



Kuhmilch(-produkte) und pflanzliche Milchalternativen in einer nachhaltigeren Ernährung

Positionspapier der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE)

Margrit Richter, Anne Carolin Schäfer, Ute Alexy, Johanna Conrad, Bernhard Watzl für die Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V.

Abstract

In diesem DGE-Positionspapier wird die Relevanz von Kuhmilch(-produkten) in der Ernährung dargestellt und pflanzliche Milchalternativen werden im Vergleich zu Kuhmilch in Hinblick auf die Dimensionen einer nachhaltigeren Ernährung, primär Gesundheit und Umwelt, eingeordnet.

Kuhmilch und daraus erzeugte Produkte sind in Deutschland ein häufiger Bestandteil der Ernährung. Sie liefern essenzielle Nährstoffe, insbesondere Calcium, Jod, Vitamin B₁₂ und Riboflavin (Vitamin B₂), und haben weitere positive Effekte auf die Gesundheit. Pflanzliche Milchalternativen unterscheiden sich in ihrem Nährstoffprofil erheblich von Kuhmilch, insbesondere, wenn sie nicht mit Nährstoffen angereichert sind. Die Bioverfügbarkeit von zugesetzten Nährstoffen kann variieren. Pflanzliche Milchalternativen enthalten im Vergleich zu Kuhmilch weniger gesättigte Fettsäuren und kein Cholesterin, teilweise jedoch sekundäre Pflanzenstoffe und Ballaststoffe. Die Heterogenität von pflanzlichen Milchalternativen erschwert die Ableitung allgemeiner Aussagen.

Die Erzeugung tierischer Lebensmittel geht mit erheblichen Umweltbelastungen einher. Im Durchschnitt weisen pflanzliche Milchalternativen im Vergleich zu Kuhmilch niedrigere Werte für Treibhausgasemissionen, Wasserverbrauch und Landnutzung auf.

In Anbetracht der positiven Effekte von Kuhmilch(-produkten) auf die Gesundheit des Menschen empfiehlt die DGE deren täglichen Verzehr. Für Personen, die geringere Mengen oder keine Kuhmilch(-produkte) verzehren, oder für einen Verzehr über die empfohlene Menge hinaus, befürwortet die DGE die Verwendung von pflanzlichen Milchal-

ternativen. Dies trägt zur Verringerung der ernährungsinduzierten Umweltbelastungen bei. Bei der Auswahl von pflanzlichen Milchalternativen ist auf die Anreicherung mit essenziellen Nährstoffen (v. a. Calcium, Jod, Vitamin B₁₂ und Riboflavin) oder die Zufuhr dieser Nährstoffe aus anderen Quellen zu achten. Dies gilt insbesondere für Personen, die Kuhmilch ganz oder teilweise durch pflanzliche Milchalternativen ersetzen.

Zitierweise

Richter M, Schäfer AC, Alexy U, Conrad J, Watzl B on behalf of the German Nutrition Society (DGE): Dairy and plant-based milk alternatives as part of a more sustainable diet – Position statement of the German Nutrition Society (DGE). Ernährungs Umschau 2024; 71(12): online first

Open access

This article is available online: DOI 10.4455/eu.2024.043

Peer-Review-Verfahren

Manuskript eingereicht: 30.07.2024. Positionspapiere unterliegen in der Ernährungs Umschau, wie auch in vielen anderen Fachzeitschriften, nicht dem Peer-Review-Verfahren, weil es sich bei Positionspapieren bereits um vielfach durch Expert*innen (Peers) bewertete, diskutierte und auf breiter Basis konsenterte Texte handelt.



Dr. Margrit Richter¹; Anne Carolin Schäfer, M.Sc.¹; Dr. Johanna Conrad¹; Prof. Dr. Bernhard Watzl¹; PD. Dr. Ute Alexy²

¹ Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE), Bonn

² Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften (IEL), Ernährungsepidemiologie, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn

Korrespondierende Autorin

Dr. Margrit Richter
Referat Wissenschaft DGE
corresponding_author@dge.de

Einleitung

Kuhmilch und daraus erzeugte Produkte sind in Deutschland ein häufiger Bestandteil der Ernährung: Durchschnittlich 10 % der täglich zugeführten Energie stammen aus Milch(-produkten) (♦ Übersicht 1) [1–3]. Im Ernährungsreport 2023 des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) gaben

58 % der Befragten an, täglich Milchprodukte zu konsumieren [4]. Da diese essenzielle Nährstoffe liefern, insbesondere Calcium, Jod, Vitamin B₁₂ und Riboflavin (Vitamin B₂), und der Verzehr mit einem geringeren Risiko für ernährungsmitbedingte Krankheiten wie Kolorektalkrebs und Bluthochdruck sowie einer



verbesserten Knochenmineraldichte assoziiert ist, sind Milch(-produkte) auch Bestandteil der lebensmittelbezogenen Ernährungsempfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE) [5].

