

utb.

Jochen Hamatschek

# Lebensmittel- technologie

3. Auflage



### **Eine Arbeitsgemeinschaft der Verlage**

Brill | Schöningh – Fink · Paderborn

Brill | Vandenhoeck & Ruprecht · Göttingen – Böhlau · Wien · Köln

Verlag Barbara Budrich · Opladen · Toronto

facultas · Wien

Haupt Verlag · Bern

Verlag Julius Klinkhardt · Bad Heilbrunn

Mohr Siebeck · Tübingen

Narr Francke Attempto Verlag – expert verlag · Tübingen

Psychiatrie Verlag · Köln

Ernst Reinhardt Verlag · München

transcript Verlag · Bielefeld

Verlag Eugen Ulmer · Stuttgart

UVK Verlag · München

Waxmann · Münster · New York

wbv Publikation · Bielefeld

Wochenschau Verlag · Frankfurt am Main



Jochen Hamatschek

# Lebensmitteltechnologie

Die industrielle Herstellung von Lebensmitteln  
aus landwirtschaftlichen Rohstoffen

3., überarbeitete und erweiterte Auflage

185 Abbildungen  
22 Tabellen

Verlag Eugen Ulmer • Stuttgart

**Der Autor: Dr. Jochen Hamatschek**, promovierter Diplombiotechnologe, 30 Jahre Manager in der Zulieferindustrie für hauptsächlich Lebensmittel produzierende Unternehmen weltweit, einige Jahre Professor für Kellerwirtschaft an der Hochschule Geisenheim, 13 Jahre Lehrbeauftragter an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf im Fach Lebensmittelmanagement, seit 2010 im Vorstand der Gesellschaft Deutscher Lebensmitteltechnologien (GDL e. V.).

#### **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

© 2016 / 2024 Eugen Ulmer KG

Wollgrasweg 41, 70599 Stuttgart (Hohenheim)

E-Mail: [info@ulmer.de](mailto:info@ulmer.de)

Internet: [www.ulmer.de](http://www.ulmer.de)

Lektorat: Sabine Mann

Herstellung: Birgit Heyny

Umschlagbild: Super8/Shutterstock.com

Umschlaggestaltung: siegel konzeption | gestaltung, Stuttgart

Satz, Repro und Zeichnungen: Bernd Burkart; [www.form-und-produktion.de](http://www.form-und-produktion.de)

Druck und Bindung: Pustet, Regensburg

Printed in Germany

UTB-Band-Nr. 4342

ISBN 978-3-8252-6230-3

utb-E-ISBN 978-3-8385-6230-8

<https://doi.org/10.36198/9783838562308>

# Inhalt

<b>Vorwort zur 1. Auflage</b> .....	10
<b>Vorwort zur 3. Auflage</b> .....	12

## 1 Einführung: Lebensmitteltechnologie im gesellschaftlichen und historischen Kontext

<b>1.1 Prinzipien der Lebensmitteltechnologie</b> .....	13	1.3.2 Energiegewinnung aus der Nahrung .....	26
<b>1.2 Die Lebensmitteltechnologie als Teil der „Food Value Chain“</b> .....	19	1.3.3 Die Ernährung der deutschen Bevölkerung laut Nationaler Verzehrsstudie II (2008) .....	29
<b>1.3 Die Versorgung der Menschen mit Lebensmitteln als Hauptaufgabe der Lebensmitteltechnologie</b> .....	25	<b>1.4 Innovationen: vom Businessplan zum Markt</b> .....	32
1.3.1 Ernährung 3.0 und die industrielle Revolution .....	25	<b>1.5 Verfahrens- und Stilwettbewerb in der Lebensmitteltechnologie</b> .....	34
		<b>1.6 Struktur und Idee des Buches Lebensmitteltechnologie</b> .....	35

## 2 Lebensmittelsicherheit und Verbraucherschutz

<b>2.1 Lebensmittelrechtliche Grundlagen zur Erzielung von Lebensmittelsicherheit</b> .....	40	<b>2.3 Privatwirtschaftliche Systeme der Lebensmittelsicherheit und die Einbindung des Qualitätsmanagements</b> .....	48
2.1.1 Wichtige gesetzliche Vorschriften zur Lebensmittelsicherheit .....	42	2.3.1 Qualitätsmanagementsysteme nach DIN EN ISO .....	48
2.1.1.1 Rückverfolgbarkeit .....	42	2.3.2 „Consumer Goods Forum“ (CGF) .....	48
2.1.1.2 HACCP-System („Hazard Analysis and Critical Control Point“) .....	43	2.3.3 „Global Food Safety Initiative“ (GFSI) .....	48
<b>2.2 Der Codex Alimentarius und das Deutsche Lebensmittelbuch</b> ..	46	2.3.4 IFS (Food) Version 8 .....	49
		2.3.5 „Hygienic Design“ .....	49
		2.3.6 FMEA (Fehlermöglichkeiten und Einflussanalyse) .....	52
		2.3.7 Optische Methoden bei der Lebensmittelkontrolle .....	53

<b>2.4</b>	<b>Betriebshygiene, Reinigung und Desinfektion</b> . . . . .	56	2.4.3	Reinigung von Tanks, Rohrleitungen und Schläuchen . . .	61
2.4.1	Prinzipien der chemischen Reinigung . . . . .	57	2.4.3.1	Rohrleitungen und Schläuche . . . .	61
2.4.2	Praxis der chemischen Reinigung . . . . .	59	2.4.3.2	Tankreinigung . . . . .	63
			2.4.4	Desinfektion . . . . .	64
			2.4.5	Reinraumtechnik . . . . .	65

### 3 Die biochemischen Strukturen von Lebensmitteln

<b>3.1</b>	<b>Kohlenhydrate (Polysaccharide, Polyosen)</b> . . . .	67	3.5.1	Farbigkeit als sinnliche Erfahrung	82
3.1.1	Glykogen . . . . .	68	3.5.2	Farbstoffe für Lebensmittel . . . . .	83
3.1.2	Stärke . . . . .	68	3.5.3	Anthocyane E163 als Beispiel für einen natürlichen Farbstoff . . . . .	86
3.1.3	Cellulose . . . . .	68	3.5.4	Zuckerulöl E150 als Beispiel für einen natürlichen, modifizierten Farbstoff . . . . .	86
3.1.4	Pektine . . . . .	71	<b>3.6</b>	<b>Lebensmittelaromen und Aromatisierung von Lebensmitteln</b> . . . . .	87
3.1.5	Hemicellulose . . . . .	72	<b>3.7</b>	<b>Makromoleküle in komplexen Strukturen</b> . . . . .	89
3.1.6	Chitin . . . . .	72	3.7.1	Der Gewebeaufbau von Früchten . . . . .	89
<b>3.2</b>	<b>Proteine</b> . . . . .	73	3.7.2	Die Struktur von Muskelfleisch . . . . .	91
<b>3.3</b>	<b>Lipide</b> . . . . .	76			
<b>3.4</b>	<b>Phenolische Verbindungen (Phenole, Polyphenole)</b> . . . . .	78			
<b>3.5</b>	<b>Lebensmittelfarbstoffe und färbende Lebensmittel</b> . . . . .	81			

### 4 Die ambivalente Wirkung von Mikroorganismen und Enzymen in Lebensmitteln

<b>4.1</b>	<b>Mikroorganismen</b> . . . . .	94	4.1.5.3	Temperatur . . . . .	104
4.1.1	Die Rolle von Mikroorganismen in Lebensmitteln . . . . .	95	4.1.5.4	Redoxpotenzial (Oxidations-Reduktions-Potenzial, ORP) . . . . .	104
4.1.2	Bakterien . . . . .	96	4.1.5.5	Sauerstoffpartialdruck . . . . .	105
4.1.3	Pilze . . . . .	97	4.1.5.6	Inhibitoren für Mikroorganismen . . . . .	105
4.1.4	Algen . . . . .	100	4.1.5.7	Wettbewerber . . . . .	105
4.1.5	Die Bedeutung des Milieus für die Entwicklung von Mikroorganismen . . . . .	101	4.1.6	Wachstum von Mikroorganismen . . . . .	106
4.1.5.1	pH-Wert . . . . .	102	4.1.7	Biofilme . . . . .	107
4.1.5.2	$a_w$ -Wert (Wasseraktivität) . . . . .	103	<b>4.2</b>	<b>Enzyme</b> . . . . .	108
			4.2.1	Wichtige Enzymreaktionen in der Lebensmitteltechnologie . . . . .	110

<b>4.3 Die Hemmung von Mikroorganismen und Enzymen</b> . . . .	114	4.3.4.1 Tiefgefrieren von Lebensmitteln . .	126
4.3.1 Chemische Lebensmittelkonservierung . . . . .	115	4.3.4.2 Technik des Gefrierens . . . . .	127
4.3.2 Konservierung durch biologische Verfahren . . . . .	116	4.3.5 Haltbarmachung durch Wasserentzug (Trocknung) . . . . .	128
4.3.3 Pasteurisation und Sterilisation . . . . .	116	4.3.5.1 Lufttrocknung . . . . .	129
4.3.3.1 Grundlagen der Erhitzung . . . . .	117	4.3.5.2 Membranverfahren . . . . .	129
4.3.3.2 Wärmeübertragung in Erhitzungseinrichtungen . . . . .	119	4.3.5.3 Gefrierkonzentrierung bzw. Gefriertrocknung . . . . .	129
4.3.3.3 Wärmeaustauscher und die Verfahrenstechnik der Erhitzung . . . . .	120	4.3.5.4 Kühlung und mechanische Abtrennung von Eiskristallen . . . . .	130
4.3.3.4 Elektromagnetische Felder (Mikrowellenerhitzung, Radiofrequenzen) . . . . .	123	4.3.5.5 Immobilisierung von Wasser . . . . .	131
4.3.3.5 Ohmsche Erhitzung . . . . .	123	4.3.6 Mechanische Verfahren zur Haltbarmachung . . . . .	131
4.3.3.6 Keimreduzierung bei mäßiger thermischer Belastung . . . . .	124	4.3.7 Haltbarmachen durch ionisierende Strahlen . . . . .	132
4.3.4 Haltbarmachung durch Anwendung von Kälte . . . . .	126	4.3.8 Haltbarmachung durch Gasüberlagerung bzw. Evakuierung . . . . .	133
		4.3.9 Das Hürdenkonzept: kumulative Hemmeffekte . . . . .	134

## 5 Maschinentechnik und Werkstoffe

<b>5.1 Pumpen</b> . . . . .	136	5.2.3 Edelstahlrohre . . . . .	146
5.1.1 Pumpentypen . . . . .	137	5.2.4 Oberflächenbehandlung von Edelstählen . . . . .	146
5.1.2 Kennlinien und Pumpenauslegung . . . . .	140	5.2.5 Korrosion . . . . .	148
<b>5.2 Werkstoffe für Behälter, Verpackungen, Leitungen und Maschinen</b> . . . . .	142	5.2.6 Aluminium . . . . .	149
5.2.1 Vom Eisen zum Stahl . . . . .	142	5.2.7 Kunststoffe in der Lebensmitteltechnik . . . . .	150
5.2.2 Nichtrostende Stähle in der Lebensmittelwirtschaft . . . . .	145	<b>5.3 Sensor-Messtechnik: Erfassung und Verarbeitung von Messdaten</b> . . . . .	152



