Ausgabe 3 / Dezember 2007

Backmittelinstitut
Informationszentrale für
Backmittel und Backgrundstoffe
zur Herstellung von Brot
und Feinen Backwaren e.V.

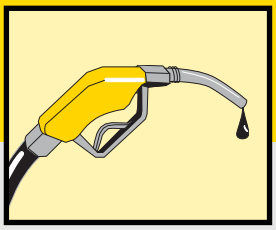
bmi aktuell

Neues aus dem Backmittelinstitut

2

Diabetes mellitus

Chronische Störung des Stoffwechsels



5

Biokraftstoffe

Volle Tanks und leere Teller – Die Verknappung und Verteuerung von Nahrungsmitteln durch Biosprit

9

Ein schwieriger Dialog

Von den Verständigungsproblemen zwischen Experten und der Bevölkerung

10

Faszination Brot

Das „Wunder der Brotherstellung“

Liebe Leser,

die Themen in dieser dritten Ausgabe von bmi-aktuell können unterschiedlicher nicht sein! Wir werden viel von Ihnen abverlangen, sollten Sie die Absicht haben, das Heft in einem Zug durchlesen zu wollen. Es sind zumindest gedankliche „Quantensprünge“ notwendig, um sich auf die Ideen und Ausführungen des jeweils nächsten Fachartikels einlassen zu können! Langer Rede kurzer Sinn: Wir informieren Sie diesmal über die wichtigsten Ansätze zur erfolgreichen Behandlung von Diabetes-Patienten, die Risiken eines forcierten Anbaus von Pflanzen zur Energiegewinnung, die Vielschichtigkeit und Komplexität der Kommunikationsprobleme zwischen Experten und Bevölkerung und Teil I des Wunders der Brotherstellung.

Wir werden neben dieser „offiziellen“ Ausgabe noch eine Sonderveröffentlichung unseres bmi-aktuell herausgeben mit einem Prüfungsschema für die „Kennzeichnung von Lebensmittelzusatzstoffen in Backwaren“ – zwar nur ein einziges Thema, das es aber „in sich hat“! Sie finden die Sonderausgabe als pdf-Datei auf unserer Homepage unter *www.backmittelinstitut.de/files/07_bmi_aktuell_sonder.pdf.*

Ihnen allen ein besinnliches Weihnachtsfest, kommen Sie gesund und gut erholt in das Neue Jahr!

Ihr BMI-Team

PS.: Alle bisherigen Ausgaben **bmi-aktuell** finden Sie als pdf-Dateien auf unserer Homepage **www.backmittelinstitut.de** und **www.backmittelinstitut.at.** Besuchen Sie uns im Internet!

Diabetes mellitus

Alexandra Groot, Darmstadt

Unter dem Begriff Diabetes mellitus werden verschiedene Krankheitsformen einer chronischen Störung des Stoffwechsels zusammengefasst, denen gemeinsam ist, dass sie zu erhöhten Blutzuckerwerten führen.
Am weitesten verbreitet sind Diabetes Typ I- und Typ II. In etwa 5 % aller Erkrankungsfälle handelt es sich um Diabetes Typ I. Diese Form tritt vorwiegend bei Kindern, Jugendlichen oder jungen Erwachsenen auf. Diabetes Typ I wird den Autoimmunerkrankungen zugeordnet. Im Rahmen des Krankheitsverlaufs werden die Insulin produzierenden Zellen der Bauchspeicheldrüse zerstört, wodurch es zu einem absoluten Mangel an Insulin kommt. Die Krankheit ist gegenwärtig nicht heilbar, lässt sich aber mit Insulin behandeln.

Die Mehrheit aller Patienten (80–90 %) erkrankt an Diabetes Typ II. Das Krankheitsbild tritt typischerweise im mittleren Alter auf, kommt aber auch zunehmend in jüngeren Jahren vor. Begünstigt wird das Auftreten durch ein Zusammenspiel genetischer Faktoren und äußerer Einflüsse wie beispielsweise Übergewicht und Bewegungsmangel. Der allmähliche Ausbruch der Erkrankung ist unter anderem auf eine zunehmende Unempfindlichkeit der Muskel-, Leber- und Fettzellen gegenüber dem Hormon Insulin zurückzuführen. Die Bauchspeicheldrüse produziert zunächst vermehrt Insulin, kann jedoch den erhöhten Bedarf irgendwann nicht mehr decken. Unmittelbare Folge ist ein Anstieg der Blutzuckerwerte, weil Glukose nicht in genügendem Maße von der Blutbahn in die Körperzellen überführt werden kann. Im Verhältnis zum hohen Blutzuckergehalt ist zu wenig Insulin vorhanden. Unter Berücksichtigung der zusätzlichen Bildung des Hormons Glucagon ergibt sich schließlich eine Verlagerung des Stoffwechsels von Kohlenhydraten zu Fetten. Betroffene mit dieser Konstellation tragen ein erhöhtes Risiko für weitere begleitende Erkrankungen. So führt Arteriosklerose zu einer Verschlechterung der Durchblutung im gesamten Organismus. Als Folge erleiden Patienten öfter einen Herzinfarkt oder einen Schlaganfall. Augenerkrankungen treten bei einem Drittel aller Erkrankten auf und können zur Erblindung führen. Diabetes-bedingte Nervenschädigungen und Durchblutungsstörungen sind Ursache einer schlechten Wundheilung. Infolgedessen führen oft selbst geringfügige Verletzungen zu Infektionen. Tatsächlich ist Diabetes in Deutschland die häufigste Ursache für Amputationen der Extremitäten.

Weltweit sind schätzungsweise 230 Millionen Menschen an Diabetes Typ II erkrankt, mit deutlich steigender Tendenz. Jedes Jahr sterben etwa 4 Millionen an Diabetes selbst oder dessen Folgeerkrankungen. Damit stellt Diabetes eine der fünf häufigsten Todesursachen dar. In Deutschland leiden rund 7 Millionen Menschen an Diabetes Typ II. Jedes Jahr kommen rund 300.000

neue Diabetes-Erkrankungen hinzu. Somit nimmt Deutschland Platz sechs auf der Liste der Länder mit der höchsten Zahl Diabetes Typ II-Erkrankter ein.

Bei Diabetikern sollte die Ernährung gut zur Hälfte aus Kohlenhydraten bestehen. Als Berechnungsgrundlage dienen Kohlenhydrataustauscheinheiten (KHE) bzw. Broteinheiten (BE). Eine Einheit setzt sich aus 10–12 g Kohlenhydraten zusammen und ist zum Beispiel in einer kleinen Scheibe Brot oder einem Apfel enthalten. Die Anzahl und Verteilung der Einheiten über den Tag werden für den Patienten in einem Tageskostplan individuell festgelegt (etwa 14–20 BE/Tag). Mit Hilfe von Kohlenhydrataustauschtabellen kann der BE-Gehalt von Nahrungsmitteln ermittelt werden. Insbesondere für Diabetiker, die auf die exogene Gabe von Insulin angewiesen sind, ist eine Abstimmung von Kohlenhydrataufnahme und Insulinzufuhr wichtig. Neben der aufgenommenen Menge ist die Geschwindigkeit, mit der Kohlenhydrate in das Blut gelangen, ein wichtiger Parameter. Man spricht in diesem Zusammenhang vom glykämischen Index (GI). Er ist ein Maß für die blutzuckersteigernde Wirkung von Kohlenhydraten aus verschiedenen Lebensmitteln im Verhältnis zu reinem Traubenzucker. Eine Ernährung aus Vollkornprodukten, frischem Obst und Gemüse sowie Hülsenfrüchten und Kartoffeln ist empfehlenswert. Der hohe Anteil an Stärke und Ballaststoffen verhindert hier einen schnellen Anstieg des Blutzuckerspiegels. Hingegen sind Kohlenhydrate, die in zuckerhaltigen Süßigkeiten, Konfitüren und Limonaden enthalten sind, leicht zu mobilisieren. Sie führen zu Blutzuckerspitzen und zeichnen sich durch einen hohen glykämischen Index aus.

Der Anteil aufgenommener Eiweiße sollte ein Fünftel des Nährstoffhaushalts nicht überschreiten. Bevorzugt wird ein höherer Anteil pflanzlicher gegenüber tierischer Eiweiße. Ein besonderes Augenmerk liegt hier auf der Verwendung von Lebensmitteln mit hoher biologischer Wertigkeit.

Schließlich ist auf eine fettarme Ernährung zu achten, weil Diabetes durch eine Verlagerung des Metabolismus von Kohlehydraten zu Fettsäuren gekennzeichnet ist. Empfehlenswert sind überdies Lebensmittel mit einem hohen Gehalt einfach und mehrfach ungesättigter Fettsäuren.

Zwei Fallbeispiele machen deutlich, wie wichtig die Kontrolle der Ernährung für Diabetiker ist. Bei der Hypoglykämie sinkt der Blutzuckergehalt unter etwa 50 mg/dl. Ursachen können in zu geringer Nahrungsaufnahme oder dem zeitlichen Abstand zweier Mahlzeiten liegen. Zudem ist der Einfluss von Alkohol oder die Ausübung körperlicher Tätigkeiten zu nennen. Die Symptome der Unterzuckerung reichen von Schwächegefühl und Gleichgewichtsstörungen bis zu Bewusstlosigkeit. Hier ist für einen schnellen Anstieg des Blutzuckerspiegels durch Einnahme von Nahrungsmitteln mit einem hohen BE-Gehalt sowie schneller Verfügbarkeit zu sorgen (z. B. Traubenzucker, Limonade).

Hingegen wird von einer Hyperglykämie gesprochen, wenn der Blutzuckergehalt auf Werte zwischen 250–500 mg/dl und darüber hinaus ansteigt. Die Überzuckerung kann Folge einer falschen Ernährung sein oder durch Infektionen ausgelöst werden. Symptome sind hier Krämpfe in der Muskulatur, starkes Durstgefühl, Müdigkeit sowie Übelkeit, die im weiteren Verlauf durch einen niedrigen Blut-pH-Wert und Dehydratisierung bis zum Koma führen kann. Daher ist stets auf eine ausreichende Flüssigkeitszufuhr zu achten. Anhand der Notwendigkeit eines konstanten Blutzuckerspiegels wird der Beitrag deutlich, den eine bewusste Ernährung unter Berücksichtigung von Zeitpunkt und Zusammensetzung leisten kann.

Neben der Notwendigkeit einer genauen Kontrolle der Blutzuckerwerte ergibt sich für Diabetiker eine Verträglichkeit gegenüber Zucker von etwa 50 g pro Tag. Daher ist der Verzehr bestimmter Lebensmittel nicht grundsätzlich ausgeschlossen. So trägt der Inhalt eines Fruchtjoghurts oder eines Stückes Rührkuchen nicht maßgeblich zum Überschreiten dieser Menge bei.

