

## Energiesparende und schonende Homogenisierung von Milch und Auswirkungen auf die Textur von Milchprodukten

<b>Koordinierung:</b>	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)
<b>Forschungsstelle I:</b>	Universität Karlsruhe (TH) Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik Bereich I: Lebensmittelverfahrenstechnik Prof. Dr. H. P. Schuchmann/Dipl.-Ing. K. Köhler
<b>Forschungsstelle II:</b>	Technische Universität München Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung Abt. Technologie, Freising-Weihenstephan Prof. Dr. U. Kulozik
<b>Forschungsstelle III:</b>	Universität Hohenheim Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie FG Lebensmittel tierischer Herkunft Prof. Dr. J. Hinrichs
<b>Industriegruppen:</b>	Milchindustrie-Verband e.V., Bonn VDMA Fachverband Nahrungsmittel- und Verpackungsmaschinen, Frankfurt
	Projektkoordinator: Dr. K. Naßl, Zott GmbH & Co. KG, Mertingen
<b>Laufzeit:</b>	2005 – 2007
<b>Zuwendungssumme:</b>	€ 550.100,-- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

### Ausgangssituation:

In den letzten Jahren wurde, auch im Rahmen von diversen AiF/FEI-Vorhaben, am Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik der Universität Karlsruhe ein Homogenisierverfahren mit Lochblenden entwickelt, das erhebliche Vorteile gegenüber konventionellen Hochdruckhomogenisatoren mit Flachdüsen bietet. Die neu entwickelte Düse besteht aus einer zweistufigen Lochblende und ermöglicht bei Pflanzenöl-in-Wasser-Emulsionen die Homogenisierung bei Drücken unter 100 bar mit Endtropfengrößen unter 1 µm. Die besondere Wirksamkeit der Lochblende wurde darauf zurückgeführt, dass die Tropfen in einer Dehnströmung, wie sie im Einlauf vor der Blende vorliegt, sehr effizient deformiert werden. Diese deformierten Filamente werden beim Strömungsumschlag in turbulente Strömung im Nachblendengebiet energieeffizienter zerkleinert als in konventionellen Flachdüsen mit geringeren

Dehnanteilen in der Einlaufströmung. Neben der schonenden Homogenisierung wurde mit der neuen Blende eine engere Fetttropfengrößenverteilung beobachtet als beim konventionellen Hochdruckhomogenisieren. Für den Einsatz in der milchverarbeitenden Industrie war die Blendentechnik bisher jedoch weder untersucht noch optimiert.

Ziel des Forschungsvorhabens war es daher, in Kooperation mehrerer ausgewiesener Institute die Potenziale und Grenzen der neuartigen Homogenisierertechnik für verschiedene Milchprodukte aufzuzeigen und geeignete Konstruktionsmerkmale und Prozessparameter zu erarbeiten, um so eine schnelle Umsetzung in die Praxis voranzutreiben.

### Forschungsergebnis:

Forschungsstelle I zeigte, dass beim Homogenisieren von Vollmilch normale Lochblenden im Vergleich mit Flachventilen nur ein geringes Potential haben, da die Fetttropfen der Milch sich aufgrund ihrer dicken proteinbasierten Membran kaum deformieren lassen. Mit einer neu entwickelten Umlenklende konnte dagegen ca. 30 % der Energie eingespart werden, was für eine industrielle Umsetzung noch als zu gering einzustufen ist. Daher wurde der Fokus der Arbeiten auf ein neu entwickeltes Verfahren zur signifikanten Einsparung von Energie beim Homogenisieren von Milch gelegt. Entwickelt wurde eine „Simultane Homogenisier- und Misch-Blende“ (SHM-Blende). Mit der besten Geometrie (T-förmig ausgebildete Mischzone in 5 mm Abstand zum Düsenaustritt) kann Rahm mit einem Fettanteil bis zu 42 vol.-% ohne signifikante Fettaggregation homogenisiert werden. Im Homogenisierprozess wird dabei gleichzeitig der Fettgehalt der Zielprodukte mit Magermilch eingestellt. Mit dieser neuen Technologie sind im Vergleich zu konventioneller Prozessführung Energieeinsparungen um bis zu 80 % realisierbar. Gleichzeitig werden deutlich verringerte Pumpkapazitäten benötigt, was insbesondere bei Kapazitätserweiterungen bestehender Anlagen oder Neuinvestitionen von Interesse ist.

