

## Innovative Lösungen zur kontinuierlichen Knetung

Dipl. Ing. Frank Zehle

### Einleitung

Die zunehmende Konzentration der Produktion auf immer weniger Standorte /1/ und die damit verbundene Erhöhung der Produktionsmenge pro produzierendes Unternehmen führt zwangsläufig zur zunehmenden "Linearisierung" der Produktion. In diesem Zusammenhang gewinnt gerade die kontinuierliche Teigbereitung einen immer höheren Stellenwert innerhalb des Produktionsablaufes. Große Mengen Teig müssen in gleichbleibender Qualität den Teigverarbeitungslinien konstant zur Verfügung gestellt werden. Unterbrechungen im Produktionsfluss sind in jedem Fall zu vermeiden. In diesem Zusammenhang gilt es zu entscheiden, quasikontinuierliche oder kontinuierliche Knetssysteme zum Einsatz zu bringen. Letztere reduzieren bei Anlagenstopps in der Regel die Menge der Fehlcharge, da der Knetprozess für ein gewisses Zeitfenster unterbrochen werden kann.

Die Effizienz echter kontinuierlicher Knetverfahren ist in der nahezu perfekten Umsetzbarkeit theoretischer Grundlagen zum Kneten von Teigen, im Prinzip unabhängig von der Mehllart- und -type sowie Teigsorte, begründet.

### Wissenschaftliche Vorbetrachtung

*Vormerkung:*

Befragt man Bäcker nach dem Wesen von Knetprozessen, kann man die meisten Antworten folgenden Überschriften zuordnen, die diesen Prozess in seiner Gesamtheit widerspiegeln:

- Vermischen von Zutaten
- Eintrag von Energie
- Biochemische Reaktionen
- Strukturumwandlung

Verallgemeinernd lässt sich darauf folgende Prozessbeschreibung zum „Kneten“ ableiten, die jedoch nicht als allgemeingültige Definition verstanden werden muss:

Unter dem Kneten von Teigen versteht man das Vermischen funktionell unterschiedlich wirkender Zutaten durch den Eintrag von mechanischer Energie, in dessen Verlauf physikalische und/oder biochemische Reaktionen eine Stoffumwandlung und einen Strukturaufbau bewirken.

Bei Weizen-, Roggen- sowie Mischteigen ist dieser Prozess an das Vorhandensein von Wasser gebunden.

### *Allgemeine Betrachtungen zur Teigbildung*

Die während der Teigbildung ablaufenden physikalischen, chemischen und biochemischen Veränderungen der Inhaltsstoffe sind komplexer Natur /2/.

Diese Prozesse kann man, unabhängig von der Teigart, wie folgt beschreiben:

- Benetzung und Hydratation der Mehlpartikel
- Lösungs- und Quellvorgänge
- Verklebungs- und Vernetzungsvorgänge (Oxidation)
- Gaseintrag- bzw. Gasbindung

Diese Einzelvorgänge laufen zwar bei Betrachtung eines differentiell kleinen Volumenelementes nacheinander ab - durch die Komplexität des Teiggefüges im Knetkessels aber auch nebeneinander. So sind im Teiggefüge gerade in der ersten Phase des Knetprozesses in einigen Bereichen schon Vernetzungsvorgänge zu beobachten; an anderen Stellen hat die Benetzung des Mehles noch nicht stattgefunden.

Folgt man dieser Betrachtung wird deutlich, dass es bei der Umsetzung der theoretischen Erkenntnisse in eine technische Lösung nicht unerheblich sein wird, ob und wie es gelingt, die Teigbildungsprozesse im gesamten Teiggefüge möglichst nacheinander zu realisieren. Diese Überlegungen führen zwangsläufig zu der Fragestellung, ob nicht gerade kontinuierliche Knetsysteme geeignet sind, diese Anforderung zu erfüllen.

Durch die kontinuierliche Zuführung von relativ kleinen Zutatenmengen, die Kombination von Vermengung und Knetung bei gleichzeitigem Transport wird diesem theoretischen Ansatz weit mehr entsprochen, als bei jedem Batch-Verfahren.

