

## Beeinflussung rheologisch relevanter Charakteristika von Weizenteigen durch Sauerstoffanreicherung zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit

<b>Koordinierung:</b>	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
<b>Forschungsstelle I:</b>	Universität Erlangen-Nürnberg Lehrstuhl für Strömungsmechanik Prof. Dr. A. Delgado/Dipl.-Ing. F. Groß
<b>Forschungsstelle II:</b>	Verein zur Förderung des Technologietransfers an der Hochschule Bremerhaven e. V. BILB-EIBT Prof. Dr. K. Lösche/Dipl.-Ing. J. Börsmann
<b>Industriegruppen:</b>	Verband Deutscher Großbäckereien e.V., Düsseldorf VDMA Fachverband Nahrungsmittel- und Verpackungsmaschinen e.V., Frankfurt
	Projektkoordinator: M. Molitor, Bremer Rolandmühle Erling GmbH & Co. KG
<b>Laufzeit:</b>	2010 – 2012
<b>Zuwendungssumme:</b>	€ 421.850,-- (Förderung durch BMWi via AiF)

### Ausgangssituation:

Zahlen zum Pro-Kopf-Verbrauch an Brötchen aus Weizenteig belegen deutlich die Bedeutung der Bäckereibranche und insbesondere dieser Produktgruppe. Die notwendigen hohen Durchsatzraten bedingen eine störungsfreie Verarbeitung der Teige. Eine wesentliche Rolle spielt hierfür die sogenannte gute „Maschinengängigkeit“ der Teige, die sowohl von der Klebrigkeit und Oberflächenfeuchtigkeit als auch von den elastischen Eigenschaften abhängt. Eine hohe Oberflächenfeuchtigkeit und Klebrigkeit führen oft und insbesondere auf Teigformbandlinien, Teigextrudern etc. zu unerwünschten Anhaftungen an Walzen oder Bändern mit der Folge von Produktionsunterbrechungen. Der klassische Steuermechanismus der Reduzierung der Teigausbeute führt neben den gewünschten Effekten auch zu Nachteilen, wie geringes Volumen, eine dichte Porenstruktur und eine unzureichende Aroma- und Geschmacksausprägung.

Ziel des Forschungsvorhabens war die Verbesserung der Verarbeitbarkeit von Weizenteigen durch Beeinflussung rheologisch relevanter

Charakteristika bei der hochdosierten Anreicherung der Teige mit Sauerstoff.

### Forschungsergebnis:

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden Weizenteige verschiedener Rezeptur, die mit sauerstoffangereichertem Wasser hergestellt, hinsichtlich ihrer rheologischen Eigenschaften untersucht. So sollten gezielt rheologische Veränderungen herbeigeführt und zur verbesserten Verarbeitung der Teige während des Auswalzens genutzt werden (optimierte Nutzung der Rohstoffe, Minimierung des Energieeintrags, Minimierung der Zeitdauer und Erhöhung des Abwalzgrades). Die Problemstellung des Vorhabens ging von einer hohen Bedeutung der Teig rheologie für die Verarbeitung von Weizenteigen aus. Aufgrund von Rückverformungen durch mechanische Beanspruchung des Teiges kommt es zusätzlich zu elastischen Teigdeformationen und somit zu einer nachteiligen Maschinengängigkeit und unterschiedlichen Qualitäten der fertigen Backwaren. Es ist für den Ablauf der Produktion und für die gleichbleibende Qualität von

großer Wichtigkeit, Kenntnis über die verschiedenen Eigenschaften der unterschiedlichen Rezepturen zu haben.

