

## Entwicklung einer verbesserten Düse zum Hochdruck-homogenisieren und -emulgieren

<b>Koordinierung:</b>	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
<b>Forschungsstelle:</b>	Universität Karlsruhe (TH) Institut für Lebensmittelverfahrenstechnik Prof. Dr. H. Schubert/Dipl.-Ing. B. Freudig
<b>Industriegruppe:</b>	Milchindustrie-Verband e.V., Bonn
	Projektkoordinator: Dipl.-Ing. P. Zahner, Nestlé, R&D Center Weiding
<b>Laufzeit:</b>	2000 - 2002
<b>Zuwendungssumme:</b>	€ 206.690,-- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

### Ausgangssituation:

In Rohmilch ist das Milchfett in Form von Tropfen mit Durchmessern zwischen 1 und 10  $\mu\text{m}$  verteilt. Um ein Aufrahmen dieser Milchfettropfen zu verhindern, wird die Milch homogenisiert, d. h. die Fettropfen werden möglichst so weit zerkleinert, dass sie nicht mehr aufrahmen. In der Praxis wird Milch in Hochdruckhomogenisatoren bei Homogenisierdrücken von ca. 150 – 200 bar homogenisiert. Als Homogenisierdüsen kommen meist Flachventile zum Einsatz.

Ein besonders effizientes Zerkleinern von Tropfen wird dadurch erreicht, dass ein möglichst großer Teil der Energie in laminarer Dehnströmung dissipiert wird. Eine einfache Düsenform, die dieser Anforderung nahe kommt, ist die Lochblende. Ziel des Forschungsvorhabens war es daher, aufbauend auf einer einfachen Lochblende mit Hilfe von CFD-Simulationen eine Homogenisierdüse zu entwickeln, die ein besonders effizientes Zerkleinern von Tropfen erlaubt und es damit ermöglicht, Produkte mit vorgegebenen Eigenschaften unter geringerem Energieaufwand herzustellen.

### Forschungsergebnis:

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass eine einfache Lochblende für das Homogenisieren von Milch wenig geeignet ist. Dieser Befund ist auf

die Tropfenzerkleinerungsmechanismen in Lochblenden zurückzuführen: In der laminaren Dehnströmung im Blendeneinlauf werden Emulsionstropfen zwar deformiert, jedoch nicht aufgebrochen. Erst in oder sogar hinter der Blendenbohrung werden die Tropfen entweder in turbulenter oder in kavitierender Strömung zerkleinert.

Die Fettkugelmembran, die die Milchfettropfen umgibt, erschwert die Deformation in laminarer Dehnströmung. Wird die Turbulenz- oder die Kavitationsintensität hinter der Lochblende verstärkt, können die deformierten Tropfen besser zerkleinert werden.

Die Kavitationsintensität kann durch Anlegen eines geringen Gegendrucks verstärkt werden. Dies wurde im Rahmen des Projekts durch Verwenden zweistufiger Lochblenden erreicht, mit denen deutlich bessere Emulgiererergebnisse erzielt werden können.

Die Turbulenzintensität hinter der Blende wird erhöht, wenn eine Blende mit zwei schrägen Bohrungen verwendet wird. Aus beiden Bohrungen tritt die Flüssigkeit als Freistrahle aus. Treffen diese beiden Freistrahlen aufeinander, wird dadurch Turbulenz erzeugt. Auch mit solchen Düsen können Tropfen effizienter zerkleinert werden.

Sowohl die zweistufigen Düsen als auch Düsen mit schrägen Bohrungen erlauben das Homogenisieren von Milch bei einem Homogenisierdruck  $p < 100$  bar.

#### Wirtschaftliche Bedeutung:

Bei den untersuchten Blendensystemen handelt es sich um einfache Homogenisierdüsen, die sowohl leicht zu fertigen als auch gut zu reinigen und damit für den Einsatz in Industrieanlagen geeignet sind. Bei den üblicherweise verwendeten Flachdüsen trifft die Emulsion direkt auf den Ventilstempel. Kavitation tritt insbesondere in dem schmalen Ventilschlitz auf, so dass Kavitationsschäden in hohem Maße auftreten. Das ist in den Blendensystemen weniger zu erwarten. Das Verwenden einfacher Blendensysteme ist also aus mehreren Gründen von Vorteil.

Im Rahmen des Projekts wurden Düsen entwickelt, in denen Milch effizient homogenisiert werden kann. Während in der Praxis üblicherweise Drücke im Bereich von 150 bis 200 bar benötigt werden, kann Milch in geeigneten Blenden bereits bei einem Druck  $< 100$  bar homogenisiert werden.

Emulsionen werden in unterschiedlichen Bereichen der Industrie eingesetzt und sind damit ein bedeutender Wirtschaftsfaktor. Viele verzehrfertige Lebensmittel sowie Zwischenprodukte bei der Verarbeitung sind Emulsionen, beispielsweise Milch, Butter, Mayonnaise und Dressings. Im Lebensmittelbereich bestimmt im wesentlichen die Tropfengröße und Tropfengrößenverteilung die Güte einer Emulsion, d.h. sowohl den sensorischen und ernährungsphysiologischen Wert (Geschmack, Textur, Aussehen, Verdaulichkeit) als auch die Lagerstabilität und damit letztlich den Verkaufswert.

#### Publikationen (u.a.):

1. FEI-Schlussbericht 2002.
2. Schubert, H. und Ax, K.: Verbesserung der gesundheitlichen Qualität von Lebensmitteln durch Erhöhung und Modifikation des Carotinoidgehaltes – von der Gemeinschaftsforschung zum Leitprojekt. Tagungsband 59. Diskussionstagung des Forschungskreises der Ernährungsindustrie, 106-141 (2001).

3. Schubert, H., Freudig, B. und Tesch, S.: Herstellen von Emulsionen in Hochdruckhomogenisatoren - Teil 1: Zerkleinern und Stabilisieren von Tropfen. Chemie, Ingenieur, Technik 74 (61), 875-880 (2002).
4. Schubert, H., Freudig, B. und Tesch, S.: Herstellen von Emulsionen in Hochdruckhomogenisatoren - Teil 2: Bedeutung der Kavitation für die Tropfenzerkleinerung. Chemie, Ingenieur, Technik 74 (61), 880-884 (2002).
5. Freudig, B., Tesch, S. und Schubert, H.: Produktion of emulsions in high-pressure homogenizers. Part II: Influence of cavitation on droplet breakup. Engl. Life Sci. 3, 266-270 (2003).
6. Aguilar, F., Freudig, B. und Schubert, H.: Emulsification in high pressure homogenizers equipped with improved orifice valve. In: Proc. 9th Int. Congr. Eng. Food ICEF 9, Montpellier (2004).

#### Weiteres Informationsmaterial:

Universität Karlsruhe (TH)  
Institut für Lebensmittelverfahrenstechnik  
Kaiserstr. 12, 76128 Karlsruhe  
Tel.: 0721/608-2497, Fax: 0721/69 43 20  
E-Mail: Helmar.Schubert@lvt.uni-karlsruhe.de

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)  
Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn  
Tel.: 0228/372031, Fax: 0228/376150  
E-Mail: fei@fei-bonn.de