeit (Synärese).

Aus den genannten Gründen wird der Einsatz eines verbesserten Arbeitsorgans in einer Schraubenspindel-pumpe der Fa. Bornemann für den Lebensmittelbereich untersucht.

### Betrieblicher Vergleich, Prozesssystem, Probenahmestellen

Zur Förderung der weißen Masse vom Zwischentank über die Fruchtzumischung (Dos) zur Abfüllanlage im Werk C wird eine Bornemann Schraubenspindelpumpe Typ SLH 125 mit scherarm gestalteten Förderschrauben eingesetzt. Als Messtemperatur wurden werksseitig  $T = 20\text{ °C}$  vorgegeben.

Direkt verglichen werden zwei Versuchsanstellungen mit analoger Produktführung:

- **SLH** Einsatz einer optimierten Förderschraubenkontur
- **EXZ** Vergleich mit der betrieblich eingesetzten Kiesel-Exzenterschneckenpumpe SPS 6/2.

### Prozessschritte des genutzten hydraulischen Transportsystems:

- Das fermentierte Produkt wird aus dem Zwischentank über ein Rohrleitungssystem DN 80 der Schraubenspindelpumpe zugeführt. Die Entfernung beträgt ca. 12 m. Der Saugdruck ist nicht erfasst worden und wird partiell durch den hydrostatischen Druck der Produktsäule im Tank kompensiert. Die Pumpe ist aseptisch in das Prozesssystem eingebunden.
- Druckseitig wird das Produkt über eine Leitung DN 65 zu einem Ventilknoten mit Druckregelstrecke geführt. Die Entfernung beträgt ca. 25 m. Ein Druckaufnehmer in der Pumpendruckleitung ermöglicht die Mitschrift und die Steuerung für die kontinuierliche Füllung der Dosiervorlage der Abfüllmaschine im Füllstandsbereich von 80 – 40 % mit 0,4 bar Maximaldruck. Eine Abschaltung der Pumpe soll dabei vermieden werden.
- Eine ca. 4 m lange senkrechte Leitung führt das Produkt zur Mischeinrichtung, wo die Fruchtzugabe erfolgt. Der Betrieb der Mischeinrichtung erfolgt mit geringer Drehzahl.

$A_{TH}$	Thixotropiefläche	Pa/s
K	Konsistenzfaktor	kg/ms <sup>2-n</sup>
n	Fließindex	-
$\Delta p$	Druckverlust	Pa
r	Korrelationskoeffizient in mathem. Berechn.	-
s	Standardabweichung	...
T	Temperatur	°C
TS	Trockensubstanz	
t	Jahr	a
$\dot{V}$	Volumenstrom	m <sup>3</sup> /s
<b>griechische Symbole</b>		
$\dot{\gamma}$	Schergeschwindigkeit	s <sup>-1</sup>
$\eta_{eff}$	effektive Viskosität	Pas
$\mu$	Pumpenwirkungsgrad	
$\tau$	Schubspannung	Pa
$\tau_0$	Fließgrenze	Pa
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>		
DOS	Doseur	
EXZ	Exzenterschneckenpumpe	
FP	Finalprodukt	
HB	Rheologische Zustandsgleichung nach Herschel-Bulkley	
MS	Messstelle	
SLH	Schraubenspindelpumpe	

### Verzeichnis der verwendeten Symbole, Abkürzungen, Indices

- Produktcharakterisierung: Joghurt, Vollmilch mit mindestens 3,8 % Fett im Milchanteil, Vanillezubereitung (Saccharose, Glukose-Fruktose-Sirup, Speisesalz, gemahlene Vanilleschote, natürliches Vanillearoma, Farbstoff Beta-Carotin).

### Probenahmestellen zur Bewertung der Pumpeneinwirkung:

- MS1** Tankauslauf
- MS2** Nach Ventilknoten vor Dosierung
- MS3** Finalprodukt am Beispiel einer Originalabfüllung

*Fortsetzung in der nächsten Ausgabe der dmz.*

