

Analyse von Porenanteil und Dichte in getreidebasierten Teigen zur Bewertung der Produktqualität

Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle:	Technische Universität München Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie, Freising Prof. Dr. Thomas Becker/Dr. Mohammed Hussein
Industriegruppe:	Verband Deutscher Großbäckereien e. V., Düsseldorf
	Projektkoordinator: Norbert Lötzer, Harry-Brot GmbH, Schenefeld
Laufzeit:	2012 – 2014
Zuwendungssumme:	€ 249.750,-- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

Ausgangssituation:

Der Dichte und Porosität von Backwaren kommt eine immense Bedeutung bei der Bewertung der Backwarenqualität zu. So ist ihre Beschaffenheit grundlegend für die Entfaltung von Geruch und Aroma der Brotkrume, aber auch deren Textur und Haptik. Der Grundstein für die spätere Krumenbeschaffenheit wird bereits während des Knetens gelegt. Anzahl und Größenverteilung von im Teig enthaltenen Gasbläschen beeinflussen die Porosität der Krume. Zudem sind das Wissen um die Porung des Teiges und deren Beeinflussung wertvolle Werkzeuge bei der Portionierung und somit für die Herstellung von Backwaren – sei es im handwerklichen Batch-Prozess oder in der kontinuierlichen industriellen Herstellung.

Die tatsächliche Dichte des Teiges durch den Eintrag von Luft und durch die Hefeaktivität kann variieren, so dass das Masse-Volumenverhältnis des Teiglings und damit die Schaumstruktur des Teiglings und das Schaumvolumen verändert sind, was zu einer scheinbaren Veränderung der Dichte des Teiglings führt und daraus abgeleitet zu einer Variation im Porenanteil. Als Folge kommt es mitunter durch die unterschiedlichen Dichten bzw. durch einen veränderten Gasanteil zu Gewichtsschwankungen von bis zu 10 g pro Teigling (ca. 18 % bei Brötchen) bei der Portionierung, woraus sich erhebliche wirtschaftliche Nachteile durch Ausschussprodukti-

on ergeben können. Hierbei erfolgt die Teigteilung durch eine nachfolgende Kontrollmessung. Mit jeder Veränderung der Dichte und damit des Gasanteils wird die Bestimmung massegenauer Portionen erschwert. Volumetrisch arbeitende Systeme sind nicht in der Lage, die systemimmanenten Dichteschwankungen im Teig zu erfassen.

Ziel des Forschungsvorhabens war die Entwicklung und Validierung einer Methode zur Ermittlung von Dichte und scheinbarer Dichte an bewegten Teigen und zwar sowohl kontinuierlich hergestellter Teige als auch solcher Teige, die eine kontinuierliche Weiterverarbeitung erfahren. Wichtigste Einflussgröße auf die Teigdichte ist hierbei die Gasvolumenfraktion des Teiges. So sollte die Dichte des Teiges mittels Ultraschallmesstechnik im Batch-Betrieb und letztendlich im kontinuierlichen Betrieb quantifiziert werden.

Forschungsergebnis:

Im Rahmen des Vorhabens wurde eine Messmethode basierend auf Ultraschall etabliert, die in der Lage ist, sowohl im Batch-Betrieb als auch im kontinuierlichen Betrieb die Dichte von Weizenteig zu bestimmen. Die Technik wurde an Teigen verschiedener Dichte validiert, um die Bandbreite der Einflussfaktoren auf das Ultraschallsignal zu maximieren. Daher ist die neue Messtechnik auch umgekehrt in der Lage, eine

große Bandbreite an Teigdichtemustern zu erkennen und darauf basierend die Dichte zu berechnen. Dichteänderungen am Teig wurden durch Variation der Knetzeit, Knetgeschwindigkeit, Teigendtemperatur, Hefemenge, Fettmenge, Schüttwassermenge und Dauer der Gare realisiert. Ob auch tatsächlich Dichteänderungen auftraten und wie hoch die tatsächliche Dichte oder auch Porosität der jeweils mittels Ultraschall vermessenen Teiglinge war, wurde wahlweise z.B. mittels Archimedischer Verdrängungsmethode validiert. Weitere Methoden zur Validierung waren die konfokale Lasermikroskopie, die Histologie von Teigschichten und das Vermessen mittels Mikrocomputertomographie.

Die Daten, die zur Berechnung der Dichte notwendig sind, wenn diese mittels Ultraschall gemessen wurde, sind zum einen die Eigenschaften des reflektierten Ultraschallsignals (Zero-Crossing-Rate, Temporal-Crest-Factor, Spectral-Decrease und Spectral-Crest-Factor) und zum anderen die Teiglingsmasse auf dem Förderband. Diese Daten werden zur Auswertung und zur Erstellung eines Korrelationsmodells basierend auf einem Künstlichen Neuronalen Netzwerk benötigt, aus welchem letztendlich die mittels Ultraschall gemessene Dichte errechnet wird. Dichtebestimmungen in der Backbranche erfolgen bisher entweder nicht oder nur gravimetrisch. Die gravimetrischen Methoden weisen einen Fehler von bis zu 18 % auf. Die etablierte Ultraschallmesstechnik weist einen maximalen Fehler von 2,19 % auf. Eine dem Teigförderprozess nachgeschaltete Teigteileranlage kann mithilfe diese Werte akkurater arbeiten und folglich Verluste minimieren. Im Zuge der Erprobung unterschiedlicher Kontaktmittel zwischen Teigling und Förderband erwiesen sich Wasser und Öl als geeignet, wobei der relative Fehler in Ultraschallmessungen mit Wasser etwas geringer als bei Öl ist. Wasser sollte bei Teiglingen zum Einsatz kommen, in denen nur ein geringer Anteil an Öl in der Rezeptur enthalten ist, wohingegen Öl bei Teiglingen verwendet werden kann, die durch ihre Rezeptur viel Öl enthalten (z.B. Blätterteig). Weiterhin besteht die Möglichkeit, den Ultraschallsensor zu Dichteüberwachungszwecken während der Gare zu verwenden, da auch Teiglinge mit hohem Gasanteil bis zu einer bestimmten Grenze mit geringem Fehler in der Messung untersucht werden können.

Wirtschaftliche Bedeutung:

Die deutsche Backwarenindustrie ist bei einem Umsatz von etwa 15 Mrd. € vorwiegend durch

handwerkliche und mittelständische Bäckereien geprägt. Daneben existieren 9 Großbetriebe mit einem Umsatz von jeweils mehr als 100 Mio. € pro Jahr.

Eine Messmethode sowohl für den Batchbetrieb als auch für kontinuierlich hergestellte Teige ist für die gesamte Backbranche von Vorteil, da sich hierdurch immense technologische Vorteile bieten und für alle Prozessschritte der Teigherstellung und -bearbeitung, offline und online, gültig und anwendbar ist.

Die Ergebnisse zeigen, dass es möglich ist, die Dichte sowohl von ruhendem als auch von nichtruhendem Weizenteig präzise zu erfassen. Hierzu wurde eine nichtinvasive Dichtemessmethode auf der Basis von Ultraschall erarbeitet, die in der Lebensmittel-, Mess-, Regel- und Automatisierungstechnik eingesetzt werden kann. Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus können die Technik umgehend in neue oder bereits bestehende Anlagen integrieren. Da die für den Ultraschallsensor benötigten Bauteile frei am Markt verfügbar sind und zudem erschwinglich sind, ist der Anreiz auch für kleine und mittlere Unternehmen gegeben, diese Technik in ihr Portfolio mit aufzunehmen. Weiterhin sind der programmiertechnische Aufwand zur Auswertung des Ultraschallsignals und die Umwandlung in einen Teigdichtewert unkompliziert und zügig realisierbar.

Auf Seiten der teigverarbeitenden Branche liegt der Vorteil darin, durch eine genauere Dichtebestimmung Fehlproduktionen frühzeitig zu erkennen und Ausschuss zu vermeiden. Die Integration der Technik in verschiedene Stadien der Teigverarbeitung bietet die Möglichkeit zur Prozesskontrolle und ggf. auch zur Prozessregelung. Bei der kontinuierlichen Herstellung von Teig können die Ultraschallmesstechnik und deren ermittelte Weizenteigdichte nicht nur als Kontrollinstanz dienen, sondern auch als Stellgröße zur Ansteuerung eines nachgeschalteten Teigteilers. Daraus erwachsen die Vorteile einer besseren und einer über die Produktionsmenge gleichmäßiger verteilten Teiglingsmasse. Dies führt in der Praxis zu weniger Ausschuss oder Rework von Teig. Den produzierenden Unternehmen wird ein Werkzeug an die Hand gegeben, mit dem sie ihre bisherige wettbewerbliche Position festigen oder ausbauen können. Der Einsatz der Messmethode ließe sich nach Anpassung des Algorithmus für vergleichbare Materialien (d. h. viskoelastische Materialien mit oder ohne Poren) und damit in weiteren Wirtschaftsbranchen einsetzen (z. B. in der Süßwa-

renindustrie oder in Betrieben aus dem Bereich der Milchverarbeitung).

Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht 2014.
2. Chen, X., Hussein, M., Geier, D. und Becker, T.: Innovation bei der Teigbereitung: Dichtemessung auf Ultraschall-Basis. Brot Backw. 2, 52-55 (2016).
3. Chen, X., Hussein, M., Geier, D. und Becker, T.: Innovation in dough preparation: Ultrasound-based density measurement. Baking Bisc. 1, 50-52, (2016).
4. Elfawakhry, H., Hussein, M.A. und Becker, T.: Investigations on the evaluation of rheological properties of cereal based viscoelastic fluids using ultrasound. J. food eng. 116, 404-412 (2013).
5. Hoche, S., Hussein, M.A. und Becker, T.: Ultrasound-based density determination via buffer rod techniques: a review. J. Sens. Syst. 2, 103-125 (2013).
6. Elfawakhry, H., Hussein, M.A. und Becker, T.: Possibility of Using Acoustic Techniques for Dough Processing Evaluation. Proc. Food Sci. 1, 2023-2032 (2012).

Weiteres Informationsmaterial:

Technische Universität München
Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW
Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie
Weihenstephaner Steig 20, 85354 Freising
Tel.: +49 8161 71-3262
Fax: +49 8161 71-3883
E-Mail: tbecker@wzw.tum.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



Das o. g. IGF-Vorhaben der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Godesberger Allee 142-148, 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.