Mittlerweile sind im Handel zahlreiche pflanzliche Alternativen zu Milch(-produkten) erhältlich. Die größte Gruppe sind dabei die pflanzlichen Milchalternativen (auch als Pflanzendrinks bezeichnet) [6]. Die Verbraucherzentrale NRW registrierte 2021 in einem Marktcheck 71 verschiedene pflanzliche Milchalternativen [7]. Sowohl innerhalb dieser Produktgruppe als auch im Vergleich der pflanzlichen Alternativen zu Milchprodukten gibt es große Unterschiede in der Zusammensetzung der Lebensmittel. Während Pflanzendrinks und Joghurtalternativen vorwiegend auf Basis von Hülsenfrüchten, Nüssen oder Getreide erzeugt werden, ist die Hauptzutat pflanzlicher Käsealternativen in vielen Fällen pflanzliches Öl [8, 9]. Zudem sind die Produktentwicklungen und -veränderungen in diesem Marktsegment stark ausgeprägt, weshalb sich die Zusammensetzung der Produkte innerhalb weniger Jahre z. T. deutlich verändert [10]. In der Vergangenheit wurden sie vor allem von Menschen mit Lactoseintoleranz, Kuhmilchproteinallergien oder bei veganer Ernährung konsumiert [11, 12]. In den letzten Jahren hat sich der Fokus in der Werbung für diese Lebensmittel hin zu Aussagen zum Einfluss auf die Umwelt sowie zum Tierwohl im Vergleich zu Kuhmilch(-produkten) [12] sowie zu Gesundheitsaspekten [8] verschoben.

Das Ziel des vorliegenden DGE-Positionspapiers ist es, die Relevanz von Kuhmilch einschließlich der daraus hergestellten Milchprodukte in der Ernährung der deutschen Bevölkerung darzustellen und pflanzliche Milchalternativen im Vergleich zu Kuhmilch im Hinblick auf die Dimensionen einer nachhaltigeren Ernährung einzuordnen. Dabei werden primär die Dimensionen Gesundheit und Umwelt berücksichtigt sowie einzelne Aspekte der Dimensionen Soziales und Tierwohl (vgl. [13]).

Aufgrund der großen Heterogenität der pflanzlichen Alternativen zu Kuhmilch(-produkten) und des sich verändernden Angebots ist ein umfassender Vergleich aller Produktgruppen nicht möglich. Daher liegt der Fokus in diesem DGE-Positionspapier auf den Pflanzendrinks als größte Produktgruppe innerhalb der pflanzlichen Alternativen zu Kuhmilch(-produkten). Im Vergleich dazu greift die ausschließliche Berücksichtigung von Kuhmilch zu kurz. Milchprodukte werden aus Kuhmilch hergestellt. Daher ist die zur Herstellung von Milchprodukten verwendete Kuhmilch vor allem bei den Umweltwirkungen von Kuhmilch, aber auch bei der Nährstoffversorgung zu berücksichtigen. Zudem ist seit einigen Jahren eine Verschiebung im Verbrauch von Milch hin zu Käse zu beobachten [14].

Aus diesen Betrachtungen werden Handlungsempfehlungen für die Auswahl und den Verzehr pflanzlicher Milchalternativen im Rahmen einer gesundheitsfördernden und nachhaltigeren Ernährung abgeleitet. Es ist nicht Teil des DGE-Positionspapiers, einzelne Produktgruppen, z. B. Haferdrinks, bestimmte Rohstoffe für pflanzliche Milchalternativen, z. B. Soja, ihre Eignung für spezifische Bevölkerungsgruppen (insbesondere Säuglinge) oder pflanzliche Joghurt- und Käsealternativen zu bewerten.

Übs. 1: Begriffserklärung

Der Begriff Milch ist gesetzlich geschützt: „Der Ausdruck ‚Milch‘ ist ausschließlich dem durch ein- oder mehrmaliges Melken gewonnenen Erzeugnis der normalen Eutersekretion [...] vorbehalten.“ [15] Dieses DGE-Positionspapier beschäftigt sich mit **Kuhmilch**. Teilweise wird in Publikationen, v. a. bei Verzehrerhebungen, allerdings nicht zwischen dem Verzehr von Kuhmilch(-produkten) und **Milch(-produkten)** anderer Tiere differenziert. Daher wird im vorliegenden Papier immer dann von Milch(-produkten) gesprochen, wenn unklar ist, ob es sich ausschließlich um Kuhmilch(-produkte) handelt. Kuhmilch(-produkte) stellen dabei i. d. R. den weit überwiegenden Anteil dar.

