

Brot aus der Fabrik: Ein Beispiel der industriellen Lebensmittelproduktion

Wohl kaum ein Lebensmittel ist in unserem Kulturkreis derart alltäglich und symbolträchtig zugleich wie das Brot. Brot gilt oft als Nahrungsmittel schlechthin. Brotmangel erinnert an Notzeiten, während ein voller Brotkorb ein Zeichen dafür ist, dass unsere Lebensmittelversorgung funktioniert.

Felix Escher

Brot – ein Traditionsprodukt im Industriezeitalter

Brot ist mit zahlreichen und bedeutungsvollen Traditionen verbunden. Dennoch hat das traditionsreiche Lebensmittel im Verlaufe der letzten Jahrzehnte markante Wandlungen durchgemacht. Nicht was das Produkt selbst anbelangt, denn Brot ist immer noch Brot. Sondern vielmehr in der Organisation des Herstellungsprozesses, indem industrielle Betriebe für einen erheblichen Teil der Brotherstellung die kleingewerblichen Bäckereien abgelöst haben.

Brot ist von den Rationalisierungsbestrebungen und der daraus folgenden Industrialisierung ebenso betroffen wie viele andere Lebensmittel. In der Getreidemüllerei als Vorstufe zur Brotbereitung hat der Industrialisierungsprozess ja schon wesentlich früher begonnen. Allerdings hat sich schon bald gezeigt, dass der Grösse von Grossbäckereien oder Brotfabriken und damit der Konzentration auf wenige Einheiten Grenzen gesetzt sind. Ein wichtiger Grund für die Grössenbegrenzung liegt im hohen Qualitätsanspruch, den der durchschnittliche Konsument an das Traditionsprodukt Brot nach wie vor stellt. So einfach die Herstellung von Brot erscheint – wer hat nicht schon einmal selber einen



Typische Struktur eines Brotes mit der trockenen, knusprigen Kruste und der luftigen, weichen, elastischen Krume (Aufnahme von Béatrice Conde-Petit, ETH Zürich).

Teig geknetet und ein Brot gebacken –, die chemischen und physikalischen Prozesse, die dabei ablaufen, sind doch so komplex, dass sich eine industrielle Anlage zur Herstellung von qualitativ einwandfreiem Brot in der Kapazität nicht ohne Weiteres beliebig aufstocken lässt. In der kleinräumigen Schweiz sind zudem regionale Unterschiede im Qualitätsanspruch zu berücksichtigen, die in die Gestaltung auch eines industriellen Herstellungsprozesses einfließen müssen. Um den vielfältigen Anforderungen unseres Brotmarktes zu genügen, hat sich deshalb in den letzten Jahren ein Nebeneinander an industrieller, gewerblicher und sogar auch wieder vermehrt häuslicher Brotbereitung entwickelt. Hinzu sind Convenience-Produkte in der Form von kürzer oder länger haltbaren Teiglingen gekommen, die in den Hausbäckereien der Grossverteiler, in Catering-Betrieben oder zu Hause fertig gegart und ausgebacken werden können.

Brotqualität – ein vielschichtiger Begriff

Die Einführung der industriellen Brotherstellung hat es mit sich gebracht, dass sich Diskussionen um die Brotqualität oft auf den Vergleich von «Industriebrot» mit kleingewerblich oder selber bereitetem Brot beschränken. Ein manchmal nicht unbeträchtliches Misstrauen der industriellen Lebensmittelproduktion gegenüber führt in Konsumentenkreisen ganz allgemein dazu, dass Qualitätsdiskussionen nur aus diesem Blickwinkel geführt werden. Das Misstrauen gründet unter anderem in der Nichteinsehbarkeit der industriellen Prozesse und damit in einem Verlust der Erfahrung mit der Herstellung unserer Lebensmittel.