## 6 Die erste Verarbeitungsstufe: Wertstoffgewinnung aus agrarischen Rohstoffen

<b>6.1 Grundoperationen bei der Wertstoffgewinnung</b> . . . . .	163	6.3.2	Schwerkraftsysteme zur Trennung von Suspensionen und Emulsionen . . . . .	184
6.1.1 Vorbehandlung der Rohstoffe . . . . .	164	6.3.3	Entspannungsflotation durch die Benetzung von Teilchen . . . . .	189
6.1.2 Mechanisches Desintegrieren von tierischen und pflanzlichen Geweben . . . . .	164	<b>6.4 Neuere Techniken für die Lebensmittelindustrie</b> . . . . .	190	
<b>6.2 Stoffübergänge nach Zusatz von Extraktionsmitteln</b> . . . . .	169	6.4.1	Roboter . . . . .	190
<b>6.3 Mechanische Trenntechniken zur Wertstoffgewinnung</b> . . . . .	170	6.4.2	Ultraschall-Anwendungen . . . . .	191
6.3.1 Filtersysteme und Pressen zur Fest-Flüssig-Trennung . . . . .	173	6.4.3	Mikroverkapselung . . . . .	192
6.3.1.1 Oberflächen- bzw. Siebfiltration . . . . .	173	6.4.4	Hochdruck-Homogenisation . . . . .	195
6.3.1.2 Tiefenfiltration . . . . .	178	6.4.5	Emulgatortechnik und Texturierung von Lebensmitteln . . . . .	195
6.3.1.3 Anschwemmfiltration . . . . .	181	6.4.6	Intelligente Verpackungen und Barrieren . . . . .	196
6.3.1.4 Sonderfall Pressen . . . . .	182	6.4.7	Industrie 4.0 . . . . .	197

## 7 Die Verarbeitung zu Lebensmitteln

<b>7.1 Getreideprodukte</b> . . . . .	199	7.3.5	Spirituosen . . . . .	237
7.1.1 Erste Verarbeitungsstufe: Wertstoffextraktion in Getreidemöhlen . . . . .	199	7.3.6	Entalkoholisierung von Wein oder Bier . . . . .	239
7.1.2 Zweite Verarbeitungsstufe: Veredlung der Extrakte . . . . .	208	7.3.7	Erfrischungsgetränke (Softdrinks) . . . . .	241
7.1.2.1 Stärke- und Proteingewinnung . . . . .	208	<b>7.4 Speiseöle und Speisefette</b> . . . . .	243	
7.1.2.2 Metabolisierung von nativer Stärke . . . . .	208	7.4.1	Die Ölgewinnung . . . . .	246
7.1.2.3 Vom Mehl zu Backwaren . . . . .	211	7.4.2	Raffination am Beispiel von Sojaöl, Sonnenblumenöl und Palmöl . . . . .	249
7.1.2.4 Teigwaren . . . . .	221	7.4.3	Weitere Veredlungsmöglichkeiten von Ölen und Fetten . . . . .	249
<b>7.2 Kartoffeltechnologie</b> . . . . .	221	7.4.4	Olivenverarbeitung . . . . .	253
<b>7.3 Getränketechnologie</b> . . . . .	225	<b>7.5 Milch und Milcherzeugnisse</b> . . . . .	257	
7.3.1 Trinkwasser, Mineral- und Heilwasser . . . . .	225	7.5.1	Trinkmilch: UHT-Milch, Frischmilch, ESL-Milch . . . . .	257
7.3.2 Von der Traube zum Wein . . . . .	229	7.5.2	Produkte aus Milchfett . . . . .	262
7.3.3 Frucht- und Gemüsesäfte . . . . .	232	7.5.3	Erzeugnisse durch Dicklegung I: Joghurt, Sauermilch, Kefir . . . . .	264
7.3.4 Bier . . . . .	235			

7.5.4	Erzeugnisse durch Dicklegung II: Frischkäse .....	266	7.9.1	Schlachtvorgang .....	283
7.5.5	Erzeugnisse durch Dicklegung III: Käse mit Reifung .....	266	7.9.2	Schlachtkörperzerlegung und Fleischqualität .....	283
7.5.6	Molke als Rohstoff für Proteine, Laktose, Phospholipide und Kalzium .....	270	7.9.3	Fleischreifung (Abhängen).....	285
<b>7.6</b>	<b>Kaffee</b> .....	273	7.9.4	Herstellung von Fleisch- erzeugnissen I: Wurstwaren.....	287
<b>7.7</b>	<b>Kakao und Schokolade</b> .....	275	7.9.4.1	Rohwurst .....	287
<b>7.8</b>	<b>Zucker aus Zuckerrübe bzw. Zuckerrohr</b> .....	277	7.9.4.2	Brühwurst .....	291
<b>7.9</b>	<b>Fleisch und Fleischwaren</b> .....	280	7.9.4.3	Kochwurst .....	293
			7.9.5	Herstellung von Fleisch- erzeugnissen II: Rohschinken und gegarte Pökelfleischerzeugnisse ..	293
			<b>7.10</b>	<b>Extrusionsprodukte</b> .....	296

---

## 8 Innovative Lebensmittel zur Proteinversorgung

<b>8.1</b>	<b>Pflanzliche Proteine</b> .....	299	<b>8.4</b>	<b>Algen</b> .....	307
<b>8.2</b>	<b>Insekten</b> .....	302	<b>8.5</b>	<b>Aquakulturen</b> .....	308
<b>8.3</b>	<b>In-vitro-Fleisch und Proteine aus der Präzisionsfermentation</b> .....	304			

---

## 9 „New Food“: Die Zukunft der Lebensmitteltechnologie für die Ernährung von 10 Milliarden Menschen

<b>9.1</b>	<b>Lebensmittelindustrie und Ernährungsregime</b> .....	309	<b>9.4</b>	<b>Ethik in der Lebensmittelwirtschaft</b> .....	318
<b>9.2</b>	<b>Die Ernährung von 10 Milliarden Menschen</b> .....	313	<b>9.5</b>	<b>Nachhaltigkeit als übergreifender Begriff zukünftiger Ernährung</b> .....	320
<b>9.3</b>	<b>Gesellschaftlicher Wandel</b> ....	316			

---

<b>Literatur</b> .....	322
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	327
<b>Sachverzeichnis</b> .....	329

# Vorwort zur 1. Auflage

Die Nahrungsaufnahme ist nach dem Atmen die elementarste Aktivität des Menschen. Ohne zu trinken rechnet sich seine Lebenserwartung in Tagen, ohne zu essen in wenigen Wochen. Die Geschichte des Menschen ist eine Geschichte des Kampfes um die erforderliche Kalorienmenge, gewonnen in einer meist feindlichen Umwelt. Wer sichere Nahrungsquellen zur Verfügung hatte und effizient damit umzugehen wusste, verfügte über einen enormen Überlebensvorteil. Der Zwang zur regelmäßigen Kalorienzufuhr kollidierte aber mit einer oft periodischen, meist sehr unregelmäßigen Verfügbarkeit von geeigneten Lebensmitteln. Vor allem Wintermonate mussten mühsam überbrückt werden. Hungersnöte waren regelmäßige Begleiter, und eine Vorratshaltung war überlebenswichtig. Gelagerte Biomasse aber neigt generell zu raschem mikrobiologisch oder chemisch verursachtem Verderb, sie wird schnell ungenießbar und gesundheitsgefährdend. Die fruchtbare Phase zwischen Werden und Vergehen ist bei Obst oder Fleisch sehr klein, bei harten, trockenen Knollen, Wurzeln oder Nüssen zum Glück deutlich länger. Von Anfang an war das Überleben der Menschheit immer auch ein Kampf um die Haltbarmachung von Lebensmitteln.

Die wohl wichtigste kulturelle Leistung der frühen Menschheit war die Beherrschung des Feuers, die Archäologen und Anthropologen vor etwa 1,9 Millionen Jahren datieren. Mit dem Feuer stand nicht nur eine Waffe gegen Fressfeinde zur Verfügung, vor allem konnten Lebensmittel durch Kochen oder Braten haltbarer und verdaulicher gemacht werden. Die verbesserte Ernährungseffizienz förderte die menschliche Entwicklung, das Gehirnvolumen verdreifachte sich von damals bis heute. Deren Kreativität und Intelligenz ermöglichten es den Menschen, in allen Habitaten der Erde zu siedeln und Methoden zur Gewinnung der jeweiligen Lebensmittel und ihrer Haltbarmachung zu entwickeln. So konnte sich der Mensch auf der ganzen Erde ausbreiten.

Die Fähigkeit zur Konservierung von verderblichen Lebensmitteln ist einer der grundlegenden Unterschiede zwischen Mensch und Tier, auch wenn Tiere wie der Regenwurm oder das Eichhörnchen durchaus eine Art Vorratshaltung betreiben. Frühe Innovationen waren das Trocknen, und als Salz in ausreichender Menge zur Verfügung stand, das Pökeln. Später, in der Phase des Übergangs vom Jäger und Sammler zum Ackerbauern und Viehzüchter, wurde die Fermentation als weitere Technik der Konservierung entdeckt. Alkohol bzw. Säure in Bier, Sauerkraut oder Essig schützen vor raschem Verderb. Die Hochkulturen des Altertums verfügten bereits in begrenztem Umfang über Möglichkeiten zur Kühlung. Chemisch wurden Weine z. B. bereits zur christlichen Zeitenwende mit Schwefel oder Harz haltbar gemacht. Ein weiterer Innovationssprung war die Erfindung der thermisch haltbar gemachten Konserve, gefördert und gefordert von Napoleon, auf der Suche nach einer sicheren Verpflegung für seine Feldzüge. Die Geschichte der Menschheit ist eng mit lebensmitteltechnischen Methoden verknüpft, eine Tatsache, die in ihrer Selbstverständlichkeit vielfach in Vergessenheit geraten ist.

Die moderne Lebensmitteltechnologie benutzt in unendlicher Variantenvielfalt prinzipiell die gleichen Methoden wie unsere Vorfahren, ergänzt um zahlreiche moderne Techniken. In den entwickelten Ländern ist dank des Zusammenwirkens von Agrarwirtschaft und Lebensmitteltechnologie Hunger praktisch nicht mehr vorhanden. Lebensmittel stehen in unüberschaubarer Vielfalt und ausreichender Menge zur Verfügung, im Gegenteil: Der Überfluss ist bereits zum Problem geworden.

Das vorliegende Buch beschreibt die Lebensmitteltechnologie als Bindeglied zwischen der agrarischen Erzeugung der Biomasse und dem Verzehr eines zubereiteten Lebensmittels durch den Menschen. Es ist ein Buch, das sich mit den ingenieur- und den naturwissenschaftlichen Grundlagen dieses interdisziplinären Fachge-

biets beschäftigt, nicht zuletzt aber mit den Strukturen der Rohstoffe sowie mit ihren natürlichen oder technisch induzierten biologischen und chemischen Reaktionen, die zu einer Veredlung führen sollen. Zwei umfangreiche Kapitel behandeln die Verfahrenstechnik der Gewinnung und Herstellung der wichtigsten Lebensmittel und ihre spezifischen Geräte und Anlagen.

Die „Lebensmitteltechnologie“ wendet sich primär an Studierende des weiten Bereichs der Lebensmittelwissenschaften, aber auch an aktive Technologen oder Manager, die sich Zusammenhänge erarbeiten wollen. Der Leser sollte naturwissenschaftlich-technische Kenntnisse mitbringen, die mit Abitur-Grundkursen in Bio-

logie, Chemie und Physik gegeben sind. Das Buch weist lediglich einen Autor aus. Angesichts der Breite des Stoffs wurden mehrere Spezialisten gebeten, jeweils einzelne Kapitel kritisch zu begleiten, Fehler und Redundanzen anzumerken bzw. Lücken zu schließen. Dank dafür gilt Walter Hammes, Christian Schick, Mario Jekle, Steffen und Astrid Hruschka, Christian Frahm, Klaus Peter Eickhoff, Daniel Wetter, Timo Schrodtt und Markus Brandt, aber auch allen Firmen, die Grafiken oder Fotos zur Verfügung gestellt haben. Deren Unterstützung befreit den Autor aber nicht vor seiner alleinigen Verantwortung für Fehler oder Zweideutigkeiten.

Landau, im Herbst 2015

## Vorwort zur 3. Auflage

Auch die 2. erweiterte Auflage der Lebensmitteltechnologie fand großen Zuspruch und machte bald eine 3. Auflage erforderlich. Diese kommt in einer Zeit, die von Disruptionen geprägt ist. Die politisch aufgeladenen Stichworte lauten unter anderem Agrarwende, Klimawende, Ernährungswende, manch ein Politiker spricht bereits von Zeitenwende. Letztlich geht es um eine Transformation unseres Ernährungssystems. Die Herausforderung für die Branche ist immens, denn 2050 müssen zudem rund 10 Milliarden Menschen auf der Erde, eine Steigerung von 25 %, nachhaltig und bezahlbar mit allen essenziellen und nichtessenziellen Nährstoffen versorgt werden. Insbesondere der Begriff der Nachhaltigkeit mit all seinen Facetten wird den Akteuren bei der Transformation als nicht verhandelbares Ziel vorgegeben: Niemand soll in Zukunft mehr verbrauchen als die Natur in der Lage ist, nachzuliefern. Nicht die Industrie, aber auch nicht der Verbraucher.

Die Herstellung von Lebensmitteln befindet sich inmitten eines großen Dilemmas, das so beschrieben wird: „Der Mensch ist dabei, sich durch seine Ernährung krank zu machen. Gleichzeitig macht die Art, wie er seine Nahrung herstellt, die Erde krank.“ Der Mensch und seine Ernährung sind Täter und Opfer gleichermaßen. Problematisch diskutiert werden vor allem die Treibhausgasproduktion bei der Herstellung von Lebensmitteln, die Eutrophierung der Gewässer, die Zerstörung der Ackerböden oder die Massentierhaltung mit ihren ethischen Herausforderungen.

Genau an diesen Stellen soll die Ernährungswende ansetzen. Das vorliegende Buch kann nur auf den Teilbereich der Verarbeitung eingehen und moderne Technologien ansprechen, die veränderungsbereite Konsumenten mit schmackhaften neuen Lebensmitteln, vor allem Proteinen, versorgen. Dutzende Start-ups, aber

auch die Platzhirsche stehen mit kreativen Produkten in den Startlöchern. Die Branche ist derzeit auch noch auf der Suche nach verbindlichen Namen für die neuen Lebensmittel. Novel Food als bekannter Begriff ist vom Gesetzgeber vereinnahmt und subsummiert alle anderen. Die Praxis spricht von New Food, NextGenProteins, von kultiviertem Fleisch, Laborfleisch, zellulärer Landwirtschaft usw., ein Zeichen für große Dynamik, wo sich aber die endgültige Richtung noch herauskristallisieren muss. Die Herausforderung des Technologen besteht darin, die Zusammenhänge zu überblicken.

Bei all diesen zukünftigen fundamentalen Veränderungen darf nicht vergessen werden, dass Standardprodukte aus tierischen Rohstoffen, Getreide oder Speiseöl weiterhin die kalorische Basis der menschlichen Ernährung sein werden. Der Trend zu Convenience, zu Tiefkühlpizza und Dosenravioli ist ungebrochen. Die dazu erforderlichen und bewährten Technologien besitzen weiterhin einen hohen Stellenwert und dürfen nicht vernachlässigt werden. Sie effizienter und wettbewerbsfähiger zu gestalten, ist die immerwährende Herausforderung für die Branche. Automatisierung durch Sensor-Messtechnik und künstliche Intelligenz helfen dafür zunehmend auch in der Lebensmittelwirtschaft. Damit sollen nicht zuletzt Lebensmittelverluste verringert werden, die auf allen Ebenen der Wertschöpfungskette nach wie vor ein ungelöstes ethisches und wirtschaftliches Problem sind.

Die kommenden Jahre werden für die Lebensmittelwirtschaft im Allgemeinen und die Technologie der Verarbeitung im Besonderen herausfordernd, auf jeden Fall spannend. Es ist zu wünschen, dass die vorliegende 3. Auflage der Lebensmitteltechnologie dabei ein hilfreicher Begleiter sein kann.

Landau, im März 2024

# 1 Einführung: Lebensmitteltechnologie im gesellschaftlichen und historischen Kontext

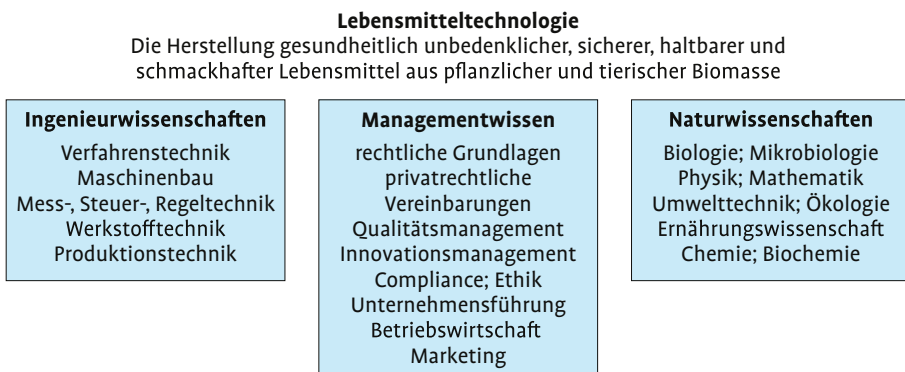
## 1.1 Prinzipien der Lebensmitteltechnologie

Dieses Buch beschäftigt sich mit den Prozessen und Vorgängen, die bei der Verwertung und Veredlung landwirtschaftlich erzeugter Rohstoffe eine Rolle spielen. Deren Ziel ist die Herstellung von Lebensmitteln, die gesetzeskonform und im Detail rückverfolgbar produziert wurden sowie gesundheitlich unbedenklich, haltbar und schmackhaft in einer geeigneten Verpackung an den Lebensmittelhandel oder an Großabnehmer verkauft werden. Die wissenschaftliche Disziplin, die sich mit diesen Umwandlungs- und Veredlungsvorgängen von Biomasse beschäftigt, ist die Lebensmitteltechnologie, mit der Pharma- und Biotechnologie die wohl wichtigste der sogenannten „Life Science“-Industrien. Zahlreiche neue Lebensmittel werden im Fermenter erzeugt, der Unterschied zwischen Bio- und Lebensmitteltechnologie verschwimmt immer häufiger. Die

Lebensmitteltechnologie ist eine angewandte Wissenschaft, die sich aus zahlreichen anderen wissenschaftlichen Disziplinen speist und diese integriert: Historisch waren das allein die **Ingenieurwissenschaften** und die **Naturwissenschaften** mit ihren zahlreichen Fachgebieten. Immer wichtiger wird der IT-Bereich als Basis für die Fabrikautomatisierung. In den letzten Jahren sind die Anforderungen an die Lebensmitteltechnologien beträchtlich gestiegen. Der harte Wettbewerb, ständig steigende Verbrauchererwartungen bezüglich Sicherheit und Vielfalt der Lebensmittel, die Internationalisierung der Warenströme und eine enger werdende Rechtsprechung haben die technische Ebene um eine **Managementebene** erweitert. Die Lebensmitteltechnologie ist demnach eine ausgeprägte Querschnittswissenschaft (Abb. 1.1). Die Ausbildung von Lebensmitteltechnologien an den Hochschulen setzt in der Regel Schwerpunkte. Das gesamte Spektrum abzudecken, ist vom Umfang her kaum zu schaffen. Generalistisch angelegte Managementaspekte sind in

**Abb. 1.1**

Die Lebensmitteltechnologie als angewandte, integrierende Querschnittswissenschaft



den letzten Jahren mehrfach in den Lehrplan mit aufgenommen worden. Lebensmitteltechnologien müssen spätestens als Führungskraft feststellen, dass die Ingenieur- und Naturwissenschaften wichtig, aber quasi nur die notwendige Voraussetzung zum Erfolg sind. In der betrieblichen Praxis besitzen der Spezialist und der als Generalist geforderte Manager Schnittmengen, die sich mit jedem Karriereschritt verschieben. Managementthemen werden ausführlich im Buch Lebensmittelmanagement (Hamatschek, 2013) behandelt.

Lebensmitteltechnologie ist die auf wissenschaftlichen Grundlagen beruhende Herstellung von Lebensmitteln aus hauptsächlich agrarischen Rohstoffen. Der Prozess besteht aus drei Modulen: dem **Rohstoff**, der **Technologie** und dem **Endprodukt**. Der Lebensmitteltechnologe muss die Spezifikation seiner eingesetzten Roh-, Zusatz- und Hilfsstoffe exakt kennen, dazu die des Endprodukts. Dabei greift er hauptsächlich auf Prinzipien der Naturwissenschaften zurück. Jedes Produkt lässt sich anhand seiner chemischen, biologischen oder physikalischen Eigenschaften beschreiben. Die Technologie ist schließlich der gesamte Pro-

zess innerhalb der **Wertschöpfungskette** vom Rohstoff zum Endprodukt. Er besteht aus verschiedenen Grundoperationen und erfordert zur Realisierung eine maßgeschneiderte Apparate-, Maschinen- und Sensor-Messtechnik.

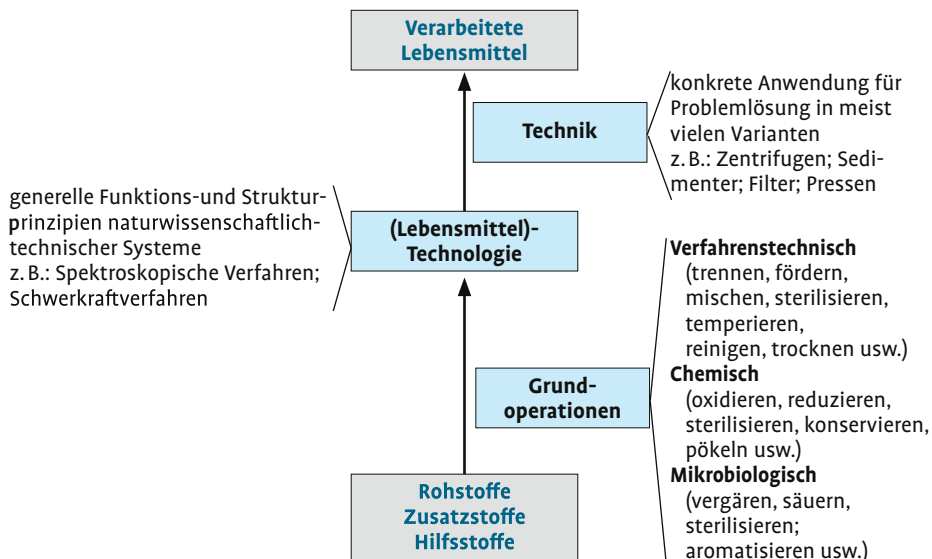
Der Begriff **Technologie** beschreibt die Lösungsprinzipien, die Produkten oder Verfahren zugrunde liegen. Beispiele sind die Prinzipien der Schwerkraft oder der Spektroskopie. Basis einer Technologie sind wissenschaftliche Grundsätze und **Theorien**, die allgemein anerkannt sind. Eine Theorie ist in der Wissenschaft die höchste Stufe der Erkenntnis. Sie war in der Regel zuvor als **Hypothese** formuliert worden, d. h. als begründete Annahme oder Postulierung. Im weiteren Verlauf konnte sie weiter bestätigt und zu einer Theorie verdichtet werden.

**Technik** bezieht sich auf eine mögliche konkrete Umsetzung einer Problemlösung. Beispiele sind Filtersysteme oder Pressen in unterschiedlichen Ausführungen, die alle letztlich zum gewünschten Ergebnis führen können.

Jede Technik führt eine oder mehrere **Grundoperationen** aus, die in der Summe das gewünschte Endprodukt ergeben. Grundoperationen gibt es aus den Bereichen der Mikrobiolo-

Abb. 1.2

Das Grundprinzip des lebensmitteltechnologischen Vorgehens



logie, der Chemie oder der Verfahrenstechnik zahlreiche. Abbildung 1.2 erläutert die Definitionen im Zusammenhang. Tabelle 1.1 zeigt die wichtigsten Grundoperationen und ihre Varianten bei der Herstellung von unterschiedlichen Lebensmitteln. Die wichtigsten Grundoperationen wie Filtrieren oder Erhitzen wer-

den in Kap. 6 erläutert, da sie bei mehreren Produkten eingesetzt werden. Spezifischere Verfahren wie Conchieren, Rösten oder Extrudieren finden sich in den produktbezogenen Abschnitten von Kap. 7 und 8.

Die Vielfalt der Lebensmitteltechnologie spiegelt sich auch in der Anzahl von **Fachmessen** in

**Tab. 1.1**

Zusammenstellung wichtiger Grundoperationen und Verfahrensvarianten in der Lebensmitteltechnologie.

Verfahrensschritt als Grundoperation	Verfahrensvariante	Beispiele aus der Lebensmittelproduktion
<b>mechanisches Trennen</b>		
fest-flüssig, flüssig-flüssig	Sedimentation	Wein, Bier, Saft, Zuckerlösung
	Flotation	Saft, Abwasser
	Zentrifugation, fest-flüssig	Hefe, Stärke, Saft, Wein, Bier, Molke,
	Zentrifugation, flüssig-flüssig	Milch, Molke, Speiseöle
	Hydozyklon	Saft, Stärke
	läutern	Bierwürze
	Anschwemmfiltration	Saft, Bier, Wein, Zucker, Speiseöle
	Filterpressen	Saft, Zucker, Speiseöle
	Schichtenfiltration	Saft, Wein, Bier
	Modultiefenfiltration	Wein, Bier
	Membranfiltration, statisch	Wein, Bier
	Membranfiltration, dynamisch (CMF, UF)	Saft, Wein, Bier, Frischkäse, Molke, Milch
	Diffusionsfiltration (NF, RO, Pervaporation)	Wein, Bier, Wasser
	Dialyse, Elektrodialyse	Wein, Wasser
	waschen	Obst, Kartoffeln, Rüben, Wurzelgemüse
	passieren	Obst
	<b>mechanisches Trennen</b>	
fest-fest	entkernen, entsteinen, entstielen	Obst (Kirschen, Trauben, Pflaumen)
	schälen	Kartoffeln, Karotten
	enthäuten	Nutztiere
	ausbeinen	Nutztiere
	Federn/Haare abtrennen	Geflügel
	sortieren (nach physikalischen Eigenschaften)	
	klassieren (nach Korngröße)	Getreide
	ausschleusen, mechanisch oder magnetisch	Getreide, Gemüse, Obst, Pilze
	windsichten	Getreide



**Tab. 1.1** (Fortsetzung)

Zusammenstellung wichtiger Grundoperationen und Verfahrensvarianten in der Lebensmitteltechnologie.

<b>Verfahrensschritt als Grundoperation</b>	<b>Verfahrensvariante</b>	<b>Beispiele aus der Lebensmittelproduktion</b>
<b>mechanisches Trennen</b>		
fest-gasförmig	Entstaubung	Getreide, Braumalz
	entschäumen, Schaumbrechung	Wein, Hefeherzeugung
<b>zerkleinern, desintegrieren</b>		
mechanisch	mahlen	Getreide, Obst
	homogenisieren/ultrahomogenisieren	Milch, Smoothies
	ultraschallschneiden	Gemüse
	wasserstrahlschneiden	
	kuttern, wolfen	Fleisch, Wurst
enzymatisch	Handelsenzyme	Früchte
<b>Stoffvereinigung, dosieren</b>		
flüssig-flüssig, flüssig-fest, fest-fest, flüssig-gasförmig	rühren von Flüssigkeiten	Getränke
	kneten	Teig
	mischen von Feststoffen	Mehl, Nussmischungen
	emulgieren (Flüssig-Flüssig-Verteilung)	Süßwaren-Füllungen, Speiseöl-Emulsionen
	Agglomeration (Brikettierung, tablettieren)	Fertigsuppen, Gewürze
	suspendieren (Fest-Flüssig-Verteilung)	
	Schaumbildung (flüssig-gasförmig)	Sahne, Teig, Schaummassen, Karamell
<b>thermische Trennverfahren</b>		
fest-flüssig	abdampfen	
	trocknen	Getreide
	Kristallisation	
	gefriertrocknen (Sublimationstrocknen)	Mikroorganismen
flüssig-flüssig	Destillation	Spirituosen
	Rektifikation	
	Kristallisation	Zucker

**Tab. 1.1** (Fortsetzung)

Zusammenstellung wichtiger Grundoperationen und Verfahrensvarianten in der Lebensmitteltechnologie.

Verfahrensschritt als Grundoperation	Verfahrensvariante	Beispiele aus der Lebensmittelproduktion
<b>chemische Stoffumwandlungen</b>		
	Flockung	Getränke
	Fällung	Zucker, Salz
	aussalzen	
	Fermentation, mikrobiell	Essig, alkoholische Getränke, Käse
	Fermentation, enzymatisch	Getränke, Frischkäse
	adsorbieren	
	kristallisieren, umkristallisieren	Zucker, Salz
	Ionenaustausch	Zucker
	extrahieren, wässrig oder mit Lösungsmittel	Eiweiße, Zucker, Speiseöl
	rösten	Kaffeebohnen
<b>Haltbarmachung</b>		
thermisch	Pasteurisation	Saft, Wein, Bier, Milch
	Sterilisation, Ultrahecherhitzung	Milch
	trocknen/gefriertrocknen	Früchte
	Ohm'sche Erhitzung	
	kühlen, Kühlkette	Molkereiprodukte, Frischprodukte
	blanchieren	Gemüse
	kochen räuchern	Eier Fleischwaren, Fisch
physikalisch	gepulste elektrische Felder	
	hydrostatischer Hochdruck	
	Sterilfiltration	Getränke, Wasser
	Sauerstoffentzug	
	Kohlenstoffdioxid	Traubensaft (Süßreserve)
	Bestrahlung	Gewürze
	Mikrowellentrocknung	
	osmotischer H <sub>2</sub> O-Entzug	
	Säuerung	Sauerkraut, Essig
	CA-Lagerung	Obst
	Phasenumwandlung	Butter

**Tab. 1.1** (Fortsetzung)

Zusammenstellung wichtiger Grundoperationen und Verfahrensvarianten in der Lebensmitteltechnologie.

Verfahrensschritt als Grundoperation	Verfahrensvariante	Beispiele aus der Lebensmittelproduktion
physikalisch	Schutzgasatmosphäre	verpackte Frischwaren
	eindicken (Geliermittel)	Marmelade, Gelee
	entbluten	Fleisch
chemisch	Konservierungsmittel (SO <sub>2</sub> , Sorbinsäure, Alkohol, Räuchern, Pökeln)	Getränke, Spirituosen, Fleisch, Wurst
mikrobiologisch	mikrobielle Stoffumwandlung, Artendominanz	alkoholische Getränke, Sauerkraut, Essig
	Oxidasen in Verpackung	O <sub>2</sub> -empfindliche Produkte
<b>Spezialverfahren</b>		
	instantisieren	Teepulver, Kaffeepulver
	conchieren	Schokolade
	granulieren, pelletieren	
	Verkapselung/Mikroverkapselung	
	Extrusion	Gebäck
	frittieren	Pommes
	imprägnieren	
	koagulieren	
	schmelzen	Schmelzkäse
	carbonisieren	Getränke
	Coating	
	toasten	Holzfässer

Deutschland wider. Leitmesse mit dem größten Spektrum und über 1307 Ausstellern im Jahr 2024 ist die ANUGA FoodTec, die alle drei Jahre in Köln stattfindet. In den einzelnen Hallen finden sich jeweils Themenschwerpunkte, die im Buch aufgegriffen werden. Der Schwerpunkt liegt auf Prozesstechnik und Rohstoff, nachfolgend fett gedruckt:

- **Prozesstechnik**
- Verpackung, Verpackungstechnik (inklusive Abfülltechnik)
- **Automation**, Datenverarbeitung, **Steuer- und Regeltechnik**
- **Lebensmittelsicherheit, Qualitätsmanagement**
- Betriebsmittel, Umwelttechnik, Biotechnologie
- Klima- und Kältetechnik
- Förder-, Transport- und Lagereinrichtungen, Logistik
- **technologische Hilfsstoffe, Ingredients (Zutaten)**
- **Bauteile, Baugruppen, Oberflächentechnik, Zubehör**
- Dienstleister, Organisationen, Verlage

Getränkemessen sind die jährlich stattfindende BRAU in Nürnberg oder die DrinctecInterbrau, die alle vier Jahre in München gastiert. Die Schüttguttechnologie wird durch die powtech in Nürnberg repräsentiert, der große Bereich der Abfüllung und Verpackung alle drei Jahre durch die Interpack in Düsseldorf. Als spezielle Fleischtechnologie-Messe ist die IFFA etabliert, die alle vier Jahre in Frankfurt abgehalten wird. Daneben sind für Lebensmitteltechnologien Messen von Interesse, die sich mit Hygiene, Analytik oder anderen Spezialthemen wie „Food Ingredients“ beschäftigen.

## 1.2 Die Lebensmitteltechnologie als Teil der „Food Value Chain“

Die Lebensmittelverarbeitung ist nur ein Teilstück des gesamten Weges „vom Acker zum Verbraucher“ („from Farm to Fork“), der in der Literatur als „Food Value Chain“ oder Agribusiness bezeichnet wird und aus sieben Stufen besteht (Strecker et al., 2010). Die ersten drei Stufen betreffen die Produktionsbereiche der Landwirtschaft (z. B. Ackerbau, Weinbau, Viehhaltung, Aquakultur), dazu die vorgelagerten Bereiche der Landtechnik, Saatgut-, Futter-

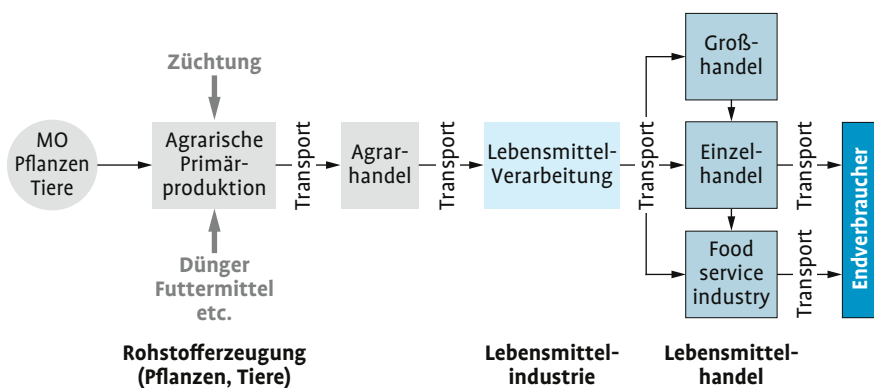
und Düngemittelproduktion bzw. die nachgelagerten Bereiche der Erfassungs- und Großhandelsstufe. Stufe sechs enthält die Sektoren des Lebensmittelhandels, d. h. des Lebensmitteleinzelhandels, des stationären Lebensmittelgroßhandels, des Lebensmittelzustellgroßhandels, der Exporteure und der Importeure. In Stufe sieben werden die Sektoren der Lebensmittelzubereitung durch Großverbraucher erfasst: Gastronomie, Systemgastronomie und Hotellerie, Gemeinschaftsverpflegung (Betriebe, Krankenhäuser, Schulen etc.), Dienstleistungsunternehmen (z. B. Catering). Abbildung 1.3 zeigt die Wertschöpfungskette grafisch im Zusammenhang (nach Berghofer 2015).

Die beiden Stufen vier und fünf sind diejenigen der Lebensmittelverarbeitung, mit denen sich dieses Buch beschäftigt. Es ist der Weg von der Rohware zur Tafelware, die üblicherweise nach einer küchentechnischen Zubereitung verzehrt werden kann. In der modernen Lebensmitteltechnologie ist die Trennung nicht immer eindeutig, vielfach gehen die beiden Stufen ineinander über. Es gehören zu den beiden Stufen:

- Sektoren der 1. Verarbeitungsstufe (Verarbeitung des landwirtschaftlichen Rohprodukts): Getreide- und Mahlmühlen, Schälmühlen, Ölmühlen, Schlachthöfe und Zerlegebetriebe, Stärkeverarbeitung, Kellereien, Obst- und Gemüseverarbeitung, Eiprodukte,

Abb. 1.3

Die Lebensmittelwirtschaft entlang der gesamten Lebensmittelkette (Alternative Namen: Agribusiness, Wertschöpfungskette, from farm to fork, food chain)



Fischverarbeitung, Zuckerfabriken, Mälzereien, Gewürzwerke.

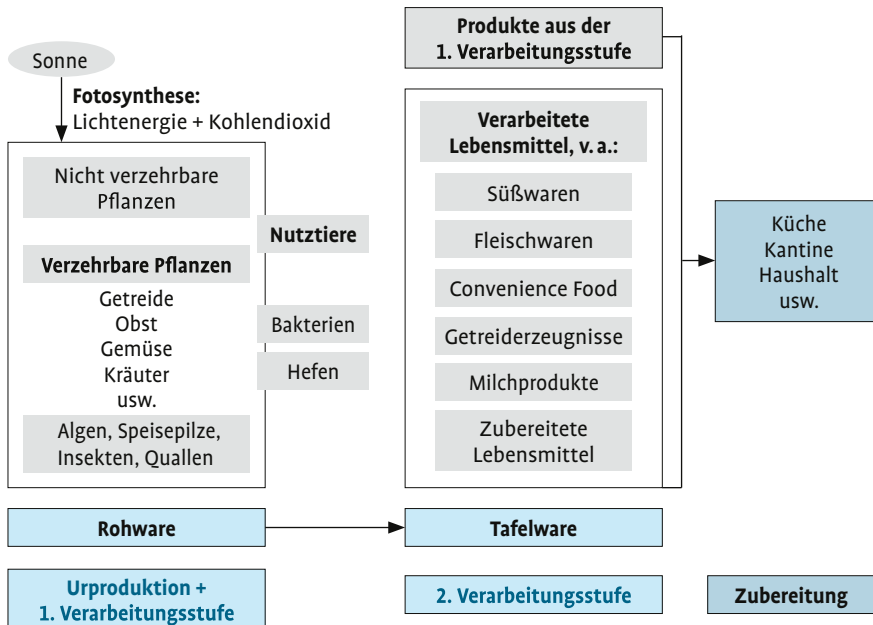
- Sektoren der 2. Verarbeitungsstufe (Veredlung von Rohprodukten): Brot und Backwaren, Bäckerhandwerk, Nahrungsmittel und Teigwaren, Fleischwaren, Fleischerhandwerk, Süßwaren, Essig, Molkereien, alkoholfreie Getränke, alkoholische Getränke, sonstige Verarbeitungsprodukte und Fertiggerichte in unterschiedlichen Produktions- und Erscheinungsformen.

Das Leben auf der Erde ist abhängig von der Strahlungsenergie der Sonne. Sie erlaubt den Pflanzen über die Photosynthese die Umwandlung von CO<sub>2</sub> in den C<sub>6</sub>-Körper Zucker und letztlich in alle nötigen Struktur- und Funktionsmoleküle zum Aufbau pflanzlicher Biomasse. Diese Biomasse dient Tieren und Mikroorganismen als Energielieferant. Pflanzenfresser ihrerseits sind die Futterbasis von Fleischfressern. Homo sapiens bedient sich als Omnivore aus tierischen und pflanzlichen Quellen. Bereits vor Jahrtausenden ist es ihm zudem gelungen,

sich den Stoffwechsel von Mikroorganismen zu nutzen zu machen. Abbildung 1.4 zeigt diese Zusammenhänge von der **landwirtschaftlichen Urproduktion** bis zum zubereiteten Endprodukt.

Der Gesetzgeber geht bei der 1. Verarbeitungsstufe der landwirtschaftlichen Urprodukte davon aus, dass es sich anschließend weiterhin um ein unbehandeltes Lebensmittel handelt (VO EG 1333). Unbehandelt sind „Lebensmittel, die keiner Behandlung unterzogen worden sind, die zu einer substantziellen Änderung des ursprünglichen Zustands der Lebensmittel führt; eine substantzielle Änderung liegt insbesondere nicht vor, wenn die Lebensmittel geteilt, ausgelöst, getrennt, ausgebeint, fein zerkleinert, enthäutet, geschält, gemahlen, geschnitten, gesäubert, garniert, tiefgefroren, gefroren, gekühlt, geschliffen oder enthülst, verpackt oder ausgepackt worden sind“. Nach dieser Definition gehören Zerlegebetriebe, Ölmühlen, Pressstationen für Obst und Gemüse oder Betriebe der Fischverarbeitung trotz eines teilweise hohen technologischen Aufwands zur Verarbeitungs-

**Abb. 1.4**  
Von der landwirtschaftlichen Urproduktion zum verzehrfähigen Lebensmittel



stufe 1. Fleisch, Fisch, Trinkmilch oder Gemüse aus dieser Stufe sind direkt verzehrbar oder können beispielsweise durch einfaches Erhitzen verzehrbar gemacht werden. Derartige **Frischprodukte** sind definitionsgemäß weder stabilisiert noch haltbar gemacht worden. Sie erfordern meist eine durchgängige Kühlkette, ihre Haltbarkeit ist begrenzt.

In einer entwickelten, arbeitsteiligen und hochgradig urbanen Gesellschaft sind die landwirtschaftlichen Urprodukte und/oder das Lebensmittel aus der 1. Verarbeitungsstufe üblicherweise der Rohstoff für die 2. Stufe. Dort werden Lebensmittel produziert, die auch unter widrigen Bedingungen längere Zeit stabil und haltbar sind. Aus Milch entstehen Käse oder Butter, Pflanzenöle werden raffiniert, Traubensaft wird zu Wein vergoren, oder aus Muskelfleisch entsteht Schinken. Der technologische Aufwand dafür kann beträchtlich ansteigen und die Verwendung von Zusatzstoffen aller Art erfordern. Die beiden Produktionsstufen können in einem Betrieb sequenziell durchgeführt werden, z. B. in Molkereien, oder getrennt in verschiedenen

Betrieben, z. B. Ölmühlen, die ihr Produkt zur Veredlung an Raffinerien abgeben.

