

## Neuartige Auswertemethoden und optimierte Backversuche zur Beschreibung der Backqualität von Mehlen aus modernen Weizensorten

<b>Koordinierung:</b>	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
<b>Forschungsstelle I:</b>	Technische Universität München Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie, Freising Prof. Dr. Thomas Becker/Dr. Mario Jekle
<b>Forschungsstelle II:</b>	Max-Rubner-Institut (MRI) Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide, Detmold Prof. Dr. Norbert Haase/Dr. Elisabeth Scieurba
<b>Forschungsstelle III:</b>	Hans-Dieter-Belitz-Institut für Mehl- und Eiweißforschung e.V. (hdbi), Freising Prof. Dr. Dr. Peter Schieberle/Prof. Dr. Peter. Köhler
<b>Industriegruppen:</b>	Verband Deutscher Großbäckereien e.V., Düsseldorf Weihenstephaner Institut für Getreideforschung (WIG) e.V., Freising Verein der Förderer des Hans-Dieter-Belitz-Instituts für Mehl- und Eiweißforschung e.V. (hdbi), Freising Der Backzutatenverband e. V., Berlin Verband Deutscher Mühlen e.V. (VDM), Berlin Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e.V. (AGF), Detmold
	Projektkoordinator: Ludwig Fischer GoodMills Deutschland GmbH, Ergolding
<b>Laufzeit:</b>	2013 - 2016
<b>Zuwendungssumme:</b>	€ 691.050,-- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

### Ausgangssituation:

Die Vorhersage der Backqualität von Weizenmehlen ist für die Ermittlung einer darauf bezogenen Preisberechnung für Weizen auf allen Stufen seiner Herstellung und Verwertung, ausgehend vom Züchter bis zum Bäcker, eine wesentliche Voraussetzung. Die Backqualität kann am sichersten mit standardisierten Backversuchen bestimmt werden. Solche Backversuche sind allerdings zeit- und arbeitsaufwändig und werden deshalb in der Praxis nicht routinemäßig angewandt. Der so genannte Rapid-Mix-Test (RMT) ist der für die Bestimmung der Backqualität am häufigsten eingesetzte standardisierte Backversuch.

Neben standardisierten Backversuchen gibt es viele physikalisch- und chemisch-analytische Methoden zur Charakterisierung von Weizenkorn und Weizenmehlen, deren Ergebnisse mit den charakteristischen Merkmalen von Backversuchen, u. a. dem Backvolumen, in unterschiedlichem Ausmaß korrelieren. Der Vorteil dieser Methoden gegenüber einem Backversuch besteht insbesondere darin, dass der Zeit- und Geräteaufwand für ihre Durchführung meistens kleiner ist als für einen Backversuch.

Die Ergebnisse der analytischen Methoden können als Kennzahlen verwendet werden, um die Qualität von Weizen und Weizenmehlen zu beschreiben. Die chemometrische, multivariate Auswertung solcher Kennzahlen hat in der Vergangenheit schon zu hoch signifikanten Korrela-

tionen mit dem Backergebnis, vor allem dem Backvolumen, geführt. Kennzahlen, wie Proteingehalt, Klebergehalt, Gluten- und Gliadinegehalt, Viskositätseigenschaften u. a., werden als indirekte Qualitätsparameter bezeichnet, während Ergebnisse von Backversuchen, wie Backvolumen, Krumenporung und -festigkeit, Gebäckfarbe und Geschmack, direkte Qualitätsparameter sind.

In den letzten Jahren mehren sich in Deutschland jedoch Hinweise aus Praxis und Forschung, dass die Korrelationen zwischen den Ergebnissen des RMT und indirekten Qualitätsparametern, wie Fallzahl, Proteingehalt und Sedimentationswert, bei „neuen“ Weizensorten deutlich schlechter seien als bei den früheren. Dadurch besteht die Gefahr, dass falsche Annahmen über die Backeigenschaften der Rohware getroffen werden und es zu einer nicht angemessenen Verarbeitung und zu Qualitätseinbußen der Backwaren kommt. Ein weiterer Punkt ist, dass Mehle heute nur noch in den wenigsten Fällen aus sortenreinen Weizen vermahlen und in den Verkehr gebracht werden, sondern vielmehr Mehlmischungen mit definierten Eigenschaften für weiterverarbeitende Betriebe bereitgestellt werden. In diesen Mehlmischungen ist die Vorhersage von Endproduktqualitäten deutlich erschwert, so dass sich Fehlindikationen gravierender auswirken als bei Mehlen aus sortenreinen Weizen.

Eine Erklärung für diese Situation wird in den Züchtungserfolgen der letzten Jahrzehnte gesucht, weil diese vermutlich mit inhaltsstofflichen Veränderungen im Weizenkorn einhergegangen sind. Diese könnten einerseits dazu geführt haben, dass die indirekten Methoden nicht mehr die für die Backqualität relevanten Inhaltsstoffe erfassen. Andererseits ist es auch möglich, dass die derzeit verwendete direkte Methode zur Bestimmung der Backqualität, der RMT, nicht mehr in der Lage ist, das backtechnische Potenzial aktueller Weizensorten abzubilden. Daraus können zwei Schlussfolgerungen gezogen werden: (1) Solange für moderne Weizensorten kein geeigneter Standardbackversuch vorliegt, wird die Vorhersage der Backqualität mittels indirekter Qualitätsparameter scheitern, und (2) neue indirekte Qualitätsparameter (z. B. Nahinfrarot (NIR)- und Ultraschall (US)-Fingerprinting), die ggf. mehrere für die Backqualität relevante Inhaltsstoffgruppen sowie die rheologischen Teigeigenschaften gleichzeitig erfassen, werden möglicherweise die Backqualität besser vorhersagen können als bisher etablierte Methoden.

Ziel des Forschungsvorhabens war es vor diesem Hintergrund, eine verlässliche Vorhersage der Backqualität von Weizenmehlen zu erreichen.

#### Forschungsergebnis:

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden neue Methoden zur Erfassung der Korn-, Teig- und Mehlanalytik entwickelt (US, NIR), sowie sämtliche sortenreinen Mehle sowie entsprechende Mehlmischungen mittels indirekter Standardmethoden und direkter Backversuche (RMT, adaptiver Backtest) analysiert. Ziel war es schließlich, eine dimensionslose Kennzahl zu entwickeln, welche die „Backqualität“ entsprechend beschreibt. Hierbei wurden die Teigeigenschaften sowie das Endprodukt berücksichtigt.

Die Qualitätskennzahl zur Definition der Backqualität setzt sich demnach folgendermaßen zusammen: zu 60 % aus dem spezifischen Brotvolumen, zu 15 % aus der Wasserabsorption und zu 25 % aus der Teigstabilität. Die Qualitätskennzahl wurde für drei etablierte/entwickelte Backtests ermittelt: für den adaptiven Backtest (AD), den Rapid-Mix-Test (RMT) sowie für den Mikro-Backtest (MBT). Die Gesamtheit der Analyseergebnisse aus den indirekten Messmethoden zur Beurteilung der Korn-, Teig- und Mehlproben sowie aus den Backtests wurde schließlich unter Berücksichtigung der Qualitätskennzahl herangezogen, um einen hochakkuraten Datenverarbeitungsalgorithmus auf Basis der Partial-Least-Squares (PLS)-Regressionsanalyse zu entwickeln. Hierfür wurden die signifikantesten Parameter anhand der Evaluierung der Regressionskoeffizienzwerte ausgewählt, um die finalen Modelle zu eruieren. Der verwendete Datenverarbeitungsalgorithmus ist in der Lage, die Backqualität von modernen Weizensorten vorherzusagen. Es wurden praxisrelevante Modelle durch den Datenverarbeitungsalgorithmus erstellt. Die Modellgenauigkeit (Bestimmtheitsmaß) der ausgewählten Modelle liegt im Bereich von 0,813 bis 0,907. Basierend auf der Evaluierung der Regressionskoeffizienten der PLS-Modelle wurde nachgewiesen, dass eine hohe Korrelation zwischen den Qualitätskennzahlen und den Parametern der Ultraschall- und NIR-Untersuchungen besteht.

Für den **adaptiven Backtest** ist das Modell „PLS-AD-3-8“ zur Ermittlung der Qualitätskennzahl am geeignetsten, welches ein Bestimmtheitsmaß von 86,8 % (Bestimmtheitsmaß) erzielte. Dafür wurden acht Parameter



benötigt: die Saccharose-SRC-Werte von Weizenmehlen, die Extensograph-Energie nach 45 min, die Extensograph-Dehnbarkeit nach 45 min, die Extensograph-Dehnbarkeit nach 135 min, das Extensograph-Maximum nach 90 min, das Extensograph-Maximum nach 135 min, die Saccharose-SRC-Werte von Weizenschroten und der Proteingehalt.

Zur Ermittlung der Qualitätskennzahl für den **Rapid-Mix-Test** hat das Modell „PLS-RMT-5-10“ mit zehn Variablen die höchste Genauigkeit. Mittels dieses Modells lässt sich die Qualitätskennzahl zu 90,7 % vorhersagen. Die benötigten Modellparameter sind: die Mixolab-Stabilität, die Alveograph-Deformationsenergie, die Extensograph-Energie nach 45 min, die Extensograph-Energie nach 90 min, die Extensograph-Energie nach 135 min, die Teigerweichung, die Osborne-Fraktion-High-Molecular-Weight-Glutenins (OF-HMW), das Gelsäule-Glutenin-Macropolymer (GGMP), die Gelsäule-Low-Molecular-Weight-Glutenins (GLMW) und die Ultraschall-Zero-Crossing-Rate von Teigen.

Zur Ermittlung der Qualitätskennzahl mittels **MBT-Daten** ist das Modell „PLS-MBT-3-4“ mit vier Variablen am exaktesten. Mit diesem Modell lässt sich die Qualitätskennzahl zu 81,3 % ermitteln. Die benötigten Modellparameter sind: die Milchsäure-Werte von Weizenmehlen, der Extensograph-Dehnwiderstand nach 90 min, das Extensograph-Maximum nach 45 min (EM45) und das Extensograph-Maximum nach 135 min.

Das geeignetste Modell zur **schnellen Beurteilung der Backqualität** ist „PLS-RMT-4-4“ und verwendet vier Parameter. Mittels dieses Modells lässt sich die Qualitätskennzahl zu 87,1 % vorhersagen. Die vier Parameter sind: die Mixolab-Stabilität, die Alveograph-Deformationsenergie, die Teigerweichung und die NIR-Kornmessung bei der Wellenlänge im Bereich von 806 - 807 nm.

Ein weiteres Ziel des Forschungsvorhabens war es, einen optimierten Backtest als direkte Methode zur besseren Erfassung der Backqualität zu entwickeln. Durch eine Standardisierung des Knetprozesses (Energieeintrag, Temperaturerhöhung während des Knetens, Knetzeit) wurde keine einheitliche Backqualität (spez. Brotvolumen) erreicht. Auch mit dem Abbacken von Teigen mit gleichen Festigkeiten konnten keine Rückschlüsse auf die Backqualität getroffen werden. Backtests mit angepasster Knetdauer (Anteigen im Farinographen) ergaben bei Verringerung der Knettemperatur eine Erhöhung

der Volumenausbeute. Es zeigte sich ein direkter Zusammenhang zwischen der Schüttwasermenge und der erzielten Volumenausbeute. Durch die starke mechanische Belastung während des Anteigens ergaben sich jedoch deutlich geringere Volumenausbeuten im Vergleich zum RMT.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde ferner ein optimierter Mikrobacktest, der sog. Mikro-Opti-Mix-Test (MOMT), entwickelt, der vor allem für Züchter gut geeignet ist. Um eine zeitunabhängige Knetung bis zum Teigoptimum zu realisieren, wurde zunächst ein geeignetes Knet-Messgerät konstruiert, das reproduzierbare Ergebnisse lieferte und zudem praxistauglich in der Bedienung war. Zudem wurde ein Rührwerk konstruiert, wie es auch bei professionellen Teigknetern mittlerer Baugröße im Bäckereibereich Anwendung findet. Unter Verwendung des neuen Kneters wurde der MOMT entwickelt. Dabei stellte sich heraus, dass die besten Backergebnisse bei 300 U/min erzielt wurden. Ein weiterer Vorteil des neuen Geräts und dem MOMT war die Zeitersparnis. Es ist nun möglich, 12 Teige pro Stunde anzusetzen. Korrelationsberechnungen zeigten, dass der MOMT mit dem RMT vergleichbar war, zusätzlich korrelierten die indirekten Parameter auch sehr gut mit dem MOMT-Volumen. Somit ist es möglich, anstatt des RMT auch die Mikrovariante zu verwenden.

Zur Erarbeitung von Hinweisen auf stoffliche Ursachen der unterschiedlichen Backfähigkeiten der Weizensorten wurde das Gluteninmakropolymer (GMP), ein bedeutender indirekter Parameter für die Backqualität, genauer untersucht. Zum einen wurde eine Methode entwickelt, um das GMP in höchster Reinheit zu isolieren. Zum anderen wurden die Inhaltsstoffe des GMP-Gels detailliert untersucht, vor allem die Proteinfractionen und -typen. Mittels SDS-PAGE wurde gezeigt, dass anhand der Isolierungsmethode die niedermolekularen Proteine, die nicht zu der GMP-Fraktion gehören, vom GMP-Gel abgetrennt wurden. Als nächstes wurden geeignete Methoden entwickelt, um die Struktur des GMP untersuchen zu können. Dies wurde durch einen enzymatischen Verdau und eine anschließende Fraktionierung des Hydrolysats realisiert. Die einzelnen Fraktionen wurden zur Aufklärung der Disulfidstruktur mittels LC-MS/MS untersucht. Es wurde eine neue Disulfidbindung aufgeklärt. Die erzielten Ergebnisse ermöglichen, die Backqualität in Zukunft genauer und zielgerichteter vorhersagen zu können.

### Wirtschaftliche Bedeutung:

In Anbetracht der Tatsache weltweit steigender Getreidepreise ist es von zunehmender wirtschaftlicher Bedeutung, dass Züchter, Anbauer, Müller wie auch Backwarenhersteller die Qualität von Weizen schnell und unkompliziert klassifizieren können. Auf allen Stufen der Getreidewertschöpfung, insbesondere auf der Ebene des Erfassungshandels (Händler, Mühlen), besteht während der Ernte großer Zeitdruck, angebotene Weizenpartien zu klassifizieren, in Hinblick auf die Backqualität sicher zu bewerten und aufgenommene Ware passgenau qualitativ logistisch zu lenken.

Für die Mühlen bedeutet das Ineinandergreifen neuartiger, adaptierter, indirekter Methoden und eines auf moderne Weizensorten und die heute übliche Anspruchsvielfalt an den Rohstoff Mehl hin optimierten Backtests als direktem Verfahren eine verbesserte Qualitätslenkung der Rohware und eine zielgenaue Herstellung von Mehlen. Zudem führt eine universelle Kennzahl schneller als bisher zu einer qualitätsabhängigen Preisbildung und zu einer Qualitätseinstufung für die Landwirte und den abnehmenden Landhandel. Für die Backbranche eröffnen die entwickelten Methoden und Verfahren neue Möglichkeiten der Prozesskontrolle während der Herstellung und Verarbeitung von Teigen.