Oft werden Industrieprodukte sogar als weniger zuträglich betrachtet. Hierzu ist zu bemerken, dass die industrielle und gewerbliche Lebensmittelproduktion denselben gesetzlichen Bestimmungen unterliegt, die im

Lebensmittelgesetz und in den verschiedenen Verordnungen festgeschrieben sind. So sind sowohl die Zutaten und die zugelassenen Zusatzstoffe als auch Brot selber völlig unabhängig vom Produktionsvolumen definiert. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass sich weder die gesundheitliche Unbedenklichkeit respektive toxikologische Sicherheit noch die ernährungsphysiologische Qualität von Lebensmitteln aus dem Masstab von Produktionsanlagen und Betrieben ableiten lassen. Was zählt, sind allein die Verwendung von einwandfreien Rohstoffen und der Einsatz der GHP, der «Guten Herstellungspraxis», unter strikter Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben.

Die gesundheitliche Sicherheit und der Nährwert sind zwar als sogenannte physiologische Qualitätsfaktoren notwendig, aber sicher nicht hinreichend, wenn es um die Frage der Akzeptanz von Brot durch den Konsumenten geht. Vielmehr entscheiden die sensorischen Eigenschaften über Beliebtheit und Bevorzugung. Und in dieser Beziehung gehen die Meinungen natürlich auseinander, was ein «gutes» Brot ist. Ein verbindlicher sensorischer Standard existiert nicht. Beliebtheit und Bevorzugung werden nur schon durch die Brotrezeptur bestimmt, je nachdem, ob es sich um ein Normalbrot – bestehend aus Weizenmehl, Wasser, Speisesalz sowie Backhefe oder Sauerteig – oder ein Spezialbrot mit Zutaten wie Milch, Fett oder Früchten handelt. Damit kann auch nicht gesagt werden, dass ein industriell hergestelltes Brot grundsätzlich schlechter schmeckt als das selber gebackene Produkt.

Brotstruktur – Basis der Brotherstellung

Wenn in der Brotvielfalt dennoch ein gemeinsames sensorisches Merkmal genannt werden muss, so ist es sicher die Struktur des Brotlaibes mit einer mehr oder weniger ausgeprägten knusprigen Kruste und einem weichen luftigen Inneren, auch Krume genannt. Alle Technologien der Brotherstellung zielen deshalb darauf ab, diese zwei Strukturmerkmale im Endprodukt in der gewünschten Ausprägung zu garantieren. Das meiste der traditionellen häuslichen und vieles der gewerblichen Strukturoptimierung basierte auf generationenlanger Erfahrung und damit auf Empirie. Die

Industrialisierung der Teig- und Brotherstellung verlangte deshalb erhebliche getreide- und bäckereitechnologische Forschungsanstrengungen, um die Transformation der Inhaltsstoffe von Mehl zu verstehen und daraus die Rezepturanpassungen und die Auslegung der technischen Einrichtungen vornehmen zu können.

Zur Entwicklung der Struktur von Normalbrot nutzt man die spezifischen Eigenschaften der beiden Hauptkomponenten von Weizenmehl, nämlich einerseits der Proteine aus dem Endosperm des Weizenkorns und andererseits der Stärke. Die als Reservestoffe eingelagerten Proteine des Weizenendosperms nehmen unter allen Getreidearten eine Sonderstellung ein, indem sie sich während der Teigbereitung unter Wasserzugabe zum Kleber, zum räumlichen visko-elastischen Netzwerk aufbauen. In das Klebernetzwerk sind die Stärkekörner eingelagert, und die elastischen und filmbildenden Eigenschaften des Klebers sorgen dafür, dass das von der Hefe während der Gare produzierte Kohlendioxid im Teig zurückgehalten wird und die Teigstruktur lockern kann. Die komplexe chemische Struktur der Kleberproteine ist heute in Detail bekannt, unter anderem nicht zuletzt auch durch die Abklärungen der molekularen Ursache für die Zöliakieerkrankung.