Verzehr und Verbrauch von Milch(-produkten) in Deutschland

Lebensmittelmengen können je nach Zielsetzung als Verzehrmenge oder Verbrauch ausgedrückt werden. Verzehrdaten werden durch Ernährungserhebungen ermittelt und üblicherweise als durchschnittlicher Verzehr angegeben. Verbrauchsdaten geben die zur Verfügung stehende Menge eines Lebensmittels in einem Zeitraum in einem Land wieder. Sie enthalten auch die Mengen, die nicht für die Ernährung genutzt werden, z. B. weil sie industrielle Rohstoffe darstellen oder vor dem Verzehr entsorgt werden. Verbrauchsdaten werden z. B. bei der Beurteilung des Umwelteinflusses der Erzeugung von Agrarprodukten genutzt; sie sind aber ungeeignet für die Beurteilung der Nährstoffversorgung der Bevölkerung [16–18]. Verbrauchsdaten können durch Faktoren, z. B. für Abfall, der tatsächlich verzehrten Menge angenähert werden [19]. Teilweise werden dieselben Begriffe (z. B. Konsum) für Verbrauch und Verzehr verwendet.

Verzehr von Milch(-produkten) in Deutschland

Eine für Erwachsene in Deutschland repräsentative Ernährungserhebung erfolgte zuletzt im Rahmen der Nationalen Verzehrsstudie II (NVS II) zwischen November 2005 und Januar 2007. Die durchschnittlich verzehrte



Menge von Milch(-produkten)¹ lag bei ca. 200 g/Tag, wovon Milch knapp die Hälfte ausmachte [2]. In dem als Folgerhebung angelegten Nationalen Ernährungsmonitoring (NEMONIT) wurden keine statistisch signifikanten Veränderungen im Verzehr von Milch(-produkten) zwischen 2005 und 2013 beobachtet [3].

In der EsKiMo II-Studie (Ernährungsmodul des Kinder- und Jugendgesundheits surveys, KiGGS; 2015–2017) wurden repräsentative Daten zur Ernährung von Kindern und Jugendlichen in Deutschland im Alter zwischen 6 und 17 Jahren erhoben. Danach verzehrten Mädchen und Jungen in dieser Altersspanne etwa 200 bis 320 g Milch(-produkte)² pro Tag. Im Vergleich zu den Daten der ersten EsKiMo-Studie (2003–2006) sank der durchschnittliche Verzehr von Milch(-produkten) bei Kindern und Jugendlichen sowohl bei Mädchen als auch bei Jungen zwischen 15 und 31 % [1]. In der Kinder-Ernährungsstudie zur Erfassung des Lebensmittelverzehrs (KiESEL – Studie im Rahmen der zweiten Untersuchungswelle von KiGGS) wurde im Zeitraum 2014–2017 die Ernährung von Kindern im Alter von 6 Monaten bis einschließlich 5 Jahren erfasst. Der mittlere Verzehr von Milch und Milchprodukten³, ausgedrückt in Milchäquivalenten, lag zwischen 206 und 234 g pro Tag, bei Einschluss von gesüßten Milchprodukten⁴ zwischen 265 und 307 g pro Tag [20]. Im Verzehrhäufigkeitsfragebogen wurde auch der Konsum von pflanzlichen Milchalternativen aus Soja, Hafer und Reis abgefragt. Jeweils 7 % der Kinder konsumierten pflanzliche Milchalternativen aus Soja bzw. Hafer und 4 % auf Basis von Reis. Ca. 4 % der Kleinkinder und 1 % der Kinder tranken häufig („1 Mal pro Woche“ oder mehr) pflanzliche Milchalternativen aus Hafer; knapp 3 % der Kinder tranken häufig pflanzliche Milchalternativen aus Soja [21, 22]. Daten zur konsumierten Menge der pflanzlichen Milchalternativen sind bisher nicht veröffentlicht.

In den Ergebnissen der NVS II sowie der EsKiMo II-Studie wurden keine Daten zum Verzehr von pflanzlichen Milchalternativen veröffentlicht [1, 2].