Umfassende rheologische Untersuchungen (u.a. Rheometer, Mikrozugversuch, Extensograph) zeigten deutlich, dass Teigzusätze und -komponenten, wie Sauerstoff, die Rheologie und auch die Verarbeitbarkeit eines Teiges nicht eindeutig entsprechend ihrer Dosierung in eine Richtung beeinflussen. Nicht die Dosierung einer Komponente (z.B. Sauerstoff) ist entscheidend, sondern das Zusammenspiel von Sauerstoff, Ascorbinsäure und anderen Komponenten, wie z.B. Kochsalz, beeinflusst die Teigrheologie. Aber auch andere Rezepturkomponenten treten mit Sauerstoff in Wechselwirkung. So trägt der Zusatz von Sauerstoff, z.B. in Blätterteigen, zu verbesserten Auswalzeigenschaften bei (Teig ist beim Auswalzen belastbarer, zeigt glattere Oberflächen etc.), während in Hefeteigen dieses Phänomen deutlich geringere Auswirkungen zeigt. Neben diesen Beobachtungen konnte eine Abhängigkeit des Einflusses von Sauerstoff auf die Teigrheologie von der Mehl- bzw. Kleberqualität festgestellt werden. Generell waren Weizenteige aus Brema-Handelsmehl, welche mit Leitungswasser und sauerstoffangereichertem Wasser hergestellt wurden, im Vergleich zu Teigen aus Keksmehl oder Überseemehl weniger klebrig und somit besser zu verarbeiten. Sie wiesen außerdem eine glattere Oberfläche auf, welche beim Ausrollvorgang frei von Rissen blieb. Weizenteig aus Keksmehl, der mit sauerstoffangereichertem Wasser hergestellt wurde, zeigte eine höhere Viskosität und eine bessere Verarbeitbarkeit. Elastische und plastische Teigeigenschaften verringerten sich während einer Teigruhe nach einem Ausrollvorgang. Eine rheologische Charakterisierung von Hefeteigen bzw. stark gasdurchsetzten Teigen ist problematisch und erfordert eine Anpassung der Probenvorbereitung und der rheologischen Charakterisierungsmethoden. Der Einfluss von Sauerstoff auf die rheologischen Eigenschaften konnte auch bei Hefeteigen nachgewiesen werden. Die Vermutung, dass Hefe den Sauerstoff verstoffwechselt und damit die Wirkung des Sauerstoffs auf die teigrheologischen Eigenschaften behindert, konnte nicht bestätigt werden.

Für die numerischen Modelle zur Vorhersage der Rissbildungswahrscheinlichkeit an der Oberfläche wurden Simulationen mit der Software ANSYS POLYFLOW sowohl zwei-

als auch drei-dimensional durchgeführt. Zweidimensionale Simulationen zeigen Geschwindigkeitsfelder innerhalb des durch die Walzen belasteten Teiges um etwa 1 m/s. 3D-Simulationen zeigten unter Verwendung eines modifizierten HERSCHEL-BULKLEY-Modells (Materialgesetz) die Ausbildung einer kleinen Anstauung bei dem Einlassabschnitt (vor den Walzen) und einer weiteren in dem Auslassbereich (nach den Walzen). Bisher beträgt die so realisierbare Simulationsdauer nur wenige Sekunden, bis diese Anstauung durch die Software nicht mehr gehandhabt werden können.

Mit Hilfe einer Online-Bildanalyse wurde der Zustand der Teigoberflächen anhand möglicher Rissbildung bzw. Oberflächenunebenheit nach dem Auswalzen bewertet. Unabhängig von der Teigrezeptur konnte so während des Prozesses direkt eine Oberflächenanalyse und -klassifizierung (von „glatter Oberfläche“ hin zu „stark rissiger bzw. unebener Oberfläche“) entwickelt und etabliert werden.

Drehmomentmessungen am Antriebsmotor des Auswalzgeräts ergaben zwar keine signifikanten Unterschiede im Drehmoment für verschiedene ausgewalzte Teige. Im Rahmen der Arbeiten konnten jedoch, basierend auf den Messungen, verschiedene Programme des Abwalzens direkt im Prozess getestet und weiterentwickelt bzw. hinsichtlich eines deutlich beschleunigten und gleichzeitig schonenden Abwalzens optimiert werden.

Zusätzlich wurde ein Fuzzy-System zur Prozessregelung des Auswalzvorgangs in zwei Stufen entwickelt und implementiert. Eines nutzt als Eingangsdaten offline-erfasste rheologische Messungen und online-basierte Kameramessungen, das zweite wurde entwickelt, um allein basierend auf online erfassbaren Messdaten (Kamera- und eventuell auch Drehmomentmessungen) eine entsprechende Prozesssteuerung zu ermöglichen. So wurde ein fuzzy-basiertes Abwalzsystem(-programm) entwickelt, welches zwischen einem schnellen bzw. harschen und einem langsamen, sanften Auswalzprogramm regelt und die Teige in diesem Orientierungsrahmen möglichst schnell abwalzt, ohne die Teigqualität zu gefährden.