Die Stärke als zweite Hauptkomponente des Weizenmehles liegt in Form von Stärkekörnern mit teilweise kristalliner Anordnung der Stärkepolymere vor und übernimmt ihre strukturgebende Funktion erst während des Backprozesses. Mit dem Temperaturanstieg im Backofen quellen die Stärkekörner im Wasserüberschuss des Teiges auf, und die kristallinen Regionen schmelzen auf. Der als Verkleisterung bezeichnete Vorgang führt wiederum zu einer räumlichen Struktur, die nach dem Back- und Abkühlvorgang einerseits die weiche elastische Eigenschaft der Brotkrume unterstützt. In der Brotkruste erstarrt andererseits die Stärkemasse durch den Wasserverlust zur trockenen knusprigen Struktur. Mit der Verkleisterung der Stärke wird diese Komponente auch verdaulich; ohne thermischen oder mechanischen Aufschluss der Stärkekörner sind die Stärkepolymere im menschlichen Magen-Darm-Trakt nur beschränkt abbaubar.

Kleber und Stärke erhalten ihre gewünschte Struktur im Teig und im Brot nur dann, wenn Wasser in der genau

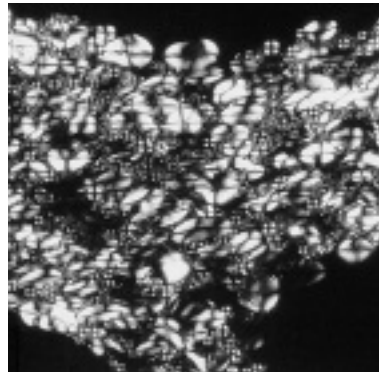
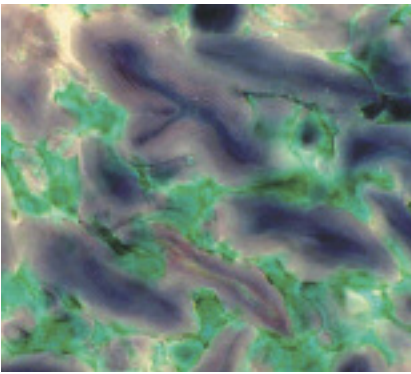
richtigen Menge vorliegt. Die Zugabe von Wasser zu Beginn des Misch- und Knetprozesses, fachtechnisch als Wasserschüttung bezeichnet, stellt einen Bestandteil der Rezeptur, der nicht nur von der Mehlqualität, sondern auch in starkem Masse von den Knet- und Formmaschinen und von der zeitlichen Führung des Knet-, Gar- und Backprozesses bestimmt wird. Nicht nur im gewerblichen Betrieb, sondern auch in der Brotfabrik ist die Wasserschüttung laufend zu optimieren, was wiederum darauf hinweist, dass eine übermäßige Dimensionierung von industriellen Knet-, Gar- und Backstrassen kaum zur gewünschten Qualität des Endproduktes führt.

Backhilfsmittel – Beschränkung auf das Notwendige

Schon seit Langem hat man erkannt, dass die erwünschten ausgeprägten elastischen Eigenschaften von Weizenkleber zu einem wichtigen Teil auf der oxidativen Vernetzung der Proteinstränge durch die Bildung von Disulfidbrücken aus der schwefelhaltigen Aminosäure Cystein beruht. Aus dieser Erkenntnis ist einerseits die Erfahrung erklärbar, dass sich eine gewisse Mehllalterung nach dem Mahlprozess und die damit verbundene Oxidation von Mehlkomponenten positiv auf die Kleberentwicklung und die Teigstruktur auswirken. Andererseits wurden auf dieser Basis verschiedene oxidativ wirkende Backhilfsmittel bereitgestellt, deren Einsatz jedoch nach schweizerischer Gesetzgebung seit jeher sehr stark eingeschränkt war.