Spezielle Diabetikerlebensmittel, die Anforderungen an solche Lebensmittel sind in der Diätverordnung (DiätVO, § 12) geregelt, enthalten anstelle von üblichem Zucker Fruktose und/oder Süßungsmittel wie Zuckeralkohole (z. B. Sorbit, Xylit) und Süßstoffe (u. a. Saccharin, Cyclamat, Aspartam). Die Zuckeraustauschstoffe werden vom Körper langsam aufgenommen. Bei größeren Mengen wirken sie jedoch abführend, entwässernd und können zu Magen-, Darmbeschwerden führen. Daher muss gemäß Zusatzstoffzulassungsverordnung (ZZulV § 9 Abs. 5) der Hinweis „kann bei übermäßigen Verzehr abführend wirken“ angebracht werden,

Diabetiker-Erdbeer-Joghurt-Sahnecreme

Diabetiker Erdbeer-Joghurt-Sahnecreme

Zucker wurde ersetzt durch Zuckeraustauschstoff Sorbit (12,1 g/100 g) und Süßstoff Saccharin.
Daher zur besonderen Ernährung bei Diabetes mellitus im Rahmen eines Diätplanes geeignet.

Brenn- und Nährwertangaben:
100g enthalten durchschnittlich:
1111 kJ = 268 kcal
1,9 BE/1 BE = 54g

Eiweiß	**3,9 g**
Kohlenhydrate	**22,3 g**
Fett	**20,2 g**

Kann bei übermäßigem Verzehr abführend wirken.

Kennzeichnungs-Beschriftung einer Diabetiker-Erdbeer-Joghurt-Sahnecreme

wenn der Gehalt an Zuckeralkoholen (u.a. von Sorbit, Mannit und Isomalt) im Endprodukt mehr als 10 % beträgt. Im Vergleich zu Zuckeraustauschstoffen besitzen Süßstoffe eine vielfach höhere Süßkraft und sind kalorienfrei.

Es gibt ein umfangreiches Sortiment an Diabetikerfeinbackwaren, deren Zusammensetzung in § 12 der Diätverordnung geregelt ist und die mit entsprechenden Angaben zum Nährwertprofil in den Handel kommen. Der Kohlenhydratanteil kann gemäß Diät-VO zusätzlich in BE angegeben werden und die Verpackung gemäß ihrer Zielgruppe gekennzeichnet sein.

Der Verzehr von Lebensmitteln wie Diabetikertorten oder Diabetikerkonfitüren ermöglicht Patienten, auch süße Lebensmittel zu genießen, die im Vergleich zu herkömmlich hergestellten Produkten einen geringeren Einfluss auf den Blutzuckerspiegel haben. Dabei ist zu beachten, dass Diabetikerprodukte wie alle anderen Lebensmittel im Tageskostplan berücksichtigt werden müssen.

Klassische Diabetiker-Backwaren entsprechen weitgehend dem traditionellen Sortiment in Bäckerei und Konditorei. Anstelle von Zucker werden Fructose, Zuckeralkohole und/oder Süßstoffe eingesetzt. Da jedes dieser alternativen Süßungsmittel andere Eigenschaften als Zucker hat, erfordert deren Einsatz eine gewisse Erfahrung und entsprechendes Know-how.

Im backenden Handwerk wird zur Herstellung von Diabetikerbackwaren gerne auf Convenienceprodukte zurückgegriffen. Damit ist durch eine rationelle Herstellung nicht nur eine größere Vielfalt und Abwechslung im Sortiment möglich, sondern vor allem eine hohe Analysensicherheit in Bezug auf die Zusammensetzung gewährleistet.

Fructose (Fruchtzucker) wird als natürliche Alternative zum normalen Zucker (Saccharose) angesehen. Seine Süßkraft ist etwas höher, der Geschmackseindruck wird jedoch häufig als etwas spitz empfunden. Er führt zu sehr starker Bräunung der Gebäcke. In Hefeteigen kann er als Hefenahrung den Gärprozess unterstützen. Fructose hat ebenso viele Kalorien wie Zucker und erfüllt nicht das Kriterium „ohne Zuckerzusatz hergestellt".

Die Zuckeralkohole, auch Polyole genannt (z.B. Sorbit, Maltit, Xylit, Isomalt) haben 40 % weniger Kalorien als Zucker, jedoch in der Regel eine geringere Süßkraft. Sie werden daher meist mit Intensivsüßstoffen kombiniert (z.B. Saccharin, Cyclamat, Acesulfam), die etwa 30–500 mal so süß sind wie Zucker. Süßstoffe können alleine nicht die technologischen Funktionen des Zuckers übernehmen, da ihnen der „Körper" fehlt.

Durch geschickte Kombination der jeweiligen Süßungsmittel ist es möglich, praktisch das gesamte Backwarensortiment in diabetikergeeigneter Qualität herzustellen.

Die „klassischen" Diabetikerbackwaren sind nicht unbedingt kalorienreduziert.

Das Kriterium brennwertreduziert erfordert nach den gesetzlichen Vorschriften eine Kalorienverminderung um mindestens 30 %. Dies ist nicht bei allen Gebäckkategorien zu erreichen, da die kalorienträchtigste Zutat, das Fett, in vielen Backwaren eine zentrale Rolle spielt. Es kann meist nicht beliebig reduziert werden, ohne den ursprünglichen Charakter der Backware, wie er auch in den Leitsätzen für Feine Backwaren der Deutschen Lebensmittelbuch-Kommission und des österreichischen Lebensmittelbuchs (Codex Alimentarius Austriacus) beschrieben wird, in Frage zu stellen.

Dennoch finden sich in jüngster Zeit zunehmend Backwaren und Backmischungen auf dem Markt, die als kalorienreduziert angeboten werden. Diese speziellen Feinen Backwaren und Backmischungen enthalten in der Regel weniger Fett, mehr Ballaststoffe sowie meist eine Kombination von Zuckeralkoholen und Süßstoff als Zuckerersatz. Die Eigenschaften dieser Backwaren sind für Diabetiker insbesondere im Hinblick darauf, dass ein großer Teil der Diabetiker an Übergewicht leidet, vorteilhaft. Darüber hinaus sind sie – jenseits der Zielgruppe „Diabetiker" – für eine allgemeine kalorienkontrollierte Ernährung sehr gut geeignet, da sie auch diejenigen Verbraucher ansprechen, die ihre Zucker- oder Kalorienaufnahme reduzieren und Übergewicht vermeiden möchten.

Zusammenfassend lassen sich für die erfolgreiche Behandlung von Diabetes-Patienten drei Säulen definieren, die zu einer wirkungsvollen Einstellung des Stoffwechsels beitragen. Neben der Anwendung der geeigneten Medikation und körperlicher Bewegung ist insbesondere die Anpassung der Ernährung entscheidend. Im Rahmen einer allgemein gesunden Ernährungsweise können auch speziell zusammengesetzte Backwaren einen Beitrag zur Erhöhung der Lebensqualität leisten. ■

Verwendete Quellen

Daniells, Stephen, 2007: Fibre, magnesium may slash diabetes risk. In: *www. bakeryandsnacks.com/news*

Hexal AG (Hg.), 2005: Fit + aktiv mit Diabetes. Holzkirchen

Lévy, Bernard, 2006: Neue Medikamente für Diabetiker. In: Spektrum der Wissenschaft, S.42-49. Heidelberg

Nestlé Deutschland AG (Hg.), 2006: Diabetes mellitus – ausgewogen essen und trinken mit der ganzen Familie. Frankfurt a.M.

Robert Koch-Institut in Zusammenarbeit mit dem **Statistischen Bundesamt** (Hg.), 2005: Gesundheitsberichterstattung des Bundes Heft 24, Diabetes mellitus. Berlin

Täufel/Ternes/Tunger/Zobel (Hg), 1993: Lebensmittel-Lexikon Bd. 1 und Bd. 2. Hamburg

www.dge.de
www.diabetes.de
www.diabetikerbund.de

Biokraftstoffe – volle Tanks und leere Teller

Martina Bröcker M. A., Bonn

Die Verknappung und Verteuerung von Nahrungsmitteln durch Biosprit

Die Biokraftstoffindustrie hat Konjunktur, doch der Boom birgt auch Gefahren. Die Nahrungsmittelpreise steigen in Deutschland, Europa und weltweit. Die Agrarpolitik steht vor großen Herausforderungen. Auf der einen Seite soll die Abhängigkeit von Öl- und Gasimporten sowie der CO_2-Ausstoß verringert werden, auf der anderen Seite werden Äcker, die bisher für die Nahrungsmittelproduktion eingesetzt wurden, mit Energiepflanzen bewirtschaftet. Dies führt zu einer Konkurrenzsituation zwischen Energie- und Lebensmittelwirtschaft, Anbauflächen für die Nahrungsmittelproduktion werden gegen Böden für die Energieerzeugung ausgespielt. Schon in den nächsten Jahren könnte die Nachfrage nach agrarischen Rohstoffen das Angebot übersteigen. Bereits jetzt ziehen die Preise für Lebensmittel an und diese Entwicklung droht sich fortzusetzen, gefördert und unterstützt durch eine staatliche Subventionspolitik.

Am 10. Januar 2007 hat die EU-Kommission eine überarbeitete Energiestrategie vorgestellt. Der vom Europäischen Rat auf seinem Frühjahrsgipfel 2007 beschlossene Aktionsplan „Eine Energiepolitik für Europa“ schreibt einen Mindestanteil erneuerbarer Energien von 10 % im Kraftstoffbereich für alle Mitgliedstaaten bis 2020 verbindlich vor. Hinzu kommt die Verpflichtung, den Anteil aller erneuerbaren Energien – also Strom, Wärme und Biokraftstoffe – am gesamten Energieverbrauch bis 2020 auf 20 % zu erhöhen. Im Entwurf eines Gesetzes zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich vom 9. Oktober 2007 plant die Bundesregierung einen noch stärkeren Ausbau erneuerbarer Energien. Ihr Anteil an der Stromerzeugung soll bis zum Jahr 2020 auf mindestens 25 % bis 30 % und danach kontinuierlich weiter erhöht werden. Das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) sieht neben dem Biokraftstoffquotengesetz auch Subventionen für die Gewinnung von Strom aus Biomasse vor. Durch die staatliche Begünstigung sind in Deutschland bereits 3.500 Biogasanlagen entstanden, die eine Ackerfläche von 675.000 Hektar in Anspruch nehmen. Vor allem die Anbaufläche von Mais für die Biogasproduktion hat sich in kürzester Zeit verdoppelt. Für das Jahr 2010 muss mit 10.000 Biogasanlagen gerechnet werden, die 1,5 Millionen Hektar Anbaufläche benötigen werden. Dies entspricht 12,5 % der gesamten Ackerfläche in Deutschland (Schätzungen des Instituts für Strukturforschung und Planung in agrarischen Intensivgebieten [ISPA], Vechta). Eine ähnliche Entwicklung zeigt die Produktion von Bioethanol in Deutschland auf. Die zur Zeit bestehenden Bioethanolanlagen benötigen bereits 1,9 Millionen Tonnen Agrarrohstoffe (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Juli 2007). Betroffen sind vor allem Brot- und Futtergetreide. Der Bedarf erhöht sich mit den derzeit im Bau befindlichen Anlagen auf 3,1 Millionen Tonnen. Berücksichtigt man die weiteren Planungen für den Bau von Bioethanolanlagen, würden hier bereits 19 % (8,1 Millionen Tonnen) der deutschen Gesamtgetreideernte für die Produk-