### Teigbildung von Weizenteigen

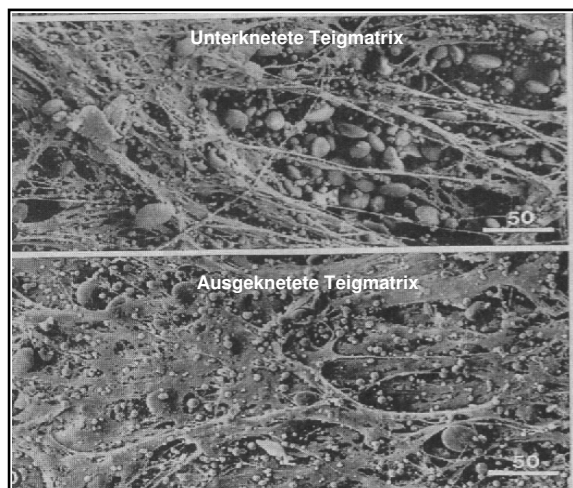


Ausgehend von den mittlerweile etablierten Erkenntnissen zur Weizenteigbildung von AMEND /3/ /4/, dass in einem Mehlpartikel bereits Kleberstrukturen vorgebildet vorliegen, rückt die Hydratation des Mehles für den gesamten Teigbildungsprozess in das Zentrum des Interesses.

AMEND fasst dabei unter dem Oberbegriff *Hydratation* die Mikroprozesse:

- Benetzung der Mehlpartikel mit Wasser,
- Absorption des Wasser und
- die sich daran anschließend Quellung der Mehlpartikel

begrifflich wie funktionell zusammen und stellt fest, dass erst nach erfolgter Hydratation der Mehlpartikel die in den Mehlpartikeln vorgebildet vorliegenden Kleberstrukturen („zelluläre Klebnetzwerke“) die teigrheologisch bedeutsame Eigenschaft entwickeln, untereinander zu kleben. Im weiteren Verlauf des Knetprozesses agglomerieren diese zellulären Klebnetzwerke (Bild 2) zu immer größeren Einheiten bis sie die gesamte Teigstruktur mit einem feinen Netzwerk durchziehen, welches AMEND als "aggregierten Kleber" bezeichnet. Diese Strukturierung des Teiggefüges wird komplexer - bis letztlich der Teig vollständig ausgebildet ist.

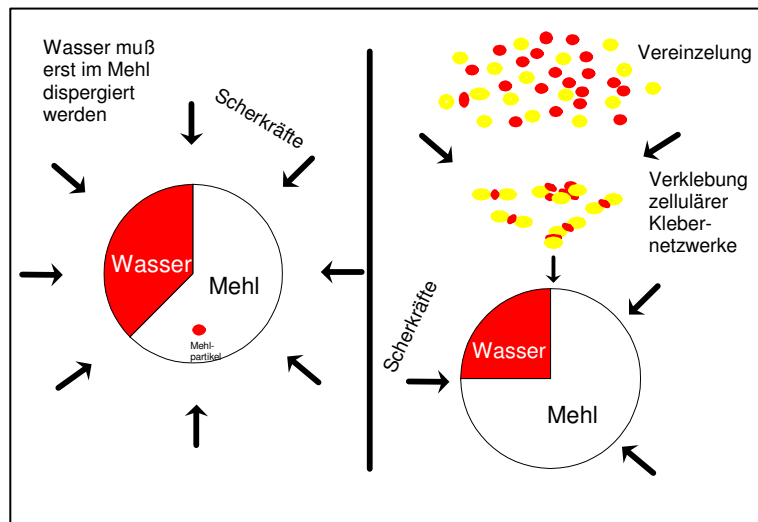


Bei dieser Betrachtungsweise kommt der Hydratation der Mehlpartikel, also der Dispergierung des Wassers unter die Mehlphase, die Schlüsselrolle bei der Teigbildung zu. Je besser folglich die Hydratation der Mehlpartikel durch Benetzung erfolgt, desto besser sollte bei gleichen Randbedingungen die Teigentwicklung verlaufen.

Geht man von der Überlegung aus, dass eine maximale Anzahl von Verknüpfungsstellen gleichbedeutend mit einer besonders komplex strukturierten Teigmatrix ist, stellt sich die Frage, ob der jeweilige Knetprozess während des ersten Knetabschnittes - dem Mischen - eine optimale Hydratation der zellulären Klebnetzwerke realisiert und somit die Schaffung einer maximal möglichen Anzahl von Verknüpfungsstellen begünstigt.

Analysiert man unter diesem Gesichtspunkt den Knetprozess, wie er sich beispielsweise im Spiralkneter darstellt, ist die Frage nach einer optimalen Hydratation des einzelnen zellulären Klebnetzwerkes klar mit „nein“ zu beantworten.

Dieses wird verständlich, wenn man ein einzelnes Mehlpartikel in der gesamten Schüttung des Mehls betrachtet. Um möglichst jedes einzelne Mehlpartikel zu erreichen, muss das Wasser sehr fein dispergiert werden. Dieses ist in einem Batch-Knetter faktisch unmöglich. Die Vernetzung bereits hydratisierter zellulärer Klebnetzwerke behindert zudem die weitere Dispergierung des Wassers im Mehl und damit die Hydratation noch unbenetzter Mehles. Streng genommen bedeutet dies, die Zerstörung gebildeter Strukturen zu Gunsten der Neubildung von Strukturen. Letztlich muss dafür unnötig mechanische Energie aufgewendet werden.



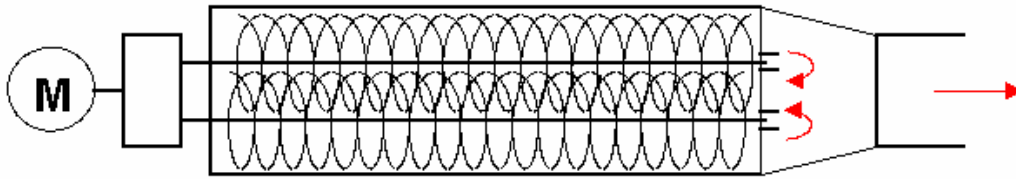
Erst durch eine gezielte Vereinzelung bzw. Dispergierung der Mehl- und Wasserphase gelingt es, optimale Voraussetzungen für die Hydratation des Mehles zu schaffen. Diese wird aber nur dann die erwünschte Wirkung zeigen, wenn es anschließend gelingt, die beiden Phasen auf Partikelniveau in Wechselwirkung treten zu lassen. Je nach den Mengenverhältnissen der einzelnen Phasen werden dann die Mehlpartikel mehr oder weniger miteinander über hydratisierte zelluläre Klebnetzwerke verklebt. Die Anzahl dieser Verklebungsstellen wird erwartungsgemäß deutlich höher sein, wie es im Chargenknetter realisiert werden kann. Dieses führt im weiteren Verlauf des Knetprozesses zu einer Verbesserung der Verarbeitungseignung von Weizenteigen, idealerweise auch bei vergleichsweise höheren Teigausbeuten.

Durch diese „Vereinzelung“ von Teigbildungsabschnitten, d.h. erst Schaffung von „Verknüpfungsstellen“ und dann Vernetzung reduziert sich der Eintrag mechanischer Energie mindestens um den Betrag, der für die „Zerstörung“ bereits gebildeter Strukturen aufgewendet werden muss. Weiterhin wird die „Erstbenetzung“ des Mehles durch Vernetzungsprozesse nicht behindert.

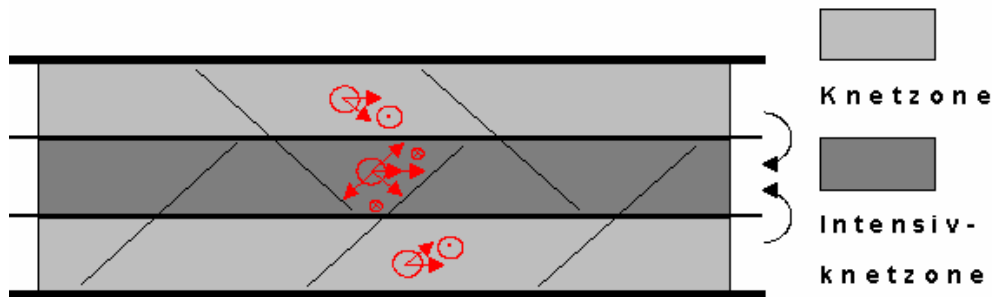
Folglich ist verständlich, warum beim nachfolgend beschriebenen kontinuierlichen Verfahren, die Teigentwicklung prinzipbedingt besser sein muss als bei Chargenprozessen. Letztlich zeigt es aber auch, dass eine eigene verfahrenstechnische Umsetzung des Benetzungsvorganges hinsichtlich besserer Knetprozessführungen sinnvoll ist. Dieser Weg wurde durch die IGV GmbH mit der Entwicklung der Mehlbenetzung konsequent beschritten.

### Realisierung theoretischer Prozesse in kontinuierliche Knettechnik

In einem *offenen* Knetertrog drehen sich zwei Knetspiralen, ggf. unterschiedlicher Bauart, in gegensinniger Drehrichtung und übertragen so ein nahezu impulsfreies Schergefälle auf das zu mischende Stoffgemisch. Durch die unterschiedlichen Kraftwirkungen erfolgt neben dem eigentlichen Misch- und Knetprozess der gleichzeitige Transport des Stoffgemisches von der frei zu wählenden Eingabestelle zum Kneterauslauf und damit zur Weiterverarbeitung.

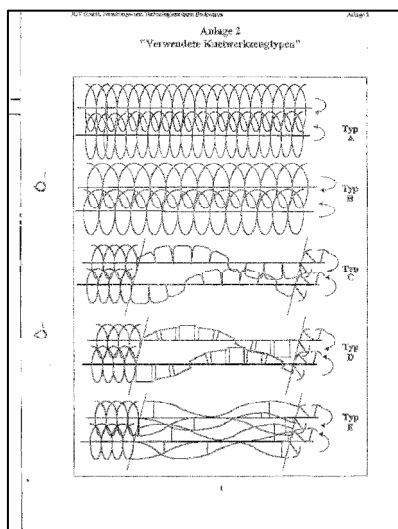


Im Gegensatz zu den Batch-Knetern unterliegt der Teig bei diesem Knetverfahren einem weitgehend impulsfreien Schergefälle, da sich der Teig durch die wirkenden Kräfte in der Doppelspirale zu keinem Zeitpunkt in Ruhe befindet, wie es bei Kesselknetern der Fall ist. Das Verfahren wurde in den 90er Jahren gemeinsam durch die IGV GmbH und die Ismar Maschinen GmbH als kontinuierliche Doppelspiralknetverfahren entwickelt und wird heute von der **Reimelt Henschel GmbH** unter dem Markennamen **CODOS®** weltweit vermarktet.



Diese impulsfreie Energieübertragung ermöglicht eine geringere Dimensionierung, und führt demzufolge zu einer geringeren Teigerwärmung.

Es zeigt sich, dass in der Zone, in der die Spiralen ineinander greifen, mehr bzw. größere Kräfte wirken, woraus sich eine intensivere Knetwirkung ergibt. Durch die unterschiedliche Gestaltung der Knetspiralen/werkzeuge kann demnach die axiale Kraftkomponente (beeinflusst die Knetzeit) oder die radiale Kraftkomponente (beeinflusst die Knetarbeit) prinzipiell variiert werden. So kann beim Kneten durch die frei wählbare Drehzahl der frei gestaltbaren Knetwerkzeuge jede gewünscht Misch- und Knetwirkung einstellen. Durch die unterschiedlichen Knetzonen wird der Teig während des Knetprozesses abwechselnd einer höheren und einer geringeren Scherbeanspruchung ausgesetzt. Dadurch kann der Teig in gewissem Maße relaxieren, bevor er einer erneuten erhöhten Scherbeanspruchung ausgesetzt ist. Der Übergang zwischen den einzelnen Knetzonen ist jedoch fließend, so dass das Teiggefüge nicht zerstört wird. Im Zuge der Weiterentwicklung des Verfahrens haben sich bevorzugte Knetgeometrien für Misch- und Knetwerkzeuge entwickelt, die für nahezu die gesamte Angebotspalette von Teigen anwendbar sind. Insbesondere die Knetwerkzeuge sind sämtlich durch schraubige und im Versatz angeordnete Knetbügелеlemente (2-3) gekennzeichnet, die sich letztlich nur in der Größe und in der Abstützung auf der Welle unterscheiden. Die schraubige Anordnung unterstützt dabei den notwendigen Vorschub des Teiges durch den Knetertrog und stellt daher das entscheidende Ausgestaltungsmerkmal der Knetwerkzeuge dar.



### Realisierung teigtheoretischer Anforderungen

Bedingt durch die Funktionsweise des kontinuierlichen Doppelspiralknetverfahrens verlaufen die einzelnen Phasen der Teigentwicklung sehr gleichmäßig und nahezu nacheinander ab. Durch die den Mischungsaufgaben optimal angepasste offene Spirale im Rohstoffeinzugsbereich des Kneters wird bereits nach wenigen Zentimetern Wegstrecke eine nahezu homogene Vermengung der Zutaten erreicht. Bei weiterem Durchlauf des vermengten Teiges wird durch die entsprechende Gestaltung im 2. Knetabschnittes die Scherintensität erhöht, was an der allmählichen Teigentwicklung deutlich wird.



Durch die offene Trogbauweise können Zutaten an beliebigen Stellen zudosiert werden. So können beispielsweise Zutaten, die die Hydratation des Mehles im ersten Teigbildungsabschnitt behindern (z.B.) später zugegeben werden. Diese Möglichkeit des "Zutatensplitting" wird insbesondere bei mehrstufiger Verfahrensweise interessant. Durch die offene Bauweise und durch die gegensinnige Drehrichtung der Knetwerkzeuge wird außerdem der Gaseintrag in das Teiggefüge verbessert.

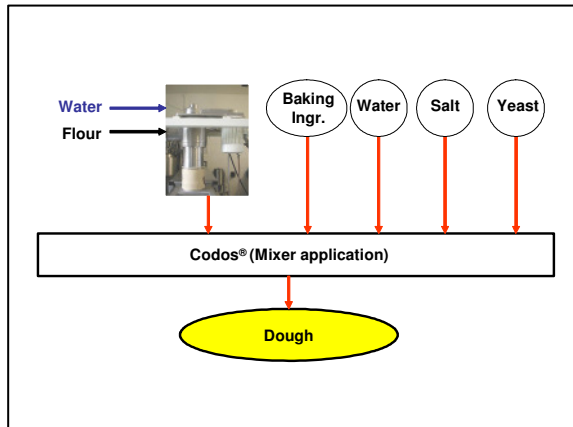
Wärmestaus, wie sie in geschlossenen kontinuierlichen Knetaggregaten auftreten können, treten bei diesem offenen System nicht auf und sollten auch in jedem Fall verhindert werden,

### Ausführungsvarianten

Die konstruktive Besonderheit dieses Knetesystem gestattet es, den Knetprozess ein- und mehrstufig durchzuführen. Während bei direkter Teigführung bei Weizenteigen sowie bei Feinteigen meist eine zweistufige Verfahrensführung zu empfehlen ist, kann bei indirekter Führung von Weizenteigen (d.h. mit Vorstufen) einstufig gearbeitet werden



Durch die Nachschaltung eines Teigruhebandes bzw. eines kontinuierlichen Fermenters wird der Verarbeitungslinie stets Teig gleichen Reifungszustandes (und gleicher Temperatur) zur Verfügung gestellt.



Eine weitere, im Technikumsmaßstab bereits erprobte, Möglichkeit ist die direkte Verknüpfung von kontinuierlicher Benetzungstechnik mit dem CODOS®-System. Auf diese Weise kann für breite Anwendungsbereiche die Mischstufe durch Benetzungssystem MoisTec ersetzt werden. Dieses System wurde ebenfalls durch die IGV GmbH entwickelt und wird als marktreife Lösung zur Benetzung von Mehlen auf der iba 2009 vorgestellt.

Die wichtigsten Vorteile des CODOS®-Systems aus teigtheroretischer Betrachtung gegenüber Chargenknetern sind:

- nahezu optimale Benetzung- und Hydratation der Mehlpartikel im ersten Knetabschnitt
- zeitlich folgender Ablauf der Teigentwicklungsabschnitte für kleine Volumenelemente
- flexible Zutatendosierung in teigtheoretisch sinnvoller Reihenfolge
- in der Regel 2-3 % höhere Teigausbeuten gegenüber Chargenknetertechnik durch effizienteres Knetverfahren
- Bereitstellung von Teigen exakt gleicher Qualität (Struktur, Temperatur)
- Sicherstellen geforderter Teigtemperaturen (Minimum ca. 18-20 °C) durch Kombination von Eiswasserdosierung und Trogwandkühlung bei gleichzeitigem Verzicht auf Eis bzw. CO<sub>2</sub>-Kühlung

### Produktbeispiele

Im Rahmen von Kundenversuchen wurden unter Verwendung von Originalrohstoffen nahezu alle relevanten Teigsorten kontinuierlich im Technikum der IGV GmbH hergestellt und in den meisten Fällen auch als Produktionsanlagen in Durchsatzbereichen von 500 – 6.000 kg/h installiert.

Brezelteig (Aufarbeitung von Hand)





Ciabatta-Teig  
mit ganzen Oliven



Strudelteig



Roggenmischteig

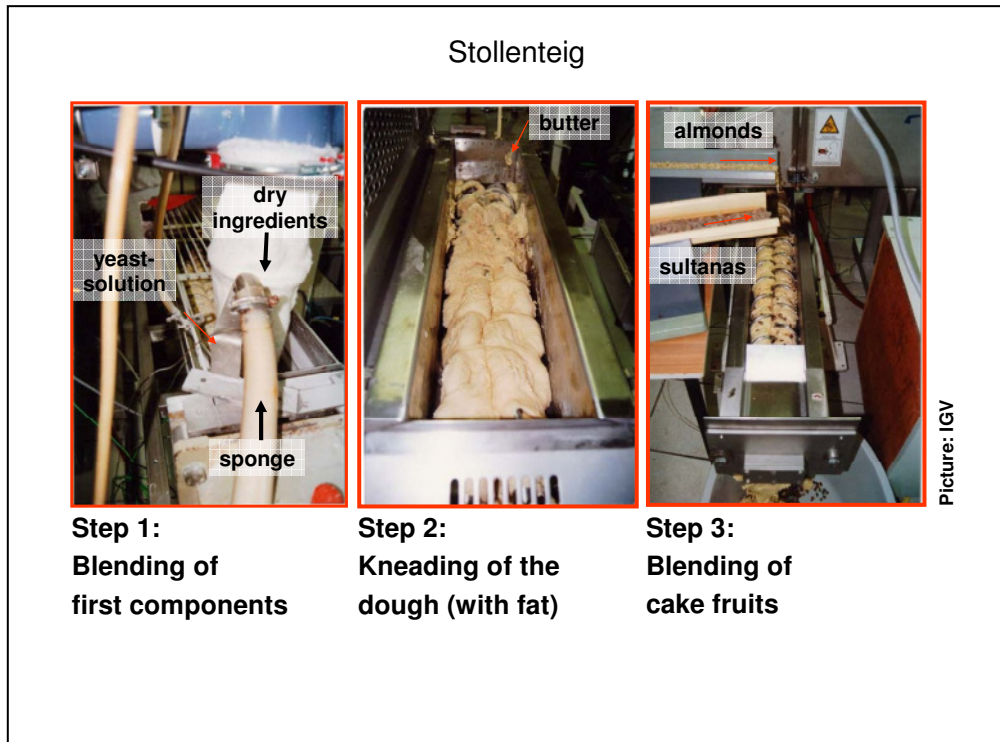


Spätzleteig



Kaisersemmel





### Literatur

- /1/ N.N.:  
Prognose zur Entwicklung des Backgewerbes, Cologne Communication Management GmbH, Cologne, 1999
- /2/ Schneeweiß, R.; Klose, O.:  
Technologie der Backwarenproduktion, VEB Fachbuchverlag Leipzig, 1981, 1. Aufl.
- /3/ Amend, T.:  
Vom Mehl zum Brot – Beobachtungen zur Teigstruktur, Vortrag zur 45. Tagung für Bäckerei-Technologie, Detmold, 18.-20.10. 1994
- /4/ Amend, T.:  
Grundlagen der Teigbereitung bei Weizen und Roggenteigen, In: Handbuch Backwaren, Behr's Verlag, Hamburg, Grundwerk 1/96
- /5/ Zehle, F.:  
Verbesserung teigrheologischer Eigenschaften von Weizenteig durch zielgerichtete Mehlbenetzung, Getreide Mehl und Brot, 55. Jahrgang - Heft 1 - Januar/Februar, S. 19-25
- /6/ Bindrich, U.:  
Verfahren der Backwarenproduktion, Universitätskurs: TU Dresden, 1991
- /7/ Zehle, F.: Bäckermeisterkurs „Kneten“, IGV GmbH, 2009
- /8/ Jaenecke, H.-U.; Zehle, F.: Innovationen zur kontinuierlichen Knetung, 6. Deutscher Bäckerei-Filialtag, 5.-6.03.2002, Düsseldorf
- /9/ Zehle, F. : Kontinuierliches Kneten von fett- und zuckerreichen Teigen, Snack & Backwaren Symposium, Solingen, 28./29.10.2002
- /10/ Zehle, F.: Bedeutung der Benetzung und Hydratation des Weizenmehls beim Kneten von Teigen, 53. Tagung für Bäckerei-Technologie Detmold, 4.-5.11.02
- /11/ Zehle, F.: Die gezielte Benetzung von Mehlen, Handbuch Backwaren Technologie, Behr's Verlag Hamburg , 1. Akt.-Lfg. 07/03
- /12/ Zehle, F.; Freund, W.: Optimization of Flour Moisture in Milling and Baking: Theoretical Principles and Technical Realization, In: Future of Flour –A Compendium of Flour Improvement [Popper, Schäfer, Freund], Mühlenchemie GmbH and Agrimedia GmbH, 2006, S. 391-402