Für Züchter, Landwirte, Mühlen und Backmittelhersteller ist die Kenntnis über die tatsächlichen Eigenschaften der Rohware und daraus abgeleitet die Kenntnis über die Eigenschaften von Intermediär- und Endprodukten unabdingbar. Züchter erhalten mithilfe der erarbeiteten Methoden die Möglichkeit, schon frühzeitig ihre Sorten auf Eignung für bestimmte Zwecke zu untersuchen und zu klassifizieren. Selbiges gilt für Landwirte, denen eine Untersuchungsmethode an die Hand gegeben wird, die es gestattet, das Getreide vor der Vermarktung qualitativ zu bewerten, da nicht zuletzt die Qualität ausschlaggebend für den erzielten Preis ist. Zudem sind ökologische Vorteile durch eine Neubewertung der Funktionalität des Proteingehaltes bezüglich der Backqualität und somit einer entsprechend geringeren Stickstoffdüngung möglich.

Allein durch die Anwendung eines optimierten Backtests lassen sich genaue Vorhersagen über die Endproduktqualität machen und erlauben damit eine schnellere Preisbildung. Durch die Anwendung der neuen Untersuchungs- und Knetmethoden haben Mühlen den Vorteil, Korn und Mehle genau und schnell zu charakterisie-

ren, ohne weitere aufwendige Untersuchungen durchführen und anhand des Backergebnisses Schlüsse ziehen zu müssen. Daraus leiten sich ein Zeitvorteil und eine Ersparnis im Arbeitsaufwand ab, die Kapazitäten für andere Aufgaben freimachen. Die Schnelligkeit der neuen indirekten Methoden wird es Backbetrieben ermöglichen, ihre Produktion den neuen Gegebenheiten sofort anzupassen. Backmittel- und Sauerteigerhersteller werden von einem optimierten Backtest insofern profitieren, da sie durch präzise Kenntnis über das Mehl, den Teig und deren Backeigenschaften maßgeschneiderte Produkte zur Herstellung von Endprodukten mit gleichbleibend hoher Qualität anbieten können.

Die deutsche Backwarenindustrie ist bei einem Umsatz von etwa 17 Mrd. € vorwiegend durch handwerkliche und mittelständische Bäckereien (14.200 Betriebe) geprägt. Diese beschäftigen etwa 292.000 Mitarbeiter.

### Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht (2016).
2. Müller, E., Wieser, H. und Köhler, P.: Zusammensetzung der Gluteninmakropolymer-Gels aus Weizenmehl. Deutsche Forschungsanstalt, Jahresbericht 2015, ISBN 978-3-946117-01-8, 92-95 (2015).
3. Müller, E., Wieser, H. und Köhler, P.: Einfluss der Isolierungsbedingungen auf den Gluteninmakropulver-Gehalt von Weizenmehl. Deutsche Forschungsanstalt, Jahresbericht 2014, ISBN 978-3-938896-85-3, 96-99 (2014).

Der Schlussbericht ist für die interessierte Öffentlichkeit bei der Forschungsstelle abzurufen.

### 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

Max-Rubner-Institut (MRI)  
Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel  
Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide  
Schützenberg 12, 32756 Detmold  
Tel.: +49 5231 741-0  
Fax: +49 5231 741-100

E-Mail: [meinolf.lindhauer@mri.bund.de](mailto:meinolf.lindhauer@mri.bund.de)

Hans-Dieter-Belitz-Institut für Mehl- und Eiweiß-  
forschung e.V. (hdbi)

Lise-Meitner-Straße 34, 85354 Freising

Tel.: +49 8161 71-2928

Fax: +49 8161 71-2970

E-Mail: [peter.schieberle@lrz.tum.de](mailto:peter.schieberle@lrz.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](mailto:fei@fei-bonn.de)

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben **AiF 17759 N** der Forschungsvereinigung  
Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI),  
Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn,  
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.