Die Untersuchungen an Forschungsstelle II zeigten, dass mit der Blendentechnik aufgrund einer geringeren Fettkugelaggregation bei Sahne mit 30 % Fett bis zu 40 % kleinere Partikelgrößen erzielt werden als mit dem Hochdruckhomogenisator. Dies bedeutet, dass bei der Blendentechnik ein Qualitätsvorteil bzw. ein Energieeinsparpotenzial gegenüber dem Hochdruckhomogenisator gegeben ist. Bei UHT-Kaffeesahne wurde deutlich, dass zum Erzielen einer hohen Produktqualität eine aseptische Homogenisatorstellung erforderlich ist und die Kombiblende eine höhere Weißkraft der Kaffeesahne erzeugt als der Hochdruckhomogenisator. Folglich ist auch hier ein Qualitätsvorteil bzw. eine Energieeinsparung durch die neuartige Homogenisieretechnik gegeben.

Bei den Untersuchungen bezüglich Joghurt zeichnete sich eine verfahrensunabhängige Korrelation der Produkteigenschaften zur Fettkugelgröße ab. Mit abnehmendem Fettkugeldurchmesser erfolgt eine bessere Integration der Fettkugeln in die Joghurtmatrix, die die Gelstruktur festigt und das Serumbindevermögen erhöht. Diese Ergebnisse machen deutlich,

dass die Homogenisierung der Ausgangsmilch eine Trockenmasseerhöhung bzw. die Zugabe von Verdickungsmitteln zum Teil ersetzen kann. Somit können Rohstoffkosten eingespart und die Verbraucherakzeptanz der Produkte gesteigert werden. Zudem zeigte die Homogenisierung der Käseemilch, insbesondere mittels Kombiblende, positive Auswirkungen auf die Textur von Frischkäse.

Abschließend ist anzumerken, dass die Auswirkungen der beiden Homogenisierverfahren nicht ausschließlich auf eine unterschiedliche Tröpfchenzerkleinerungseffektivität zurückzuführen sind. Insbesondere deutet die unterschiedliche Aggregationsneigung der Fetttröpfchen auf Unterschiede in der Zusammensetzung der sekundären Fettkugelmembran hin.

An Forschungsstelle III wurde das Homogenisieren mittels Lochblendentechnik kombiniert mit einer Mikrofiltration (MF) in den Herstellungsprozess von Schnitt- und Weichkäse integriert. Laborversuche ermöglichten den gezielten Transfer der Ergebnisse in den Pilotmaßstab. Die im Zuge des Homogenisierens veränderten Labeigenschaften (verminderte Gelfestigkeit, retardiertes Synäreseverhalten) wurden modelliert und können durch gezielte Anwendung der MF-Konzentrierung gesteuert werden. Die Bruchbearbeitungszeit wurde auf Basis des Modells angepasst, so dass Käse mit vergleichbaren Zusammensetzungen produziert wurde. Es resultierte ein vereinfachter Prozessplan, der neben einer Zeitersparnis die Möglichkeit aufzeigt, Käseerhilfsstoffe einzusparen (Kultur, Lab, Calciumchlorid). Das Homogenisieren führte unter anderem zu einem erhöhten Fettübergang von der Milch in den Käse und damit zu Ausbeutesteigerungen. Die Farbe des Käseteiges war aufgehellt, die Käse verliefen beim Schmelztest nicht und sensorisch wurde keine Ranzigkeit festgestellt. Somit stellt das Homogenisieren nicht nur einen wirtschaftlich attraktiven Prozessschritt dar, sondern beinhaltet ebenso Potenzial zur gezielten Produktentwicklung mit erwünschten funktionellen Eigenschaften.

### Wirtschaftliche Bedeutung:

Mit der SHM-Technologie können Energieeinsparungen im Vergleich zum Teilstromhomogenisieren von bis zu 45 % realisiert werden. Im Vergleich zum Vollstrom können sogar über 80 % Energieersparnisse erreicht werden. Dies ist allein nur durch die Reduktion des zu homogeni-

sierenden Volumen bei hohen Drücken erreichbar. Die Produktqualität bleibt konstant. Weitere Einsparungen können in den Installationskosten und Betriebskosten liegen. Mit der SHM-Technologie ist es somit möglich, langfristig die Kapazitäten von Anlagen zur Milchhomogenisation zu erhöhen. Langfristig birgt gerade die auf mikroverfahrenstechnischen Bauteilen basierende neue Technologie großes Potenzial in der Flexibilisierung der Produktion.

