



Deutsche Gesellschaft
für Ernährung e.V.

15.

DGE-Ernährungsbericht

Vorveröffentlichung Kapitel 8

15. DGE-Ernährungsbericht

Vorveröffentlichung Kapitel 8

Herausgegeben von der
Deutschen Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE)

Im Auftrag des
Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft

Zitierweise der Vorveröffentlichung:

Behnlian D, Bröder J, Tauer J, Mayer-Miebach E: Einordnung von Lebensmitteln nach dem Verarbeitungsgrad und Bewertung gängiger Klassifizierungssysteme in der Ernährungsforschung. In: Deutsche Gesellschaft für Ernährung (Hrsg.): 15. DGE-Ernährungsbericht. Vorveröffentlichung Kapitel 8. Bonn (2023) V1-V37 (<https://www.dge.de/15-dge-eb/vvoe/kap8>)

Vorwort der Chefredakteurin

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

ich freue mich, Ihnen mit der vorliegenden Vorveröffentlichung den ersten Beitrag aus dem 15. DGE-Ernährungsbericht vorlegen zu können.

Im Auftrag und mit Förderung durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) beschreiben die Ernährungsberichte der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE) alle 4 Jahre die Ernährungssituation in Deutschland und stellen aktuelle Forschungsergebnisse vor. Wie bereits bei den zwei letzten DGE-Ernährungsberichten, geben wir Ihnen im Rahmen der Vorveröffentlichungen bereits jetzt einen Einblick über Ergebnisse mit besonderer Aktualität.

Das Kapitel 8 „Einordnung von Lebensmitteln nach dem Verarbeitungsgrad und Bewertung gängiger Klassifizierungssysteme in der Ernährungsforschung“ beleuchtet eingangs Verarbeitungsverfahren und ihre Anwendungsbereiche sowie die Wirkung von Verarbeitungsverfahren auf Primärerzeugnisse. Danach werden 5 Systeme zur Klassifizierung von Lebensmitteln nach ihrem Verarbeitungsgrad beschrieben und abschließend verglichen.

Der Beitrag zeigt, dass gegenwärtig einheitliche, objektive und eindeutige Kriterien für die Beschreibung von Verarbeitungsgraden ausstehen und hier weitere Fortschritte in der Klassifizierung erreicht werden müssen.

Das Team der DGE und ich bedanken uns bei den Autorinnen und den weiteren Mitgliedern der Arbeitsgruppe „(Stark) verarbeitete Lebensmittel“ der DGE für ihr Engagement bei der Erarbeitung des Beitrags.

Bonn, im Februar 2023

Prof. Ulrike Arens-Azevêdo

Chefredakteurin des 15. DGE-Ernährungsberichts

Inhalt

	Vorwort der Chefredakteurin	V 3
	Inhalt	V 4
8	Einordnung von Lebensmitteln nach dem Verarbeitungsgrad und Bewertung gängiger Klassifizierungssysteme in der Ernährungsforschung	
	Diana Behnlian, Janine Bröder, Jessica Tauer, Esther Mayer-Miebach	
	Zusammenfassung	V 5
8.1	Einleitung	V 7
8.2	Lebensmittelherstellung	V 8
8.2.1	Ziele der Lebensmittelverarbeitung	V 9
8.2.2	Verarbeitungsverfahren und Anwendungsbereiche	V 10
8.2.3	Wirkung von Verarbeitungsverfahren auf Primärerzeugnisse	V 13
8.2.4	Wirkung der Rezeptur	V 15
8.3	Systeme zur Klassifizierung von Lebensmitteln nach dem Verarbeitungsgrad	V 17
8.3.1	Beschreibung	V 17
8.3.1.1	IARC-EPIC	V 18
8.3.1.2	IFIC	V 19
8.3.1.3	UNC	V 20
8.3.1.4	NOVA	V 21
8.3.1.5	SIGA	V 22
8.3.2	Vergleich und Bewertung	V 25
8.4	Fazit und Forschungsbedarf	V 30
8.5	Literatur	V 31
	Impressum	V 36

8 Einordnung von Lebensmitteln nach dem Verarbeitungsgrad und Bewertung gängiger Klassifizierungssysteme in der Ernährungsforschung

Diana Behnlian¹, Janine Bröder², Jessica Tauer², Esther Mayer-Miebach¹

Zusammenfassung

Ein Ernährungsmuster mit hohem Anteil an stark verarbeiteten Lebensmitteln wird heute als Risikofaktor für eine Vielzahl ernährungsmitbedingter Erkrankungen wie Adipositas, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Typ-2-Diabetes postuliert. Um die Zusammenhänge zwischen dem Verzehr verarbeiteter und insbesondere stark verarbeiteter Lebensmittel und ernährungsmitbedingten Erkrankungen zu bewerten, wurden in den letzten Jahren Klassifizierungssysteme entwickelt. Lebensmittel werden dabei in unterschiedliche Verarbeitungsgrade gruppiert und als (i) unverarbeitet, (ii) wenig verarbeitet, (iii) verarbeitet und (iv) stark verarbeitet bezeichnet. Anhand dieser Klassifizierungssysteme lässt sich der Anteil stark verarbeiteter Lebensmittel an der Ernährung abschätzen.

Der vorliegende Beitrag beschreibt zuerst Verarbeitungsverfahren und deren Anwendungsbereiche sowie die Auswirkungen des Einsatzes heute gängiger Verarbeitungsverfahren auf die Primärerzeugnisse. Anschließend werden häufig in Studien eingesetzte Systeme zur Klassifizierung von Lebensmitteln nach ihrem Verarbeitungsgrad beschrieben und verglichen. Anhand der unterschiedlichen Ziele und Schwerpunktsetzungen der Systeme erschließen sich einerseits die Schwierigkeiten bei der Anwendung der Lebensmittelklassifizierung und andererseits deutliche Einschränkungen in der Vergleichbarkeit.

Die Qualität verarbeiteter Lebensmittel und ihre physiologische Wirkung werden maßgeblich durch (i) die Wirkung der angewendeten Verarbeitungsverfahren auf die zur Herstellung verarbeiteter Produkte verwendeten Lebensmittelrohstoffe (Primärerzeugnisse) und (ii) durch die Art und die Menge der verwendeten Zutaten bestimmt. Dennoch beziehen sich die Kriterien zur Beschreibung der Verarbeitungsgrade der heute bekannten Klassifizierungssysteme, mit Ausnahme eines Systems (SIGA-Klassifizierung), eher auf Verarbeitungsziele und Convenience-Stufen und nur nachrangig auf die Wirkung der Verarbeitungsverfahren auf Primärerzeugnisse. Zudem werden die verwendeten Zutaten, dazu gehören auch Zusatzstoffe, mehr oder weniger differenziert bewertet. Lediglich das SIGA-System beschreibt klare Kriterien für die Bewertung der Zucker-, Fett- und Salzgehalte und der Art der verwendeten Zutaten einschließlich Zusatzstoffen.

1 Institut für Lebensmittel- und Bioverfahrenstechnik, Max Rubner-Institut (MRI), Karlsruhe

2 Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE), Bonn

Derzeit existiert noch kein wissenschaftlicher Konsens über einheitliche, objektive und eindeutige Kriterien für eine Beschreibung von Verarbeitungsgraden. In der Fachliteratur wird deshalb die Entwicklung eines praxisorientierten, differenzierten und allgemeingültigen Systems zur Klassifizierung von Lebensmitteln nach dem Verarbeitungsgrad zwingend empfohlen.

Danksagung: Die Autorinnen danken den weiteren Mitgliedern der DGE Arbeitsgruppe „(Stark) verarbeitete Lebensmittel“ Prof. Dr. Jakob Linseisen, Prof. Dr. Volker Böhm, Dr. Johanna Conrad, Dr. Bettina Hieronimus, Dr. Marina Liaskos, Prof. Dr. Jörg Meier, Prof. Dr. Sascha Rohn und Prof. Dr. Sabine Rohrmann sowie Birte Peterson-Sperlich aus dem Referat Wissenschaft der DGE für ihre wertvollen Anregungen während der Erarbeitung des Beitrags.

Kernaussagen

- ➔ Ausgehend von dem Ziel, im Rahmen von Ernährungsstudien auf wissenschaftlicher Basis die Wirkung stark verarbeiteter Lebensmittel auf die Gesundheit des Menschen zu erfassen, werden seit 2009 Klassifizierungssysteme zur Einordnung verarbeiteter Lebensmittel nach ihrem Verarbeitungsgrad entwickelt. Diese Klassifizierungssysteme (IRAC-EPIC, IFIC, UNC, NOVA und SIGA) unterscheiden sich teilweise erheblich hinsichtlich der Definition von Verarbeitungsgraden und den Kriterien der Lebensmittelzuordnung. In der Folge sind die Ergebnisse von Ernährungsstudien vom jeweils angewendeten Klassifizierungssystem abhängig und nur eingeschränkt vergleichbar.
- ➔ Auch nach einem Aufruf der FAO im Jahr 2015 zur Standardisierung konnten bis heute keine allgemeingültigen Ordnungskriterien vereinbart werden. Auf Basis eines von der FAO herausgegebenen Reports über das NOVA-Klassifizierungssystem aus dem Jahr 2019 wird dieses Klassifizierungssystem in ernährungs-epidemiologischen Studien häufig angewendet.
- ➔ Bei der Herstellung verarbeiteter Produkte werden Struktur und Inhaltsstoffe der verwendeten Lebensmittelrohstoffe (Primärerzeugnisse) durch die Anwendung von Verarbeitungsverfahren modifiziert und im Rahmen von Rezepturen mit weiteren Zutaten versetzt. Das SIGA-System – als Weiterentwicklung des NOVA-Systems – erlaubt im Gegensatz zu NOVA und allen weiteren Klassifizierungssystemen die getrennte Erfassung der Beiträge von Verarbeitungsverfahren und Rezepturen zur gesundheitlichen Wirkung verarbeiteter Lebensmittel.

- Keines der Klassifizierungssysteme ist in der aktuellen Fassung geeignet, um wichtige Verarbeitungsziele wie Ernährungssicherung, klima- und umweltgerechte Ressourcennutzung angemessen zu berücksichtigen.
- Um den Forschungsstand über die Wirkungsweisen von Verarbeitungsverfahren und Zutaten auf die Entstehung ernährungsmitbedingter Erkrankungen zu erweitern und zu verbessern, sind systematische und interdisziplinäre Studien hinsichtlich möglicher Einflussfaktoren (u. a. Energiedichte, Lebensmittelstruktur, Prozesskontaminanten, Zusatzstoffe) notwendig.

8.1 Einleitung

Neben einem zu geringen Konsum von Gemüse, Obst und Getreide bezeichnet die Weltgesundheitsorganisation (*World Health Organization*, WHO) Übergewicht, eine übermäßige Energiezufuhr sowie einen übermäßigen Konsum gesättigter Fettsäuren, trans-Fettsäuren, Zucker und Salz als Hauptrisikofaktoren für ernährungsmitbedingte Erkrankungen (Typ-2-Diabetes, Adipositas-, Herz-Kreislauf- und Krebserkrankungen) [1]. Aufgrund steigender Erkrankungszahlen fordern die WHO und die Europäische Union (EU) seit einigen Jahren, die Zucker-, Fett- und Salzgehalte von Lebensmitteln zu reduzieren [2–7]. Als Indikator für eine energiedichte und nährstoffarme Ernährung gilt der Anteil stark verarbeiteter Lebensmittel an der täglichen Energiezufuhr [8]. Studien zum Lebensmittelangebot zeigen, dass der Anteil stark verarbeiteter Lebensmittel in mehr als der Hälfte von insgesamt 28 Ländern bei 30 bis 60 % liegt und weltweit weiter steigt. Gleichzeitig ist ein beträchtlicher Teil der Bevölkerung in vielen dieser Länder übergewichtig [9–12]. Daher wird ein möglicher Zusammenhang zwischen dem regelmäßigen Verzehr stark verarbeiteter Lebensmittel und ernährungsmitbedingten Erkrankungen postuliert [13].

Verarbeitete Lebensmittel werden auf sehr unterschiedliche Weisen hergestellt. Für einige Produktgruppen hat die Deutsche Lebensmittelbuch-Kommission (DLMBK) Informationen zu Beschaffenheitsmerkmalen der Primärerzeugnisse sowie zur Herstellung bestimmter Lebensmittel in ihren Leitsätzen zusammengefasst [14]. Konkrete Verarbeitungsverfahren und Rezepturen liegen in der EU im Ermessen der Hersteller und sind mit Ausnahme der auf Produktverpackungen angegebenen Zutatenlisten sowie weiterer, auf freiwilliger Basis publizierter, Informationen nicht bekannt und teilweise patentrechtlich geschützt. Angaben zu den angewendeten Verarbeitungsverfahren fehlen in der Regel. Daher ist es schwierig, Lebensmittel auf Basis ihres Verarbeitungsgrads zu beschreiben. In der Folge basieren viele ernährungsepidemiologische Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen dem Verzehr verarbeiteter Lebensmittel und dem Risiko für ernährungsmitbedingte Erkrankungen auf unterschiedlichen, jeweils studieneigenen Definitionen von Verarbeitungsgraden und der jeweiligen Zuordnung von Lebensmitteln. Da nationale Ernährungsempfehlungen auf die Ergebnisse dieser Studien zurückgehen, hat die FAO 2015 empfohlen, standardisierte Analysen über die Art der Verarbeitung der untersuchten Lebensmittel den ernährungsepidemiologischen Untersuchungen voranzustellen [15].

Bis heute wurden so verschiedene Klassifizierungssysteme für verarbeitete Lebensmittel auf Basis des Verarbeitungsgrads entwickelt, die im Rahmen des vorliegenden Beitrags beschrieben werden (s. 8.3). Ziel dieser Klassifizierungssysteme ist es, ein standardisiertes Modell zur Bewertung der Zusammenhänge zwischen dem Verzehr verarbeiteter und insbesondere stark verarbeiteter Lebensmittel und dem Risiko für ernährungsmitbedingte Erkrankungen bereitzustellen. Dabei werden Lebensmittel je nach Verarbeitungsgrad unterschiedlich gruppiert: (i) unverarbeitet, (ii) wenig verarbeitet, (iii) verarbeitet und (iv) stark verarbeitet. In der Originalliteratur werden bestimmte Lebensmittel teilweise mit einer Wertung verbunden und als „hoch- bzw. ultra-hochverarbeitet“ bzw. „übermäßig verarbeitet“ („ultra-processed“) bezeichnet, was nachfolgend nicht übernommen wird.

Der vorliegende Beitrag fasst den aktuellen Stand des Wissens über Klassifizierungssysteme für verarbeitete Lebensmittel auf Basis von Verarbeitungsgraden zusammen (s. 8.3). Zunächst werden heute angewendete Verarbeitungsverfahren beschrieben und im Hinblick auf die Art und das Ausmaß der durch sie verursachten Veränderungen von Struktur und Inhaltsstoffen von Primärerzeugnissen (s. 8.2.2 und 8.2.3) dargestellt. Darüber hinaus wird auf die Bedeutung der Rezeptur für die Herstellung verarbeiteter Lebensmittel eingegangen (s. 8.2.4). Auf dieser Basis werden die untersuchten Klassifizierungssysteme verglichen und bewertet.

