

Förderung von Sauer Milchprodukten

Teil II

Vergleich der Arbeitsweise von Schraubenspindel- und Exzentrerschneckenpumpen

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

Rheologische Grundlagen

In Tab. 1 erfolgt die Auflistung der regressierten rheologischen Parameter nach dem Modellansatz von Herschel-Bulkley für nichtlinear-plastische nicht-Newtonische Medien.

Modell	Zustandsgleichung	effektive Viskosität	Anzahl der Modellparameter
Herschel-Bulkley	$\tau = \tau_0 + K \cdot \dot{\gamma}^n$ (2)	$\eta_{\text{eff}} = \frac{\tau_0}{\dot{\gamma}} + K \cdot \dot{\gamma}^{n-1}$ (3)	3

Tab. 1

Dem Herschel-Bulkley-Ansatz kann generell der Vorzug eingeräumt werden, da aufgrund des dreiparametrischen Modells mit größerer Wissenstiefe das Fließ- und Strukturverhalten analysiert werden kann. Für die Spezialfälle $\tau_0 \rightarrow 0$ geht der HB-Ansatz in die Gleichung von Ostwald/De Waele über. Für den weiteren Spezialfall $n = 1$ folgt sofort der NEWTON'sche Schubspannungsansatz. Damit liegt in Tab. 1 ein logischer modularer Aufbau vor. Mit einem Modellansatz (HB) können Newtonische, nicht-Newtonische strukturviskose Flüssigkeiten und plastische Medien verglichen werden.

Fließgrenze

Dieser rheologische Parameter kennzeichnet/korreliert mit der Partikelgröße der Mikrogelpartikeldispersion und ist ein Kriterium des Inputs an mechanischer Energie auf die Matrix. Von Bedeutung sind für die Fließgrenze als integrales Maß die strukturierenden Eigenschaften der dispersen Phase und die Viskosität des jeweiligen Modells. Die Fließgrenze als Indikator aller strukturierenden Elemente im Produkt charakterisiert im Wesentlichen die im Produkt vorliegenden Partikelgrößen und damit den strukturzerstörenden Einfluss der Linienelemente.



Konsistenzfaktor

Der Parameter K kennzeichnet den Konsistenzfaktor und steht synonym für die Viskosität (als Form der inneren Reibung) und lässt sehr gut Rückschlüsse auf die Konzentration von Inhaltsstoffen zu. (Trockenmasse-Korrelation, Formulierung).

Fließindex

Der Fließindex ist ein Strukturstabilitätsparameter, der die Strukturbildungsprozesse bzw. den Strukturierungszustand kennzeichnet. Je kleiner n vorliegt, desto strukturstabiler ist das Produkt. Veränderungen des Fließindex n kennzeichnen durch die Linientechnik bewirkte Schädigungen bzw. Wandlungen des Strukturzustandes, welcher mit Eigenschaftsänderungen einhergeht.

Der Fließindex ermöglicht wichtige Differenzierungen des Strukturverhaltens:

- n = 1: Immer strukturloses und damit Newtonsches Fließverhalten
- n < 1: Prinzipiell Strukturviskosität und damit Scherverdünnung
- n > 1: Sogenanntes dilatantes Fließverhalten mit Scherverdickung

Thixotropiefläche

Die Hysteresefläche der Fließkurve, die sogenannte Thixotropiefläche A_{TH} , ist ein Maß für die während der Messung dissipierte Energie und für das rheodynamische Verhalten der Probe. Sie kennzeichnet die Abhängigkeit der Strukturstabilität während einer konstanten Scherrate als Indikator der zugeführten Strukturzerstörungsarbeit. Je größer die Thixotropiefläche ist, desto größer ist die Strukturinstabilität des Produktes.

Effektive Viskosität

Die effektive Viskosität stellt nach Gleichung 3 das Integral der eingehenden Parameter dar und sollte als wichtigster Kennwert für die Konsistenz der Probe den höchsten Stellengrad in der Gesamtbewertung als Kriterium einnehmen.