Rapsfeld in der Blüte

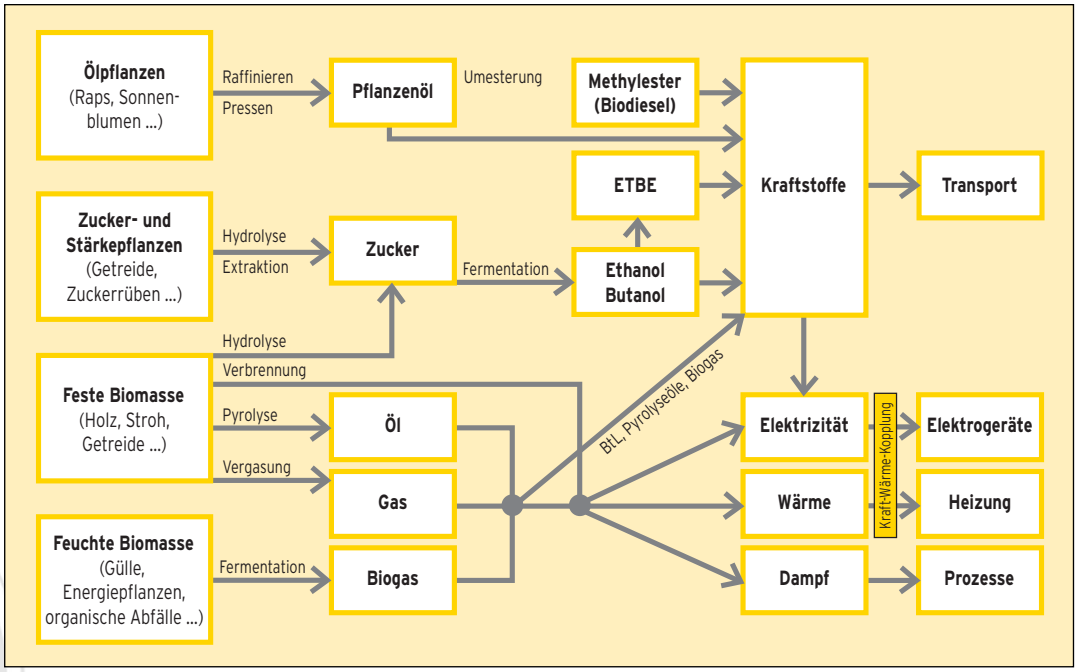
tion von alternativen Kraftstoffen verarbeitet.

Die staatliche Einflussnahme und Steuerung fördert einen künstlichen Markt, der sich nicht mehr selbst reguliert, sondern Rohstoffknappheiten und Engpässe in der Lebensmittelversorgung provoziert. Die Nachfrage nach den Ausgangsmaterialien für Biokraftstoffe hat bereits die Verfügbarkeit von Rohstoffen beeinträchtigt und die Preise in die Höhe getrieben. Diese Marktverzerrungen zugunsten der Produktion von Biodiesel und Bioethanol können von der nicht subventionierten Lebensmittelwirtschaft nicht mehr aufgefangen werden und treiben die Lebensmittelherstellung in eine Engpass-Situation.

Die Auswirkungen einer solchen Politik werden in erster Linie die Verbraucher zu tragen haben. Die Lebensmittelpreise steigen unaufhaltsam. Für die nächsten zehn Jahre sagt der Agrarausblick der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) und der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) um 20 % bis 50 % höhere Nahrungsmittelpreise voraus. Der rasant zunehmende Anbau von Biokraftstoffen wird als einer der wesentlichen Gründe für die weltweiten Preissteigerungen identifiziert: „Der steigende Einsatz landwirtschaftlicher Erzeugnisse als Ausgangsmaterial für eine schnell wachsende Biokraftstoffindustrie ist eine der wichtigsten … Ursachen für den weltweit deutlichen Anstieg der Preise für diese Erzeugnisse“. Agrarexperten rechnen mit einer dramatischen Verknappung bei Nahrungsmitteln. Indien und China werden riesige Mengen Getreide importieren müssen. Anfang Juli 2007 hat Peking die weitere Verarbeitung von Getreide zu Bioenergie verboten, um der drohenden Nahrungsmittelknappheit im eigenen Land entgegensteuern zu können. Die Ukraine, als einstige Kornkammer bekannt, hat eine Exportsperre verhängt. Die Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft GmbH (ZMP) in Berlin spricht bereits von einem Paradigmenwechsel auf den Weltmärkten.

In Deutschland wurde Butter innerhalb kürzester Zeit um 50 Prozent teurer. Andere Grundnahrungsmittel wie Brot, Fleisch, Nudeln folgen oder sind bereits deutlich teurer geworden. Weizen, Mais und Raps haben sich um etwa 80 % bis 100 % verteuert. Weitere Preissteigerungen sind abzusehen. Da auch das Futter für Nutztiere wie Schweine, Kühe oder Hühner entschieden teurer wird, ändern viele Landwirte die Struktur ihrer Betriebe. Sie verkaufen das Vieh, pflügen die Weiden um und bauen Mais, Weizen oder Raps für die Biokraftstoffproduktion an. Dies ist ihnen auch nicht zu verübeln, bringt doch der Anbau von Energiepflanzen Mehreinnahmen und erfordert keinerlei Qualitätskontrolle wie für die Herstellung von

Grafik 1: Energetische Verwertung nachwachsender Rohstoffe



Quelle: Dr. Michael Grunert, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft. Ergänzt nach „Boosting Bioenergy in Europe“, AEBIOM, 2006,

Lebensmitteln: Intensivdüngungen und Pestizide erlaubt, denn dass Enderzeugnis wandert in den Ofen! Hierdurch wird ein unumkehrbarer Weg eingeschlagen, der die grundlegende Struktur der deutschen Land- und Lebensmittelwirtschaft dramatisch verändern wird.

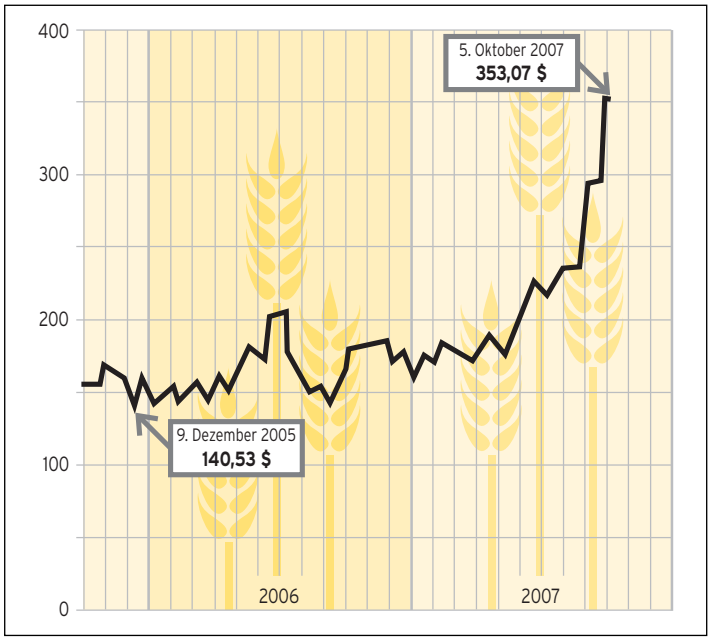
Verschiedene nationale und internationale Institutionen schlagen bereits Alarm und fordern eine politische Kehrtwende:

- In ihrem Bericht von Anfang September 2007 fordert die OECD die Abschaffung der Subventionen. Die staatliche Förderung alternativer Energiequellen führe nicht nur zu überdurchschnittlichen Preissteigerungen bei Lebensmitteln, sondern trage zur Zerstörung natürlicher Lebensräume bei. Politiker griffen drastisch in den Markt zugunsten einer nicht erprobten Technik ein, deren positive Wirkung auf das Klima angezweifelt wird. Mit Hilfe von Biokraftstoffen würde der CO_2-Ausstoß um bestenfalls 3 % verringert werden.

- Auch das ifo-Institut für Wirtschaftsforschung sieht in Biokraftstoffen der ersten Generation entgegen anders lautender Behauptungen keine wirksame Option zur CO_2-Reduktion.

- Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) in Berlin kommt in seinem Sondergutachten „Klimaschutz durch Biomasse“ vom 12. Juli 2007 u. a. zu dem Schluss, dass vor allem das Ausbauziel für Biokraftstoffe zugunsten der anderen Verwendungen nach unten korrigiert werden sollte.

- Der größte deutsche Umweltverband BUND lehnt die Verbrennung von Getreide zur Energieerzeugung als agrarpolitisch kontraproduktiv und ethisch bedenklich ab und fordert die Kopplung staatlicher Fördermaßnahmen an den Nachweis der Nachhaltigkeit. Das weltweit größte Netzwerk unabhängiger Umweltgruppen, Friends of the Earth, warnt eindringlich vor den umwelt- und sozialpolitischen Folgen der europäischen Zielvorgaben-Politik. In einer e-mail-Aktion an die Abgeordneten des Europäischen Parlaments wird die Abkehr von der verbindlichen Festlegung des Biosprit-Anteils von 10 % im Tank bis 2020 gefordert.



Grafik 2: Entwicklung des Weizenpreises pro Tonne an der Getreidebörse in Minneapolis, USA

Quelle: Thomson Financial Datastream

Aus Verbrauchersicht hat die Subventionierung alternativer Energien und der Beimischungszwang ausschließlich negative Konsequenzen, denn der Verbraucher muss die „Rechnung bezahlen“:

- über höhere Benzinpreise,
- über teuere Lebensmittel aus pflanzlicher Produktion und
- auch über teuere tierische Lebensmittel aufgrund steigender Futterkosten.

Fazit ist, dass letztendlich nur eine kleine Gruppe von „Produzenten“ von der staatlichen Begünstigungspolitik profitieren wird, alle anderen gesellschaftlichen Gruppierungen und auch die Umwelt werden die Verlierer sein. Den erhofften positiven Auswirkungen eines forcierten Biokraftstoffanbaus steht eine Vielzahl von „unbeabsichtigten“ Folgen und Risiken gegenüber:

- Land ist eine begrenzte Ressource und steht nicht in genügendem Ausmaß zur Verfügung, um sowohl die Biokraftstoffnachfrage als auch die Nachfrage nach Nahrungs- und Futtermitteln zu gewährleisten.

- Die staatliche Begünstigung des Anbaus von Bioenergiepflanzen führt zu Wettbewerbs- und Marktverzerrungen.

- Biokraftstoffe verknappen das Nahrungsmittelangebot.

- Biokraftstoffe verteuern Lebensmittel und Futtermittel in einem immer stärkeren Ausmaß.

- Biokraftstoffe leisten keinen bedeutenden Beitrag zur Reduktion der CO_2-Emissionen und damit zum Klimaschutz.

- Biokraftstoffe sind nicht energieeffizient und tragen deshalb nur wenig zur Lösung des globalen Energieproblems bei.

- Biokraftstoffe sind nicht kosteneffizient. Die meisten Biokraftstoffe sind trotz der heute sehr hohen

Mineralölpreise immer noch teurer als Benzin und Diesel.

- Biokraftstoffe belasten natürliche Lebensräume, bedrohen die Artenvielfalt und reduzieren die globalen Wasserreserven zusätzlich.
- Biokraftstoffe der ersten Generation fördern die Monokultivierung.
- Biokraftstoffe der ersten Generation fördern zusätzlich den Druck auf Regenwaldflächen.