Von all den vorgeschlagenen Oxidationsmitteln ist bei uns in der Zusatzstoffverordnung nur die Zugabe von L-Ascorbinsäure erlaubt. Ascorbinsäure weist ja an sich reduzierende Eigenschaften auf, wird aber in der ersten Phase der Teigbereitung zu Dehydroascorbinsäure oxidiert und wirkt dann als Oxidationsmittel auf den Kleber. Statt Ascorbinsäure dürfen dem Normalmehl allenfalls Pulver der getrockneten Acerolafrucht, einer Ascorbinsäure-reichen Kirschenart, oder andere geeignete Lebensmittel mit hohem Ascorbinsäuregehalt zugegeben werden. Abgesehen von Ascorbinsäure als Oxidationsmittel ist zur Optimierung der Teigqualität auch die Zugabe von isoliertem getrocknetem Weizenkleber gestattet.

Diesen und weiteren hier nicht genannten Zusätzen sind nicht nur ge-



Lichtmikroskopische Aufnahmen der Brotstruktur: Links ein Schnitt durch die Krume mit dem grün eingefärbten Kleberprotein und den blau-violett eingefärbten gequollenen Stärkekörnern mit den beiden Polymerfraktionen Amylose (tiefblau) und Amylopektin (hellviolett). Rechts ein Schnitt durch die Kruste im polarisierten Licht mit den nur schwach gequollenen Stärkekörnern und mehrheitlich noch kristallin vorliegenden Stärkopolymeren (Aufnahmen von Susanna Hug-Iten und Stephan Handschin, ETH Zürich).

setzlich, sondern auch technologisch enge Grenzen gesetzt. Entscheidend für eine einwandfreie Strukturentwicklung sind nach wie vor eine hohe Qualität des Brotweizens und des daraus gewonnenen Mehles sowie die technische Auslegung des Misch- und Knetprozesses. Auch im industriellen Prozess der Brotherstellung wird nur schon aus Kostengründen Wert auf die Minimierung des Einsatzes von Backhilfsmitteln gelegt.

Altbacken von Brot – Brot als Frischprodukt

Unmittelbar nach dem Backprozess beginnt Brot zu altern. Man spricht vom Altbacken, das zum einen zu einem Verlust des attraktiven Backaromas und andererseits zu Veränderungen der Brotstruktur führt. Die trockene Kruste wird weich und gummig, da sie durch Diffusionsvorgänge Wasser aus der Krume aufnimmt. Die Krume wird hart, einerseits weil dieser Teil des Brotlaibes etwas Wasser verliert, vor allem aber, weil die Stärkefraktion eine als Retrogradation bezeichnete Umwandlung durchläuft. Im Prinzip handelt es sich um eine teilweise Rekristallisation der Stärkopolymere.

Auch mikrobiologisch ist normales Brot nicht stabil. Wenn es nicht stärker austrocknet, beginnt es bei Raumtemperatur nach einigen Tagen zu verschimmeln.

Brot stellt deshalb ein Frischprodukt dar, und die tägliche Produktion wird zur Regel. Was das Altbacken betrifft, sind allerdings von Brottyp zu Brottyp grosse Unterschiede im Ausmass der Brotalterung festzustellen. Dunkle Mehle mit einem hohen Ausmahlungsgrad verzögern das Altbacken durch den Einfluss des höheren Anteils von Nicht-Stärke-Komponenten im Voll-

korn- und Ruchmehl gegenüber dem Halbweiss- und Weissmehl. Es ist allgemein bekannt, dass Weissbrot besonders rasch altbacken wird. Deshalb sagt man in Paris, dass man eine aus Weissmehl gebackene Baguette anbeissen soll, bevor man nach dem Einkauf in der Bäckerei seine Wohnung erreicht hat ...

Da Vollkornmehl den Keimling des Weizenkorns mit einschliesst, weist Vollkornbrot einen höheren Gehalt an Lipiden auf. Lipide vermögen die Stärkeretrogradation zu verlangsamen. Vollmilchhaltige Brote altern deshalb auch langsamer. Die Verwendung von Lipiden, insbesondere von Emulgatoren, ist nach Zusatzstoffverordnung für gewisse Brottypen zur Verzögerung des Altbackens erlaubt. Davon wird unter anderem für die Herstellung von Toastbrot aus Weissmehl Gebrauch gemacht.

Eine weitere Möglichkeit zur Verzögerung der Retrogradation besteht darin, die Stärkopolymere ganz leicht abzubauen, indem der Rezeptur vor der Teigbereitung stärkeabbauende Enzyme zugesetzt werden. Diese Enzyme wirken in der Gärungsphase und werden im Backprozess wieder inaktiviert. Sie gelten deshalb lebensmittelrechtlich als Hilfsmittel und nicht als Zusatzstoffe. Nach heutigem Stand der Kenntnisse gelten die Enzympräparate in der inaktivierten Form im Brot als gesundheitlich unbedenklich. Hingegen sind im Produktionsbetrieb selber Vorsichtsmassnahmen zur Verhinderung einer möglichen Inhalation der Präparate notwendig. Für die Herstellung der klassischen Brotsorten gelangen diese Enzympräparate bei uns ohnehin nicht zur Anwendung.

Schliesslich werden Geschwindigkeit und Ausmass der Stärkeretrogradation und des Altbackens stark durch die

Temperaturverhältnisse kontrolliert. Würde man ein Brot immer bei Temperaturen über 60 °C lagern, würde die Stärke überhaupt nicht retrogradieren. Umgekehrt ist die Retrogradation am schnellsten bei Kühlschranktemperaturen um 5 °C. Das bedeutet einerseits, dass altbackenes Brot durch kurzes Aufbacken wieder weicher wird, und dass man andererseits die Kühllagerung durch die Gefrierlagerung ersetzen muss. Die Gefrierlagerung ist eine heute gängige Methode der Haltbarmachung von Brot. Alternativ sind tiefgefrorene vorgebackene Brote oder tiefgefrorene Teiglinge populär geworden.

Zur Stabilisierung vor Verschimmelung von Brot in hermetisch verschlossenen Beutelpackungen steht die Pasteurisation oder die Anwendung der Konservierungsmittel Sorbinsäure und Propionsäure zur Verfügung. Der Einsatz dieser auch in der Natur vorkommenden Konservierungsstoffe ist wiederum in der Zusatzstoffverordnung geregelt.

Deklaration – Transparenz als Gebot

Gerade weil der Konsument die industrielle Brotbereitung nicht ohne Weiteres vor Ort einsehen und erfahren kann, ist er auf eine offene Information angewiesen. Der Gesetzgeber hat diese Notwendigkeit parallel zur fortschreitenden Industrialisierung der Lebensmittelindustrie erkannt und verlangt heute im Abschnitt «Kennzeichnung von Lebensmitteln» der Verordnung über Lebensmittel- und Gebrauchsgegenstände eine umfassende Deklaration. Sie gilt nicht nur für verpackte Lebensmittel, bei denen die Information auf den Etiketten aufgedruckt ist. Auch für offen angebotene Lebensmittel – und das gilt in besonderem Masse für viele Brotsorten – ist in gleicher Weise zu informieren. Es besteht kein Zweifel, dass sowohl das Bäckereigewerbe als auch die Grossbäckereien der Verteilorganisationen sich ihrer grossen Verantwortung in der Versorgung der Bevölkerung mit dem Grundnahrungsmittel Brot nach wie vor bewusst sind und dieser Informationspflicht im Sinne der Vertrauensbildung nachkommen. ■

Autorenadresse:

Prof. Dr. Felix Escher
Institut für Lebensmittel- und Ernährungswissenschaften
ETH Zürich, 8092 Zürich