

# 1 Lebensmittel und ihre Inhaltsstoffe

## 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.

### 1.1.1 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 Magnesium- und Calciumionen verbrückt sind. Die Grundstruktur der anschließenden **Primärwand** enthält neben Pektinen und Polyosen regellos verstreute Cellulose.

**A. Cellulose** Bedeutendes Biopolymer und wasserunlösliches Polysaccharid, ein isotaktisches  $\beta$ -(1,4)-Polyacetal der *Cellulose* (diese wiederum besteht aus zwei Molekülen Glucose). Ca. 500–5000 Glucoseeinheiten sind kettenförmig unverzweigt miteinander verknüpft. Die lineare Versteifung des Makromoleküls ist auf intramolekulare Wasserstoffbrücken zwischen den 3-Hydroxygruppen und den Ringsauerstoffatomen benachbarter Glucoseringe zurückzuführen. Die dadurch entstehenden parallelen Ketten lagern sich zu Mikrofibrillen zusammen. In verzweigten amorphen Regionen – Interzellularräume – können u. a. Pektine und Wasser eingelagert werden.

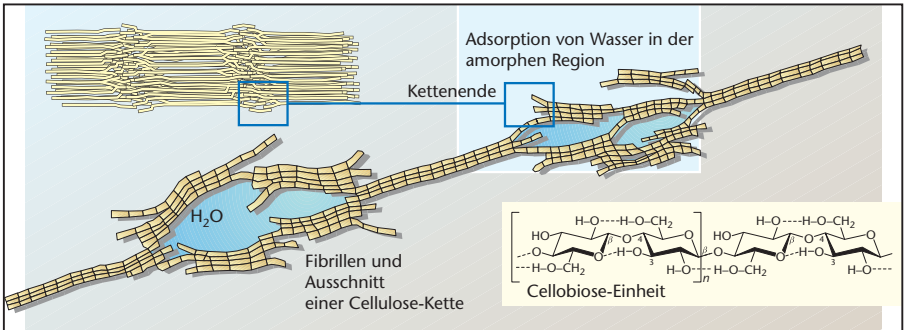
**B. Polyosen (früher: Hemicellulosen)** Verzweigte (amorphe), heterogene Polysaccharide, die vergesellschaftet mit Cellulose in Zellwänden von Gräsern, Getreiden und höheren Pflanzen vorkommen. In unterschiedlichen Anteilen finden sich als Monomere Hexosen (Galactose, Glucose, Mannose), Pentosen (Arabinose, Xylose)

sowie Uronsäuren (Galacturonsäure, Glucuronsäure). Die für die Zellwandstruktur wichtigsten Polyosen sind Xylane, Arabane, Mannane und Galactane. Xyloglucane sind in der Lage, sowohl Bindungen zur Oberfläche der Cellulosemikrofibrillen, als auch zu einem neutralen Pektinmolekül auszubilden. Quervernetzungen finden beispielsweise auch durch die Ferulasäure statt, die z. B. mit den Glucuronoarabinoxylanen Esterbindungen eingeht.

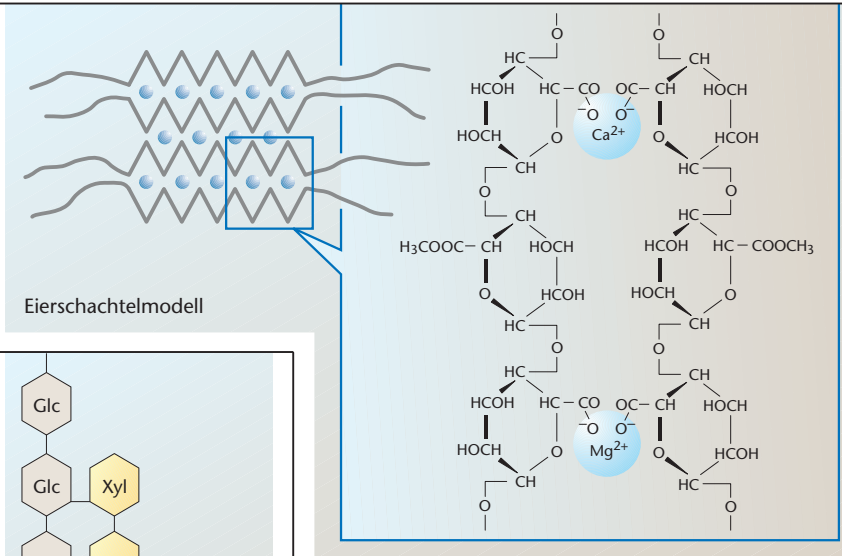
**C. Pektine** Sie bestehen im Wesentlichen aus Ketten von 1,4- $\alpha$ -glykosidisch verbundenen Galacturonsäureeinheiten, unterbrochen von L-Rhamnoseeinheiten, die in 1,2-Position miteinander verknüpft sind. Als weitere Nebenbestandteile finden sich in den schwach sauren Makromolekülen vor allem D-Galactose-, D-Xylose- und L-Arabinoseeinheiten. Die Carboxylgruppen können in unterschiedlichem Maße mit Methanol verestert sein. Das Enzym Pektinmethylesterase 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 Calcium und Magnesium leicht Salze und führen zu einer Verknüpfung der Makromoleküle. Die dadurch auftretende Verfestigung der faltblattartigen Strukturen, kann anhand des **Eierschachtelmodells** verdeutlicht werden. Dieses erklärt auch, dass Tomaten umso fester sind, je höher deren Gesamtpektin sowie ihr Calcium-/Magnesiumgehalt und je niedriger der Veresterungsgrad sind.

**D. Lignin und Extensin** Bei **Ligninen** handelt es sich um hochmolekulare, aromatische Abkömmlinge des Phenylpropane, 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 Celluloseschicht führen zur Verholzung.

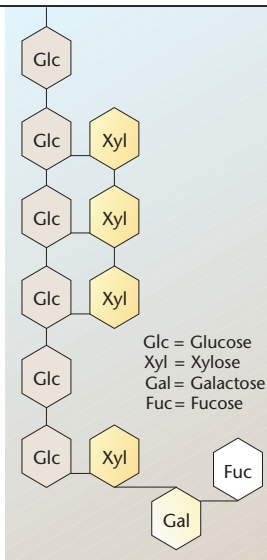
Das Glykoprotein **Extensin**, das – über Tyrosinbrücken vernetzt – unlöslich ist, kumuliert während der Reifungsphase von Früchten und trägt so zur Verfestigung der Zellwand bei.



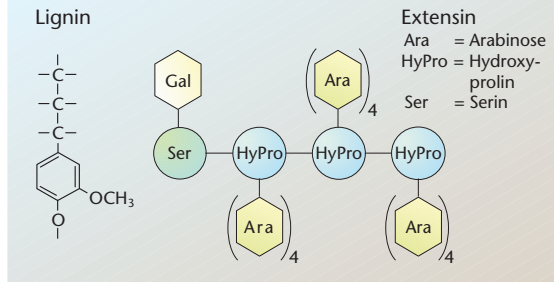
### A. Cellulose



### C. Pektine



### B. Polyosen



### D. Lignin und Extensin

### 1.1.2 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.

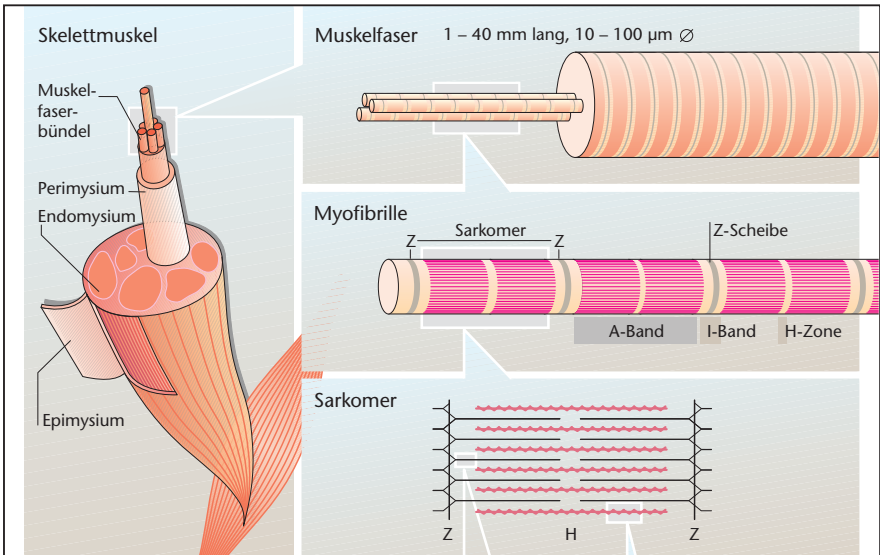
**E. Organisation der Skelettmuskulatur** Der Muskel besteht aus parallel angeordneten **Bündeln von Muskelfasern**, die von einer Bindegewebsschicht, dem *Perimysium*, ummantelt sind. Jede **Muskelfaser** stellt eine große mehrkernige, vom *Endomysium* umhüllte Muskelzelle dar, die in voller Länge von **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 Actinfilamenten*. 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 Actinfilamente verursacht. Als *H-Linie* bezeichnet man den aus dicken Myosinfilamenten bestehenden mittleren Teil der *A-Bande*, in dem sich dünne Actinfilamente 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 Proteingruppe werden auch als kontraktile Proteine bezeichnet. Dicke Myosinfilamente werden aus 200–250 gestaffelt angeordneten Myosinmolekülen gebildet. **Myosin** ist ein Hexamer, das aus zwei gleich schweren  $\alpha$ -helixartig umeinander gewundenen Peptidketten ( $M_r$  200 000 Da) und aus zwei Paaren leichteren Polypeptiden (mit je  $M_r$  16–20 kDa) besteht. Am Ende des 150 nm langen und 2 nm

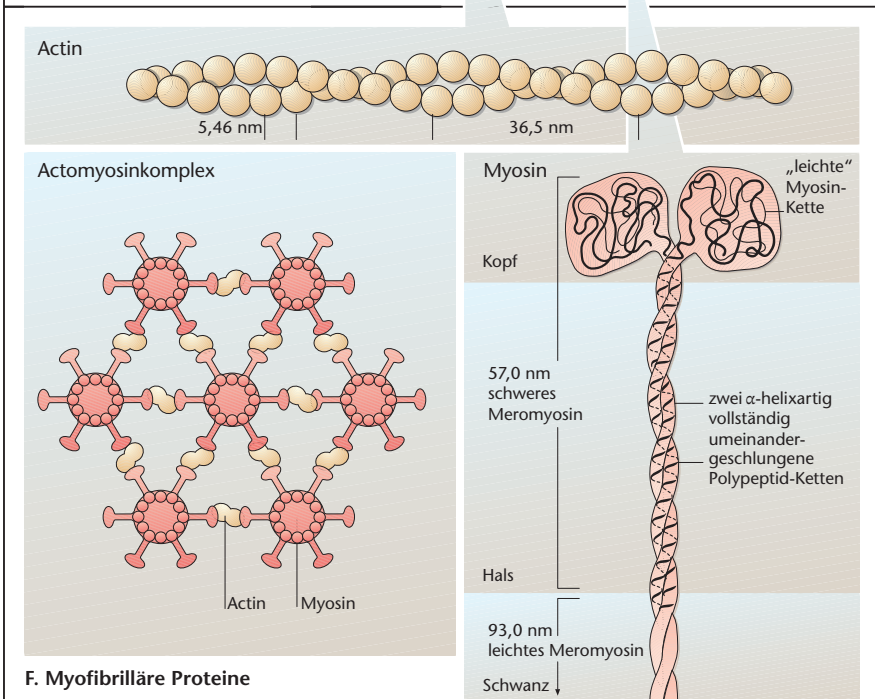
dünnen stäbchenförmigen Teils befinden sich zwei flexible, globuläre Köpfe. In diesen Köpfen liegt die Bindestelle für das Actin, mit dem das Myosin während der Muskelkontraktion zu dem temporären *Actomyosinkomplex* zusammentreten kann. Die funktionellen Eigenschaften des Myosins sind durch den hohen 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 Actinfilamente 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 Calciumionen je Molekül und die hohe Konzentration an sauren Aminosäuren. Tropomyosin setzt sich aus  $\alpha$ -helixartig umeinander gewundenen Ketten von  $\alpha$ - und  $\beta$ -Tropomyosin zusammen, die sich in Längsrichtung an das F-Actin anlagern und so etwa sieben Actin-Einheiten stabilisierend miteinander verbinden. Am Ende dieser Ketten ist das Troponin gebunden. Die Erregung und Erschlaffung des Muskels wird calciumionenabhängig von Troponin und Tropomyosin gesteuert. Über die erwähnten Beispiele myofibrillärer Proteine hinaus gehören auch  $\alpha$ -Actinin,  $\beta$ -Actinin, Myomesin, Kreatin-Kinase, Titin, Desmin, Filamin und Nebulin zu dieser Gruppe.

**Sarkoplasmaproteine:** Im Sarkoplasma (Zytoplasma 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.

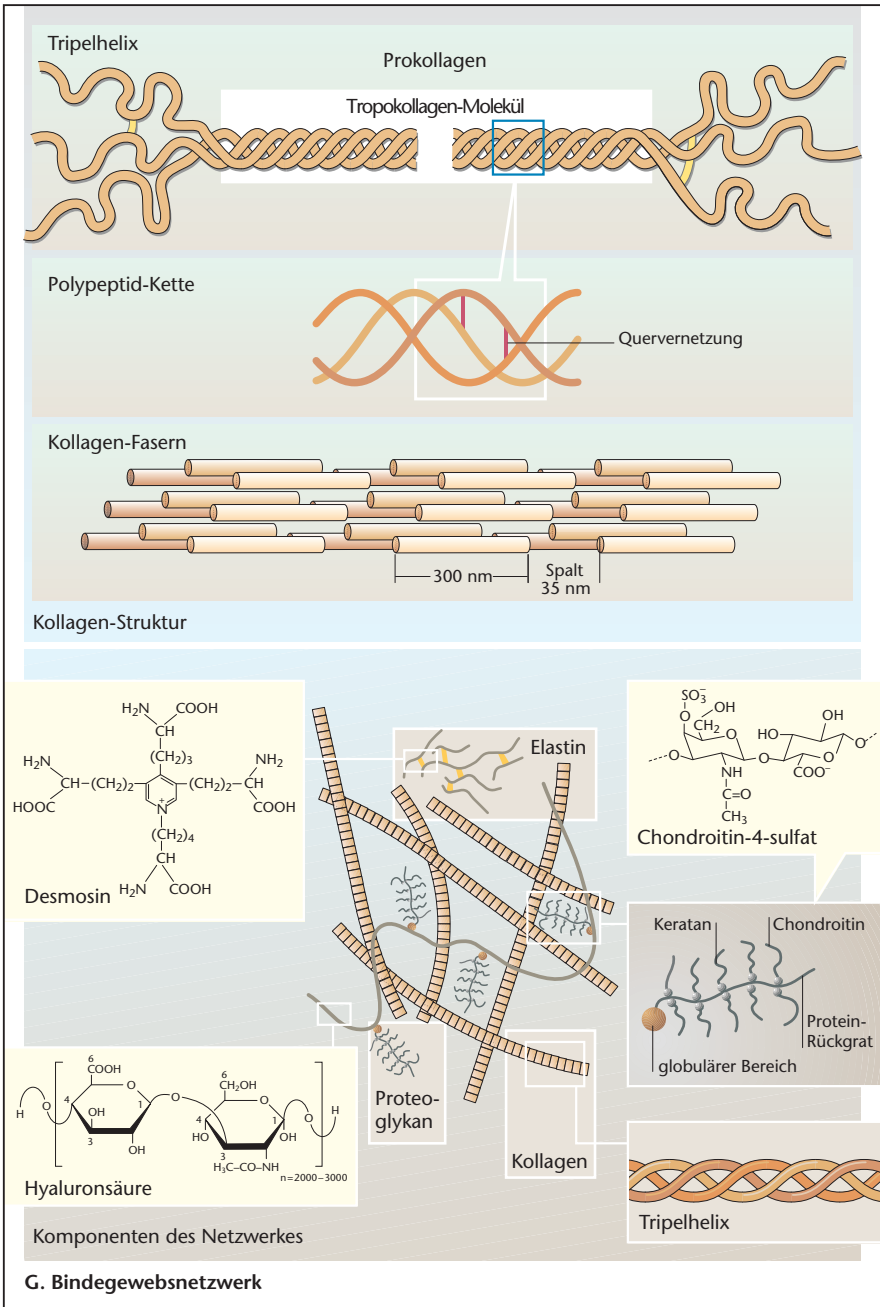
Beim Bindegewebe unterscheidet man im Wesentlichen zwischen *lockerem* (faserarmen) und *festem* (faserreichen) *Bindegewebe*. Lockeres Bindegewebe besteht zumeist aus einer farblosen, amorphen und quellbaren Masse aus Eiweißen, Mucopolysacchariden und eingelagerten Kollagenfasern. Straffes Bindegewebe zeichnet sich durch eine geflechtartige oder parallele Anordnung von Kollagenfasern 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 Bindegewebsschichten des Muskels spezifische Strukturen und Aminosäurezusammensetzungen 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 an 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 Peptidkettenenden entsteht aus Prokollagen- $\alpha$ -Ketten **Tropokollagen**. Dieses besteht aus drei Polypeptidketten, die sich in Form einer linksgängigen  $\alpha$ -Tripelhelix zusammenlagern. Ihre Starrheit erhalten die Helices durch ausgebildete Wasserstoffbrückenbindungen am sterisch begünstigten Glycin. Eine Polypeptidkette besteht aus jeweils 1000 Aminosäuren mit einer Gesamtmasse von 100 000 Da. Erst durch **Quervernetzungen** innerhalb und zwischen den Fasern des Tropokollagens 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 Kollagenfibrillen Hyaluronsäure und Proteoglykane eingelagert. Grundbaustein der **Hyaluronsäure**, das zur Gruppe der hochviskosen Mucopolysaccharide bzw. der Glykosaminoglykane gehört, ist ein Aminodisaccharid aus  $\beta$ -(1,3)-glykosidisch gebundener D-Glucuronsäure und N-Acetyl-D-glucosamin. Die **Proteoglykane** bestehen aus einem Proteingerüst und Polysaccharidketten aus (1,4)-verknüpften Disaccharideinheiten, die denen der Hyaluronsäure ähneln.