Der Zielkonflikt zwischen Klimaschutz, Ernährungssicherheit und Naturschutz muss jedoch nicht unlösbar sein. Die Förderung der Forschung zur Entwicklung von Biokraftstoffen der zweiten Generation, die die Nahrungsmittelproduktion nicht belasten, wird dazu beitragen können ebenso wie die Beschleunigung von weiteren Forschungsprojekten für andere effektivere Energiealternativen (Solar, Wind, Wasser, Kohle und Wasserstoff). Die Sicherstellung der Versorgung einer stark wachsenden Weltbevölkerung mit ausreichend Nahrungs- und Futtermitteln muss absoluten Vorrang haben vor der Gewinnung von Energie. Natürliche Rohstoffquellen wie Wasser, Agrarland und Regenwälder dürfen nicht einem unverhältnismäßigen und letztlich unverantwortlichen Raubbau preisgegeben werden. Hierfür ist bewusstes Energiesparen und die Verständigung und Dialogbereitschaft aller Beteiligten im Markt notwendig – zur Sicherung der Rohstoffquellen für morgen, damit nicht letztendlich die Tanks voll und die Teller leer sind.

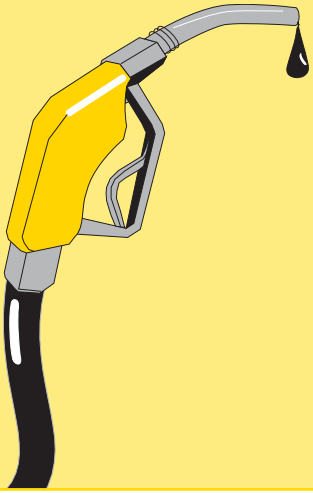
Verwendete Quellen

1) Unilever N.V./PLC: „Promoting Sustainable Biofuels“, Oktober 2007, *www.unilever.com*
2) Verband der Deutschen Margarineindustrie e.V.: Presseinformation „Leere Teller – volle Tanks – höhere Preise dank Biospritbeimischung“ vom 20. September 2007, *www.margarine-institut.de*
3) Deutscher Brauer-Bund e.V.: Pressemeldung Lebensmittel-Forum: „Kurskorrektur in Sachen Biokraftstoffen“, *www.brauer-bund.de*
4) CAOBISCO/IMACE: „Nahrung oder Kraftstoff? Verbindliche Ziele für Biokraftstoffe gefährden Lebensmittelherstellung“, 15. Februar 2007, *www. caobisco.com / www.imace.org*
5) BDSI: Position zu Biofuels/nachwachsenden Rohstoffen, 20. Februar 2007, *www.bdsi.de*
6) Zentralverband des Deutschen Bäckerhandwerk e.V.: Pressemitteilung Nr. 014/2007 „Regierung subventioniert Verknappung von Lebensmitteln“, www.baeckerhandwerk.de
7) Verband der Backmittel- und Backgrundstoffhersteller e.V. Bonn/Wien: Pressemitteilung „Backmittel- und Backgrundstoffhersteller beklagen Preisexplosion bei agrarischen Rohstoffen“ vom 14. August 2007, *www.backmittelverband.de, www.backmittelverband.at*
8) FEDIMA (Europäischer Verband der Backmittel- und Backgrundstoffhersteller: „Dramatischer Anstieg der Rohstoffpreise“, Juli 2007, *www.fedima.org*
9) Hans-Werner Sinn, Ifo-Institut für Wirtschaftsforschung: „Tanken statt essen“, Wirtschaftswoche Nr. 36, 3. September 2007
10) OECD/FAO: Agrarausblick 2007–2016
11) Bund für Umwelt und Naturschutz (BUND) e.V.: „Energetische Nutzung von Biomasse“, April 2007
12) Friends of the Earth Europe: Pressemitteilung „EU must wake up to agrofuel warnings“ vom 19. September 2007

Erläuterungen

Biokraftstoffe

Biokraftstoffe sind Kraftstoffe, die durch die Verarbeitung von nahrungsmittellieferndem Kulturpflanzen und anderen Pflanzen, tierischen Produkten oder Abfällen (allesamt auch als Biomasse bezeichnet) hergestellt werden. Sie können zur Erzeugung von Strom oder Wärme verbrannt werden und finden immer häufiger Verwendung als Verkehrskraftstoffe.



Biokraftstoffe der ersten Generation

Biokraftstoffe der ersten Generation werden aus Pflanzen gewonnen, die auch der Nahrungsmittelproduktion dienen. Hierzu gehören vor allem Weizen, Raps, Mais, Soja und Zuckerrohr.

Zwei Hauptformen der Biokraftstoffe der ersten Generation werden zur Zeit kommerziell genutzt:

BIOETHANOL
Bioethanol wird durch Fermentieren von pflanzlich produzierten Zuckern hergestellt (der Prozess ist vergleichbar mit dem der Ethanolproduktion bei der Bier- und Weinherstellung). Etwa 90 % der weltweiten Biokraftstoffproduktion entfällt auf Bioethanol. Die wichtigsten Rohstoffe sind Mais und Zuckerrohr.

BIODIESEL
Biodiesel ist ein nach seiner Verwendung dem Dieselkraftstoff entsprechender pflanzlicher Kraftstoff. Im Gegensatz zum konventionellen Dieselkraftstoff wird er nicht aus Rohöl, sondern aus Pflanzenölen oder tierischen Fetten gewonnen. Biodiesel wird deshalb als ein erneuerbarer Energieträger bezeichnet. Chemisch handelt es sich um Fettsäuremethylester (FAME).

Biokraftstoffe der zweiten Generation

Biokraftstoffe der zweiten Generation werden aus Ausgangsstoffen hergestellt, die keine Nahrungsmittelrohstoffe sind, wie beispielsweise Holz und Stroh. Im Produktionsprozess wird die gesamte Pflanze – und nicht wie bei Biokraftstoffen der ersten Generation nur die pflanzliche Stärke oder deren Zucker – genutzt. Das bedeutet, dass land- und forstwirtschaftliche Abfälle als Ausgangsmaterial genutzt werden können.

Zur Zeit befinden sich eine Reihe von Biokraftstoffen der zweiten Generation in der Entwicklung. Dazu gehören Zelluloseethanol, der unter Einsatz von Enzymen aus Stroh gewonnen wird und mit Benzin mischbar ist, und sogenannte „Biomass-to-Liquid“-Kraftstoffe (BTL-Kraftstoffe), die aus Holz hergestellt werden und mit Diesel mischbar sind.

Ein schwieriger Dialog:

Von den Verständigungsproblemen zwischen Experten und der Bevölkerung

Dr. Rüdiger Schulz, Allensbach

Die Bevölkerung will und muss sich ständig Urteile über Entwicklungen, über Risiken und Chancen bilden, die weit über ihren eigenen Erfahrungs- und Wissenshorizont hinausgehen, und ist dabei auf das Urteil von Experten angewiesen.

Der Dialog zwischen Experten und Bevölkerung wird jedoch nicht nur durch den unterschiedlichen Wissensstand behindert. Wissenschaftliche Experten denken anders, argumentieren anders und sind oft auch in ihrer Fachsprache gefangen. Experten sind gewohnt, an die Überzeugungskraft von Fakten und empirischen Beweisen zu glauben; sie denken und argumentieren in Zusammenhängen und Kausalketten und oft auf einem hohen Abstraktionsniveau. Entsprechend sind Experten oft völlig ratlos, wenn sie mit Emotionen und weltanschaulichen Positionen konfrontiert werden, die in der Urteilsbildung der Bevölkerung eine große Rolle spielen. Wissenschaftliche Experten haben oft das Gefühl, auf verlorenem Posten zu stehen, sich nicht einmal Gehör verschaffen zu können. Gleichzeitig zeigen Beispiele wie Kernenergie oder Gentechnologie, wie wichtig es ist, sich mit Informationen und Argumenten an die breite Bevölkerung zu wenden. Ob dies gelingt oder nicht, davon hängt die Prioritätensetzung in Gesellschaft und Wirtschaft ganz wesentlich ab.

Die Barrieren einer Verständigung zwischen Experten und Bevölkerung liegen nicht in einem grundlegenden Misstrauen gegenüber wissenschaftlicher Expertise. Die große Mehrheit der Bevölkerung hält Wissenschaftler – nicht etwa Politiker, Philosophen oder die Kirchen – für die größten Hoffnungsträger für die Zukunft. Das gesellschaftliche Klima ist heute nicht wissenschaftsfeindlich.

Wesentliches Hindernis für eine bessere Verständigung ist die enorme Kluft zwischen dem Wissen der Experten und der breiten Bevölkerung, die sich durch zunehmende Komplexität des Wissens weiter vergrößert. Hinzu kommt, dass diese Wissenskluft durch Sprachbarrieren, durch die Fachterminologie der Wissenschaftler – die sich oft weit entfernt von der Umgangssprache der Bevölkerung – verschärft wird. So können zum Beispiel nur 12 Prozent der Bevölkerung den Begriff „Produktivität“, nur 6 Prozent den Begriff „Subsidiarität“ zutreffend erklären. Selbst Begriffe, die in der Umgangssprache der Bevölkerung ihren Platz haben, wie zum Beispiel der Begriff „Risiko“, wecken bei Wissenschaftlern und Bevölkerung unterschiedliche Assoziationen. Für Wissenschaftler ist Risiko eine Rechengröße, zum Beispiel die Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines bestimmten Ereignisses, für die Bevölkerung ist Risiko ein Synonym für Gefahr. Auch unterschiedliche Denk- und Argumentationsmuster müssen überbrückt werden. Wissenschaft und Technik trainieren Faktenorientierung, die Ausrichtung auf Beweise und Überprüfbarkeit, auf Denken und Argumentieren in Zusammenhängen. Die Bevölke-

rung dagegen denkt und regagiert viel emotionaler, ist durch nüchterne, faktenorientierte Argumentation oft nicht zu überzeugen. Sachentscheidungen als Resultat eines nüchternen Abwägens von Nutzen und Risiken sind großen Teilen der Bevölkerung fremd. Insbesondere Deutsche haben eine große Neigung und Begabung, Sachdiskussionen in Weltanschauungskriege zu überführen, in Kategorien wie Gut und Böse zu diskutieren.

Der wachsenden Informationsflut begegnet die Bevölkerung durchaus rational, indem sie stärker selektiert, das auswählt, von dem sie glaubt, es würde ihr bei der Bewältigung von beruflichen Aufgaben wie im privaten Leben helfen („Was bringt's mir?"). Während das Informations- und Themenangebot kontinuierlich wächst, hat sich das Interessenspektrum der Bevölkerung verengt. Zugleich wird der Stellenwert eigenen Wissens zunehmend relativiert, subjektiv entwertet, weil man ja je nach Bedarf auf den ungeheuren Wissensvorrat im Internet zurückgreifen kann.