Verbrauch von Milch(-produkten) in Deutschland

Für Deutschland werden die Verbrauchsdaten jedes Jahr vom jeweiligen Bundesministerium für das Ressort Ernährung und Landwirtschaft im Statistischen Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland veröffentlicht [16]. Die Agrarstatistik bildet damit die Datengrundlage zur Betrachtung von Entwicklungen des Lebensmittelverbrauchs. Im Jahr 2022 lag die Menge der Frischmilcherzeugnisse⁵, die laut Agrarstatistik in Deutschland pro Kopf zum Verbrauch verfügbar⁶ war, bei ca. 83 kg/Jahr, das entspricht ca. 230 g/Tag. Konsummilch machte davon ca. 46 kg/Jahr aus, was ca. 130 g/Tag entspricht. Die pro Kopf verfügbare Menge von Käse lag bei ca. 25 kg/Jahr, das entspricht ca. 70 g/Tag. Zwischen 2000 und 2022 zeigte sich ein Rückgang der verfügbaren Mengen bei Milch sowie eine Zunahme bei Käse [14].

Der Verbrauch von Milch liegt deutlich höher als der tatsächliche Verzehr. Neben der Verwendung als Lebensmittel für den menschlichen Verzehr wird Milch für die Herstellung von Futtermitteln wie Milchaustauscher oder Katzenmilch, aber auch zur Herstellung von Klebstoff oder Biokunststoff verwendet. Beim Vergleich verschiedener Angaben sollten das Bezugsjahr, die eingeschlossenen Lebensmittel (z. B. nur Milch oder auch Milchpro-

dukte; mit oder ohne Butter bei Milchprodukten) sowie die Datengrundlage berücksichtigt werden.

Vergleich von Kuhmilch(-produkten) und pflanzlichen Milchalternativen in den Dimensionen einer nachhaltigeren Ernährung

Pflanzliche Milchalternativen ähneln Kuhmilch sensorisch sowie in der küchentechnischen Verwendung zum Kalt- und Warmverzehr bzw. zum Kochen oder Backen. Geschmacklich unterscheiden sie sich häufig mehr oder weniger stark von Kuhmilch [23]. Teilweise werden die pflanzlichen Milchalternativen durch Vitamin- und Mineralstoffanreicherung auch dem Nährstoffprofil der Kuhmilch selektiv angepasst. Dabei wird die Produktpalette immer größer. Es gibt z. B. Produkte, die zusätzlich mit Protein angereichert sind, oder mit funktionellen Eigenschaften, welche für die Herstellung bestimmter Kaffeegetränke erforderlich sind. Zudem werden einige Produkte auch in „vollfetten“ und „fettarmen“ Varianten angeboten [12, 24]. Ökologisch erzeugte pflanzliche Milchalternativen sind i. d. R. ohne Nährstoffanreicherung. Die Anreicherung mit Vitaminen und Mineralstoffen ist laut EU-Ökoverordnung nur zulässig, wenn dies gesetzlich vorgeschrieben ist. Daher kann eine Nährstoffanreicherung von pflanzlichen Milchalternativen nur über den Zusatz nährstoffreicher Zutaten, z. B. Algen, erfolgen [25]. Rohstoffe für pflanzliche Milchalternativen können Getreide, z. B. Hafer oder Reis, Hülsenfrüchte, z. B. Soja oder Erbsen, Nüsse und Samen, z. B. Mandeln, oder Pseudogetreide,

¹ Milch, Milchmischgetränke und Milchprodukte inkl. Joghurt, (saure) Sahne, Schmand, Buttermilch, Kefir, Molke, Käse, Quark und Butter

² Milch und Milchprodukte inkl. Joghurt, Buttermilch, Käse und Quark

³ Milch und Milchprodukte: ungesüßte Milch und Milchprodukte, Quark, Käse, Frauenmilch, Getränke auf Milchbasis, Säuglingsanfangs- und Folgenahrung, verarbeitete Lebensmittel mit Milch als Hauptzutat

⁴ gesüßte Milchprodukte: hauptsächlich gesüßter Joghurt und Quark

⁵ Frischmilcherzeugnisse: Konsummilch (Vollmilch, teilentrahmte Milch, entrahmte Milch, sonstige Konsummilch), Milch, die in den landwirtschaftlichen Betrieben erzeugt und verwendet wird, Buttermilcherzeugnisse, Sauermilch-, Kefir-, Joghurt- und Milchmischerzeugnisse sowie Milchmischgetränke, Sahneerzeugnisse

⁶ Herstellung + Einfuhr - Ausfuhr

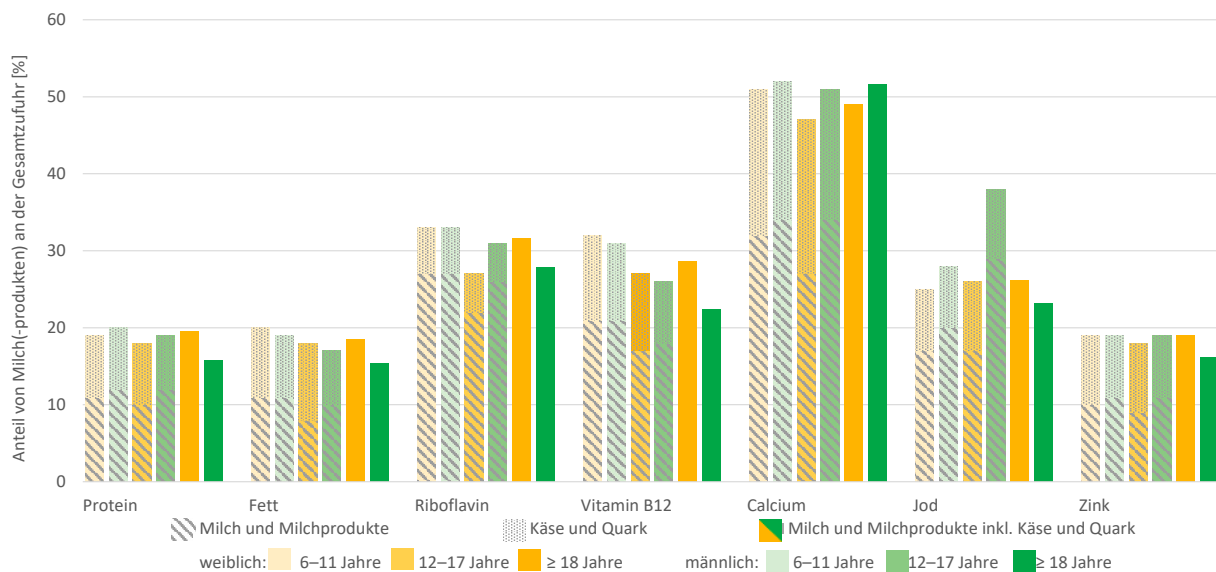


Abb. 1: Anteil von Milch(-produkten) an der Gesamtzufuhr von ausgewählten Nährstoffen in Deutschland
 Daten Kinder: EsKiMo II; Milch und Milchprodukte (z. B.: Joghurt, Buttermilch, Kefir, Dickmilch, Molke, Kondensmilch und Sahne), Käse und Quark; n = 2644 [1]
 Daten Erwachsene: NVS II; Frauen und Männer 15–80 Jahre; Milch und Milchprodukte inkl. Joghurt, (saure) Sahne, Schmand, Buttermilch, Kefir, Molke, Käse, Quark; excl. Butter; n = 13753 [2]

z. B. Quinoa, sein [24, 26, 27]. Teilweise werden Mischungen aus verschiedenen Ausgangsstoffen verwendet. Der Anteil des Rohstoffs in den pflanzlichen Milchalternativen unterscheidet sich erheblich zwischen den verschiedenen Produkten. Eine Analyse von 115 Produkten in Australien zeigte Anteile zwischen 2 und 20 % [28].

Pflanzliche Milchalternativen gibt es als gesüßte sowie als ungesüßte Varianten oder mit verschiedenen Aromen. Je nach Rohstoff sind für die gewünschte Konsistenz weitere Zutaten wie Öl, Emulgatoren, anorganische Phosphate, Verdickungsmittel oder Enzyme notwendig [24, 26, 29]. Die große Bandbreite an verschiedenen Rohstoffen, Anreicherungen etc. und die stetige Weiterentwicklung der Produkte erschwert einen Vergleich zwischen Kuhmilch und pflanzlichen Alternativen sowohl bei ernährungsphysiologischen Aspekten als auch bei Umweltfaktoren.

Gesundheit

Nährstoffe

Kuhmilch enthält viele essenzielle Nährstoffe, u. a. unentbehrliche Aminosäuren, Riboflavin und Vitamin B₁₂ sowie Calcium, Jod und Zink (♦ Tabelle 1; für ausführliche Informationen siehe [30]).

Die Daten der NVS II sowie der EsKiMo II-Studie zeigen, dass Milch(-produkte) in Deutschland einen bedeutenden Anteil an der Nährstoffzufuhr haben (♦ Abbildung 1). Für Kinder und Jugendliche sowie Erwachsene stellen Milch(-produkte) die Hauptquellen für Riboflavin und Calcium dar und leisten einen Beitrag zur Vitamin B₁₂-, Jod- und Zinkzufuhr [1, 18, 31]. Etwa 10 % der täglich zugeführten Energie stammen aus Milch(-produkten) [1–3]. Milchprodukte haben meist eine höhere Nährstoff- und Energiedichte als Milch; dies gilt vor allem für Käse, bei dessen Herstellung bezogen auf das Gewicht des Endprodukts ein Vielfaches an Milch eingesetzt wird.

♦ Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse einer britischen Markterhebung für Nährstoffgehalte von Kuhmilch und verschiedenen pflanzlichen Milchalternativen zusammengefasst nach Ausgangsstoffen (Getreide, Hülsenfrüchte, Nüsse und Samen) für ausgewählte Nährstoffe [32]. Im Vergleich wird deutlich, dass sich die unterschiedlichen pflanzlichen Milchalternativen im Nährstoffgehalt sowohl von Kuhmilch als auch untereinander z. T. deutlich unterscheiden. Der Gehalt an Energie und gesättigten Fettsäuren ist bei den aufgeführten Produktgruppen der pflanzlichen Milchalternativen geringer als in Kuhmilch, wobei sich der Energiegehalt von Getreidedrinks nicht signifikant von dem von Kuhmilch unterscheidet. Der Kohlenhydrat- und Zuckergehalt liegt bei den pflanzlichen Milchalternativen aus Hülsenfrüchten sowie Nüssen und Samen unter dem von Kuhmilch. Die pflanzlichen Milchalternativen aus Getreide haben einen deutlich höheren Kohlenhydratgehalt im Vergleich zu Kuhmilch. Die pflanzlichen Milchalternativen enthalten im Vergleich zu Kuhmilch weniger Protein. Allerdings enthalten sie im Gegensatz zu Kuhmilch Ballaststoffe. Auch bei den Vitaminen und Mineralstoffen zeigen sich teilweise deutliche Unterschiede zwischen Kuhmilch und pflanzlichen Milchalternativen [32].

Große Unterschiede im Nährstoffgehalt von pflanzlichen Milchalternativen aus verschie-



Bezeichnung	Einheit	Kuhmilch ^a	Pflanzliche Milchalternativen auf Basis von		
			Getreide ^b	Hülsenfrüchten ^c	Nüssen und Samen ^d
Energie	kcal	50,27 ± 1,783	48,32 ± 2,010	41,23 ± 2,275	30,20 ± 2,196
Fett	g	1,91 ± 0,207	1,35 ± 0,129	2,11 ± 0,145	1,83 ± 0,126
Gesättigte Fettsäuren	g	1,23 ± 0,136	0,20 ± 0,019	0,31 ± 0,018	0,20 ± 0,019
Kohlenhydrate	g	4,77 ± 0,025	8,21 ± 0,417	2,19 ± 0,406	2,61 ± 0,444
Zucker	g	4,75 ± 0,034	4,74 ± 0,450	1,42 ± 0,219	1,56 ± 0,286
Ballaststoffe	g	0,00 ± 0,000	0,56 ± 0,090	0,52 ± 0,067	0,27 ± 0,046
Protein	g	3,49 ± 0,017	0,56 ± 0,067	3,08 ± 0,142	0,74 ± 0,077
Vitamin D	µg	n. a.	1,03 ± 0,094	0,91 ± 0,067	0,83 ± 0,054
Vitamin B ₁₂	µg	0,79 ± 0,053	0,38 ± 0,000	0,44 ± 0,043	0,38 ± 0,000
Riboflavin	mg	0,24 ± 0,005	0,21 ± 0,000	0,21 ± 0,000	0,21 ± 0,000
Calcium	mg	124,40 ± 0,571	120,00 ± 0,000	111,20 ± 9,587	114,50 ± 7,069
Eisen	mg	n. a.	n. a.	1,38 ± 0,441	0,20 ± 0,000
Jod	µg	31,25 ± 0,250	n. a.	26,28 ± 2,027	n. a.