Die Ergebnisse machen deutlich, dass die Blendentechnik für Produkte mit einem hohen Fettgehalt eine wirtschaftlich vorteilhafte Alternative zum konventionellen Hochdruckhomogenisieren darstellt. Die Vorteile der neuartigen Homogenisierung dürften auf andere Bereiche der Emulgiertechnik übertragbar sein und somit neben Unternehmen der Milchindustrie auch Feinkosthersteller, die häufig mittelständisch sind, besonders ansprechen.

Des Weiteren zeigen die dargestellten Ergebnisse die Möglichkeiten der Produktgestaltung mit Hilfe der Homogenisierung auf, von denen insbesondere KMU profitieren können. So lassen sich beispielsweise die Produkteigenschaften, insbesondere die Textur und das Serumbindungsvermögen, von Sauermilcherzeugnissen ohne Veränderung der Rezeptur gezielt beeinflussen. Eine Homogenisierung der Ausgangsmilch kann folglich eine Trockenmasseerhöhung und die Zugabe von Verdickungsmitteln zum Teil ersetzen. Dies kann aufgrund der Einsparung von Rohstoffkosten ökonomisch vorteilhaft sein sowie zu einer Steigerung der Produktakzeptanz durch den Verbraucher führen.

Für die Herstellung von Käse bedeutet das Homogenisieren von Milch einen verringerten Fettverlust über die Molke und führt damit zu Ausbeutesteigerungen. Durch die Homogenisierung von Käseemilch kann diese auf einen geringeren Fettgehalt eingestellt werden, so dass für die eingesparte Menge an Rahm eine höhere Wertschöpfung erhalten bleibt. Die kombinierte Anwendung der Mikrofiltration ermöglicht ein vereinfachtes Prozessschema und die Einsparung an Käseemilchhilfsstoffen. Im Fall einer 1,5-fach konzentrierten Käseemilch ergibt sich demnach beispielsweise eine 30-%ige Reduzierung der Lab- als auch der Kulturmenge sowie ein vollständiger Verzicht auf eine  $\text{CaCl}_2$ -Zugabe. Das bei der Mikrofiltration als Nebenprodukt anfallende Permeat wird als „ideale Molke“ be-

zeichnet und bildet eine optimale Basis zur Weiterverarbeitung.

#### Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht 2008.
2. Köhler, K., Aguilar, F., Hensel, A., Schubert, F. und Schuchmann, H.: Design of a Microstructured System for Homogenization of Dairy Products with High Fat Content. Chem. Eng. Technol. 30 (11), 1590-1595 (2007).
3. Thomann, S., Schenkel, P. und Hinrichs, J.: Effect of homogenization, microfiltration and pH on curd firmness and syneresis of curd grains. LWT - Food Science and Technology (DOI:10.1016/j.lwt.2007.05.023) (2007).
4. Karasch, S.: Homogenisierung von Milch mittels neuartiger Lochblendentechnik und deren Auswirkungen auf die Produkteigenschaften von Joghurt. Milchwissenschaftliche Forschung Weihenstephan - Jahresbericht 145-148 (2006).

#### Weiteres Informationsmaterial:

Universität Karlsruhe (TH)  
Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik  
Bereich I: Lebensmittelverfahrenstechnik  
Kaiserstraße 12, 76128 Karlsruhe  
Tel.: 0721/608-2497, Fax: 0721/69 43 20  
E-Mail: heike.schuchmann@lvt.uni-karlsruhe.de

Technische Universität München  
Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittel-  
forschung  
Abt. Technologie, Freising-Weihenstephan  
Weihenstephaner Berg 1  
85350 Freising-Weihenstephan  
Tel.: 08161/71-3535, Fax: 08161/71-4384  
E-Mail: ulrich.kulozik@wzw.tum.de

Universität Hohenheim  
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Bio-  
technologie  
FG Lebensmittel tierischer Herkunft  
Garbenstraße 21, 70599 Stuttgart  
Tel.: 0711/459-3792, Fax: 0711/459-3617  
E-Mail: jh-lth@uni-hohenheim.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