Wesentliche Auswirkungen der Mediensozialisation, insbesondere durch das Fernsehen, sind wachsende Bildorientierung, fragmentarische Informationsverarbeitung sowie eine zunehmende Neigung, sich die Welt über anschauliche Einzelfälle, über Personen und Situationen zu erschließen. Abstrakte Darstellungen und das Aufzeigen von Zusammenhängen werden immer weniger rezipiert, was die Verständigung zwischen Experten und Laien nicht erleichtert. Hinzu kommt, dass die Kommunikation der Medien mit der Bevölkerung immer stärker von kurzlebigen Aufregungszyklen geprägt wird. Themen wie BSE, die niedrige deutsche Geburtenrate oder die Vogelgrippe fesseln die Menschen für Tage, Wochen und verschwinden wieder. Auch dadurch sinken die Chancen für nüchtern abwägende, detailreiche Information rapide.

Viele Wissenschaftler, insbesondere Naturwissenschaftler, halten inzwischen die Vermittlung des eigenen Wissens an ein Laienpublikum für fast aussichtslos, auch wird die Kommunikation von Fachthemen an ein Laienpublikum kaum trainiert. Die Vielschichtigkeit und Komplexität dieser Kommunikationsaufgabe ist so herausfordernd, dass sie fast entmutigen könnte, wäre sie nicht so wichtig für die weitere Entwicklung der Gesellschaft. ■

Faszination Brot

Teil I

Professor Dr. Klaus Roth, Berlin

Dieser Aufsatz ist ebenfalls in der Fachzeitschrift „Chemie unserer Zeit", Wiley-VCH Verlag, Weinheim, erschienen.

Die Umwandlung reifer Kornähren in duftendes Brot grenzt an ein Wunder, das nur mit Hilfe vieler beteiligter Fachleute, vom Getreidezüchter über den Bauern bis zum Müller und Bäcker, wahr werden kann. Hinter diesem Wunder steckt eine kräftige Portion Chemie, die wir in diesem Fall sogar spüren können, wenn beim Kneten aus einer klebrigen Masse ein glatter Brotteig wird. Und das Backen? Natürlich reinste Chemie, wie wir am Aufgehen des Teiges sehen, am verführerischen Duft riechen, beim Reinbeißen in die krosse Kruste hören und an der prächtigen Krume mit der Zunge fühlen und schmecken können. Es lohnt sich also, das Brotbacken einmal näher zu betrachten. Wir können stolz sein auf den wichtigen Beitrag der Chemie zu unserem täglichen Brot.

Abbildung 1: Erntereifes Brotgetreide (links Weizen, rechts Roggen)

Die Kultivierung von Wildgräsern setzte mit der Jungsteinzeit (ab 10.500 v. Chr.) ein. Neuere Forschungen zeigen, dass die Kultivierung der Gräser keine plötzliche Entdeckung war, sondern vielmehr ein sich über Jahrtausende hinziehender Prozess [1], bei dem aus Emmer und Einkorn der moderne, ertragreiche Weizen gezüchtet wurde [2]. Mit einer Welternte von ca. 620 Millionen Tonnen wird heute 20 % des Kalorienbedarfs der Menschheit abgedeckt, mehr als mit jedem anderen Getreide. Dank des Züchtungserfolgs und dem im späten 19. Jahrhundert beginnenden Einsatz von Maschinen auf dem Acker, in der Mühle und beim Bäcker ist Weizenmehl und das daraus gebackene Brot heute ein hochwertiges und dennoch preiswertes Lebensmittel. Die industrielle Großproduktion in Brotfabriken der achtziger Jahren des letzten Jahrhunderts führte zu einer gewissen Sorten- und Geschmackseintönigkeit. Inzwischen scheint diese Phase überwunden zu sein, denn eine Rückbesinnung auf den Wert von geschmacklicher Vielfalt führte zu Neukreationen und Wiederentdeckungen vieler Brotsorten. Die unterschiedlichen regionalen Brotspezialitäten machen den deutschsprachigen Raum zu einem auf der Welt einmaligen Brotparadies. Verfolgen wir daher mit besonderem Stolz die Herstellung eines Brotes vom Weizen- und Roggenfeld bis auf unseren Tisch und lassen uns dabei von der Vielfalt der ablaufenden chemischen Prozesse überraschen.

Die Getreidepflanzen

Getreide sind Nutzpflanzen aus der Familie der Gräser, die sich durch große Samenkörner auszeichnen. Da Brot nur aus Weizen oder Roggen gebacken werden kann, bezeichnet man sie als Brotgetreide und Reis, Mais, Hirse, Hafer und Gerste als Nicht-Brotgetreide. Beim Weizen wird zur Herstellung von Brot- und Backwaren fast ausschließlich Weichweizen *(Triticum aestivum)* verwendet [3]. Roggen gehört zur Gattung *Secale*, hat lang begrannte Ähren (Abbildung 1) und stellt geringere Ansprüche an Klima und Bodenqualität als Weizen und wird deswegen bevorzugt in Norddeutschland, Polen, Russland und Skandinavien angebaut. Trotzdem dominiert in Deutschland der Weizen: 2006 wurden 22,6 Mio. t Weichweizen und 2,6 Mio. t Roggen geerntet.

Das Getreidekorn

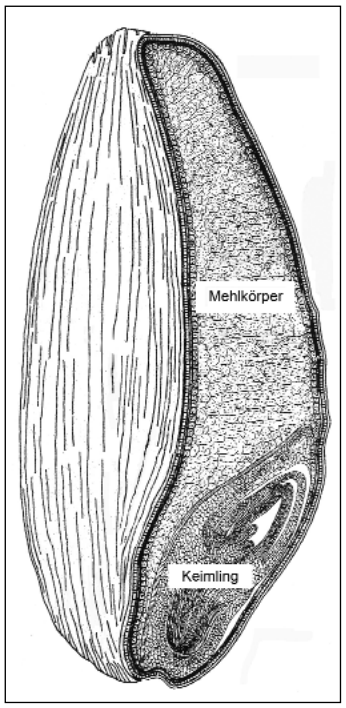
Ein Weizenkorn ist nicht nur anatomisch (Abbildung 2), sondern auch chemisch komplex aufgebaut, wobei die verschiedenen Bestandteile wie Fette, Proteine, Kohlenhydrate, Mineralien, Vitamine und unverdauliche Ballaststoffen sehr heterogen verteilt sind: Der Keimling enthält bei nur 2–3 Gew.-% vom Korn ca. 25 % des Gesamteiweißgehalts und einen relativ hohen Fettanteil, die Frucht- und Samenschalen (ca. 15 Gew.-%) sind besonders reich an Mineralien und unverdaulichen Ballaststoffen und im Mehlkörper (ca. 83 Gew.-%) befindet sich praktisch die gesamte Stärke, das backtechnisch wichtigste Eiweiß (Klebereiweiß) sowie Mineralstoffe [4].

Die Mühle

Die mechanische Zerkleinerung von Getreidekörnern war früher mühselig. Selbst nach Einführung der Getreidemühle durch die Römer blieb feines Weißmehl noch für viele Jahrhunderte ein Privileg der Wohlhabenden. Erst die Erfindung des Walzenstuhls, in dem die Körner zwischen Stahlwalzen zerkleinert wurden, erlaubte ab 1800 eine vereinfachte und kostengünstige Herstellung von Weißmehl.

Vor dem Mahlen müssen aus dem angelieferten Getreide unerwünschte natürliche Verunreinigungen wie Steinchen, Insektenreste, Samen anderer Pflanzen, Mutterkörner, Eisenteile, Holzbestandteile usw. entfernt werden. Eine erste

Abbildung 2: Aufbau und Zusammensetzung eines Weizenkorns [31]



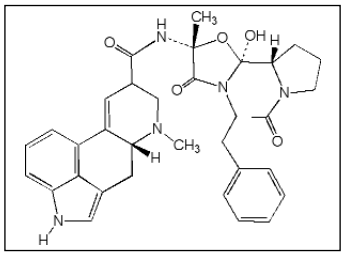
Das Weizenkorn kann grob in drei Teile eingeteilt werden, der vielschichtigen, aus der außen liegenden Frucht- und der inneren Samenschale bestehenden Hülle (14,5 % vom Gesamtgewicht), dem Keimling (2,5 %) und dem Mehlkörper (ca. 83 %).

	Hülle	Keimling	Mehlkörper
Stärke	0	0	100
Lipide	30	20	50
Ballaststoffe	87	5	8
Mineralien	54	15	31

Alle Angaben in Gew.-% Trockensubstanz bezogen auf das ganze Korn

Abbildung 3: Verunreinigung von Roggen mit Mutterkorn

Mutterkörner sind die Überwinterungsform (Mycel) des Schlauchpilzes Claviceps purpurea, *die im Herbst auf die Erde fällt, dort überwintert und aus der im Frühjahr Pilze wachsen; deren Sporen gelangen mit dem Wind auf Getreideblüten, nisten sich dort ein, verhindern die Fruchtbildung und bilden bis zu 1,5 cm lange Mutterkörner. Das Mutterkorn enthält einen Alkaloid-Cocktail mit dem Hauptbestandteil Ergotamin, einem Derivat der Lysergsäure. Ergotamin ist hochtoxisch und verursacht krampfartige Anfälle und Gliederschmerzen, die im Mittelalter zu ganzen Epidemien (Antoniusfeuer) führten [32].*



Reinigung erfolgt durch Trennung nach der Teilchengröße und -form (Trieure) und mit Steinauslesern, die spezifisch schwere Teilchen (Steine und Metallteile) entfernen. In modernen Großmühlen wird jedes Getreidekorn in einem Farbausleser von einer Digitalkamera optisch erfasst, auf farbliche Abweichungen untersucht und fehlfarbene Partikel werden aus dem Getreidestrom herausgeschossen (Abbildung 3). Der Durchsatz ist atemberaubend: In einer Sekunde werden über 30.000 (!!) Getreidekörner optisch vermessen und bewertet [5]. Dieser Aufwand wird vor allem wegen dem auf Roggen wachsenden Mutterkornpilz getrieben. Zwar kann der Bauer durch Auswahl des Saatguts einem möglichen Befall begrenzt entgegensteuern, aber letztlich bestimmt das Wetter die Wachstumsbedingungen des Pilzes [6].