8.2 Lebensmittelherstellung

Im Sinne der Verordnung (EG) Nr. 178/2002¹ sind Lebensmittel „alle Stoffe oder Erzeugnisse, die dazu bestimmt sind oder von denen nach vernünftigem Ermessen erwartet werden kann, dass sie in verarbeitetem, teilweise verarbeitetem oder unverarbeitetem Zustand von Menschen aufgenommen werden“ [16]. Die in dieser Verordnung (VO) genannten Erzeugnisse sind in der VO (EG) Nr. 852/2004 als „Erzeugnisse aus primärer Produktion einschließlich Anbauerzeugnisse, Erzeugnisse aus der Tierhaltung, Jagderzeugnisse sowie Fischerei- und Aquakulturerzeugnisse“ (Primärerzeugnisse) beschrieben [17]. Ob ein Lebensmittel bzw. ein Primärerzeugnis direkt, also im unverarbeiteten Zustand, oder erst nach geeigneter Verarbeitung verzehrfähig ist, geht aus beiden VO nicht unmittelbar hervor. So kann beispielsweise ein Apfel direkt oder verarbeitet als Apfelsaft verzehrt werden, eine Kartoffel dagegen nie roh, sondern immer in gegartem (verarbeitetem) Zustand. Im vorliegenden Beitrag ist die Verarbeitung bzw. der Verarbeitungsgrad von Lebensmitteln von zentraler Bedeutung. Um Verwirrung zu vermeiden, werden nachfolgend alle Lebensmittel, die als Rohstoffe zur Herstellung verarbeiteter Lebensmittel verwendet werden, als Primärerzeugnisse bezeichnet.

¹ Zu den Lebensmitteln zählen gemäß VO (EG) Nr. 178/2002 auch „Getränke, Kaugummi sowie alle Stoffe – einschließlich Wasser –, die dem Lebensmittel bei seiner Herstellung oder Ver- oder Bearbeitung absichtlich zugesetzt werden“.

8.2.1 Ziele der Lebensmittelverarbeitung

Die verschiedenen Ziele der Lebensmittelverarbeitung können anhand von Qualitätsparametern beschrieben werden.

Lebensmittel sollen nach Tauscher et al. [18] und Pfannhauser [19]

- sicher sein (gesetzlich vorgeschriebene Qualität),
- gesunderhaltend wirken (ernährungsphysiologische Qualität),
- ansprechend aussehen, riechen und schmecken (sensorische und techno-funktionelle Qualität), sowie
- lagerfähig und einfach zu handhaben sein (technologische Qualität).

Qualitätsmerkmale, die für bestimmte Lebensmittel einzuhalten sind (gesetzlich vorgeschriebene Qualität oder Basisqualität) sind verschiedenen Verordnungen und Richtlinien zu entnehmen. Neben Vorschriften für die Zulassung neuartiger Lebensmittel nach der Novel-Food-Verordnung [20] sind dies in erster Linie Rechtsgrundlagen für die Lebensmittelhygiene [21]. Neben der Lebensmittelsicherheit (als Minimalanforderung) sind heute weitere Verarbeitungsziele von Interesse. Viele Primärerzeugnisse werden nicht direkt verzehrt, sondern vor dem Verzehr im Haushalt, der Außer-Haus-Verpflegung (Gastronomie, Gemeinschaftsverpflegung) oder im Ernährungsgewerbe (Handwerk, Industrie) als Mahlzeiten zubereitet, zu lagerfähigen Zwischenprodukten (Halbfertigprodukten) für die Herstellung von Mahlzeiten sowie zu lagerfähigen, verzehrfertig vorbereiteten Lebensmitteln verarbeitet. Ein Verarbeitungsziel insbesondere des Ernährungsgewerbes ist, neben der Sicherheit und Lagerfähigkeit von Lebensmitteln, die Herstellung von Convenience-Produkten. Der Begriff Convenience-Produkt steht dabei einerseits für direkt verzehrfertige Lebensmittel sowie andererseits für vorgefertigte Produkte für den Lebensmitteleinzelhandel und die Außer-Haus-Verpflegung. Insgesamt werden sechs Convenience-Stufen – unbehandelt, küchenfertig, garfertig, aufbereitetfertig, regenerierfertig, verzehrfertig – unterschieden [22]. Aus heutiger Sicht kommen weitere Aspekte der Lebensmittelqualität mit Verarbeitungsbezug (sozio-ökologische Qualität) hinzu [23–25]. So wird eine umweltverträgliche, weitgehend klimaneutrale und ressourcenschonende Verarbeitung künftig erfordern, dass Lebensmittel nicht allein aus Primärerzeugnissen, sondern auch aus nicht traditionell genutzten Rohstoffen hergestellt werden. Dies umfasst die Nutzung von Verarbeitungsreststoffen wie u. a. die Pressrückstände aus der Gemüse- und Fruchtsaftherstellung und der Speiseölgewinnung [26, 27] sowie von pflanzlichen Proteinen (u. a. aus Getreide und Leguminosen) als Ersatz für tierische Proteine bei Milch- und Fleischersatzprodukten [28]. Hinzu kommt die Erschließung und Aufbereitung neuartiger Lebensmittelrohstoffe wie beispielsweise Proteinisolate aus Insekten oder Algen mit dem Ziel, die Ernährung einer wachsenden Weltbevölkerung zu sichern [29–31]. Die Nutzung neuartiger Lebensmittelrohstoffe erfordert in der EU die Genehmigung nach der Novel-Food-Verordnung [20]. So war die getrocknete Larve des Mehlkäfers (*Tenebrio molitor*), auch Mehlwurm genannt, das erste Insekt, das als neuartiges Lebensmittel zugelassen wurde [32].

Neben den Verarbeitungszielen Sicherheit und Lagerfähigkeit von Lebensmitteln und Herstellung von Convenience-Produkten stehen im Zusammenhang mit Ernährungssicherung und umweltverträglichen, weitgehend klimaneutralen und ressourcenschonenden Verarbeitungsverfahren nicht traditionell genutzte Rohstoffe stark im Fokus.

8.2.2 Verarbeitungsverfahren und Anwendungsbereiche

Primärerzeugnisse werden seit Jahrtausenden verarbeitet (u. a. gebraten, getrocknet, gekocht), um ihre Verdaulichkeit, Sicherheit, Lagerfähigkeit und Schmackhaftigkeit zu verbessern. Seit der Antike wird Brot gebacken, Wein und Käse hergestellt, Gemüse getrocknet oder in Essig eingelegt, Fleisch geräuchert und gesalzen [33]. Nach geltender Rechtslage wird Verarbeitung als „eine wesentliche Veränderung des ursprünglichen Erzeugnisses, beispielsweise durch Erhitzen, Räuchern, Pökeln, Reifen, Trocknen, Marinieren, Extrahieren, Extrudieren oder durch eine Kombination dieser verschiedenen Verfahren“ definiert [17]. „Lebensmittel, die aus der Verarbeitung unverarbeiteter (Primär-)Erzeugnisse hervorgegangen sind“ werden als „Verarbeitungserzeugnisse“ bezeichnet, die „Zutaten enthalten (können), die zu ihrer Herstellung oder zur Verleihung besonderer Merkmale erforderlich sind“ [17].

Unverarbeitete Lebensmittel sind demnach Primärerzeugnisse, „die keiner Verarbeitung unterzogen wurden, einschließlich (Primär-)Erzeugnisse, die geteilt, ausgelöst, getrennt, in Scheiben geschnitten, ausgebeint, fein zerkleinert, enthütet, gemahlen, geschnitten, gesäubert, garniert, enthülst, geschliffen, gekühlt, gefroren, tiefgefroren oder aufgetaut wurden“ [17]. Gemäß VO (EG) Nr. 1333/2008, Anhang II [34] gilt dies unverändert, wenn bestimmte Primärerzeugnisse mit bestimmten Zusatzstoffen versetzt werden. Beispiele dafür sind mit Schellack (E 904) überzogene Früchte, mit Zitronensäure (E 330) behandelter Frischfisch, unter Stickstoffatmosphäre (E 941) verpacktes Frischfleisch sowie Magnesiumcarbonate (E 504) als Rieselhilfe für Salz. Unter Verarbeitungsverfahren werden im vorliegenden Beitrag alle für den Verzehr, die Zubereitung sowie die Erhöhung der Lagerfähigkeit eines Primärerzeugnisses erforderlichen Schritte verstanden, wobei mögliche Anwendungsbereiche und Verarbeitungsziele berücksichtigt werden. Zutaten wie u. a. Zucker, Fette, Öle und Salz sowie Zusatzstoffe sind in der Regel Bestandteile von Rezepturen (s. 8.2.4).

Tabelle 8/1 zeigt eine Auswahl heutiger Verarbeitungsverfahren, gruppiert im Hinblick auf ihre Veränderung der Primärerzeugnisse, und mögliche Anwendungsbereiche nach eigener Darstellung.

Tabelle 8/1: Verarbeitungsverfahren gruppiert nach der durch sie verursachten Veränderung der Primärerzeugnisse (Quelle: Eigene Darstellung)

Anwendungsbereich ^a	A	B	C	D
Primärerzeugnis nicht wesentlich verändert (nach VO (EG) Nr. 852/2004)				
Entfernen von Schmutz und unerwünschten Bestandteilen: Waschen, Sieben, Schälen, Entsteinen	✓	✓	✓	✓
Zerkleinern, Schneiden	✓	✓	✓	✓
Kältebehandlung: Kühlen, Gefrieren	✓	✓	✓	✓
Kältebehandlung: Tiefkühlgefrieren ^b	-	-	-	✓
Portionieren, Verpacken (einfach, Vakuum)	✓	✓	✓	✓
Portionieren, Verpacken (Schutzgas)	-	✓	✓	✓
Primärerzeugnis gering bis stark verändert aber noch erkennbar				
Wärmebehandlung zum Garen: Pochieren, Dünsten, Sieden, Sous-vide, Frittieren, Schmoren	✓	✓	✓	✓
Wärmebehandlung zum Konservieren: Trocknen, Pasteurisieren, Sterilisieren, Rösten	✓	✓	✓	✓
Milchsäurefermentation	✓	✓	✓	✓
Konservierung: Zuckern, Säuern, Salzen, Räuchern, Pökeln	✓	✓	✓	✓
Primärerzeugnis stark verändert und nicht mehr erkennbar				
Extrahieren, Trennen, Fraktionieren: Quetschen, Pressen, Filtern, Sieben, Zentrifugieren, Sichten	✓	✓	✓	✓
Mahlen	✓	✓	✓	✓
Fermentation: alkoholische Gärung	(✓)	(✓)	✓	✓
Dispergieren: Emulgieren, Schäumen	✓	✓	✓	✓
Kaltextrusion	-	✓	✓	✓
Heißeextrusion	-	-	✓	✓
Hochdruckhomogenisierung	-	-	-	✓
Hydrierung, Umesterung (Margarine, Back-/Streichfette)	-	-	-	✓
Raffinieren (Zucker)	-	-	-	✓

✓ anwendbar; (✓) bedingt anwendbar; - nicht anwendbar

a Anwendungsbereich: (A) Haushalt, (B) Außer-Haus-Verpflegung, (C) Handwerk, (D) Industrie

b Tiefkühlgefrieren oder Tiefkühlen: industrielles Verfahren; Lebensmittel werden schockgefrostet bei Temperaturen unter -25 °C

8.2

Alle Verarbeitungsverfahren beruhen auf physikalischen, biologischen sowie chemischen Vorgängen und verändern in der Regel die Struktur wie auch die Inhaltsstoffzusammensetzung der Primärerzeugnisse (s. 8.2.3). Aus rechtlicher Sicht verursachen die im ersten Abschnitt der Tabelle 8/1 aufgeführten Verarbeitungsverfahren keine „wesentliche Veränderung des ursprünglichen Erzeugnisses“ [17]. Allerdings sind enzymatische und oxidative Veränderungen der Inhaltsstoffe u. a. bei geschnittenen Früchten und Gemüse nachgewiesen [35]. Die meisten Verarbeitungsverfahren können nicht nur im Ernährungsgewerbe (Handwerk, Industrie) – also im gewerblichen/industriellen Produktionsmaßstab –, sondern in allen Bereichen, d. h. auch im Haushalt und in der Außer-Haus-Verpflegung angewendet werden. Weil viele Verbraucher*innen diese Verarbeitungsverfahren kennen, können sie auch als „gängige Verarbeitungsverfahren“ bezeichnet werden. Der Anwendungsbereich hat keinen Einfluss auf die durch Verarbeitungsverfahren verursachten Veränderungen; die jeweils hergestellten Lebensmittel unterscheiden sich nicht. Während viele Lebensmittel und Mahlzeiten im Haushalt, in der Außer-Haus-Verpflegung und im Lebensmittelhandwerk in der Regel unmittelbar oder nach vergleichsweise kurzer Lagerdauer verzehrt werden, sind die industriell hergestellten Fertig- und Halbfertigprodukte nahezu immer längerfristig lagerbar. Hierfür setzt die Industrie teils Zusatzstoffe ein (s. 8.2.4). Wenige Verarbeitungsverfahren sind aufgrund der erforderlichen Apparate (u. a. Hydrieranlagen) und Chemikalien (u. a. Lösungsmittel) auf die Industrie beschränkt (Tab. 8/1).

Darüber hinaus gibt es weitere, in der Regel nicht-thermische Verarbeitungsverfahren (gepulste elektrische Felder, kaltes Plasma, Ohm'sche Erhitzung), die Gegenstand der aktuellen Forschung sind [36]. Lebensmittel, die unter Anwendung dieser Verarbeitungsverfahren (die vor dem 15. Mai 1997 nicht für die Lebensmittelherstellung in der EU verwendet wurden) behandelt wurden, müssen in die Unionsliste [37] der nach Novel-Food-Verordnung [20] zugelassenen Lebensmittel aufgenommen werden. Erst dann dürfen sie innerhalb der EU als Lebensmittel in Verkehr gebracht werden. Von dieser Regelung ausgenommen sind Lebensmittel, wenn das verwendete Herstellungsverfahren, keine „bedeutende Veränderung seiner Zusammensetzung oder Struktur bewirkt, die seinen Nährwert, seine Stoffwechselung oder seinen Gehalt an unerwünschten Stoffen beeinflusst“ [20].

Die Behandlung von Lebensmitteln mit ionisierender Strahlung (Elektronen-, Gammastrahlen) ist im Gegensatz zu anderen EU-Ländern in Deutschland nicht zulässig. Bestimmte mittels ionisierender Strahlung behandelte Lebensmittel dürfen allerdings in Deutschland gemäß EU-Richtlinien [38, 39] sowie nach Allgemeinverfügung gemäß § 54 Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB) durch das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) in Verkehr gebracht werden. Aktuell sind dies getrocknete aromatische Kräuter und Gewürze sowie tiefgekühlte Froschschenkel [40].

Die überwiegende Zahl heutiger Verarbeitungsverfahren wird in Haushalt, Außer-Haus-Verpflegung und im Ernährungsgewerbe angewendet. Wenige Verarbeitungsverfahren sind aufgrund der erforderlichen Apparaturen (u. a. Hydrieranlagen) und Materialien (u. a. organische Lösungsmittel) ausschließlich industriell anwendbar.

8.2.3 Wirkung von Verarbeitungsverfahren auf Primärerzeugnisse

Primärerzeugnisse bestehen hauptsächlich aus Proteinen, Fetten und Kohlenhydraten (Makronährstoffe) und weiteren, in geringen Mengen enthaltenen Stoffen wie u. a. Vitamine, Mineralstoffe, Spurenelemente (Mikronährstoffe) sowie sekundäre Pflanzenstoffe. Diese Inhaltsstoffe liegen im Primärerzeugnis weder homogen verteilt, noch in freier Form vor. Sie bilden zusammen komplexe Mikrostrukturen mit unterschiedlichen, teils räumlich begrenzten komponentenspezifischen Bereichen (Matrizes). Unterschiedliche Makronährstoffe bilden innerhalb derselben Mikrostruktur in der Regel unterschiedliche Matrizes [41]. Die Inhaltsstoffe einer Matrix interagieren, was ihnen eine andere Funktionalität verleiht als im freien oder isolierten Zustand [41–43]. Diese nativen Mikrostrukturen bestimmen damit die funktionellen Eigenschaften der Primärerzeugnisse und im Besonderen ihre ernährungsphysiologische Qualität [44, 45]. Bei der Lebensmittelherstellung werden Verfahren mit unterschiedlichen Einflüssen auf die Mikrostruktur und die Matrizes der Primärerzeugnisse angewendet, sodass sich auch die funktionellen Eigenschaften, die ernährungsphysiologische Qualität und damit die gesundheitsbezogene Wirkung von verarbeiteten Lebensmitteln und Primärerzeugnissen in der Regel unterscheiden.

Ein Beispiel dafür ist Stärke, die aus D-Glucose-basierten Polysacchariden besteht, die kettenförmig entweder linear (Amylose) oder stark verzweigt (Amylopektin) vorliegen und als unlösliche, semi-kristalline Stärkekörner in Zellen der Getreidekörner eingeschlossen sind [46]. Es wird heute angenommen, dass Stärkekörner aus einem überwiegend aus Amylose geformten Kern mit amorpher Struktur bestehen, der abwechselnd von semi-kristallinen und amorphen Amylopektin- und Amyloseschichten umgeben ist [46]. Mechanische Verarbeitungsverfahren (u. a. Mahlen oder Walzen) brechen die Getreidekörner auf, während die darin in einer Glutenmatrix eingeschlossenen Stärkekörner nur in sehr geringem Umfang aufgeschlossen werden [41]. Im nativen Zustand können die Polysaccharide im Stärkekorn vom stärkeabbauenden Verdauungsenzym α -Amylase im Mund und im oberen Dünndarm praktisch nicht abgebaut werden. Nach Wasserzusatz und thermischer bzw. kombinierter thermisch/mechanischer Verarbeitung (u. a. Backprozess oder Extrusion) nehmen Stärkekörner Wasser auf, quellen und brechen auf, sodass eine gelatineartige Masse entsteht (Gelatinisierung oder Verkleisterung). Die freigesetzten Polysaccharidketten werden enzymatisch abbaubar und damit verdaulich [47]. Während des Abkühlens bilden sich erneut teilweise kristalline, für α -Amylase nicht mehr abbaubare Strukturen aus [47]. Ernährungsphysiologisch bedeutend sind alle beschriebenen Strukturmodifizierungen, da Stärke mit D-Glucose als Hauptabbauprodukt einer der wichtigsten Energieträger in der menschlichen Ernährung ist, jedoch abhängig von der verzehrten Menge und der Stärkequelle mit der Entstehung ernährungsmitbedingter Erkrankungen assoziiert wird [48]. Der Vorteil der Getreideverarbeitung liegt darin, dass Getreidestärke so überhaupt erst verdaulich wird. Nachteilig ist, dass gleichzeitig die Energiedichte stark ansteigt. Unterschiedliche Forschungsansätze zielen deshalb auf eine verringerte Glucoseaufnahme aus stärkereichen, energiedichten Lebensmitteln ab. Möglich ist dies beispielsweise auf Basis α -Amylase-hemmender Polyphenole und polyphenolreicher Pflanzenextrakte [49, 50], durch die Reduzierung des Stärkeanteils stärkereicher Produkte wie Frühstückszerealien anhand ballaststoffreicher Zusätze [26] sowie durch chemische Modifizierung und/oder durch angepasste Prozessbedingungen bei mechanischen und thermischen Verarbeitungsverfahren [47, 51].

Ein weiteres Beispiel für das Zusammenwirken von Verarbeitungsverfahren und ernährungsphysiologischer Qualität auf struktureller und molekularer Ebene sind bioaktive sekundäre Pflanzenstoffe mit gesundheitsfördernder Wirkung [52, 53]. Fettlösliche Carotinoide sind innerhalb der Zellen des pflanzlichen Gewebes (d. h. innerhalb einer Matrix) abhängig von der Art des Carotinoids in unterschiedliche Organellen eingelagert: *all-E*-Lycopin liegt innerhalb von Chromoplasten in kristalliner Form vor, wohingegen *all-E*- β -Carotin in Lipidtröpfchen gelöst in Chromoplasten enthalten ist. Im Verdauungstrakt werden beide Carotinoide nur in sehr beschränktem Umfang freigesetzt und in den Blutkreislauf aufgenommen [54]. Wird carotinoidreiches Obst und Gemüse thermisch behandelt (u. a. blanchiert, gekocht bzw. sterilisiert), werden Carotinoide verstärkt freigesetzt und damit bioverfügbar [55]. Abhängig vom konkreten Verarbeitungsverfahren werden pflanzliche Zellen einschließlich der Organellen aufgebrochen und/oder kristalline Carotinoide in eine amorphe Form transferiert und/oder über die Bildung von Mizellen in eine bioverfügbare Form gebracht [41, 53]. Da Carotinoide temperatur- und sauerstoffsensitiv sind, nimmt ihr Gehalt bei thermischer Behandlung ab, während gleichzeitig der Anteil bioverfügbarer *Z*-Isomere ansteigt [56, 57]. Auch mechanische Verarbeitungsverfahren (u. a. mahlen oder pürieren) steigern die Bioverfügbarkeit, jedoch in deutlich geringerem Ausmaß [57]. Einerseits steigern thermische und mechanische Verarbeitungsverfahren dementsprechend die Bioverfügbarkeit der Carotinoide, andererseits sinkt gleichzeitig der Gehalt der thermisch und oxidativ instabilen Carotinoide.

Die neben den Carotinoiden ebenfalls zu den sekundären Pflanzenstoffen zählenden, wasserlöslichen Polyphenole sind wie die Carotinoide in den Matrices pflanzlicher Mikrostrukturen lokalisiert [43, 58] und werden abhängig von den Verarbeitungsbedingungen während der Lebensmittelherstellung verfügbar bzw. abgebaut [59, 60].

Sollen im Hinblick auf umweltverträgliche, weitgehend klimaneutrale Erzeugung und nachhaltige Verwendung der gängigen Primärerzeugnisse auch Reststoffe sowie neue und neuartige Lebensmittelrohstoffe zum Einsatz kommen, erfordert dies meist die Isolierung der gewünschten Inhaltsstoffe. So sind beispielsweise Süßlupinen proteinreich, enthalten jedoch in geringen Mengen toxikologisch relevante Chinolizidinalkaloide (u. a. Lupinin, Spartein oder β -Ispartein) mit leicht adstringierendem und bitterem Geschmack [61]. Mithilfe geeigneter Extraktionsverfahren können Alkaloide weitgehend entfernt und Proteineigenschaften sowie sensorische und techno-funktionelle Eigenschaften so angepasst werden, dass das Lupinenprotein wahlweise als Fettersatz, Emulgator, Schaumbildner oder Gelbildner dienen kann [62]. Damit werden Lupinenproteine als nicht traditionelle Rohstoffquelle durch Verarbeitungsmaßnahmen zur Lebensmittelherstellung nutzbar.

Die Modifizierung von Struktur und Inhaltsstoffen der Primärerzeugnisse durch Verarbeitungsverfahren kann sich damit zugleich günstig und ungünstig auf die ernährungsphysiologische Qualität verarbeiteter Lebensmittel auswirken. Vor- und Nachteile ergeben sich auch für weitere qualitätsbestimmende funktionelle Eigenschaften verarbeiteter Lebensmittel: Im Hinblick auf die Lebensmittelsicherheit sind u. a. die verarbeitungsbedingte Reduzierung der mikrobiellen Belastung sowie der Abbau antinutritiver und gesundheitsabträglicher Inhaltsstoffe von Primärerzeugnissen (u. a. Nitrat, Phytinsäure, Allergene) von Vorteil, während die Bildung von Prozesskontaminanten (u. a. Acrylamid, Furane) nachteilig und unerwünscht ist. Sensorische Qualitätsmerkmale (u. a. Geschmack, Geruch und Farbe) sowie techno-funktionelle (u. a. Textur, Wasserbindevermögen) und technologische Eigenschaften (u. a. Lagerfähigkeit, Handhabbarkeit) können ebenso positiv oder negativ

verändert werden. Die summarische Bewertung der einzelnen Wirkungen ist hochkomplex. Sie ist am ehesten auf Basis konkreter Primärerzeugnisse und verfahrenstechnischer Grundoperationen jeweils für bestimmte gewünschte funktionelle Eigenschaften belastbar einzuschätzen. Eines der Forschungsziele im Bereich der Inhaltsstoffanalytik ist daher schon seit einiger Zeit die gleichzeitige Erfassung möglichst vieler Analyten [63, 64]. Um die ernährungsphysiologische Qualität verarbeiteter Lebensmittel zu bewerten, werden Ansätze vorgeschlagen, die nicht auf der jeweils bekannten Wirkung einzelner Lebensmittelinhaltsstoffe beruhen, sondern Lebensmittel nach dem Grad ihrer Verarbeitung klassifizieren [65, 66].

Die meisten der heute angewendeten Verarbeitungsverfahren verändern die native Mikrostruktur der Primärerzeugnisse. Dabei kann die Bioverfügbarkeit von Nährstoffen, Mikronährstoffen und bioaktiven Stoffen verbessert und/oder der Gehalt temperatur- und sauerstoffsensitiver Inhaltsstoffe verringert werden. Daher unterscheiden sich Primärerzeugnis und verarbeitetes Lebensmittel im Hinblick auf ihre ernährungsphysiologische Qualität.

8.2.4 Wirkung der Rezeptur

Die Rezeptur, d. h. die Art und die Menge der verwendeten Zutaten, bestimmt die Energie- und Nährstoffdichte verarbeiteter Lebensmittel und trägt maßgeblich zu ihrer ernährungsphysiologischen Qualität bei. Im Sinne der EU-Verordnung zur „Information der Verbraucher über Lebensmittel“ [67] umfassen Zutaten „jeden Stoff und jedes Erzeugnis, einschließlich Aromen, Zusatzstoffe und Enzyme, sowie jeden Bestandteil einer zusammengesetzten Zutat, der bei der Herstellung oder Zubereitung eines Lebensmittels verwendet wird und der – gegebenenfalls in veränderter Form – im Enderzeugnis vorhanden bleibt“. Zutaten wie Zucker und Fette erfüllen bei der Lebensmittelherstellung eine Vielzahl technologischer Funktionen mit Einfluss auf die Lebensmittelsicherheit, sensorische Merkmale und techno-funktionelle Eigenschaften und sind somit oft unverzichtbare Komponenten einer Rezeptur. Werden allerdings große Mengen dieser Zutaten eingesetzt, werden fett- und/oder zuckerreiche Lebensmittel mit hoher Energiedichte erzeugt. Untersuchungen zeigten einen positiven Zusammenhang zwischen der Zufuhr energiedichterer Nahrung und dem Körpergewicht [68].

Zucker, Fette/Öle und Salz sind häufig unverzichtbare Komponenten einer Rezeptur, weil damit eine Vielzahl technologischer Funktionen, die Sicherheit, sensorische Merkmale und techno-funktionelle Eigenschaften von Lebensmitteln gezielt eingestellt werden können. Die verwendeten Mengen dieser Zutaten bestimmen gleichzeitig die Energiedichte der Produkte, die sehr stark variieren kann.

Bei industriell hergestellten Lebensmitteln ist der Einsatz von Lebensmittelzusatzstoffen weitverbreitet. Laut *Nutrinet-Santé*-Studie enthalten 53 % der Produkte auf dem französischen Markt mindestens einen und 11,3 % mindestens fünf Zusatzstoffe [69]. Lebensmittelzusatzstoffe werden einem Lebensmittel bei der Herstellung, Verarbeitung, Zubereitung, Behandlung, Verpackung, Beförderung oder Lagerung aus technologischen Gründen zugesetzt [34]. Dadurch werden Zusatzstoffe selbst oder ihre Nebenprodukte zu einem Bestandteil des Lebensmittels. In der EU sind derzeit mehr als 320 Lebensmittelzusatzstoffe zugelassen. Für die Zulassung muss nachgewiesen werden, dass der Stoff in der vorgesehenen Konzentration und Anwendung gesundheitlich unbedenklich ist (Sicherheitsbewertung), seine Verwendung technologisch notwendig ist und die jeweilige Anwendung nicht zur Täuschung der Verbraucher*innen führt. Die Sicherheit aller Lebensmittelzusatzstoffe, die vor dem 20. Januar 2009 in der EU zugelassen wurden, war abschließend bis Ende 2020 neu zu bewerten [70], um bei der Zulassung aktuelle wissenschaftliche Daten berücksichtigen zu können. Für viele Zusatzstoffe (Farbstoffe, Konservierungs- und Antioxidationsmittel) ist die Neubewertung abgeschlossen. In der Folge wurden die ADI²-Werte (*Acceptable Daily Intake*) verschiedener Zusatzstoffe erstmalig festgelegt oder herabgesetzt und zugelassene Höchstmengen angepasst. Wurden Zusatzstoffe nach der Neubewertung als nicht sicher eingestuft, wie beispielsweise Titandioxid (E 171), wurde die Zulassung entzogen [71, 72]. Wenn aufgrund fehlender wissenschaftlicher Daten die Neubewertung eines Zusatzstoffs nicht möglich war, die Sicherheit nicht bestätigt werden konnte oder die Expositionsbewertung auf eine mögliche Überschreitung des ADI-Werts bei einer oder mehreren Bevölkerungsgruppen hindeutete, wurden zustoffspezifische Aufrufe zur Dateneinreichung veröffentlicht, wie u. a. für mehrere Süßungsmittel. Die gesundheitliche Unbedenklichkeit ist die Grundvoraussetzung für die Zulassung von Zusatzstoffen bzw. für den erfolgreichen Abschluss jeder Neubewertung. Alle Zusatzstoffe werden auf individueller Basis bewertet, sodass mögliche gesundheitsrelevante Effekte eines kombinierten Verzehrs mehrerer Zusatzstoffe, d. h. kumulative, interaktive oder synergistische Effekte, bei der Sicherheitsbewertung und Zulassung derzeit unberücksichtigt bleiben [73]. Unter Berücksichtigung der aktuellen wissenschaftlichen Datenlage können mögliche negative Wechselwirkungen derzeit nicht ausgeschlossen werden [69]. Im Rahmen eines laufenden EU-finanzierten Forschungsprojekts „*Exposure to ‘cocktails’ of food additives and chronic disease risk*“ (2020–2025) wird anhand epidemiologischer Studien und In-vitro- bzw. In-vivo-Tests die Exposition gegenüber Lebensmittelzusatzstoffen im Zusammenhang mit Adipositas, Krebs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen sowie Mortalität erforscht [74]. Derzeit wird zudem über mögliche negative Effekte verschiedener Zusatzstoffe auf die Barrierefunktion des Darms und das Darmmikrobiom diskutiert [75–77]. Aktuelle Forschungsschwerpunkte umfassen den Einfluss von Emulgatoren auf entzündliche Darmerkrankungen [78–82] sowie mögliche Veränderungen des Darmmikrobioms durch Süßungsmittel [83]. Die aktuelle Datenlage ist gering und teilweise kontrovers [83–85]. Die Wirkung von Zusatzstoffen auf das Darmmikrobiom wurde für die Sicherheitsbewertung bei der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (*European Food Safety Authority*, EFSA) noch nicht berücksichtigt [86]. Das Thema wurde jedoch als relevanter Forschungsschwerpunkt im Bereich Lebensmittelsicherheit bis 2030 identifiziert und die Notwendigkeit zur Erhebung belastbarer Daten für die Sicherheitsbewertung von Zusatzstoffen wurde anerkannt [87, 88].

2 Der ADI-Wert beschreibt jene Menge eines Stoffs, die ein Mensch lebenslang täglich zu sich nehmen kann, ohne dass ein nennenswertes Risiko für seine Gesundheit besteht.

Verarbeitungsverfahren und Rezeptur bestimmen gleichermaßen und unabhängig vom Ort der Herstellung maßgeblich die ernährungsphysiologische Qualität verarbeiteter Lebensmittel und ihre gesundheitsbezogene Wirkung.

8.3 Systeme zur Klassifizierung von Lebensmitteln nach dem Verarbeitungsgrad

Zur Klassifizierung von Lebensmitteln wurden bis heute mehrere Systeme mit grundlegend unterschiedlicher Zielsetzung entwickelt. Ziele sind u. a. die Erhebung von Lebensmittelverzehrdaten sowie Abschätzungen der Aufnahme bestimmter Lebensmittel und/oder der Exposition mit Inhaltsstoffen. Beispiele sind verschiedene Lebensmitteldatenbanken mit überschneidender Ausrichtung wie u. a. FoodEx2 oder der Bundeslebensmittelschlüssel (BLS). FoodEx2 wurde von der EFSA entwickelt, um innerhalb der EU einerseits die Risiken aus dem Verzehr potenziell gesundheitsgefährdender Lebensmittelkontaminanten und andererseits die Nährstoffaufnahme der Bevölkerung einschätzen zu können [89]. Der BLS, die nationale Nährstoffdatenbank der Bundesrepublik Deutschland, wurde als Standardinstrument zur Auswertung der Energie- und Nährstoffzufuhr aus Ernährungsstudien und Verzehrerhebungen konzipiert [90]. Solche Systeme sind jedoch nicht geeignet, um mögliche Zusammenhänge zwischen dem Verzehr stark verarbeiteter Lebensmittel und gesundheitsabträglicher Ernährung auf wissenschaftlicher Basis zu bewerten. Eine Leitlinie der FAO empfiehlt hierzu seit 2015 die Berücksichtigung von Informationen über die Art und den Grad der Verarbeitung [15]. Klassifizierungssysteme mit diesem Ziel gruppieren Lebensmittel nach dem Verarbeitungsgrad und werden im nachfolgenden Kapitel ausführlich beschrieben.

8.3.1 Beschreibung

Um potenzielle Wirkungen des Verzehrs stark verarbeiteter Lebensmittel auf ernährungsmitbedingte Erkrankungen bewerten zu können, haben verschiedene Gruppen von Wissenschaftler*innen seit 2009 Strategien zur Einordnung von Lebensmitteln erarbeitet und publiziert [66, 91–96]. Die daraus resultierenden Klassifizierungssysteme IRAC-EPIC, IFIC, UNC, NOVA und SIGA werden nachfolgend beschrieben und miteinander verglichen (s. 8.3.2).

8.3.1.1 IARC-EPIC

Um den Einfluss stark verarbeiteter Lebensmittel auf die Nährstoffzufuhr und die Entstehung von Krebs und chronischen Erkrankungen darzustellen, wurden im Rahmen der *European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition* (EPIC)-Studie der Internationalen Agentur für Krebsforschung (*International Agency for Research on Cancer*, IARC) drei Lebensmittelkategorien mit unterschiedlichen Verarbeitungsgraden definiert [91]:

- I nicht verarbeitet
- II wenig verarbeitet
- III stark verarbeitet

Nicht verarbeitete Lebensmittel (I) werden definiert als alle Lebensmittel, die roh und ohne jegliche weitere Verarbeitung und/oder Zubereitung verzehrt werden; ausgenommen sind dabei Waschen, Schneiden, Schälen und Pressen. Wenig verarbeitete Lebensmittel (II) werden in zwei Subkategorien unterteilt. Zur ersten Subkategorie (IIa) zählen im Ernährungsgewerbe (Handwerk, Industrie) hergestellte Lebensmittel, die gering verarbeitet wurden, und ohne weitere Zubereitung verzehrt werden. Hierzu zählen rohe, vakuumverpackte oder unter kontrollierter Atmosphäre verpackte Lebensmittel und Trockenfrüchte, tiefgekühlte Grundnahrungsmittel, natives Olivenöl, Obst und Gemüse in Wasser, Salzlake oder im eigenen Saft. Die zweite Subkategorie (IIb) beinhaltet Lebensmittel, die zu Hause verarbeitet und aus rohen bzw. mäßig verarbeiteten Lebensmitteln zubereitet werden. Beispiele sind Gemüse-, Fleisch- und Fischgerichte, zusammengestellt aus rohen, frischen Lebensmitteln und/oder vakuumverpackten, tiefgefrorenen und/oder sterilisierten (Dosenkonserven) Zutaten; gekochter Vollkornreis oder gegarte Eier (u. a. gekocht, gebraten oder pochiert). Als stark verarbeitet (III) werden Lebensmittel bezeichnet, die abgesehen von Erhitzen und Kochen keine oder nur eine minimale Zubereitung erfordern, wie u. a. Frühstückszerealien, Käse, Fertigsoußen und Konservenprodukte sowie Lebensmittel aus Bäckereien und Gastronomiebetrieben. Darüber hinaus werden konkrete Verarbeitungsverfahren für jeweils separat zu betrachtende Produktgruppen beschrieben und festgelegt. Für stark verarbeitete Gemüse- und Hülsenfrüchte (Kategorie III) sind dies Salzen, Pökeln, Konzentrieren, Fermentieren, Trocknen oder Konservieren in handelsüblicher Sauce oder Fett. Dagegen können wenig verarbeitete Produkte dieser Gruppe (Kategorie II) ausschließlich im eigenen Saft oder in Wasser/Salzlake konserviert werden. In der Konsequenz gelten gebackene Bohnen in Tomatensauce als stark verarbeitet, Bohnen in Salzlake dagegen als wenig verarbeitet [91].

8.3.1.2 IFIC

Das Klassifizierungssystem der interdisziplinären US-Arbeitsgruppe *International Food Information Council* (IFIC) basiert auf einer Definition verarbeiteter Lebensmittel und differenziert diese nach dem Verarbeitungsgrad in insgesamt fünf Kategorien [92]. Hintergrund sind Untersuchungen zur Nährstoffaufnahme in Abhängigkeit vom Verarbeitungsgrad. Berücksichtigt wird dabei, dass Verarbeitungsverfahren und Rezepturen die ernährungsphysiologischen Eigenschaften von Primärerzeugnissen verringern, erhöhen oder unbeeinflusst lassen können. Als verarbeitet werden alle Lebensmittel außer unbehandelte Primärerzeugnisse verstanden. Im Gegensatz zu lebensmittelrechtlichen Vorgaben der EU [17] gelten damit auch alle Primärerzeugnisse als verarbeitet, die gewaschen, gereinigt, gemahlen, geschnitten, gehackt, gefroren, gemischt oder verpackt wurden. Verarbeitet sind zudem erhitzte, pasteurisierte, blanchierte, gekochte, konservierte oder getrocknete Primärerzeugnisse, deren ursprüngliche Struktur und Inhaltsstoffzusammensetzung verändert wurde. Auch nach Zusatz von Zutaten wie Salz, Zucker, Fetten, Nährstoffen, Konservierungsmitteln, Aromen und Lebensmittelzusatzstoffen gelten Primärerzeugnisse als verarbeitet. Das Hauptkriterium bei der Einteilung verarbeiteter Lebensmittel in Kategorien ist der vor dem Verzehr erforderliche Aufwand für die Zubereitung (Convenience-Stufe).

Die Kategorien sind:

- I wenig verarbeitet
- II konserviert
- III Mischungen aus zusammengesetzten Zutaten
- IV verzehrfertig
- V Fertiggerichte

Wenig verarbeitet (I) sind Primärerzeugnisse, die ihre Haupteigenschaften durch die Verarbeitung beibehalten. Beispiele sind gewaschenes, verpacktes Obst und Gemüse sowie gemahlene oder geröstete Nüsse und Kaffeebohnen. Primärerzeugnisse, die verarbeitet werden, um den Nährstoffgehalt zu erhalten und die Haltbarkeit zu verlängern, sind konserviert (II). Hierzu zählen u. a. Thunfisch- und Gemüsekonserven, blanchiertes und tiefgekühltes Obst und Gemüse oder pürierte und eingekochte Babynahrung. Als Mischungen aus zusammengesetzten Zutaten (III) werden Lebensmittel bezeichnet, die zur Verbesserung der sensorischen Qualität (Geschmack, Aussehen) mit Zutaten wie Süßstoffen, Gewürzen, Ölen, Aromen, Farb- und Konservierungsstoffen versetzt wurden. Beispiele sind Instantprodukte wie Kartoffelpüree- oder Salatdressingpulver, Fertigteigmischungen oder Fertigsoßen. Verzehrfertige Produkte (IV) bedürfen keiner oder einer sehr geringen Zubereitung wie u. a. Instant-Haferflocken, Frühstücksbreie, Marmeladen, Erdnussbutter, Müsliriegel, Joghurt und kohlenensäurehaltige Getränke. Die letzte Kategorie Fertiggerichte (V) fasst alle Lebensmittel zusammen, die für eine einfache Zubereitung hergestellt wurden [92].

8.3.1.3 UNC

Ein weiteres Klassifizierungssystem wurde im Rahmen einer Studie der *University of North Carolina* (UNC) mit dem Ziel der Bewertung des Beitrags verarbeiteter und Convenience Lebensmittel zur Zufuhr gesättigter Fettsäuren, Zucker und Natrium in den USA im Zeitraum von 2010 bis 2012 erarbeitet [93]. Die UNC-Autor*innen modifizierten die erste Version des später weiterentwickelten NOVA-Systems für industriell verarbeitete Lebensmittel von 2010 (s. 8.3.1.4), um das Klassifizierungssystem an die Komplexität des US-amerikanischen Lebensmittelangebots anzupassen. Die Lebensmittel wurden nach dem Verarbeitungsgrad kombiniert mit dem Ziel der Verarbeitung in drei Hauptkategorien und jeweils zwei oder drei Subkategorien klassifiziert:

- I nicht und minimal verarbeitet
 - a nicht/minimal verarbeitet
 - b verarbeitete Grundzutaten
 - c Verfahren zur Grundkonservierung oder zum Vorkochen

- II mäßig verarbeitet
 - a zur Geschmacksverbesserung
 - b Getreideprodukte hergestellt aus Vollkornmehl mit Zugabe von Wasser, Salz und/oder Hefen

- III stark verarbeitet
 - a stark verarbeitete Zutaten
 - b stark verarbeitete eigenständige Produkte

Für die Zuordnung zu den Hauptkategorien ist das Verarbeitungsverfahren mit der jeweils stärksten Wirkung auf Struktur- und Inhaltsstoffe von Primärerzeugnissen ausschlaggebend. Nicht/wenig verarbeitete Lebensmittel und Getränke (Subkategorie Ia) bestehen aus nur einer Zutat und wurden nicht oder nur geringfügig verändert. Beispiele dafür sind gemäß UNC Milch, Sahne, gefrorenes/getrocknetes Gemüse/Obst, geröstete und gemahlene Kaffeebohnen. Als verarbeitete Grundzutaten (Ib) werden isolierte Lebensmittelzutaten, einschließlich u. a. Zucker, Fette/Öle, Fruchtsaft und Vollkornmehl bezeichnet, die durch Aufreinigung anhand physikalischer oder chemischer Verfahren oder extraktiv gewonnen werden. Der Subkategorie Verfahren zur Grundkonservierung oder zum Vorkochen (Ic) werden Lebensmittel zugeordnet, die mittels physikalischer oder chemischer Verfahren zur Verlängerung der Haltbarkeit verarbeitet wurden. Beispiele sind Gemüse-, Obst- und Fleischkonserven, Weißmehl sowie Pasta und Instantreis. Die Kategorie II (mäßig verarbeitet) umfasst Lebensmittel, deren Primärerzeugnis nach Zusatz von Süßstoffen, Salz, Aromen oder Fetten/Ölen (IIa) weiter zu erkennen ist, sowie Produkte, die aus Vollkornmehlen mit Zugabe von Wasser, Salz und/oder Hefen hergestellt werden (IIb). Als stark verarbeitete Lebensmittel (III) werden Formulierungen aus mehreren Zutaten bezeichnet, die jeweils so stark verarbeitet sind, dass das Primärerzeugnis nicht mehr erkennbar ist. Dabei wird zwischen stark verarbeiteten Zutaten (IIIa) (u. a. Soßen, Margarine, Ketchup und Garnierungen) und stark verarbeiteten eigenständigen Produkten (IIIb) (u. a. Brot aus raffiniertem Getreide, gesüßte Getränke, Süßigkeiten und vorbereitete oder verzehrfertige Gerichte) unterschieden [93].

8.3.1.4 NOVA

Das NOVA-Klassifizierungssystem wurde 2010 von einer brasilianischen Arbeitsgruppe beschrieben [94], um den Zusammenhang zwischen dem Verzehr stark verarbeiteter Lebensmittel und der Wirkung auf die menschliche Gesundheit bzw. auf Krankheitsrisiken zu erfassen und zu beschreiben [94]. Das System wird seitdem laufend überprüft und weiterentwickelt. Die aktuelle Version des NOVA-Systems aus dem Jahr 2019 [95] gruppiert alle industriell verarbeiteten Lebensmittel in insgesamt vier Kategorien, die unterschiedliche Grade der Verarbeitung und die Verwendung von Zutaten wiedergeben (Tab. 8/2):

- I nicht/wenig verarbeitet
- II verarbeitete haushaltsübliche Zutaten
- III verarbeitet
- IV stark verarbeitet

Nicht/wenig verarbeitete Lebensmittel (I) werden entweder direkt oder nach minimaler Verarbeitung verzehrt. Nicht/wenig verarbeitet sind demnach alle essbaren Anteile landwirtschaftlicher Erzeugnisse aus Pflanzen (u. a. Früchte, Blätter, Wurzeln und Knollen, Getreide und Hülsenfrüchte), Erzeugnisse vom Tier (u. a. Eier, Milch, Fleisch, Fisch und Meeresfrüchte) sowie Pilze, Algen und Wasser. Die Kategorie I umfasst u. a. gängige Verarbeitungsverfahren: Zerkleinern, Fermentieren, Garen, Kochen, Rösten, Kühlen, Tiefkühlen, Vakuumverpacken. Hervorgehoben wird, dass alle Lebensmittel dieser Kategorie eine niedrige Energiedichte aufweisen und reich an Mikronährstoffen sind. Die Kategorie II (verarbeitete haushaltsübliche Zutaten) beinhaltet verarbeitete, energiedichte bzw. natriumreiche haushaltsübliche Zutaten wie Zucker, Stärke, Fette, Öle bzw. Salz, die überwiegend als Bestandteile von Mahlzeiten verzehrt werden. Die Kategorie III (verarbeitete Lebensmittel) setzt sich aus Primärerzeugnissen (I), haushaltsüblichen Zutaten (II) und/oder Zusatzstoffen zusammen, die in Lebensmittelhandwerk und -industrie verarbeitet wurden, sensorisch modifiziert, haltbar/lagerfähig und häufig moderat bis stark energiedicht sind. Lebensmittel der Kategorien I und III gelten für die NOVA-Autor*innen als ernährungsphysiologisch ausgewogen, die jedoch bei übermäßigem Gebrauch verarbeiteter haushaltsüblicher Zutaten (II) energiedicht und damit gesundheitsabträglich werden können. Sie werden von den NOVA-Autor*innen als Grundlage etablierter Ernährungsgewohnheiten bewertet. Die Kategorie IV (stark verarbeitet) umfasst Lebensmittel und Getränke, die als „Formulierungen“ von Zutaten definiert werden, zu deren Herstellung mehrere industrielle Verfahren erforderlich sind. Sie werden als ernährungsphysiologisch unausgewogen beschrieben und unterscheiden sich darin von den Kategorien I und III. Zudem sind sie direkt oder nach kurzer Vorbereitung (u. a. Erhitzen oder Backen) durch Verbraucher*innen verzehrfertig und insgesamt bequem zu handhaben.

Tabelle 8/2: Kriterien zur Beschreibung unterschiedlicher Lebensmittelverarbeitungsgrade (Kategorien) mit Einordnung von Lebensmitteln (Auswahl) gemäß NOVA-Klassifizierung [95]

Kategorie	Merkmal	Lebensmittel
I nicht/wenig verarbeitet	<ul style="list-style-type: none"> - einzelne Primärerzeugnisse verzehrfertig zubereitet - ohne/wenig Zucker, Salz, Fette, Öle (II) - reich an Mikronährstoffen: u. a. Vitamine, Mineralien - niedrige Energiedichte 	<p><u>Wasser</u>; <u>Gemüse</u>, <u>Obst</u>: frisch, gekühlt, tiefgekühlt, getrocknet, frische und pasteurisierte Säfte;</p> <p><u>Getreide</u>, <u>Hülsenfrüchte</u>: Körner, Grieß, Mehle, Flocken, Pasta, Couscous, Polenta;</p> <p><u>Eier</u>: frisch, gekühlt, tiefgekühlt, Eipulver;</p> <p><u>Milch</u>: frisch, pasteurisiert, Milchpulver;</p> <p><u>Fleisch</u>, <u>Geflügel</u>, <u>Fisch</u>, <u>Meeresfrüchte</u>: vollständig, Steaks, Filets; Lebensmittel mit Vitamin- und Mineralstoffzusätzen;</p> <p><u>Pilze</u>, <u>Algen</u></p>
II verarbeitete haushaltsübliche Zutaten	<ul style="list-style-type: none"> - Zucker, Fette/Öle (teils mit Zusätzen), Salz, Stärke - hohe Energiedichte (außer Salz) - Verzehr immer in Kombination mit Kategorie I, III, IV 	<p><u>Zucker</u>: Saccharose aus Rüben oder Zuckerrohr, Sirupe, Honig;</p> <p><u>Fette</u>: Butter, gesalzene Butter, Schmalz;</p> <p><u>Öle</u>: Saaten, Nüsse, Früchte;</p> <p><u>Salz</u>: Meersalz, jodiertes Tafelsalz;</p> <p><u>Stärke</u>: Mais, Getreide</p>
III verarbeitet	<ul style="list-style-type: none"> - Lebensmittel bestehend aus Primärerzeugnissen (I), haushaltsüblichen Zutaten (II) und/oder Zusatzstoffen - in Lebensmittelhandwerk und -industrie verarbeitet - haltbar/lagerfähig, sensorisch modifiziert - häufig moderate bis hohe Energiedichte 	<p><u>Obst</u>, <u>Gemüse</u>, <u>Hülsenfrüchte</u>, <u>Fisch</u>: Konserven;</p> <p><u>Fleisch-</u>, <u>Fischprodukte</u>: gesalzen/gepökelt, geräuchert, getrocknet, sterilisiert; Konserven; Brot (unverpackt), Käse</p>
IV stark verarbeitet	<ul style="list-style-type: none"> - industriell „formulierte“ Zutaten (Industriezutaten): Primärerzeugnisse chemisch modifiziert und rekombiniert, haushaltsübliche Zutaten (II), Zusatzstoffkombinationen - kombinierte industrielle Verarbeitungsverfahren - extrem lange haltbar/lagerfähig, aufwendig verpackt - häufig verzehrfertig (teils nach Erhitzen) - hohe Energiedichte - häufig im Übermaß verzehrt 	<p><u>verzehrfertige Lebensmittel</u>: Brot (verpackt), Biskuit, Kekse, Kuchen, Knabberartikel, Eiscreme, Süßwaren, gesüßte Getränke, Brotaufstriche;</p> <p><u>vorgefertigte Mahlzeiten</u> (Fleisch, Fisch, Gemüse, Kartoffeln, Getreide): Pizza, Eintöpfe, Suppen, Fertiggerichte;</p> <p><u>gebrauchsfertige haushaltsübliche Zutaten</u>: Soßen, Brühen, Hefeextrakt, Margarine;</p> <p><u>Industriezutaten</u>: Zuckerersatz (Maissirup, Fruchtsaftkonzentrate), Proteinisolate, Separatorenfleisch;</p> <p><u>Babynahrung/-produkte</u></p>

8.3.1.5 SIGA

Die SIGA-Klassifizierung wurde 2018 von einer französischen Arbeitsgruppe als Erweiterung bzw. Ergänzung des NOVA-Systems für industriell verarbeitete Lebensmittel eingeführt [66, 96]. Ziel der Ergänzungen ist es, objektive, klare und wertungsfreie Kriterien für die Beschreibung/Klassifizierung von verarbeiteten und stark verarbeiteten Lebensmitteln zu definieren. Lebensmittel werden nach dem Verarbeitungsgrad und der Nährstoffzusammensetzung (Nährstoffdichte bzw. -gehalt) unterschieden, um ihre ernährungsphysiologische Qualität abzubilden. Neben den Effekten der Verarbeitungsverfahren auf Primärerzeugnisse werden dabei Art und Menge der verwendeten Zutaten berücksichtigt.

So entscheidet der Gehalt an haushaltsüblichen Zutaten darüber, inwieweit verarbeitete und stark verarbeitete Lebensmittel als ernährungsphysiologisch ausgewogen oder als zu energiedicht anzusehen sind. Darüber hinaus werden Art und Anzahl stark verarbeiteter Zutaten (u. a. Proteinisolate oder hydrolysierte Zucker) und Zusatzstoffe im Lebensmittel berücksichtigt (Tab. 8/3 und Abb. 8/1). Die vier Kriterien für die Klassifizierung sind:

- (I) Einfluss von Verarbeitungsverfahren auf Struktur und Inhaltsstoffe von Primärerzeugnissen und/oder Zutaten
- (II) Zusatz von Zucker, Fett und/oder Salz
Das SIGA-System unterscheidet zwischen ernährungsphysiologisch ausgewogenen und unausgewogenen verarbeiteten Lebensmitteln. Unterschieden wird auf Basis der Obergrenzen für Zucker-, Fett- und/oder Salzgehalte, die von der britischen Lebensmittelbehörde (*Food Standard Agency, FSA*) empfohlen werden:
Lebensmittel: Zucker < 12,5 g/100 g; Fett < 17,5 g/100 g; Salz < 1,5 g/100 g
Getränke: Zucker < 6,25 g/100 ml; Fett < 8,75 g/100 ml; Salz < 0,75 g/100 ml
- (III) Marker für stark verarbeitete Lebensmittel
Bestimmte Zutaten sind als sogenannte Marker (M) für stark verarbeitete Lebensmittel definiert und in zwei Kategorien unterteilt. Dabei werden jeweils Herstellungsverfahren berücksichtigt:
M1 – In der Natur vorkommende, mittels unterschiedlicher Verfahren (u. a. Lösungsmittelextraktion oder Ultrafiltration) aus geeigneten Primärerzeugnissen isolierte Zutaten, deren ursprünglicher Zustand dabei stark verändert wird, und/oder chemisch synthetisch hergestellte, naturidentische Stoffe
M2 – Zutaten, die chemisch-synthetisch oder mithilfe unterschiedlicher Verfahren (u. a. Hydrolyse, Hydrierung oder Extrusion) aus Primärerzeugnissen hergestellt werden, deren ursprünglicher Zustand dabei erheblich verändert wird
- (IV) Zusatzstoffe, die im SIGA-System als gesundheitsbedenklich bzw. als potenzielles Gesundheitsrisiko bewertet werden (R-Zusatzstoffe). Für die SIGA-Bewertung werden Stellungnahmen der EFSA und der *French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety* (ANSES) sowie aktuelle wissenschaftliche Studien berücksichtigt.

Das SIGA-System umfasst drei Hauptkategorien, die anhand der Wirkung der Verarbeitungsverfahren auf die Primärerzeugnisse definiert sind: (A) unverarbeitet und minimal verarbeitet, (B) verarbeitet sowie (C) stark verarbeitet. Verarbeitete und stark verarbeitete Lebensmittel werden weiter nach dem Salz-, Zucker- und/oder Fettgehalt in die Subkategorien ernährungsphysiologisch ausgewogen (B1, C01) oder nicht ausgewogen (B2, C02) unterteilt. Zudem werden stark verarbeitete Lebensmittel nach Anzahl und Typ der Marker für stark verarbeitete Lebensmittel und/oder R-Zusatzstoffen in insgesamt fünf Kategorien (C01, C02, C1, C2, C3) unterteilt. Bei minimal verarbeiteten und verarbeiteten Lebensmitteln ist ein begrenzter Gehalt an Zusatzstoffen ohne potenzielles Gesundheitsrisiko möglich [66, 96].

Tabelle 8/3: Kriterien zur Beschreibung unterschiedlicher Lebensmittelverarbeitungsgrade gemäß Klassifizierungssystem SIGA mit Beispielen für Lebensmittel, Marker für starke Verarbeitung und R-Zusatzstoffe^a [66, 96]

A nicht/minimal verarbeitet: <i>Primärerzeugnis unverändert oder leicht verändert</i>			
	Zutaten	Verfahren	Beispiele für Lebensmittel
A0	rohe Lebensmittel	schneiden, schälen	Rohmilch, Obst, Gemüse, Nüsse, Fleisch, Eier
A1	hergestellt aus rohen Zutaten (A0)	kochen, filtern, pressen, mahlen	Tomatenkonzentrat, tiefgefrorenes Obst oder Gemüse, Fisch oder Fleisch gegrillt
A2	haushaltsübliche Zutaten ^b		native Öle, Butter, Zucker, Honig, Salz
B verarbeitet: <i>Primärerzeugnis verändert</i>			
	Zutaten	Zucker-, Fett-, Salzgehalt	Beispiele für Lebensmittel
B1	hergestellt aus rohen Zutaten (A0) und/oder A1-Lebensmittel mit A2-haushaltsüblichen Zutaten	ausgewogen	Brot, Gemüsekonserven, Fischkonserven in nativem Öl, Gemüsesäfte mit Salz, Mandelmilch mit Zucker, Käse
B2	und der Einsatz von nicht R-Zusatzstoffen ist möglich	nicht ausgewogen	Obstkonserven mit Zucker, gesalzene Mandel, luftgetrocknete Schinken, Butterkeks
C stark verarbeitet: <i>Primärerzeugnis stark verändert und beinhaltet Marker für starke Verarbeitung (M1, M2) und/oder R-Zusatzstoffe</i>			
	Zutaten	Zucker-, Fett-, Salzgehalt	Beispiele für Marker und R-Zusatzstoffe
C01 C02	1 x M1	ausgewogen nicht ausgewogen	M1 – Proteinisolate, raffinierte Öle, Stärke, Aromaeextrakte und Naturaromen, Hefeextrakte, Pektine (E 440i), Lecithin (E 222), Xanthan (E 415) M2 – hydrolysierte Zucker (durch Spaltung von Stärke u. a. Glukosesirupe, Dextrose), synthetische Aromen, modifizierten Stärke (E 1404–E 1450), Carboxymethylcellulose (E 466), synthetische Süßungsmittel (u. a. Sucralose, E 955)
C1	2 – 4 x M1		
C2	≥ 5 x M1 und/oder 1 x M2 und/oder 1 x R-Zusatzstoff		R-Zusatzstoffe – Nitrite/Nitrate (E 249–E 252), Phosphate (E 338–E 452)
C3	≥ 2 x M2 und/oder ≥ 2 x R-Zusatzstoffe		

a nach SIGA-Definition gesundheitsbedenklich bzw. mit potenziellem Gesundheitsrisiko

b ausgeschlossen: raffinierte Öle (M1), teilgehärtete Öle und Fette (M2)

Um den Zusammenhang zwischen dem Verzehr stark verarbeiteter Lebensmittel und dem Risiko für ernährungsmitbedingte Erkrankungen zu bewerten, wurden die Klassifizierungssysteme IARC-EPIC, IFIC, UNC, NOVA und SIGA erarbeitet. Alle Systeme berücksichtigen klassische Verarbeitungsziele wie u. a. Sicherheit, Lagerfähigkeit und sensorische Eigenschaften.

8.3.2 Vergleich und Bewertung

Alle beschriebenen Klassifizierungssysteme basieren auf der Einordnung von Primärerzeugnissen und daraus hergestellten, verarbeiteten Lebensmitteln nach definierten Verarbeitungsgraden. Die jeweils angewendeten Kriterien zur Beschreibung der Verarbeitungsgrade sind in Tabelle 8/4 zusammengefasst.

Tabelle 8/4: Vergleich ausgewählter Lebensmittelklassifizierungssysteme

	IARC-EPIC	IFIC	UNC	NOVA	SIGA
Verarbeitungsgrade					
Hauptkategorien	3	5	3	4	3
Gesamtkategorien ^a	3	5	7	4	10
Kriterien					
Verarbeitungsverfahren					
- Art der Verfahren	-	-	-	(✓)	(✓)
- Anwendungsbereich	✓	-	(✓)	(✓)	(✓)
- Wirkung der Verarbeitung	-	-	(✓)	(✓)	✓
Verarbeitungsziele (Sicherheit, Lagerfähigkeit, sensorische Eigenschaften)	(✓)	✓	✓	✓	(✓)
Convenience-Stufe	(✓)	✓	-	(✓)	-
Anzahl der Zutaten	-	(✓)	✓	✓	✓
Zugabe von Zusatzstoffen	-	-	(✓)	✓	✓
Ernährungsphysiologische Qualität (Zucker, Salz, Fett)	-	-	-	(✓)	✓

✓ ausschlaggebendes Kriterium; ✓ ja; (✓) teilweise erwähnt, nicht explizit oder sehr vage formuliert; - keine Angabe
a Summe der Haupt- und Subkategorien

Alle Systeme berücksichtigen wichtige Ziele der Verarbeitung, wie u. a. Sicherheit, Lagerfähigkeit, sensorische Eigenschaften. Noch nicht im Fokus stehen Verarbeitungsziele, die schon heute an Bedeutung gewonnen haben, wie die Sicherung der Ernährung sowie umweltverträgliche, weitgehend klimaneutrale und ressourcenschonende Verarbeitungsverfahren. Die Verwendung von Zutaten und Zusatzstoffen wird fast immer bewertet, allerdings mehr oder weniger differenziert und nur selten im Hinblick auf Energie- und Nährstoffdichte und damit auf die ernährungsphysiologische Qualität verarbeiteter Lebensmittel. Der vor dem Verzehr erforderliche Aufwand für die Zubereitung bzw. die für Verbraucher*innen bequeme Handhabung der Fertiglernsmittel (Convenience-Stufe) wird im IFIC-System hervorgehoben. Obwohl der Verarbeitungsgrad der Lebensmittel als Basis aller Klassifizierungssysteme angegeben wird, liegen den jeweils definierten Verarbeitungsgraden weder konkrete Verarbeitungsverfahren zugrunde, noch wird berücksichtigt,

inwieweit die ursprüngliche Struktur und die Inhaltsstoffe der Primärerzeugnisse erhalten bleiben oder modifiziert werden. Unberücksichtigt bleibt teilweise auch der Anwendungsbereich, d. h. in Haushalt, Außer-Haus-Verpflegung, Handwerk bzw. Industrie und damit auch, in welchem Maßstab Lebensmittel verarbeitet werden. Das NOVA-System und folglich die zwei davon abgeleiteten Systeme UNC und SIGA wurden ausschließlich für die Klassifizierung industriell verarbeiteter Lebensmittel entwickelt. Die „in Haushalt oder Gastgewerbe“ eingesetzten Verarbeitungsverfahren sind nach Monteiro et al. „per Definition nicht industriell“ und aus diesem Grund in der NOVA-Klassifizierung nicht berücksichtigt [97]. Diese Annahme ist aus technologischer Sicht nicht sachlich begründet, weil in allen Anwendungsbereichen, d. h. im Haushalt, in der Außer-Haus-Verpflegung sowie im Handwerk und in der Industrie von wenigen Ausnahmen abgesehen, die gleichen Verarbeitungsverfahren eingesetzt werden (s. 8.2.2). Einzig das IARC-EPIC Klassifizierungssystem berücksichtigt unter Kategorie II.2, einer der Subkategorien der wenig verarbeiteten Lebensmittel, auch Lebensmittel die zu Hause verarbeitet oder zubereitet wurden. Unabhängig vom Verarbeitungsort (zu Hause, in der Außer-Haus-Verpflegung oder im Ernährungsgewerbe) können sich während der Anwendung thermischer Verarbeitungsverfahren (u. a. Kochen, Backen, Braten oder Grillen) potenziell schädliche Prozesskontaminanten wie u. a. Acrylamid oder Furane bilden. Insgesamt beziehen sich die Kriterien, die jeweils einen Verarbeitungsgrad beschreiben eher nachrangig auf Verarbeitungsverfahren und ihre Wirkung auf Primärerzeugnisse als vielmehr auf Verarbeitungsziele, Zutaten und Zusatzstoffe sowie Convenience. Die Beschreibung „Kategorisierung nach Verarbeitungsgrad“ ist daher nicht für alle Systeme zielführend.

Alle Klassifizierungssysteme empfehlen sich als Modell zur wissensbasierten Definition von Verarbeitungsgraden für eine wissenschaftlich unabhängige Bewertung der ernährungsphysiologischen Qualität verarbeiteter Lebensmittel. Schon die teils sehr großen Unterschiede in der Beschreibung von Verarbeitungsgraden der einzelnen Klassifizierungssysteme deuten jedoch darauf hin, wie sehr die Ergebnisse und damit verbunden die Aussagekraft von Studien über die Beteiligung stark verarbeiteter Lebensmittel an der Entstehung ernährungsmitbedingter Erkrankungen vom jeweiligen Klassifizierungssystem beeinflusst werden können. Weiter verdeutlicht und bestätigt wird dies im Zusammenhang mit dem praktischen Einsatz und der Robustheit der Klassifizierungssysteme, die im Rahmen mehrerer Studien untersucht wurden. Crino et al. kommen zu dem Ergebnis, dass Klassifizierungssysteme mit Subkategorien innerhalb eines Verarbeitungsgrads im Hinblick auf ihre Einsetzbarkeit und mögliche Schlussfolgerungen zur Entstehung ernährungsmitbedingter Erkrankungen von Vorteil sind [98]. Untersuchungen zum Einfluss verarbeiteter Lebensmittel auf die Ernährungsqualität zeigten abhängig vom eingesetzten Klassifizierungssystem (UNC, IFIC und NOVA) große Diskrepanzen beim Vergleich der Auswertungsergebnisse (*inter-rate reliability*) einer Studie mit 100 häufig von Kindern verzehrten Produkten [99]. Um den Anteil der im Jahr 2000 in Portugal verzehrten, stark verarbeiteten Lebensmittel darzustellen, wurden 556 Produkte nach verschiedenen Systemen klassifiziert [100]. Der Anteil stark verarbeiteter Lebensmittel betrug je nach System 10,2 % (NOVA), 15,2 % (UNC), 17,7 % (IFIC) oder 47,4 % (IARC-EPIC). De Araújo et al. zogen daraus die Schlussfolgerung, dass sich die großen Diskrepanzen zwischen diesen Klassifizierungssystemen auch auf die abgeleiteten Ergebnisse auswirken [100]. Auch bei einer Studie in Spanien wurde ein starker Einfluss der Klassifizierungssysteme auf die Ergebnisse beobachtet [101]. Die Verteilung der verzehrten stark verarbeiteten Lebensmittel betrug in diesem Fall 7,9 % (NOVA), 19,7 % (UNC), 20 % (IFIC) und 45,9 % (IARC-EPIC). Insgesamt lässt sich festhalten, dass generalisierte Aussagen über die Zusammenhänge ernährungsmitbe-

dingter Erkrankungen und dem Verzehr stark verarbeiteter Lebensmittel nicht unabhängig vom eingesetzten Klassifizierungssystem abgeleitet werden können.

Die FAO hat 2019 einen Report über das NOVA-Klassifizierungssystem herausgegeben, ohne dieses jedoch zu empfehlen³ [95]. Seitdem nutzen viele Ernährungsstudien zum Einfluss verarbeiteter und stark verarbeiteter Lebensmittel dieses Klassifizierungssystem. Daher wird dieses System mit dem darauf aufbauenden SIGA-System im Folgenden verglichen und bewertet.

Zum NOVA-Klassifizierungssystem hat die FAO 2019 einen Report herausgegeben, allerdings ohne dieses Klassifizierungssystem zu empfehlen. Seitdem nutzen viele Ernährungsstudien dieses System, obwohl die FAO bisher keines der Klassifizierungssysteme empfohlen hat.

Das SIGA-System legt dem NOVA-System vergleichbare Klassifizierungskriterien zugrunde (Abb. 8/1), berücksichtigt jedoch weitere wichtige Aspekte und kann damit als Weiterentwicklung des NOVA-Systems betrachtet werden.

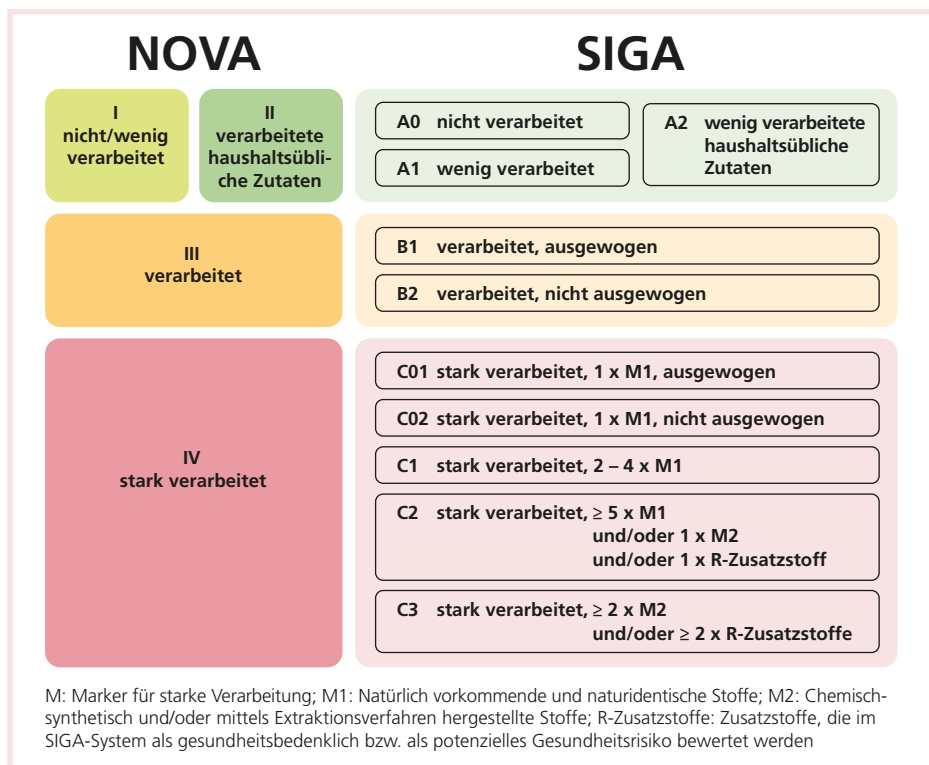


Abbildung 8/1: Weiterentwicklung des SIGA-Systems aus dem NOVA-System (in Anlehnung an [102])

3 Impressum: „The views expressed in this information product are those of the author(s) and do not necessarily reflect the views or policies of FAO, nor do they constitute a validation of the NOVA classification system.“

8.3

Die Definitionen der Verarbeitungsgrade beider Systeme unterscheiden sich im Wesentlichen durch die im SIGA-System detaillierten Angaben zu Art und Gehalt der verwendeten Zutaten (Tab. 8/3). Damit wird einerseits die Energiedichte aus haushaltsüblichen Zutaten erfasst, andererseits werden Zutaten und Zusatzstoffe berücksichtigt, die in der Natur vorkommen bzw. naturidentisch sind oder chemisch/synthetisch oder extraktiv hergestellt wurden. Darüber hinaus werden Zusatzstoffe ausgewiesen, die mit potenziellen Gesundheitsrisiken verbunden sind. Im Unterschied zum Nova-System können im SIGA-System abhängig von der Energiedichte und dem Salzgehalt sowohl verarbeitete als auch stark verarbeitete Lebensmittel ernährungsphysiologisch ausgewogen sein oder zu viel Zucker, Fette, Öle und Salz enthalten. Wichtig ist diese Unterscheidung insbesondere im Hinblick darauf, dass Lebensmittel einerseits stark verarbeitet, andererseits jedoch ernährungsphysiologisch ausgewogen sein können. Im NOVA-System gelten alle stark verarbeiteten Lebensmittel ausnahmslos als ernährungsphysiologisch unausgewogen. Weil auch alle industriell hergestellten Zutaten dieser Kategorie IV zugeordnet werden, sind demnach auch eine Vielzahl der im Zuge der Ernährungssicherung aktuell und künftig entwickelten neuartigen Lebensmittelrohstoffe lediglich aufgrund ihres Herstellungsverfahrens und ohne Beachtung ihrer Nährstoffzusammensetzung als stark verarbeitet und ernährungsphysiologisch unausgewogen zu bewerten [95]. Dies betrifft z. B. die Einordnung und Bewertung von Lebensmitteln, die unter Verwendung u. a. von Proteinisolaten aus heute noch nicht genutzten Rohstoffquellen hergestellt wurden. Diese Lebensmittel müssen im Hinblick auf die Ernährungssicherung und/oder auf den Klima- und Umweltschutz isolierte Zutaten enthalten, um u. a. gegenwärtig vom Tier stammende Lebensmittel zu ersetzen sowie um ausreichende Mengen an Lebensmitteln bereitzustellen. Auch traditionell (noch) nicht bzw. erst seit kurzem genutzte Isolate aus Primärerzeugnissen oder aus Reststoffen der Lebensmittelherstellung sind entsprechend einzuordnen. Weiter werden die Beiträge von Verarbeitungsverfahren und Rezepturen zur gesundheitlichen Wirkung verarbeiteter Lebensmittel im NOVA-System nicht getrennt voneinander berücksichtigt. Die konkreten Risikofaktoren für ernährungsmitbedingte Erkrankungen bleiben damit unklar, wie sich am Beispiel extrudierter Frühstückszerealien sehr gut zeigen lässt. Kommerziell erhältlichen, extrudierten Frühstückszerealien wird heute bis zu über 40 % Zucker zugesetzt [103], was technologisch nicht zwingend erforderlich ist, jedoch die Energiedichte der Produkte stark erhöht. Nach dem NOVA-System sind bereits extrudierte Produkte unabhängig vom Zuckerzusatz stark verarbeitet, sodass hohe Zuckergehalte als potenzieller Risikofaktor ernährungsmitbedingter Erkrankungen im Rahmen von Ernährungsstudien, die lediglich das NOVA-System nutzen, für extrudierte Produkte nicht erfasst werden. Mögliche negative gesundheitliche Folgen können in diesem Fall ausschließlich auf das Verarbeitungsverfahren, nicht jedoch auf die Inhaltsstoffe zurückgeführt werden. Im SIGA-System hingegen kann die gesundheitsbezogene Wirkung zucker-, salz- und fettreicher stark verarbeiteter Lebensmittel auf die Gehalte an diesen Zutaten zurückgeführt werden. Weiter gibt die Einordnung anhand der Marker Hinweise auf Zucker-, Fett- und Salzersatzstoffe, die im Rahmen der aktuellen Lebensmittelreformulierung in größerer Anzahl eingesetzt werden könnten.

Das SIGA-System scheint zum aktuellen Zeitpunkt das größte Potenzial zu haben, den Einfluss von Verarbeitungsverfahren und Nährstoffzusammensetzung auf die menschliche Gesundheit getrennt voneinander bewerten zu können. Da es 2018 eingeführt wurde, liegen bislang noch keine Ernährungsstudien vor, die dieses System zur Einordnung der verwendeten Lebensmittel zugrunde legen, und eine Bewährung in der Praxis steht noch aus.

Das SIGA-System erlaubt im Gegensatz zum NOVA-System die getrennte Erfassung der Beiträge von Verarbeitungsverfahren und Rezepturen zur gesundheitlichen Wirkung verarbeiteter Lebensmittel und ermöglicht es so, beispielsweise die Höhe der Zuckermenge im Produkt als Risikofaktor für ernährungsmitbedingte Erkrankungen zu bewerten.

Kein Klassifizierungssystem berücksichtigt Ernährungssicherung und umweltverträgliche, weitgehend klimaneutrale und ressourcenschonende Verarbeitungsverfahren als Verarbeitungsziel. Das SIGA-System bietet grundsätzlich die Möglichkeit, diese neuen Verarbeitungsaspekte einzuordnen.

8.4 Fazit und Forschungsbedarf

Das Ziel der bis heute entwickelten Lebensmittelklassifizierungssysteme nach dem Verarbeitungsgrad war es, ein standardisiertes Modell zur Bewertung der Zusammenhänge zwischen dem Verzehr (insbesondere stark) verarbeiteter Lebensmittel und dem Risiko ernährungsmitbedingter Erkrankungen zu entwickeln. Gegenwärtig weist das SIGA-System mit der Unterscheidung zwischen den Wirkungen von Verarbeitungsverfahren und Rezeptur, d. h. der Verwendung haushaltsüblicher Zutaten wie Zucker, Fett/Öl und Salz sowie potenziell gesundheitsschädlicher Zutaten, wie bestimmter Zusatzstoffe und deren Kombination, diesbezüglich das größte Potenzial auf. Die Option zur Berücksichtigung künftig wichtiger Verarbeitungsziele machen das SIGA-System außerdem zukunftstauglich. Derzeit existiert allerdings noch kein wissenschaftlicher Konsens über einheitliche, objektive und eindeutige Kriterien für eine Beschreibung von Verarbeitungsgraden [104]. Auch wenn alle beschriebenen Klassifizierungssysteme versuchen, Kriterien für unterschiedliche Verarbeitungsgrade zu beschreiben, wird die Wirkung von Verarbeitungsverfahren auf chemische, physikalische oder ernährungsphysiologische Eigenschaften der Produkte anhand der angewendeten Prozessparameter (u. a. Temperatur, Druck oder Zeit) nicht berücksichtigt. Nur sehr wenig Studien versuchen bislang Kriterien für eine Beschreibung von Verarbeitungsgraden und/oder messbare Kennzeichen für die Beschreibung der Wirkung von Verarbeitungsverfahren abhängig von Produktgruppe zu definieren. Ein Beispiel ist die Klassifizierung von Milchprodukten in Abhängigkeit von der Intensität der angewendeten thermischen Verfahren (pasteurisiert je nach Temperatur oder sterilisiert) ohne oder in Kombination mit Homogenisierungsverfahren im Rahmen der Verzehrein-schätzung bei finnischen Kindern [105]. Für Brot wurden Aromakomponenten identifiziert, um Verarbeitungsmethoden und Herstellungsorte (Haushalt, Handwerk, Industrie) unterscheiden zu können [106]. Um den Forschungsstand hinsichtlich der Wirkungsweisen von Verarbeitungsverfahren und Zutaten inklusive Zusatzstoffen auf die Entstehung ernährungsmitbedingter Erkrankungen zu erweitern und zu verbessern, ist die Entwicklung eines praxisorientierten, robusten sowie differenzierten und weitgehend allgemeingültigen Klassifizierungssystems anzustreben. Für eine erfolgreiche Umsetzung ist die Zusammenarbeit von Vertreter*innen der Ernährungswissenschaft und der Lebensmittelwissenschaft und -technologie einschließlich der Einbindung von Verbraucher*innen und Politik essenziell [107, 108]. Viele Studien, die bisher unterschiedliche Klassifizierungssysteme und individuelle Definitionen stark verarbeiteter Lebensmittel nutzen, weisen auf gesundheitliche Risiken hin, die mit einem höheren Verzehr stark verarbeiteter Lebensmittel assoziiert sind. Die genaueren Ursachen für die Studienergebnisse bleiben angesichts der beschriebenen Mängel vieler heutiger Klassifizierungssysteme allerdings offen. Systematische und interdisziplinäre Studien auf der Basis desselben robusten Klassifizierungssystems sind notwendig, um den Einfluss von verschiedenen möglichen Faktoren (u. a. Energiedichte, Lebensmittelstruktur/-matrix, Prozesskontaminanten und Zusatzstoffe) auf die beobachteten Zusammenhänge aufzuklären [107, 109–113].

8.5 Literatur

- [1] WHO (World Health Organization) (Hrsg.): European food and nutrition action plan 2015–2020. (2014) https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/253727/64wd14e_FoodNutAP_140426.pdf (eingesehen am 25.11.2022)
- [2] WHO (World Health Organization) (Hrsg.): Guideline: sugars intake for adults and children. (2015) <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/668769/retrieve> (eingesehen am 25.11.2022)
- [3] WHO (World Health Organization) (Hrsg.): Incentive and disincentives for reducing sugar in manufactured foods. (2017) <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345828/WHO-EURO-2017-3404-43163-60439-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (eingesehen am 25.11.2022)
- [4] WHO (World Health Organization) (Hrsg.): Guideline: sodium intake for adults and children. (2012) <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/110243/retrieve> (eingesehen am 25.11.2022)
- [5] Europäische Kommission (Hrsg.): EU framework for national initiatives on selected nutrients. Annex II: added sugars. (2015) https://health.ec.europa.eu/system/files/2016-11/added_sugars_en_0.pdf (eingesehen am 25.11.2022)
- [6] Europäische Kommission (Hrsg.): EU framework for national initiatives on selected nutrients. Annex I: saturated fat. (2012) http://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/nutricion/observatorio/Marco_europeo_-_GRASAS.pdf (eingesehen am 25.11.2022)
- [7] Europäische Kommission (Hrsg.): EU framework for national salt initiatives. (2008) https://ec.europa.eu/health/publications/eu-framework-national-salt-initiatives_en (eingesehen am 25.11.2022)
- [8] Vandevijvere S, Monteiro C, Krebs-Smith SM et al.: Monitoring and benchmarking population diet quality globally: a step-wise approach. *Obes Rev* 14 (2013) 135–149
- [9] Mertens E, Colizzi C, Peñalvo JL: Ultra-processed food consumption in adults across Europe. *Eur J Nutr* 61 (2022) 1521–1539
- [10] Monteiro CA, Moubarac JC, Levy RB et al.: Household availability of ultra-processed foods and obesity in nineteen European countries. *Public Health Nutr* 21 (2018) 18–26
- [11] Moubarac JC, Batal M, Louzada ML et al.: Consumption of ultra-processed foods predicts diet quality in Canada. *Appetite* 108 (2017) 512–520
- [12] Martínez Steele E, Baraldi LG, da Costa Louzada ML et al.: Ultra-processed foods and added sugars in the US diet: evidence from a nationally representative cross-sectional study. *BMJ Open* 6 (2016) e009892
- [13] Lane MM, Davis JA, Beattie S et al.: Ultraprocessed food and chronic noncommunicable diseases: A systematic review and meta-analysis of 43 observational studies. *Obes Rev* 22 (2021) e13146
- [14] Deutsche Lebensmittelbuch-Kommission: Die Leitsätze aus den Fachausschüssen. <https://www.deutsche-lebensmittelbuch-kommission.de/> (eingesehen am 24.11.2022)
- [15] FAO (Food and Agriculture Organization) (Hrsg.): Guidelines on the collection of information on food processing through food consumption surveys. (2015) <http://www.fao.org/3/i4690e/I4690E.pdf> (eingesehen am 25.11.2022)
- [16] Europäisches Parlament, Europäischer Rat (Hrsg.): Verordnung (EG) Nr. 178/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 28. Januar 2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit. (2002) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/TXT/?uri=CELEX:32002R0178> (eingesehen am 25.11.2022)
- [17] Europäisches Parlament, Europäischer Rat (Hrsg.): Verordnung (EG) Nr. 852/2004 vom 29. April 2004 über Lebensmittelhygiene. Stand 24.03.2021. (2004) <http://data.europa.eu/eli/reg/2004/852/2021-03-24> (eingesehen am 25.11.2022)
- [18] Tauscher B, Brack G, Flachowsky G et al.: Bewertung von Lebensmitteln verschiedener Produktionsverfahren. Statusbericht 2003. In: Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) (Hrsg.): Schriftenreihe des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft / Reihe A, Angewandte Wissenschaft. Heft 499. Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup (2003)
- [19] Pfannhauser W: Lebensmittelqualität - was ist das? *Die Ernährung/Nutrition* 20 (1996) 5–8
- [20] Europäisches Parlament, Europäischer Rat (Hrsg.): Verordnung (EU) 2015/2283 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. November 2015 über neuartige Lebensmittel, zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 1169/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 258/97 des Europäischen Parlaments und des Rates und der Verordnung (EG) Nr. 1852/2001 der Kommission. (2015) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex:32015R2283> (eingesehen am 25.11.2022)
- [21] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.): Rechtsgrundlagen für die Lebensmittelhygiene. (2020) <https://www.bmel.de/DE/themen/verbraucherschutz/lebensmittel-hygiene/rechtsgrundlagen-lebensmittelhygiene.html> (eingesehen am 25.11.2022)
- [22] Arens-Azevêdo U, Bölts M, Schnur E et al.: Beurteilung ausgewählter Convenience-Produkte in der Gemeinschaftsverpflegung und Handlungsempfehlungen zur Optimierung. (2020) <https://www.dge.de/fileadmin/public/doc/gv/publikationen/Convenienceprodukte-GV.pdf> (eingesehen am 25.11.2022)

- [23] Crippa M, Solazzo E, Guizzardi D et al.: Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nature Food* 2 (2021) 198–209
- [24] Lillford P, Hermansson A-M: Global missions and the critical needs of food science and technology. *Trends Food Sci Technol* 111 (2021) 800–811
- [25] Rodriguez-Amaya DB, Amaya-Farfan J, Lund DB: Societal role of food processing: envisaging the future. In: Rodriguez-Amaya DB, Amaya-Farfan J (Hrsg.): *Chemical changes during processing and storage of foods*. Academic Press (2021) 1–20
- [26] Schmid V, Mayer-Miebach E, Behnlian D et al.: Enrichment of starch-based extruded cereals with chokeberry (*Aronia melanocarpa*) pomace: Influence of processing conditions on techno-functional and sensory related properties, dietary fibre and polyphenol content as well as in vitro digestibility. *LWT* 154 (2022) 112610
- [27] Ballesteros LF, Teixeira JA, Mussatto SI: Chemical, functional, and structural properties of spent coffee grounds and coffee silverskin. *Food Bioprocess Technol* 7 (2014) 3493–3503
- [28] Messina M, Sievenpiper JL, Williamson P et al.: Perspective: soy-based meat and dairy alternatives, despite classification as ultra-processed foods, deliver high-quality nutrition on par with unprocessed or minimally processed animal-based counterparts. *Adv Nutr* 13 (2022) 726–738
- [29] Breidenassel C, Schäfer CA, Micka M et al.: Einordnung der Planetary Health Diet anhand einer Gegenüberstellung mit den lebensmittelbezogenen Ernährungsempfehlungen der DGE. *Ernahrungs Umschau* 69 (2022) M252–M268
- [30] WHO (World Health Organization), FAO (Food and Agriculture Organization) (Hrsg.): *Sustainable healthy diets: guiding principles*. (2019) <https://www.fao.org/3/ca6640en/ca6640en.pdf> (eingesehen am 25.11.2022)
- [31] Willett W, Rockström J, Loken B et al.: Food in the anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet* 393 (2019) 447–492
- [32] Europäische Kommission (Hrsg.): *Durchführungsverordnung (EU) 2021/882 der Kommission vom 1. Juni 2021 zur Genehmigung des Inverkehrbringens getrockneter Larven von Tenebrio molitor als neuartiges Lebensmittel gemäß der Verordnung (EU) 2015/2283 des Europäischen Parlaments und des Rates sowie zur Änderung der Durchführungsverordnung (EU) 2017/2470 der Kommission*. (2021) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32021R0882> (eingesehen am 25.11.2022)
- [33] Carmody RN, Wrangham RW: Cooking and the human commitment to a high-quality diet. *Cold Spring Harb Symp Quant Biol* 74 (2009) 427–434
- [34] Europäisches Parlament, Europäischer Rat (Hrsg.): *Verordnung (EG) Nr. 1333/2008 von 16. Dezember 2008 über Lebensmittelzusatzstoffe*. Stand 08.08.2021. (2008) <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2008/1333/2021-08-08> (eingesehen am 25.11.2022)
- [35] Watada AE, Qi L: Quality of fresh-cut produce. *Postharvest Biol Technol* 15 (1999) 201–205
- [36] Knorr D, Augustin MA: Food processing needs, advantages and misconceptions. *Trends Food Sci Technol* 108 (2021) 103–110
- [37] Europäisches Parlament, Europäischer Rat (Hrsg.): *Durchführungsverordnung (EU) 2017/2470 der Kommission vom 20. Dezember 2017 zur Erstellung der Unionsliste der neuartigen Lebensmittel gemäß der Verordnung (EU) 2015/2283 des Europäischen Parlaments und des Rates über neuartige Lebensmittel*. Stand 26.07.2022. (2017) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02017R2470-20220726> (eingesehen am 25.11.2022)
- [38] Europäisches Parlament, Europäischer Rat (Hrsg.): *Richtlinie 1999/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Februar 1999 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über mit ionisierenden Strahlen behandelte Lebensmittel und Lebensmittelbestandteile*. Stand 11.12.2008. (1999) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex%3A01999L0002-20081211> (eingesehen am 25.11.2022)
- [39] Europäisches Parlament, Europäischer Rat (Hrsg.): *Richtlinie 1999/3/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Februar 1999 über die Festlegung einer Gemeinschaftsliste von mit ionisierenden Strahlen behandelten Lebensmitteln und Lebensmittelbestandteilen*. (1999) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex%3A31999L0003> (eingesehen am 25.11.2022)
- [40] Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (Hrsg.): *Bestrahlung von Lebensmitteln*. https://www.bvl.bund.de/DE/Arbeitsbereiche/01_Lebensmittel/03_Verbraucher/10_LMBBestrahlen/lm_LM_Bestrahlen_node.html (eingesehen am 25.11.2022)
- [41] Aguilera JM: The food matrix: implications in processing, nutrition and health. *Crit Rev Food Sci Nutr* 59 (2019) 3612–3629
- [42] Aguilera JM: Rational food design and food microstructure. *Trends Food Sci Technol* 122 (2022) 256–264
- [43] Liu X, Le Bourvellec C, Renard CMGC: Interactions between cell wall polysaccharides and polyphenols: Effect of molecular internal structure. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 19 (2020) 3574–3617
- [44] Capuano E, Janssen A: Food matrix and macronutrient digestion. *Annu Rev Food Sci Technol* 12 (2021) 193–212
- [45] Parada J, Aguilera JM: Food microstructure affects the bioavailability of several nutrients. *J Food Sci* 72 (2007) R21–R32