Über eine Uronsäure sind sie in einer  $\beta$ -(1,3)-Bindung mit Glykosaminoglykanen wie *Chondroitinsulfat* und *Keratan(sulfat)* verknüpft. Chondroitinsulfat weist einen globulären Kopf und einen Proteinstrang mit hohem  $\alpha$ -Helixanteil auf. Keratan(sulfate) (M<sub>r</sub> 4–19 kDa) bilden in Knorpel und Knochen zusammen mit den Kollagenen die Proteoglykane aus sich wiederholenden Disaccharideinheiten von D-Galactose, die an 6-O-sulfoniertes N-Acetyl-D-Glucosamin  $\beta$ -(1,4)-glykosidisch gebunden sind. Proteoglykane bilden zusammen mit der Hyaluronsäure hochmolekulare Aggregate, bei denen die Polysaccharidketten 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 Sulfatgruppen 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 Muskeleiweißes). Wesensbestimmend für das Elastin sind die Aminosäuren Desmosin, die vier Lysinketten enthält, und Isodesmosin, die für die Quervernetzung zwischen den Polypeptidketten sorgen. Seine Elastizität und Zugfestigkeit verdankt das Elastin eben diesen Vernetzungen.



### 1.1.3 Strukturen im Mehl

#### H. Wechselwirkungen zwischen Mehlinhaltsstoffen

Das Hauptkohlenhydrat des Getreides ist die Stärke, die zu 70–80 % aus Amylopektin und zu 20–30 % 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 Klebergerüst aufbauen. Die für die Teigkonsistenz wichtigsten Getreidelipide 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 durch die Einwirkung mechanischer Energie (Kneten, Schlagen, Rühren) gebildet wird.

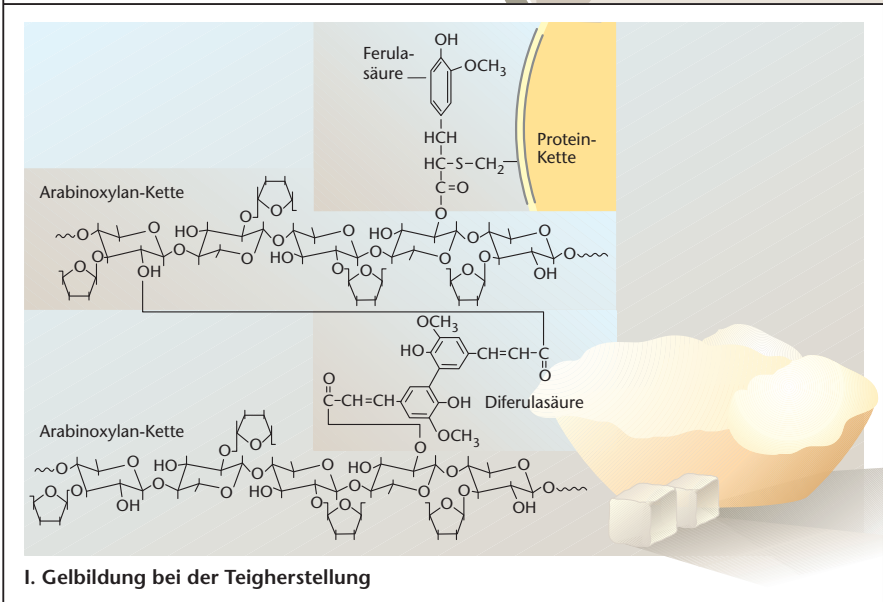
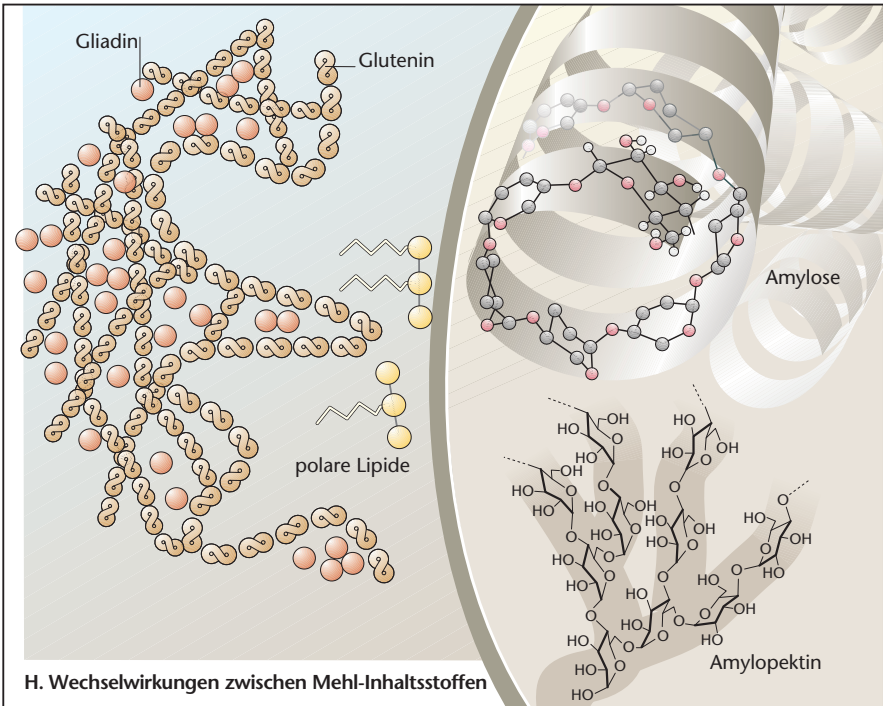
Das Entstehen eines viskoelastischen Teiges ist auf die Ausbildung eines Klebergerüsts zurückzuführen, das durch das Anteigen von Weizenmehl mit Wasser unter Auswaschung der Stärke und anderer wasserlöslicher Anteile entsteht. Diese kohäsive Masse setzt sich zu 90 % aus Gliadin und Glutenin, zu 8 % aus 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 **Gluteninkomponenten** gebunden werden. Zwischen den polaren Teilen der Mono- und Diglyceride und denen des Glutenins bestehen elektrostatische Wechselwirkungen, während sich die unpolaren Kohlenwasserstoffketten der Glyceride zu den lipophilen Teilen des Glutenins orientieren. Mehleigene 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 Teiglockerung 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 Kleberproteinen erfolgt über den hydrophoben Teil, gleichzeitig werden über die OH-Gruppen des Disaccharids Wasserstoffbrücken 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 Kleberstruktur eingebauten Galactosyldiglycerids verdrängen. Erst mit höheren Lecithinmengen 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 (Pentosane), sind bis 3 % im Weizen- und bis zu 8 % im Roggenmehl enthalten. Im Weizenmehl finden sich vorwiegend unlösliche lineare Arabinoxylane (mit Protein-Teil). Die Pentosanketten werden durch eine phenolische Oxidation über Ferulasäure und Diferulasäure mit Proteinketten vernetzt, wodurch die Gelierbarkeit und die Viskosität gesteigert werden. Die unlöslichen Arabinoxylane können das 7–10-Fache ihres Gewichts an Wasser anlagern. Sie beeinflussen dadurch günstig die Saftigkeit des Gebäcks.

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



### 1.1.4 Disperse Systeme

Bei Dispersionen (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 (dispergierte Phase, Dispersens) bilden ein **disperses System**. Beispiele hierfür sind Emulsionen, Schäume und Suspensionen.

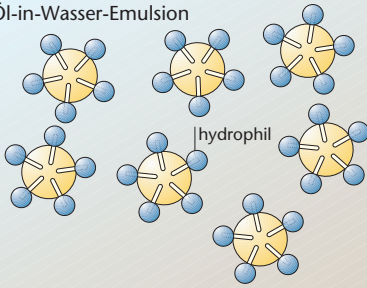
**J. Emulsionen** Sind sowohl äußere als auch innere Phase eine Flüssigkeit, so handelt es sich um eine Emulsion (Beispiel: aufgeschlagene Soßen wie Sauce hollandaise, Mayonnaise, Salatdressing, Speiseeis, Eigelb). Ist das Dispersionsmittel bei Raumtemperatur ein Feststoff, so liegt eine *feste Emulsion* vor, wie z.B. bei Butter oder Schokolade. Das Erscheinungsbild von Emulsionen wird durch den Tröpfchendurchmesser des Dispersens bestimmt; liegt dieser unter  $5\text{ }\mu\text{m}$  bzw. unter der Wellenlänge des Lichtes, erscheinen die Emulsionen transparent (Soßen 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 zurück-

zuführen. Wasserlösliche Emulgatoren können in die Wasserphase eindringen und die Öltröpfchen mit einer hydrophilen Hülle umschließen. Lipophile Emulgatoren (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.

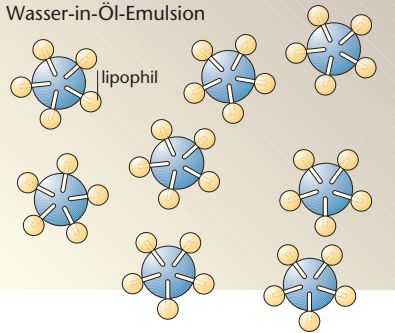
**K. Schäume** Ein disperses System aus einem flüssigen oder festen Dispergiermittel, in dem ein Gas als Dispersens vorliegt, wird als Schaum bezeichnet. Man unterscheidet zwischen *niedrigviskosen Schäumen* (Schlagsahne, Biskuit) und *hochviskosen (Fett-) Schäumen* (Teig, Parfaits). Die äußere wässrige 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 Proteinketten werden durch intermolekulare Kräfte vernetzt (Kapillarkraft  $P_K$ , Fließkraft  $P_G$ , Grenzflächenspannung  $P_\sigma$ ). 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.

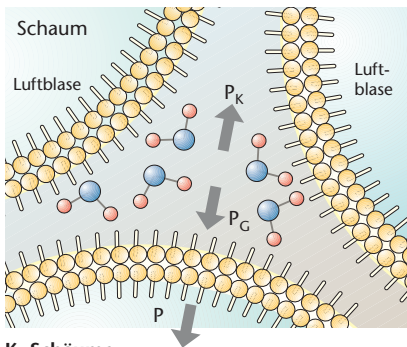
Öl-in-Wasser-Emulsion



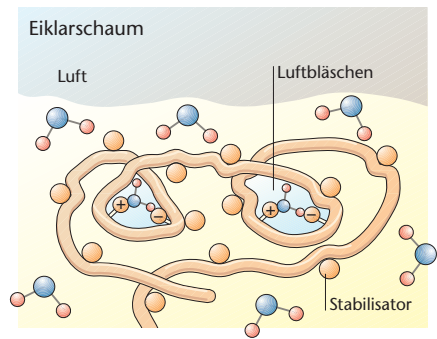
Wasser-in-Öl-Emulsion

**J. Emulsionen**

Schaum



Eiklarschaum

**K. Schäume**

hochmolekulare Stoffe:

Addukte  
Zellbruchstücke  
Zellen

**L. Suspensionen**



### 1.1.5 Lebensmittelchemische Beispiele für disperse Systeme

**M. Modelle von Caseinmizellen** Die wichtigsten Milchproteine sind die Casein- und die Molkenproteine. Eine funktionelle Bedeutung kommt vor allem den  $\alpha$ - und  $\kappa$ -Caseinen sowie den Molkeproteinen  $\alpha$ -Lactalbumin und  $\beta$ -Lactoglobulin zu. Durch Ausfällen der Caseine an ihrem isoelektrischen Punkt (pH 4,6) können die beiden Proteingruppen getrennt werden.

Zur Gruppe der **Caseine** gehören  $\alpha_{s1}$ -,  $\alpha_{s2}$ -,  $\beta$ - und  $\kappa$ -Casein, die sich in ihrem Aufbau und der daraus resultierenden elektrophoretischen Beweglichkeit unterscheiden. Gemeinsam ist ihnen eine geringe Löslichkeit und ein bemerkenswert hoher Gehalt der Aminosäure Prolin (etwa 12 %; s. 2.2) sowie an Phosphor (0,85 %), der als Phosphatgruppe mit der Hydroxygruppe der Aminosäure Serin verestert ist. Über die Phosphorylreste können z. B. mit Calcium stabile intra- und intermolekulare Bindungen bei den  $\alpha$ - und  $\beta$ -Caseinen aufgebaut werden. Calciumphosphatverbrückungen können durch Aggregatbildung zur Ausfällung dieser Caseine führen.

Die Aminosäurenketten der Caseine liegt offen und damit variabel vor, da der hohe Prolinanteil die Ausbildung einer globulären Struktur verhindert. Caseine, die sehr hitzestabil sind, bilden in der Milch Mizellen als Aggregationen von Submizellen. Im Gegensatz zu anderen Proteinen fallen die der Milch beim Aufkochen nicht aus. Das  $\kappa$ -Casein, mit nur einem Phosphoserinrest, verfügt über einen emulgatorartigen Aufbau (s. 2.2) und ist so in der Lage, die Funktion eines Schutzkolloids zu übernehmen und die Caseinmizelle zu stabilisieren: Es ist an der Oberfläche der Caseinmizelle lokalisiert und befindet sich zwischen den hydrophoberen  $\alpha$ - und  $\beta$ -Caseinen und dem Wasser der Milch. Wird das  $\kappa$ -Casein durch das Enzym Lab gespalten und verliert seine Schutzkolloidfunktion, wird aus dem Sol ein Gel. Verschiedene Modelle sind zur Erklärung der Fähigkeit des  $\kappa$ -Caseins, die 10-fache Menge an  $\alpha_{s2}$ - und  $\beta$ -Casein bei Anwesenheit von Calciumionen in Lösung zu halten, entwickelt worden.

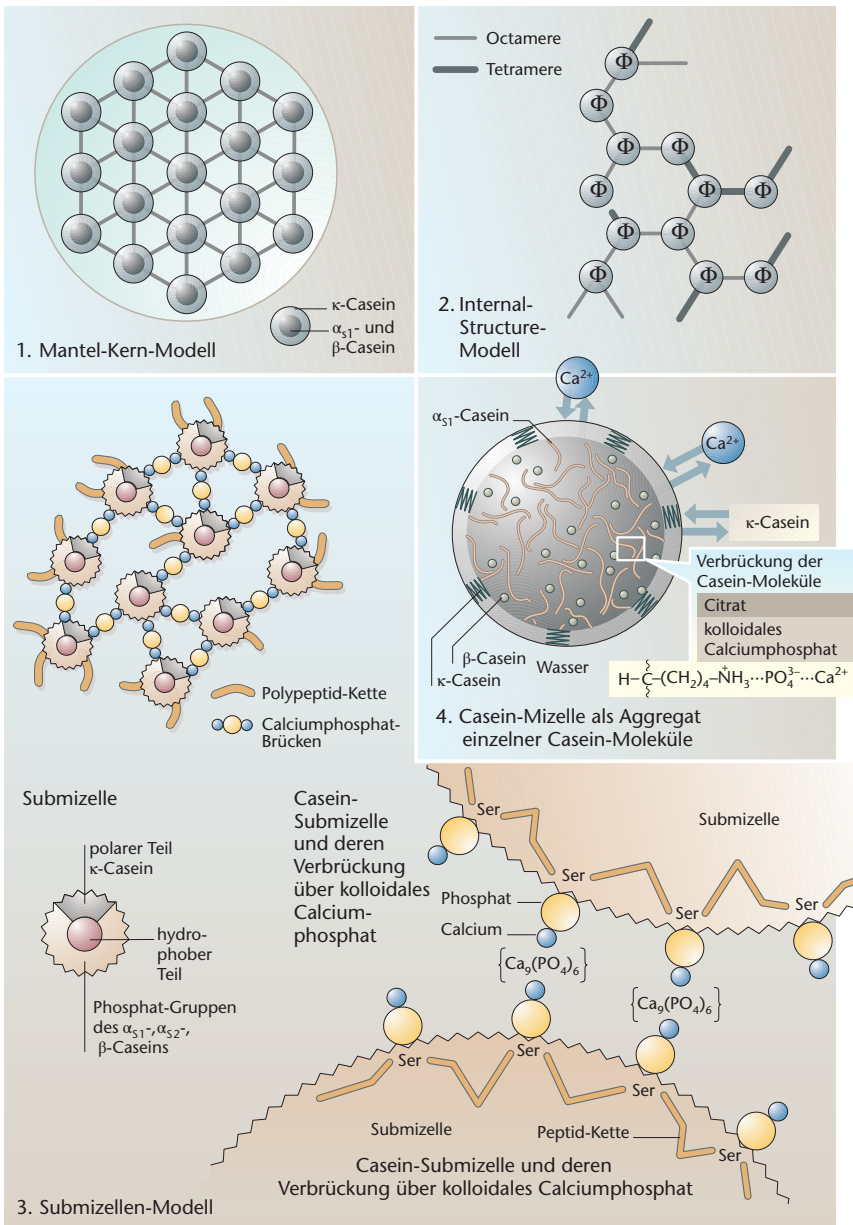
**1. Mantel-Kern-Modell:** Rosettenartig angeordnete  $\alpha_{s1}$ - und  $\beta$ -Caseine bilden die Kerne, die durch Calciumionen und kolloidales Calcium-

phosphat verbrückt werden. Das  $\kappa$ -Casein umhüllt diese Untereinheiten wie ein Mantel.

**2. Internal-Structure-Modell:** Hier wird eine Caseinmizelle als fädiges Netzwerk dargestellt, wobei  $\kappa$ -Casein Knoten bildet, die miteinander verbrückt sind. In die Knoten sind  $\alpha_{s1}$ - und  $\beta$ -Caseine in Gruppen zu vier (Tetramere) oder acht Molekülen (Octamere) eingelagert.

**3. Submizellenmodell:** Nach diesem Modell bestehen Caseinmizellen der Kuhmilch aus 20 000–150 000 Caseinmonomeren. Sie beinhalten sowohl den größten Teil der gesamten Milchproteine als auch des Calcium- und Phosphatgehalts der Milch. Die Caseinmizellen bestehen aus kleineren Aggregaten, die als Submizellen bezeichnet werden. Das Verhältnis der Caseine zueinander beträgt  $\alpha_{s1} : \beta : \kappa : \alpha_{s2} = 8 : 8 : 3 : 2$ .  $\kappa$ -Casein kommt nur in Oligomeren vor, so dass man von zwei verschiedenen Typen von Submizellen ausgeht, von denen nur eine über  $\kappa$ -Casein verfügt. Die Mizellenoberfläche ist von  $\kappa$ -caseinhaltigen Submizellen besetzt, die hier als Schutzkolloid wirken. Ist die gesamte Oberfläche einer Mizelle von  $\kappa$ -Caseinmizellen besetzt, so ist auch deren Wachstum beendet. In der schematischen Darstellung einer Caseinmizelle ist der hydrophobe Kern aus  $\alpha_{s1}$ - und  $\beta$ -Caseinen mit deren Phosphatgruppen und der hydrophile Teil des  $\kappa$ -Caseins zu erkennen. Man geht davon aus, dass dieser hydrophile Teil mit seinen Saccharidresten wie ein flexibles Haar, mehr oder weniger wahllos aufgewickelt, in die Umgebung hineinragt. Die Verbrückung erfolgt durch kolloidales Calciumphosphat zwischen den Serinresten der Peptidketten. Organisches Phosphat ist vorwiegend mit den Serinresten der Caseine verestert. Ungefähr die Hälfte des Calcium-Gehalts findet sich als strukturbildendes Calcium in diesen Phosphatester-Gruppen. Das anorganische, kolloidale Octacalciumphosphat  $\text{Ca}_9(\text{PO}_4)_6$  verbindet die Submizellen über die veresterten Phosphatgruppen durch Cluster.

**4. Caseinmizelle als Aggregat einzelner Caseinmoleküle:** Ein neueres Modell (Visser 1992, in Terres 1995) sieht statt der Submizellen einzelne  $\alpha_{s1}$ - und  $\beta$ -Caseinmoleküle als Mizellenuntereinheiten. Diese Caseinmoleküle sind dabei zufällig über die Mizelle verteilt, wobei das  $\kappa$ -Casein vorwiegend auf der Oberfläche lokalisiert ist.



M. Modelle von Casein-Mizellen

### 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 (Eidotterpartikel 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 Verkettung 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 Salzionen werden die Oberflächenladungen der Proteine abgesättigt und so die Abstoßung der Proteinketten durch das Öl verringert.

### O. Eigelb

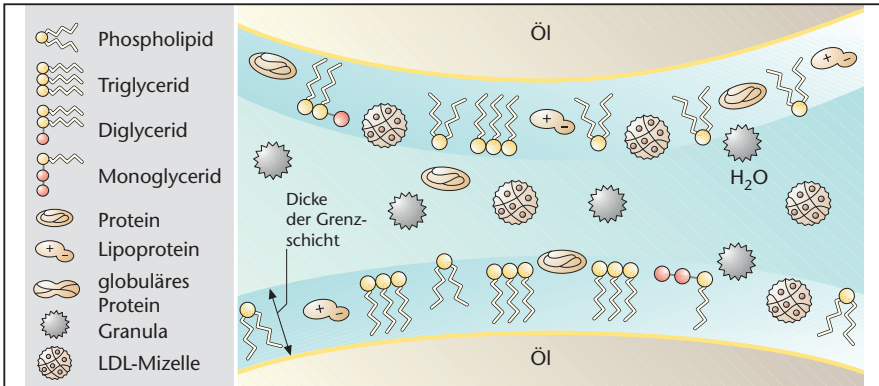
**1. Native Lipoproteine:** Eigelb besteht aus 48,7 % Wasser, 16,6 % Eiweiß und 32,6 % Fett, das überwiegend an Proteine gebunden ist. Natives Lipoprotein enthält Triglyceride und Phospholipide, die beim Erhitzen und Denaturieren freigesetzt werden. 75 % dieser Phospholipide sind Lecithine. Das Eigelb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

**2. Membran einer Eigelbmizelle:** Die Dottertröpfchen des Eigelbs (O/W-Emulsion) ähneln einer Mizelle, deren Kern aus Lipiden von einer Membran aus *Low-Density-Lipoproteinen* (LDL,  $M_r \cdot 3 \cdot 10^6$ ) 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.

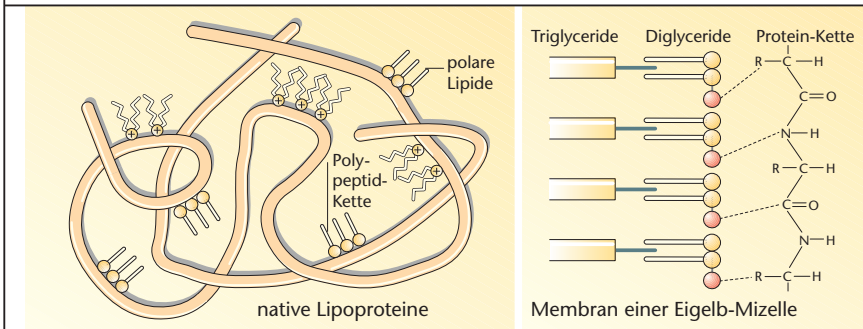
**P. Schlagsahnepolyederschaum** Schlagsahne (Schlagrahm) muss mindestens 30 % Fett enthalten, um die erforderliche Standfestigkeit zu erreichen. Bei der Herstellung wird Rohmilch in einem Separator bei 60 °C in Magermilch und Rahm schonend, d. h. ohne Schädigung der Fettkügelchenhüllen, getrennt. Proteine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

an die sich Fettpartikel anlagern, wodurch ein System von Lamellen 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.

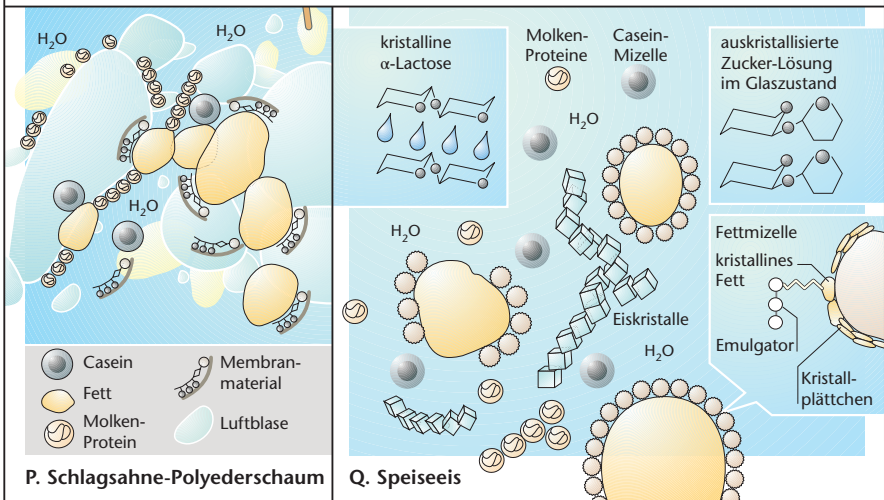
**Q. Speiseeis** Speiseeis ist ein disperses Mischphasensystem. Die wässrige Phase besteht aus einer wässrigen Zucker-/Salzlösung. In der zweiten Phase sind zugesetzte Hydrokolloide und Milchproteine kolloidal gelöst. Die Suspension enthält flüssige Fetttropfchen mit kristallinem Anteil sowie Eiskristalle und Kryohydrate ( $\alpha$ -Lactose in glasähnlichem Zustand), gleichzeitig sind Luftblasen inkorporiert und Fetttropfchen 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 Caseinmizellen. Gleichzeitig findet eine Kristallisation des Milchfetts 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 Fettaggregate, 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

### 1.2.1 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 **Aromastoffbiosynthese** 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 Aromastoffvorstufen wie Alkoholen, Säuren, Estern, bzw. methylverzweigten Alkoholen, Säuren und Carbonylverbindungen 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, Jononderivate und Terpene verantwortlich.

Neben den gebildeten Aromastoffen tragen auch **Geschmacksstoffveränderungen** wie z. B. Säureabnahmen bzw. Zuckerzunahmen 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 Stärkegehalt, nimmt aber dann bis zur Ernte bis auf geringe Restmengen ab. Nach der Ernte verschwindet auch diese Restmenge, wohingegen der Zuckergehalt zunimmt.

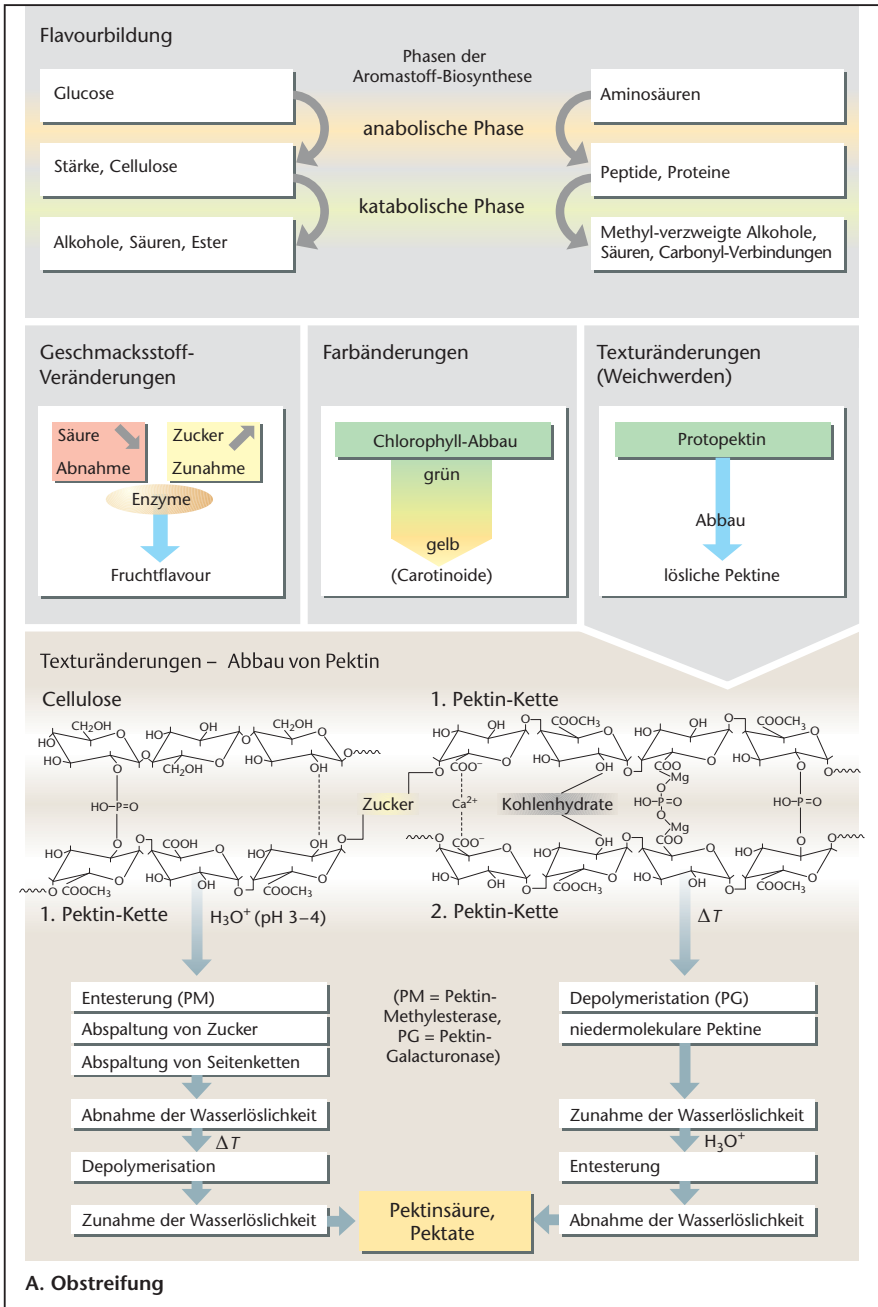
**Farbänderungen** während der Reifung sind durch den Zerfall des blaugrünen bzw. gelbgrünen Blattfarbstoffes Chlorophyll, vor allem durch die Abspaltung des Magnesiums aus dem Komplex zu erklären. Es bilden sich zunächst olivgrüne bis braune Phäophytine. Durch

Abspaltung des Phytols aus dem Chlorophyllmolekül (durch Chlorophyllasen) werden die sonst verdeckten gelben Carotinoide (Polyen-kohlenwasserstoffe) 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 pektinspaltenden Enzyme *Pektin-Methylesterase* und *-Polygalacturonase* bewirkt. Eine Depolymerisation durch die Polygalacturonase zu niedermolekularen Pektinen erfolgt durch die Aufspaltung der glykosidischen Bindungen zwischen den Galacturonsäuremolekülen. Pektin-Methylesterasen (werden beim Blanchierprozess bei 50 °C aktiviert; s. 1.1 C) spalten die Methyl- und die Carboxylgruppen voneinander. An die freigesetzten Carboxylgruppen können Calciumionen 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 Calciumsalzen aus nativem Pektin, die als *Pektinate* bezeichnet werden. Hochveresterte Pektine werden durch das Enzym in niederveresterte 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 Gelieeigenschaften: Die niedrigveresterten Pektine benötigen zur Gelbildung wieder Calciumionen, welche mit den Carboxyl- und der Hydroxygruppen der Galacturonsäurebausteine, die durch Axial-axial-Bindungen verknüpft sind, Kettenassoziate bilden können.





**B. Fleischreifung** Einige Stunden nach der Schlachtung eines Tieres tritt die Totenstarre, der *Rigor Mortis*, ein. Mit der Unterbrechung des Blutkreislaufes endet auch die Sauerstoffversorgung des Muskels. Unter diesen Bedingungen ist die einzige Möglichkeit der ATP-Gewinnung der Abbau des *Glykogens* (ein aus D-Glucoseeinheiten aufgebautes Reservepolysaccharid) 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 Glykogenvorrat, dem pH-Wert und der Temperatur abhängt. Ist der Glykogenvorrat verbraucht, kann kein weiteres ATP gebildet werden. Da aber energieverbrauchende enzymatische Prozesse weiterlaufen, kommt es zur Gehaltsabnahme an energiereichen Phosphatverbindungen (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 Calciumionenkonzentration im Sarkoplasma. Die ATP-abhängigen „Calciumpumpen“, die Calciumionen in das endoplasmatische Retikulum fördern, stellen ihre Funktion ein. Die Kontraktion der Actin- und Myosinfilamente soll auch auf diesen Effekt mit zurückzuführen sein.

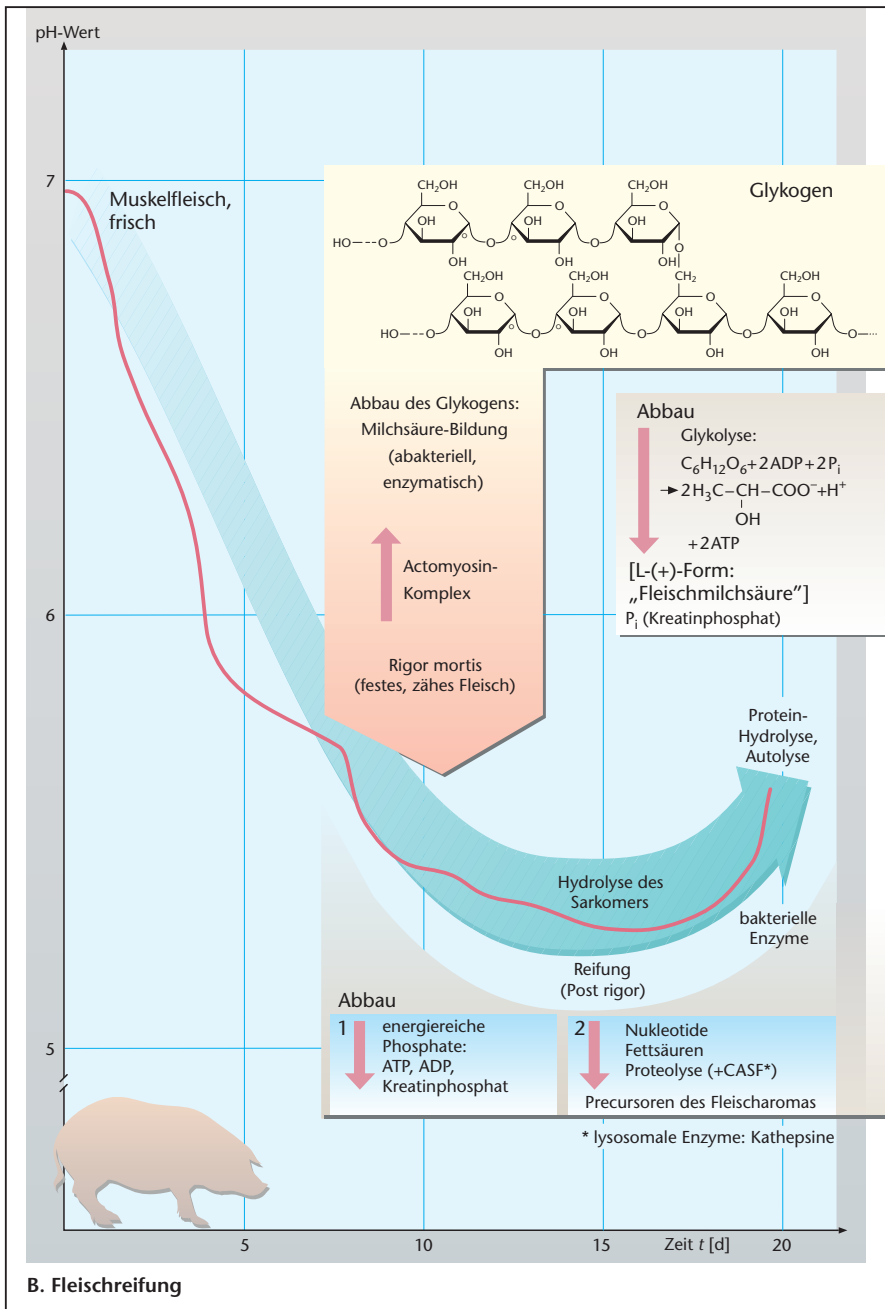
Das Ausmaß der Verkürzung der Sarkomeren, d. h. des Abstandes zwischen den Z-Linien bestimmt die Zähigkeit und auch den Tropfsaftverlust des Fleisches. Brechen die Myofibrillen in der Umgebung der Z-Linien auf, so gewinnt das Fleisch an Zartheit (Folge des *Abhängens*); gleichzeitig erfolgt ein starker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

In der eigentlichen *Reifungsphase*, in der sich eine zarte Konsistenz und vor allem Aromastoffe entwickeln, finden proteolytische (eiweißabbauende) Vorgänge statt. In deren Folge tritt eine Reihe von morphologischen Veränderungen auf. Durch die Umbildung bzw. Zerstörung der Proteinstruktur der Z-Linien wird die Verankerung der Actinfilamente (s. 1.1 F) gelockert. Ebenso kommt es durch Proteinabbau zu einer Lockerung der Vernetzung von benachbarten Myofibrillen. Die während der Totenstarre ver-

kürzten 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 Calciumionen 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 Nukleotiden 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 Proteinabbau mit pH-Erhöhung durch bakterielle Enzyme erfolgen.

Die Lockerung der Actinfilamente 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 Kaliumionen des Sarkoplasmas von den kontraktilen Proteinen absorbiert und durch Calciumionen ausgetauscht werden können, erhöht sich die Netto-ladung 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 wässrig, von blasser Farbe und geringem Wasserbindungsvermögen. Der niedrige pH-Wert (bei hoher Gewebetemperatur) führt zu einer Abscheidung denaturierter Sarkoplasmaproteine 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 min post mortem noch hohe pH-Werte und niedrige Lactatkonzentrationen vorliegen.



### 1.2.2 Verarbeitung von Lebensmitteln

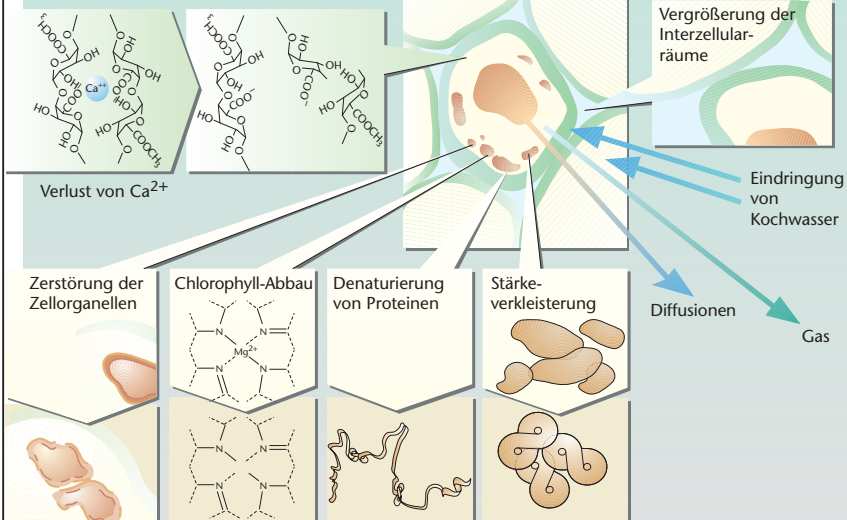
Bei der Verarbeitung von Lebensmitteln kann grundsätzlich zwischen der Zubereitung zur Erzielung der Genussstauglichkeit und der konservierenden Behandlung unterschieden werden. Je nach Bearbeitungsart treten dabei spezifische Veränderungen der Mikrostrukturen im pflanzlichen oder tierischen Gewebe auf.

**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*.

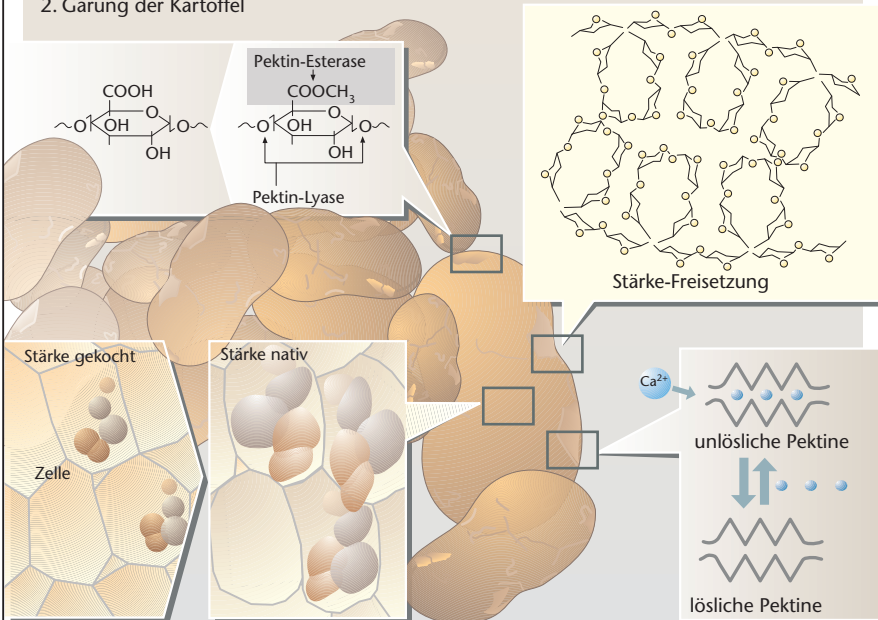
**1. Garen von Gemüse:** Um die Verluste an Nährstoffen möglichst gering zu halten und auch den charakteristischen Geschmack von Gemüse erhalten zu können, soll Gemüse nur für kurze Zeit bei möglichst geringer Hitze gegart werden. Bei dieser Zubereitungsart entstehen auch charakteristische Aromastoffe. 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 Calciumionen aus der Mittellamelle, 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. Weiterhin kann infolge dieser Veränderungen Kochwasser in das Gewebe eindringen. Der Verlust des Magnesiumzentralatoms 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 Pektinabbaus durch Pektinesterasen, die oberhalb von 50 °C aktiviert werden. Die Pektinlyase spaltet nach einem Endo-Mechanismus. Bei Temperaturen um 70 °C wird das unlösliche Protopektin (Ca-Pektat) unter Verlust der Calciumionen in lösliches Pektin umgewandelt (s. 1.1 C) und löst sich so aus der Zellwandstruktur der Mittellamelle. Hierdurch erklärt sich die Abhängigkeit der Garzeit vom pH-Wert, der die Enzymaktivität beeinflusst, und dem Zusatz von NaCl (Kochsalz). Durch den Zusatz von einwertigen Natriumionen 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 Stärkeverkleisterung (s. 5.5), die zu einer Druckerhöhung auf die Zellwand führt, erklären. Bedingt durch die bei 1–3 % 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 Stärkemenge, 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.

## 1. Garen von Gemüse



## 2. Garung der Kartoffel



## C. Garen

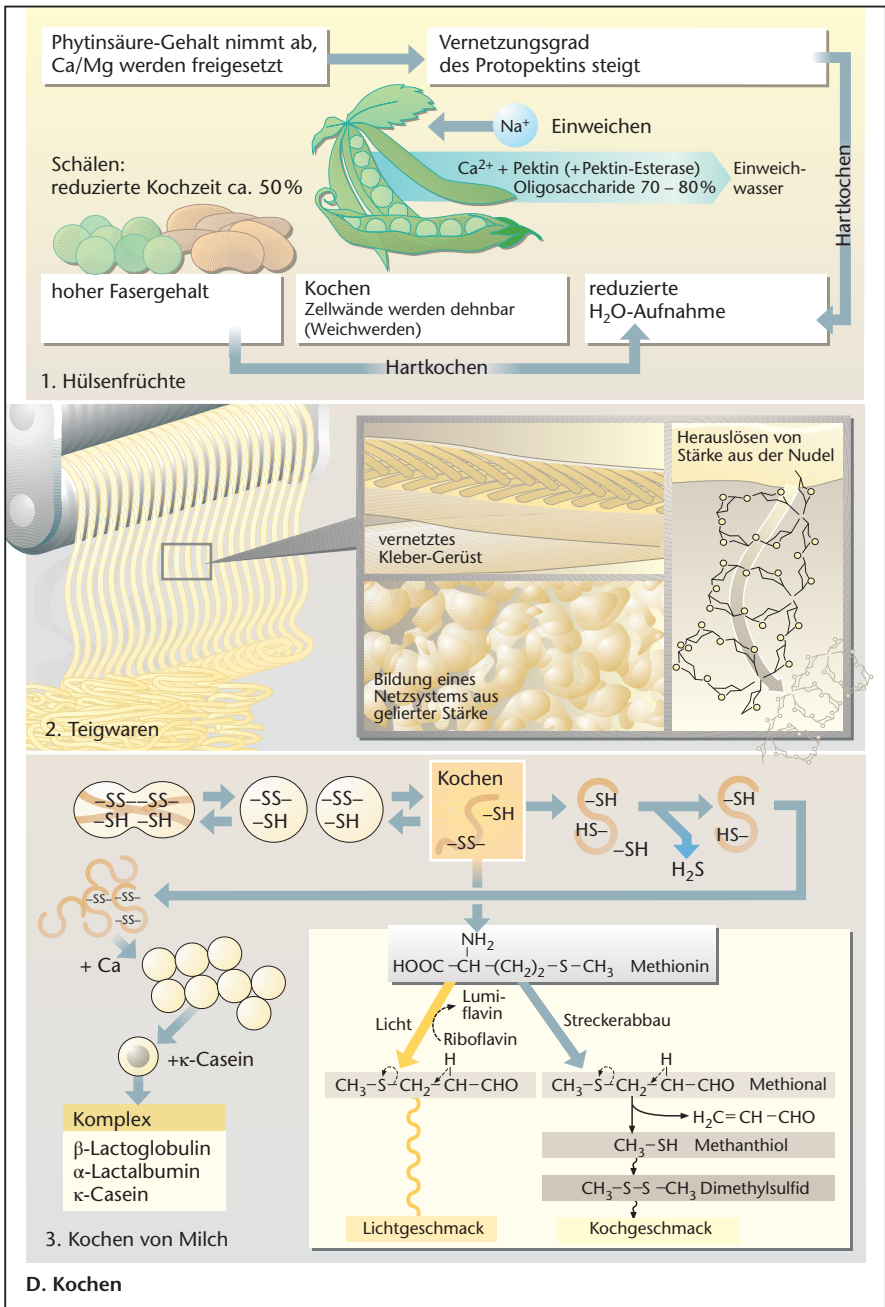
**D. Kochen** Kochen ist ein Garen in viel Flüssigkeit, wobei das Gargut ganz oder größtenteils bedeckt ist.