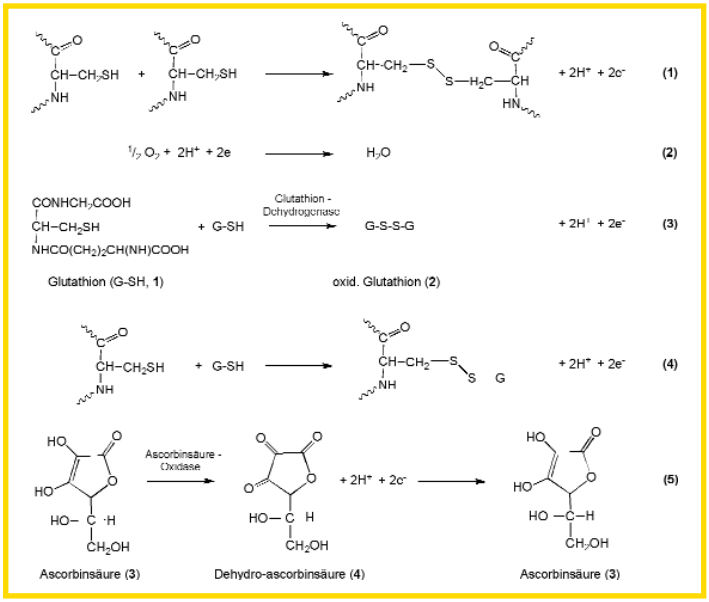
Die Zerkleinerung des Kornes ist ein vielstufiger mechanischer Prozess, bei dem sich Mahlen und Sieben ständig abwechseln. Mühlsteine drehen sich nur noch in nostalgischen Mühlen für Touristen, in modernen Mühlen fällt das Mahlgut in einen Walzenstuhl zwischen zwei gegenläufigen Walzen, deren Oberflächenstruktur (Riffelwalzen beim Schroten, Glattwalzen beim Ausmahlen) und Abstand der Größe des Mahlguts angepasst ist. Nach jedem der insgesamt 8 – 12 Mahlgänge wird das Mahlgut in seine Bestandteile unterschiedlicher Dichte und Korngröße zerlegt. Dieses Aussieben erfolgt in elektrisch angetriebenen, riesigen Plansichtern, in denen eine Vielzahl von großen Sieben mit unterschiedlicher Maschenweite (100 µm – 1.000 µm) übereinander angeordnet sind und in denen das Korn in Mehl, Dunst, Grieß und grobe Schalenteile getrennt wird. Das Endresultat nach Durchlauf vieler Passagen sind die verschiedenen handelsüblichen Mehlsorten (Abbildung 4).

Abbildung 4: Die Edukte und Produkte einer Mühle

Die gereinigten Weizenkörner (links oben) werden in vielen Mahlstufen zerkleinert und dabei in ihre Bestandteile zerlegt. Erst erfolgt die Abtrennung der Schale (Kleie, oben Mitte) und der Keimlinge (oben rechts). Der zurückbleibende Mehlkörper mit noch anhängenden Schalenteilen wird immer weiter zermahlen und auf jeder Stufe werden die Schalenanteile abgetrennt (unten von links nach rechts) bis schließlich feines Weißmehl (unten rechts) übrig bleibt. Die Mehlsorte wird nach ihrem Mineralstoffgehalt klassifiziert, der durch Veraschung bestimmt wird. Da die Mineralien im Wesentlichen in den Schalenschichten vorkommen, spiegelt der Mineralstoffgehalt den Anteil an Schalenmaterial wider. Je geringer der Schalenanteil, desto heller das Mehl. Unten von links nach rechts: Weizenmehle der Sorten 2000, 1050 und 405.
Je nach Mahlprozess werden die Mehle entsprechend ihrem Mineralstoffgehalt nach der DIN-Norm in Handelsklassen eingeteilt, wobei die Typennummer dem Ascheanteil in mg/kg Mehl entspricht.

Frisch gemahlenes Mehl ist wegen seines natürlichen Farbstoffgehalts (Carotinoide) schwach gelb gefärbt. Beim Lagern oxidiert der Luftsauerstoff die Farbstoffe und das Mehl hellt auf. Neben der optischen Verbesserung werden während der Mehlreifung die Sulfhydrylgruppen (sog. SH-Gruppen) einiger Proteine

Formelschema 1: Teigkneten ist atemberaubende Redoxchemie



Viele der ungewöhnlichen Eigenschaften eines Weizenteigs werden durch die in den Kleberproteinen eingebaute Aminosäure Cystein bestimmt. Zwischen zwei Sulfhydryl-Seitenketten (SH-Seitenketten) von Cysteinen kann durch Oxidation mit Sauerstoff (Gl.1 und 2) eine Disulfidbrücke gebildet werden. Dies führt zu einer Vernetzung verschiedener Proteine. Eine identische Reaktion führt auch zur oxidativen Verknüpfung von zwei des im Mehl natürlich enthaltenen Glutathions (Gl. 2 und 3).
In glutathionreichen Mehlen können die freien SH-Gruppen der Kleberproteine vom Glutathion angegriffen und blockiert werden (Gl. 2 und 4). Dies verhindert die Vernetzung des Klebers und führt zur Verschlechterung der Backeigenschaften eines Teigs. Hier hilft die Zugabe von Ascorbinsäure als Backmittel. Zunächst wird durch Oxidation mit Luftsauerstoff die Dehydro-ascorbinsäure gebildet (Gl. 2 und linke Teil-Gl. in 5), die dann Glutathion oxidiert (Gl. 3 und rechte Teil-Gl. 5). Glutathion wird dadurch entfernt und kann die SH-Seitenketten der Kleberproteine nach Gl. 4 nicht mehr blockieren; auf diese Weise werden die Kleberproteine nach Gl. 1 gut vernetzt. Insgesamt steigt dadurch die Backqualität des Teigs.

zu Disulfidbrücken oxidiert und damit vernetzt (Gl. 1 und 2 im Formelschema 1). Dies verbessert die Backfähigkeit des Mehls.

Die Teigbereitung für ein Weizenbrot

Die äußeren Bedingungen vom Mischen und Kneten der Zutaten bis zum Backbeginn, d.h. Temperatur, Feuchtigkeit, Rezeptur, Intensität und Dauer des Knetens und Ruhezeiten werden als Teigführung bezeichnet. Es beginnt mit der Zugabe von Wasser zu den Teigzutaten Weizenmehl, Salz, Hefe und Backmittel (Abbildung 5) [7]. Die zunächst klebrige, nicht formbare Masse wandelt sich unter ständigem Kneten in einen weichen, glatten und nach einer Teigruhe auch leicht formbaren Teig. Hinter dieser Veränderung kann nur Chemie stecken. Was ist passiert? An der chemischen Zusammensetzung des Mehls kann es nicht liegen, denn alle Getreidemehle sind ähnlich zusammengesetzt und doch klappt diese verblüffende Teigverwandlung nur mit Weizenmehl, mit keinem anderen Getreide lässt sich ein solch elastischer Teig herstellen. Um zu verstehen, was dahinter steckt, müssen wir tiefer in die molekularen Vorgänge des Teigknetens eindringen.

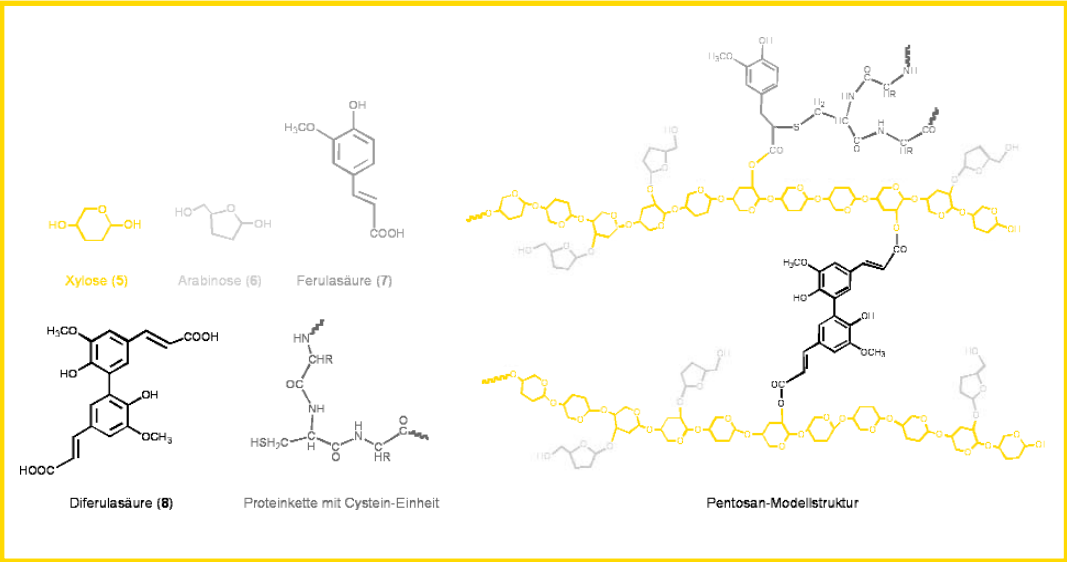
Nach Zugabe von Wasser zum Mehl lagern sich Wassermoleküle an die polaren Seitenketten der Proteine und brechen die Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Proteinen und den Hydroxygruppen der Stärke auf. Die so freigesetzten Proteinketten lagern sich über hydrophobe Wechselwirkungen untereinander zusammen und bilden den so genannten Kleber [8], der aus 90 % Proteinen, 8 % Lipiden und 2 % Kohlenhydraten besteht. Die Kleberproteine setzen sich aus etwa gleichen Teilen der Proteine Glutenin und Gliadin [9] zusammen. Gliadine sind relativ kleine Proteine , die durch intramolekulare Disulfidbrücken in ihrer kompakten, kugelförmigen Form stabilisiert sind. Im Gegensatz dazu ist das Glutenin ein sehr großes Protein, das aus vielen Proteinuntereinheiten besteht; diese sind über intermolekulare Disulfidbrückenbindungen nahe den Enden verknüpft [10] und bilden lang gestreckte Ketten. Durch das Kneten des Teigs werden ständig Disulfidbrücken aufgebrochen und wieder oxydativ verknüpft, bis ein dreidimensionales Glutenin-Netzwerk entsteht, in das die kugelförmigen Gliadine eingelagert sind. Durch Zug werden die teilweise faltblattartig angeordneten Strukturelemente der langen Gluteninketten auseinander gezogen und streben nach Wegfall der äußeren Kraft wieder die ursprüngliche Anordnung an, d.h. die Glutenine machen den Teig elastisch. Die kugelförmigen Gliadine liegen zwischen den Gluteninketten und wirken wie Kugellager und erlauben ein Verschieben der Gluteninketten gegeneinander. Die Gliadine machen den Teig verformbar (plastisch).

Die einzigartigen Eigenschaften eines Weizenmehlteigs werden aber nicht ausschließlich vom Kleber, sondern auch von den anderen Substanzklassen im Mehl bestimmt. Lipide stabilisieren die Porenbildung, denn ein Teig aus entfettetem Mehl entwickelt beim Backen deutlich weniger Volumen. Hier spielen vor allem die polaren Lipide eine Rolle, die neben hydrophoben Fettsäureketten auch ein polares, hydrophiles Molekülteil besitzen und da-

Abbildung 5:
Die Teigbereitung für ein Weizenbrot

Hier bereitet uns ein Schweizer Bäcker einen hellen Weizenbrotteig von Hand. Die Zutaten (Mehl, Salz, Hefe und Wasser) werden in einen Trog gegeben (oben links) und gemischt (oben rechts). Es bildet sich ein zäher, stark klebriger Teig (unten links). Dann geschieht das Verblüffende: Längeres Kneten macht aus der klebrigen Masse einen geschmeidigen, glatten und hochelastischen Teig. Ein Wunder? Keineswegs, atemberaubende Redoxchemie steckt dahinter, denn durch das ständige Kneten werden die vernetzenden Disulfidbrücken der Kleberproteine aufgebrochen und nach streckender Ausrichtung der Proteine durch schiere Muskelkraft wieder neu geknüpft.