#### Wirtschaftliche Bedeutung:

Die Backwarenindustrie in Deutschland ist mittelständisch geprägt: Neben den 16.500 handwerklichen Bäckereien bestimmen ca. 60 mittelgroße industrielle Bäckereien und nur 4

große Betriebe die Brotherstellung. Insgesamt sind ca. 135.000 Beschäftigte im Backgewerbe tätig; der Jahresumsatz der Branche beträgt ca. 15 Mrd. €.

Die Zahl der Handwerksbäckereien sinkt seit 2005 deutlich, während die Zahl von Bake-Off-Stationen in Supermärkten und Selbstbedienungsbäckereien im Niedrigpreissegment zunimmt. Die ca. 40 Hersteller von Backgrundstoffen für das Backgewerbe beschäftigen ca. 8.000 Mitarbeiter und erwirtschaften einen Jahresumsatz von ca. 1,5 Mrd. €.

Von einer erfolgreichen Umsetzung der Forschungsergebnisse werden insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) profitieren, da ihre Wettbewerbsfähigkeit durch die möglichen Kosteneinsparungen erhöht werden kann. Dies begründet sich in der Auswahl der Anlagen in diesem Vorhaben, die auch in der Regel in KMU genutzt werden. Zudem können die Forschungsergebnisse, z.B. zur Teigcharakterisierung oder zur Vermeidung der Oberflächenrissbildung, auch nahezu unabhängig voneinander genutzt werden.

Im Rahmen des Projektes wurden nicht nur die nötigen Grundlagen und erkenntnisorientierte Fragestellungen aufgegriffen, die so nur im Rahmen eines Gemeinschaftsforschungsprojektes effektiv bearbeitet werden können, es wurden auch schon während der Projektlaufzeit vorwettbewerbliche Schritte und Strategien eingeschlagen, die im Anschluss an das Vorhaben einen effektiven Transfer in die Wirtschaft ermöglichen.

Nach Ende des Vorhabens steht eine Laboranlage als Funktionsmuster zur Verfügung, welche interessierten Unternehmen die Grundlagen für eine Umsetzung der Forschungsergebnisse verdeutlicht. Wesentliche Merkmale einer direkten industriellen Nutzung, wie Robustheit von Hard- und Software, Online-Fähigkeit, Bedienungsfreundlichkeit und Betriebssicherheit blieben in diesem Vorhaben allerdings außer Betracht.

#### Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht (2012).

2. Mahadevappa, J., Groß, F., Börsmann, J., von Barga, M., Benning, R., Lösche, K. und Delgado, A.: Development and implementation of a fuzzy system for process control of the sheeting process of wheat dough. Proc. 21. Facht. Lasermethoden in der Strömungsmesstechnik, 2013, München, (Egbers C., Ruck B., Leder A., Dopheide D. eds.), ISBN 978-3-9805613-9-6, 63-64 (2013).
3. Börsmann, J., Groß, F., von Barga, M., Delgado, A. und Lösche, K.: Beeinflussung reologisch relevanter Charakteristika von Weizenteigen durch Sauerstoffanreicherung zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit. Cer. Technol. 1, 16-28 (2013).
4. Turda, A., Mahadevappa, J., Groß, F., Schick, J., von Barga, M., Benning, R., Lösche, K., Delgado, A.: Detektion und Klassifizierung von Oberflächenrissen während des Ausrollprozesses viskoelastischer Weizenteige durch online-fähige Bildverarbeitung. Proc. 20. Fachtg. Lasermethoden in der Strömungsmesstechnik, 2012, Rostock (Egbers, C., Ruck, B., Leder, A., Dopheide, D. eds.) ISBN 978-3-9805613-8-9, 48-1 - 48-8 (2012).

#### Weiteres Informationsmaterial:

Universität Erlangen-Nürnberg  
Lehrstuhl für Strömungsmechanik  
Cauerstraße 4, 91058 Erlangen  
Tel.: +49 9131 85-29500  
Fax: +49 9131 85-29503  
E-Mail: antonio.delgado@lstm.uni-erlangen.de

Verein zur Förderung des Technologietransfers  
an der Hochschule Bremerhaven e. V.  
BILB-EIBT  
Am Lunedeich 12, 27572 Bremerhaven  
Tel.: +49 471 97297-12  
Fax: +49 471 97297-22  
E-Mail: loesche@ttz-bremerhaven.de

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)  
Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn  
Tel.: +49 228 3079699-0  
Fax: +49 228 3079699-9  
E-Mail: fei@fei-bonn.de

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

gefördert durch/via:

