

## Qualitätsbewertung von Hartweizen, Hartweizengrieß und Hartweizenprodukten durch die Auswertung digitaler Bilder

<b>Koordinierung:</b>	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
<b>Forschungsstelle I:</b> (bis 30.6.2009)	Universität Hohenheim Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie FG Prozessanalytik und Getreidetechnologie Prof. Dr. T. Becker/Dr. M. Mitzscherling
<b>Forschungsstelle II:</b> (ab 1.7.2009)	Technische Universität München Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie Prof. Dr. T. Becker/Dr. M. Hussein
<b>Industriegruppen:</b>	Verband der Teigwarenhersteller und Hartweizenmühlen Deutschlands e.V., Berlin VDMA Fachverband Nahrungsmittel- und Verpackungsmaschinen, Frankfurt
	Projektkoordinator: Dr. R. Hüppe, Birkel Teigwaren GmbH, Mannheim
<b>Laufzeit:</b>	2008 – 2011
<b>Zuwendungssumme:</b>	€ 175.600,-- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

### Ausgangssituation:

Die Farbe eines Lebensmittels ist ein wichtiger Qualitätsparameter, der über Kauf oder Ablehnung eines Produktes entscheidet, da sie den ersten erfassten Sinneseindruck darstellt. Darüber hinaus wurde schon oft gezeigt, dass die Farbe eines Produktes mit dessen chemischen, physikalischen und sensorischen Qualitätseigenschaften korreliert. Betrachtet man Hartweizenprodukte (*Triticum durum*), so werden neben den Gluteneigenschaften primär optische Attribute, wie Gelbfärbung, Schwarzfleckigkeit (hervorgerufen durch Pilzbefall) und die Glasigkeit der Körner, als Qualitätsbewertungsparameter herangezogen. Zusätzlich werden Verklebungen oder Oberflächenrisse aufgrund unausgewogener Trocknung als Zeichen schlechter Nudelqualität angesehen.

Die Qualitätsbestimmung von Hartweizenprodukten ist traditionell schwierig, da sie hauptsächlich auf optischen Parametern beruht, die durch speziell geschulte Arbeitskräfte visuell erfasst werden. Diese Methoden sind jedoch zeit-

aufwändig, ungenau und oftmals schlecht reproduzierbar.

Bildverarbeitungstechniken können diese manuellen Methoden durch die Entwicklung einer schnellen, genauen und reproduzierbaren Qualitätsbewertungsmethodik für die Farb- und Oberflächencharakteristika von Durumerzeugnissen ersetzen.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, ein Messsystem zu entwickeln, das mit Hilfe einer digitalen Industriekamera und einer digitalen Verarbeitung von Farbbildern mittels multivariater Methoden die Gelbfärbung, Dunkelfleckigkeit, Stippigkeit und Glasigkeit von Durumweizenkörnern bzw. -grieß sowie die Produktqualität von Teigwaren bestimmt.

### Forschungsergebnis:

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde zunächst ein Bilderfassungssystem zur Erstellung digitaler Bilder konstruiert, die zur Quali-

tätsbewertung von Durumprodukten herangezogen werden können. Diese Bilder wurden mit Hilfe eines Neuralen-Netzwerk-Modells kalibriert und die Bildinformationen aus dem RGB- (aus der Kamera) in das L\*a\*b\*-Farbsystem (geräte-unabhängige Größe) konvertiert.

Die mit Hilfe des Bilderfassungssystems aufgenommenen und kalibrierten L\*a\*b\*-Farbwerte wurden zur Generierung von Farbhistogrammen benutzt. Diese wurden als Entscheidungsträger in Neurale-Netzwerk-Modelle implementiert, um die Eigenschaften unterschiedlicher Durumerzeugnisse zu identifizieren und eine Qualitätsbewertung vorzunehmen.

Zur Bestimmung der optischen Qualitätsparameter von Durumkörnern wurde zunächst ein Datenpool mit sortierten Durumkörnern erstellt. Die Farbkomponenten der klassifizierten Körner wurden zur Bestimmung der dominierenden Farbeigenschaften der einzelnen Körnertypen (glasig, mehlig, schwarzfleckig) herangezogen.

Ausgehend von Durumkörnern wurde das entwickelte Messsystem zur Bestimmung der Glasigkeit und der Menge an schwarzen Flecken genutzt. Die Histogrammschwellenwertstechnik wurde zur Separation der Körner vom Bildhintergrund eingesetzt. Um die visuellen Charakteristika der einzelnen Kornfehler zu erfassen, wurden die Pixelfarbwerte der Digitalbilder evaluiert. Der absolute Fehler bei der Bestimmung schwarzer Flecken lag bei etwa 0,43 %. Dieser geringe Fehler wurde durch Verwendung vorsortierter fleckenfreier Körner berechnet und die Analysen bestätigten im Durchschnitt diese marginale Abweichung. Bei der Bestimmung glasiger Kornanteile lag die ebenfalls geringe Abweichung in der Berechnung der glasigen Fläche bei etwa 0,22 %.

Zur Untersuchung von Durumgrieß wurde ebenfalls die Gelbfärbung ausgelöst durch den  $\beta$ -Carotiningehalt der Proben mit einem geringen Fehler von unter 5 % (bei einer Farbabweichung von  $\Delta E_b = 0.72$ ) bestimmt. Zusätzlich wurde der  $\beta$ -Carotiningehalt von Grieß anstatt mit der traditionellen Extraktionsmethode mit Hilfe eines „partial-least-squares“-Regressionsmodells (PLS) numerisch vorhergesagt. Die numerisch ermittelten  $\beta$ -Carotinwerte korrelierten stark mit gemessenen Werten der jeweiligen Proben ( $r = 0.94$ ) mit einer mittleren Abweichung des berechneten und per Extraktion gemessenen  $\beta$ -Carotiningehalts von etwa 6,9 %.

Abschließend wurde das Messsystem dahingehend verbessert, dass es zur Bestimmung von verklebten und gebrochenen Nudeln eingesetzt werden kann. Diese Analyse beruht auf der Berechnung bestimmter Evaluationsparameter, wie Fläche, Umfang, Längenverhältnis und Kompaktheit der getesteten Nudelproben. Entsprechend dieser Parameter konnten Verklebungen mit einem Fehler von etwa 1 % erfasst werden. Ebenso konnten Bruchstücke mit einem Fehler von 5 % bestimmt werden.

Diese Qualitätsevaluationsalgorithmen wurden in einer benutzerfreundlichen Bildverarbeitungssoftware zur Durchführung der Farbkalibration und Analyse aller betrachteten Durumerzeugnisse (Körner, Grieß und Nudeln) zusammengefasst. Diese Software liefert farbige Umrissskizzen und Analyseberichte, die eine benutzerfreundliche Nachbearbeitung der erhaltenen Ergebnisse ermöglichen.

#### **Wirtschaftliche Bedeutung:**

Die deutsche Teigwarenindustrie ist mittelständisch geprägt: 60 Betriebe erwirtschaften jährlich einen Umsatz in Höhe von ca. 700 Mio €.

Das im Rahmen des Forschungsvorhabens entwickelte Bilderfassungssystem mit hoher Bilderstellungsrate liefert diesen Betrieben eine Methodik mit hinreichender Genauigkeit, um in Produktionslinien zur Online-Qualitätsbewertung von hergestellten Teigwaren integriert oder für die Klassifizierung von Rohwaren (Gelbpigmentbestimmung von Grieß, Durumkornqualität) genutzt werden zu können. Gerade für kleine und mittelständische Unternehmen kann das entwickelte Messsystem sehr interessant sein, da es in einem weiten Einsatzbereich sowohl für Hartweizenrohstoffe als auch Erzeugnisse benutzt werden kann und somit zur Steigerung der Produktqualität und zur Senkung von Produktionskosten durch Vermeidung von Fehlproduktionen beitragen kann.

#### **Publikationen (Auswahl):**

1. FEI-Schlussbericht 2011.
2. Makhtar, A., Hussein, M.A. und Becker T.: Monitoring pasta roduction line using automated imaging technique. Proc. Food Sci. 1, 1173-1180 (2011).
3. Hecker, F., Hussein, M.A. und Becker, T.: Der virtuelle Anlagenführer. 24. Durum- u.

Teigwaren-Tagung, Detmold, 28.04.2010  
(2010).

**Weiteres Informationsmaterial:**

Technische Universität München  
Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW  
Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie  
Weihenstephaner Steig 20, 85354 Freising  
Tel.: +49 8161 71-0  
Fax: +49 8161 71-3883  
E-Mail: thomas.becker@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:

