

Einleitung

Die *Lebensmittelchemie* hat sich als selbständiger Zweig der *angewandten Chemie* schon am Ende des 19. Jahrhunderts etabliert. 1894 wurde in Deutschland an den wissenschaftlichen Hochschulen eine Nahrungsmittelchemiker-Hauptprüfung, 1927 die offizielle Bezeichnung *Lebensmittelchemiker*, eingeführt. Erste wissenschaftliche Grundlagen für dieses Fachgebiet hatte bereits Justus *Liebig* in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts geschaffen. Die Lebensmittelchemie hat sich insgesamt die Aufgabe gestellt, die *Chemie und Technologie der Lebensmittel* zu erforschen, wobei vor allem auch die Erkenntnisse der *Ernährungswissenschaften* Berücksichtigung finden.

Wollte man die Lebensmittelchemie schwerpunktmäßig allein durch eine Wissenschaftsdisziplin charakterisieren, so könnte man sie als eine *angewandte Biochemie* bezeichnen. Diese Benennung hat heute umso mehr ihre Berechtigung, als neue Entwicklungen in der Lebensmitteltechnologie von der neuzeitlichen *Biotechnologie*, die eine *Gentechnologie* darstellt, ausgehen. Zu den frühesten Biotechnologien gehören das Bierbrauen, die Weinbereitung, das Brotbacken und auch die Essiggärung.

Die Grundlagen der Lebensmittelchemie, d. h. der Erkenntnisse über die stoffliche Zusammensetzung und die Veränderungen in den Lebensmitteln pflanzlicher und tierischer Herkunft, kommen insbesondere von der *organischen Chemie*, der schon genannten *Biochemie* und auch der *physikalischen Chemie*. Einen hohen Stellenwert besitzt die *analytische Chemie*, deren Fortschritte nicht nur zur Analyse immer geringerer Stoffmengenkonzentrationen, sondern auch zur Aufklärung bisher unbekannter Zusammensetzungen und Zusammenhänge beigetragen haben. Diese Feststellung gilt nicht nur für die physikalisch-chemische, d. h. instrumentelle Analytik, sondern zunehmend für biochemische Analysemethoden bzw. für die spezielle *Bioanalytik* bis zu Untersuchungen von Genmustern im Hinblick auf gentechnisch veränderte Lebensmittelprodukte.

Die Lebensmittelchemie orientiert sich vor allem auch in der Lehre sowohl an den Stoffgruppen – Eiweißstoffe, Kohlenhydrate, Fette als Hauptinhaltsstoff-Gruppen und weiteren

speziellen Lebensmittelinhaltsstoff-Gruppen – als auch an den Lebensmittelprodukt-Gruppen entsprechend ihrer Herkunft. In der Lebensmittel-Untersuchung spielt neben der Chemie auch die *Botanik* (für Lebensmittel pflanzlicher Herkunft) mit ihren speziellen (wie mikroskopischen) Untersuchungsmethoden eine wichtige Rolle. Hier bestehen Berührungsfelder zur Pharmazie. Weiterhin sind für bakterielle Untersuchungen die *Mikrobiologie* und für den Bereich der Lebensmittel tierischer Herkunft die *Veterinärmedizin* in gleicher Weise zu nennen.

Ein weiterer Aufgabebereich erwächst der Lebensmittelchemie aus dem gewachsenen *Lebensmittelrecht*, das außer den Lebensmitteln, also den Produkten, die zum Verzehr für den Menschen bestimmt sind, auch die sogenannten *Bedarfsgegenstände* umfaßt. Dieser Produktbereich reicht von den Lebensmittel-Verpackungen über Körperpflegemittel bis zu Spielwaren. Alle Anforderungen an die erforderlichen Kenntnisse und Untersuchungen haben den *Schutz der Gesundheit* zum obersten Gebot.

Wichtig für die Fortentwicklung der Lebensmittelchemie bis heute und auch in Zukunft sind somit die genannten *Querverbindungen* zur *Lebensmitteltechnologie*, zur damit verbundenen Entwicklung und zum Einsatz von *Zusatzstoffen*, deren technologische Notwendigkeit bei einer Neueinführung heute in der Regel wissenschaftlich begründet sein muß, zur *Toxikologie* sowohl natürlicher Inhaltsstoffe als auch von Zusatzstoffen bzw. Schadstoffen anthropogener Herkunft und Kontaminanten und zum deutschen sowie internationalen *Lebensmittelrecht* und der Überwachung zur Einhaltung der Gesetze und Verordnungen. Im Hinblick auf die Entwicklung immer neuer, häufig vom Zeitgeschmack abhängiger Lebensmittelzubereitungen (mit dem Stichwort *food design*) ist die Untersuchung von Rohstoffen und Zusatzstoffen von besonderer Bedeutung. Auch im sensorischen Bereich der Bewertung von Lebensmitteln hat sich eine objektive Methodik, die *Sensorik*, entwickelt, die ebenfalls zur Gesamtbeurteilung der *Lebensmittelqualität* neben den genannten anderen Wissenschaftsdisziplinen herangezogen wird.

1.1 Lebensmitteltexturen und deren zelluläre Grundlagen

Die strukturelle Beschaffenheit von Lebensmitteln bestimmt gemeinsam mit Farbe, Geschmack, Geruch und Konsistenz deren *sensorischen Wert*. Dieser ist neben dem Gesundheits- und Marktwert einer der drei Faktoren der Lebensmittelqualität.

Die *Struktur von Lebensmitteln* ist abhängig von ihrer pflanzlichen oder tierischen Herkunft, von den biosynthetisch hergestellten strukturgebenden Lebensmittelinhaltsstoffen und von der Verarbeitung des Rohproduktes.

Strukturelemente der pflanzlichen Zellwand

Konsistenz und Struktur von Obst und Gemüse werden durch die Gerüstsubstanzen der pflanzlichen Zellen festgelegt. Zu den wichtigsten zählen Cellulose, Pektine, Polyosen, Lignine und Glykoproteine.

Die **Mittellamelle** einer Zellwand besteht aus Pektinen, die teilweise durch Mg- und Ca-Ionen verbrückt sind. Die Grundstruktur der anschließenden **Primärwand** enthält neben Pektinen und Polyosen regellos verstreute Cellulose.

A. Cellulose

Bedeutendes Biopolymer und wasserunlösliches Polysaccharid, ein isotaktisches β -(1,4)-Polyacetal der *Cellobiose* (diese wiederum besteht aus zwei Molekülen Glucose). Ca. 500 bis 5000 Glucose-Einheiten sind kettenförmig unverzweigt miteinander verknüpft. Die lineare Versteifung des Makromoleküls ist auf intramolekulare Wasserstoff-Brücken zwischen den 3-Hydroxy-Gruppen und den Ringsauerstoff-Atomen benachbarter Glucose-Ringe zurückzuführen. Die dadurch entstehenden parallelen Ketten lagern sich zu Mikrofasern zusammen. In verzweigten amorphen Regionen – Intermicellarräume – können u. a. Pektine und Wasser eingelagert werden. Hohe Cellulose-Gehalte finden sich z. B. in Artischocken und Grünkohl.

B. Polyosen (früher: Hemicellulosen)

Verzweigte (amorphe), heterogene Polysaccharide, die vergesellschaftet mit Cellulose in Zellwänden von Gräsern, Getreiden und höheren Pflanzen vorkommen. In unterschiedlichen Anteilen finden sich als Monomere Hexosen (Galactose, Glucose, Mannose), Pentosen (Arabinose, Xylose) sowie Uronsäuren (Galacturonsäure, Glucuronsäure). Die für die Zell-

wandstruktur wichtigsten Polyosen sind Xylane, Arabane, Mannane und Galactane. Xyloglucane sind in der Lage, sowohl Bindungen zur Oberfläche der Cellulose-Mikrofibrillen, als auch zu einem neutralen Pektin-Molekül auszubilden. Quervernetzungen finden bspw. auch durch die Ferulasäure statt, die z. B. mit den Glucuroarabinoxylanen Esterbindungen einght.

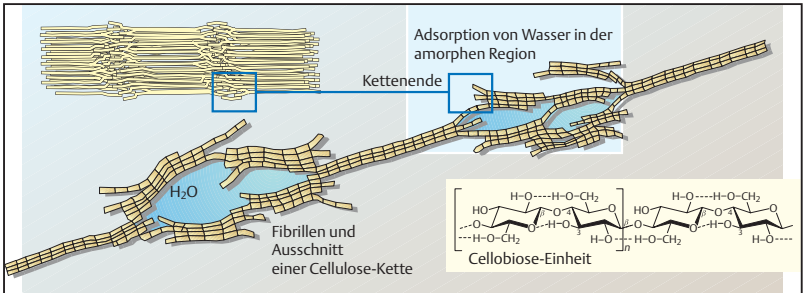
C. Pektine

Die hochmolekularen, unlöslichen Pektine sind für eßbare Obst und Gemüse die wichtigste Gerüstsubstanz. Sie bestehen im wesentlichen aus Ketten von 1,4- α -glykosidisch verbundenen Galacturonsäure-Einheiten, unterbrochen von L-Rhamnose-Einheiten, die in 1,2-Position miteinander verknüpft sind. Als weitere Nebenbestandteile finden sich in den schwach sauren Makromolekülen vor allem D-Galactose-, D-Xylose- und L-Arabinose-Einheiten. Die Carboxy-Gruppen können in unterschiedlichem Maße mit Methanol verestert sein. Das Enzym Pektin-Methylesterase greift diese Gruppen an und baut so die Makromoleküle zu niedermolekularen löslichen Pektinen ab. Beim sogenannten *Blanchierprozeß* (Erhitzen von Gemüse auf 60°C) wird das Enzym aktiviert. Die so freigesetzten Säuregruppen bilden mit Ca und Mg leicht Salze und führen zu einer Verknüpfung der Makromoleküle. Die dadurch auftretende Verfestigung der faltblattartigen Strukturen, wie sie bei Obst und Gemüse wie Sauerkirschen, Äpfeln, Kartoffeln und Tomaten auftritt, kann anhand des **Eierschachtelmodells** verdeutlicht werden. Dieses erklärt auch, daß Tomaten umso fester sind, je höher deren Gesamtpektin- sowie ihr Ca/Mg- Gehalt und je niedriger der Veresterungsgrad sind.

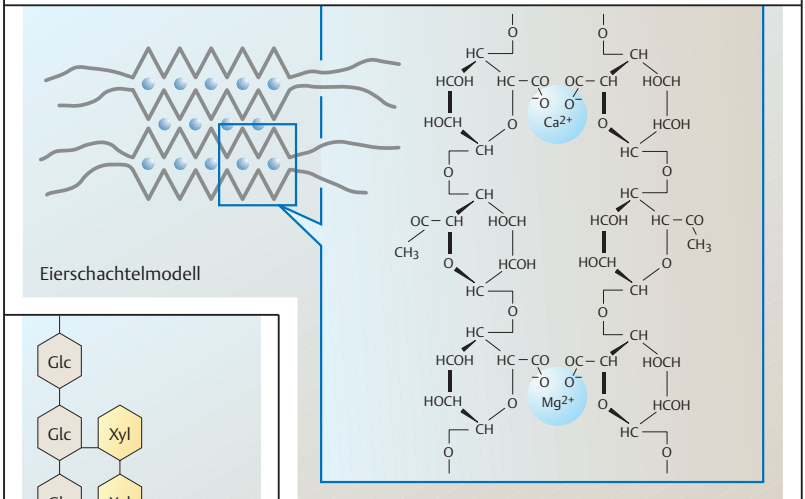
D. Lignin und Extensin

Bei **Ligninen** handelt es sich um hochmolekulare, aromatische Abkömmlinge des Phenylpropanes, die die Räume zwischen den Zellmembranen verholzender Pflanzen ausfüllen. Es bildet sich ein Mischkörper aus Lignin, Cellulose und Polyosen. Die Versteifung des Lignins, sowie die Verdickung der Cellulose-Schicht führen zur Verholzung, wie sie u. a. bei Möhren, Spargel und Kohlrabiknollen zu finden ist.

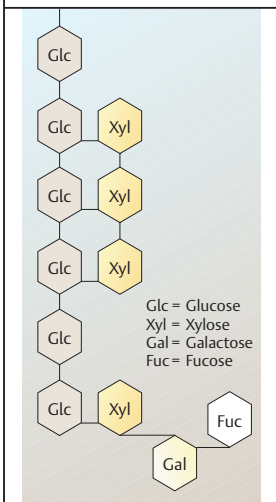
Das Glykoprotein **Extensin**, das – über Tyrosin-Brücken vernetzt – unlöslich ist, kumuliert während der Reifungsphase von Früchten und trägt so zur Verfestigung der Zellwand bei.



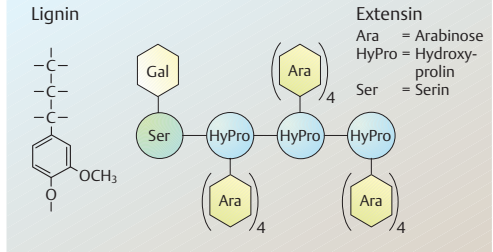
A. Cellulose



C. Pektine



B. Polyosen



D. Lignin und Extensin

Strukturelemente des Fleisches

Die Skelettmuskulatur von Tieren wird im engeren Sinn als Fleisch bezeichnet. Nach den Leitsätzen des Deutschen Lebensmittelbuches werden jedoch alle zum Verzehr durch Menschen geeigneten Teile von Tieren, also auch Innereien, Blut und Haut, als Fleisch definiert.

E. Organisation der Skelettmuskulatur

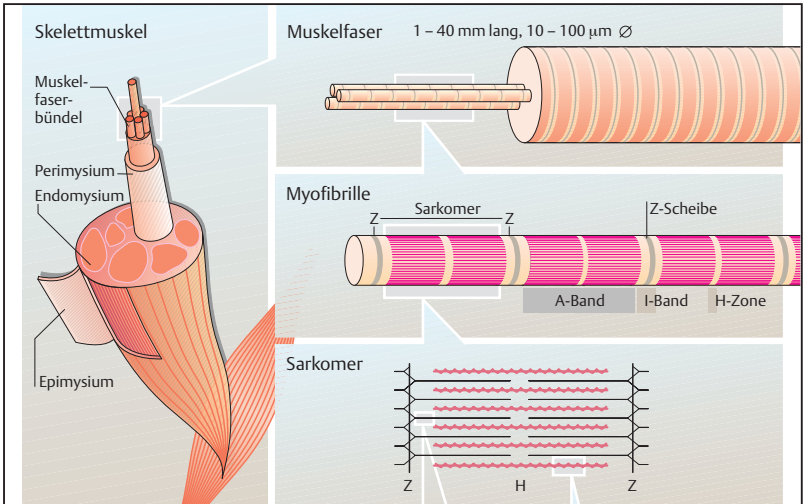
Der Muskel besteht aus parallel angeordneten **Bündeln von Muskelfasern**, die von einer Bindegewebsschicht, dem *Perimysium*, ummantelt sind. Jede **Muskelfaser** stellt eine große mehrkernige, vom *Endomysium* umhüllte Muskelzelle dar, die in voller Länge von **Myofibrillen** durchzogen ist. Der gesamte Muskel wird wiederum von einer Bindegewebsschicht, dem *Epimysium* und der Sehne umschlossen. Die in das *Sarkoplasma* (Zellflüssigkeit der Muskelzellen) eingebetteten Myofibrillen bestehen aus einer Vielzahl von Myofilamenten: **dicken Myosin-** und **dünnen Actin-Filamenten**. Die für die Skelettmuskulatur charakteristische Querstreifung ist auf die abwechselnde Anordnung heller (I, isotroper) und dunkler (A, anisotroper) Banden innerhalb der als Sarkomer bezeichneten Einheiten zurückzuführen. Diese 2–2,5 µm langen *Sarkomere* werden durch eine dunklere *Z-Linie* getrennt, die so auch die I-Banden unterteilt. Diese Z-Linien werden von den Verankerungen der dünnen Actin-Filamente verursacht. Als *H-Linie* bezeichnet man den aus dicken Myosin-Filamenten bestehenden mittleren Teil der *A-Bande*, in dem sich dünne Actin-Filamente finden. Diese A-Banden werden durch die besonders dichte *M-Linie* unterteilt, in der dicke und dünne Filamente übereinander gelagert sind.

F. Myofibrilläre Proteine

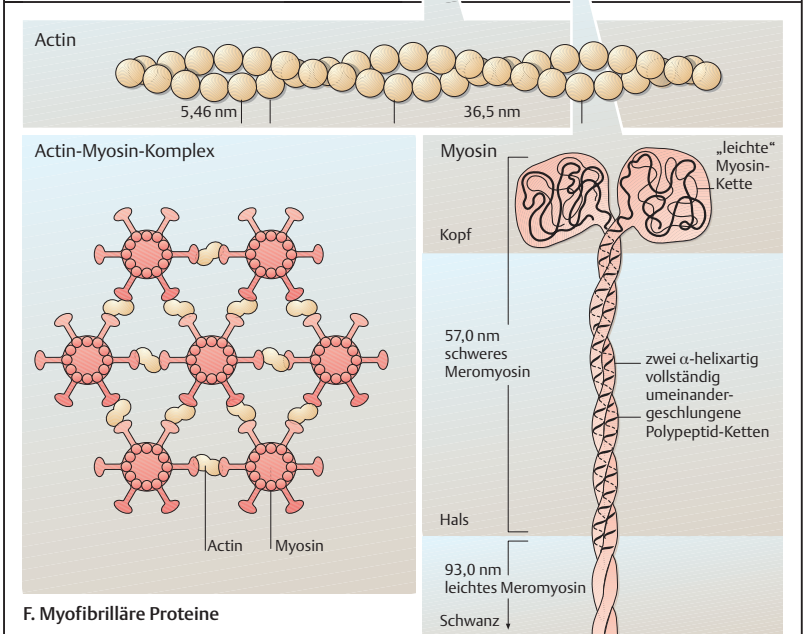
Hauptbausteine für die genannten Filamente sind die myofibrillären Proteine, denen damit eine wichtige strukturgebende Funktion im Muskel zukommt. Die wichtigsten Vertreter dieser Protein-Gruppe werden auch als kontraktile Proteine bezeichnet. Dicke Myosin-Filamente werden aus 200–250 gestaffelt angeordneten Myosin-Molekülen gebildet. **Myosin** ist ein Hexamer, das aus zwei gleich schweren α -helixartig umeinandergewundenen Peptidketten (M_r 200 000 Da) und aus zwei Paaren leichteren Polypeptiden (mit je M_r 16–20 k Da) besteht. Am Ende des 150 nm langen und 2 nm dicken stäbchenförmigen Teils befinden sich

zwei flexible, globuläre Köpfe. In diesen Köpfen liegt die Bindestelle für das Actin, mit dem das Myosin während der Muskelkontraktion zu dem temporären *Actomyosin-Komplex* zusammentreten kann. Die funktionellen Eigenschaften des Myosins sind durch den hohen Gehalt an SH-Gruppen bestimmt. An den definierten Stellen können die Enzyme Papain und Trypsin das Molekül spalten, was bei der Anwendung von Zartmachern von Bedeutung ist. Aufgrund seiner Aktivität als ATPase kommt dem Myosin eine wichtige physiologische Bedeutung zu: Es katalysiert die Hydrolyse von ATP zu ADP, bei der Energie für die Muskelkontraktion frei wird.

Actin-wichtigste Komponente der dünnen Filamente – besteht aus dem birnenförmigen Monomer **G-Actin** (globuläres Actin) und dem fadenförmigen Polymer **F-Actin**. Die Actin-Filamente liegen in doppelhelixartiger Struktur vor. Unter physiologischen Bedingungen und unter Anwesenheit von ATP polymerisiert G-Actin reversibel zu F-Actin. In den dünnen Filamenten liegen neben dem Actin auch die regulatorischen Proteine **Tropomyosin** und **Troponin** vor. Troponin enthält drei Untereinheiten (C, I und T, mit M_r 17 800 bzw. 20 900 und 30 500 Da). Charakteristisch für Troponin C sind die vier Calcium-Ionen je Molekül und die hohe Konzentration an sauren Aminosäuren. Tropomyosin setzt sich aus α -helixartig umeinandergewundenen Ketten von α - und β -Tropomyosin zusammen, die sich in Längsrichtung an das F-Actin anlagern und so etwa 7 Actin-Einheiten stabilisierend miteinander verbinden. Am Ende dieser Ketten ist das Troponin gebunden. Die Erregung und Erschlaffung des Muskels wird Calcium-Ionen-abhängig von Troponin und Tropomyosin gesteuert. Über die erwähnten Beispiele myofibrillärer Proteine hinaus gehören auch α -Actinin, β -Actinin, Myomesin, Kreatin-Kinase, Titin, Desmin, Filamin und Nebulin zu dieser Gruppe. **Sarkoplasmaproteine:** Im Sarkoplasma (Cytoplasma der Muskelzelle) finden sich wasserlösliche **Albumine**, wasserunlösliche **Globuline** ebenso wie **Hämoglobin** und der damit verwandte rote Muskelfarbstoff **Myoglobin**.



E. Organisation der Skelettmuskulatur



F. Myofibrilläre Proteine

G. Bindegewebsnetzwerk

Das Bindegewebe ist eine im gesamten Tierreich vorkommende Gewebeart mit spezifischen Funktionen, zu denen vor allem die Übertragung mechanischer Kräfte und die Gewährleistung von strukturellem Halt zu zählen sind.

Beim Bindegewebe unterscheidet man im Wesentlichen zwischen *lockerem* (faserarmen) und *festem* (faserreichen) *Bindegewebe*. Lockeres Bindegewebe besteht zumeist aus einer farblosen, amorphen und quellbaren Masse aus Eiweißen, Mucopolysacchariden und eingelagerten Kollagen-Fasern. Straffes Bindegewebe zeichnet sich durch eine geflechtartige oder parallele Anordnung von Kollagen-Fasern aus. Der mengenmäßig wichtigste Bestandteil des Bindegewebes ist das **Kollagen**, in dessen Tripelhelix **Hyaluronsäure**, **Proteoglykane** und geringe Mengen von **Elastin** eingelagert sind.

Das **Kollagen**, bei dem man zwischen fünf verschiedenen Typen (I-V) unterscheidet, bildet in verschiedenen Organen oder Bindegewebschichten des Muskels spezifische Strukturen und Aminosäuren-Zusammensetzungen aus. Charakteristisch für das Kollagen sind die Wiederholung des Glycins (Gehalt: 23–29%) an jeder dritten Position, der hohe Gehalt an Prolin (15–16%) sowie von 4-Hydroxyprolin (11–14%). Ebenfalls bemerkenswert ist das fast vollständige Fehlen von L-Tryptophan, L-Tyrosin und L-Cystin. Durch Abspaltung einiger Aminosäuren an den Peptid-Kettenenden entsteht aus Prokollagen- α -Ketten **Tropo-Kollagen**. Dieses besteht aus drei Polypeptid-Ketten, die sich in Form einer linksgängigen α -Tripelhelix zusammenlagern. Ihre Starrheit erhalten die Helices durch ausgebildete Wasserstoff-Brückenbindungen am sterisch begünstigsten Glycin. Eine Polypeptid-Kette besteht aus jeweils 1000 Aminosäuren mit einem Gesamtmolmasse von 100000 Dalton. Erst durch **Quervernetzungen** innerhalb und zwischen den Fasern des Tropo-Kollagens entsteht das eigentliche Kollagen. Wasserlösliche Gelatine entsteht aus Kollagen durch thermisches Denaturieren und unter hydrolytischen Bedingungen durch Aufbrechen der Quervernetzungen.

Die *Textureigenschaften des Gewebes* werden wesentlich vom Kollagen bestimmt, wobei die intermolekularen Querverbindungen, die mit dem Alter zunehmen, die Zähigkeit des Fleisches verursachen. Bei der Fleischreifung wird

ein Teil der Quervernetzungen der Myofibrillen gelöst, das Fleisch wird zarter; der permanente Teil der Zähigkeit wird aber vom Bindegewebe bestimmt. Im **Bindegewebsnetzwerk** sind zwischen den Kollagen-Fibrillen Hyaluronsäure und Proteoglykane eingelagert. Grundbaustein der **Hyaluronsäure**, das zur Gruppe der hochviskosen Mucopolysaccharide bzw. der Glykosaminoglykane gehört, ist ein Aminodisaccharid aus β -(1,3)-glykosidisch gebundener D-Glucuronsäure und N-Acetyl-D-glucosamin. Die **Proteoglykane** bestehen aus einem Protein-Gerüst und Polysaccharid-Ketten aus (1,4)-verknüpften Disaccharid-Einheiten, die denen der Hyaluronsäure ähneln. Über eine Uronsäure sind sie in einer β -(1,3)-Bindung mit Glykosaminoglykanen wie **Chondroitinsulfat** und **Keratan(sulfat)** verknüpft. Chondroitinsulfat weist einen globulären Kopf und einen Protein-Strang mit hohem α -Helix-Anteil auf. Keratan(sulfate) (M_r 4–19 k Da), bilden in Knorpel und Knochen zusammen mit den Kollagenen die Proteoglykane aus sich wiederholenden Disaccharid-Einheiten von D-Galactose, die an 6-O-sulfoniertes N-Acetyl-D-Glucosamin β -(1,4)-glykosidisch gebunden sind. Proteoglykane bilden zusammen mit der Hyaluronsäure hochmolekulare Aggregate, bei denen die Polysaccharid-Ketten zum Kollagen ausgerichtet und die globulären Köpfe an die Hyaluronsäure assoziiert sind. Zusammen bilden Kollagen, Hyaluronsäure und Proteoglykane ein verschlauftes Netzwerk, in dem die Bündeldichte des Kollagens durch die Ladung der Sulfat-Gruppen der Proteoglykane bestimmt wird. Im Bindegewebenetz findet sich vergesellschaftet mit Kollagen neben den drei genannten Komponenten auch das elastische, mit Wasser nicht quellbare Skleroprotein **Elastin** (etwa 1% des Muskelweiß). Wesensbestimmend für das Elastin sind die Aminosäuren Desmosin, die vier Lysin-Ketten enthält, und Isodesmosin, die für die Quervernetzung zwischen den Polypeptid-Ketten sorgen. Seine Elastizität und Zugfestigkeit verdankt das Elastin eben diesen Vernetzungen.

Strukturen im Mehl

H. Wechselwirkungen zwischen Mehl-Inhaltsstoffen

Das Hauptkohlenhydrat des Getreides ist die Stärke, die zu 70 bis 80% aus Amylopektin und zu 20 bis 30% aus Amylose besteht (s. 2.1 G). Etwa 80% der Weizenproteine gehören zu den Glutelinen (*Glutenin*) und den Prolaminen (*Gliadin*), die man zusammen als Gluten oder auch Kleber bezeichnet, da sie im Teig das Kleber-Gerüst aufbauen. Die für die Teigkonsistenz wichtigsten Getreide-Lipide sind die Glykolipide, deren Hauptkomponente die Digalactosyldiglyceride sind.

Setzt man dem Mehl Flüssigkeit zu, entsteht ein Teig, unter dem man im allgemeinen die halbflüssige bis halbfeste Masse aus Getreidemahlprodukten, Wasser und eventuell zugesetzten Backmitteln (s. 5.5 O) versteht, die die Einwirkung mechanischer Energie (Kneten, Schlagen, Rühren) gebildet wird.

Das Entstehen eines viskoelastischen Teiges ist auf die Ausbildung eines Kleber-Gerüsts zurückzuführen, das durch das Anteigen von Weizenmehl mit Wasser unter Auswaschung der Stärke und anderer wasserlöslicher Anteile entsteht. Diese kohäsive Masse setzt sich zu 90% aus Gliadin und Glutenin, zu 8% aus Lipiden und zu 2% aus Kohlenhydraten zusammen. Proteine und Lipide bilden die oberflächenaktiven Substanzen des Teiges, während dessen rheologischen Eigenschaften und die Stabilität der Poren vor allem durch polare Lipide wie das oben genannte Galactosylglycerid beeinflusst werden. Die Elastizität eines Teiges wird vorwiegend von den hochmolekularen fibrillären Glutelinen und die Viskosität durch das Gliadin bestimmt.

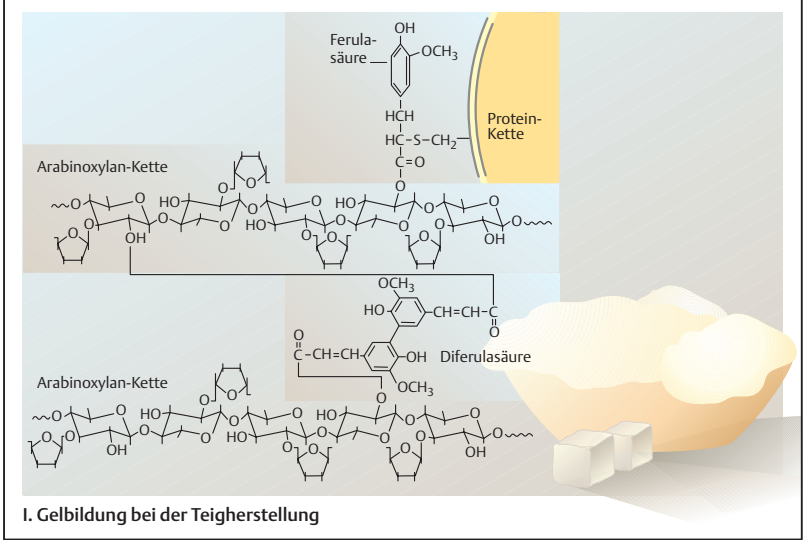
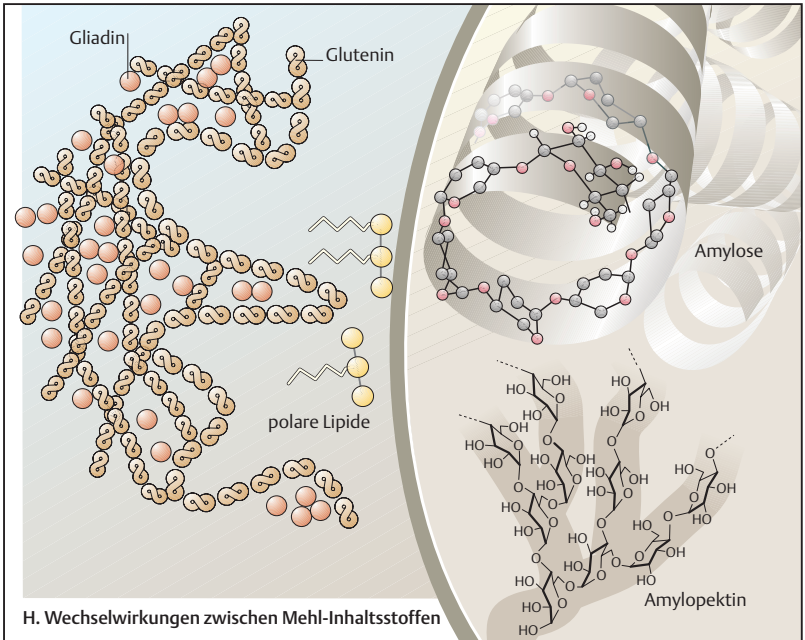
Durch die Wasserzugabe zum Mehl kommt es zu Wechselwirkungen zwischen den (polaren und unpolaren) **Lipiden** und dem Kleber, wobei Glykolipide an **Gliadin** und Phospholipide bevorzugt an **Glutenin**-Komponenten gebunden werden. Zwischen den polaren Teilen der Mono- und Diglyceride und denen des Glutenins bestehen elektrostatische Wechselwirkungen, während sich die unpolaren Kohlenwasserstoff-Ketten der Glyceride zu den lipophilen Teilen des Glutenins orientieren. Mehl-eigene Lipide haben somit die Wirkung eines Stabilisators in einem Schaum (s. K). Nach allgemeinen Modellvorstellungen sind die polaren Lipide mit dem Gliadin in einer flüssig kristallinen Struktur assoziiert und umhüllen die

Stärkekörner und die sich bei der Teiglocke-rung bildenden Gasblasen. Um das Brotvolumen zu erhöhen, sollten daher mehr polare Lipide (wie das Galactosylglycerid) als unpolare Lipide im Mehl vorhanden sein. Die Verbesserung der Teig- und Backeigenschaften durch das Galactosylglycerid wird wie folgt erklärt (nach Nierle und Eibaya, 1987): Die Wechselwirkungen des Glycerids mit den Kleber-Proteinen erfolgt über den hydrophoben Teil, gleichzeitig werden über die OH-Gruppen des Disaccharids Wasserstoff-Brücken mit der Amylose gebildet. Setzt man Lecithin (Phospholipide, Phosphatidylcholine) in nur geringer Menge dem Weizenmehl zu, nimmt dessen Backqualität ab. Dieses hängt damit zusammen, daß Lecithine einen Teil des in der Kleber-Struktur eingebauten Galactosyldiglycerids verdrängen. Erst mit höheren Lecithin-Mengen werden die Backeigenschaften wieder verbessert: Die Lecithine bilden auf der Oberfläche der Stärkekörner aus Amylopektin und Amylose einen Film und verursachen so eine Volumenzunahme des Gebäcks.

I. Gelbildung bei der Teigherstellung

Aus Pentosen (Arabinose, Xylose) aufgebaute Polysaccharide, sogenannte **Pentosane**, sind bis 3% im Weizen- und bis zu 8% im Roggenmehl enthalten. Im Weizenmehl finden sich vorwiegend unlösliche lineare **Arabinoxylane**, die die auch einen Protein-Teil aufweisen. Die Pentosan-Ketten werden durch eine phenolische Oxidation über Ferulasäure und Diferulasäure mit Protein-Ketten vernetzt, wodurch die Gelierbarkeit und die Viskosität gesteigert werden. Die unlöslichen Arabinoxylane können das 7 bis 10fache ihres Gewichts an Wasser anlagern. Sie beeinflussen dadurch günstig die Saftigkeit des Gebäcks.

Im Bild ist die Vernetzung von Pentosan- und Protein-Ketten durch die **Ferulasäure** über eine primäre Alkohol-Gruppe der Arabinose und eine Thiol-Gruppe des Cysteins gezeigt. Ebenfalls dargestellt ist die Vernetzung über die **Diferulasäure**. Pentosane können auch mit Kleber-Proteinen reagieren; entstehen aber in Gegenwart oxidierender Substanzen wie Peroxide kovalente Bindungen der Ferulasäure mit Cystein, so wird die Ausbildung eines Klebernetzwerkes verhindert.



Disperse Systeme

Bei Dispersen (von lat. dispersio: Zerteilung) handelt es sich um die Feinstverteilung eines Stoffes in einer anderen Phase. Eine äußere, kontinuierliche Phase (Dispersionsmittel) und mindestens eine darin feinst verteilte Phase (dispertierte Phase, Dispersens) bilden ein **dispertes System**. Beispiele hierfür sind Emulsionen, Schäume und Suspensionen.

J. Emulsionen

Sind sowohl äußere als auch innere Phase eine Flüssigkeit, so handelt es sich um eine Emulsion (Beispiel: aufgeschlagene Saucen wie Sauce hollandaise, Mayonnaise, Salatdressing, Speiseeis, Eigelb). Ist das Dispersionsmittel bei Raumtemperatur ein Feststoff, so liegt eine **feste Emulsion** vor, wie z. B. bei Butter oder Schokolade. Das Erscheinungsbild von Emulsionen wird durch den Tröpfchendurchmesser des Dispersens bestimmt; liegt dieser unter 5 µm bzw. unter der Wellenlänge des Lichtes, erscheinen die Emulsionen transparent (Saucen bekommen ein samtartiges Aussehen, wenn ihr Teilchendurchmesser mit Hilfe einer Kolloidmühle verringert wurde). Die meisten Emulsionen bestehen aus Wasser und Öl oder Fett als nicht mischbare Phasen. In Abhängigkeit von der Zusammensetzung und Verteilung der Phasen wird der **Emulsionstyp** als **Öl-in-Wasser-Emulsion** (O/W, international L-H, lipos in hydros), mit Öl als disperser Phase und Wasser als äußerer Phase, bzw. als **Wasser-in-Öl-Emulsion** (W/O, bzw. H-L) angegeben; im letzteren Fall sind Wassertröpfchen in Öl emulgiert. O/W-Emulsionen mit geringem Ölanteil weisen nur leichte Viskositätsänderungen gegenüber Wasser auf. Zu einer Erhöhung der Viskosität infolge der Ausbildung flüssig-kristalliner Gelstrukturen kommt es hingegen bei W/O-Emulsionen. Wie das Beispiel einer Mayonnaise (s. N) mit 80% Fettanteil – einer O/W-Emulsion – zeigt, ist der Emulsionstyp nicht primär abhängig vom Anteil der jeweiligen Phase am System. Entscheidender sind hier die hydrophilen oder lipophilen Eigenschaften des vorliegenden **Emulgators** (s. 3.5) Das Dispersionsmittel wird durch die Phase gebildet, in der der Emulgator am besten löslich ist. Eine Stabilisierung der Emulsion ist auf die Umhüllung des Dispersens durch den Emulgator zurückzuführen. Wasserlösliche Emulgatoren können in die Wasserphase eindringen und die Öltröpfchen mit einer hydrophilen Hülle umschließen. Lipophile Emulga-

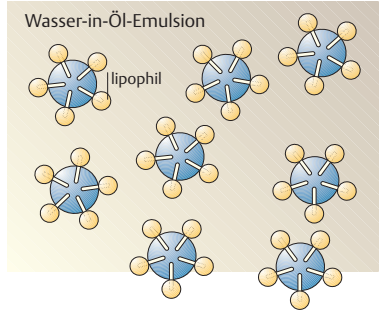
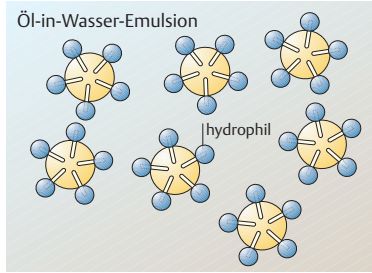
toren (s. 3.5) lösen sich im Öl nur mit ihrem lipophilen Teil. Sie breiten sich an der Phasengrenze aus, es bildet sich ein Emulgatorfilm, der Wasser einschließt.

K. Schäume

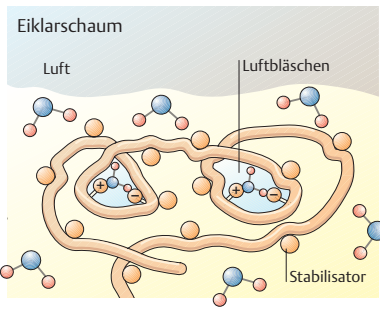
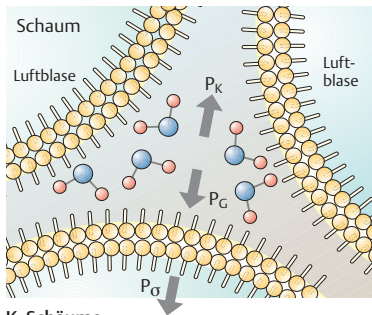
Ein disperses System aus einem flüssigen oder festem Dispergiermittel, in dem ein Gas als Dispersens vorliegt, wird als **Schaum** bezeichnet. Man unterscheidet zwischen **niedrigviskosen Schäumen** (Schlagsahne, Bisquit) und **hochviskosen (Fett-) Schäumen** (Teig, Parfaits). Die äußere wäßrige Phase enthält z. B. gelöste Proteine und Zucker. Die Stabilität der Schäume hängt von der Wasserbindung der innerlamellaren Phase und der Festigkeit der Schaumlamellen ab. Eine Erhöhung der innerlamellaren Wasserbindung kann durch Zusatz von Hydrokolloiden (wasserbindende Quellstoffe wie z.B. Sahnesteif und Gelatine) und Auffaltung der Globuline erreicht werden. Eine Verfestigung der Schaumlamellen kann als Folge einer (thermischen/mechanischen) Denaturierung der Proteine beobachtet werden. Eine solche Verfestigung tritt bei der Herstellung von **Eiklarschaum** auf. Durch den Aufschlagprozeß denaturiert und koaguliert ein Teil der Eiklarproteine. Die globulären Proteine entfalten sich und orientieren die zuvor nach innen gerichteten hydrophoben Teile zur Grenzfläche Eiklar/Luft. Die dadurch gestreckten Protein-Ketten werden durch intermolekulare Kräfte vernetzt (Kapillarkraft P_K , Fließkraft P_G , Grenzflächenspannung P_o). Durch die Denaturierung wird der Eiklarschaum stabilisiert, wobei die grobe Textur durch das Ovalbumin gebildet wird.

L. Suspensionen

Disperse Systeme, in denen unlösliche Feststoffteilchen in Flüssigkeiten, plastischen Massen (oder erstarrten Schmelzen) vorliegen, bezeichnet man als **Suspensionen**. Beispiele für Suspensionen sind Suppen, Fruchtnektare oder Marmeladen. Die Stabilität der Suspensionen wird durch die Benetzung suspendierter Partikel oder durch Viskositäts-erhöhung (Eindicken von Marmelade, Gelee) erreicht.



J. Emulsionen



K. Schäume



L. Suspensionen

Lebensmittelchemische Beispiele für disperse Systeme

M. Modelle von Casein-Micellen

Die wichtigsten Milch-Proteine sind die Casein- und die Molken-Proteine. Eine funktionelle Bedeutung kommt vor allem den α - und κ -Caseinen sowie den Molkeproteinen α -Lactalbumin und β -Lactoglobulin zu. Durch Ausfällen der Caseine an ihrem isoelektrischen Punkt (pH 4,6) können die beiden Protein-Gruppen getrennt werden.

Zur Gruppe der **Caseine** gehören α_{s1} -, α_{s2} -, β - und κ -Casein, die sich in ihrem Aufbau und der daraus resultierenden elektrophoretischen Beweglichkeit unterscheiden. Gemeinsam ist ihnen eine geringe Löslichkeit und ein bemerkenswerter hoher Gehalt der Aminosäure Prolin (etwa 12%; s. 2.2) sowie an Phosphor (0,85%), der als Phosphat-Gruppe mit der Hydroxy-Gruppe der Aminosäure Serin verestert ist. Über die Phosphoserin-Reste können z. B. mit Calcium stabile intra- und intermolekulare Bindungen bei den α - und β -Caseinen aufgebaut werden. Calciumphosphat-Verbrückungen können durch Aggregat-Bildung zur Ausfällung dieser Caseine führen.

Die Aminosäuren-Ketten der Caseine liegt offen und damit variabel vor, da der hohe Prolin-Anteil die Ausbildung einer globuläre Struktur verhindert. Caseine, die sehr hitzestabil sind, bilden in der Milch Micellen als Aggregationen von Submicellen. Im Gegensatz zu anderen Proteinen fallen die der Milch beim Aufkochen nicht aus. Das κ -Casein, mit nur einem Phosphoserin-Rest, verfügt über einen emulgatorartigen Aufbau (s. 2.2) und ist so in der Lage, die Funktion eines Schutzkolloids zu übernehmen und die Casein-Micelle zu stabilisieren: Es ist an der Oberfläche der Casein-Micelle lokalisiert und befindet sich zwischen den hydrophoberen α - und β -Caseinen und dem Wasser der Milch. Wird das κ -Casein durch das Enzym Lab gespalten und verliert seine Schutzkolloid-Funktion, wird aus dem Sol ein Gel. Verschiedene Modelle sind zur Erklärung der Fähigkeit des κ -Caseins, die 10fache Menge an α_{s2} - und β -Casein bei Anwesenheit von Calcium-Ionen in Lösung zu halten, entwickelt worden.

1. Mantel-Kern-Modell: Rosettenartig angeordnete α_{s1} - und β -Caseine bilden die Kerne, die durch Calcium-Ionen und kolloidales Calciumphosphat verbrückt werden. Das κ -Casein umhüllt diese Untereinheiten wie ein

Mantel.

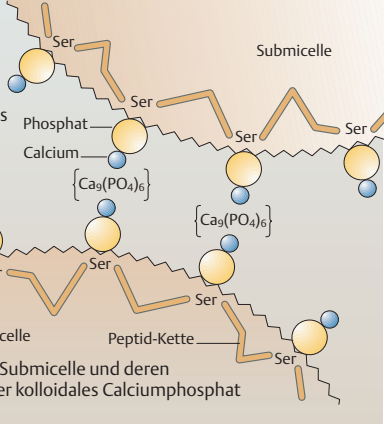
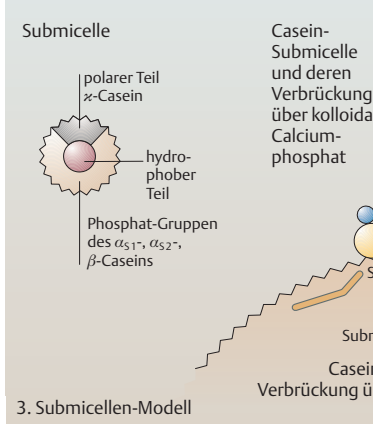
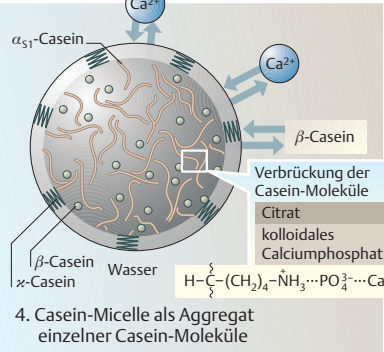
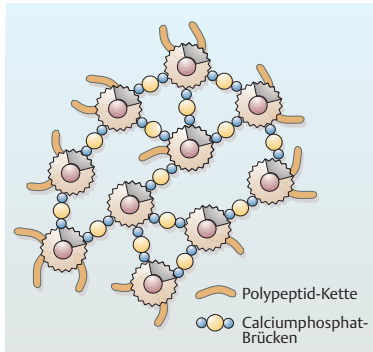
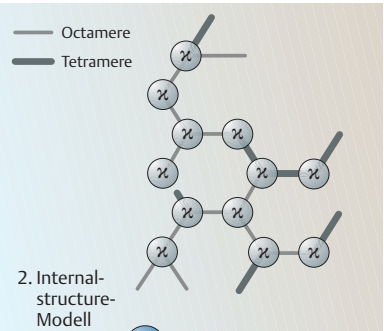
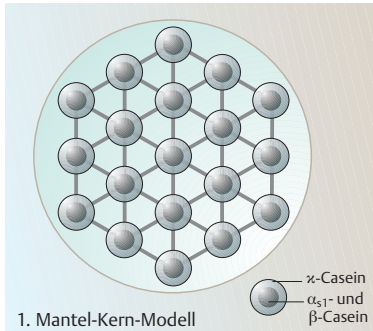
2. Internal-structure-Modell: Hier wird eine Casein-Micelle als fädiges Netzwerk dargestellt, wobei κ -Casein Knoten bildet, die miteinander verbrückt sind. In die Knoten sind α_{s1} - und β -Caseine in Gruppen zu vier (Tetramere) oder acht Molekülen (Octamere) eingelagert.

3. Submicellen-Modell: Nach diesem Modell bestehen Casein-Micellen der Kuhmilch aus 20000 bis 150000 Casein-Monomeren. Sie beinhalten sowohl den größten Teil der gesamten Milchproteine als auch des Calcium- und Phosphat-Gehalts der Milch. Die Casein-Micellen bestehen aus kleineren Aggregaten, die als Submicellen bezeichnet werden. Das Verhältnis der Caseine zueinander beträgt

$\alpha_{s1} : \beta : \kappa = 8 : 8 : 3 : 2$. κ -Casein kommt nur in Oligomeren vor, so daß man von zwei verschiedenen Typen von Submicellen ausgeht, von denen nur eine über κ -Casein verfügt. Die Micellenoberfläche ist von κ -Casein-haltigen Submicellen besetzt, die hier als Schutzkolloid wirken. Ist die gesamte Oberfläche einer Micelle von κ -Casein-Submicellen besetzt, so ist auch deren Wachstum beendet.

In der schematischen Darstellung einer Casein-Submicelle ist der hydrophobe Kern aus α_{s1} - β -Caseinen mit deren Phosphat-Gruppen und der hydrophile Teil des κ -Caseins zu erkennen. Man geht davon aus, daß dieser hydrophile Teil mit seinen Saccharid-Resten wie ein flexibles Haar, mehr oder weniger wahllos aufgewickelt, in die Umgebung hineinragt. Die Verbrückung erfolgt durch kolloidales Calciumphosphat zwischen den Serin-Resten der Peptid-Ketten. Es wird hier zwischen organischen und anorganischen Phosphat-Verbindungen unterschieden: Organisches Phosphat ist vorwiegend mit den Serin-Resten der Caseine verestert. Ungefähr die Hälfte des Calcium-Gehalts findet sich in diesen Phosphatester-Gruppen und wird daher als strukturbildendes Calcium bezeichnet. Das anorganische, kolloidale Octacalciumphosphat $\text{Ca}_8(\text{PO}_4)_6$ verbindet die Submicellen über die veresterten Phosphat-Gruppen durch Cluster.

4. Casein-Micelle als Aggregat einzelner Casein-Moleküle: Ein neueres Modell (Visser 1992, in Ternes 1995) sieht statt der Submicellen einzelne α_{s1} - und β -Casein-Moleküle als Micellen-Untereinheiten. Diese Casein-Moleküle sind dabei zufällig über die Micelle verteilt, wobei das κ -Casein vorwiegend auf der Oberfläche lokalisiert ist.



M. Modelle von Casein-Micellen

N. Lamellenschicht um Öltröpfchen bei Mayonnaise

Die O/W-Emulsion *Mayonnaise* wird aus pflanzlichem Speiseöl, Hühnereigelb und Zusätzen aus Salz, Zucker, Gewürzen und Essig hergestellt. Durch die Zugabe von Kochsalz wird die Granula (Eidotter-Partikel aus Lipovitellinen und Lipoproteinen hoher Dichte: HDL und Phosvitin) gespalten. Es werden so mehr oberflächenaktive Stoffe (Mono- und Diglyceride sowie Phospholipide und Lipoproteine) an der Grenzfläche adsorbiert und die Lamelle wird dicker. Es tritt unter Ausbildung eines Netzwerkes eine Verketten der Inhaltsstoffe in der Lamelle ein. Das leichtere Eindringen von Proteinen in das Lamellensystem ist auf eine Erniedrigung der Energiebarriere infolge des Salzzusatzes zurückzuführen. Durch die Salz-Ionen werden die Oberflächenladungen der Proteine abgesättigt und so die Abstoßung der Protein-Ketten durch das Öl verringert.

O. Eigelb

1. Native Lipoproteine: Eigelb besteht aus 48,7% Wasser, 16,6% Eiweiß und 32,6% Fett, das überwiegend an Proteine gebunden ist. Natives Lipoprotein enthält Triglyceride und Phospholipide, die beim Erhitzen und Denaturieren freigesetzt werden. 75% dieser Phospholipide sind Lecithine. Das Eigelb setzt sich aus polyedrischen Körnern zusammen, in die die Micellen eingeschlossen sind.

2. Membran einer Eigelb-Micelle: Die Dottertröpfchen des Eigelbs (O/W-Emulsion) ähneln einer Micelle, deren Kern aus Lipiden von einer Membran aus *Low-density-Lipoproteinen* LDL ($M_r 3 \cdot 10^6$) umhüllt ist. Auf sechs Teile Triacylglycerid kommen zwei Teile Phospholipide und ein Teil Proteine. Der Ausschnitt zeigt die Verbindung von Proteinen mit Phospholipiden und Triacylglyceriden.

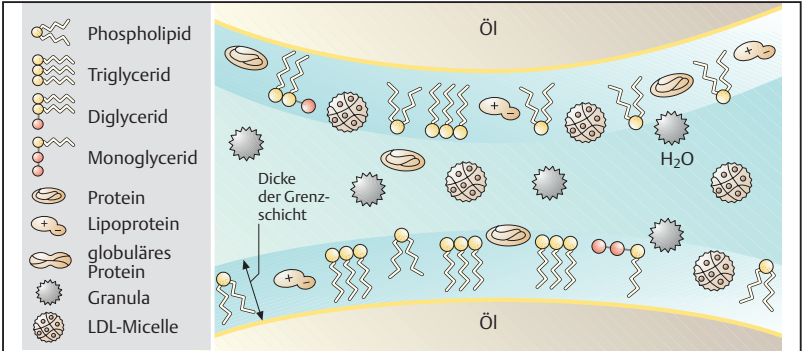
P. Schlagsahne-Polyederschaum

Schlagsahne (Schlagrahm) muß mindestens 30% Fett enthalten, um die erforderliche Standfestigkeit zu erreichen. Bei der Herstellung wird Rohmilch in einem Separator bei 60°C in Magermilch und Rahm schonend, d. h. ohne Schädigung der Fettkügelchenhüllen, getrennt. Proteine und oberflächenaktive Stoffe der Milch erleichtern das Einschlagen von Luft. An großen Luftblasen werden Molkenproteine und Caseine adsorbiert, an die sich Fettpartikel anlagern und ein System von La-

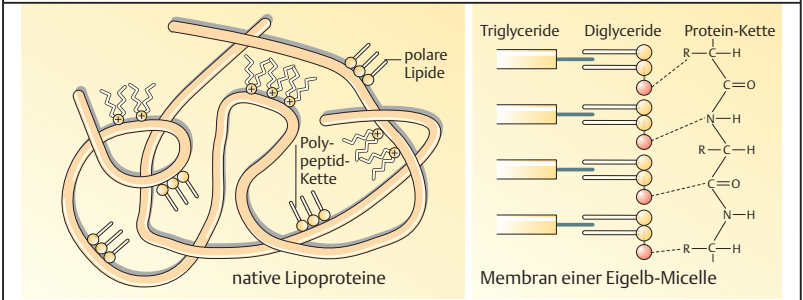
mellen entsteht. Beim Schlagen wird die Membran der Fettkügelchen teilweise zerstört und das Lamellensystem verfestigt sich durch Ausbildung von Fettaggregaten, die zwischen den Luftblasen Brücken bilden. Eingelagerte Proteine stabilisieren die Schaumlamellen durch Hydratation und gleichzeitige Erniedrigung der Grenzflächenspannung.

Q. Speiseeis

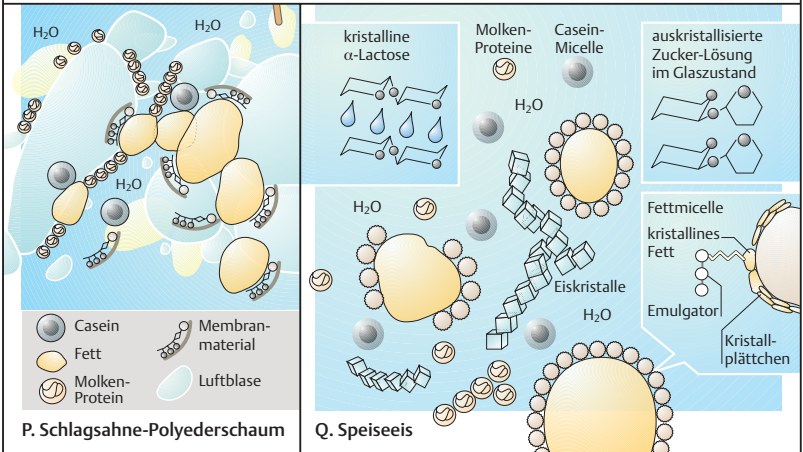
Speiseeis ist ein disperses Mischphasensystem. Die wäßrige Phase besteht aus einer wäßrigen Zucker-/Salzlösung. In der zweiten Phase sind zugesetzte Hydrokolloide und Milchproteine kolloidal gelöst. Die Suspension enthält flüssige Fetttröpfchen mit kristallinem Anteil sowie Eiskristalle und Kryohydrate (α -Lactose in glasähnlichem Zustand), gleichzeitig sind Luftblasen inkorporiert und Fetttröpfchen emulgiert. Eiskristalle bilden die vierte Phase. Die Hälfte des Volumens besteht aus feinverteilter Luft. Die Charakteristika der Textur werden durch die Herstellung bestimmt: Beim Erhitzen und Homogenisieren der Zutaten lagern sich Caseine und Molkenproteine an die Fettkügelchen an. In der nun folgenden Reifungsphase bilden grenzflächenaktive Stoffe einen Film um die Fettkügelchen und verdrängen die Casein-Micellen. Gleichzeitig findet eine Kristallisation des Milchfettes und die Hydratisierung der Milchproteine und Hydrokolloide statt. Ohne Eigelb- oder Emulgatorzusatz bildet sich beim Aufschäumen und Frieren des Mixes im sogenannten Freezer um die Luftblasen nur eine dünne Grenzschicht. Beim Frieren bilden sich Fettagglomerate, die sich in dieser Grenzschicht sammeln und die eingeschlagenen Luftblasen z.T. durch ihre kristallinen Anteile stabilisieren. Flüssiges Milchfett dient als Kittsubstanz für die kristallinen Aggregate. In der abschließenden Härtungsphase treten bevorzugt in der wäßrigen Phase Kristallisationen auf.



N. Lamellenschicht um ein Öltröpfchen bei Mayonnaise



O. Eigelb



1.2 Lebensmittelchemische Grundprozesse

Natürliche Prozesse

Das Reifen von frischen Lebensmitteln ist mit komplexen Veränderungen ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften verbunden.

A. Obstreifung

Zu beobachtende Phänomene bei der Obstreifung sind vor allem die Bildung des typischen Fruchtflavours, Farbänderungen und das Weichwerden der Frucht. Die an der Flavourbildung, beteiligten Verbindungen lassen sich in *Geschmacks- und Aromastoffe* unterteilen. Die Aromabildung kann im Rahmen der **Aromastoff-Biosynthese** oder auf enzymatischem Weg erfolgen: In einer *anabolischen Phase* der Biosynthese wird das Monomer Glucose zu Stärke und Cellulose verknüpft bzw. Aminosäuren zu Peptiden und Proteinen. Diese Syntheseprodukte werden in der anschließenden *katabolischen Phase* zu Aromastoff-Vorstufen wie Alkoholen, Säuren, Estern, bzw. Methyl-verzweigten Alkoholen, Säuren und Carbonyl-Verbindungen abgebaut. Bei der Zerkleinerung von Obst können bereits gebildete Aromastoffe durch enzymatisch gesteuerte Oxidationen und Hydrolysen verändert werden. Für das Obstaroma sind im allgemeinen Ester, Aldehyde, Lactone, Jonon-Derivate und Terpene verantwortlich.

Neben den gebildeten Aromastoffen tragen auch **Geschmacksstoff-Veränderungen** wie z. B. Säure-Abnahmen bzw. Zucker-Zunahmen zur typischen *Flavourbildung* bei. Während z. B. bei Äpfeln eine Säureabnahme stattfindet, steigt bei Zitronen der Säuregehalt in der Reifungsphase an. Für die Zuckerbildung macht man den Abbau von Polysacchariden wie z. B. Stärke, Polyosen und Cellulose verantwortlich. Beobachtungen, wie man sie u. a. bei Äpfeln machen kann, scheinen dieses zu bestätigen: Während der Entwicklung am Baum steigt der Stärke-Gehalt, nimmt aber dann bis zur Ernte bis auf geringe Restmengen ab. Nach der Ernte verschwindet auch diese Restmenge, wohingegen der Zucker-Gehalt zunimmt.

Farbänderungen während der Reifung sind durch den Zerfall des blaugrünen bzw. gelbgrünen Blattfarbstoffes Chlorophyll, vor allem durch die Abspaltung des Magnesiums aus dem Komplex zu erklären. Es bilden sich zu-

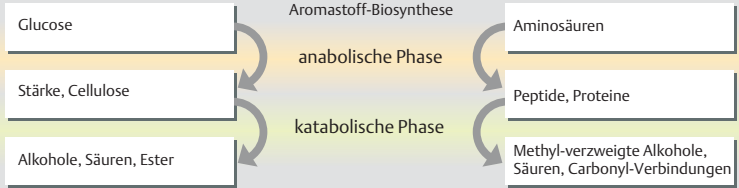
nächst olivgrüne bis braune Phäophytine (Abbauprodukte des Chlorophylls). Durch Abspaltung des Phytols aus dem Chlorophyll-Molekül (durch Chlorophyllasen) werden die sonst verdeckten gelben Carotinoide (Polyen-Kohlenwasserstoffe, die aus acht Isopren-Einheiten aufgebaut sind) sichtbar. Bei Citrusfrüchten kommt es auch zu einer Neusynthese von Farbstoffen, wie z. B. den Carotinoiden.

Texturänderungen: Das **Weichwerden** von Obst während der Reifung beruht auf einer Umwandlung des unlöslichen und eng mit Cellulose u. a. Gerüstsubstanzen vergesellschafteten Protopektins (Ca-Pektat) in lösliches Pektin.

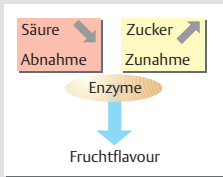
Der Abbau von Pektin (nach Gierschner, 1985) wird während der Reifungsphase durch eine Aktivitätszunahme der Pektin-spaltenden Enzyme *Pektin-Methylesterase* und *-Polygalacturonase* bewirkt. Eine Depolymerisation durch die Polygalacturonase zu niedermolekularen Pektinen erfolgt durch die Aufspaltung der glykosidischen Bindungen zwischen den Galacturonsäure-Molekülen. Pektin-Methylesterasen (werden beim Blanchierprozeß bei 50 °C aktiviert; s. 1.1 C) spalten die Methyl- und die Carboxy-Gruppen voneinander. An die freigesetzten Carboxy-Gruppen können Calcium-Ionen gebunden werden, die nach dem Eierschachtelmodell (s. 1.1 C) die Pektine verfestigen. Die so entstehenden Salze der Pektinsäure werden *Pektate* genannt; im Unterschied zu den Calcium-Salzen aus nativem Pektin, die als *Pektinate* bezeichnet werden. Hoch veresterte Pektine werden durch das Enzym in nieder veresterte Pektine verwandelt; bei der Reifung von z. B. Birnen oder Avocados nimmt der Veresterungsgrad von 85 auf 40% ab. Die demethylierten und depolymerisierten Pektine treten aus der Primärwand in das Zellinnere aus und rufen so ein Erweichen der Zellwandstruktur hervor.

Die demethylierende Wirkung der Pektin-Methylesterase wird bei der Herstellung von Obstsaften zur Erhöhung der Ausbeute gezielt eingesetzt. Isolierte Pektine verfügen über Geliereigenschaften: Die niedrigveresterten Pektine benötigen zur Gelbildung wieder Calcium-Ionen, welche mit den Carboxy- und der Hydroxy-Gruppen der Galacturonsäure-Bausteine, die durch axial-axial-Bindungen verknüpft sind, Kettenassoziate bilden können.

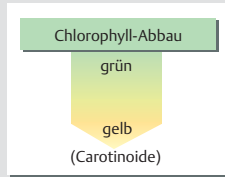
Flavourbildung



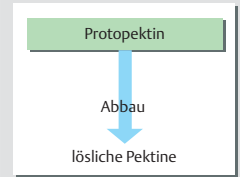
Geschmacksstoff-Veränderungen



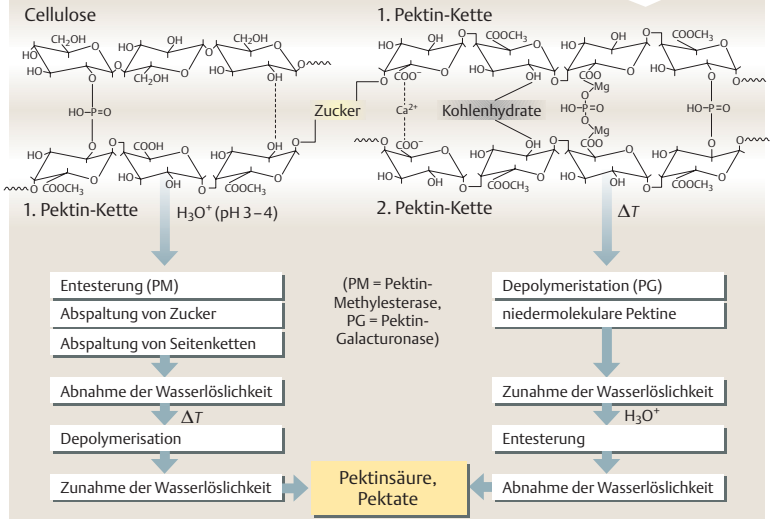
Farbänderungen



Texturänderungen (Weichwerden)



Texturänderungen – Abbau von Pektin



A. Obstreifung

B. Fleischreifung

Einige Stunden nach der Schlachtung eines Tieres tritt die Totenstarre, der *Rigor mortis*, ein. Mit der Unterbrechung des Blutkreislaufes endet auch die Sauerstoff-Versorgung des Muskels. Unter diesen Bedingungen ist die einzige Möglichkeit der ATP-Gewinnung der Abbau des *Glykogens* (ein aus D-Glucose-Einheiten aufgebautes Reserve-Polysaccharid) zu Milchsäure, die im Muskel verbleibt. Der pH-Wert sinkt dadurch bei dieser anaeroben Glykolyse von etwa 7 auf Werte um 5,5 – hier dargestellt am Beispiel von Schweinefleisch. Die Fleischsäuerung ist ein abakterieller enzymatischer Vorgang, dessen Geschwindigkeit und Ausmaß vom Glykogen-Vorrat, dem pH-Wert und der Temperatur abhängt. Ist der Glykogen-Vorrat verbraucht, kann kein weiteres ATP gebildet werden. Da aber energieverbrauchende enzymatische Prozesse weiterlaufen, kommt es zur Gehaltsabnahme an energiereichen Phosphat-Verbindungen (ATP, ADP, Kreatinphosphat). Ohne ATP kann der Actomyosin-Komplex (s. 1.1 F) nicht mehr gelöst werden, worauf die Starrheit des Muskels zurückzuführen ist.

Außerdem kommt es zu einer Erhöhung der Calcium-Ionen-Konzentration im Sarkoplasma. Die ATP-abhängigen „Calcium-Pumpen“, die Calcium-Ionen in das endoplasmatische Retikulum fördern, stellen ihre Funktion ein. Die Kontraktion der Actin- und Myosin-Filamente soll auch auf diesen Effekt mit zurückzuführen sein.

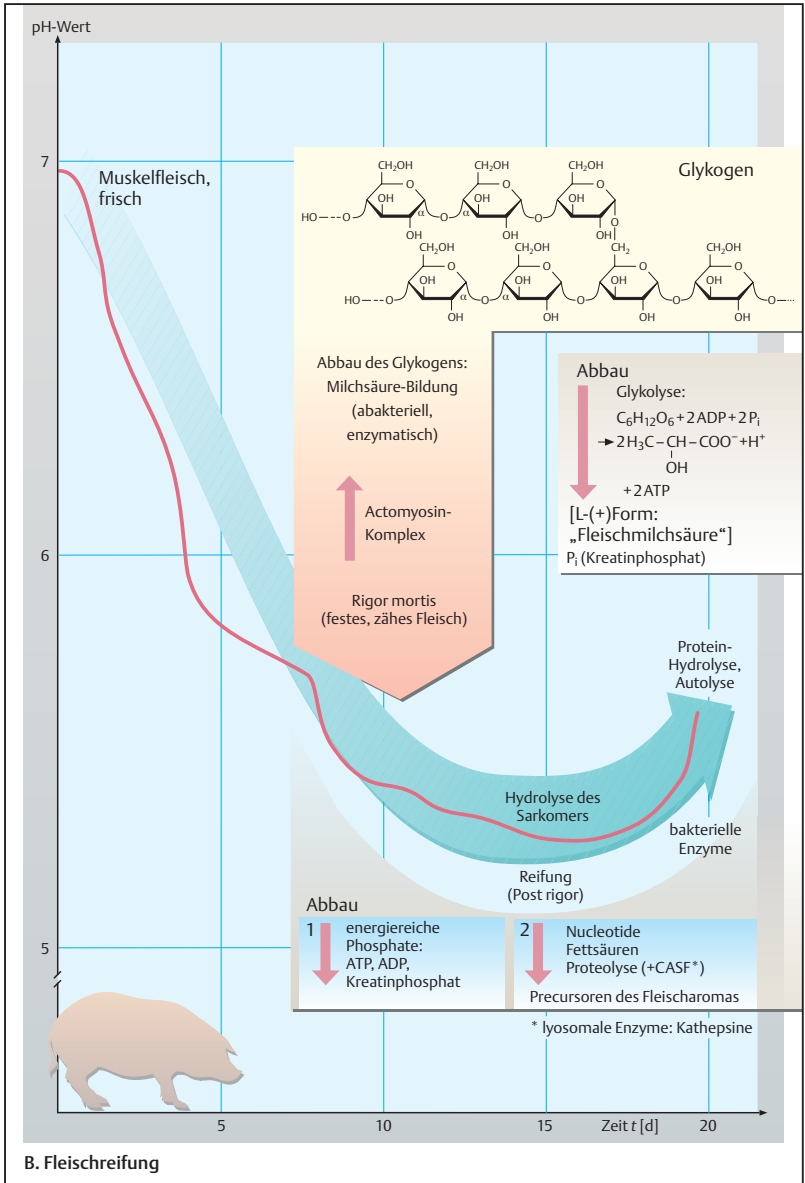
Das Ausmaß der Verkürzung der Sarkomeren, d. h. des Abstandes zwischen den Z-Linien, bestimmt die Zähigkeit und auch den Tropfsaftverlust des Fleisches. Brechen die Myofibrillen in der Umgebung der Z-Linien auf, so gewinnt das Fleisch an Zartheit (Folge des *Abhängens*); gleichzeitig erfolgt ein starker Saftaustritt (s. unten).

In der eigentlichen *Reifungsphase*, in der sich eine zarte Konsistenz und vor allem Aromastoffe entwickeln, finden proteolytische (Eiweiß-abbauende) Vorgänge statt. In deren Folge tritt eine Reihe von morphologischen Veränderungen auf. Durch die Umbildung bzw. Zerstörung der Protein-Struktur der Z-Linien wird die Verankerung der Actin-Filamente (s. 1.1 F) gelockert. Ebenso kommt es durch Protein-Abbau zu einer Lockerung der Vernetzung von benachbarten Myofibrillen. Die während der Totenstarre verkürzten Sarkomere verlängern sich wieder, die starre Ordnung

löst sich auf und das Fleisch wird zarter. Für diese proteolytischen Vorgänge sind sowohl endogene als auch lysosomale Enzyme verantwortlich. An der Zerstörung des Z-Linien-Materials ist vor allem ein als CASF (Calcium Activated Sarcoplasmic Factor) bezeichnetes Protein beteiligt. Es wird durch die post mortem eintretende Freisetzung von Ca-Ionen aus dem endoplasmatischen Retikulum aktiviert. Lysosomale Enzyme wie die fleischeigenen Kathepsine (Proteasen), die durch die Absenkung des pH-Wertes aktiviert werden, greifen u. a. Myosin und Actin an. Der bei der Fleischreifung ebenfalls erfolgende Abbau von Nucleotiden und Fettsäuren beeinflusst das beim Erhitzen entstehende Fleischaroma. Es entstehen die sogenannten *Precursoren* (Vorstufen) für die Fleischaromabildung bei der Zubereitung. Nach einer bakteriellen Infektion kann ein weiterer unerwünschter Protein-Abbau mit pH-Erhöhung durch bakterielle Enzyme erfolgen.

Die Lockerung der Actin-Filamente infolge des Abbaus von Querverbindungen im Actomyosin-Komplex ist die Hauptursache für die Zartheit des Fleisches. Bei der pH-Absenkung während der Reifung wird das sarkoplasmatische Eiweiß ausgefällt und kann (im Unterschied zum Kollagen und Actomyosin) durch Proteinasen teilweise abgebaut werden. Da die Kalium-Ionen des Sarkoplasmas von den kontraktilen Proteinen absorbiert und durch Calcium-Ionen ausgetauscht werden können, erhöht sich die Nettoladung der Proteine: Die Fähigkeit der Wasserbindung steigt wieder an, die Saftigkeit nimmt zu.

Fleischfehler (s. auch 5.2 D) treten durch einen zu schnellen ATP- und pH-Abfall auf: PSE-Fleisch (PSE, pale, soft, exudative) ist wäbrig, von blasser Farbe und geringem Wasserbindungsvermögen. Der niedrige pH-Wert (bei hoher Gewebetemperatur) führt zu einer Abscheidung denaturierter Sarkoplasma-Proteine auf den Myofibrillen und verändert damit das Quellungsverhalten. DFD-Fleisch (dark, firm, dry) ist im Gegensatz dazu dunkel und klebrig. Es entsteht, wenn innerhalb von 45 Minuten post mortem noch hohe pH-Werte und niedrige Lactat-Konzentrationen vorliegen.



Verarbeitung von Lebensmitteln

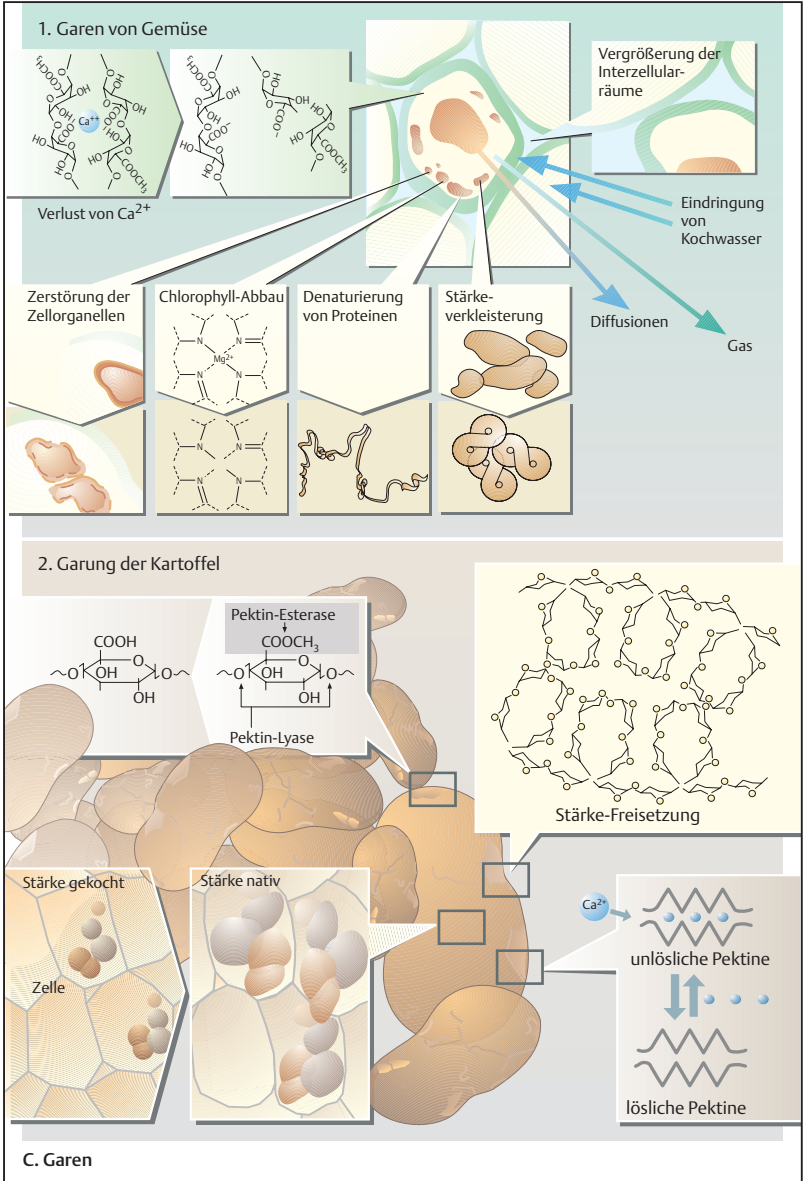
Bei der Verarbeitung von Lebensmitteln kann grundsätzlich zwischen der Zubereitung zur Erzielung der Genußtauglichkeit und der konservierenden Behandlung unterschieden werden. Je nach Bearbeitungsart treten dabei spezifische Veränderungen der Mikrostrukturen im pflanzlichen oder tierischen Gewebe auf.

C. Garen

Unter Garen versteht man eine Wärmebehandlung von Lebensmitteln bis zu dem Zeitpunkt, an dem sie „gar“ sind. Dieses kann durch unterschiedliche Garverfahren erreicht werden, die sich hinsichtlich des verwendeten wärmeübertragenden Mediums (Wasser, Fett, Luft, Dampf), dessen Menge, sowie je nach Temperaturverlauf und Art des Wärmetransports unterscheiden können. Zu diesen Garungsarten gehören u. a. *Kochen*, *Backen* und *Frittieren*.

1. Garen von Gemüse: Um die Verluste an Nährstoffen möglichst gering zu halten und auch den charakteristischen Geschmack von Gemüse erhalten zu können, soll Gemüse nur für kurze Zeit bei möglichst geringer Hitze gegart werden. Bei dieser Zubereitungsart entstehen auch charakteristische Aromastoffe. Dem eigentlichen Garprozeß ist in der Küche oft der *Blanchierprozeß* vorgeschaltet. Dieses kurzfristige Erhitzen in wenig Flüssigkeit führt in dem rohen Gemüse zu einer Inaktivierung der Enzyme, der Freisetzung von eingeschlossener Luft und dem Abbau des Turgors (hydrostatischer Druck, der die Zellwand dehnt) bei Blattgemüse. Das schonendste Garverfahren ist das *Dünsten*. Die wesentlichsten Veränderungen beim Garen bestehen u. a. im Verlust der Calcium-Ionen aus der Mitellamelle, der Verkleisterung der Stärke (s. auch 5.5), der Zerstörung der Zellorganellen und in einer Vergrößerung der Interzellularräume, in welche Salze und Flüssigkeit aus dem Zellinneren diffundieren können. Es erfolgt damit auch eine Denaturierung der Proteine in den Zellorganellen und in den Zellwänden – und damit auch eine Inaktivierung der Enzyme (s. oben). Weiterhin kann infolge dieser Veränderungen Kochwasser in das Gewebe eindringen. Der Verlust des Magnesium-Zentralatoms der Chlorophylle führt zu Verringerung der grünen Farbe des frischen Gemüses (Bildung von Phäophytinen).

2. Garung der Kartoffel: Das Erweichen der Zellwände ist eine Folge des Pektin-Abbaus durch Pektin-Esterasen, die oberhalb von 50°C aktiviert werden. Die Pektin-Lyase spaltet nach einem Endo-Mechanismus. Bei Temperaturen um 70°C wird das unlösliche Protopektin (Ca-Pektat) unter Verlust der Ca-Ionen in lösliches Pektin umgewandelt (s. 1.1 C) und löst sich so aus der Zellwandstruktur der Mitellamelle. Hierdurch erklärt sich die Abhängigkeit der Garzeit vom pH-Wert, der die Enzymaktivität beeinflusst, und dem Zusatz von NaCl (Kochsalz). Durch den Zusatz von einwertigem Natrium-Ionen wird der Anteil der löslichen Pektine, die in das Kochwasser übergehen, erhöht und die Garzeit verringert sich. Infolge der thermischen Denaturierung von Proteinen werden Zellorganellen zerstört, Enzyme inaktiviert und die Zellmembran permeabel. Eine bei der Kartoffel zu beobachtende Veränderung in der Zellwandstruktur von kantig zu rund läßt sich durch die Stärke-Verkleisterung (s. 5.5), die zu einer Druckerhöhung auf die Zellwand führt, erklären. Bedingt durch die bei 1 bis 3% der Zellen auftretende Permeabilität der Zellwände, wird am Ende des Kochprozesses auch Stärke freigesetzt. Die Mineralstoffverluste beim Kochen betragen zwischen 10 und 40%; der Kochverlust an wasserlöslichen Vitaminen, vor allem an Ascorbinsäure, wird mit durchschnittlich 30% angegeben. Die Festigkeit der Kartoffel hängt insgesamt vom Verhältnis Stärke-Protein-Gehalt ab: Bei mehligten Kartoffeln überwiegt die Stärke-Menge, so daß beim Kochen ein Zerplatzen der Randschichten auftreten kann. Diese extrazelluläre Stärke führt bei der Verarbeitung der Kartoffel zu einer kleistrigen Masse. So wird ein Püree bereits klebrig, wenn 5% der Zellen zerstört sind. In der Regel sind in Kartoffelpüree aus gekochten Kartoffeln weitgehend die runden Kartoffelzellen intakt geblieben.



D. Kochen

Kochen ist ein Garen in viel Flüssigkeit, wobei das Gargut ganz oder größtenteils bedeckt ist.

1. Hülsenfrüchte: Hülsenfrüchte benötigen für das Garwerden eine relativ lange Kochzeit. Diese ist vom Gehalt an Pektinen, Phytin und Ca-, Mg-Ionen abhängig: Hohe Pektin- und Mineralstoff-Mengen, bzw. ein geringer Phytin-Gehalt (Komplex-Bildner für Ca- und Mg-Ionen) verlängern die Kochzeit. Diese kann z. B. durch Schälen oder durch ein vorheriges Einweichen der Hülsenfrüchte verkürzt werden. Dabei gehen die Phytinsäure, die Oligosaccharide aber auch Mineralstoffe in das Einweichwasser über. Eine gleichzeitige Wasseraufnahme erfolgt bei Erbsen und Sojabohnen über die Samenschale, die Wachsschicht der Bohnen stellt hingegen eine Barriere dar. Bei lebensmitteltechnologischen Verfahren wird nach dem Einweichen eine weitere Kochzeitverkürzung durch Zusatz von Salzlösungen (z. B. Natriumcarbonat) erreicht. Während des Kochprozesses geliert die Stärke innerhalb des Zellsystems und die Zellwände werden infolge des Pektin-Abbaus dehnbar. Proteine (z. B. Enzyminhibitoren) denaturieren und toxische Inhaltsstoffe wie cyanogene Glykoside oder Lectine (Glykoproteine) werden enzymatisch gespalten, sofern dieses nicht schon durch das Einweichen geschehen ist. Bei Hülsenfrüchten, deren Schale wenig wasserdurchlässig ist, kann das Phänomen des *Hartkochens* beobachtet werden. Dieses ist auf die Bindung von Calcium- und Magnesium-Ionen an die Carboxy-Gruppen der Pektine in der Mittellamelle der Zellwand zurückzuführen, die durch das Enzym Phytase bei Lagerung unter hohen Temperaturen und hoher Luftfeuchtigkeit aus Phytaten freigesetzt wurden. Die so vernetzten Pektinsäuren können beim Kochen kaum gelöst werden. Eine Verfestigung des Gewebes wird auch durch die Aktivität der Pektin-Esterase und die Zunahme an gebundenen Strukturproteinen hervorgerufen.

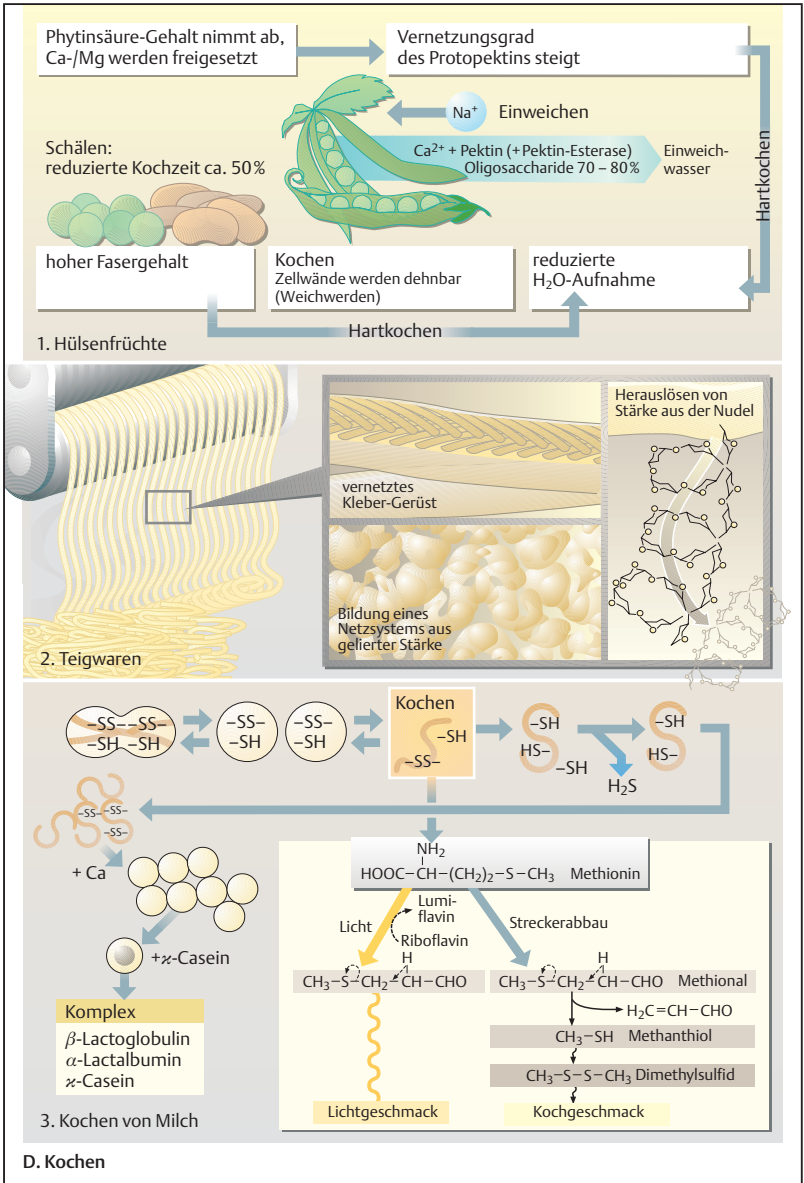
2. Teigwaren: Unter dem Sammelbegriff Teigwaren oder Nudeln werden kochfertige Nahrungsmittel aus Weizenteig zusammengefaßt, die unter hohem Druck pressgeformt und anschließend schonend getrocknet werden. Qualitätskriterien sind neben den rheologischen Eigenschaften wie Elastizität, Zartheit und Kaubarkeit vor allem auftretende Oberflächenveränderungen, Kochverluste von Inhaltsstoffen, das Aroma, die Wasseraufnahme, Kochzeit und Kochstabilität. Während der Ex-

trusion (Stangenpressung) bildet sich ein unlösliches Netzwerk aus Proteinen, durch das die bei der Teigherstellung verkleisterte Stärke eingeschlossen wird. Dieses vernetzte Klebgerüst, das größtenteils durch Glutenin und Gliadin aufgebaut wird, verhindert Brüche an der Oberfläche der Teigware und wirkt einer Auslaugung von Kohlenhydraten beim Kochen entgegen. Ein hoher Glutenin-/Gliadin-Gehalt ist daher Voraussetzung für eine gute Kochstabilität. Da die Verkleisterungstemperatur bei großen Stärke-Körnern sehr hoch liegt, verbessert sich die Kochstabilität, bei kleinen Stärke-Körnern, die sich an größere anlagern. Durch das Aufquellen der Stärke wird die äußere Proteinhülle gedehnt und kann rissig werden. In den Außenbereichen der Nudeln bildet sich ein neues Netzwerk aus verkleisteter Stärke, das aber beim Kochprozeß abgebaut wird. Die Stärke geht dabei ins Kochwasser über.

3. Kochen von Milch: Beim Kochen von Milch faltet sich die globuläre Struktur des β -Lactoglobulins auf. Die so freigelegten SH-Gruppen können (unter Freisetzung von H_2S) über Disulfid-Brücken dimerisieren oder mit anderen Proteinen zu Aggregaten reagieren.

Da es trotz Aggregatbildung nicht zu einem Ausflocken der Molkenproteine kommt, nimmt man an, daß sich ein stabiler Komplex zwischen α -Lactalbumin, β -Lactoglobulin und Casein bildet, der das thermisch labilere β -Lactoglobulin in Lösung hält.

Im Verlauf der Erwärmung von Milch ist ein Abfall des pH-Wertes zu beobachten, der vor allem auf die Bildung organischer Säuren wie z.B. Ameisensäure aus Lactose zurückzuführen ist. Daneben führt auch die Ausfällung von Phosphat unter Freisetzung von H^+ -Ionen, sowie die Herauslösung organischen Phosphors aus den Casein-Micellen zu einer Senkung des pH-Wertes. Die Entwicklung des *Koch- und Lichtgeschmacks* von Milch sind auf Reaktionen am Eiweißschwefel zurückzuführen: Die Aminosäure Methionin, neben Cystein die Hauptquelle für Schwefel in Proteinen, wird über Methional und Methanthiol (Methylmercaptan) zum Dimethyldisulfid abgebaut (*Strecker-Abbau*, s. S. 28), das u. a. den Kochgeschmack verursacht. Unter Lichteinfluß und der Wirkung von Riboflavin (Vitamin B) als Photosensibilisator bildet sich aus Methionin das Methional, welches den Lichtgeschmack hervorruft.



E. Backen

Das *Brotbacken* stellt den wichtigsten Backprozess dar. Das Ab- und Ausbacken eines Brotteiges, der im wesentlichen aus Weizen, Roggen, Triticale (Weizen-Roggen-Hybrid), Speisesalz, Trinkwasser und Hefe besteht, findet bei Ofentemperaturen um 250°C statt. Zu Beginn des Backprozesses bildet sich Wasserdampf, der sich auf dem kälteren Teig niederschlägt. Die dabei freiwerdende Kondensationswärme führt zu einem intensiven Wärmeübergang. Es bildet sich ein Temperaturgradient von 200 bis 120°C aus, der auf den langsameren Wärmetransport im Teig zurückzuführen ist. Gleichzeitig vermindert der Wasserdampf im Backraum ein Austrocknen der Randschichten des Teiges. Die während des Backens ablaufenden (bio-)chemischen Prozesse lassen sich in vier Phasen unterteilen: *Phase I:* In der enzymatischen Phase bilden Hefen und Milchsäurebakterien bei Temperaturen um 30°C Kohlenstoffdioxid. Ab 50°C beginnt das Absterben der Hefen und bei 55–60°C eine Verkleisterung der Stärke, wobei das erforderliche Wasser beim Weizenmehl von den Kleber-Proteinen, beim Roggenmehl durch Pentosane (s. 2.1) zur Verfügung gestellt wird. Durch die Amylase (s. 2.1) abbauenden Enzyme, die Amylasen, deren Aktivitätsmaximum zwischen 60 und 70°C liegt, wird Stärke zu Dextrinen, Maltose und Glucose abgebaut. *Phase II:* Diese Phase ist durch die Verkleisterung der Stärke und die Denaturierung bzw. Vernetzung der Gluteline (s. 5.5 D) gekennzeichnet. Bei etwa 70°C verliert der Kleber seine Elastizität; durch Abgabe von Wasser, das teilweise von der Stärke gebunden wird, wird er spröde und steif. Hochmolekulare Gluteline, die bei etwa 60°C unter Bildung von Disulfid-Brücken polymerisieren, sorgen dafür, daß die Membranen des Teiges auch bei höheren Temperaturen dehnbar bleiben. Sowohl dieser Vorgang als auch die Gelierung der Stärke unterstützen die Umwandlung des viskosen, plastischen Teiges in ein elastisches Material. Nachdem das Minimum der Teigviskosität bei 60°C durchschritten ist, treten die wesentlichen Texturänderungen auf, welche die Merkmale eines Brotes bestimmen.

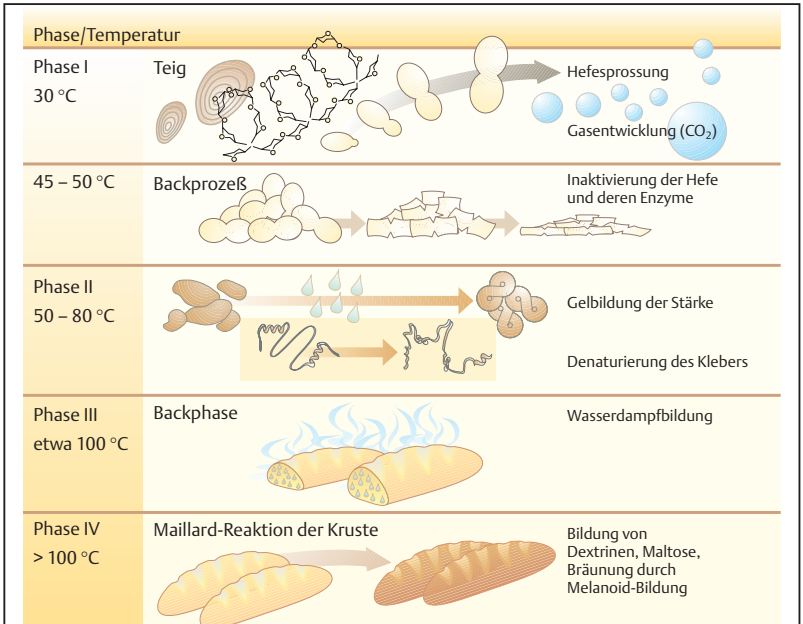
Phase III: In der Verdampfungsphase des Wassers – der eigentlichen Backphase – führt die Schwadenerzeugung dazu, daß die Kruste flexibel und der Wärmetransport in das Innere des Brotes aufrecht erhalten bleiben.

Phase IV: Über 100°C tritt die nicht-enzymati-

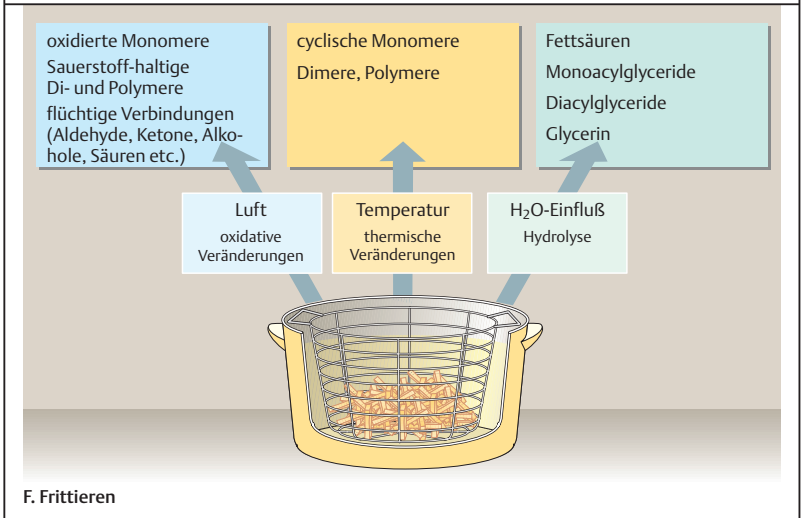
sche Bräunungsphase ein, in der sich durch Abbau von Stärke zu Dextrinen und Maillard-Reaktionsprodukten (s. 1.2 I und 2.1 D) Aromastoffe sowie braune Pigmente (Melanoide) bilden. Karamelisierungen laufen zwischen Zuckern bei etwa 140 bis 150°C ab.

F. Frittieren

Beim Frittieren erfolgt die Wärmeübertragung auf das Lebensmittel durch das Medium Fett (s. 5.6). Die hierbei auftretenden Temperaturen von 160 bis 180°C führen vor allem im Frittierfett zu Veränderungen. Bei Anwesenheit von Wasser führt die Hydrolyse von Triacylglyceriden zu freien Fettsäuren und Glycerin. Diese freien Fettsäuren unterliegen leichter oxidativen und thermischen Veränderungen. Bei niedrigem Sauerstoff-Gehalt dimerisieren Konjuene (ungesättigte Fettsäuren mit konjugierter Doppelbindung) über eine Cycloaddition zu *Diels-Alder-Produkten*. Aus Alkylradikalen entstehen cyclische Dimere, die bei Anwesenheit von Sauerstoff über Ether- und Peroxid-Gruppen verbrückt sind und weitere Sauerstoff-haltige Gruppen aufweisen können. Im Fett können in Gegenwart von Sauerstoff unter milden Temperaturbedingungen Hydroperoxide entstehen, die zu Aldehyden, Ketonen, Säuren und anderen Stoffen zerfallen. Flüchtige Verbindungen (wie die genannten Aldehyde), die geruchlich und geschmacklich wahrnehmbar sind, entstehen durch Abbau-Reaktionen im Fett. Ist ihre Konzentration sehr hoch, beginnt das Fett zu rauchen. Der *Rauchpunkt* eines Fettes liegt in der Regel bei 200 bis 230°C, wobei bereits bei einem Gehalt von 0,1% an freien Fettsäuren dieser auf 200°C sinkt. Die *Dunkelung* des Fettes ist auf ungesättigte Carbonyl-Verbindungen zurückzuführen. Die *Viskosität* eines Fettes nimmt aufgrund von Polymerisationsreaktionen zu.



E. Backen von Brot



F. Frittieren

G. Gär-Prozesse

Unter dem Begriff Gärung werden aerobe und anaerobe, energieliefernde Abbau- und Umwandlungsprozesse organischer Stoffe mit Hilfe von Mikroorganismen (wie Schimmelpilzen, Hefen und Bakterien) oder den aus ihnen gewonnenen Enzymen zusammengefasst. Dabei werden einem organischen Substrat Reduktionsäquivalente (meist Coenzym-gebundenes Wasser) entzogen und auf einen Wasserstoff-Akzeptor übertragen. Je nach Ausgangsstoff, Gärungserreger und (namensgebendem) Endprodukt unterscheidet man in der Lebensmitteltechnologie und -chemie folgende Gärungsarten: *Ethanol- oder alkoholische, Milchsäure-, Propionsäure-, Essigsäure- und Buttersäure-Gärung.*

Die **alkoholische Gärung** durch Hefen wird nicht nur zur Herstellung alkoholischer Getränke, sondern in geringem Maße auch bei der Teiggärung durch Bäckerhefe oder Sauerteig eingesetzt. Aus dem Abbau der Glucose entstehen über das Intermediärprodukt Brenztraubensäure (Pyruvat, s. 5.10 F) die Gärungsendprodukte Ethanol, Kohlendioxid und kurzketige Carbonsäuren. Die Abbaureaktionen der Glucose zur Brenztraubensäure entsprechen dem *Embden-Meyerhof-Parnas-Schema* der Glykolyse (s. 5.10 F).

Unter anaeroben Bedingungen erfolgt dann mittels Pyruvat-Decarboxylase eine Decarboxylierung der Brenztraubensäure zu Kohlendioxid und Acetaldehyd, aus dem dann Ethanol entsteht. Das wichtigste Gärungsnebenprodukt ist Glycerin. Es entsteht durch Wasserstoff-Übertragung auf das Dihydroxyacetonphosphat und anschließende Phosphat-Abspaltung. Ebenfalls entstehendes Methanol wird durch enzymatische Hydrolyse aus den Methoxy-Gruppen von Pektinen gebildet. Als Folge der Autolyse von Hefen können durch Desaminierungen, Decarboxylierungen und Reduktionen von Aminosäuren höhere Alkohole (Fuselalkohole) wie Propandole und Butandole entstehen. Während sie in hochgereinigtem Ethanol nicht mehr enthalten sein sollten, sind sie in verschiedenen Spirituosen (Whisky, Weinbrand) in geringen Mengen als aromagebende Komponenten erwünscht.

Bei der **Essigsäure-Gärung** kann durch Essigbakterien aerob Ethanol über Acetaldehyd zu Essigsäure noch weiter umgesetzt werden. Gezielt eingesetzt ist so die Herstellung von Gärungseisig (Speiseeisig) möglich. Als uner-

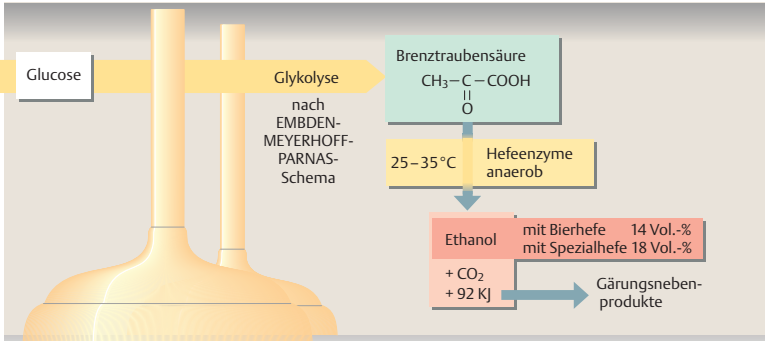
wünscht auftretender Prozeß kann er das Sauerwerden des Weins hervorrufen.

Bei der **Milchsäure-Gärung** findet der Abbau von Glucose und anderen Monosacchariden zu Milchsäure durch Milchsäurebakterien statt. Als Wasserstoff-Überträger fungiert die Brenztraubensäure. Lebensmitteltechnologisch besitzt dieser Vorgang Bedeutung bei der Geschmacksverbesserung bzw. Herstellung verschiedener Milchprodukte (Kefir, Sauermilch) oder von Sauerkraut und Sauerteig. Außerdem stellt diese Gärung einen wichtigen Vorgang beim Abbau der Kohlenhydrate im Muskelfleisch dar (Glykolyse). Nach der Art der verwendeten Milchsäurebakterien unterscheidet man zwischen einer *homofermentativen* Milchsäure-Gärung, bei der Glucose vollständig in Milchsäure umgewandelt wird, und einem *heterofermentativen* Verfahren, bei dem neben der Milchsäure auch Ethanol, Essigsäure und Kohlendioxid entstehen. Bei der Sauerkrautherstellung findet eine spontane heterofermentative Gärung über einen Zeitraum von 3 bis 6 Wochen statt, bei der ein pH-Wert von 3,5 erreicht wird.

In der Milchwirtschaft spielt die **Propionsäure-Gärung** bei der Herstellung von Hartkäsen (z. B. Emmentaler) eine wichtige Rolle. Lactate (Salze der Milchsäure) werden hierbei zu Propionsäure, Essigsäure und Kohlenstoffdioxid vergoren. Die dabei auftretende Gasentwicklung führt zu den bekannten Löchern im Hartkäse. Das charakteristische Gesamtaroma der Käse ist auf die Propionsäure zurückzuführen. Die **Buttersäure-Gärung** stellt eine unerwünschte Fehl-gärung dar. Durch anaerobe, sporenbildende Bakterien, wie *Clostridium butyricum*, wird im Käse die Milchsäure zu Buttersäure (mit ihrem charakteristisch überliebenden Geruch), Wasserstoff und Kohlendioxid abgebaut. Die relativ hitzeresistenten Clostridien enthalten Amylasen und können daher Stärke-haltige Materialien vergären. Dieses führt zur gefürchteten Spätblähung bei Hart- und Schnittkäsen.

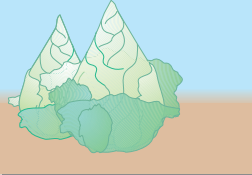
Gärungsart	Wasserstoff-Akzeptor	Produkt-Beispiele
alkoholische Gärung	Acetaldehyd	Wein, Bier
Milchsäure-Gärung	Pyruvat	Kefir, Sauermilch
Propionsäure-Gärung	Oxalacetat	Emmentaler Käse (Hartkäse)
Buttersäure-Gärung	Acetacetyl-Coenzym A	Fehlgärung
Essigsäure-Gärung	NADP	Gärungessig (Speiseessig)

Gärungsarten



alkoholische Gärung

Weißkohl-Streifen
(4% vergärbare Kohlenhydrate)



+ NaCl

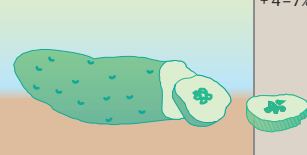
hetero-fermentative Gärung
(3 – 6 Wochen)

Sauerkraut

1,5–2% Milch- und Essigsäure 5 : 1
0,3–0,8% Ethanol
CO₂
pH ~3,5



Gurken
(1–2% vergärbare Kohlenhydrate)



+ ~1% Glucose
+ 4–7% NaCl

Milch-säure-Gärung

Saure Gurken

Weichwerden durch cellulytischen und pektinolytischen Abbau des Zellgewebes



Milch- und Essigsäure-Gärung

G. Gär-Prozesse

H. Thermische Behandlung von Fleisch

Die verschiedenen Gargarten lassen sich nach der wärmeübertragenden Phase (Wasser, Dampf, Luft- feucht oder trocken, Fett) einteilen. Prozesse der Lebensmittelzubereitung mit trockener Hitze sind *Backen, Braten und Grillen*, mit feuchter Hitze *Brühen, Dämpfen, Dünsten, Kochen und Schmoren*, die alle für die Zubereitung von Fleisch Anwendung finden. Bei der thermischen Behandlung von Fleisch kommt es in Abhängigkeit von der Temperatur zu gewebeverändernden Prozessen. Dabei kommt es bei Gartemperaturen bis 70°C zu einer Erhöhung der Zähigkeit. Erst oberhalb von 80°C wird das Fleisch zarter.

Im Bereich um 50°C findet unter Wasseraustritt eine Hitzeokoagulation des Actomyosins (s. 1.1 F) statt, d. h. durch die Denaturierung der myofibrillären und sarkoplasmatischen Proteine kommt es zu einer Verfestigung der Muskulatur. Unter Einfluß trockener Hitze (60 bis 65°C) schrumpft das Kollagen und das Bratenstück zieht sich zusammen. Durch diese Kontraktion in Faserrichtung wird Wasser aus der Muskulatur herausgepresst, was zu einem 20%igen Gewichtsverlust führt. Ab 80 bis 90°C beginnt das Kollagen, sich in Gelatine zu verwandeln, worauf das Zartwerden des Fleisches zurückzuführen ist. In diesem Temperaturbereich treten dann auch die unten beschriebenen Bräunungsreaktionen auf.

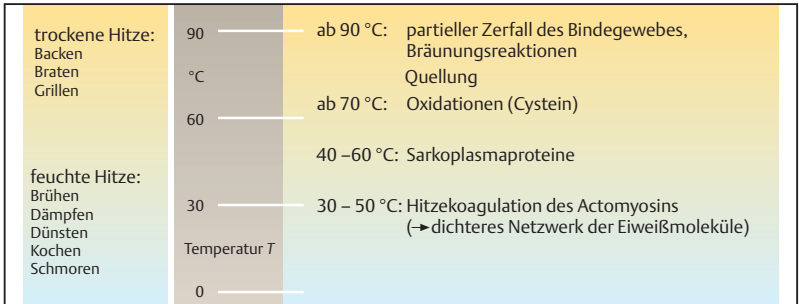
I. Bräunungsreaktionen

1. Maillard – Reaktion: Die Reaktion und die Produkte von reduzierenden Zuckern mit Aminosäuren wurde nach L. C. Maillard, 1912, benannt. Die sehr komplexe Reaktionsfolge umfaßt Reaktionen, die für die Farbe, das Aroma und als Indikator für das Erhitzen (Kochen, Backen, Braten und Rösten) von Lebensmitteln von großer Bedeutung sind – z. B. bei Brot, Braten, Kaffee und Kakao. Die anhand von Modellsubstanzen untersuchten Reaktionen lassen sich vereinfacht in zwei Phasen darstellen: In der *1. Phase* entstehen reaktive Zwischenprodukte. Durch den *Strecker-Abbau* (Reaktion von Aminosäuren mit Carbonyl-Gruppen unter Decarboxylierung und Transaminierung) entstehen instabile *Glykosalamine*, die sich zu 1-Amino-1-desoxy-Ketosen bzw. 2-Amino-2-desoxy-Aldosen umlagern (*Amadori- bzw. Heyns-Umlagerung*). Im nächsten Schritt bilden sich infolge einer 1,2- bzw. einer 3,4-Enolisierung und Abspaltung der Amino-Gruppe

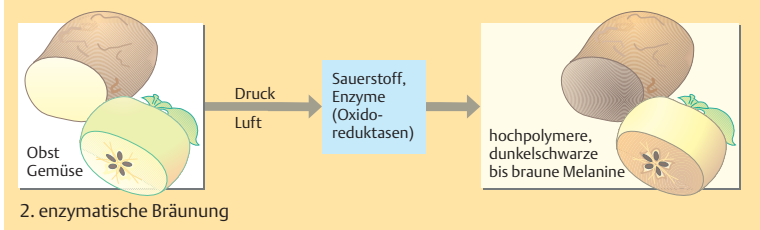
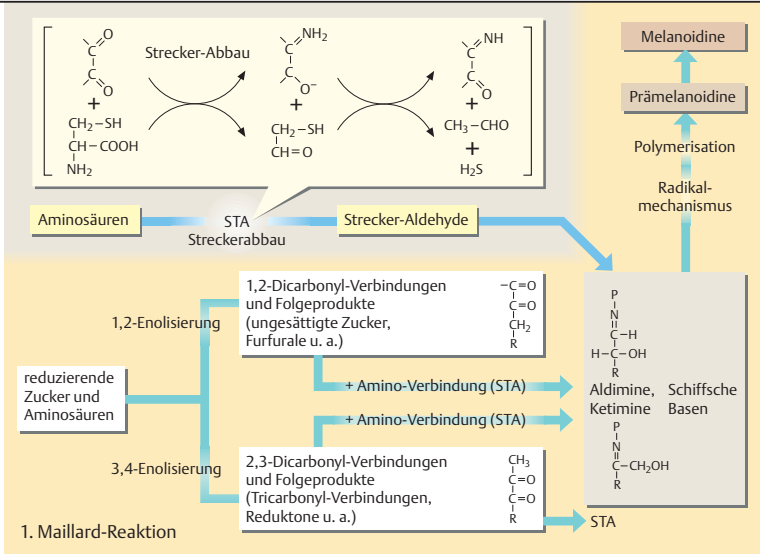
Dicarbonyl-Verbindungen. Die 2,3-Enolisierung ist hier besonders charakteristisch; es bilden sich Furanone und Pyranone wie das *Maltol*, das den Karamelgeschmack hervorruft. In Abwesenheit von Aminosäuren kommt es auch zu einer 1,2-Enolisierung und so zur Bildung von Hydroxymethylfurfural, z. B. aus Zuckern durch Karamelisierung.

In der *2. Phase* entstehen aus den *Dicarbonyl-Verbindungen* durch unterschiedlichste Folgereaktionen zahlreiche Produkte – u. a. Alkyl- und Methoxy-pyrazine als Aromastoffe und braune Melanoidine, die z.T. durch Radikalmechanismen über Prämelanoidine aus nicht flüchtigen Maillard-Produkten polymerisiert werden. Reduktone (Endiolen wie auch die schwach reduzierend wirkende Ascorbinsäure) entstehen in schwach alkalisch reagierenden Lebensmitteln. Das typische Aroma von gebratenem Fleisch entsteht durch Reaktionen Schwefel-haltiger Aminosäuren.

2. Enzymatische Bräunung: Farbänderungen bei geschädigtem Gewebe von Obst und Gemüse sind auf enzymatische Aktivitäten von Oxidoreduktasen wie den Phenolasen und Tyrosinasen zurückzuführen. So entstehen z. B. aus Monophenolen durch Hydroxylierung *o*-Diphenole, aus denen sich bei Anwesenheit von Sauerstoff *o*-Chinone bilden. Diese wiederum können eine Vielzahl weiterer Reaktionen eingehen. Endprodukte der Phenol-Oxidation sind *Melanine*. Ein Blanchieren inaktiviert die Enzyme und verhindert damit die Bräunung. Andere Maßnahmen bestehen im Zusatz eines Reduktionsmittels wie Ascorbinsäure oder Sulfit. Durch Sulfit wird auch das Enzym *Ascorbat-Oxidase* inaktiviert, so daß die natürliche Ascorbinsäure-Konzentration erhalten bleibt. Auch Komplexbildner wie Citronensäure oder Phosphat vermindern die enzymatische Bräunung durch Komplexbildung des Kupfers, das als Zentralatom im Enzym Tyrosinase enthalten ist.



H. Thermische Behandlung von Fleisch



I. Bräunungsreaktionen

Verarbeitung zur Haltbarmachung

J. Gefrieren

Das Einfrieren gehört zu den wichtigsten Methoden der Lebensmittelkonservierung, da hier neben der Frischhaltung auch der Genuß- und Nährwert erhalten werden können. Beim Gefrieren wasserhaltiger Lebensmittel führen gelöste Inhaltsstoffe wie Salze oder Zucker zu einer *Gefrierpunktserniedrigung*.

1. Gefrierverlauf eines Eismixes: a. Eine Unterkühlung der Lösung tritt besonders dann auf, wenn keine Kristallisationskeime vorhanden sind. Solche Kristallisationskeime entstehen sowohl bei Anwesenheit kleiner Partikel (Verunreinigungen), als auch infolge von Dichteschwankungen in der flüssigen Phase.

b. Ein Temperaturanstieg erfolgt durch die Energie-Freisetzung aus der Kristallisation von Wasser. Der Kurvenverlauf von b. zu c. verdeutlicht die *Gefrierpunktserniedrigung* durch Anreicherung von z. B. Zucker in der flüssigen Phase.

c. Durch Kristallisation von Kohlenhydraten (z. B. Lactose) wird wiederum Kristallisationsenergie freigesetzt, was zu einem Temperaturanstieg führt. In der letzten Phase d. wird die Temperatur der Gefriereinrichtung erreicht.

2. Gefrieren von Fischfilets: Die Fischmuskulatur unterliegt ebenso wie das Fleisch von Warmblütern den Abbaureaktionen während der Fleischreifung (s. 1.2 B), ist aber noch leichter zersetzlich und beim Fang, bei der Verarbeitung und Vertrieb vielfältigen Infektionsmöglichkeiten ausgesetzt. Bereits bei Temperaturen wenig über 0°C verdirbt Fischfleisch relativ schnell. Als besonders geeignetes Verfahren der Haltbarmachung wird das *Schnellgefrieren* angewendet, bei dem die kritische Phase der größten Kristallbildung schnell durchschritten wird. So werden Eiskristallbildung, Verfärbungen und Saftverluste vermieden. Bis zu -10°C besitzen einige der zelleigenen Enzyme des Fischmuskels noch eine deutliche Aktivität.

Zu weiteren Verfahren der Fischkonservierung (Trocknen, Salzen und Räuchern) siehe Kapitel 5.3.

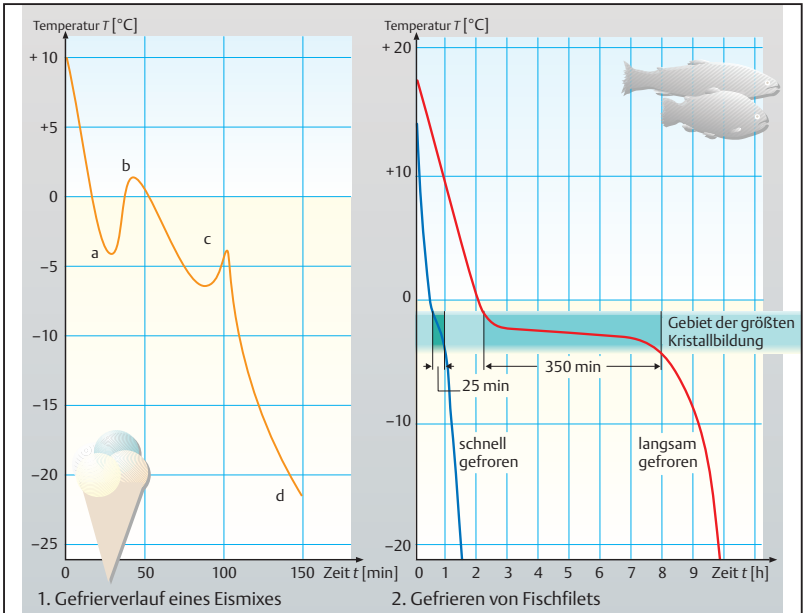
K. Texturveränderungen bei der Konservierung

1. Gefrierprozesse: Diese Prozesse führen zu einer Abnahme der Gewebefestigkeit infolge des Kristallwachstums. Das Zellgewebe wird vor allem bei geringen Einfriereschwindig-

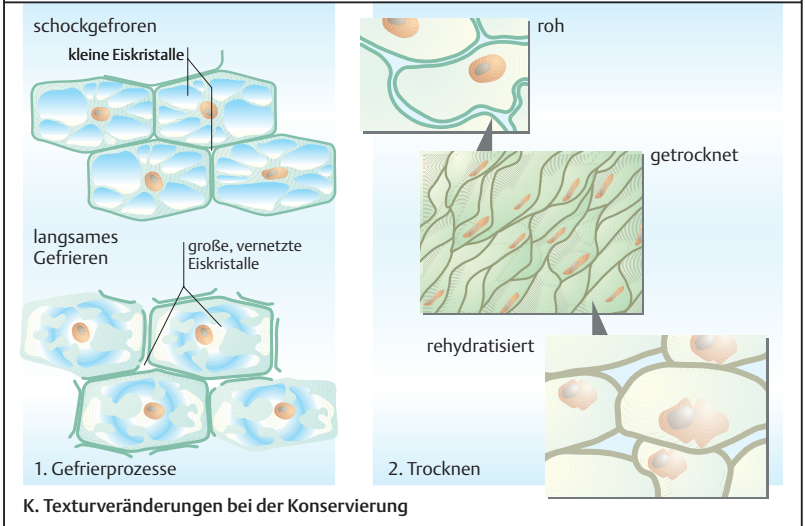
keiten durch die Bildung großer Kristalle außerhalb der Zelle gelockert. Beim *Schockgefrieren* treten kleine, beim *langsamen Gefrieren* dagegen große, vernetzte Eiskristalle auf. Beim Auftauprozess nehmen die Zellen wieder etwas Wasser auf, wodurch ein schwammiges Gewebe entsteht.

Beim Gefrieren von pflanzlichen Lebensmitteln wird die Semipermeabilität der Zellwand zerstört und so der Turgor (hydrostatischer Druck auf die Zellwand) abgebaut – das Zellvolumen nimmt ab. In den Interzellularräumen beginnt der Gefrierprozess bei -1 (Stangenbohnen) bis -3°C (Zwiebeln), im Zellinneren erst bei ein bis zwei Grad tieferen Temperaturen. Ist das interzellulare Wasser gefroren, sinkt der Dampfdruck in diesem Bereich und die Diffusion von Wasser aus dem Zellinneren zu den interzellulären Eiskristallen nimmt zu. So erhöht sich die Konzentration der in der Zellflüssigkeit gelösten Stoffe und führt zu einer Erniedrigung des Dampfdruckes und des Gefrierpunktes. Bei einer schnellen Absenkung der Temperatur tritt kaum Wasser in die Interzellularräume, so daß die Eiskristallausbildung fast gleichzeitig auch im Zellinneren erfolgt. Durch das Blanchieren von Gemüse wird die Luft aus den Interzellularräumen entfernt, wonach sich der freierwändige Raum mit Zellsaft füllt; beim Gefrieren findet dann die Eiskristallbildung im gesamten Gewebe statt. Auch bei einem hohen Stärke-Anteil (z. B. bei Erbsen) finden kaum Veränderungen in der Textur statt.

2. Trocknen: Beim Trocknen von Gemüse handelt es sich ebenso wie beim Gefrieren um ein Konservierungsverfahren. Getrocknetem Gemüse wurde ein großer Teil des Wassers durch Wärmebehandlung entzogen. Durch die Trocknung wird eine Zusammenballung von Zellbestandteilen hervorgerufen, die auch nach dem Rehydratisieren noch zu beobachten ist. Getrocknetes Gemüse benötigt eine längere Garzeit, da der Anteil an kristalliner Cellulose erhöht ist, die gegenüber amorpher Cellulose nur langsam Wasser aufnehmen kann. Ein Blanchieren vor der Trocknung führt zu einer besseren Rehydratisierung, da eine Kristallisation der Cellulose verhindert und so die Wasseraufnahme erleichtert wird.



J. Gefrieren



1.3 Einteilung von Lebensmitteln

Nach §1 des Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetzes (LMBG) von 1974 (s. 1.4 A) sind Lebensmittel „Stoffe, die dazu bestimmt sind, in unverändertem Zustand von Menschen verzehrt zu werden; ausgenommen sind Stoffe, die überwiegend dazu bestimmt sind, zu anderen Zwecken als zur Ernährung oder zum Genuß verzehrt zu werden. Den Lebensmitteln stehen gleich ihre Umhüllungen, Überzüge oder sonstige Umschließungen, die dazu bestimmt sind, mitverzehrt zu werden, oder bei denen der Mitverzehr vorauszusehen ist.“ Der Begriff „Lebensmittel“ wird auch als übergeordneter Begriff für Nahrungs- und Genussmittel verwendet, wobei zwischen reiner Nahrungsaufnahme und Genuß nicht immer zu unterscheiden ist. Im Gegensatz zu Nahrungsmitteln ist der Nährwert bei Genussmitteln kaum von Bedeutung.

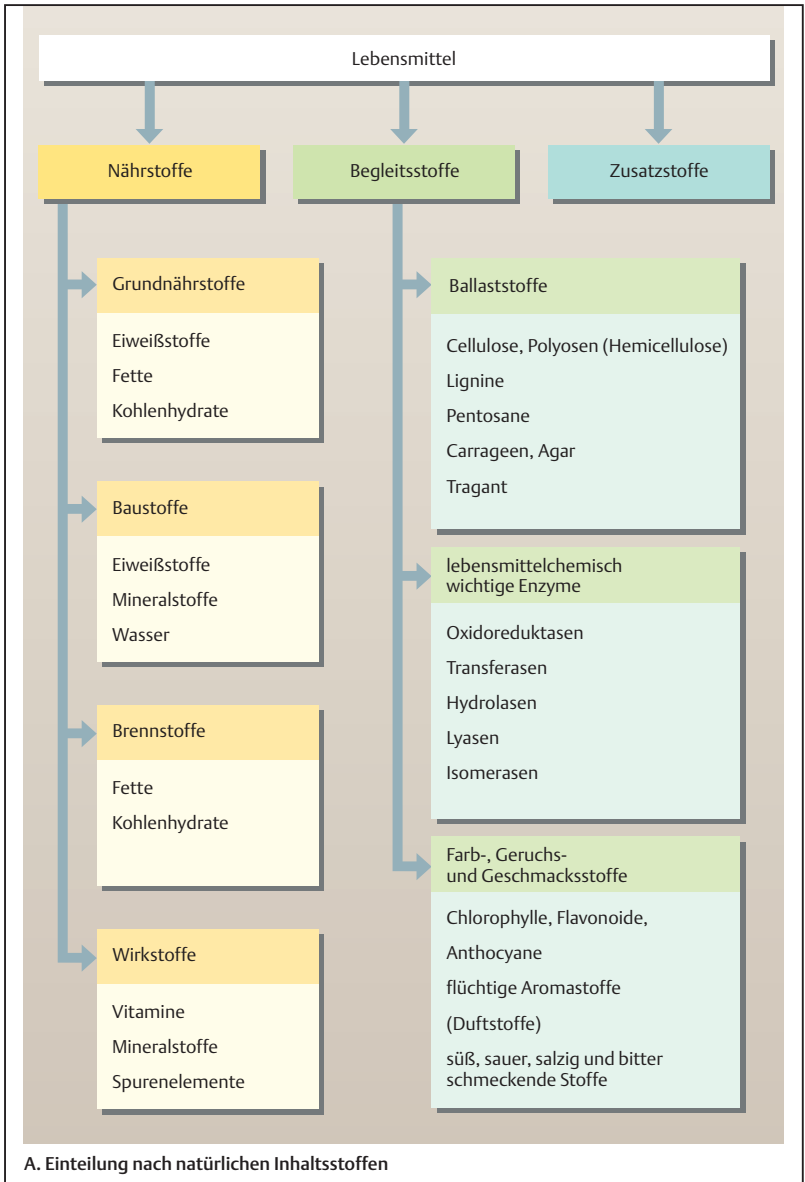
A. Einteilung nach natürlichen Inhaltsstoffen

Eine lebensmittelchemisch sinnvolle Einteilung von Lebensmitteln erfolgt im Allgemeinen nach den Hauptinhaltsstoffen. Diese gliedert man in *Nährstoffe*, *Begleitstoffe* und *Zusatzstoffe* (s. B).

Nährstoffe sind Lebensmittelinhaltsstoffe, die dem Aufbau und Erhalt der Körpersubstanz dienen, sowie als Energielieferant und biochemischer Funktionsträger fungieren können. Der *Nährwert* gibt den energieliefernden Beitrag eines Lebensmittels an. Die Nährstoffe lassen sich nach ihren spezifischen Aufgaben weiter unterteilen in: Grundnährstoffe, Bau-, Brenn- und Wirkstoffe. *Grundnährstoffe* sind Eiweißstoffe, Fette und Kohlenhydrate, deren Energiewert in Joule angegeben wird. Eiweißstoffe sind zugleich auch *Baustoffe* des Körpers, genauso wie die Mineralstoffe und Wasser. *Brennstoffe*, d. h. energieliefernde Stoffe, sind Fette und Kohlenhydrate. Der Energiewert von Fetten wird mit durchschnittlich 38 kJ je g (9 kcal/g) und der von Kohlenhydraten mit 17 kJ je g (4,1 kcal/g) angegeben. Mineralstoffe (oft als Makroelemente bezeichnet) sind sowohl Baustoffe als auch Wirkstoffe, zu denen auch Spurenelemente und Vitamine gehören. *Wirkstoffe* regeln vor allem durch enzymatische Reaktionen die Körperfunktionen. Calcium als der wichtigste Mineralstoff des menschlichen Organismus ist sowohl Baustoff als auch Wirkstoff. Es ist am Aufbau von Zäh-

nen und Knochengewebe beteiligt, besitzt aber auch physiologische Funktionen: Freies ionisiertes Calcium ist an der Aktivierung des Blutgerinnungssystems, an der Übertragung bioelektrischer Erregungszustände beteiligt und induziert als Cofaktor die Ausschüttung einiger Schlüsselenzyme, Neurotransmitter und Hormone. Als Spurenelemente bezeichnet man die Mikroelemente, die vom Organismus nur in kleinen Mengen aufgenommen und benötigt werden. In der allgemeinen Funktion eines Katalysators des Stoffwechsels werden sie als *essentielle* Elemente bezeichnet.

Neben den Nährstoffen sind für eine lebensmittelchemische und ernährungsphysiologische Gesamtbewertung eines Lebensmittels auch die **Begleitstoffe** zu berücksichtigen. Zu diesen zählen neben Ballaststoffen, Enzymen auch die Farb-, Geruchs- und Geschmacksstoffe, die zusammen das Lebensmittelflavour bilden. *Ballaststoffe* sind die gerüstbildenden Bestandteile pflanzlicher Lebensmittel, die von den Enzymen im Dünndarm nicht abgebaut werden können. Zu diesen unverdaulichen, die Darmfunktion aber anregenden Stoffen, gehören Cellulose, Polysen, Pentosane, Pektine sowie die Polysaccharide Carrageen, Agar und Tragant(h) aus Moosen, Algen und speziell in Vorderasien vorkommenden Sträucher. Durch *Enzyme* können Umbildungsprozesse katalysiert werden, so daß diese Einfluß auf die Zubereitung, Lagerfähigkeit und damit auf die Qualität von Lebensmitteln besitzen. Den *Flavour eines Lebensmittels*, als Ausdruck für den beim Verzehr ausgelösten oralen Gesamtsinneseindruck, bestimmen u. a. die *Farb-, Geruchs- und Geschmacksstoffe*. Neben diesen Stoffgruppen, für die Chlorophylle, Aromastoffe und Röststoffe Beispiele sind, bestimmen auch physikalische Reize wie Tast- (körnigklumpig), Muskel- (weich-zäh) und Temperaturempfindungen den Flavour.



B. Lebensmittel-Zusatzstoffe

Nach §2 LMBG sind Zusatzstoffe „Stoffe, die dazu bestimmt sind, Lebensmitteln zur Beeinflussung ihrer Beschaffenheit oder zur Erzielung bestimmter Eigenschaften oder Wirkungen zugesetzt zu werden.“ Als Zusatzstoffe sind nur solche Stoffe erlaubt, die in sogenannten Positivlisten aufgeführt und damit zugelassen sind. Die Hinzufügung kann der Verbesserung des Aussehens, von Aroma und Geschmack oder der Konsistenzverbesserung und -stabilisierung sowie der Konservierung dienen.

Die größte Zahl an Zusatzstoffen, welche der Verbesserung des Aussehens dienen, bilden die **Lebensmittelfarbstoffe**. Der Farbeindruck eines Lebensmittels hat psychische und physische Wirkungen; er vermag die Sekretion der Verdauungssäfte zu fördern. Die zugelassenen Lebensmittelfarbstoffe sind in der Gruppe der Zusatzstoffe mit den Hunderter E-Nummern (weisen auf Zulassung nach den EG-Farbstoffrichtlinien hin) zusammengefasst. Man unterscheidet zwischen wasser-, fett- und unlöslichen Farbstoffen, letztere als Pigmente bezeichnet.

Mehlbehandlungsmittel sind im technologischen Sinne Mehlverbesserungsmittel, die das Mehl aufhellen (bleichen) oder eine Verbesserung der Kleber-Eigenschaften bewirken sollen.

Überzugsmittel werden als Film oder auch in einer dickeren Schicht, meist als nicht zum Verzehr geeigneter Teil eines Lebensmittels verwendet. Sie dienen der Erzielung eines Glanzes, dem Schutz gegen Austrocknung bzw. gegen die Einwirkung von Luft und allgemein zur Verbesserung des Aussehens von Lebensmitteln (als Dekormittel).

Zur Gruppe der Stoffe, die eine Verbesserung von Aroma und Geschmack bewirken sollen, gehören die Aromastoffe, Zuckeraustauschstoffe und Geschmacksverstärker. **Aromastoffe** sind flüchtige Bestandteile eines Lebensmittels unterschiedlicher chemischer Struktur, die im Mund-Nasen-Raum des Menschen einen typischen Aromaeindruck hervorrufen. Man unterscheidet zwischen natürlichen (aus pflanzlichen und tierischen Bestandteilen gewonnen), naturidentischen (gleicher chemischer Aufbau wie die natürlichen Aromastoffe, aber voll oder teilweise synthetisch gewonnen) und künstlichen (synthetisch gewonnen) Aromastoffen. Kombinationen aus Aromastoffen werden als **Aromen** bezeichnet.

Zuckeraustauschstoffe und künstliche **Süßstoffe** besitzen nur einen geringen Nährwert bei gleichzeitigem intensiven Süßgeschmack. Nach der Diät-VO sind erlaubte Austauschstoffe (für Glucose) Fructose und die Zuckeralkohole Mannit, Sorbit und Xylit. **Geschmacksverstärker** können die speziellen Geschmacksnoten z. B. von Fleisch-, Salz- oder Süßgeschmack schon bei geringem Zusatz verstärken.

Der Konsistenzverbesserung und -stabilisierung können die unterschiedlichsten Stoffe dienen: **Stabilisatoren** als Sammelbezeichnung für eine Vielzahl unterschiedlich wirkender Stoffe verhindern bei instabilen Produkten eine chemische- (Oxidation, Zersetzung) oder physikalisch-chemische Zustandsänderung (z. B. Koagulation). Stabilisierende Wirkungen besitzen **Überzugsmittel**, **Emulgatoren**, **Geliermittel**, **Verdickungsmittel**, **Trennmittel**, **Antioxidations-** und **Konservierungsmittel**. Emulgatoren sind grenzflächenaktive Substanzen, die disperse Systeme stabilisieren. Bei Gelier- und Verdickungsmitteln handelt es sich um quellbare Hydrokolloide, wobei letztere keine formbeständigen Gele bilden. Die Trennmittel verhindern unerwünschte Reaktionen von Inhaltsstoffen untereinander. Schmelzsalze sind Salze mehrbasiger organischer und anorganischer Säuren, die die Aufgabe haben, das Austreten von Molke und Fett aus dem Käse zu verhindern und diesen streichfähig zu halten.

Der **Konsistenzverbesserung** dienen z. B. Backtriebmittel (Hefen und Backpulver), indem sie zu einer Lockerung des Backteiges beitragen. Schaumverhüter sollen vor allem bei der Lebensmittelherstellung einer unerwünschten Schaumentwicklung entgegenwirken. Beispiele hierfür sind langkettige Alkohole und hochpolymere Glykole. Dem Kaugummi verleihen sowohl thermoplastische Naturstoffe, als auch synthetische Thermoplasten seine typische Konsistenz.

Eine weitere Gruppe unter den Zusatzstoffen bilden die **Antioxidationsmittel** (Schutz gegen Autoxidation ungesättigter Fettsäuren) und **Konservierungsstoffe** (Schutz gegen Mikroorganismen) sowie **Säuerungsmittel** und **Säurungsregulatoren**, die neben der Verlängerung der Haltbarkeit ebenfalls Konservierungsaufgaben erfüllen können.

1998 trat die Verordnung zur Neuordnung lebensmittelrechtlicher Vorschriften über Zusatzstoffe in Kraft.

Stoffe zur Verbesserung des Aussehens

- Lebensmittelfarbstoffe (natürliche, synthetische, anorganische Pigmente)
- Mehlbehandlungsmittel
- Überzugsmittel

Stoffe zur Verbesserung von Aroma und Geschmack

- Aromastoffe
- Zuckeraustauschstoffe und künstliche Süßstoffe
- Geschmacksverstärker



Stoffe zur Konsistenzverbesserung und Stabilisierung

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| Stabilisatoren | Konsistenzverbesserer |
| Überzugsmittel | Backtriebmittel |
| Emulgatoren | Schaumverhüter |
| Geliermittel | Kaumassen |
| Trennmittel | Schmelzsalze |
| Antioxidationsmittel | |
| Konservierungsmittel | |

Stoffe zur Verlängerung der Haltbarkeit

- Antioxidationsmittel
- Konservierungsmittel
- Säuerungsmittel
- Säureregulatoren



B. Lebensmittel-Zusatzstoffe

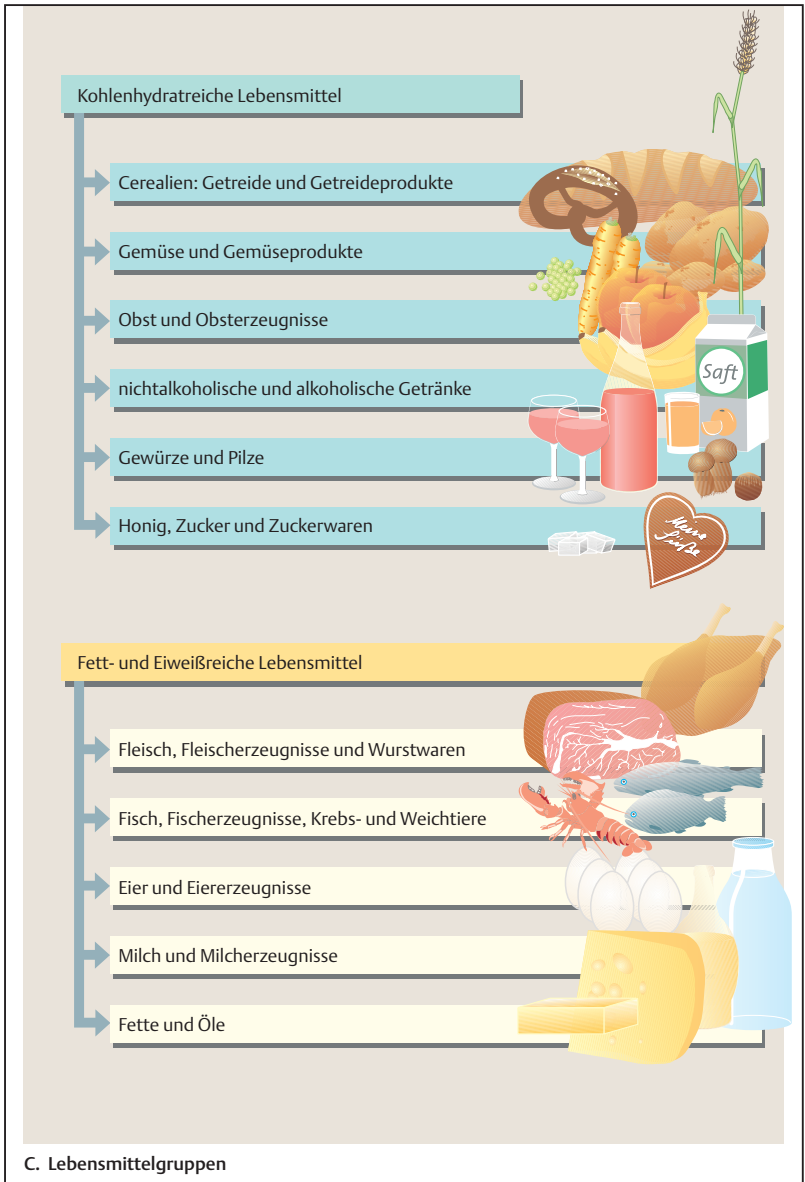
C. Lebensmittelgruppen

Lebensmittel sind bis auf wenige Ausnahmen komplex zusammengesetzte Produkte der *Biogenese* des Pflanzen- und Tierreiches. Eine lebensmittelchemisch sinnvolle Einteilung erfolgt im allgemeinen nach den Hauptinhaltsstoffen (s. A). So lassen sich die Hauptgruppen an Lebensmitteln als *kohlenhydrat-* bzw. *fett-* oder *eiweißreiche Lebensmittel* bezeichnen. Kohlenhydratreiche Lebensmittel stammen fast ausschließlich aus der Biosynthese des Pflanzenreiches. Eine Ausnahme bildet der Honig. Die meisten speziellen Bezeichnungen werden in denn „Leitsätzen des Deutschen Lebensmittelbuches“ näher definiert. Der Sammelbegriff *Cerealien* (Getreide) umfaßt die Körner der zu den Gräsern zählenden Getreidepflanzen Weizen, Reis, Hirse, Mais, Gerste, Hafer und Roggen (Reihenfolge hier nach abnehmender Größe der Weltanbaufläche). Ein Getreidekorn hat einen durchschnittlichen Gehalt von 60–70% Stärke, 1–12% Cellulose, 10–18% Wasser sowie 8–20% Eiweiß und 1–6% Fett. Zu den *Getreideprodukten* (s. 5.5) zählen Brot- und Backwaren. *Brot* wird als eine Backware in vielen Varianten aus Mahlprodukten des Brotgetreides und Wasser mit Zusätzen an Speisesalz sowie Backmitteln definiert. *Backmittel* sind Stoffe oder Stoff-Gemische zur Verbesserung der Backqualität. Als *Feine Backwaren* werden Getreideprodukte mit Ausnahme von Brot bezeichnet, die unter Zusatz wertbestimmender Backzutaten hergestellt wurden. *Dauerbackwaren* zeichnen sich durch eine lange Haltbarkeit aufgrund niedriger Wassergehalte aus (Kekse, Waffeln usw.). Unter den Begriff *Kleingebäck* fallen z. B. Brötchen, Semmeln, Hörnchen, Brezeln.

Als *Gemüse* (s. 5.7) werden Teile meist einjähriger Pflanzen bezeichnet, die roh und verarbeitet der menschlichen Ernährung dienen. Frischgemüse weist zwischen 2 und 7% verdauliche Kohlenhydrate, 0,3 bis 3% Ballaststoffe und 85–95% Wasser auf. Bei *Gemüseprodukten* handelt es sich um verarbeitetes und haltbargemachtes Gemüse. *Obst* (s. 5.7) ist eine Sammelbezeichnung für die in rohem Zustand eßbaren Früchte mehrjähriger, wild oder in Kultur wachsender Bäume und Sträucher (Früchte einjähriger Pflanzen: Gemüse, Getreide). Die Einteilung umfaßt sechs Hauptgruppen: Beeren-, Kern-, Schalen-, Steinobst sowie Süd- und Wildfrüchte. Die Kohlenhydrat-Gehalte liegen zwischen 5 und 20%; im Schalenobst (Nüsse) sind auch hohe Eiweiß-

(10–25%) und Fett-Anteile (bis 65%) enthalten. Zu den *Obsterzeugnissen* gehören neben Konserven, tiefgefrorenem Obst und Trockenobst, Konfitüren, Marmeladen, Gelees, Muse und auch Fruchtsäfte, die jedoch auch häufig zur Gruppe der *nichtalkoholischen Getränke* (s. 5.10) gezählt werden. Außerdem beinhaltet diese Gruppe ungesüßte Kohlensäure-haltige Wässer, Fruchtsaft-Getränke, Limonaden sowie Kaffee, Tee und Kakao. *Alkoholische Getränke* (s. 5.10) sind Bier, Wein und Spirituosen. *Gewürze* (s. 5.8) im engeren Sinne sind Pflanzenteile verschiedenster Art, die durch aromatischen oder scharfen Geschmack und Geruch charakterisiert sind. *Speisepilze* gehören zur Gruppe höherer Pilze, die zu den Ständerpilzen und Schlauchpilzen (Morcheln, Trüffeln) zählen. Der Begriff *Zucker-* oder auch *Süßwaren* (s. 5.9) umfaßt Erzeugnisse, die Zucker (oder Zuckeraustauschstoffe) als wesentliche Bestandteile enthalten. Beide Begriffe sind lebensmittelrechtlich nicht verbindlich definiert.

Zur Gruppe der *fett- und eiweißreichen Lebensmittel* gehören die verschiedenen Fleischsorten (s. 5.2; Eiweiß-Gehalt 10–23%, Fett-Gehalt 1–50%) – neben dem Muskelfleisch jedoch auch die Innereien. *Fleischerzeugnisse* bestehen mindestens zu 50% aus Fleisch; dazu gehören als *Wurstwaren* Roh-, Brüh- und Kochwürste, als *Stückware* Rohpökelware wie Rollschinken und Kochpökelware wie Kochschinken sowie Gemeinge aus gestückeltem Fleisch wie Gulasch sowie gewolfem Fleisch wie Frikadellen. Die Gruppe der *Fische* (s. 5.3) wird entweder nach dem Lebensraum (Süß-, Seefische), nach dem Skelett (Knochen-, Knorpelfische) oder nach dem Fett-Gehalt (Mager-, Fettfische) eingeteilt. Zu dieser Gruppe gehören auch Krebs- und Weichtiere. *Eier* (s. 5.4) weisen durchschnittlich 12% Eiweiß und 11% Fett auf. Zu den *Eierzeugnissen* sind Eiprodukte wie Trockenei für die Weiterverwendung in der Lebensmittelindustrie. Fett- und Eiweiß-Gehalte der *Milch* (*Kuh-*) betragen 3,8 bzw. 3,4%. Zu den *Milcherzeugnissen* gehören Dauermilchprodukte, Käse und Speiseeis (s. 5.4). *Fette und Öle* (s. 5.6) werden nach ihrer Herkunft in Tier- und Pflanzenfette eingeteilt.



C. Lebensmittelgruppen

1.4 Lebensmittelrecht in der BRD und der EU

A. Das Lebensmittel- und Bedarfsgegenstände-Gesetz (LMBG)

Bereits 1879 wurde ein „Gesetz betreffend den Verkehr mit Nahrungsmitteln, Genußmitteln und Gebrauchsgegenständen“ verabschiedet, durch das Betriebskontrollen und Untersuchungen von Proben festgelegt wurden. Das darauf folgende Lebensmittelgesetz von 1927 wurde 1974 vom „Lebensmittel- und Bedarfsgegenstände-Gesetz“ (LMBG) abgelöst. Dieses liegt seit dem 8.7. 1993 in einer Neufassung vor. Es stellt ein Rahmengesetz für den Verkehr mit *Lebensmitteln*, *Tabakerzeugnissen*, *kosmetischen Mitteln* und sonstigen *Bedarfsgegenständen* dar. Zielsetzung ist es, den Verbraucher vor unlauteren Praktiken der Konkurrenz abzusichern. Das LMBG enthält Begriffsbestimmungen der vier genannten Produktgruppen sowie Ge- und Verbote bei ihrem Verkehr. Darüberhinaus werden spezielle Bereiche wie Zusatzstoffe (s. B und Kap. 3), die Zuständigkeit und die Durchführung der Lebensmittelüberwachung und Einzelheiten zu Strafbeständen und Ordnungswidrigkeiten festgelegt. Der Abschnitt „Allgemeine Bestimmungen“ enthält Ausnahmeregelungen, Regelungen zur Ein- und Ausfuhr, Aufgaben des „Deutschen Lebensmittelbuches“ (§ 35) und die „*Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren*“ (§ 35). In dieser amtlichen Sammlung werden Verfahren zur Probenahme und Untersuchung (Analyse) der oben genannten Produktgruppen im Hinblick auf die Vereinheitlichung der Analysenverfahren veröffentlicht und unter Mitwirkung von Fachleuten auf dem neuesten Stand gehalten. Bei dem „*Deutschen Lebensmittelbuch*“ handelt es sich um eine Zusammenstellung von Leitsätzen, in denen Herstellung und Kennzeichnung, sowie Beschaffenheit oder sonstige Merkmale von Lebensmitteln, die für die Verkehrsfähigkeit von Bedeutung sind, beschrieben werden. Diese Leitsätze stellen objektivierbare Sachverständigengutachten dar, die als Auslegungshilfen für die „*Verkehrsauffassung*“ dienen können. Sie ist die maßgebliche Beurteilungssgrundlage, ob hinsichtlich der Beschaffenheit eine Normabweichung vorliegt. Als Rahmengesetz enthält das LMBG zahlreiche

Ermächtigungen, die detaillierte Ausführungen in Form von Folge-Verordnungen (VO) oder speziellen Gesetzen erforderlich machen. Beispiele hierfür sind das „Weingesetz“ (1982/1994) oder das Fleischhygienegesetz (FIHG). In diesem werden z. B. die Tierarten bestimmt, deren Fleisch zum Genuß für Menschen geeignet ist, und Untersuchungen, Beurteilungen und Kennzeichnung festgelegt. Ebenso formuliert es hygienische Mindestanforderungen, die beim Schlachten und Verarbeiten der Fleischerzeugnisse einzuhalten sind. Außer dem LMBG sind bei der Herstellung und dem Vertrieb von Lebensmitteln eine Reihe weiterer Gesetze zu beachten, wie z. B. das Eichgesetz, spezielle finanzrechtliche Regelungen (Steuergesetze) oder Gesetze, die speziell die Herstellung von Lebensmitteln betreffen (Futtermittel-, Düngemittel- und Pflanzenschutzmittelgesetze). Das Handelsklassengesetz regelt die Qualitätsnormen für bestimmte Lebensmittel (z. B. für bestimmte Obst- und Gemüsearten, Butter, Eier, Kartoffeln oder für geschlachtetes Geflügel), die in vielen Fällen auch mit Kennzeichnungsvorschriften versehen sind.

B. Rechtsverordnungen der BRD und EU-Richtlinien

Das LMBG wird durch zahlreiche Verordnungen ergänzt, welche den gesamten Verkehr mit Lebensmitteln im Sinne von §1 LMBG umfassen – vom Lebensmitteltransport bis zur Lebensmittelkennzeichnung. Rechtsverordnungen sind allgemein verbindliche Rechtsvorschriften mit gleicher bindender Wirkung wie Gesetze. Man unterscheidet *horizontale Regelungen* (z. B. LMKV: Lebensmittelkennzeichnungs-VO) und *vertikale Regelungen* (z. B. Speiseeis-VO). Im Unterschied zu VO sind Richtlinien nicht unmittelbar geltendes Recht. Die EU-Richtlinien sind Instrumente der Rechtsangleichung der EU. Sie haben eine Harmonisierung des gemeinsamen Marktes zum Ziel und sollen von den EU-Mitgliedsstaaten in nationales Recht umgesetzt werden. EU-VO sind in jedem Mitgliedsstaat unmittelbar geltendes Recht. Gesetze, Verordnungen und Richtlinien verfolgen das Ziel des Gesundheits- und Verbraucherschutzes als auch wirtschafts- bzw. finanzpolitische Ziele.

Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz LMBG Dach- oder Rahmengesetz

Abschnitt Nr.	Paragrafen	Inhalt
1	1 – 7	Begriffsbestimmung
2	8 – 19	Verkehr mit Lebensmitteln
3	20 – 23	Verkehr mit Tabakerzeugnissen
4	24 – 29	Verkehr mit kosmetischen Mitteln
5	30 – 32	Verkehr mit sonstigen Bedarfsgegenständen
6	33 – 39	Allgemeine Bestimmungen
7	40 – 46	Überwachung
8	47 – 50	Ein- und Ausfuhr
9	51 – 55	Straftaten und Ordnungswidrigkeiten

nach § 35: Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren

Spezialgebiete:

Wein-, Milch- und Margarinegesetz (1990), Fleischhygienegesetz

weitere auch Lebensmittel betreffende Regelungen:

Eich-, Biersteuer-, Branntweinmonopol-, Handelsklassen- und Strahlenschutzvorsorge-, Futtermittel-, Düngemittel-, Pflanzenschutz- und Bundesseuchengesetz

A. Das Lebensmittel - und Bedarfsgegenständegesetz (LMBG)

Rechtsverordnungen der BRD Diät-Verordnung

LHmV	Lösungsmittel-Höchstmengen VO
LMKV	Lebensmittel-Kennzeichnungs VO
LMTV	Lebensmitteltransportbehälter VO
MargMFV	Margarine- und Mischfett VO
NWKV	Nährwert-Kennzeichnungs VO
PHmV	Pflanzenschutzmittel-Höchstmengen VO
SHmV	Schadstoff-Höchstmengen VO Verordnung über vitaminisierte Lebensmittel Verordnung über natürliches Mineralwasser, Quellwasser und Tafelwasser
TrinkwV	Verordnung über Trinkwasser und über Wasser für Lebensmittelbetriebe
ZVerkV	Zusatzstoff-Verkehrs VO
ZZulV	Zusatzstoff-Zulassungs VO

horizontale EU-Richtlinien

Bedarfsgegenständerrichtlinien,
Diätrichtlinie,
Kennzeichnungsrichtlinie,
Zusatzstoffrichtlinie

Vertikale EU-Richtlinien für

Aromen,
Fruchtsäfte, Fruchtnektare,
Mineralwässer,
Trinkwasser,
Kakao, Schokolade,
Kaffee- und Zichorienextrakte,
Konfitüren,
Honig,
Zuckerarten,
eingedickte Milch, Trockenmilch,
Fleischhygiene

B. Rechtsverordnungen der BRD und EU-Richtlinien

C. Lebensmittelkennzeichnung

Ein Beispiel für die Umsetzung von EG-Richtlinien in nationales Recht ist die „*Lebensmittel-Kennzeichnungs-Verordnung*“ (LMKV) von 1984 bzw. 1992, die aus der aus einer EG-Richtlinie „über die Etikettierung und Aufmachung von für den Endverbraucher bestimmten Lebensmitteln“ hervorgegangen ist. Diese Verordnung gilt nur für Lebensmittel in Fertigverpackungen und dient dem Schutz des Verbrauchers vor Täuschungen und zu dessen Information über den Inhalt. Fertigverpackungen sind nach dem Eichgesetz „Erzeugnisse, in Verpackungen beliebiger Art, die in Abwesenheit des Käufers abgepackt und verschlossen werden, wobei die Menge des darin enthaltenen Erzeugnisses ohne Öffnen oder merkliche Änderungen der Verpackung nicht verändert werden kann.“ Nach der LMKV dürfen Fertigverpackungen nur dann in den Verkehr gebracht werden, wenn sie mit folgenden Angaben versehen sind (1.): Die Verkehrsbezeichnung

- der Name oder die Firma und Anschrift des Herstellers, des Verpackers oder eines in der EG zugelassenen Verkäufers,
- das Verzeichnis der Zutaten (kurz: Zutatenliste) und
- das Mindesthaltbarkeitsdatum.

Die „*Verkehrsbezeichnung*“ ist die in den Rechtsvorschriften festgelegte Bezeichnung für ein Lebensmittel. Ist eine solche nicht existent, hat eine nach der allgemeinen Verkehrsauffassung übliche Kennzeichnung oder Beschreibung des Lebensmittels zu erfolgen. Die Bezeichnung des Lebensmittels, seiner Beschaffenheit und Zusammensetzung wird wie z. B. bei Bier und Fruchtsäften durch Rechtsvorschriften festgelegt; z.T. müssen aber auch spezielle Vorschriften wie z. B. die Nährwertkennzeichnungs-VO, die Diät-VO oder produktbezogenen Vorschriften (z. B. das Weinrecht) herangezogen werden. Außerdem finden hier die „Leitsätze des Deutschen Lebensmittelbuches“ (s. 1.4A) Anwendung. In den Leitsätzen werden die Herstellung, Beschaffenheit oder sonstige Merkmale von Lebensmitteln beschrieben, die für deren Verkehrsfähigkeit von Bedeutung sind. Darin enthalten sind Begriffsbestimmungen für zahlreiche spezielle Lebensmittel wie Jagdwurst, Matjeshering oder Printen.

