

## Erhöhte Produktqualität und verlängerte Anlagenstandzeiten für Milchprodukte durch Integration einer Mikrowellenerhitzung in Fouling-sensitiven Bereichen des Erhitzungsapparats



Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle(n):	Universität Hohenheim Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie FG Milchwissenschaft und -technologie Prof. Dr. Dr. Jörg Hinrichs
Industriegruppe(n):	Milchindustrie-Verband e.V. (MIV), Berlin
Projektkoordinator:	Dr. Mathias Rother Hochland SE, Heimenkirch
Laufzeit:	2017 - 2020
Zuwendungssumme:	€ 274.140,-- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

### Ausgangssituation

Während des Pasteurisierens (<100°C) und Sterilisierens (110-145°C) von Milch- und Molkenprodukten bildet sich in kontinuierlich betriebenen, indirekten Anlagensystemen durch Reaktion von Inhaltsstoffen mit der Wand ein sog. Fouling, eine unerwünschte Produktansatzschicht. Die initiale Foulingschicht wächst durch Reaktion der Schicht mit Inhaltsstoffen und es kommt direkt an der Wand zu Anbrennungen. Aus der so gebildeten Foulingschicht können sich während der Produktion einerseits Teile herauslösen und zu einer Verunreinigung der jeweiligen Produkte führen, andererseits steigt der Anlagendruck und eine Reinigung wird nötig. Die Reinigung reduziert dabei nicht nur die Standzeit, d. h. die reine Produktionszeit, der Erhitzungsanlage, sondern verursacht insbesondere für KMU auch erhebliche Kosten für Wasser, Reinigungsmittel, Mischphasen, Abwasser und Energie.

Hauptursache für das Fouling von Milch sind die mit nur ca. 0,7 % in Milch vorkommenden Molkenproteine. Häufig untersucht und bestätigt ist, dass native Molkenproteine ab ca. 70 °C zur Ansatzbildung neigen und sich dieses Problem mit zunehmender Konzentration an Molkenproteinen im Milchprodukt verstärkt. Hinzu kommen bereits ab ca. 55°C Salzablagerungen, insbesondere Calciumphosphat, die in Erhitzungsapparaten bei Temperaturen >110°C in der Foulingschicht dominieren. Es besteht daher Bedarf für ein kontinuierliches Erhitzungsverfahren, bei dem das Medium nicht über eine heiße Wand erhitzt wird und damit die Ansatzbildung reduziert oder vermieden werden kann. Hierfür könnte sich eine Mikrowellenerhitzung eignen. Bei dieser wird die Wärme durch Dipolschwingung von Wassermolekülen direkt ins Medium eingetragen. Somit können thermisch induzierte Reaktionen von Inhaltsstoffen mit der Wand reduziert und damit das Fouling minimiert werden.

Ziel des Forschungsvorhabens war die Entwicklung einer Prozessführungsstrategie für die Mikrowellenerhitzung von Fouling-sensitiven Milchprodukten.

## **Forschungsergebnis**

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde gezeigt, dass die Mikrowellentechnologie eine Alternative zu den etablierten indirekten und direkten Erhitzungsverfahren darstellt. Beim Erhitzen von Magermilchkonzentrat konnte mittels Mikrowellentechnologie die Ansatzbildung im Vergleich zu indirektem Erhitzen um 90 % und die Molkenproteindenaturierung um 30 bis 50 % reduziert werden. Partikelbildung war lediglich bei laminaren Strömungsbedingungen vorhanden. Des Weiteren bietet die Mikrowellentechnologie Potential, thermophile Sporenbildner im Milchkonzentrat um 3 bis 4  $\log_{10}$ -Stufen zu reduzieren (je nach Stamm und Temperatur-Zeit-Kombination). Somit ist das Herstellen eines sporenrduzierten Milchpulvers möglich.

Außerdem wurde ein neuer, innovativer Prozess entwickelt, um H-Milch mit erhöhtem nativem Molkenprotein- und Vitamingehalt, reduziertem Kochgeschmack und vergleichbarer Haltbarkeit mit bisherigen Prozessen (indirektes Erhitzen) herstellen zu können. Dazu wurde Milch mikrofiltriert und die resultierenden Phasen wurden getrennt, an ihre Inhaltsstoffe angepasst, erhitzt. Die Mikrowellentechnologie erlaubte eine schonende Erhitzung des MF-Permeats und konnte somit Molkenproteindenaturierung und Vitaminverlust reduzieren. Das Retentat wurde nach herkömmlichen Prozessen hoch erhitzt. Somit wurde die Haltbarkeit der Milch sichergestellt. Die neuartige Milch sowie eine indirekt erhitzte H-Milch zeigten kaum Veränderungen über eine Lagerung von 6 Monaten. Eine direkt mittels Dampfinjektion erzeugte H-Milch hingegen wies nach 8 bzw. 12 Wochen Partikel- und Gelbildung, mutmaßlich durch eine nicht vollständige Inaktivierung der Protease Plasmin hervorgerufen, auf.