Tab. 1: Durchschnittliche Energie- und Nährstoffgehalte von Kuhmilch und pflanzlichen Milchalternativen aus verschiedenen Rohstoffen (teilweise mit Nährstoffanreicherung) pro 100 mL (nach [32])

n. a.: nicht angegeben

Von den 136 pflanzlichen Milchalternativen enthielten 60 zugesetzten Zucker; 77 waren mit Nährstoffen angereichert: alle davon mit Calcium, 68 mit Vitamin D, 44 mit Riboflavin, 6 mit Jod und 6 mit Kalium

^a Vollmilch, fettarme Kuhmilch, entrahmte Kuhmilch

^b pflanzliche Milchalternativen aus Hafer, Reis oder Reis und Quinoa

^c pflanzliche Milchalternativen aus Soja oder Erbsen

^d pflanzliche Milchalternativen aus Mandeln, Haselnüssen, Cashewkernen, Erdmandel, Walnüssen oder Mandeln und Haselnüssen

denen Rohstoffen untereinander und im Vergleich zu Kuhmilch werden auch in anderen Publikationen deutlich [6, 8, 11, 23, 28, 33–43]. Eine aktuelle und umfassende Erhebung der verschiedenen auf dem deutschen Markt erhältlichen pflanzlichen Milchalternativen liegt derzeit nicht vor. Durch permanente Produktentwicklung und -veränderungen wird die Auswahl zudem kontinuierlich erweitert. Das Max Rubner-Institut (MRI) hat 36 ungesüßte und nicht mit Nährstoffen angereicherte pflanzliche Milchalternativen aus Soja, Mandeln und Hafer aus ökologischer Erzeugung hinsichtlich ihrer Qualität und Sicherheit (Zusammensetzung, Verdaulichkeit, Mikrobiologie, Rückstände und Kontaminanten) untersucht. Im Vergleich zu Kuhmilch enthielten die Pflanzendrinks höhere Gehalte an ungesättigten Fettsäuren, Vitamin E und Eisen und niedrigere Gehalte an Calcium, Jod und Vitaminen [44].

In verschiedenen lebensmittelbezogenen Ernährungsempfehlungen (siehe Abschnitt „Pflanzliche Milchalternativen in lebensmittelbezogenen Ernährungsempfehlungen“) und anderen Publikationen wird darauf verwiesen, dass pflanzliche Milchalternativen aus Soja dem Nährstoffprofil von Kuhmilch am ähnlichsten sind, v. a. in Bezug auf den Proteingehalt [11, 34, 35, 37, 40, 44]. Allerdings kann auch der Nährstoffgehalt von pflanzlichen Milchalternativen aus demselben Rohstoff von unterschiedlichen Herstellern erheblich variieren [45]. Jeske et al. [36] untersuchten 17 verschiedene pflanzliche Milchalternativen, darunter vier Mandelgetränke. Der Proteingehalt der Mandelgetränke (n = 4) lag zwischen $0,41 \pm 0,02$ und $2,4 \pm 0,24$ g/100 g und der Fettgehalt zwischen $1,18 \pm 0,05$ und $4,40 \pm 0,11$ g/100 g. Solche Differenzen im Nährstoffgehalt sind durch verschiedene Anteile des Rohstoffs und weiterer Zutaten wie Öle, Zucker und Wasser zu erklären.

Eine generelle Aussage bezüglich des Nährstoffgehalts zu pflanzlichen Milchalternativen aus einem spezifischen Rohstoff ist daher nicht möglich.

Weiterhin sind durch die unterschiedlichen internationalen Anreicherungsstrategien von Lebensmitteln Aussagen zum Nährstoffgehalt aus anderen Ländern nicht generell auf Produkte aus Deutschland übertragbar. In einer Gegenüberstellung aus Nordamerika zeigt sich ein höherer Vitamin-D-Gehalt sowohl für Kuhmilch (120 IU/240 mL) als auch für die pflanzlichen Alternativen (100–150 IU/240 mL) [35] im Vergleich zu dem im BLS angegebenen Wert für Kuhmilch ($0,1 \mu\text{g}/100 \text{ mL}$) [46]. Dies ist auf die Anreicherung von Kuhmilch mit Vitamin D in Nordamerika zurückzuführen.

Calcium: Milch und daraus hergestellte Produkte sind die Hauptquelle für die Calciumzufuhr in Deutschland (♦ Abbildung 1). Pflanzliche Milchalternativen ohne Calciumanreicherung enthalten nur geringe Mengen an Calcium. Daher wird ihnen teilweise Calcium zugesetzt, z. B. durch die Zugabe von Calciumcarbonat, Tricalciumphosphatsalzen oder durch den Zusatz von Algen. Die Höhe des Zusatzes orientiert sich i. d. R. mit



120 mg/100 mL am Calciumgehalt von Kuhmilch [27, 45, 47], wobei nicht alle Produkte nach Anreicherung diese Menge an Calcium enthalten [28]. Die Bioverfügbarkeit des zugesetzten Calciums ist abhängig von der chemischen Form und der Anwesenheit absorptionshemmender Stoffe in den pflanzlichen Milchalternativen [26, 27, 47–49]. Die Absorptionsrate von Calcium aus mit Calciumcarbonat angereicherten pflanzlichen Milchalternativen aus Soja ist vergleichbar mit der von Kuhmilch; bei Tricalciumphosphat ist die Absorptionsrate geringer [47–49]. Da sich die zugesetzten Mineralstoffe absetzen können, ist es wichtig, die Pflanzendrinks vor dem Verzehr zu schütteln [50].