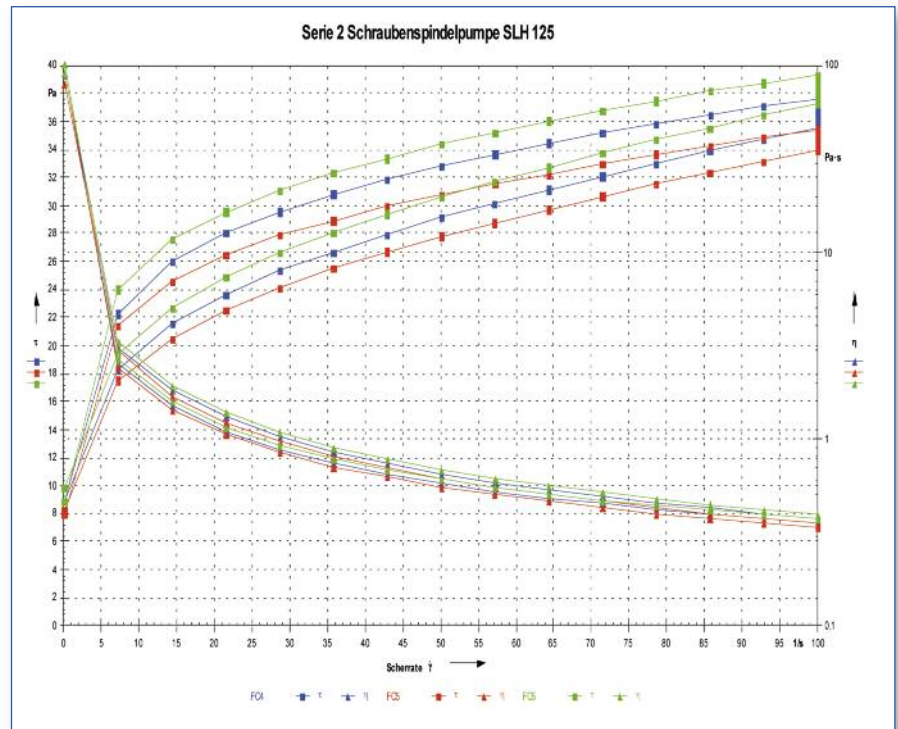


Abb. 4: Versuchsergebnisse Serie 2

Ergebnisse und Diskussion

Schraubenspindelpumpeneinsatz Bornemann SLH 125

Insgesamt wurde der Abfüllvorgang mit 6 Messserien über die Abfüllzeit eines Produktes mit gleicher Rezeptur begleitet.

Abbildung 4 führt die Versuchsergebnisse exemplarisch am Beispiel des Versuches Serie 2 auf (Probennummer FC4, FC5, FC6).

Tab. 2 enthält die regressierten rheologischen Parameter des Herschel-Bulkley-Ansatzes. Zur Bewertung der Veränderung dieser Parame-

ter erfolgt eine Quotientenbildung und Prozentangabe zwischen den Prozessschritten (gelb markiert).

Diskussion

Die effektive Viskosität des Finalproduktes liegt über dem Level des Tankproduktes. Die Fruchtzugabe kompensiert jetzt nicht nur den Viskositätsabbau auf der Linie, sondern sichert eine höhere Konsistenz. Insgesamt wird durch die geringere Zerstörung der Tankmatrixstrukturen und die nachfolgende Fruchtzugabe ein Produkt mit einem Konsistenzlevel größer als Tankprodukt abgefüllt. Der

Nr.	Probe	τ_0 Pa	K Pas ⁿ	n -	r -	s Pa	$\eta_{eff}(100/s)$ Pas	A_{TH} Pa/s
FC4	Tank	5,885	6,439	0,330	0,999	0,14	0,353	577
FC5	Dos	5,390	6,307	0,326	0,999	0,14	0,337	502
Δ Tank/Dos		- 8 %	- 2 %	- 1 %			- 4 %	- 13 %
FC6	FP	7,009	6,315	0,338	0,999	0,11	0,370	640
Δ FP/Dos		+34 %	± 0 %	+4 %			+10 %	+28 %
Δ FP/Tank		+19 %	-2 %	+2 %			+5 %	+11 %