Durch den geringen Platzbedarf und die hohe Flexibilität einer Mikrowellenanlage kann diese Technologie vielfältige industrielle Anwendungen finden und in bestehende Prozesse integriert werden. Sie bietet großes Potential für eine produktschonende Erhitzung bei gleichzeitiger Verbesserung der Nachhaltigkeit durch geringeren Reinigungsaufwand.

## **Wirtschaftliche Bedeutung**

Im Jahr 2019 wurden in Deutschland 3,0 Mio. Tonnen UHT-Milch produziert (MIV-Geschäftsbericht 2019/20). Dies entspricht rund 2/3 der insgesamt produzierten Menge an Konsummilch. 30 % des Energieverbrauchs von Molkereien entfällt auf die Reinigung, die zusätzlich am stärksten zum Nährstoffeintrag (u. a. Mischphasen) in die Umwelt beiträgt. Eine Verlängerung der Standzeit durch Mikrowellentechnologie senkt die Produktionskosten sowie den Aufwand für die Reinigung und verbessert die Nachhaltigkeit, auch durch den ausschließlichen Betrieb mit Strom aus grünen Energien. Zusätzlich bietet sich für KMU die Möglichkeit, auf wenig Platz und ohne Vorhandensein, z. B. von Dampfkesseln, Milchprodukte einfach und schonend zu erhitzen. Die Bedienung und der Betrieb einer Mikrowellenanlage ist einfach und liefert sichere Produkte. Darüber hinaus können vermehrt proteinangereicherte Drinks entwickelt und vermarktet werden, die außerhalb der Kühlkette gelagert werden. Ebenfalls könnten für medizinische Anwendungen Fouling-sensitive, protein- oder mineralstoffreiche Trink- und Sondennahrung zukünftig über Mikrowellenerhitzung thermisch behandelt werden.

Im Jahr 2019 lag die Produktion für Dauermilcherzeugnisse bei ca. 1,3 Mio. Tonnen. Die produzierte Menge an Magermilchpulver betrug 2019 ca. 0,4 Mio. Tonnen (MIV-Geschäftsbericht 2019/20). Für die Produktion pulverförmiger Produkte wird zunächst Konzentrat erzeugt, das bei hohen Keimgehalten nicht lange zwischengelagert werden kann. Durch Erhitzen der Konzentrate wird die mikrobiologische Qualität verbessert, diese können somit einerseits länger zwischengelagert werden, über größere Distanzen transportiert und vermarktet werden (vgl. AiF 10317 N, 1997). Andererseits sollten daraus hergestellte Pulver zuverlässig eine geringere mikrobielle Belastung aufweisen. Dies würde im Bereich hochsensibler Produkte, wie beispielsweise der Säuglingsnahrung, einen deutlichen Wettbewerbsvorteil liefern. Darüber hinaus profitieren von den Projektergebnissen der Maschinen- und Anlagenbau sowie Ingenieurbüros, da Mikrowellensysteme individuell gebaut, in vorhandene Erhitzungssysteme integriert und eingesetzt werden.

### **Publikationen (Auswahl)**

1. FEI-Schlussbericht 2020.
2. Graf, B., Kohler, E., Rosenberger, M., Schäfer, J. & Hinrichs, J.: Shelf-stable milk produced by microfiltration and microwave heating: Effects of processing and storage. *J. Food Eng.* 311, 110734 (2021).
3. Graf, B., Hehnke, S., Neuwirth, M. & Hinrichs, J.: Continuous microwave heating to inactivate thermophilic spores in heating-sensitive skim milk concentrate. *Intern. Dair. J.* 113, 104894 (2021).
4. Graf, B. & Hinrichs, J.: Continuous heating of fouling sensitive food products – microwave technology as new approach? AMPERE 2021, 18th Intern. Conf. Microwave High-Frequ. Appl., Gothenburg, Sweden, 13.-16.09.2021, AMPERE Europe asc. (2021).
5. Graf, B., Kapfer, T., Ostertag, F. & Hinrichs, J.: New experimental set-up for testing microwave technology to continuously heat fouling-sensitive food products like milk concentrates. *Inn. Food Sci. Emerg. Technol.* 65, 102453 (2020).
6. Graf, B. & Hinrichs, J.: Kontinuierliche Mikrowellenerhitzung von Milch und Milchkonzentraten. *Molk. Ind.* 2, 32-35 (2019).

### **Weiteres Informationsmaterial**

Universität Hohenheim  
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie  
FG Milchwissenschaft und -technologie  
Garbenstraße 21, 70599 Stuttgart  
Tel.: +49 711 459-23792  
Fax: +49 711 459-23617  
E-Mail: [j.hinrichs@uni-hohenheim.de](mailto:j.hinrichs@uni-hohenheim.de)

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)  
Godesberger Allee 125, 53175 Bonn  
Tel.: +49 228 3079699-0  
Fax: +49 228 3079699-9  
E-Mail: [fei@fei-bonn.de](mailto:fei@fei-bonn.de)

### **Förderhinweis**

#### **... ein Projekt der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)**

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Das o. g. IGF-Vorhaben der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Godesberger Allee 125, 53175 Bonn, wird/wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.