- [46] Wang S, Copeland L: Molecular disassembly of starch granules during gelatinization and its effect on starch digestibility: a review. *Food Funct.* 4 (2013) 1564–1580
- [47] Dhital S, Warren FJ, Butterworth PJ et al.: Mechanisms of starch digestion by α -amylase - structural basis for kinetic properties. *Crit Rev Food Sci Nutr* 57 (2017) 875–892
- [48] Miao M, Hamaker BR: Food matrix effects for modulating starch bioavailability. *Annu Rev Food Sci Technol* 12 (2021) 169–191
- [49] Sun L, Miao M: Dietary polyphenols modulate starch digestion and glycaemic level: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 60 (2020) 541–555
- [50] Barrett AH, Farhadi NF, Smith TJ: Slowing starch digestion and inhibiting digestive enzyme activity using plant flavanols/tannins - a review of efficacy and mechanisms. *LWT* 87 (2018) 394–399
- [51] Dhital S, Bhattarai RR, Gorham J et al.: Intactness of cell wall structure controls the in vitro digestion of starch in legumes. *Food and Funct* 7 (2016) 1367–1379
- [52] Bub A, Malpuech-Brugère C, Orfila C et al.: A dietary intervention of bioactive enriched foods aimed at adults at risk of metabolic syndrome: protocol and results from PATHWAY-27 pilot study. *Nutrients* 11 (2019) 1814
- [53] Maiani G, Periago Castón MJ, Catasta G et al.: Carotenoids: actual knowledge on food sources, intakes, stability and bioavailability and their protective role in humans. *Mol Nutr Food Res* 53 (2009) S194–S218
- [54] Schweiggert RM, Mezger D, Schimpf F et al.: Influence of chromoplast morphology on carotenoid bioaccessibility of carrot, mango, papaya, and tomato. *Food Chem* 135 (2012) 2736–2742
- [55] Gärtner C, Stahl W, Sies H: Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes. *Am J Clin Nutr* 66 (1997) 116–122
- [56] Unlu NZ, Bohn T, Francis DM et al.: Lycopene from heat-induced cis-isomer-rich tomato sauce is more bioavailable than from all-trans-rich tomato sauce in human subjects. *Br J Nutr* 98 (2007) 140–146
- [57] Fröhlich K, Kaufmann K, Bitsch R et al.: Effects of ingestion of tomatoes, tomato juice and tomato purée on contents of lycopene isomers, tocopherols and ascorbic acid in human plasma as well as on lycopene isomer pattern. *Br J Nutr* 95 (2006) 734–741
- [58] Renard CMGC, Watrelot AA, Le Bourvellec C: Interactions between polyphenols and polysaccharides: mechanisms and consequences in food processing and digestion. *Trends Food Sci Technol* 60 (2017) 43–51
- [59] Dufour C, Loonis M, Delosière M et al.: The matrix of fruit & vegetables modulates the gastrointestinal bioaccessibility of polyphenols and their impact on dietary protein digestibility. *Food Chem* 240 (2018) 314–322
- [60] Kulling SE, Rawel HM: Chokeberry (*Aronia melanocarpa*)– a review on the characteristic components and potential health effects. *Planta Med* 74 (2008) 1625–1634
- [61] Pickardt C, Eisner P, Bader S: Protein preparations from lupine seeds and production thereof. (2014) <https://patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US8728542.pdf> (eingesehen am 25.11.2022)
- [62] Eisner P, Fischl R, Mittermaier S et al.: Emulsionen mit Lupinproteine. (2016) <https://patentimages.storage.googleapis.com/b1/94/46/d71a/eedcf4458a/WO2016000939A1.pdf> (eingesehen am 25.11.2022)
- [63] Li S, Tian Y, Jiang P et al.: Recent advances in the application of metabolomics for food safety control and food quality analyses. *Crit Rev Food Sci Nutr* 61 (2021) 1448–1469
- [64] Rowland I, Gibson G, Heinken A et al.: Gut microbiota functions: metabolism of nutrients and other food components. *Eur J Nutr* 57 (2018) 1–24
- [65] Moughan PJ: Holistic properties of foods: a changing paradigm in human nutrition. *J Sci Food Agric* 100 (2020) 5056–5063
- [66] Fardet A: Characterization of the degree of food processing in relation with its health potential and effects. *Adv Food Nutr Res* 85 (2018) 79–129
- [67] Europäisches Parlament, Europäischer Rat (Hrsg.): Verordnung (EU) Nr. 1169/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Oktober 2011 betreffend die Information der Verbraucher über Lebensmittel und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 1924/2006 und (EG) Nr. 1925/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung der Richtlinie 87/250/EWG der Kommission, der Richtlinie 90/496/EWG des Rates, der Richtlinie 1999/10/EG der Kommission, der Richtlinie 2000/13/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, der Richtlinien 2002/67/EG und 2008/5/EG der Kommission und der Verordnung (EG) Nr. 608/2004 der Kommission. Stand 01.01.2018. (2011) <http://data.europa.eu/eli/reg/2011/1169/2018-01-01> (eingesehen am 25.11.2022)
- [68] Bechthold A: Food energy density and body weight. A scientific statement from the DGE. *Ernährungs Umschau* 61 (2014) 2–11
- [69] Chazelas E, Deschasaux M, Srour B et al.: Food additives: distribution and co-occurrence in 126,000 food products of the French market. *Sci Rep* 10 (2020) 3980
- [70] Europäische Kommission (Hrsg.): Verordnung (EU) Nr. 257/2010 zur Aufstellung eines Programms zur Neubewertung zugelassener Lebensmittelzusatzstoffe gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1333/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates über Lebensmittelzusatzstoffe. Stand 27.03.2021. (2010) <http://data.europa.eu/eli/reg/2010/257/2021-03-27> (eingesehen am 25.11.2022)

- [71] EFSA Panel on Food Additives and Flavourings (FAF), Younes M, Aquilina G et al.: Safety assessment of titanium dioxide (E171) as a food additive. *EFSA Journal* 19 (2021) 6585
- [72] Europäische Kommission (Hrsg.): Verordnung (EU) Nr. 2022/63 der Kommission vom 14. Januar 2022 zur Änderung der Anhänge II und III der Verordnung (EG) Nr. 1333/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich des Lebensmittelzusatzstoffs Titandioxid (E 171). (2022) <http://data.europa.eu/eli/reg/2022/63/oj> (eingesehen am 25.11.2022)
- [73] Rotter S, Beronius A, Boobis AR et al.: Overview on legislation and scientific approaches for risk assessment of combined exposure to multiple chemicals: the potential EuroMix contribution. *Crit Rev Toxicol* 48 (2018) 796–814
- [74] Europäische Kommission (Hrsg.): Exposure to ‘cocktails’ of food additives and chronic disease risk. (2020) <https://cordis.europa.eu/project/id/864219/de> (eingesehen am 25.11.2022)
- [75] Cao Y, Liu H, Qin N et al.: Impact of food additives on the composition and function of gut microbiota: a review. *Trends Food Sci Technol* 99 (2020) 295–310
- [76] Partridge D, Lloyd KA, Rhodes JM et al.: Food additives: assessing the impact of exposure to permitted emulsifiers on bowel and metabolic health – introducing the FADiets study. *Nutr Bull* 44 (2019) 329–349
- [77] Roca-Saavedra P, Mendez-Vilabril V, Miranda JM et al.: Food additives, contaminants and other minor components: effects on human gut microbiota—a review. *J Physiol Biochem* 74 (2018) 69–83
- [78] Chassaing B, Compher C, Bonhomme B et al.: Randomized controlled-feeding study of dietary emulsifier carboxymethylcellulose reveals detrimental impacts on the gut microbiota and metabolome. *Gastroenterol* 162 (2022) 743–756
- [79] Bancel AS, Sandall AM, Rossi M et al.: Food additive emulsifiers and their impact on gut microbiome, permeability, and inflammation: mechanistic insights in inflammatory bowel disease. *J Crohns Colitis* 15 (2021) 1068–1079
- [80] Naimi S, Viennois E, Gewirtz AT et al.: Direct impact of commonly used dietary emulsifiers on human gut microbiota. *Microbiome* 9 (2021) 66
- [81] Miclotte L, de Paepe K, Rymenans L et al.: Dietary emulsifiers alter composition and activity of the human gut microbiota in vitro, irrespective of chemical or natural emulsifier origin. *Front Microbiol* 11 (2020) 577474
- [82] Rinninella E, Cintoni M, Raoul P et al.: Food additives, gut microbiota, and irritable bowel syndrome: a hidden track. *Int J Environ Res Public Health* 17 (2020) 8816
- [83] Raoul P, Cintoni M, Palombaro M et al.: Food additives, a key environmental factor in the development of IBD through gut dysbiosis. *Microorganisms* 10 (2022) 167
- [84] Schiffman SS, Nagle HT: Revisited: assessing the in vivo data on low/no-calorie sweeteners and the gut microbiota. *Food Chem Toxicol* 132 (2019) 110692
- [85] Vo TD, Lynch BS, Roberts A: Dietary exposures to common emulsifiers and their impact on the gut microbiota: is there a cause for concern? *Compr Rev Food Sci Food Saf* 18 (2019) 31–47
- [86] Miclotte L, van de Wiele T: Microbiota interactions with processed foods, food additives and metabolic disorders. In: Glibetic M (Hrsg.): *Comprehensive gut microbiota*. Elsevier, Oxford (2022) 176–181
- [87] EFSA (European Food Safety Authority), Bronzwaer S, Kass G et al.: Food safety regulatory research needs 2030. *EFSA Journal* 17 (2019) e170622
- [88] Merten C, Schoonjans R, Di Gioia D et al.: Editorial: exploring the need to include microbiomes into EFSA’s scientific assessments. *EFSA Journal* 18 (2020) e18061
- [89] EFSA (European Food Safety Authority): The food classification and description system FoodEx 2 (revision 2). EFSA supporting publication 12 (2015) 804E
- [90] Hartmann BM, Vásquez-Cañedo AL, Bell S et al.: The German nutrient database: basis for analysis of the nutritional status of the German population. *J Food Compos Anal* 21 (2008) S115–S118
- [91] Slimani N, Deharveng G, Southgate DAT et al.: Contribution of highly industrially processed foods to the nutrient intakes and patterns of middle-aged populations in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition study. *Eur J Clin Nutr* 63, Suppl 4 (2009) S206–S225
- [92] Eicher-Miller HA, Fulgoni VL^{3rd}, Keast DR: Contributions of processed foods to dietary intake in the US from 2003–2008: a report of the food and nutrition science solutions joint task force of the academy of nutrition and dietetics, American Society for Nutrition, Institute of Food Technologists, and International Food Information Council. *J Nutr* 142 (2012) 2065S–2072S
- [93] Poti JM, Mendez MA, Ng SW et al.: Is the degree of food processing and convenience linked with the nutritional quality of foods purchased by US households? *Am J Clin Nutr* 101 (2015) 1251–1262
- [94] Monteiro CA, Levy RB, Claro RM et al.: A new classification of foods based on the extent and purpose of their processing. *Cad Saude Publica* 26 (2010) 2039–2049
- [95] Monteiro CA, Cannon G, Lawrence M et al.: Ultra-processed foods, diet quality, and health using the NOVA classification system. (2019) <https://www.fao.org/3/ca5644en/ca5644en.pdf> (eingesehen am 25.11.2022)
- [96] Davidou S, Christodoulou A, Fardet A et al.: The holistico-reductionist Siga classification according to the degree of food processing: an evaluation of ultra-processed foods in French supermarkets. *Food and Funct* 11 (2020) 2026–2039

- [97] Monteiro CA, Cannon G, Moubarac JC et al.: The UN decade of nutrition, the NOVA food classification and the trouble with ultra-processing. *Public Health Nutr* 21 (2018) 5–17
- [98] Crino M, Barakat T, Trevena H et al.: Systematic review and comparison of classification frameworks describing the degree of food processing. *Nutr Food Technol* 3 (2017)
- [99] Bleiweiss-Sande R, Chui K, Evans EW et al.: Robustness of food processing classification systems. *Nutrients* 11 (2019) 1344
- [100] de Araújo TP, de Moraes MM, Afonso C et al.: Food processing: comparison of different food classification systems. *Nutrients* 14 (2022) 729
- [101] Martinez-Perez C, San-Cristobal R, Guallar-Castillon P et al.: Use of different food classification systems to assess the association between ultra-processed food consumption and cardiometabolic health in an elderly population with metabolic syndrome (PREDIMED-Plus Cohort). *Nutrients* 13 (2021) 2471
- [102] SIGA: De la classification NOVA à la classification Siga, points communs et différences. (2019) <https://siga.care/blog/classification-nova-et-classification-siga/> (eingesehen am 25.11.2022)
- [103] Pfau C, Ehnle-Lossos M, Goos-Balling E et al.: Häufig im Lebensmitteleinzelhandel gekaufte industriell vorgefertigte Produkte und ihre Energie- und Nährwertgehalte, insbesondere Fett, Zucker und Salz: Reformulierung. (2018) https://www.openagrar.de/receive/openagrar_mods_00042107# (eingesehen am 25.11.2022)
- [104] Sadler CR, Grassby T, Hart K et al.: Processed food classification: conceptualisation and challenges. *Trends Food Sci Technol* 112 (2021) 149–162
- [105] Koivusaari K, Niinistö S, Takkinen HM et al.: A novel processing-based classification and conventional food grouping to estimate milk product consumption in Finnish children. *Int Dairy J* 86 (2018) 96–102
- [106] Maurice B, Saint-Eve A, Pernin A et al.: How different are industrial, artisanal and homemade soft breads? *Foods* 11 (2022) 1484
- [107] Souchon I, Braesco V: Classer les aliments selon leur niveau de transformation – Quels sont les différents systèmes et leurs limites ? *Cahiers de Nutrition et de Diététique* 57 (2022) 194–209
- [108] Sadler CR, Grassby T, Hart K et al.: “Even We Are Confused”: A thematic analysis of professionals’ perceptions of processed foods and challenges for communication. *Front Nutr* 9 (2022) 826162
- [109] Miclotte L, van de Wiele T: Food processing, gut microbiota and the globesity problem. *Crit Rev Food Sci Nutr* 60 (2020) 1769–1782
- [110] Juul F, Vaidean G, Parekh N: Ultra-processed foods and cardiovascular diseases: potential mechanisms of action. *Adv Nutr* 12 (2021) 1673–1680
- [111] Kliemann N, Al Nahas A, Vamos EP et al.: Ultra-processed foods and cancer risk: from global food systems to individual exposures and mechanisms. *Br J Cancer* 127 (2022) 14–20
- [112] Taneri PE, Wehrli F, Roa-Díaz ZM et al.: Association between ultra-processed food intake and all-cause mortality: a systematic review and meta-analysis. *Am J Epidemiol* 191 (2022) 1323–1335
- [113] Forde CG, Bolhuis D: Interrelations between food form, texture, and matrix influence energy intake and metabolic responses. *Curr Nutr Rep* 11 (2022) 124–132

Impressum

15. DGE-Ernährungsbericht
Vorveröffentlichung Kapitel 8

Herausgeber

Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V.
Godesberger Allee 136, 53175 Bonn
www.dge.de



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Chefredaktion:

Prof. Ulrike Arens-Azevêdo

Lektorat und Redaktion:

Janine Bröder
Dr. Johanna Conrad
Gaby Gerlach
Birte A. Peterson-Sperlich
Dr. Margrit Richter
Jessica Tauer

Gestaltung Umschlag, Layout:

GDE Preprint- und Mediaservice GmbH, Bonn

Satz:

Berres-Stenzel – Freie Grafik-Designer GbR, Freiburg

Die Weitergabe mit Zusätzen ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Herausgebers gestattet.

© Copyright DGE 2023

Wichtiger Hinweis:

Die Erkenntnisse der Wissenschaft, speziell auch der Ernährungswissenschaft und der Medizin, unterliegen einem laufenden Wandel durch Forschung und klinische Erfahrung. Die Inhalte der Vorveröffentlichung des Kapitels 8 des 15. DGE-Ernährungsberichts wurden mit größter Sorgfalt erarbeitet und geprüft, dennoch kann eine Garantie nicht übernommen werden. Eine Haftung für Personen-, Sach- und Vermögensschäden ist ausgeschlossen.

Errata:

Sollten der Redaktion trotz sorgfältiger Bearbeitung und intensiver Prüfung Fehler im 15. DGE-Ernährungsbericht bekannt werden, werden die Korrekturen auf der Internetseite der DGE unter www.dge.de veröffentlicht.

