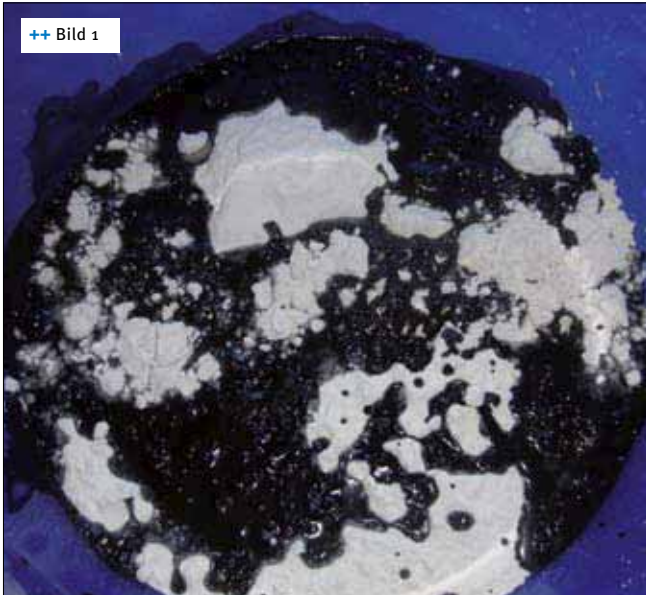


# Der Teigentwicklung auf der Spur

VOR EINIGEN JAHREN WURDE MIT DEM RAPIDOJET EIN NEUES VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON TEIGEN VORGESTELLT. INZWISCHEN GIBT ES WEITERE UNTERSUCHUNGEN, ERKENNTNISSE UND ERFOLGE, UNTER ANDEREM AUCH BEI VOLLKORNTTEIGEN.

++ TEIL 1



++ Bild 1+2  
Verteilung nach Zugabe des Wassers direkt nach Zugabe (links) und nach einigen Knetbewegungen

**+** Gute Gebäcke kann man nur herstellen, wenn der Teig gut entwickelt wurde. Hierin ist sich die Fachwelt einig. Wie ein Teig jedoch gut zu entwickeln sei, wird sehr unterschiedlich gesehen, je nach Produkt, vorhandenem Knetsystem, Firmenphilosophie und Schwerpunkt in Sachen Energieeffizienz, Arbeitskosten, Betriebsablauf und Raumbedarf.

Es gibt zahlreiche Untersuchungen, teilweise aus den 60er und 70er Jahren, die versuchen, die Verhältnisse bei der Teigbereitung zu beschreiben. Hier wurden grundlegende Erkenntnisse gewonnen, jedoch wurden etliche Erkenntnisse maschinentechnisch nicht umgesetzt [3], [8], [9], [15], [16].

## Von Teilchen zum Teig

Was entwickelt aber nun einen Teig? Wie wird aus einer unelastischen feuchten Masse ein glatter und dehnfähiger Teig, der in der Lage ist, das gebildete Gärgas zu halten und so ein gut gelockertes Gebäck zu ermöglichen? Man ist sich einig, dass der Kleber aus Gliadin und Glutenin für die speziellen Eigenschaften des Teigs verantwortlich ist [10]. Ein Stoff mit

vergleichbaren Eigenschaften ist bisher nicht gefunden worden und konnte auch noch nicht künstlich nachgestellt werden. Während Glutenin in isolierter Form extrem kohäsiv ist und eine zusammenhängende elastische Masse darstellt, wirkt Gliadin als „Schmiermittel“ und Trennmittel und würde für sich betrachtet wie Honig fließen. Erst durch das Zusammenwirken beider Komponenten kommt es zur charakteristischen Eigenschaft des Klebers.

Amend [1] konnte zeigen, dass sich durch Benetzen von Mehl an der Grenzschicht Mehl/Wasser/Luft spontan mikroskopisch sichtbare Kleberfäden bilden. Dieser Vorgang erfolgt geradezu „explosionsartig“, sodass davon auszugehen ist, dass die Bildung des Klebers an sich ein sehr schneller und unproblematisch vor sich gehender Vorgang ist, der zudem auch keinerlei Energie benötigt. Die Kleberfäden

### ++ Autor:

**Dr. Bernhard Noll**  
Rapidojet GmbH  
Wilhelmshöhe 10  
74544 Michelbach / Bilz  
www.rapidojet.de  
noll@rapidojet.de

(Fibrillen) aggregieren zu größeren Einheiten, die von einem kompakten Zustand durch Kneten in den gewünschten Strukturzustand gebracht werden. Nach Kieffer [7] entfalten sich die Proteine an der Grenzschicht Wasser/Luft und dehnen sich aus.

Unbehend [19] konnte in einer umfangreichen Arbeit nachweisen, dass sich ohne Energieaufwand allein durch Zusammenbringen von Mehl und Wasser eine viskoelastische Masse ergibt. Diese unterscheidet sich jedoch in ihren rheologischen Eigenschaften signifikant von einem voll entwickelten Teig.

Während bis in die 60er Jahre akzeptiert wurde, dass die Teigentwicklung nur durch lange Kesseltare zu erzielen ist und relativ wenig Energie für das Kneten eingesetzt wurde, änderte sich die Situation dank des „Chorleywood“-Verfahrens, das die Bäckereien in England und in den von England geprägten Ländern revolutionierte. MDD, „mechanical dough development“, war das Stichwort. Teig musste nicht mehr über Stunden gereift werden, wenn man ihn mit Hochgeschwindigkeitsmixern innerhalb von 3 Minuten herstellte. Obwohl viel Energie in kurzer Zeit eingebracht wurde, benötigte man unter dem Strich weit weniger Energie, um Teig zu entwickeln, als dies durch andere Knetverfahren bis dahin der Fall war. Erstmals wurde die „Knetenergie“ als Maß für die Beurteilung des Knetvorgangs herangezogen. Beim Chorleywood-Verfahren geht man von 11 kWh/t Teig aus. Ein Spiralkneter erreicht dagegen einen entwickelten Teig mit 15 kWh/t.

Ein solch energieintensives Verfahren hat als Begleiterscheinung eine immense Teigerwärmung, und eine Kühlung des Kneters durch einen Doppelmantel und Kühlflüssigkeit ist eine technische Voraussetzung für gelungene Teige.

Viel diskutiert wurde die Frage, wie viel Energie ein Teig benötigt. Weniger Mühe machte man sich bisher mit der Frage, welche Energie benötigt wird und wie man die Energie



++ Bild 3  
Heller und dunkler Teig nach 40 Knetbewegungen

am effizientesten einsetzen kann.

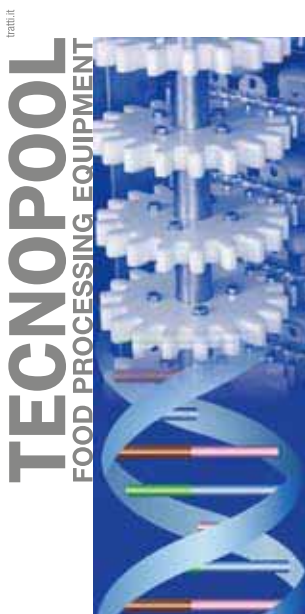
Daher soll hier ein etwas tieferer Blick in die Vorgänge, die bei der Teigentwicklung eine Rolle spielen oder spielen könnten, gewagt werden.

Das Mischen an sich steht nicht im Vordergrund. Die Mehlpartikel sind untereinander schon durch die Mühle gut gemischt. Die erste Schwierigkeit besteht darin, Mehl mit Wasser zu benetzen.

Trockenes Mehl widersetzt sich der Benetzung. Ein Wassertropfen kann sehr lange auf einer Mehloberfläche verbleiben, ohne dass er in das Innere des Mehls eindringt. Zehle [20] hat dies eindrucksvoll demonstriert.

Eine große Oberfläche durch kleine Wassertröpfchen, im freien Fall vereinzelt Mehlpartikel und insbesondere eine Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Mehl und Wasser, die für einen Aufprall und ein zwangsweises Eindringen sorgt, begünstigen die Benetzung. Alle drei Faktoren liegen in konventionellen Knetsystemen jedoch in der

ANZEIGE



## Evolution in progress.

TecnoPool, Marktführer im Bereich Maschinenbau für die Lebensmittelindustrie, ist spezialisiert in der Realisierung von vielseitigen Anlagen. Vom kompakten Tiefkühler bis hin zur kompletten Produktionslinie, ist TecnoPool imstande alle möglichen technischen Lösungs-Vorschläge zu bringen um sich bestens den Kundenbedürfnissen anzupassen.

- Hefegärung
- Kühlung
- Tiefkühlung
- Pasteurisierung
- Blechtransport
- Ofen Beschickungsanlage
- Ofen Entladungsanlage

TecnoPool: von -40°C bis +120°C, Zuverlässigkeit maßgeschneidert.



Via M. Buonarroti, 81 - SAN GIORGIO IN BOSCO (PD) - ITALY  
Tel. +39.049.9453111 - Fax +39.049.9453100

info@tecnopool.it - www.tecnopool.it

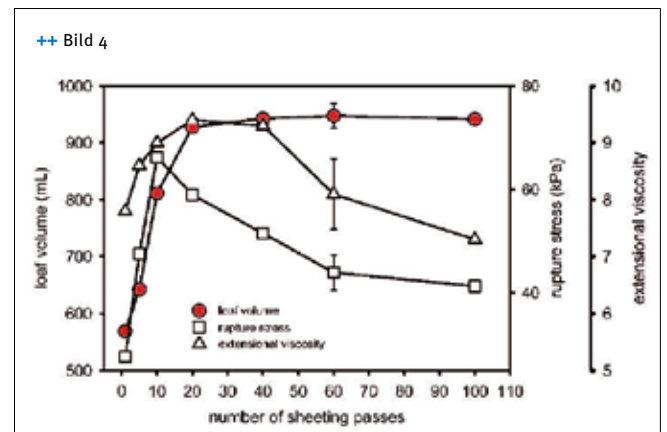


denkbar ungünstigsten Variante vor: Das Wasser wird in einem dicken langsamen Strahl zugegeben, das Mehl liegt zum Zeitpunkt der Wasserzugabe bereits kompakt im Kessel und die Geschwindigkeitsdifferenz ist zu vernachlässigen. Abb. 1 zeigt anhand von gefärbtem Wasser, wie die Verteilung nach Zugabe des Wassers und nach einigen Knetbewegungen aussieht. Das Wasser verschwindet zunächst in einem Teil des Mehls. Anschließend muss es aus diesem wieder herausmassiert werden, daher dauert es empfindlich lange, bis eine homogene Grundmasse erzielt wird. Nach 40 Knetbewegungen sind immer noch helle Teigstellen zu sehen (Abb. 2), erst ab 80 Knetbewegungen erscheint die Teigmischung homogen.

Der nächste Schritt ist die Umwandlung von einem Gemisch zu einem entwickelten Teig. Dieser Teil entzieht sich in vielen Punkten der Beobachtung. Auf molekularer Ebene wurden die Löslichkeitsverhältnisse der verschiedenen Eiweißfraktionen herangezogen – der Bäcker indes macht am liebsten seinen „Fensterstest“ und prüft, ob der Teig sich zu einer dünnen Membran aufspannen lässt [7]. Zwischen diesen beiden Extremen gibt es dann eine Vielzahl von rheologischen Untersuchungen und schließlich lassen mikroskopische Bilder einen tieferen Einblick in die Mikrostrukturen des Teiges zu – allerdings durch Präparieren, insbesondere Trocknen für elektronenmikroskopische Aufnahmen, oft verzerrt. Man ist sich darin einig, dass das Ziel der Teigentwicklung darin besteht, ein durchgängiges „Klebernetzwerk“ zu erhalten [14], [18]. Der Kleber soll ein dreidimensionales Netzwerk bilden, das aus möglichst dünnen Filmen besteht. Diese Filme umschließen die Stärkekörner und werden im Falle der Überknetung wieder zerstört.

### Klebernetzwerkbildung

Es lohnt sich der Frage nachzugehen, wie die Bildung eines solchen Klebernetzwerks begünstigt werden kann. Grundsätzlich gibt es verschiedene Vorgänge, die als „knetwirksam“ betrachtet werden. Unter mechanischen Gesichtspunkten sind dies Scheren, Falten, Dehnen und Kollision. Begleitend, aber nicht für die Teigentwicklung wirksam werden Reibung, Beschleunigung/Entschleunigung und Druck genannt. Unterhalb einer „kritischen Knetgeschwindigkeit“ treten sogar Vorgänge auf, die einen entwickelten Teig wieder



++ Bild 4

Teigentwicklung durch wiederholtes Ausrollen und Zusammenlegen [15]

in den Zustand eines unterentwickelten Teiges bringen (Tipples, „unmixing“, [16]). Dies könnte auch die Erklärung für die Beobachtung sein, dass durch relativ schwache Bewegungen, wie z. B. die Entleerung eines Kesselkneters, strukturzerstörende Vorgänge stattfinden.

Neben diesen knetwirksamen makroskopischen Bewegungen ist zu berücksichtigen, dass das kleinste Knetelement im Teig das mikroskopisch kleine Stärkekorn darstellt, das als festes Partikel in der Lage ist, eine Kleberstruktur zu deformieren und die Ausbildung eines Films zu unterstützen (Meuser, [11]).

Dass Disulfidbrücken eine zentrale Rolle hinsichtlich der Klebereigenschaften spielen, ist unumstritten, ebenso dass Thiol-Gruppen beteiligt sind [10]. Strittig ist, inwieweit es überhaupt notwendig ist, neue kovalente Bindungen zu erzeugen und ob dieser Vorgang tatsächlich stattfindet [15]. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass allein durch Vergrößerung der „inneren Oberfläche“ neue Kontaktflächen geschaffen werden und somit neue Bindungsformen ermöglicht werden.

Neben der mechanischen Teigentwicklung gibt es die „chemisch unterstützte“ Teigentwicklung. Hier ist besonders Cystein hervorzuheben, das bei einer Konzentration zwischen 30–100 ppm in der Lage ist, die benötigte Knetenergie auf die Hälfte herabzusetzen, ohne den Teig zu stark zu erweichen und klebrig zu machen. Dies wurde von mehreren Autoren untersucht [8], [12].

Ein Parameter, der während des Knetens überwacht werden kann, ist die Teigtemperatur. In der Regel wird versucht, eine Teigtemperatur von 26, maximal 28 °C zu erzielen. Der exakte Grund hierfür ist unklar und es werden verschiedene Begründungen gegeben. Drohende Austrocknung der Oberfläche bei höherer Temperatur ist ein Grund, die Synchronisation von Teigentwicklung und Hefeaktivität ist ein weiterer.

Aus knettechnischer Sicht kommt ein weiterer Aspekt hinzu: Mit zunehmender Teigtemperatur wird der Teig weicher, die Knetwerkzeuge finden keinen Widerstand mehr und die Knetdauer erhöht sich überproportional, die Teigtemperatur steigt in Folge noch weiter an. Es ist daher dringend zu raten, nicht erst in diesen Trend zu gelangen.

+++ Teil 2 folgt in der nächsten Ausgabe

ANZEIGE


Markenqualität und Frische aus Tradition.

## KOENIG

The Nut specialists

...einfach kernig!

**Mandel-, Haselnuß- u. Erdnußkern-Präparate,  
Nußbecken- und Bienenstich-Streusel,  
Haselnuß-Füllmassen und Multi-Crunch.**

**Sonderanfertigungen nach Ihren  
individuellen Spezifikationen.**

KOENIG BACKMITTEL GMBH & CO. KG • Postfach 1453 • D-59444 Werl  
Tel. 02922/9753-0 • Fax 02922/9753-99  
E-Mail: info@koenig-backmittel.de • Internet: www.koenig-backmittel.de



Quellennachweise:

- [1] Amend und Belitz, „Vom Mehl zum Gebäck: Mikroskopische Untersuchungen der Kleberstruktur“, Getreide Mehl und Brot 9/92
- [2] Auger, „On the Mechanism of Gluten Network Development in Flour-Water Batter Doughs“, 9th International Gluten Workshop, September 14-16, 2006, 23
- [3] Bushuk, „Dough Development by Sheeting and its Application to Bread Production from Composite Flours“, Cereal Science Today, Volume 19: No 7, July 1974
- [4] Frazier et al., „Rheology and the Continuous bread-making process“, Cereal Chem., Vol. 52 (1975) 106-130
- [5] Handbuch Backwarentechnologie, 5. Akt.Lfg 06/04, S.1.3.4.4 „Die Rolle der Stärke“
- [6] Hübner, „Einfluss von Prozessparametern auf die Produktqualität bei der Herstellung von Vollkornbrot mittels Hochdruckbenetzung“, Bachelorarbeit Universität Hohenheim, 2010
- [7] Kieffer, „The Role of Gluten Elasticity on the Baking Quality of Wheat“, The future of flour, Mühlenchemie, Ahrensburg
- [8] Kilborn und Tipples, „Factors Affecting Mechanical Dough Development. I. Effect of Mixing Intensity and Work Input“, Cereal Chem. 49 (1972) 23
- [9] Kilborn und Tipples, „Factors Affecting Mechanical Dough Development. IV. Effect of Cysteine“, Cereal Chem. 50 (1973) 70-86
- [10] Lösche, „Beeinflussung der plastischen bzw. elastischen Eigenschaften bei der Teigbereitung“, Getreide Mehl und Brot 56 (2002) 2
- [11] Meuser, „Verfahren zur Herstellung eines Mehlprodukteiges“, Patent WO 96/27294, 1996
- [12] Noll und Keil, „Knetrevolution“, brot+backwaren12/02
- [13] Patent US 4,239,783, „Reduction of Mixing Time of Yeast leavened Dough Compositions“, 1977
- [14] Singh und MacRitchie, „Application of Polymer Science to Properties of Gluten“, Journal of Cereal Science 33 (2001) 231-243
- [15] Sutton et al., „Differing Effects of Mechanical Dough Development and Sheeting Development Methods on Aggregated Glutenin Proteins“, Cereal Chem. 80(6): 707-711
- [16] Tipples und Kilborn, „Unmixing – The Disorientation of Developed Bread Doughs by Slow Speed Mixing“, Cereal Chem. 52 (1974) 248-262
- [17] Tipples und Kilborn, „Factors Affecting Mechanical Dough Development“, Cereal Chem. 54(1) (1974) 92-109
- [18] Tu, „Effects of Mixing and Surfactants on Microscopic Structure of Wheat Glutenin“, Cereal Chem. 55(1): 87-95
- [19] Unbehend, „Physiko-chemische und mikroskopische Untersuchungen an Mehl-Wasser-Systemen“, Dissertation TU Berlin 2002
- [20] Zehle, „Innovative Lösungen zur Kontinuierlichen Knetung“, Informationsmaterial der IGV zur iba 2009 +++



„Wir leben Verpackung und arbeiten in allen Stufen der Produktentwicklung eng mit unseren Kunden zusammen. So entstehen die besten Lösungen.“


Carolin Grimmacher, Geschäftsführende Gesellschafterin SÜDPACK

www.suedpack.com **SÜDPACK®**

**DEN BOER**  
BAKING SYSTEMS



The right oven for the right application




**120 Jahre Erfahrung mit industriellen Backprozessen ist zum Multibake® Ofen Konzept zusammengefügt. Zuverlässige Ofen mit hochwertiger Technik und den besten Materialien entwickelt und gebaut.**

**Das Multibake® Konzept enthält:**

Multibake® I (Impingement)	Multibake® R (Indirekt beheizt)
Multibake® D (Direkt beheizt)	Multibake® E (Elektrisch beheizt)

Der modulare Entwurf des Multibake® Konzepts bietet die Möglichkeit und Flexibilität um unterschiedliche Heizungsprinzipien zu kombinieren ( Multibake® Hybride ), damit der Backprozess zur maximalen Nutzleistung und Produktivität optimiert werden kann.

**Den Boer Baking systems BV |** De Singel 20, 7722 RR Dalfsen  
P.O. Box 29, 7720 AA Dalfsen, The Nederlands  
Tel: 0031 (0) 529 438383 | Website: www.denboerbs.nl

MEMBER OF THE TROMP GROUP  
**TROMP GROUP**  
TOTAL BAKERY SOLUTIONS

ANZEIGE



## **Dies ist ein Artikel aus der Fachzeitschrift **brot+backwaren**, die 6-mal jährlich erscheint.**

Als Abonnent erhalten Sie die Fachzeitschrift mit Praxisreportagen, Berichten aus Forschung und Entwicklung, Marktanalysen und Firmenportraits sofort nach Erscheinen. Damit haben Sie einen fundierten und umfassenden Überblick über den aktuellen Stand der Technik sowie der Backbranche.

**Interessierte können die Zeitschrift unter**  
**[www.brotundbackwaren.de](http://www.brotundbackwaren.de)**

**zum Kennenlernen kostenlos und unverbindlich**  
**zum Probelesen bestellen.**

In unserem Archiv auf dieser Homepage finden Sie sämtliche Berichte auch als PDF-Datei. Die Fachartikel finden Sie dort nach Jahrgängen sortiert; sie können per Volltextsuche durchsucht werden.

### **++ Copyrights, Texte zitieren und nutzen**

Bitte beachten Sie, dass das einfache Zitieren unserer Texte erlaubt ist, solange sich die Länge des Zitats im Rahmen hält. Dabei halten wir drei Sätze für eine gute Grenze. Verlinken Sie bitte auf unseren Text. Nur wenn Sie mit dem Zitat Werbung machen oder es gewerbsmäßig an Dritte weitergeben wollen, fragen Sie uns bitte erst unter [info@foodmultimedia.de](mailto:info@foodmultimedia.de).

Längeres Zitieren oder Übernehmen unserer Texte ist nur nach Übereinkunft mit f2m erlaubt. Bilder aus unseren Texten sowie Videos dürfen nur nach Lizenzierung mit den Rechteinhabern weiterverwendet werden.

Ansonsten gilt das übliche Copyright: Wir, die f2m food multimedia gmbh, behalten uns alle Rechte an den Beiträgen auf unserer Seite vor.

**++ Haben Sie noch Fragen? Dann wenden Sie sich bitte an uns.**