Tab. 2: Rheologische Parameter Serie 2

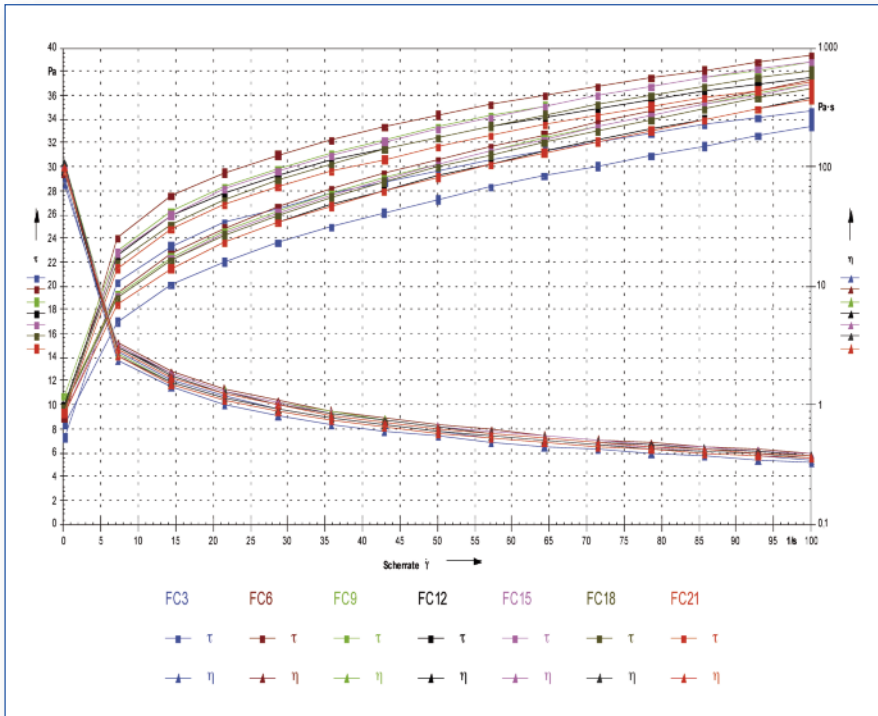


Abb. 5: Ereignisfeld des Finalprodukts

Mit Ausnahme der Probe FC2 aus der Serie 1 wird ein noch homogeneres Ereignisfeld nach Pumpenpassage gefunden und Ergebnisse bestätigt.

bewirkte Strukturabbau liegt auf geringem Level (Prozentangaben) und weist vorab die Eignung dieses Arbeitsorgans als Verdrängerpumpe nach. Die Arbeitsweise der Pumpe unter diesen Prozessbedingungen ist als schonend bzw. technologisch akzeptabel zu bezeichnen.

Folgende Diskussion zum Einfluss des Arbeitsorgans/der Linie auf die Joghurtstrukturstabilität/Konsistenz ist möglich und am Beispiel des Versuchstages in Tab. 4 hinterlegt:

- Die wesentlichen Veränderungen beim Transport der weißen Masse von MS 1 nach MS 2 finden am Parameter Fließgrenze vorwiegend statt, dann am Konsistenzfaktor.
- Ein nur geringer Abbau der inneren Reibung wird am Beispiel des Konsistenzfaktors ermittelt. Die Quotienten aller Versuche liegen im Bereich von 0,93 bis 1,02 und stellen ein gewünschtes Ergebnis für den Einsatz dieses Pumpentyps dar.
- Die festgestellte nur geringe Verringerung der Fließindices signalisiert im Ereignisfeld marginale und dann zumeist positive Veränderungen der Strukturstabilität.

- Am Beispiel der effektiven Viskosität wird ein Abbau auf 0,91 bis 0,95 des Wertes für die Pumpen-

passage ermittelt. Der Erhalt von 91 bis 95 % der Viskositätsfunktion als Indikator für die sensorische Akzeptanz (Stabilität) ist als hoch einzuschätzen. Unbedingt müssen die Aussagen der Vergleichsversuche hier zugeordnet werden.