Das „*Verzeichnis der Zutaten*“ (Zutatenliste, 2.) besteht aus einer „Aufzählung der Inhalte in

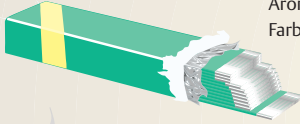
absteigender Reihenfolge ihres Gewichtanteils zum Zeitpunkt ihrer Verwendung bei der Herstellung des Lebensmittels. Der Aufzählung ist ein geeigneter Hinweis voranzustellen, in dem das Wort „Zutaten“ erscheint.“ Anstelle von speziellen Stoffnamen wie Saccharose sind auch Klassennamen – hier Zucker – erlaubt. Weitere Beispiele für erlaubte Klassennamen sind: Öl, Fett, Mehl, Fisch und Kaumasse. Sind Zusatzstoffe beigefügt worden, müssen diese ebenfalls unter Verwendung von Klassennamen aufgelistet werden. Zu den gebräuchlichsten gehören: Farbstoffe, Konservierungsstoffe, Emulgatoren, Geschmacksverstärker, Antioxidationsmittel, Trennmittel, Überzugsmittel und künstliche Süßstoffe. Zur Zeit sind in der EU 265 Stoffe zugelassen (Stand März 1996) und mit E-Nummern versehen. Diese *E-Nummern* werden meist dann verwendet, wenn die chemische Bezeichnung den Verbraucher verunsichern würde, z. B. bei den Farbstoffen. Die in der Tafel aufgeführten E-Nummern stehen für: E 104 – Chinolingelb, E 124 – Cochenillerot, E 132 – Indigotin, Indigo-karmin, E 171 – Titandioxid. Beim Antioxidationsmittel E 422 handelt es sich um Glycerin.

Das „*Mindesthaltbarkeitsdatum*“ ist das Datum, bis zu dem ein Lebensmittel unter den angegebenen Lagerbedingungen seine spezifischen Eigenschaften (Qualität) behält. Es ist also kein Verfallsdatum.

Bei der „*Nährwert-Kennzeichnung*“ (3.) werden auch die Energiewerte und die Menge der Hauptinhaltsstoffe – Eiweiß, Kohlenhydrate und Fette – aufgeführt. Die Proteineinheit (1 BE) ist die wichtigste Berechnungseinheit für Diabetiker. Sie entspricht der Menge von 12 g Kohlenhydraten (Monosaccharide, verdauliche Oligo- und Polysaccharide oder der Zuckerkohole Sorbit und Xylit), die z. B. in 30 g Graubrot enthalten sind.

Kaugummi:

Zutaten: Zucker, Glucosesirup, Kaumasse, Stabilisator, E422, Säuerungsmittel (Citronensäure), Emulgator (Lecithin), Aromen (naturidentisch und künstlich), Kokosöl, Farbstoff Cochenille, Antioxidationsmittel E422



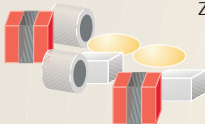
Fertiggericht (Suppen, Snack):

Zutaten: Croutons, (Weizenmehl, pflanzliches Öl [gehärtet], Verdickungsmittel Xanthan, Salz, Hefe), Aroma, Fleischextrakt, Geschmacksverstärker Natriumglutamat, Rinderfett, Hefeextrakt, Jodsalz, pflanzliches Öl (gehärtet), Kräuter, Säuerungsmittel Citronensäure, Gewürze.



Lakritz-Dragees:

Zutaten: Zucker, Glucosesirup, Weizenmehl, Stärke, Lakritz, Kochsalz, Gelatine, Aroma, Fruchtzubereitung, Farbstoffe E 104, E 124, E 132, E 171, pflanzliches Öl, Trennmittel Bienenwachs



Fertigsuppe

Nährwert-Kennzeichnung

Füllmenge 40g

100g Trockenprodukte enthalten durchschnittlich

Energiewert	Eiweiß	Kohlenhydrate	Fett
2110 kJ (= 510 kcal)	15g	29g	30g

Nährwert pro 100 mL

Brennwerte 120 kJ = 30 kcal

Eiweiß	1g
Kohlenhydrate	unter 1g
Fett	2g

Eine Portion (250 mL) enthält 0,5 BE

C. Lebensmittelkennzeichnung

D. Spezielle Lebensmittel, Bedarfsgegenstände und Tabakerzeugnisse nach dem LMBG

Über das LMBG hinaus sichern spezielle Verordnungen die Einhaltung der lebensmittelrechtlichen Grundsätze bzw. führen die im LMBG verankerten Leitsätze detailliert aus. So existiert für das **Trinkwasser** als dem wichtigsten Lebensmittel, von dem der Mensch 2–3 l täglich benötigt, eine spezielle *Trinkwasser-VO*. Dieser liegt eine EG-Richtlinie von 1980 zugrunde, nach der Trinkwasser als „Wasser für den menschlichen Gebrauch“ definiert wird. Die Trinkwasserqualität muß in hygienischer, sensorischer, ästhetischer und toxikologischer Hinsicht den gesetzlichen Anforderungen genügen. In der BRD sind Grenzwerte für Trinkwasser und Wasser, das in Lebensmittelbetrieben verwendet wird, festgelegt. Für diätische Lebensmittel gilt ebenfalls eine eigene Verordnung (Diät-VO). **Diätische Lebensmittel** müssen sich nach §1 der Verordnung von anderen Lebensmitteln in Zusammensetzung und Eigenschaften unterscheiden: Sie dienen einem besonderen Ernährungszweck, indem sie die Zufuhr bestimmter Nährstoffe oder anderer ernährungsphysiologisch wirkender Stoffe steigern oder verringern bzw. die Zufuhr solcher Stoffe in einem bestimmten Mischungsverhältnis oder in bestimmter Beschaffenheit gewährleisten. So werden sie besonderen Ernährungsanforderungen gerecht, bei Krankheiten wie dem Diabetes mellitus, Niereninsuffizienz, oder tragen bestimmten Lebensumständen (Schwangerschaft, Stillzeit) und Lebensaltern (Säuglinge, Kleinkinder, ältere Menschen) Rechnung. Zu den diätischen Lebensmitteln gehören Säuglings-Nahrung, Diabetiker-Lebensmittel, Diät-Salze (kochsalzarm), Süßstoffe und Zuckeraustauschstoffe, energiereduzierte, Gluten-freie und Eiweiß-arme Lebensmittel.

Bedarfsgegenstände sind nach §5 LMBG definiert als Gegenstände, die (1., 2.) mit Lebensmitteln, kosmetischen Erzeugnissen oder mit Tabakerzeugnissen in Berührung kommen, die mit den Schleimhäuten des Mundes in Berührung kommen (3.), die der Körperpflege dienen (4.), Spielwaren und Scherzartikel (5.), Gegenstände, die mit dem menschlichen Körper nicht nur vorübergehend in Berührung kommen, wie Kleidung, Bettwäsche, Masken, Perücken, Armbänder, Brillengestelle (6.), Reinigungs- und Pflegemittel (7., 8.) und Mittel bzw. Gegenstände zur Geruchsverbesserung

oder Insektenvertilgung in Räumen (9.). Die 1992 erschienene *Bedarfsgegenstände-VO* setzt eine EG-Richtlinie um. Sie führt den Begriff *Lebensmittelbedarfsgegenstände* (LBG) ein. Die Zuordnung von Bedarfsgegenständen zum LMBG folgt dem obersten Grundsatz (§30–32), daß beim sachgemäßen (bestimmungsgemäßen oder vorauszusehenden) Gebrauch dieser Gegenstände durch ihre stoffliche Zusammensetzung bzw. auch durch Verunreinigungen die menschliche Gesundheit nicht geschädigt werden darf. Als LBG gelten danach auch Zellglasfolie, Kunststoffe und Keramik. Dabei spielt der mögliche Übergang von Stoffen, z. B. aus der Verpackung auf das Lebensmittel, eine wichtige Rolle. Zur Begrenzung des Übergangs von Stoffen auf Lebensmittel werden im Bereich der Bedarfsgegenständen, die mit Lebensmitteln direkt in Kontakt kommen, sogenannte Migrationswerte als Höchstmenge festgelegt. Die VO nennt auch Stoffe, die beim Herstellen oder Behandeln von bestimmten Bedarfsgegenständen wie Niespulver, Stinkbomben, Tränengas, Flammenschutzmittel für Textilien, Spieltiere und Puppen nicht verwendet werden dürfen. Bedarfsgegenstände unterliegen auch der *Kennzeichnungspflicht*: Sie müssen auf der Verpackung bzw. auf einem Etikett die Hinweise „für Lebensmittel“ oder ein aus einer stilisierten Abbildung eines Glases und einer Gabel bestehendes Symbol aufweisen. Nach §3 LMBG unterliegen auch Tabak und die daraus hergestellten *Tabakwaren* (-erzeugnisse) der Überwachung. Danach sind Tabakerzeugnisse aus Rohtabak oder unter Verwendung von Rohtabak hergestellte Erzeugnisse, die zum Rauchen, Kauen und Schnupfen bestimmt sind. Somit gehören außer den klassischen Produkten wie Zigarette, Zigarillo und Zigarre (aus rauchbaren Tabaken) auch Schnupf- und Kautabak (aus nichtrauchbaren Tabaken) zu dieser Gruppe. Am 27. Januar 1997 wurde im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften die Verordnung (EG) des Europäischen Parlaments und des Rates über neuartige Lebensmittel und neuartige Lebensmittelzutaten (Novel-Food-Verordnung) veröffentlicht (s. 5.11).

Trinkwasser
Lebensmittel Nr. 1

Diätetische Lebensmittel
mit bestimmten Nährstoffen
und speziell ernährungs-
physiologisch wirkendem Stoff
Kochsalzersatz, Zuckeraustausch-
und Süßstoffe

Bedarfsgegenstände
Koch- und Eßgeschirr
Verpackungen
Körperpflegemittel (Kosmetika)
Perücken
Spielwaren
Scherzartikel
Reinigungs- und Pflegemittel

Tabak und Tabakerzeugnisse

rauchlose Tabake	Kautabak Schnupftabak
Rauchtabake	Zigaretten Zigarillos Zigarren

Trinkwasser-VO
Diät-VO
Bedarfsgegenstände-VO
(nach § 5 LMBG)
Tabak-VO

D. Spezielle Lebensmittel, Bedarfsgegenstände und Tabakerzeugnisse nach dem LMBG

1.5 Lebensmittelqualität und -überwachung

Der Begriff „Qualität“, bedeutet ursprünglich nur „Beschaffenheit“. Die gewandelte Bedeutung beinhaltet „Güte und Wert.. Nach DIN/ISO 8402 lautet die Definition heute:

„Qualität ist die Gesamtheit von Merkmalen einer Einheit bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen.“ Die *festgelegten Erfordernissen* sind in Normen, Gesetzen und Verordnungen (Lebensmittelrecht) enthaltene Vorgaben. Zu den *vorausgesetzten Erfordernissen* gehören die vom Kunden (Verbraucher) erwarteten Eigenschaften hinsichtlich der Haltbarkeit, des Geschmacks und des Nährwertes von Lebensmitteln. Die Ansprüche (Erwartungen) eines Verbrauchers an eine Ware (Lebensmittel) können sehr unterschiedlich sein – sie können von seinen individuellen Konsumerfahrungen, die er mit bestimmten Produkten gemacht hat bis zu speziellen geschmacksorientierten, ganz persönlichen Vorlieben reichen. Verständlicherweise unterscheiden sich die Anforderungen an die Lebensmittelqualität aus der Sicht von Hersteller, Handel und Verbraucher in einigen Punkten: So stehen beim Hersteller technologische Anforderungen (gute Verarbeitbarkeit – bis zur Verpackung), beim Handel Anforderungen aus der Sicht der Logistik und der Werbung (z. B. Haltbarkeit, Stapelbarkeit, Lieferung und äußeres Erscheinungsbild) in Forderung, und beim Verbraucher entscheiden gesundheitliche Unbedenklichkeit, Geschmack, Nährwert (physiologisches und kulinarischer Ernährungsbedürfnisse sowie psychologische Bedürfnisse) über die Akzeptanz einer Ware. Schließlich wird der Markterfolg von den Qualitätsanforderungen durch den Verbraucher bestimmt. Einen Beitrag zur Lebensmittelqualität in Deutschland leistet neben der Gesetzgebung und der Lebensmittelüberwachung auch das „*Deutsche Lebensmittelbuch*“ mit seinen Leitsätzen zur „Verkehrsbezeichnung, Qualität und Zusammensetzung“, in dem seit 1965 laufend die von der Deutschen Lebensmittelbuch-Kommission beschlossenen Leitsätze vom Bundesministerium für Gesundheit im Bundesanzeiger veröffentlicht werden.

A. Kennzeichnungen

Grundlage für den Aufbau eines Qualitätssicherungs- und -managementsystems in einem Unternehmen bildet die Normenreihe DIN ISO 9000-9004.

1. Handelsmarken

Das CMA-Prüfsiegel (Gütesiegel) der Centralen Marketinggesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft mbH verwirklicht das Konzept der „gläsernen Produktionskette“, womit z. B. Herkunft und/oder Qualität von Fleisch lückenlos gesichert und nachvollziehbar gemacht werden. Die CMA wurde 1969 (Sitz Bonn) von den Verbänden der Land- und Forstwirtschaft sowie der Ernährungsindustrie gegründet und hat die Erschließung und Pflege von Märkten im In- und Ausland – durch Werbung, Ausstellungen, Marktforschung u. a. zum Ziel. Die Aufsicht über die deutschen Gütesiegel liegt beim Deutschen Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung.

Bekannte **Handelsmarken** mit charakteristischen Kennzeichen sind z. B. *EDEKA* (Handelsunternehmen seit 1907) oder auch *Erlenhof*. Im Vordergrund steht zwar der Wiedererkennungseffekt, zugleich garantieren sie jedoch auch ein solides Preis-Leistungs-Verhältnis und wegen der Gefahr des Imageverlustes auch eine gute Qualität. Neben den Handelsmarken existieren auch Discountmarken.

2. Herstellermarken

Auch Herstellermarken sollen für eine konstant gute (Marken-)Qualität garantieren. Sogenannte No-Name-Produkte müssen jedoch nicht zwangsläufig schlechter sein. Hersteller von Markenprodukten können nämlich ihre Produkte auch anonym als No-Name-Produkte unter einer Handels- oder Discountermarke in den Handel bringen. Zu den ältesten Markennamen, der im Bereich der Lebensmittel zu einem Begriff geworden sind, zählen *Maggi* (seit 1886), *Dr. Oetker* (*Backin* seit 1892) und *Kölln* (-flocken, ab 1927).

3. Öko-Kennzeichnungen

Eine Erscheinung der letzten Jahrzehnte sind die Markenzeichen des *ökologischen Landbaus* (*Demeter* – nach der griechischen Göttin des Wachstums und der Fruchtbarkeit, besonders des Ackerbaus und des Getreides, *Bioland*, *Naturland*, *Gäa*) sowie das Prüfzeichen für Produkte aus „anerkannt ökologischem Landbau“. Die Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau gibt die Richtlinien zur Verarbeitung der Erzeugnisse und zur ökologischen Tierproduktion dafür vor. Es existiert auch eine EG-Bio-Verordnung. Auch die Zusätze *Bio* (Wertkost) auf dem Lebensmitteletikett bieten hier – zumindest bei der Vermarktung pflanzlicher Lebensmittel – eine Orientierung.

1. Handelsmarken, klassisch

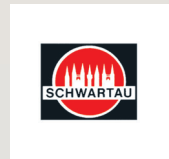
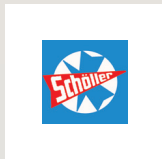
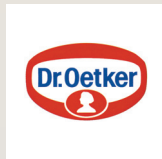


CMA-Gütezeichen



Discountmarken

2. Herstellermarken



3. Öko-Kennzeichnungen



Öko-Prüfzeichen



Marken der Ökoverbände

A. Kennzeichnungen

Lebensmittelüberwachung

Oberstes Ziel des Lebensmittelrechtes sind der Schutz der Gesundheit, der Schutz vor wirtschaftlicher Schädigung sowie die Sicherstellung einer sachgerechten Information des Verbrauchers. Um diese Ziele durchsetzen zu können, sind Maßnahmen der Überwachung notwendig, wie sie im siebten Abschnitt des LMBG angeführt werden. Nach Artikel 83 und 84 des Grundgesetzes ist die Überwachung dieser im LMBG festgelegten lebensmittelrechtlichen Regelungen den Bundesländern übertragen. Zu den Aufgaben der Lebensmittelüberwachung zählen die (stichprobenartigen) Besichtigungen, die Probenahmen und die Untersuchung und lebensmittelrechtlichen Beurteilungen der entnommenen Proben.

B. Lebensmittelbeprobung und Maßnahmen der Überwachung

Grundsätzlich gilt, daß Hersteller, Importeure und Händler im Rahmen ihrer *Sorgfaltspflicht* für eine einwandfreie Ware und für die Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften verantwortlich sind. Neben der Betriebskontrolle (Inspektion) stellt die Entnahme und Untersuchung von Proben aus dem täglichen Angebot ein wichtiges Kontrollinstrument dar. Je nach aktuellem Problem stehen verschiedene *Probearbeiten* zur Verfügung: Eine *Planprobe* wird im Rahmen eines Probenplans entnommen, der sich an der Grundausrüstung eines Untersuchungsamtes orientiert (bis zu 80% der Gesamtprobe). Um eine *Verdachtsprobe* handelt es sich, wenn z. B. das Mindesthaltbarkeitsdatum überschritten ist oder ein hinreichender Verdacht auf Schadstoffe besteht. Verbraucher haben die Möglichkeit, in begründeten Fällen selbst Proben als *Beschwerdeproben* zur kostenlosen Untersuchung bei einem Untersuchungsamt einzureichen. In diesen Fällen erfolgt in der Regel auch die Entnahme einer *Vergleichsprobe* – möglichst aus der gleichen Charge. Durch den Vergleich kann z. B. festgestellt werden, ob ein Mangel im Haushalt des Käufers oder in der ganzen Charge aufgetreten ist. Ein Teil einer amtlichen erhobenen Probe ist als *Gegenprobe* amtlich verschlossen und versiegelt zurückzustellen, damit z. B. durch den Hersteller eine unabhängige Untersuchung innerhalb einer bestimmten Frist möglich ist. Die sogenannte *Lebensmittel-Monitoring*-(Programme) wurden zur flächendeckenden Untersuchung bestimmter Lebensmittel entwickelt. Ziel ist es, durch eine möglichst re-

präsentative Probennahme die durchschnittlichen Schadstoffgehalte in Lebensmitteln zu bestimmen und daraus Konsumempfehlungen oder auch Grenz- und Richtwerte abzuleiten.

C. Industrielle Qualitätssicherung

1. Organisation in großen Firmen: Die DIN ISO 8402 definiert Qualität als „die Gesamtheit von Merkmalen einer Einheit bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Parameter zu erfüllen“. Um die Einhaltung dieser Parameter realisieren und dem Qualitätsanspruch gerecht werden zu können, stehen zwei Instrumente zur Verfügung: Das Qualitätsmanagement (QM) und die Qualitätssicherung (QS). Das *Qualitätsmanagement* umfaßt alle Tätigkeiten der Gesamtaufgaben, zu denen die Qualitätspolitik, die Ziel- und Verantwortungs festlegung sowie die Qualitätsplanung, -lenkung, -sicherung und -verbesserung gehören. Zur *Qualitätssicherung* gehören alle geplanten und systematischen Tätigkeiten, die innerhalb des Qualitätsmanagementsystems dargelegt werden und durch einheitliche Qualitätsforderungen beim Kunden Vertrauen schaffen. Diese Qualitätssicherung erfolgt sowohl im Labor als auch im Produktionsbetrieb insgesamt: Im Rahmen des *GLP* („Good Laboratory Practice“) und des *GMP* („Good Manufacturing Practice“) werden genau festgelegte Abläufe im Untersuchungslabor bzw. im Produktionsbetrieb zusammengefaßt.

2. Instrumente der Qualitätssicherung: Zu diesen Instrumenten gehören das Briefing, das Lieferantenaudit, die Risikoanalyse sowie das Quality Monitoring. Das *Briefing* (im Sinne von Instruktionen) erstreckt sich von den Rohwaren- und Produktspezifikationen über Herstellungsanweisungen und Timing bis zu den Kosten. Das *Lieferantenaudit* (von latein. *audire*: hören) ist ein Instrument der Einkaufsabteilung, um vor der Beschaffung festzustellen, ob ein Lieferant eines Produktes überhaupt zur Lieferung eines Produktes mit spezifizierten Anforderungen in der Lage ist. Um Fehlerquellen vor der Aufnahme einer Produktion zu erkennen, wird der gesamte Prozeß einer *Risikoanalyse* (HACCP: Hazard Analysis Critical Control Point) unterworfen. Das *Quality Monitoring* stellt ein Dokumentationssystem bestimmter Prozesse und auch Analysenparameter dar.

Art der Proben

10 Proben von Lebensmitteln + 1 Bedarfsgegenstand/2000 Einwohner im Jahr

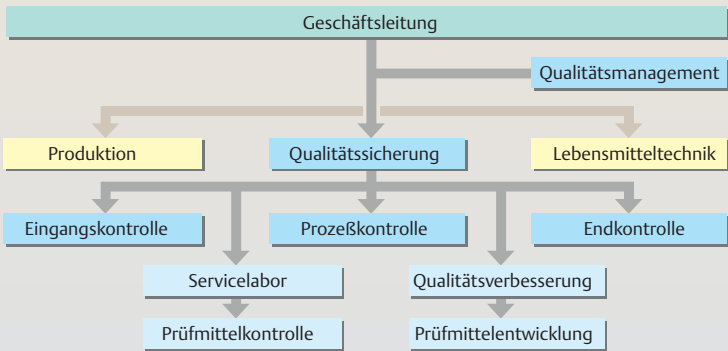
- Planprobe
- Verdachtsprobe
- Beschwerdeprobe
- Vergleichsprobe
- Gegenprobe
- Monitoring-Programme

Maßnahmen der Überwachung

- freiwillige Maßnahmen der Betroffenen
- Anordnungen
- Beschlagnahme, Sicherstellung
- Warnung und Information der Öffentlichkeit

A. Lebensmittelbeprobung und Maßnahmen der Überwachung

1. Organisation in großen Firmen (Qualität nach DIN ISO 8402)



2. Instrumente der Qualitätssicherung

- Qualitätspolitik, Briefing
- Lieferantenaudit, kontrollierte Erzeugung
- Risikoanalyse: HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point)
- Quality Monitoring: GLP-GMP („Good Laboratory Practice“ – „Good Manufacturing Practice“)
- Fertigwarenspezifikation
- Warenrückrufsystem

B. Industrielle Qualitätssicherung