**1. Hülsenfrüchte:** Hülsenfrüchte benötigen für das Garwerden eine relativ lange Kochzeit. Diese ist vom Gehalt an Pektinen, Phytin und Calcium- und Magnesiumionen abhängig: Hohe Pektin- und Mineralstoffmengen bzw. ein geringer Phytin Gehalt (Komplexbildner für Calcium- und Magnesiumionen) 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 Pektinabbaus dehnbar. Proteine (z. B. Enzyminhibitoren) denaturieren und toxische Inhaltsstoffe wie cyanogene Glykoside oder Lecithine (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 Magnesiumionen an die Carboxylgruppen 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 Pektinesterase 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. Während der Extrusion (Stangenpressung) bildet sich ein

unlösliches Netzwerk aus Proteinen, durch das die bei der Teigherstellung verkleisterte Stärke eingeschlossen wird. Dieses vernetzte Klebergerüst, 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-/Gliadengehalt ist daher Voraussetzung für eine gute Kochstabilität. Da die Verkleisterungstemperatur bei großen Stärkekörnern sehr hoch liegt, verbessert sich die Kochstabilität bei kleinen Stärkekörnern, 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  $\beta$ -Lactoglobulins auf. Die so freigelegten SH-Gruppen können (unter Freisetzung von  $H_2S$ ) über Disulfidbrücken 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  $\alpha$ -Lactalbumin,  $\beta$ -Lactoglobulin und Casein bildet, der das thermisch labilere  $\beta$ -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 Ameisensäure aus Lactose zurückzuführen ist. Daneben führt auch die Ausfällung von Phosphat unter Freisetzung von  $H^+$ -Ionen, sowie die Herauslösung organischen Phosphors aus den Caseinmizellen 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. 1.2.2.1), 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 200–120 °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:

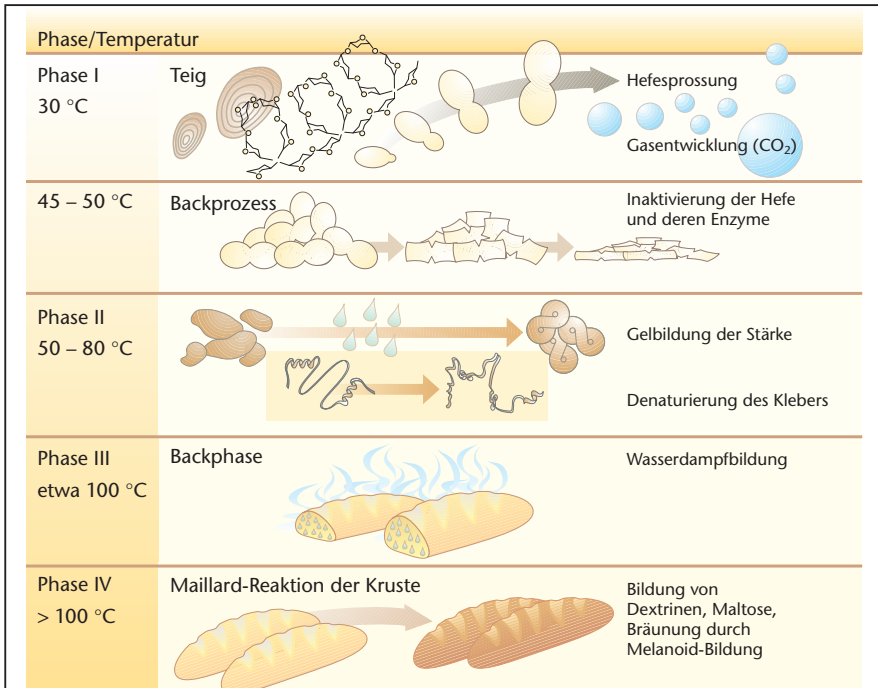
*Phase I:* In der enzymatischen Phase bilden Hefen und Milchsäurebakterien bei Temperaturen um 30 °C Kohlenstoffdioxid. Ab 50 °C beginnt das Absterben der Hefen und bei 55–60 °C eine Verkleisterung der Stärke, wobei das erforderliche Wasser beim Weizenmehl von den Kleberproteinen, beim Roggenmehl durch Pentosane (s. 2.1) zur Verfügung gestellt wird. Durch die amyloseabbauenden Enzyme (s. 2.1), 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 Disulfidbrücken 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.

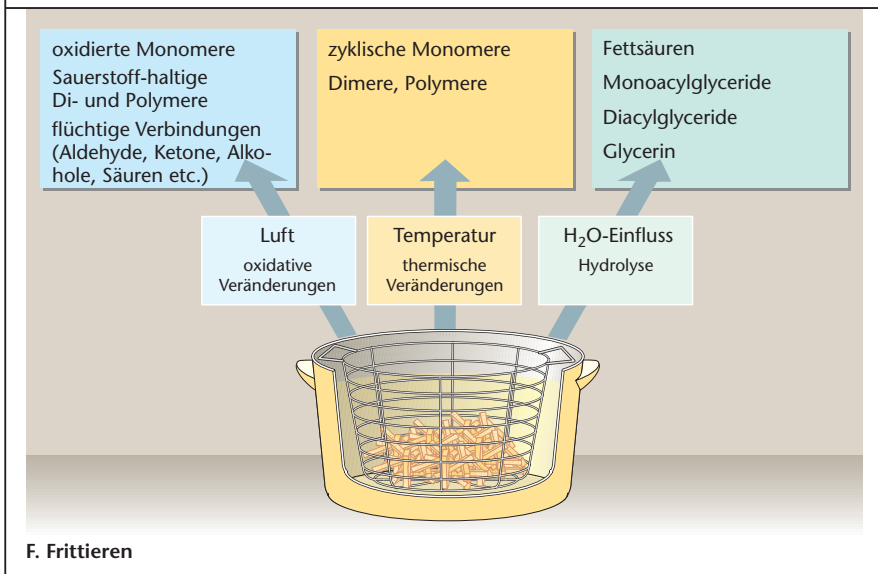
*Phase III:* In der Verdampfungsphase des Wassers – der eigentlichen Backphase – führt die Schwadenerzeugung dazu, dass die Kruste flexibel und der Wärmetransport in das Innere des Brotes aufrechterhalten bleiben.

*Phase IV:* Über 100 °C tritt die nicht enzymatische 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. Karamellisierungen laufen zwischen Zuckern bei etwa 140–150 °C ab.

**F. Frittieren** Beim Frittieren erfolgt die Wärmeübertragung auf das Lebensmittel durch das Medium Fett (s. 5.6). Die hierbei auftretenden Temperaturen von 160–180 °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 Sauerstoffgehalt dimerisieren Konjuene (ungesättigte Fettsäuren mit konjugierter Doppelbindung) über eine Cycloaddition zu *Diels-Alder-Produkten*. Aus Alkylradikalen entstehen zyklische Dimere, die bei Anwesenheit von Sauerstoff über Ether- und Peroxidgruppen verbrückt sind und weitere sauerstoffhaltige 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 Abbaureaktionen im Fett. Ist ihre Konzentration sehr hoch, beginnt das Fett zu rauchen. Der *Rauchpunkt* eines Fettes liegt in der Regel bei 200–230 °C, wobei bereits bei einem Gehalt von 0,1 % an freien Fettsäuren dieser auf 200 °C sinkt. Die *Dunkelung* des Fettes ist auf ungesättigte Carbonylverbindungen zurückzuführen. Die *Viskosität* eines Fettes nimmt aufgrund von Polymerisationsreaktionen zu.



### E. Backen von Brot



### F. Frittieren

**G. Gärprozesse** 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 coenzymgebundenes Wasser) entzogen und auf einen Wasserstoffakzeptor übertragen. Je nach Ausgangsstoff, Gärungserreger und (namensgebendem) Endprodukt unterscheidet man in der Lebensmitteltechnologie und -chemie folgende Gärungsarten: *Ethanol- oder alkoholische, Milchsäure-, Propionsäure-, Essigsäure- und Buttersäuregärung.*

Die **alkoholische Gärung** durch Hefen wird nicht nur zur Herstellung alkoholischer Getränke, sondern in geringem Maße auch bei der Teig-gärung 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 kurzkettige 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 Wasserstoffübertragung auf das Dihydroxyacetonphosphat und anschließende Phosphatabspaltung. Ebenfalls entstehendes Methanol wird durch enzymatische Hydrolyse aus den Methoxygruppen von Pektinen gebildet. Als Folge der Autolyse von Hefen können durch Desaminierungen, Decarboxylierungen und Reduktionen von Aminosäuren höhere Alkohole (Fuselalkohole) wie Propanole und Butanole entstehen. Während sie in hochgereinigtem Ethanol nicht mehr enthalten sein sollten, sind sie in verschiedenen Spirituosen (Whisky, Weinbrand) in geringen Mengen als aromagabende Komponenten erwünscht.

Bei der **Essigsäuregärung** kann durch Essigsäurebakterien aerob Ethanol über Acetaldehyd zu Essigsäure noch weiter umgesetzt werden.

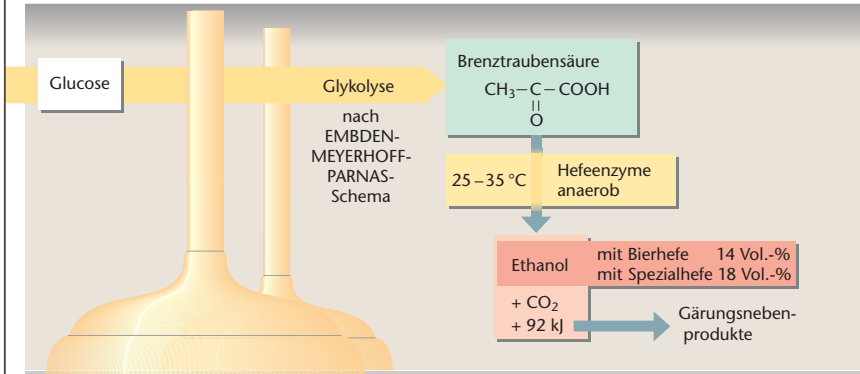
Gezielt eingesetzt ist so die Herstellung von Gärungssig (Speiseessig) möglich. Als unerwünscht auftretender Prozess kann er das Sauerwerden des Weins hervorrufen.

Bei der **Milchsäuregärung** findet der Abbau von Glucose und anderen Monosacchariden zu Milchsäure durch Milchsäurebakterien statt. Als Wasserstoffüberträger 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* Milchsäuregärung, 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 drei bis sechs Wochen statt, bei der ein pH-Wert von 3,5 erreicht wird.

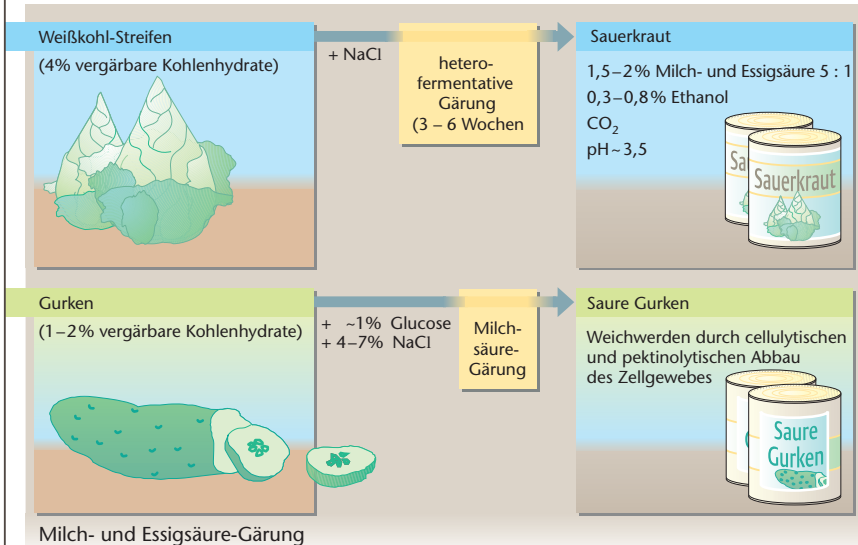
In der Milchwirtschaft spielt die **Propionsäuregärung** bei der Herstellung von Hartkäsen (z. B. Emmentaler) eine wichtige Rolle. Lactate (Salze der Milchsäure) werden hierbei zu Propionsäure, Essigsäure und Kohlenstoffdioxid vergoren. Die dabei auftretende Gasentwicklung führt zu den bekannten Löchern im Hartkäse. Das charakteristische Gesamtroma der Käse ist auf die Propionsäure zurückzuführen. Die **Buttersäuregärung** stellt eine unerwünschte Fehlgärung dar. Durch anaerobe, sporenbildende Bakterien wie *Clostridium butyricum* wird im Käse die Milchsäure zu Buttersäure (mit ihrem charakteristisch übelriechenden Geruch), Wasserstoff und Kohlendioxid abgebaut. Die relativ hitzeresistenten Clostridien enthalten Amylasen und können daher stärkehaltige Materialien vergären. Dieses führt zur gefürchteten Spätbläuhung 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	Gärungsessig (Speiseessig)

### Gärungsarten



### alkoholische Gärung



### G. Gär-Prozesse

**H. Thermische Behandlung von Fleisch** Die verschiedenen Garungsarten lassen sich nach der wärmeübertragenden Phase (Wasser, Dampf, luftfeucht 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 Wasserzutritt eine Hitzeaggregation 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 (60–65 °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 80–90 °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

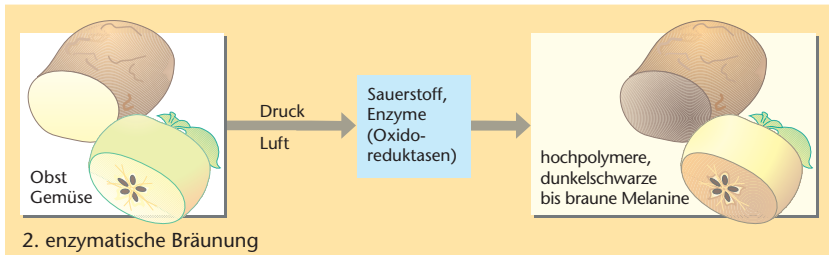
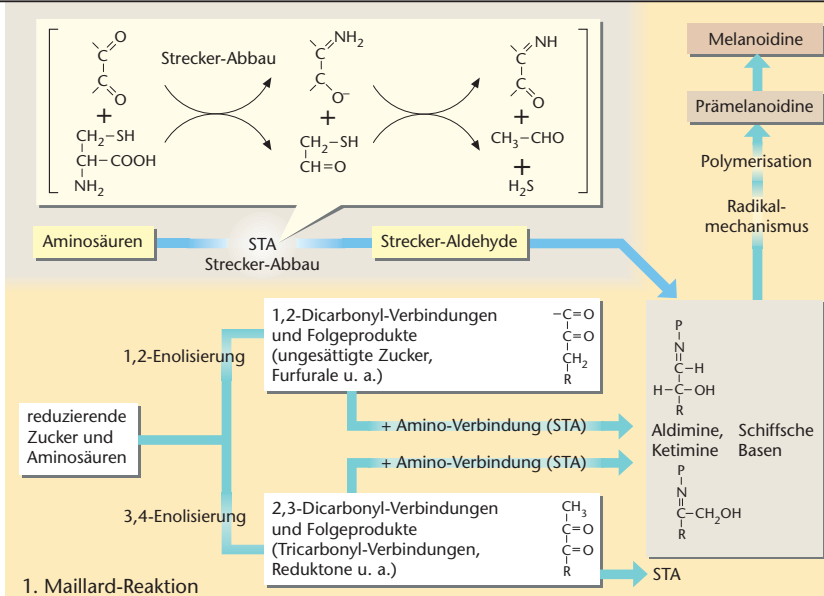
**1. Maillard-Reaktion:** Die Reaktion und die Produkte von reduzierenden Zuckern mit Aminosäuren wurde nach L. C. Maillard (1912) benannt. Die sehr komplexe Reaktionsfolge umfasst Reaktionen, die für die Farbe, das Aroma und als Indikator für das Erhitzen (Kochen, Backen, Braten und Rösten) von Lebensmitteln 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 Carbonylgruppen unter Decarboxylierung und Transaminierung) entstehen instabile *Glykosylamine*, die sich zu 1-Amino-1-desoxyketosen 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 Aminogruppe *Dicarbonylverbindungen*. Die 2,3-Enolisierung ist hier besonders charakteristisch; es bilden sich Furanone und Pyranone wie das *Maltol*, das den Karamellgeschmack hervorruft. In Abwesenheit von Aminosäuren kommt es auch zu einer 1,2-Enolisierung und so zur Bildung von Hydroxymethylfurfural, z. B. aus Zuckern durch Karamellisierung. In der 2. Phase entstehen aus den *Dicarbonylverbindungen* durch unterschiedlichste Folgereaktionen zahlreiche Produkte – u. a. Alkyl- und Methoxypyrazine als Aromastoffe und braune Melanoidine, die z. T. durch Radikalmechanismen über Prämelanoidine aus nicht flüchtigen Maillard-Produkten polymerisiert werden. Reduktone (Endiole wie auch die schwach reduzierend wirkende Ascorbinsäure) entstehen in schwach alkalisch reagierenden Lebensmitteln. Das typische Aroma von gebratenem Fleisch entsteht durch Reaktionen schwefelhaltiger 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 Phenoloxidation 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 Ascorbinsäurekonzentration erhalten bleibt. Auch Komplexbildner wie Citronensäure oder Phosphat vermindern die enzymatische Bräunung durch Komplexbildung des Kupfers, das als Zentralatom im Enzym Tyrosinase enthalten ist.

trockene Hitze: Backen Braten Grillen	90	ab 90 °C: partieller Zerfall des Bindegewebes, Bräunungsreaktionen
	°C	Quellung
feuchte Hitze: Brühen Dämpfen Dünsten Kochen Schmoren	60	ab 70 °C: Oxidationen (Cystein)
		40–60 °C: Sarkoplasmaproteine
	30	30–50 °C: Hitzeokoagulation des Actomyosins (→ dichteres Netzwerk der Eiweißmoleküle)
	Temperatur T	
	0	

## H. Thermische Behandlung von Fleisch



## I. Bräunungsreaktionen



### 1.2.3 Verarbeitung zur Haltbarmachung

**J. Gefrieren** Das Einfrieren gehört zu den wichtigsten Methoden der Lebensmittelkonservierung, da hier neben der Frischhaltung auch die Genuss- und Nährwerte erhalten werden können. Beim Gefrieren wasserhaltiger Lebensmittel führen gelöste Inhaltsstoffe wie Salze oder Zucker zu einer *Gefrierpunkts erniedrigung*.

**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. Ein Temperaturanstieg erfolgt durch die Energiefreisetzung aus der Kristallisation von Wasser. Der Kurvenverlauf von b. zu c. verdeutlicht die *Gefrierpunkts erniedrigung* durch Anreicherung von z. B. Zucker in der flüssigen Phase. 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 Gefrierereinrichtung 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 Abschn. 5.3.

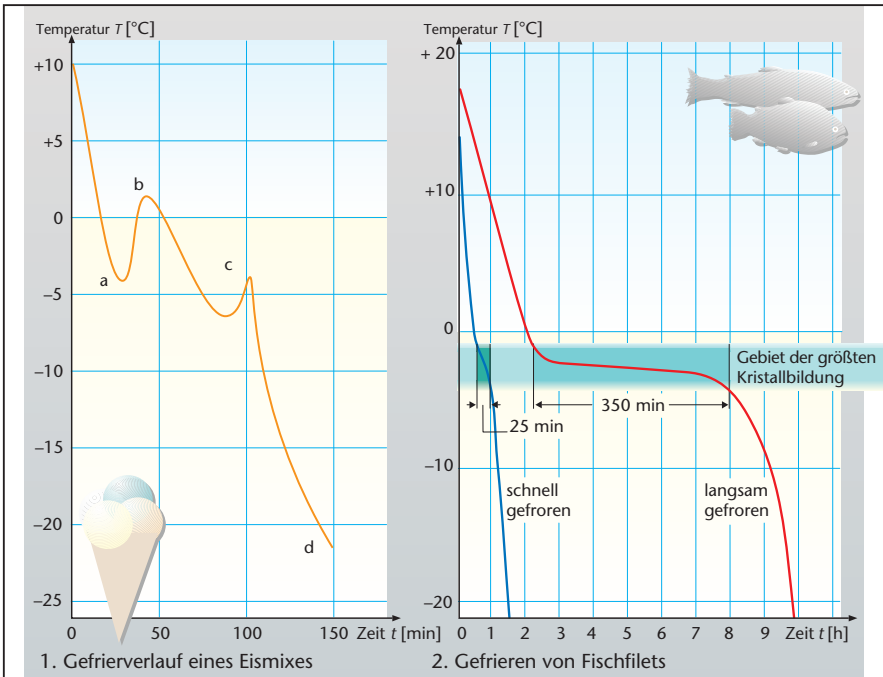
### K. Texturveränderungen bei der Konservierung

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

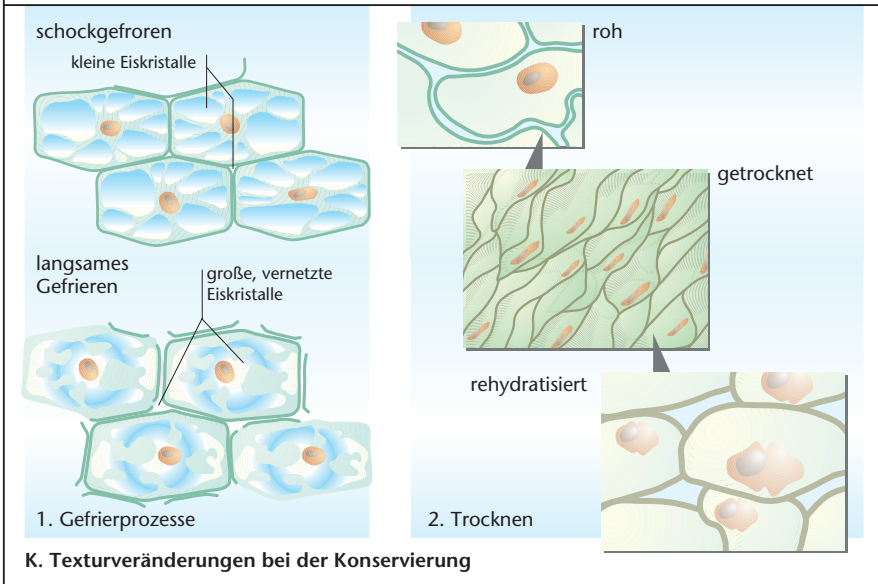
durch die Bildung großer Kristalle außerhalb der Zelle gelockert. Beim *Schockgefrieren* treten kleine, beim *langsamen Gefrieren* dagegen große, vernetzte Eiskristalle auf. Beim Auftauprozess nehmen die Zellen wieder etwas Wasser auf, wodurch ein schwammiges Gewebe entsteht.

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 interzelluläre 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 freiwerdende Raum mit Zellsaft füllt; beim Gefrieren findet dann die Eiskristallbildung im gesamten Gewebe statt. Auch bei einem hohen Stärkeanteil (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 Rehydatisieren 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 Rehydatisierung, da eine Kristallisation der Cellulose verhindert und so die Wasseraufnahme erleichtert wird.



### J. Gefrieren



### K. Texturveränderungen bei der Konservierung

### 1.3 Einteilung von Lebensmitteln

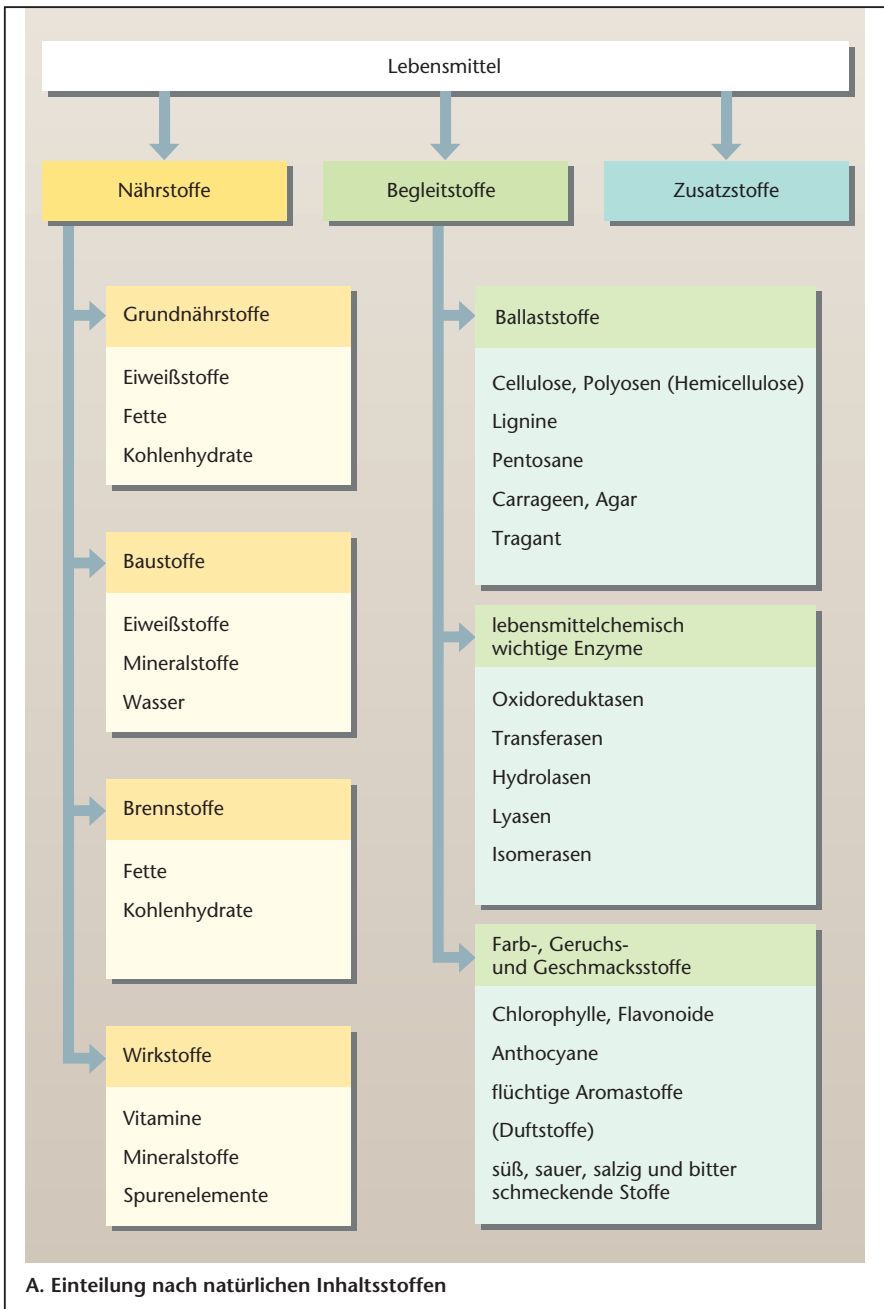
Lebensmittel sind Stoffe, die dazu bestimmt sind, von Menschen verzehrt zu werden; ausgenommen sind Stoffe, die überwiegend dazu bestimmt sind, zu anderen Zwecken als zur Ernährung oder zum Genuss verzehrt zu werden. Den Lebensmitteln stehen gleich ihre Umhüllungen, Überzüge oder sonstige Umschließungen, 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 Energienutzwert von Fetten wird mit durchschnittlich 38 kJ/g (9 kcal/g) und der von Kohlenhydraten mit 17 kJ/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 Zähnen und Knochengewebe beteiligt, be-

sitzt aber auch physiologische Funktionen: Freies ionisiertes Calcium ist an der Aktivierung des Blutgerinnungssystems und 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 *essenzielle* 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, Polyosen, Pentosane, Pektine sowie die Polysaccharide Carrageen, Agar und Tragant(h) aus Moosen, Algen und speziell in Vorderasien vorkommenden Sträuchern. 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- (körnig/klumpig), Muskel- (weich/zäh) und Temperaturempfindungen den Flavour.



**B. Lebensmittelzusatzstoffe** Zusatzstoffe sind 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 Klebereigenschaften 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 gewonnenen) 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*, *Gelierungsmittel*, *Verdickungsmittel*, *Trennmittel*, *Antioxidationsmittel* 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 *Säureungsregulatoren*, die neben der Verlängerung der Haltbarkeit ebenfalls Konservierungsaufgaben erfüllen können.

### Stoffe zur Verbesserung des Aussehens

Lebensmittelfarbstoffe  
(natürliche, synthetische,  
anorganische Pigmente)

Mehlbehandlungsmittel

Überzugsmittel

### Stoffe zur Verbesserung von Aroma und Geschmack

Aromastoffe

Zuckeraustauschstoffe  
und künstliche  
Süßstoffe

Geschmacks-  
verstärker



### Stoffe zur Konsistenzverbesserung und Stabilisierung

Stabilisatoren

Überzugsmittel

Emulgatoren

Geliermittel

Trennmittel

Antioxidations-  
mittel

Konservierungs-  
mittel

Konsistenz-  
verbesserer

Backtriebmittel

Schaumverhüter

Kaumassen

Schmelzsalze

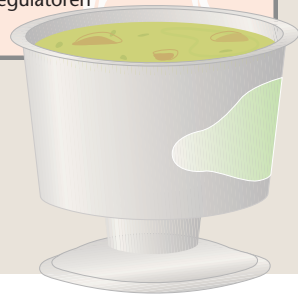
### Stoffe zur Verlängerung der Haltbarkeit

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 den „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 Stoffgemische 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, 0,3–3 % Ballaststoffe und 85–95 % Wasser auf. Bei *Gemüseprodukten* handelt es sich um verarbeitetes und haltbar gemachtes 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 Kohlenhydratgehalte liegen zwischen 5 und 20 %; im Schalenobst (Nüsse) sind auch hohe Eiweiß- (10–25 %) und Fettanteile (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 *nicht alkoholischen Getränke* (s. 5.10) gezählt werden. Außerdem beinhaltet diese Gruppe ungesüßte kohlenstoffhaltige Wässer, Fruchtsaftgetränke, 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.

Zur Gruppe der *fett- und eiweißreichen Lebensmittel* gehören die verschiedenen Fleischsorten (s. 5.2; Eiweißgehalt 10–23 %, Fettgehalt 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 Rohpökelfleisch wie Rollschinken und Kochpökelfleisch wie Kochschinken sowie Gemenge 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 Fettgehalt (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* zählen Eiprodukte wie Trockenvollerei für die Weiterverwendung in der Lebensmittelindustrie. Fett- und Eiweißgehalte 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.

### Kohlenhydratreiche Lebensmittel

Cerealien: Getreide und Getreideprodukte

Gemüse und Gemüseprodukte

Obst und Obsterzeugnisse

nicht alkoholische und alkoholische Getränke

Gewürze und Pilze

Honig, Zucker und Zuckerwaren

### Fett- und eiweißreiche Lebensmittel

Fleisch, Fleischerzeugnisse und Wurstwaren

Fisch, Fischerzeugnisse, Krebs- und Weichtiere

Eier und Eierzeugnisse

Milch und Milcherzeugnisse

Fette und Öle

## C. Lebensmittelgruppen

## 1.4 Lebensmittelrecht in der BRD und der EU

### 1.4.1 Rechtlicher Rahmen

**A. Das Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB)** Bereits 1879 wurde ein „Gesetz betreffend den Verkehr mit Nahrungsmitteln, Genussmitteln und Gebrauchsgegenständen“ verabschiedet. Das darauffolgende Lebensmittelgesetz von 1927 wurde 1974 vom „Lebensmittel- und Bedarfsgegenstände-Gesetz“ (LMBG) abgelöst. Es stellte ein Rahmengesetz für den Verkehr mit *Lebensmitteln, Tabakerzeugnissen, kosmetischen Mitteln* und sonstigen *Bedarfsgegenständen* dar mit der Zielsetzung, den Verbraucher vor gesundheitlichen Beeinträchtigungen oder Täuschungen zu schützen bzw. den „redlichen“ Hersteller, Händler und Importeur vor unlauteren Praktiken der Konkurrenz abzusichern.

Das aktuell geltende Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB) wurde 2005 eingeführt und regelt erstmalig Lebensmittel- und Futtermittelbereich gemeinsam. Das LFGB besteht aus 11 Abschnitten und insgesamt 75 Paragraphen und ist als Dach- oder Rahmengesetz zu verstehen. Im Jahre 2005 wurde auch das Arzneimittelgesetz geändert (14. AMG-Novelle) das auch den Bereich der Lebensmittel tangiert. Hier sind insbesondere Nahrungsergänzungsmittel und Functional Food zu nennen. Das LFGB war auch eine Reaktion auf die Basisverordnung der Europäischen Parlaments und des Rates aus dem Jahre 2002 [VO (EG) Nr. 178/2002] zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, die für alle Mitgliedsstaaten der Europäischen Union verbindlich ist und die auch einer Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit in Parma, Italien zur Folge hatte (EFSA, European Food Safety Authority).

Im Abschn. 1 des LFGB werden der Zweck des Gesetzes, Begriffsbestimmungen und Vorschriften zum Geltungsbereich erläutert. Der Abschn. 2 beschreibt Verbote zum Schutz der Gesundheit in den Bereichen Lebensmittelzusatzstoffe, Bestrahlung mit ultraviolett oder ionisierenden Strahlen, Pflanzenschutzmittel und Stoffen mit pharmakologischer Wirkung und den Schutz vor Täuschung. Weiterhin wird dort die Bildung einer Lebensmittel-Kommission und das Deutsche Lebensmittelbuch be-

schrieben, das eine Sammlung von Leitsätzen zur Herstellung, und Beschaffenheit von Lebensmitteln darstellt. Die Abschnitte 3–6 betreffen den Verkehr und gemeinsame Vorschriften. In Abschn. 7–8 werden die Überwachung und das Monitoring behandelt (vgl. Abschn. 1.4.1 B). Die Paragraphen regeln u. a. die Zuständigkeiten, die Probenahme, die gegenseitige Information, die Übermittlung von Daten über den Internethandel und die Information der Öffentlichkeit. Hier wird auch die in der Zukunft immer wichtiger werdende Zusammenarbeit von Bund und Ländern in § 49a festgelegt. Abschnitt 9 behandelt Verbringungsverbote und der Schutz vor ionisierender Strahlung und Abschn. 10 die Bußgeldvorschriften. Im Abschn. 11 finden sich u. a. der § 64 für die Untersuchungsverfahren (vgl. Abschn. 1.4.1 B).

**B. Beispiele für Inhalte des LFGB** In § 50 des LFGB ist das Monitoring von Lebensmitteln auf gesundheitlich nicht erwünschte Stoffe und Mikroorganismen festgelegt. Es ist ein gemeinsam von Bund und Ländern seit 1995 durchgeführtes systematisches Mess- und Beobachtungsprogramm, das seit 2010 auch auf kosmetische Mittel und Bedarfsgegenstände ausgedehnt wurde. Folgende Untersuchungen aus dem Monitoring 2021 sollen als Beispiele dienen: Pflanzenschutzmittel, Acrylamid, Dioxine, PCB, aromatische Kohlenwasserstoffe, pharmakologisch wirksame Substanzen, Mykotoxine, Schwermetalle, Elementlössigkeiten von Spielzeug, Elemente in Lidstrich/Eyeline/Kajalstift und Zahncreme.

In § 64 des LFGB wird die amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren beschrieben, die vom Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) veröffentlicht wird. Unter Anwendung von einheitlichen Untersuchungsverfahren in der amtlichen Lebensmittelüberwachung wird eine einheitliche Qualität der Kontrollen von Lebensmitteln, Futtermitteln, Bedarfsgegenständen und kosmetischen Mitteln bundesweit geschaffen. Damit wird die Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse sichergestellt. Die Analysenverfahren werden unter Mitwirkung von Fachleuten auf dem neuesten Stand gehalten.

### Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB) Dach- oder Rahmengesetz

Abschnitt Nr.	Paragraphen	Inhalt
1	1 – 4	Allgemeine Bestimmungen
2	5 – 16	Verkehr mit Lebensmitteln
3	17 – 25	Verkehr mit Futtermitteln
4	26 – 29	Verkehr mit kosmetischen Mitteln
5	30 – 33	Verkehr mit sonstigen Bedarfsgegenständen
6	34 – 37	Gemeinsame Vorschriften für alle Erzeugnisse
7	38 – 49a	Überwachung
8	50 – 52	Monitoring
9	53 – 57	Verbringung in das und aus dem Inland
9a	57a – 57d	Besondere Regelungen zum Schutz vor ionisierender Strahlung
10	58 – 62	Straf- und Bußgeldvorschriften
11	63 – 75	Schlussbestimmungen

#### A. Die Gliederung des LFGB

##### § 50 Monitoring

Monitoring ist ein System wiederholter Beobachtungen, Messungen und Bewertungen von Gehalten an gesundheitlich nicht erwünschten Stoffen wie Pflanzenschutzmitteln, Stoffen mit pharmakologischer Wirkung, Schwermetallen, Mykotoxinen und Mikroorganismen in und auf Erzeugnissen, einschließlich lebender Tiere im Sinne des § 4 Absatz 1 Nummer 1, die zum frühzeitigen Erkennen von Gefahren für die menschliche Gesundheit unter Verwendung repräsentativer Proben einzelner Erzeugnisse oder Tiere, der Gesamtnahrung oder einer anderen Gesamtheit desselben Erzeugnisses durchgeführt werden.

##### § 64 Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren; Bekanntmachungen

(1) Das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit veröffentlicht eine amtliche Sammlung von Verfahren zur Probenahme und Untersuchung von den in § 2 Absatz 2, 3, 5 und 6 genannten Erzeugnissen sowie von mit Lebensmitteln verwechselbaren Produkten. Die Verfahren werden unter Mitwirkung von Sachkennern aus den Bereichen der Überwachung, der Wissenschaft und der beteiligten Wirtschaft festgelegt. Die Sammlung ist laufend auf dem neuesten Stand zu halten.

(2) Das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit veröffentlicht eine amtliche Sammlung von Verfahren zur Probenahme und von Analysemethoden für die Untersuchung von Futtermitteln. Vor deren Veröffentlichung soll ein jeweils auszuwählender Kreis von Vertretern der Wissenschaft, der Fütterungsberatung, der Futtermitteluntersuchung, der Futtermittelüberwachung, der Landwirtschaft und der sonst beteiligten Wirtschaft angehört werden.

(3) Zulassungen, Registrierungen, Genehmigungen und Anzeigen werden vom Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit im Bundesanzeiger bekannt gemacht, soweit dies durch dieses Gesetz oder eine aufgrund dieses Gesetzes erlassene Rechtsverordnung bestimmt ist.

#### B. Beispiele für Inhalte des LFGB

### 1.4.2 Lebensmittelkennzeichnung

Durch die Lebensmittelinformationsverordnung (LMIV, Verordnung (EU) 1169/2011) wurde in Europa eine verpflichtende Nährwertdeklaration für fertig verpackte Lebensmittel eingeführt, die seit dem 13. Dezember 2014 verbindlich in allen Mitgliedsstaaten der EU gilt. Zu den allgemeinen Pflichtangaben gehören u. a. die Bezeichnung des Lebensmittels, ein Verzeichnis der Zutaten, die Menge bestimmter Zutaten oder Klassen von Zutaten, die Nettofüllmenge, das Mindesthaltbarkeitsdatum, Anweisungen für die Aufbewahrung und Gebrauchsanleitung sofern erforderlich, Herkunftsort gemäß Artikel 25 LMIV, Angabe des Alkoholgehalts bei mehr als 1,2 Vol.-% und Allergene durch besondere Hervorhebung. Weiterhin sind in der LMIV für bestimmte Lebensmittel noch besondere Pflichtangaben erforderlich und es wird eine Mindestschriftgröße auf der Verpackung festgelegt. Technisch hergestellte Nanomaterialien, die hinzugefügt wurden, müssen im Zutatenverzeichnis eindeutig aufgeführt werden. Nach den Namen der Bestandteile muss das Wort „Nano“ in Klammer folgen. In der LMIV wird der Begriff Nanomaterial definiert.

**C. Nährwertkennzeichnung** Es besteht die Pflicht für sieben Angaben, die in einem Sichtfeld und in einem übersichtlichen Format erscheinen müssen (vgl. Abb. C). Ergänzend können Angaben gemacht werden zu einfachen ungesättigten Fettsäuren, mehrwertigen Alkoholen, Ballaststoffen, Stärke, Vitaminen und Mineralstoffen, wenn sie in signifikanten Mengen vorliegen. Dies wird in Anhang XIII der LMIV näher spezifiziert, wo Nährstoffbezugswerte (NRV, nutrient reference value) für Vitamine und Mineralstoffe für Erwachsene angegeben werden. Sie betragen z. B. für Eisen 14 mg, Zink 10 mg und Selen 55 µg jeweils pro Tag. Signifikante Mengen sind nach Anhang XIII der LMIV 15 % des NRV je 100 g oder 100 ml im Falle von anderen Erzeugnissen als Getränke oder 7,5 % des NRV je 100 ml im Falle von Getränken oder 15 % des NRV je Portion, wenn die Packung nur eine einzige Portion enthält.

**D. Angaben und Aufbau des Nutri-Scores** Die rechtssichere Verwendung des Nutri-Scores ist mit Inkrafttreten der entsprechenden Verordnung am 6.11.2020 zur Lebensmittelkennzeichnung in Deutschland möglich. Der Nutri-Score stammt ursprünglich aus Frankreich und kann dort seit 2017 benutzt werden. Außerdem ist er zurzeit in Belgien, Luxemburg, Spanien, Portugal und in der Schweiz in Gebrauch. Auch andere EU-Staaten planen ebenfalls die Einführung dieser erweiterten Nährwertkennzeichnung. Die Nutzung des Nutri-Scores ist freiwillig und für die Lebensmittelunternehmen mit keinen Kosten verbunden. Die Anmeldung erfolgt bei der französischen Markeninhaberin Santé publique France, die als Behörde im Geschäftsbereich des französischen Gesundheitsministeriums angesiedelt ist. Anhand einer fünfstufigen Farbskala mit den Buchstaben A–E gibt der Nutri-Score übersichtlich Auskunft über den Nährwert eines Lebensmittels. Nach einem wissenschaftlichen Algorithmus werden der Energiegehalt und die Gehalte verschiedener Nähr- und Inhaltsstoffe miteinander verrechnet (vgl. Abb. D). Der Nutri-Score ist leicht verständlich, eindeutig und mit ihm lassen sich Lebensmittel innerhalb einer Produktkategorie leicht vergleichen und der gesundheitliche Wert eines Lebensmittels lässt sich einfacher beurteilen. Er stellt jedoch keine Nährstoffe einzeln dar, weshalb man für eine genauere Abschätzung weiterhin auf die Nährwerttabelle und das Zutatenverzeichnis angewiesen ist. Der Nutri-Score eignet sich vor allem für stark verarbeitete und komplex zusammengesetzte Lebensmittel. Für unverarbeitete Produkte, insbesondere wenn sie nur aus einer Zutat bestehen wie z. B. Obst, Gemüse, Pflanzenöl oder auch Honig, ist das Label nicht sinnvoll und auch nicht gedacht. Wichtig ist zu wissen, dass eine vollwertige Ernährung nicht durch den ausschließlichen Konsum von Lebensmitteln mit Nutri-Score A zwingend erreicht wird, da sich bei der Bewertung schlechte Werte durch gute ausgleichen lassen und dieses einfache System natürlich nicht die komplexen Zusammenhänge wiedergeben kann.

Einheitlich verpflichtend,  
bezogen auf 100 g/ml mit  
mindestens\* sieben Angaben  
in dieser Reihenfolge:

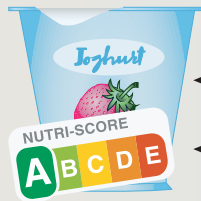
Durchschnittliche Nährwerte		
	pro 100 g	pro Riegel
Energie	1807 kJ/430 kcal	449 kJ / 107 kcal
Fett	15,3 g	3,8 g
davon ges. Fettsäuren	7,6 g	1,9 g
Kohlenhydrate	63,8 g	15,9 g
davon Zucker	26,6 g	6,7g
Eiweiß	5,6 g	1,7g
Salz	0,63 g	0,15g

\*Erfolgen nährwert- oder gesundheitsbezogene Angaben zu anderen Nährstoffen wie Ballaststoffen, Vitaminen oder Mineralstoffen, müssen auch diese Stoffe in der Nährwertkennzeichnung angegeben werden.

### C. Verpflichtende Angaben nach der LMIV BMEL, 2020 / Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

Der Nutri-Score schafft Orientierung bei der täglichen Lebensmittelauswahl. Er ermöglicht es, Lebensmittel einer Produktgruppe hinsichtlich ihres Nährwertes leicht und auf einen Blick miteinander zu vergleichen.

Der Nutri-Score sagt jedoch nichts darüber aus, ob ein Lebensmittel gesund oder ungesund ist, da nur gesundheitlich unbedenkliche Lebensmittel in Verkehr gebracht werden dürfen.



Dazu werden Energiegehalt, sowie ernährungsphysiologisch günstige und ungünstige Nähr- und Inhaltsstoffe miteinander verrechnet

Eine Skala von A bis E zeigt den Nährwert eines Produkts. Die Farben (Dunkelgrün bis Rot) helfen bei der Orientierung.

Diese Inhaltsstoffe fließen in die Berechnung des Nutri-Scores ein:



### D. Informationen und Aufbau des Nutri-Scores Verändert nach BMEL, 2020



### E. Trinkwasser, Lebensmittel für spezielle Verbrauchergruppen, Futtermittel und Bedarfsgegenstände

Über das LFGB hinaus sichern spezielle Verordnungen die Einhaltung der lebensmittelrechtlichen Grundsätze bzw. führen die im LFGB 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-Verordnung (TrinkwV)*. Nach § 1 ist der Zweck der Verordnung, die menschliche Gesundheit vor den nachteiligen Einflüssen, die sich aus der Verunreinigung von Wasser ergeben, das für den menschlichen Gebrauch bestimmt ist, durch Gewährleistung seiner Genussstauglichkeit und Reinheit nach Maßgabe der Vorschriften der TrinkwV zu schützen. 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.

**Lebensmittel für spezielle Verbrauchergruppen** sind insbesondere dazu bestimmt, den besonderen Erfordernissen der Ernährung bestimmter Bevölkerungsgruppen gerecht zu werden. Die kann z. B. während einer Krankheit oder im Säuglings- und Kleinkindalter erforderlich sein. An die Herstellung, Zusammensetzung und Kennzeichnung von Lebensmitteln für spezielle Verbrauchergruppen werden besondere Anforderungen gestellt. Bei den aktuellen Vorschriften für Lebensmittel für besondere Ernährungszwecke wurde das Konzept der „diätetischen Lebensmittel“ aufgegeben und durch europäische Regelungen für Lebensmittel für spezielle Verbrauchergruppen ersetzt.

**Lebensmittel für besondere medizinische Zwecke (bilanzierte Diäten)** sind Produkte, die auf besondere Weise verarbeitet wurden und für die ausschließliche oder teilweise Ernährung von Patienten bestimmt sind. Sie sind beim Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) anzuzeigen und sollen nur unter ärztlicher Aufsicht verwendet werden. Sie dürfen lediglich der Deckung eines spezifischen Nährstoffbedarfs und nicht der Behandlung einer Erkrankung im Sinne einer Medikation mit Arzneimitteln dienen. Aus ihrer

Kennzeichnung muss der vorgesehene Verwendungszweck klar ersichtlich sein.

Nach § 1 des LFGB ist bei **Futtermitteln** der Schutz von Tieren und die tierische Gesundheit sicherzustellen, durch Futtermittel die tierische Erzeugung so zu fördern, dass die Leistungsfähigkeit der Nutztiere erhalten und verbessert wird und die von Nutztieren gewonnenen Lebensmittel den an sie gestellten qualitativen Anforderungen, auch im Hinblick auf ihre Unbedenklichkeit für die menschliche Gesundheit, entsprechen. Futtermittel sind definiert im Sinne des Artikels 3 Nummer 4 der Verordnung (EG) Nr. 178/2002.

**Bedarfsgegenstände** sind nach § 2 (6) LFGB definiert als Gegenstände, die mit Lebensmitteln in Berührung kommen (1.), Packungen, Behältnisse oder sonstige Umhüllungen, die dazu bestimmt sind, mit kosmetischen Mitteln in Berührung zu kommen (2.), Gegenstände, 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, Haarteile, künstliche Wimpern, Armbänder (6.), Reinigungs- und Pflegemittel (7.), Imprägnierungsmittel (8.) und Mittel bzw. Gegenstände zur Geruchsverbesserung in Räumen, die zum Aufenthalt von Menschen bestimmt sind (9.).

**Kosmetische Mittel** sind nach § 2 (5) Stoffe oder Gemische aus Stoffen, die ausschließlich oder überwiegend dazu bestimmt sind, äußerlich am Körper des Menschen oder in seiner Mundhöhle zur Reinigung, zum Schutz, zur Erhaltung eines guten Zustands, zur Parfümierung, zur Veränderung des Aussehens oder dazu angewendet zu werden, den Körpergeruch zu beeinflussen. Als kosmetische Mittel gelten nicht Stoffe oder Gemische aus Stoffen, die zur Beeinflussung der Körperformen bestimmt sind.

Für **Tabakerzeugnisse** wurde 2016 in Deutschland mit dem Tabakerzeugnisgesetz und der Tabakerzeugnisverordnung die europäische Tabakproduktrichtlinie (Richtlinie 2014/40/EU, TPD) national umgesetzt. Ziele der neuen Regelungen sind eine Angleichung der Anforderungen an die Produkte in den EU-Mitgliedstaaten.



## 1.5 Lebensmittelsicherheit

### A. Die sieben Grundpfeiler der Lebensmittelsicherheit

**Unternehmerverantwortung:** Alle Beteiligten an der Erzeugungskette für Lebensmittel müssen in ihrem Verantwortungsbereich für die Sicherheit eines Lebensmittels sorgen. Das wichtigste Qualitätsmanagementsystem der Unternehmer für die Lebensmittelsicherheit ist das „Hazard Analysis and Critical Control Points“-Konzept (kurz: **HACCP**), das 1959 im Auftrag der amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA für Lebensmittel in der Raumfahrt entwickelt wurde. Nach diesem Konzept sind sieben Schritte zu beachten: 1. Gefahren analysieren, 2. kritische Kontrollpunkte identifizieren, 3. Grenzwerte festlegen, 4. Überwachungssystem einführen, 5. Korrekturmaßnahmen umsetzen, 6. Evaluierungsmaßnahmen durchführen, 7. Dokumentation erstellen.

**Rückverfolgbarkeit:** In der gesamten EU müssen seit 2005 alle Lebensmittelunternehmer nicht nur dokumentieren, wohin sie welche Lebensmittel geliefert haben, sondern sie müssen auch nachweisen können, woher ihre Lebensmittel bzw. deren Rohstoffe kommen.

**Ämtliche Überwachung:** Die Lebensmittel- und Futtermittelüberwachungsbehörden der Bundesländer kontrollieren, ob die Anforderungen des Lebensmittelrechts auch eingehalten werden. Dazu gehört auch die Überprüfung der betrieblichen Eigenkontrollen der Lebensmittelunternehmer („die Kontrolle der Kontrolle“). Dies erfolgt über risikoorientierte Betriebskontrollen mit zielgerichteten Probenahmen und auch wechselnden Untersuchungsschwerpunkten, wobei sensible Lebensmittel häufiger überwacht werden.

**Vorsorgeprinzip:** Es sieht vor, dass die zuständigen Behörden vorsorglich Maßnahmen ergreifen können, um Risiken so gering wie möglich zu halten, auch wenn die Lage wissenschaftlich noch nicht vollständig abgeklärt ist. Die Maßnahmen müssen angemessen sein und überprüft werden, wenn neue wissenschaftliche Daten vorliegen. Dieses Vorsorgeprinzip wurde z. B. für Acrylamid angewandt, ein Schadstoff, der in vielen stärkehaltigen Lebensmitteln wie z. B. Chips beim Erhitzen entsteht und 2002 erstmals in diesem Zusammenhang entdeckt wurde.

**Risikobewertung:** Die unabhängige wissenschaftliche Risikobewertung übernehmen auf Landesebene die Landesuntersuchungsämter und auf Bundesebene das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR). Diese Institutionen untersuchen und bewerten unabhängig von wirtschaftlichen, politischen und gesellschaftlichen Einflüssen die vorhandenen Risiken für Mensch und Tier im Bereich Lebensmittel und Futtermittel.

**Trennung von Risikobewertung und Risikomanagement:** Die wissenschaftliche Risikobewertung und das Risikomanagement durch Politik und Behörden ist klar getrennt. Dies ist seit 2002 sowohl im europäischen als auch im deutschen Recht verankert. Zentral für das Risikomanagement ist das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) in enger Abstimmung mit dem Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL). Es stützt seine Entscheidungen und Maßnahmen auf die wissenschaftliche Risikobewertung des BfR.

**Risikokommunikation:** Bei auftretenden Risiken wird die Öffentlichkeit über die zuständigen Landes- und Bundesbehörden informiert. Dies geschieht u. a. im Rahmen des Rückrufs durch das verantwortliche Lebensmittelunternehmen und durch die Behörden der Bundesländer über das dafür beim BVL eingerichtete Internetportal über unsichere Produkte ([www.lebensmittelwarnung.de](http://www.lebensmittelwarnung.de)).

**B. Zukünftige Verbrauchererwartungen** Die Ansprüche eines Verbrauchers an ein Lebensmittel sind teilweise sehr unterschiedlich und zukünftige Entwicklungen können in einem **Lebensmitteltrendrad** zusammengefasst werden. 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, beim Handel Anforderungen aus der Sicht der Logistik und der Werbung im Vordergrund und beim Verbraucher entscheiden gesundheitliche Unbedenklichkeit, Geschmack, Nährwert über die Akzeptanz einer Ware. Schließlich wird der Markterfolg von der Akzeptanz des Produktes durch den Verbraucher bestimmt.



**A. Die sieben Grundprinzipien der Lebensmittelsicherheit** BMEL, 2022 / Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft



**B. Lebensmittelrendrad**

### C. Das Netzwerk der Lebensmittelsicherheit

Neben der wichtigen Eigenkontrollen der Lebensmittelunternehmer findet die **amtliche Überwachung** der 16 Bundesländer in über 400 Kreisen und kreisfreien Städten statt. Lebensmittelkontrolleure, Lebensmittelchemiker und amtliche Tierärzte überprüfen die betrieblichen Eigenkontrollen, die Hygiene von Räumen, Geräten sowie Personal und die korrekte Lebensmittelkennzeichnung. Sie nehmen jedes Jahr fünf Lebensmittelproben pro 1000 Einwohner, die dann im Labor mit modernsten Methoden der Lebensmittelchemie auf Schadstoffe und Krankheitserreger untersucht werden. Das BVL stimmt die Überwachungsprogramme mit den Ländern ab und bündelt die Ergebnisse zu einem Gesamtüberblick für Deutschland. Im Bereich Lebensmittel werden pro Jahr im Bundesgebiet durchschnittlich 400 000 Proben genommen und mehr als 500 000 Betriebe kontrolliert. Im Jahr 2019 kamen dabei rund 50 000 Beanstandungen zusammen. Mehr als die Hälfte davon betrafen die Kennzeichnung und Verpackung von Lebensmitteln. Bei ca. 6 % Prozent der Proben wurden Fremdkörper, Verunreinigungen, Mykotoxine oder Pflanzenschutzmittel oberhalb der zulässigen Mengen festgestellt. Das **Lebensmittelmonitoring** ergänzt die amtliche Überwachung. Dies ist ein gemeinsam von Bund und Ländern durchgeführtes Messprogramm, das vom BVL koordiniert wird und insbesondere dem vorbeugenden gesundheitlichen Verbraucherschutz dient. Hier werden Die Proben nicht risikobasiert gezogen, sondern repräsentativ für das gesamte Land. Pro Jahr werden bundesweit ca. 9000 Proben von Lebensmitteln, kosmetischen Mitteln und Bedarfsgegenständen auf Gehalte an gesundheitlich nicht erwünschten Stoffen untersucht. Dazu gehören z. B. Kontaminanten, Schwermetalle und Mykotoxine. Die Ergebnisse werden u. a. genutzt, um Höchstgehalte für unerwünschte Stoffe in ihrer Höhe zu überprüfen.

**Modernisierung der IT-Architektur und des Datenmanagements im gesundheitlichen Verbraucherschutz** Im Verbraucherschutz liegt eine föderale Aufgabenverteilung vor (Bund, Länder, Kommunen, EU). Historisch haben sich die IT-Landschaft und das Datenmanagement

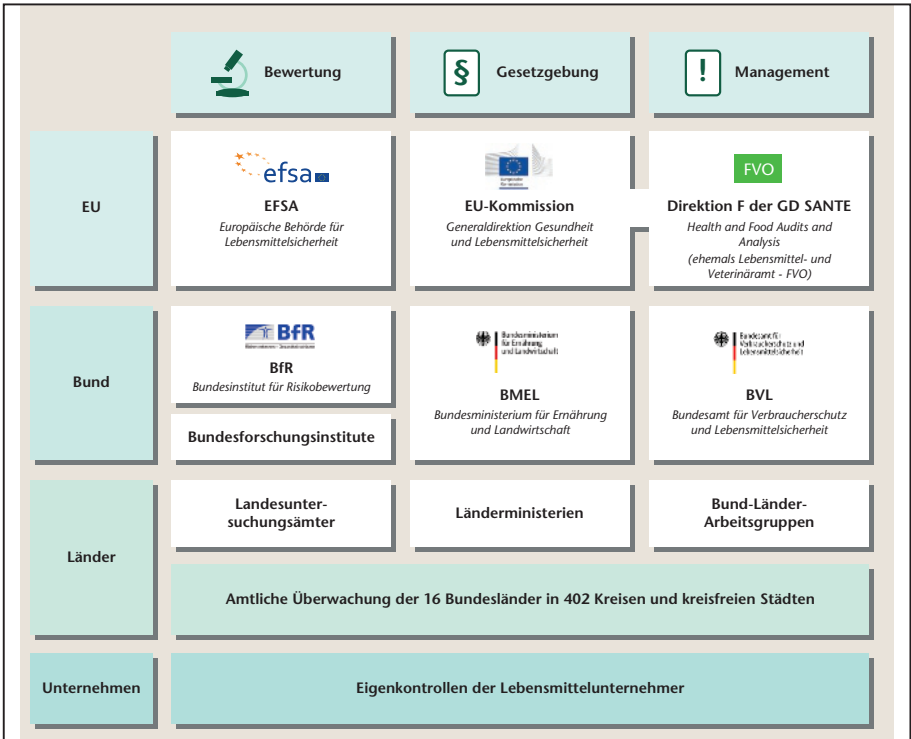
in jedem Bereich anders entwickelt, was Kommunikationsprobleme verursachen kann. Die Globalisierung führt zu komplexeren Lieferketten und zu einer stärkeren Verlagerung in den Onlinehandel. Weiterhin nimmt die Sensibilität der Verbraucher für Ernährungsfragen ständig zu und auch in den Medien wird Verbraucherschutz immer stärker thematisiert. Daher wurde in der 15. Verbraucherschutzministerkonferenz (VSMK) 2019 der Aufbau einer zentralen IT-Architektur für zwingend erforderlich erachtet. Zukünftig sollten diese Entwicklungen auch Gegenstand der Ausbildung an den Hochschulen und Fachschulen werden, um die Nachwuchskräfte auf die zukünftigen Herausforderungen optimal vorzubereiten.

**D. Das Europäische Schnellwarnsystem für Lebensmittel und Futtermittel (RASFF)** Über das Europäische Schnellwarnsystem für Lebensmittel und Futtermittel (Rapid Alert System for Food and Feed, RASFF) können Informationen über unsichere Lebens- oder Futtermittel sehr schnell zwischen den EU-Mitgliedstaaten ausgetauscht werden. Möglicherweise gesundheitsschädliche Produkte kommen so erst gar nicht in den Handel oder können gezielt vom Markt genommen werden. In Abhängigkeit vom vorliegenden Risiko und der Dringlichkeit werden nach dem BMEL-Informationstext folgende unterschiedliche Meldungen unterschieden und verwendet:

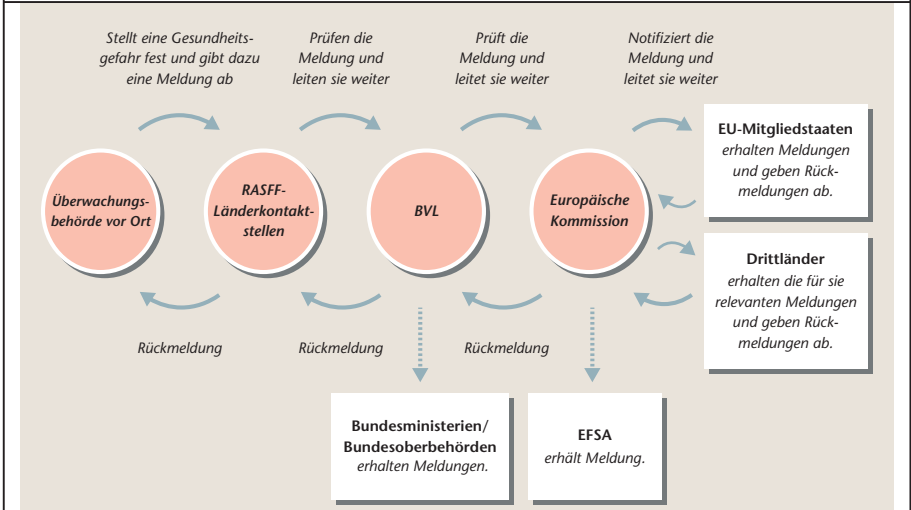
**Warnmeldungen** betreffen Lebensmittel, Futtermittel oder Lebensmittelbedarfsgegenstände, von denen ein ernstes Risiko für die Gesundheit ausgeht, die sich auf dem Markt befinden und schnelles Handeln erfordern.

**Meldungen über Grenzzurückweisung:** Lebensmittel, Futtermittel oder Lebensmittelbedarfsgegenstände aus Drittstaaten werden nach Überprüfung an einer der EU-Außengrenzen von der Einfuhr zurückgewiesen, wenn von ihnen ein Risiko ausgeht.

**Informationsmeldungen** ([www.bvl.bund.de/rasffmeldung](http://www.bvl.bund.de/rasffmeldung)) beziehen sich auf Lebensmittel, Lebensmittelbedarfsgegenstände oder Futtermittel, von denen zwar ein Risiko für die menschliche Gesundheit ausgeht, wo es jedoch keinen unmittelbaren Handlungsbedarf gibt, da sie sich z. B. nicht im Verkehr befinden.



C. Das Netzwerk der Lebensmittelsicherheit BMEL, 2022 / Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft



D. Das Europäische Schnellwarnsystem für Lebensmittel und Futtermittel (RASFF)