- Ein massiver Abbau der Thixotropiefläche bei der Pumpen- bzw. Linienpassage im Bereich von 0,55 bis 0,74 signalisiert bei den Messungen mit maximal 100 Schersekunden, dass sich das Mikrogepartikelsystem nach dem Umpumpen aus dem Reifetank über Dispergiermaschine und Kühlerpassage noch mit geringen Scherkräften weiter zerkleinern lässt. Diese Aussage korrespondiert mit der Aussage 1.

- Durch die Einarbeitung der Fruchtzugabe werden alle Strukturparameter wieder in die Nähe der Parameter der weißen Masse bzw. leicht darunter angehoben. Das Vanillekonzentrat weist eine nahezu dreifache Viskosität im Vergleich zur weißen Masse auf. Über die Zudosierung von 8 % sind die Viskositätserhöhungen im Finalprodukt erklärbar.

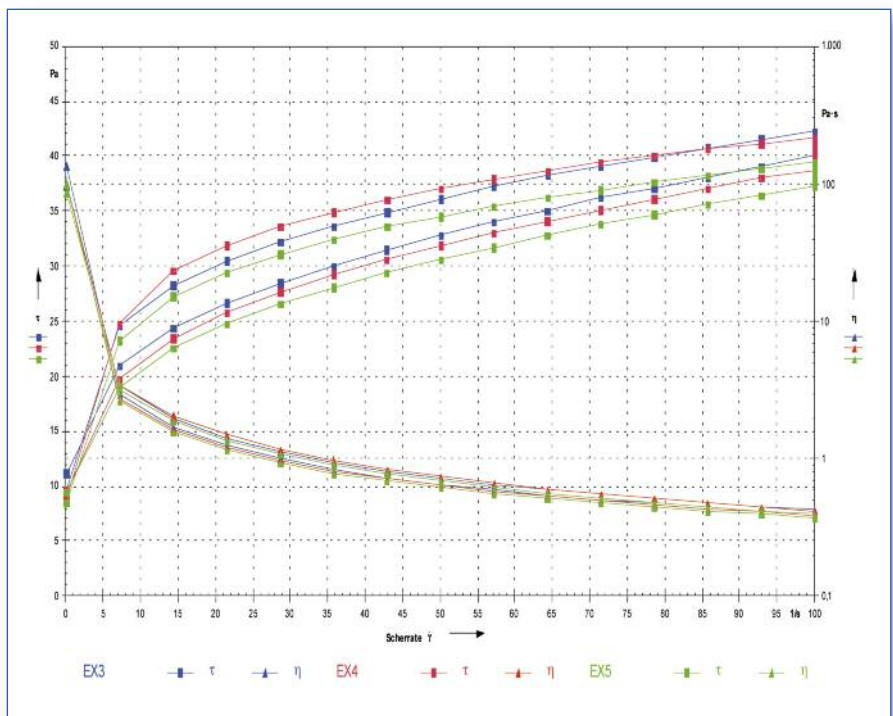


Abb. 6: Versuchsergebnisse Serie 2

Erfassung eines Ereignisfeldes für die Versuche

In Abbildung 5 ist das Ereignisfeld als chronologische Auflistung der Messreihen dargestellt und den Probenahmestellen Finalprodukt zugeordnet.

Insgesamt wird ein sehr homogenes vorliegendes Ereignisfeld und ein nahezu identisches Verhalten der weißen Masse auf der Linie von Tank bis zum Doseur festgestellt. Alle Hin- und Rücklaufkurven liegen nahezu auf einem Level und weisen Homogenität des Tankproduktes sowie des hydraulischen Transportes aus (bei einer Scherrate von 100/s):

- Tank: 38 – 34 Pa
- Doseur: 36 – 33 Pa
- Finalprodukt: 40 – 35 Pa

Linien- und Produktvergleich bei Einsatz einer Exzentrerschneckenpumpe SPS 6/2 Ergebnisse

Eingesetzt wurde wieder die konventionelle Betriebspumpe (Hersteller Kiesel) SPS 6/2. Insgesamt wurde der Abfüllvorgang mit 6 Messserien über die Abfüllzeit begleitet. Aufgrund der gleichen Versuchsmodalität erfolgt die Darstellung der Ergebnisse am Beispiel der Serie 2 in Abbildung 6.