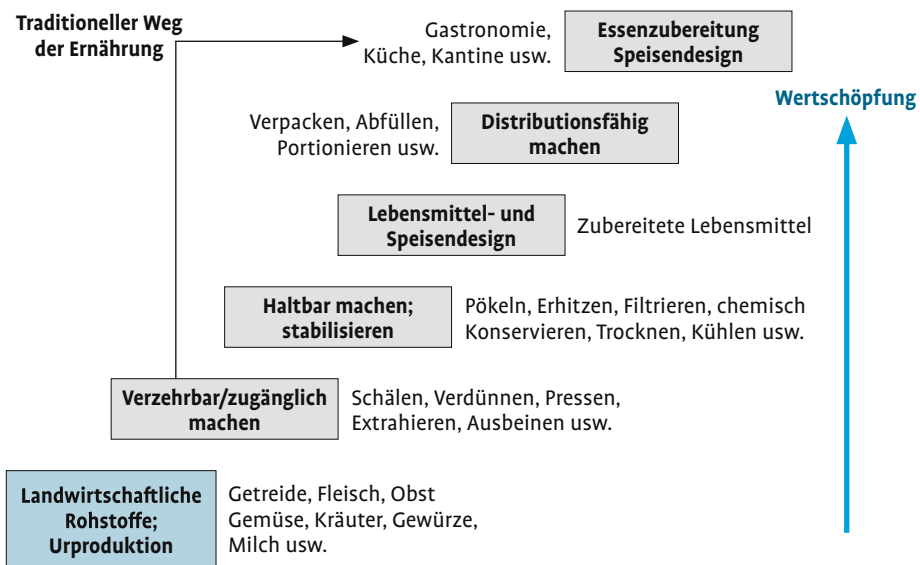
Die **Wertschöpfungskette** bis hin zum Verbraucher ist geprägt durch eine zunehmende Wertsteigerung im Verlauf des Verarbeitungs- und Distributionsprozesses. Unabhängig von den naturwissenschaftlich-technischen Grundoperationen lässt sich der Wertschöpfungsprozess auch produktorientiert darstellen (Abb. 1.5).

Nur wenige Lebensmittel, z. B. Obst oder Gemüse, sind direkt verzehrbar. In den meisten Fällen müssen die wertgebenden Inhaltsstoffe erst zugänglich bzw. verzehrbar gemacht werden. Dazu gehören z. B. die Kohlenhydrate des Getreides, der Kartoffel oder von Reis, aber auch der Saft aus der Traube oder der Karotte. Muskelfleisch ist nach dem Ausbeinen zwar zugänglich, aber praktisch nicht verzehrbar. Der leichte Verderb von Lebensmitteln zwingt zur **Haltbarmachung**, im Fall der Milch zusätzlich zur **Stabilisierung** gegen Aufrahmen oder bei Wein gegen Nachtrübungen.

Die moderne Lebensmittelindustrie steigert den Wert der bisher gewonnenen Produkte

**Abb. 1.5**

Die industrielle Wertschöpfungskette im Vergleich mit der vorindustriellen

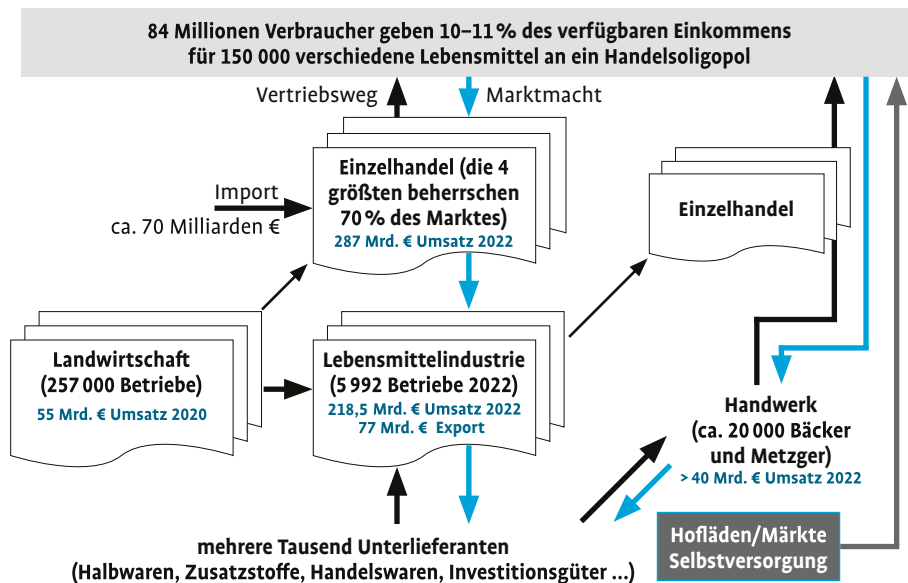


weiter durch Veredlung der zuzubereitenden Lebensmittel. Diese finden sich als abgepackte Ware im Einzelhandel und erlauben eine rasche und meist einfache Essenzubereitung in jeder Art von Küche. Damit werden dem „Convenience“-Bedürfnis zahlreicher Verbraucher und der Urbanisierung mit teilweise komplexer Logistik Rechnung getragen. Der historische, direkte und kurze Weg der unmittelbaren Zubereitung von Rohstoffen ist in weiten Teilen nicht nur in der deutschen Gesellschaft durch die Zubereitung von Fertigprodukten ersetzt worden. Sie machen in der westlichen Ernährung einen Anteil von mehr als 60% aus, in den USA sogar 70%. Der Verzehr sogenannter ultra-verarbeiteter Lebensmittel wird zunehmend von Medizinern und Ernährungswissenschaftlern kritisch gesehen. Mangel an Ballaststoffen und eine hohe Energiedichte in Verbindung mit zahlreichen Zusatzstoffen sollen eine Vielzahl von Krankheiten begünstigen. An erster Stelle Adipositas, aber auch Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Lebensmittelproduzierende Betriebe sind entweder Handwerksunternehmen oder Indust-

riebetriebe. Während Fleischer, Bäcker oder Konditoren über persönlichen Kundenkontakt verfügen, vermarktet die Industrie ohne direkten Bezug zum Endverbraucher über den Handel oder andere größere Abnehmer. Die Abgrenzung von Industrie und Handwerk ist unscharf. Man unterscheidet handwerkliche und industrielle Unternehmen weniger nach den Herstellungsverfahren als nach der Mitarbeiteranzahl. In der Lebensmittelwirtschaft erfasst die amtliche deutsche Statistik Betriebe des produzierenden Gewerbes ab einer Größe von 20 Beschäftigten. Die sich daraus ergebende Zahl an Betrieben wird in der Regel mit der Zahl der Industriebetriebe gleichgesetzt. Im Handwerk richtet sich die Zugehörigkeit nach der Zugehörigkeit zu Innungen, Kammern etc. und nicht nach der Betriebsgröße. In der Systematik der Handwerksorganisationen kann es auch größere Handwerksbetriebe geben. Die Lebensmittelindustrie in Deutschland ist eine Industrie des Mittelstands mit einigen global agierenden Leuchttürmen der Großindustrie wie Nestle, Unilever, Vion oder Kraft Foods. Mit Umsätzen über einer Milliarde Euro

Abb. 1.6

Der Absatz von Lebensmitteln



gehören aber auch Tönnies, Westfleisch oder Stute in das Konzert der Großen. In knapp 6000 Betrieben arbeiten mehr als 636 000 Menschen, die 2022 einen Umsatz in Höhe von 218 Milliarden Euro erwirtschafteten. Damit ist dieser Unternehmensbereich der viertgrößte Industriezweig in Deutschland (Abb.1.6). Abbildung 1.7 schlüsselt die Umsätze der Betriebe der Lebensmittelindustrie nach Branchen für das Jahr 2022 auf. Mit fast einem Viertel dominierte die Fleischwirtschaft vor den Molkereiprodukten und Backwaren. Die größten drei Branchen stehen für knapp 50 % des Gesamtumsatzes. Deren Technologien werden deshalb schwerpunktmäßig behandelt. Waren im Wert von über 77 Milliarden Euro gingen in den Export, wobei auch dabei die Fleischwirtschaft dominierte, gefolgt von der milchverarbeitenden Industrie (Jahresbericht 2023 der Bundesvereinigung der Ernährungsindustrie, BVE).

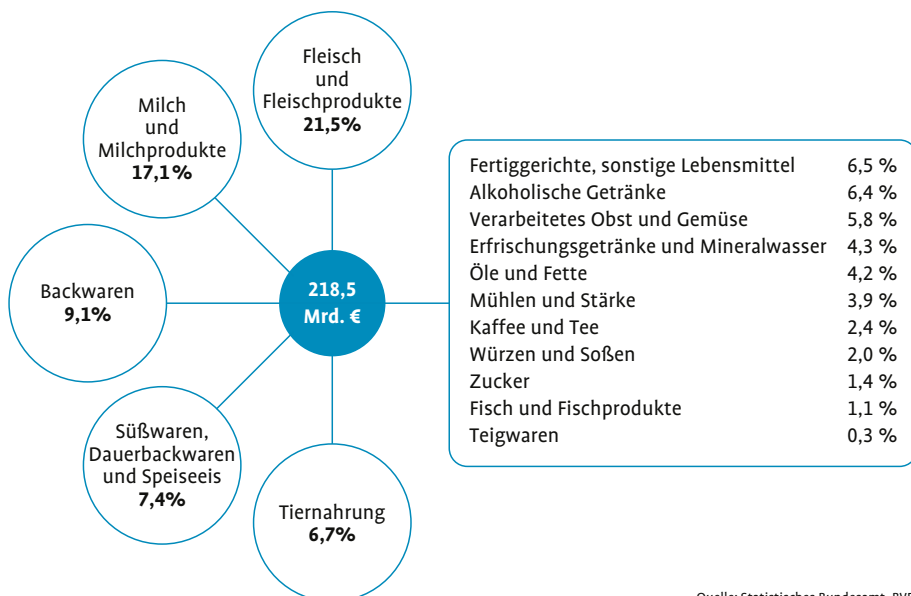
Die rund 6000 Betriebe der Lebensmittelindustrie liefern ihre Produkte überwiegend an den Lebensmittelhandel, ein oligopolartiges System, in dem die vier größten Unternehmen

über 70 % des Markts abdecken. Entsprechend hart ist der Wettbewerb für die Zulieferer. Sie sind ständig bemüht, diesem Druck über vermeintliche oder echte Innovationen auszuweichen. Der Handel seinerseits mahnt Innovationen regelmäßig an (Lebensmittel Zeitung, 2013). Handwerk und Industrie wiederum werden beliefert durch Tausende von Lieferanten für Roh-, Hilfs- oder Zusatzstoffe. Daneben existiert insbesondere in Deutschland eine schlagkräftige Investitionsgüterindustrie, die die Lebensmittelunternehmen baulich und technisch ausrüstet.

Handwerksbetriebe sind üblicherweise Kleinbetriebe, die aber mit denselben Grundoperationen arbeiten wie die Industrie. Auch zahlreiche Industriebetriebe sind eher den Kleinunternehmen zuzuordnen. Die grundlegenden Unterschiede zum Großbetrieb liegen in der Durchsatzmenge und der Maschinenteknik. Operieren Großbetriebe mit High-Tech-Maschinen, die hohe Investitionskosten und eine Bedienung durch Spezialisten erfordern, arbeiten kleinere Betriebe viel aufwendiger eher mit „Right Tech“ und Generalisten als Bedienungs-

**Abb. 1.7**

Anteile der Branchen am Umsatz der Ernährungsindustrie 2022 (BVE Jahresbericht 2023)



Quelle: Statistisches Bundesamt, BVE



**Tab. 1.2**

Technologische Unterschiede zwischen Groß- und Kleinbetrieben.

Großbetrieb	Kleinbetrieb
große Kapazitäten, hohe Stundenleistungen	niedrige Leistungen
Primat der Kostenbeherrschung, „Economy of Scales“, niedrige spezifische Kosten	Primat der Arbeitsbewältigung, hohe spezifische Kosten
Energie- und Ressourcenverbrauch hoch, aber spezifisch niedrig	Energie- und Ressourcenverbrauch niedrig, aber spezifisch hoch
Bedienung durch Spezialisten	Bedienung durch Generalisten
Investition: hoch, aber spezifisch niedrig	Investition: niedrig, aber spezifisch hoch
Serviceaufwand: hoch	Serviceaufwand: niedrig „Minimal Processing“
Kette mehrerer Prozessstufen, Automatisierung	
hohe Maschinenauslastung	niedrige Maschinenauslastung
Anlagen stationär, zentralisiert	mobile Anlagen
Hightech/Prozessoptimierung/Abteilungen	Right Tech/Einzelschritte
ISO-IFS usw. Zertifizierungen zwingend	Zertifizierung freiwillig
Managementdenkweise Pflicht	Managementdenkweise empfehlenswert

personal. Auch für diese ist aber die Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben (HACCP, Hygiene, Lebensmittelsicherheit) Pflicht. Die freiwilligen Vereinbarungen einer IFS z. B. sind dort weniger verbreitet. Soweit beide Betriebsstrukturen im selben Markt konkurrieren, schlagen die deutlich höheren spezifischen Produktionskosten zuungunsten der Kleinproduktion preislich durch. Sehr unterschiedlich ausgeprägt sind die Anforderungen an das Managementwissen. Das Handwerk ist gezwungen, sich mit anderen Verkaufsargumenten als einem niedrigen Preis zu positionieren und befindet sich aufgrund der schwierigen Rahmenbedingungen in einem harten Existenzkampf, den jedes Jahr zahlreiche Unternehmen verlieren. Tabelle 1.2 vergleicht die Situation beider Betriebsstrukturen. Industriell arbeitende Unternehmen sind auch besser in der Lage, die Chancen der Globalisierung zu nutzen. Das betrifft den Export von Waren, vor allem aber die Beschaffung von Roh- und Zusatzstoffen. Diese „**Food Chain**“ muss bezüglich Sicherheit, Verfügbarkeit und Effizienz aller Stoffe abgesichert werden. Dazu das Beispiel eines Herstellers von

Tiefkühlpizzen: Die tägliche Produktion liegt bei 2,5 Millionen Packungen mit unterschiedlichen Pizzen. Insgesamt umfasst die „**Supply Chain**“ 350 verschiedene Zutaten, die von 150 Zulieferern aus der ganzen Welt stammen (Sommer 2014). Laut Statistischem Bundesamt sind im Jahr 2021 in Deutschland fast eine Milliarde Tiefkühlpizzen verzehrt worden. Die Corona-Pandemie 2020 hat viele Unternehmen gelehrt, bei der Beschaffung nicht allein auf einen Lieferanten zu setzen und auch lokale Anbieter einzubeziehen.

### 1.3 Die Versorgung der Menschen mit Lebensmitteln als Hauptaufgabe der Lebensmitteltechnologie

Die Veränderungen der Lebensbedingungen in den Industrienationen haben zu einer starken Abnahme der körperlichen Aktivität geführt, vielfach ohne die Ernährung an den dadurch verringerten Energiebedarf anzupassen. Parallel mit den Veränderungen des Lebensstils und der Arbeitswelt fand ein grundlegender Wandel des Ernährungsverhaltens und der Esskultur statt. Diese Veränderungen sind sehr schnell und nur innerhalb weniger Generationen eingetreten. Gleichzeitig existiert ein großes Angebot von jederzeit verfügbaren, relativ preiswerten und schmackhaften Lebensmitteln. **Adipositas** ist zur derzeitigen Leitkrankheit geworden, viele Herz- Kreislauf-Erkrankungen oder Diabetes (als metabolisches Syndrom zusammengefasst) sind eine direkte Folge davon. Die Zahlen zeigen ein dramatisches Bild stetiger Verfettung. So sind nach gängiger **BMI-Messung** knapp 70 % aller Männer in Deutschland übergewichtig, ein Viertel mit einem Wert über 30 adipös. Bei den Frauen sind rund 50 % übergewichtig, davon ein Viertel adipös. Diese Werte sind niedriger als die der Männer, aber immer noch viel zu hoch. Weltweit gelten eine Milliarde Menschen als adipös (Mensink et al., 2013, DGE 2013).

Ein völlig anderes Bild bietet sich in zahlreichen unterentwickelten Ländern Asiens oder Afrikas. Weltweit leiden rund 800 Millionen Menschen an Unterernährung, zusätzlich bis zu zwei Milliarden an einseitiger Ernährung. Die Versorgung von prognostizierten 10 Milliarden Menschen im Jahre 2050 wird eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung, bei der die Lebensmitteltechnologie eine wichtige Rolle spielen muss (Weingärtner und Trentmann, 2011).

#### 1.3.1 Ernährung 3.0 und die industrielle Revolution

Mehr als 96 % der 2,4 Millionen Jahre währenden Evolution verbrachte der Mensch als Jäger und Sammler, bis er vor rund 10 000 Jahren mit der **Neolithischen Revolution** den Sprung in die Agrarwirtschaft vollzog. In der Mitte des vorletzten Jahrhunderts begann sich die dritte und vorläufig letzte Umwälzung in der menschlichen Ernährung abzuzeichnen. Zu dieser Zeit war die industrielle Revolution bereits in vollem Gange, die Bedeutung der Landwirtschaft nahm ab. Die Weltbevölkerung bewegte sich langsam auf die zweite Milliarde zu, Städte wuchsen explosionsartig. Arbeit gab es zunehmend außer Haus, die Eigenversorgung mit Lebensmitteln wurde zurückgedrängt.

Erste Betriebe der industriellen Herstellung von Lebensmitteln erschienen am Markt, Firmen wie Maggi und Dr. Oetker begannen ihre Erfolgsgeschichte. Die **Vermassung** erzwang eine Industrie, die Lebensmittel in großem Stil zu erzeugen vermochte und über eine ausgeklügelte weitverzweigte Logistik verfügte. Die **Globalisierung** bedeutet für die Ernährung die nahezu unbegrenzte Verfügbarkeit aller irgendwo auf der Welt erzeugten Lebensmittel oder Rohstoffe praktisch in Ernte-Echtzeit. Die zeitlich parallel verlaufende weitere **Industrialisierung** ihrerseits schaffte die Voraussetzung, durch noch intensivere Massenproduktion und Einsatz aller verfügbaren Rohstoffe eine kaum noch überschaubare Vielfalt an kostengünstigen und haltbaren Lebensmitteln zu erzeugen. Moderne Supermärkte bieten bis zu 60 000 verschiedene Produkte an.

Zurzeit leben etwa 50 % aller Menschen in Städten, im Jahre 2050 geht die Forschung von bis zu 80 % aus. Bei einem Bedarf von etwa 2000 kcal/Kopf und Tag muss Berlin mit 3,7 Millionen Einwohnern täglich mit 7,4 Milliarden Kilokalorien versorgt werden, die 21-Millionen-Metropole Sao Paolo benötigt rechnerisch sogar 42 Milliarden. Eine landwirtschaftliche Produktion innerhalb der Stadtgrenzen findet kaum statt, die Lebensmittel müssen vollumfänglich aus dem Umland kommen. Je länger diese ohne aufwendige Kühlkette haltbar sind, desto einfacher ge-

staltet sich die Logistik. Die Versorgung mit frischen, regional erzeugten Lebensmitteln kommt aufgrund der großen Zahlen an ihre Grenzen. Die Menschen sind auf eine effiziente Lebensmittelindustrie und eine globale Belieferung angewiesen. Kapitel 9 beschäftigt sich ausführlich mit diesen Aspekten der Lebensmitteltechnologie.

### 1.3.2 Energiegewinnung aus der Nahrung

Wie jedes technische System, das Arbeit verrichtet, muss auch der Mensch Kraftstoff aufnehmen. Von effizienten Maschinen unterscheidet ihn die Tatsache, dass er schon im Stand-by-Modus eine große Energiemenge benötigt. Er verbraucht viel Kraftstoff allein, um auch in völliger Ruhe Körperfunktionen wie Atmung, Herzschlag oder Stoffwechsel aufrechtzuerhalten. Der dazu nötige Energiebedarf wird **Grundumsatz** genannt und ist eine individuelle, von vielen Parametern abhängige Variable. Wird zusätzlich Arbeit verrichtet wie Rad fahren, Laufen, Muskularbeit generell bzw. durch eine geistige Tätigkeit, ist über den Grundumsatz hinausgehende Energie nötig: der **Leistungszuwachs**. Diese Größe ist eine Funktion der verrichteten Arbeit. Wo der Durchschnittsbürger am Tag zusätzlich 800 Kilokalorien benötigt, haben Tour-de-France-Fahrer bis zu 7000 und Marathon-Läufer etwa 3000 Kilokalorien extra bereitzustellen.

Für sein System aus Grundumsatz und Leistungszuwachs benötigt der Mensch eine Fülle von **Makro- und Mikronährstoffen**, die er durch die Nahrung aufzunehmen hat. Im hohen Grammbereich erforderlich sind die Grundbausteine der Ernährung: **Kohlenhydrate** (ca. 4,3 kcal Energieinhalt/g), **Proteine** (ca. 4,3 kcal/g) und **Fette** (ca. 9,3 kcal/g). Der Körper ist auf die Energieinhalte der Fette, Proteine und Kohlenhydrate angewiesen, die er in Form von Fleisch, Wurst, Käse, Gemüse oder Obst zu sich nimmt. Er muss sie dafür aber in einer für den Körper verwertbaren Form zuführen oder dazu selber umwandeln.

**Verdauung** ist letztendlich der Aufschluss komplexer Lebensmittel in ihre chemischen Grundbausteine. Bei Kohlenhydraten entstehen aus Polysacchariden wie Pektin oder Stärke die Einfachzucker Glukose, Fruktose oder Galaktose. Proteine bestehen aus 20 verschiedenen Aminosäuren und liegen im Körper als Gerüst- oder Funktionseiweiß in komplexen Strukturformen vor. Die verdrillte und oft mit anderen Verbindungen verwobene Quartärstruktur muss letztlich in mehreren Schritten bis zur Stufe der einzelnen Aminosäuren abgebaut werden. Fette bestehen aus Glycerin mit jeweils drei Fettsäuren, die ihrerseits in ihre Bestandteile hydrolysiert werden müssen. Nur die Monomere, d. h. vergleichsweise kleine Moleküle, kann der Körper verwerten und aus den Verdauungsorganen ins Blut und über den Blutkreislauf zu den nachfragenden Organen bringen. **Ballaststoffe** wie nicht geschroteter Leinsamen oder ganze Sonnenblumenkerne sind weitgehend unverdaulich und verlassen den Darm kaum verändert. Eiweiße werden in der Muskulatur hauptsächlich als Muskelfasern, aber auch als Aminosäuren gespeichert. Fettsäuren finden sich in großem Umfang im Fettgewebe. Für den Aufbau von Zellwänden werden nur vergleichsweise geringe Mengen benötigt. Der Rest verbleibt als Leistungsreserve im Körper, isoliert ihn als Unterhautfettgewebe oder puffert Organe gegen Stöße ab. Schlanke Menschen können einen Fettgehalt von unter 10% erreichen, stark übergewichtige Menschen einen von weit über 50%.

Tabelle 1.3 vergleicht den Wirkungsgrad von Lebensmitteln in Abhängigkeit ihres physikalisch-chemischen Zustands. Rohe Lebensmittel, soweit überhaupt vom Menschen zu verwerten, benötigen viel Aufwand für die Verdauung, ihre Energieausbeute ist vergleichsweise niedrig. Die Verarbeitung erhöht die **Verdaulichkeit** beträchtlich, die Energieausbeute steigt dadurch. Noch höher ist der Wirkungsgrad bei vielen industriell behandelten Lebensmitteln. Die ersten Schritte der menschlichen Verdauung haben bereits während der Herstellung stattgefunden, die Inhaltsstoffe können oft ohne weitere Arbeit des Körpers bereits im ersten Abschnitt des Dünndarms direkt in die Blutbahn überführt werden. „Fast Food“ ist meist ballaststofffrei

**Tab. 1.3**

Energieeffizienz von Lebensmitteln in Abhängigkeit von ihrem physikalisch-chemischen Zustand (Hamatschek, 2013).

	originär, roh, energiearm	originär, erhitzt	raffiniert, erhitzt, hohe Energiedichte
<b>Verdaulichkeit</b>	+	++	+++
<b>Nettobrennwert</b>	niedrig	mittel	hoch
<b>Aufwand für Verdauung</b>	+++	++	+
<b>Wirkungsgrad</b>	+	++	+++
<b>Beispiele:</b>			
Mehl	unverdaulich	Vollkorn, 70 % Aufnahme	ausgemahlen, 100 % Aufnahme
Fleisch	unverdaulich	braten	Brät
Obst, Gemüse	roh	Püree	Saft
Kartoffel/Reis	unverdaulich	gekocht	Sirup
Zuckerrohr	unverdaulich	gekocht	Sirup
Fastfood	-	-	z. B. Hamburger
Süßigkeiten	-	-	z. B. Pralinen

und quasi schon „halb verdaut“. Der hauptsächliche Verzehr industriell zubereiteter Lebensmittel mit ihrem leicht verwertbaren, oft sehr hohen Energieinhalt spielt sicherlich eine nicht unwesentliche Rolle bei der Gewichtszunahme vieler Menschen. Gleiches wird für den Verzehr von Süßwaren gelten, die aufgrund eines hohen Anteils Einfachzucker ein gewichtiger und sehr leicht verdaulicher Energielieferant sind. Der Verzehr liegt in Deutschland bei rund 33 kg/Kopf und Jahr, also bei 90 g/Tag. Rechnerisch entspricht diese Menge etwa einem Viertel des täglichen Kalorienbedarfs.

Neben den eigentlichen Nährstoffen müssen zahlreiche weitere lebensnotwendige Substanzen im niedrigen Gramm- oder Milligramm-Bereich zugeführt werden, weil sie der menschliche Organismus nicht selber aus Wasser, Kohlenhydraten, Fetten oder Aminosäuren synthetisieren kann. Dazu gehören einige Fettsäuren, Mineralstoffe, Vitamine und zehn der 20 Aminosäuren als Bausteine für die vielen Hundert verschiedenen Proteine. Insgesamt ist der menschliche Organismus auf 47 Substanzen angewiesen, die er mit der Nahrung zwin-

gend zuführen muss. Weitere 13 **essenzielle Verbindungen** stellen Sonderfälle dar oder sind in ihrer Bedeutung für den Menschen noch umstritten. Tabelle 1.4 listet die für den Menschen essenziellen Nährstoffe auf.

Zwei der Aminosäuren sind nur für Kinder essenziell, die Vitamine Niacin bzw. Calcitrol können in Abhängigkeit von der Sonnenexposition bzw. bei ausreichender Versorgung mit der Aminosäure Tryptophan im Körper synthetisiert werden. Die erforderliche tägliche Zufuhr richtet sich nach dem Verbrauch und ist individuell verschieden. Zufuhrempfehlungen gibt es z. B. von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE), der „European Food Safety Authority“ (EFSA) oder der Weltgesundheitsorganisation (WHO). Defizite bei einzelnen Verbindungen führen zu körperlichen Beeinträchtigungen und können langfristig zu ernsthaften Problemen bis zum Tode führen. Die bekannteste Mangelkrankheit dürfte Skorbut sein (Fehlen von **Vitamin C**) und Rachitis als Folge eines **Vitamin-D-Mangels**. Zum Glück verfügt der Körper des Menschen über Speichersysteme für praktisch alle lebensnotwendigen

**Tab. 1.4**

Essentielle Mineralstoffe, Aminosäuren, Fettsäuren und Vitamine und ihre Funktion im Körper.

<b>Mineralien und Spurenelemente (22)</b>	
Calcium:	Wachstum und Neubildung von Knochen und Zähnen
Eisen:	Transport von Sauerstoff, Energiegewinnung
Kalium:	Übertragung elektrischer Impulse an Nerven und Muskelzellen
Magnesium:	Entzündungshemmend, Krampflösend, Stresssalz
Natrium:	Elektrisches Zellpotenzial für Nervenleitung, Herzrhythmus
Kupfer:	Abwehrsystem, Wundheilung, Aufbau Knochen, Haut, Haare
Chlorid:	Magensäure, osmotischer Druck
Chrom:	starkes Oxidationsmittel, wirkt bei erhöhtem Blutzucker
Jod:	wichtig für Schilddrüsenhormone und für den Stoffwechsel
Mangan:	wichtig für alle Körperzellen
Molybdän:	wichtig für Eisen-, Enzym- und Harnstoffwechsel
Selen:	vielfältig nötig, u. a. für die Schilddrüse
Zink:	wichtig für Haut, Immunsystem, Eiweißstoffwechsel und Enzyme
Nickel:	Baustein für Eiweiße und für Eisenaufnahme entscheidend
Lithium:	Gehirnstoffwechsel, Stimmungslage
Kobalt:	Bestandteil von B <sub>12</sub> und B <sub>9</sub>
Fluorid:	wichtig für den Stoffwechsel
Silizium:	regeneriert Knochengewebe, Haut und Haare
Rubidium:	wichtig bei der Schwangerschaft und im zentralen Nervensystem
Vanadium:	für Mineralisation der Knochen, reguliert Zuckerstoffwechsel
Phosphor:	Aufbau der Zellwände und für die Erbsubstanz mitverantwortlich
Schwefel:	Aufbau von Nägeln, Haaren und Haut, Entgiftung
<b>Fettsäuren (2)</b>	
EPA und DHA (Omega3):	Bauen Zellmembranen auf, Vorläufer von Botenstoffen, Hormonaufbau, entzündungshemmend
<b>Vitamine (13)</b>	
Vitamin A:	Augen, Schleimhäute, Haut
Vitamin B <sub>1</sub> :	Nervensystem, Kohlenhydratstoffwechsel
Vitamin B <sub>2</sub> :	Haut, Schleimhäute, Fett-, Eiweiß- und Kohlenhydratstoffwechsel
Vitamin B <sub>3</sub> :	Herz, Nervensystem, Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel
Vitamin B <sub>5</sub> :	Haut, Schleimhäute, Abwehr, Haarwachstum
Vitamin B <sub>6</sub> :	Nervensystem, Eiweißstoffwechsel
Vitamin B <sub>7</sub> :	Fett- und Kohlenhydratstoffwechsel, Haut, Haare, Fingernägel
Vitamin B <sub>9</sub> :	Blutbildung, Wachstum, Gefäße
Vitamin B <sub>12</sub> :	Blutbildung, Nahrungsaufnahme
Vitamin C:	Immunsystem, Bindegewebe, Knochen
Vitamin D:	Knochen, Zähne, Calcium- und Phosphatstoffwechsel
Vitamin E:	Haut, Zellschutz vor Umweltgiften, UV-Strahlung
Vitamin K:	Blutgerinnung, Herstellung bestimmter Eiweißstoffe
<b>Aminosäuren (10)</b>	
Arginin:	wichtig für Blutdruck, Fettverbrennung und Leistungssteigerung
Isoleucin:	Muskeleiweiß für bessere Ausdauer, Neusynthese
Leucin:	Fettverbrennung und Eiweißaufbau im Muskel
Valin:	Aufbau und Stärkung von Nervenbahnen
Lysin:	Virusabwehr, vor allem Herpes
Methionin:	hemmt Krebsentstehung
Phenylalanin:	Dopamin und Noradrenalin
Threonin:	hilft gegen Müdigkeit, baut Kollagen auf
Tryptophan:	baut Serotonin auf, hilfreich bei Depressionen
Histin:	Stärkung des Immunsystems

Bausteine und kann dadurch Mängel in der Ernährung eine bestimmte Zeit überbrücken. Diese Pufferwirkung ist letztlich der Grund, dass unter normalen Umständen Mischkost ausreicht und Nahrungsergänzungsmittel überflüssig sind. Anders sieht es aus bei Kindern im Wachstum, Leistungssportlern oder Schwangeren mit ihrem erhöhten Bedarf, aber auch bei Vegetariern. Bei ihnen sollte der Status der essenziellen Nährstoffe durch Blutuntersuchungen regelmäßig überprüft werden. Der Blutwert berücksichtigt auch, dass die **Resorption** in Magen oder Darm individuell und altersbedingt unterschiedlich ist und einzelne Stoffe sich gegenseitig bei der Aufnahme ins Blut behindern können.

### 1.3.3 Die Ernährung der deutschen Bevölkerung laut Nationaler Verzehrsstudie II (2008)

Aufgabe der Nationalen Verzehrsstudie II (2008) (NVS II) war es, aktuelle Daten zum Ernährungsverhalten, zum Lebensmittelverzehr und zur Nährstoffaufnahme der deutschen Bevölkerung zu liefern. Die abgefragten Verzehrswerte wurden unter anderem in Relation gesetzt zu den **D-A-CH-Empfehlungen**, den gemeinsamen Empfehlungen der DGE, der Österreichischen Gesellschaft für Ernährung, der Schweizerischen Gesellschaft für Ernährungsforschung und der Schweizerischen Vereinigung für Ernährung. Die Nationale Verzehrsstudie III ist derzeit in Arbeit. Sie soll den Zeitraum 2015–2023 umfassen.

Abbildung 1.8 zeigt die Zufuhr an Protein, Fett, Kohlenhydraten und Ballaststoffen in Relation zu den Empfehlungen. Die Werte lassen erken-

**Abb. 1.8**

Median der Zufuhr an Proteinen, Fett, Kohlenhydraten und Ballaststoffen in % der D-A-CH-Referenzwerte (Nationale Verzehrsstudie 2008)

