

Untersuchungen über die physikalisch-technischen Vorgänge beim Homogenisieren von Milch in Hochdruck-Homogenisiermaschinen*

Hans-Albert Kurzhals und Helmut Reuter**

Über die Ursachen der Zerteilung von Emulsionskugeln bei der Bearbeitung von Emulsionen in Hochdruck-Homogenisiermaschinen gibt es zahlreiche Theorien. Als physikalisch wahrscheinlich kommen nur Scherung, Turbulenz und Kavitation in Frage. Während die Zerteilungsmechanismen von Flüssigkeitskugeln in Scherströmungen und in turbulenten Strömungen bereits eingehend untersucht wurden, gab es über den durch Kavitation verursachten Zerteilungsvorgang bisher keine genauen Vorstellungen [1].

Für die durch Kavitation hervorgerufene Zerteilung von Emulsionskugeln wird als neue Hypothese vorgeschlagen, daß die Kugeln durch Frequenzanteile des Kavitationsgeräusches, die in der Nähe ihrer Eigenfrequenzen liegen, zu erzwungenen Schwingungen angeregt und beim Überschreiten einer kritischen Amplitude zerteilt werden. Um diese Hypothese zu beweisen, wurden theoretische und experimentelle Untersuchungen bei der Hochdruck-Homogenisation von Milch durchgeführt [2].

Die theoretischen Untersuchungen erbrachten folgende Ergebnisse:

1. Für den Bereich üblicher Homogenisiertemperaturen zwischen 316 und 343 K liegen die Eigenfrequenzen von Milchfettkugeln mit Durchmessern über $0,7 \mu\text{m}$ unter 5000 kHz.
2. Die Amplitude der erzwungenen Schwingung von Milchfettkugeln ist höchstens um 40% kleiner als im Resonanzfall, wenn die Erregung nur mit der 0,2fachen Eigenfrequenz erfolgt, d. h. bei Fettkugeln mit Durchmessern über $0,7 \mu\text{m}$ sind Erregerfrequen-

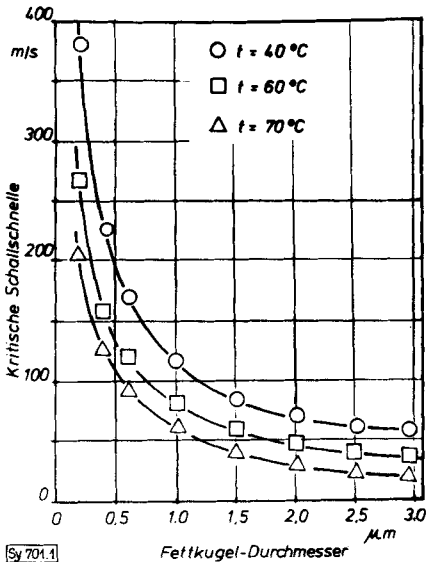


Abb. 1. Kritische Schallschnelle für die Zerteilung von Milchfettkugeln.

zen unter 1000 kHz ausreichend, um 60% der Resonanzamplitude zu bewirken.

3. Für die Zerteilung von Milchfettkugeln durch erzwungene Schwingungen ist eine kritische Schallschnelle der erregenden Schwingung erforderlich, deren Zahlenwert von Temperatur und Fettkugel-Durchmesser abhängt (Abb. 1).

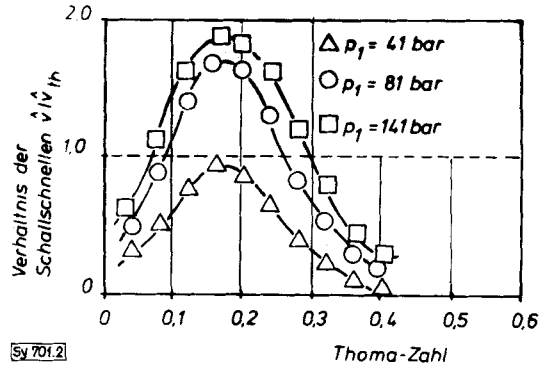


Abb. 2. Verhältnis der gemessenen Schallschnelle des Kavitationsgeräusches zur theoretisch erforderlichen kritischen Schallschnelle.

Die Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Bei allen üblichen Verfahrensbedingungen tritt bei der Durchströmung eines Homogenisierventils immer Kavitation auf, die aufgrund des Durchflußverhaltens (kritischer Strömungszustand), durch das Auftreten von Kavitationserosion, durch eine chemische Farbreaktion und durch Messung des Kavitationsgeräusches nachgewiesen werden konnte.
2. Die Frequenzanalyse des Kavitationsgeräusches im Homogenisierventil ergab, daß in seinem Spektrum Frequenzen auftreten, die in der Nähe der Eigenfrequenzen der zu zerteilenden Fettkugeln liegen.
3. Zwischen der Intensität des Kavitationsgeräusches und der Zerteilwirkung bei der Durchströmung eines Homogenisierventils wurde bei konst. Thoma-Zahl (d. h. bei konstanten Kavitationsbedingungen) ein eindeutiger Zusammenhang gefunden.
4. Das Verhältnis der mittleren Schallschnelle des Kavitationsgeräusches im Homogenisierventil \hat{v} zur theoretisch erforderlichen (kritischen) Schallschnelle der zerteilten Milchfettkugeln \hat{v}_{th} weicht im Bereich mittlerer Thoma-Zahlen ($0,05 < Th < 0,25$) nicht wesentlich vom Erwartungswert $\hat{v}/\hat{v}_{th} = 1$ ab (Abb. 2).

Die neue Zerteilungshypothese konnte damit eindeutig bewiesen werden.

Eingegangen am 21. November 1978

- [1] Gopal, E. S. R., in: Emulsion Science (Ed. Sherman), S. 1/75, Academic Press, London - New York 1968.
- [2] Kurzhals, H. A.: Untersuchungen über die physikalisch-technischen Vorgänge beim Homogenisieren von Milch in Hochdruck-Homogenisiermaschinen. Dissertation, TU Hannover 1977.

Schlüsselworte: Hochdruck-Homogenisation, Milch, Emulsion, Zerteilung, Strömungskavitation, Kavitationsgeräusch, erzwungene Schwingung, Frequenzanalyse, kritische Schallschnelle, Thoma-Zahl.

Das vollständige Manuskript dieser Arbeit umfaßt 24 Seiten mit 10 Abbildungen und 9 Literaturzitaten. Es ist als Fotokopie oder Mikrofiche MS 682/79 erhältlich. Eine Bestellkarte finden Sie am Schluß des Heftes.

* Vortrag auf dem Jahrestreffen der Verfahrens-Ingenieure, 27. bis 29. Sept. 1978 in Aachen.

** Dr.-Ing. H.-A. Kurzhals, Verdener Str. 198, 2819 Morsum, und Prof. Dr.-Ing. H. Reuter, Institut für Verfahrenstechnik der Bundesanstalt für Milchwissenschaft, Herm.-Weigmann-Str. 1/27, 2300 Kiel 1.