Insgesamt wird ein sehr homogenes vorliegendes Ereignisfeld und ein nahezu identisches Verhalten der weißen Masse in Tab. 3 und Abb. 7 festgestellt.

Alle Hin- und Rücklaufkurven liegen nahezu auf einem Level und weisen Homogenität des Tankproduktes aus. Der höchste gefundene Konsistenzlevel der drei Untersuchungen wird gefunden.

Ereignisfelder bei einer Scherrate von 100/s:

- Tank: 42 – 38 Pa
- Doseur: 41 – 37 Pa
- Finalprodukt: 43 – 39 Pa

Das homogenste Ereignisfeld der Joghurtmatrix wird im FP festgestellt.

Fortsetzung in der nächsten Ausgabe der dmz.

Nr.	Probe	τ_0 Pa	K Pas ⁿ	n -	r -	s Pa	$\eta_{eff}(100/s)$ Pas	A_{TH} Pa/s
EX4	Tank10	6,380	6,994	0,332	0,999	0,09	0,386	464
EX5	DO41	6,680	6,305	0,342	0,999	0,10	0,371	352
Δ Dos/Tank		+5 %	- 10 %	+3 %			- 4 %	- 13 %
EX6	FP	7,359	6,632	0,342	0,999	0,14	0,394	337
Δ FP/Dos		+10 %	+5 %	± 0 %			+6 %	- 4 %
Δ FP/Tank		+15 %	+5 %	± 0 %			+2 %	- 27 %

Tab. 3 Auflistung der regressierten rheologischen Parameter Serie 2

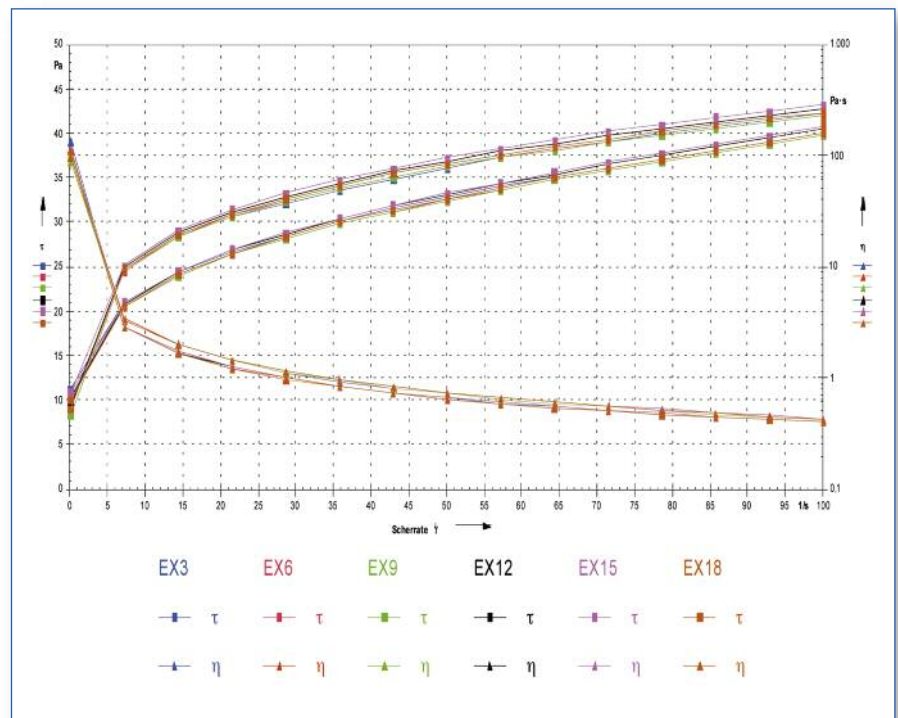


Abb. 7: Ereignisfeld als chronologische Aufführung der Messreihen zugeordnet der Probenahmestelle Finalprodukt