Formelschema 2:
Strukturmodell des Pentosans



Pentosan hat eine äußerst komplexe Struktur, die sich nur modellhaft in Teilstrukturen wiedergeben lässt. Das Rückrat sind Polysaccharidketten aus Xylose (gelb, 5) die als Xylane bezeichnet werden. An die Xylanketten sind kurze Seitenketten Arabinose (hellgrau, 6) gebunden. Diese mit Arabinose verzweigte Xylankette wird als Arabinoxylankette bezeichnet, deren Wasserlöslichkeit mit zunehmendem Einbau von Arabinose zunimmt. Mehrere Arabinoxylanketten werden über die Diferulasäure (schwarz, 8) durch Esterbindungen vernetzt und zusätzlich werden über die Ferulasäure (7, grau) die SH-Seitenketten von Cysteineinheiten von Proteinen (dunkelgrau) gebunden.

durch eine emulgierende und oberflächenaktive Wirkung haben [11]. Auch die Bildung von kleinen Fetttröpfchen (Liposomen, Durchmesser 100 µm) beim Kneten wirkt wie ein „Schmiermittel“ und erhöht die Dehnbarkeit des Teigs.

Frisch gekneteter Teig zieht sich immer wieder zusammen und lässt sich nicht gut formen. Während einer Teigruhezeit von ca. 15 Minuten entspannt sich der Kleber im Teig, die Hefe gärt weiter, die Quellprozesse schreiten fort und fördern die Bildung von Aromastoffen. Die der Teigruhe folgende Bearbeitung des Teiges (Wirken) führt zur Zerkleinerung großer Gasblasen und damit zu einer gleichmäßigen Blasengröße im Teig.

Die Teigbereitung für ein Roggenbrot

Ein Roggenteig wird nicht geknetet, sondern nur gemischt, denn Roggenmehl bildet keinen elastischen Teig, da im Gegensatz zum Weizen kein Klebernetzwerk aufgebaut wird. Für die Quellbarkeit und den Zusammenhalt eines Roggenteigs sind vor allem die Pentosane verantwortlich, eine Gruppe von komplex aufgebauten Polysacchariden mit Proteinanteilen, die im Weizen nur 2–3 Gew.-%, beim Roggen aber 6–8 Gew.-% ausmachen [12].

Die Pentosane binden große Mengen an Wasser, das auch während und nach dem Backen nicht abgegeben wird. Dies erklärt, warum Roggenteige mehr Wasser aufnehmen können als Weizenteige und Roggenbrot eine saftigere Krume hat, länger frisch bleibt und nicht so schnell austrocknet wie ein Weizenbrot.

Aus chemischer Sicht sind Pentosane komplexe Polysaccharide aus einer Xylan-Kette von miteinander verknüpften Xylose-Einheiten (5) und zusätzlichen in Seitenketten gebundenen Arabinosen (6) (Formelschema 2).

Die Wasserlöslichkeit der Pentosane wird durch den Gehalt von Ferulasäure (7) und Diferulasäure (8) bestimmt. Beide phenolische Verbindungen werden durch Luftsauerstoff oxidiert und vernetzen die Xylanketten, so dass die Viskosität steigt. Weiterhin sind über die Seitenketten Proteine angebunden. Der gesamte Pentosan-Protein-Komplex wird auch als Schleim-, Quell- oder Gummistoff bezeichnet.

Die Teiglockerung

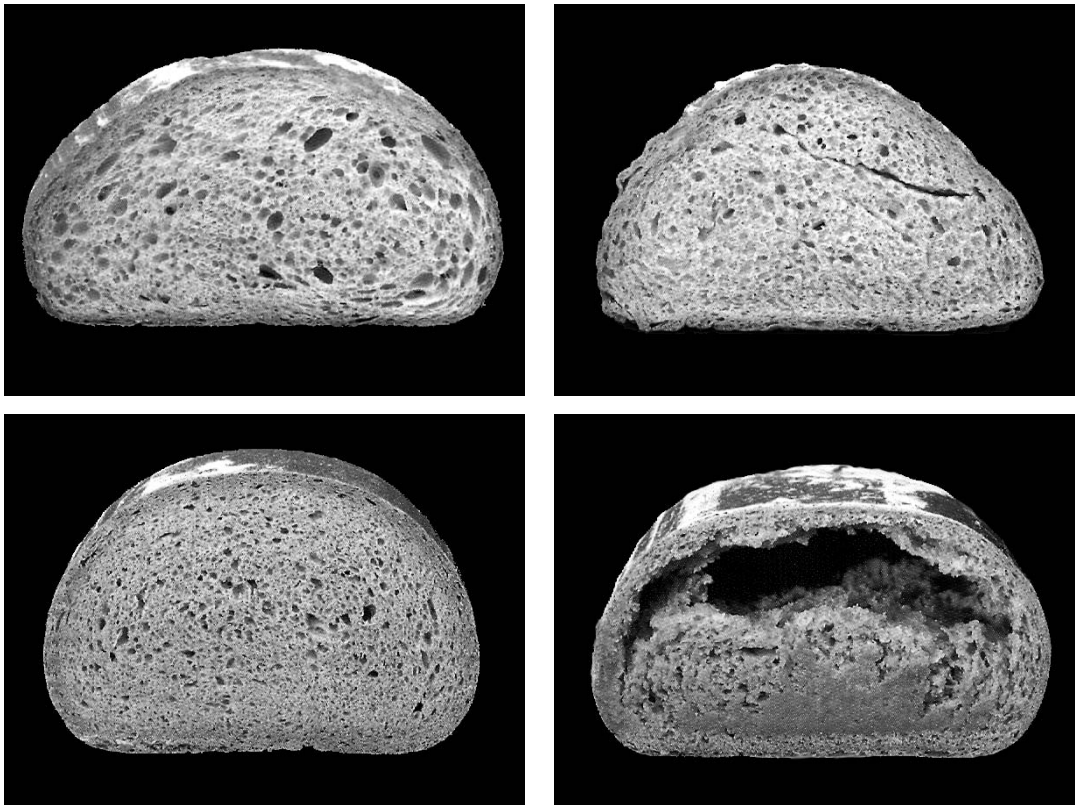
Ohne Triebmittel kann Brot nur in dünne Fladen gebacken werden [13]. Die Entdeckung der teiglockernden Triebmittel war für unsere Vorfahren ein großer Fortschritt. Wahrscheinlich war es eine Zufallsentdeckung, dass ein frischer Teig vergessen wurde und das am nächsten Tag daraus gebackene Brot viel lockerer war und besser schmeckte. Im Laufe der Jahrtausende haben sich für Brote zwei Triebmittel besonders bewährt: Hefe und Sauerteig [14].

Eine Hefegärung kann einfach durch Stehenlassen des Teiges (Spontangärung) oder durch Zugabe eines Teigrestes in Gang gesetzt werden. Die Erfindung der Presshefe im Jahr 1847 durch den Wiener Brauer Adolf Ignaz erleichterte die Arbeit der Bäcker, denn nun konnten sie ihre Teige mit einer genau definierten Menge qualitativ hochwertiger Hefe ansetzen, was zu einer gleichmäßigeren Teig- und Gebäckqualität führte.

Heute wird die gesamte Hefemenge entweder von Beginn an zugesetzt (direkte Teigführung) oder der Teig wird mit wenig Hefe angesetzt und erst nach einer ausreichend langen Wachstumsphase der Hefe weiterverarbeitet (indirekte Teigführung). Für das anfängliche aerobe Wachstum der Hefezellen ist es förderlich, wenn das Mehl vor dem Mischen gesiebt und dabei gleichzeitig belüftet wird.

Roggenteige werden mit Sauerteig gelockert. Während Weizen eher

Abbildung 6: Brotfehler und ihre Ursachen



Enzymstarkes Weizenmehl *(oben links): Bei zu starkem Abbau der Stärke wird der Teig zu weich und das Brot zeigt einen verminderten Zusammenhalt. Durch das mangelnde Gashaltevermögen des weichen Teigs sind die Poren sehr ungleichmäßig und die Scheiben sind nur schwer bestreichbar.*

Enzymschwaches Weizenmehl *(oben rechts): Beim Backen wird zu wenig Stärke abgebaut, der Teig ist zu fest und die Krume vermittelt einen zu festen, trockenen Kaueindruck. Zusätzlich schmeckt das Brot fade und zeigt keine Frische.*

Enzymschwaches Roggenmehl *(unten links): Bei enzymschwachen Roggenmehlen bzw. zu starker Übersäuerung wird kaum Stärke abgebaut. Der Teig wird zu fest und die Krume wirkt trocken und weist keine ausreichende Frischhaltung auf.*

Enzymstarkes Roggenmehl *(unten rechts): Bei viel zu starkem Abbau der Stärke durch ein enzymstarkes Roggenmehl bzw. zu schwacher Säuerung entwickelt sich zuviel Kohlendioxid in einem zu weichen Teig. Es kommt zur Hohlraumbildung, die restliche Krume ist unelastisch und zeigt starke Klitschbildung.*

eine zu geringe Aktivität an Stärke abbauenden Enzymen (Amylasen) aufweist, hat Roggenmehl häufig zuviel davon. Dieser Überschuss an Amylase im Roggenteig bewirkt beim Backen einen zu weitgehenden Stärkeabbau, so dass daraus kein schmackhaftes Brot hergestellt werden kann.

Durch Zugabe von Sauerteig wird der pH-Wert im Teig auf Werte unterhalb von 5 abgesenkt, was die Amylase-Aktivitäten stark herabsetzt. Erst dadurch wird Roggenmehl überhaupt backfähig. Ohne Säuerung ist die Brotkrume unelastisch, die Krume ballt sich beim Kauen zusammen, schmeckt kleistrig-fade, riecht kartonartig und muffig und der Brotlaib besteht zu einem großen Teil aus einem Loch (Abbildung 6).

Wie entsteht ein Sauerteig? Einen aus Roggenmehl und Wasser bereiteten Teig lässt man für einige Stunden ruhen, bis der Teig spontan zu gären beginnt. Durch schrittweises Zufügen von Mehl und Wasser kann die Gärung so weiter geführt werden, dass sich die gewünschten Mikroorganismen entwickeln. Dabei handelt es sich um verschiedene Arten von Milchsäure-Bakterien (Lactobacillus sanfranciscensis, L. brevis, L. Plantarum, L. delbrückii), die zur Energiegewinnung Kohlenhydrate anaerob zu Kohlenstoffdioxid und entweder ausschließlich zu Milchsäure (homofermativ) oder zu Milchsäure und Essigsäure (heterofermentativ) abbauen. Die anfänglich schwach saure Gärung und Gasbildung wird kräftiger und Sauerteig-Hefen und Milchsäure-Bakterien gewinnen im Teig die Oberhand, da unerwünschte Mikroorganismen verdrängt werden. Sauerteig ist ein mikrobiologisches Biotop von großer Vielfalt und eine Wissenschaft für sich [15]. Die hier beschriebenen sog. Spontansäuerungen sind nur schwer kontrollierbar und langwierige Prozesse, die oft zu ungleichmäßigen Ergebnissen führen. Deshalb wird heute für eine besser steuerbare Säuerung häufig ein Sauerteig-Anstellgut verwendet, das eine konstante Zusammensetzung an Mikroorganismen aufweist. Die Sauerteigzugabe dient aber nicht nur zur Absenkung des pH-Werts während der Teigführung allein, sondern der Sauerteig verleiht dem Brot die säuerliche Note und das besondere Aroma. So ist es nicht verwunderlich, dass in vielen Backrezepten Sauerteig nicht aus backtechnischer Notwendigkeit, sondern wegen der geschmacklichen Note zugesetzt wird.

Literatur

[1] Eine aktuelle Übersicht: M. Balter, *Science,* **2007,** 316, 1830,

[2] Zur Geschichte der Kultivierung von Weichweizen: J. Dubcovsky und J. Dvorak, *Science,* **2007,** 316, 1862

[3] In Deutschland wird hauptsächlich Winterweizen angebaut. Die Sortenvielfalt des Weizens ist für Laien unüberschaubar und die Auswahl einer geeigneten Sorte muss der Bauer unter Berücksichtigung der klimatischen Bedingungen, Bodenbeschaffenheit und Resistenzen gegen zu erwartende Schädlingsvorkommen, Wirtschaftlichkeit etc. in jedem Jahr neu treffen.

[4] *On Food and Cooking,* H. McGee, **2004,** Scribner, New York

[5] Dieser hohe Durchsatz wird erreicht, weil eine Kamera die herabfallenden Körner in 72 Schächten gleichzeitig erfasst. Durch Parallelbetrieb mehrerer Kameras kann der Durchsatz in einem Farbausleser auf über 150.000 Körner pro Sekunde gesteigert werden.

[6] Mutterkornbefall ist immer noch aktuell. Im besonders heißen Sommer 2003 war der Roggen außergewöhnlich stark befallen.

[7] Das Mehl wird vor dem Anteigen gesiebt und dadurch gelockert und belüftet. Dieser Sauerstoff trägt zum schnellen aeroben Wachstum und der Vermehrung der Hefen bei.

[8] Die Bezeichnung „Kleber" ist treffend, denn man kann ihn nach Auswaschen der Stärke aus dem Teig als eine kaugummiartige, klebrige Masse isolieren.

[9] Gliadin und Glutenin sind jeweils Proteingemische. Im Gliadin konnten bisher 50 verschiedene Proteine mit einem mittleren Molekulargewicht von 35.000 nachgewiesen werden. Im Glutenin sind viele Untereinheiten über Disulfidbrücken miteinander verknüpft, so dass Molekulargewichte zwischen 100.000 und 1 Million erreicht werden.

[10] Bei allen bisher bekannten Glutenenin-Unterheiten sitzt am N-terminalen Enden an Position 10 ein Cystein. *Food Chemistry,* H.-D. Beelitz, W. Gosch. P. Schieberle, **2004,** Springer Verlag, Berlin

[11] S. Tamstorf et al. in *Chemistry and Physics of Baking,* (J.M.V. Blanshard, P.J. Frazier and T. Galliard, eds.), **1986,** The Royal Society of Chemistry, London

[12] Beim Weizen befinden sich die Pentosane vornehmlich in der Hülle und werden beim Mahlen von Weißmehl weitgehend abgetrennt, während beim Roggen die Pentosane über das ganze Korn verteilt sind und im Mehl bleiben.
Mehle anderer Getreidesorten wie Reis, Mais, Hafer und Hirse und Gerste eignen sich nicht zur Brotherstellung, sie können Weizen- und Roggenteigen nur zugemischt werden. Weder Kleberproteine wie im Weizen noch Pentosane wie im Roggen sind ausreichend vorhanden, so dass die Teige zu weich sind und kein ausreichendes Gashaltevermögen haben, die Voraussetzung für eine Teiglockerung beim Backen ist.

[13] Ohne Triebmittel gebackene Fladenbrote werden noch heute in vielen Kulturen gegessen (mexikanische Tortillas, südostasiatische Roti wie Chapati, Phulka und Poli, etc.). Gläubige Juden dürfen während des siebentägigen Pessach-Festes nur ungesäuerte Matze essen. Dies soll an die überstürzte Flucht aus Ägypten erinnern, bei der keine Zeit für die Brotsäuerung blieb. Um sicher zu sein, dass der Teig nicht gärt, dürfen zwischen dem Befeuchten des Mehls bis zu den fertig gebackenen Matze höchsten 18 Minuten vergehen, eine backtechnische Herausforderung! Siehe *www.payer.de/judentum/jud509.htm*

[14] Weitere Möglichkeiten sind die Lockerung durch Backtriebmittel, z. B. Backpulver, Natriumhydrogencarbonat, das durch Zugabe einer Säure wie Natriumdihydrogendiphosphat CO_2 abspaltet. Auch Pottasche (K_2CO_3) oder das thermisch instabile Hirschhornsalz (Mischung aus Ammoniumhydrogencarbonat und – carbamat) eignen sich als Triebmittel für schwere Teige bzw. Flachgebäcke.

[15] Wegen der Gefahr, dass sich im Sauerteig unerwünschte Mikroorganismen (z. B. Kolibakterien) mit der Zeit zu stark vermehren können, erneuern Bäcker ihren Sauerteig in regelmäßigen Abständen mit einem Reinzuchtsauer eines professionellen Herstellers. So ist die mikrobiologische Reinheit des Sauerteigs garantiert.

[16] Die Hefezellen spalten mit ihrer eigenen Maltase die Maltose zunächst in zwei Glucose-Moleküle, die dann wie üblich in der Glykolyse abgebaut werden.

[17] Der Wassertransfer ist schon beeindruckend, denn der uns feucht erscheinende Teig fühlt sich nach dem Backen völlig trocken an, obwohl der Wasserverlust beim Backen angesichts der hohen Temperaturen mit ca. 10 % nur sehr gering ist. Mit anderen Worten: Die Krume im gebackenen Brot enthält fast so viel Wasser wie der rohe Teig. Die Hauptmenge des Wassers ist immer fest gebunden: im Teig fest an die Kleberproteine und im Brot an die gequollene Stärke. S. Ablett et al. in *Chemistry and Physics of Baking,* (J.M.V. Blanshard, P.J. Frazier and T. Galliard, eds.), **1986,** The Royal Society of Chemistry, London

[18] B. Meyer, *PdN-BioS,* **2007,** *56,* 10

[19] Diese Materialeigenschaften erscheinen hier überbetont zu sein. Dies ist eine Fehleinschätzung, denn ein Brot muss seine Funktion erfüllen. Die besteht vor allem darin, dass man eine Scheibe abschneiden, diese Scheibe mit einem Fett bestreichen und davon ein Stück abbeißen und zerkauen kann.

[20] M. Angrick und D. Rewicki, *Chem. Unserer Zeit,* **1980,** 14, 149

[21] B. Meyer, *PdN-BioS,* **2007,** *56,* 4

[22] Bekommen Sie also keinen Schreck, wenn Brot plötzlich E 270 oder E 330 enthält. Das sind die vorgeschriebenen Bezeichnungen für Milchsäure und Zitronensäure, die deklariert werden müssen, wenn sie Lebensmitteln zugesetzt werden. In gesäuerten Milchprodukten wie Joghurt und in Zitronen kommen diese Säuren auch vor, müssen aber nicht deklariert werden, da sie im Lebensmittel schon enthalten sind, also nicht zugesetzt wurden.

[23] Backmittel sind Lebensmittelzusatzstoffe und andere Lebensmittel, die „zur Verbesserung der Qualität von Brot und anderen Backwaren und/oder Erleichterung ihrer Herstellung bestimmt sind". Übersicht siehe: B. Meyer, *Getreidetechnologie,* **2006,** *20,* 1

[24] Die Chemie der Malzherstellung spielt auch beim Bierbrauen eine wichtige Rolle. Siehe K. Roth, *Chem. Unserer Zeit,* **2006,** 40, 338

[25] *The Composition of Foods,* B. Holland et al., **1992,** The Royal Society of Chemistry, Cambridge

[26] H. Jörgensen, *Biochem. Z.,* **1935,** *280,* 1 und *ibid.* **1935,** *283,* 134

[27] Die Zugabe dieser Verbindungen ist in Deutschland und der gesamten EU verboten.

[28] Diese reduktive Eigenschaft von Vitamin C wird in der Lebensmitteltechnologie vielfach genutzt, z. B. bei der Haltbarmachung von Apfelsaft. Siehe: A. Deifel, *Chem. Unserer Zeit,* **1993,** *27,* 198

[29] P. Maltha, *Getreide & Mehl,* **1953,** *3,* 65;
W. Grosch, *Getreide, Mehl und Brot,* **1975,** *29,* 273;
P. Köhler, *PdN-BioS,* **2007,** *56,* 8

[30] Nach einem Vortrag von P. Köhler „Chemie des Brotes", **2005,** Kulmbach

[31] W. Ternes, *Naturwissenschaftliche Grundlagen der Lebensmittelzubereitung,* **1990,** Behr's Verlag, Hamburg

[32] Dies sind nicht die einzigen giftigen Stoffwechselprodukte von Pilzen im Getreide. Bei hoher Temperatur und Luftfeuchtigkeit wird Getreide während der Blütezeit von Schimmelpilzen (Fusarien, bei Weizen vor allem *F. graminearum*) besiedelt. So waren 1998 über 90 % des Weizens in Mittel- und Norddeutschland von Fusarien befallen. Die Fusarientoxine DON (Desoxynivalenol) und ZEA (Zearalenon) schwächen das Immunsystem, wirken allergisch und ZEA zeigt östrogene und anabolische Wirkung und dürfen vorgegebene Höchstwerte in Getreideprodukten nicht überschreiten. Siehe B. Niesing, *Fraunhofer Magazin,* **2004,** *4,* 15

[33] Bei einer äquatorialen β-Verknüpfung der Glucoseinheiten entsteht die lineare Cellulose. Der Unterschied mag strukturell nur gering erscheinen, aber er hat gewaltige Konsequenzen: Cellulose können wir überhaupt nicht zu Glucose abbauen und scheiden sie unverdaut aus (Balaststoff), während Stärke auf dem Weg vom Mund bis zum Dickdarm vollständig zu Glucose abgebaut wird.

[34] Beide Kristallstrukturen stammen von den Amylasen der Gerste und können in der Protein Data Bank (www.pdb.org) unter den Kurzbezeichnungen 1ht6 und 1b1y betrachtet werden.

[35] A. Deifel, *Chem. Unserer Zeit,* **1993,** 27, 198

[36] Einen knappen und kompetenten Überblick über die Kulturgeschichte des Brotes gibt: *A History of Food,* M. Toussaint-Samat, **1992,** Blackwell Publishers, Cambridge, USA

Impressum

Herausgeber und V.i.s.d.P.:
RA Amin Werner,
Prof. Dr. Bärbel Kniel
Backmittelinstitut e.V.
Redaktion: Dr. Gerald Plasch

Gestaltung und Herstellung:
kippconcept GmbH, Bonn

Druck:
Gebr. Molberg GmbH, Bonn

Geschäftsbereich Deutschland:

Markt 9, D-53111 Bonn
Tel. +49 (0)2 28 / 96 97 70
Fax +49 (0)2 28 / 96 97 777
Hotline +49 (0)7 00 / 01 00 02 87
http://www.backmittelinstitut.de
info@backmittelinstitut.de

Geschäftsbereich Österreich:

Postfach 32, A-1221 Wien
Tel. und Hotline
+43 (0)8 10 / 00 10 93
http://www.backmittelinstitut.at
info@backmittelinstitut.at