Viele ökologisch erzeugte pflanzliche Milchalternativen enthalten kein zugesetztes Calcium. Da in ökologisch erzeugten Lebensmitteln nur der Zusatz von unmittelbar gesetzlich vorgeschriebenen Nährstoffen zugelassen ist, können Calciumcarbonat oder Tricalciumphosphatsalze nicht eingesetzt werden. Seit dem Inkrafttreten der EU-Öko-Verordnung 834/2007 in der Fassung von 2018 im Jahr 2022 ist der Zusatz der Rotalge *Lithothamnium calcareum* als calciumreiche Zutat in pflanzlichen Milchalternativen erlaubt [25].

Jod: Der Verzehr von Milch(-produkten) trägt ca. zu einem Drittel zur ermittelten Jodzufuhr von Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen bei (♦ Abbildung 1). Ernährungserhebungsmethoden ermöglichen allerdings keine genaue Quantifizierung der Jodzufuhr, da die Verwendung von jodiertem Speisesalz v. a. auch in verarbeiteten Lebensmitteln nur ungenau erfasst wird und Datenbanken die Schwankungen des Jodgehalts innerhalb von Lebensmittelgruppen nicht ausreichend widerspiegeln [51]. Der Jodgehalt von Kuhmilch variiert erheblich. Er ist v. a. bedingt durch die Fütterung der Kühe (Weide- oder Stallhaltung, Anteil und Art des Kraftfutters, Bereitstellung von Jodsalz) und den Jodgehalt des mit Jod angereicherten Futters [52–54] (max. 5 mg/kg [55]). Häufig ist der Kraftfutteranteil in den Wintermonaten höher, wodurch höhere Jodgehalte in der Milch erzielt werden. Ökologisch erzeugte Kuhmilch enthält durch Unterschiede in der Fütterung häufig weniger Jod als konventionell erzeugte Kuhmilch. Auch die Verwendung von jodhaltigen Mitteln zur Desinfektion der Euter oder der Geräte kann den Jodgehalt der Kuhmilch erhöhen [52, 54]. Die Bioverfügbarkeit von Jod aus Kuhmilch ist hoch (Absorptionsrate 72–98 %) [52].

Ältere Untersuchungen zum Jodgehalt in Kuhmilch aus Deutschland zeigten durchschnittliche Jodgehalte (Mittelwert ± Standardabweichung) von $122,0 \pm 36,8 \mu\text{g/L}$ ($n = 135$; Probenentnahme 2007–2011) [56], $105,0 \pm 31,0 \mu\text{g/L}$ ($n = 77$; Probenentnahme 2012–2013) [53] bzw. $98 \pm 34 \mu\text{g/L}$ ($n = 112$; Probenentnahme 2004–2010) [57]. Der Jodgehalt von ökologisch erzeugter Kuhmilch war im Mittel ca. $50 \mu\text{g/L}$ geringer als der von konventionell erzeugter Kuhmilch [56, 57]. Jüngere Untersuchungen aus Großbritannien und der Schweiz zeigten große Schwankungen im Jodgehalt von $111 \pm 26 \mu\text{g/L}$ bis $438 \mu\text{g/kg}$ bei konventionell erzeugter [58–60] und $71 \pm 25 \mu\text{g/L}$ bis $324 \mu\text{g/kg}$ bei ökologisch erzeugter Kuhmilch [58, 59]. Der mittlere Jodgehalt von pflanzlichen Milchalternativen ohne Jodanreicherung lag zwischen $2,1 \mu\text{g/L}$ und $16 \pm 5 \mu\text{g/kg}$. Produkte mit Jodanreicherung enthielten zwischen 266 und $287 \mu\text{g Jod/kg}$ [59–61]. In verschiedenen Erhebungen waren nur 2 bis 20 % der untersuchten pflanzlichen Milchalternativen [60–62] und 5 % der Joghurtalternativen sowie keine der Käsealternativen mit Jod angereichert [62].

Auch der Zusatz von Algen kann den Jodgehalt in pflanzlichen Milchalternativen erhöhen. Rotalgen, die eingesetzt werden, um den Calciumgehalt zu erhöhen, haben allerdings nur einen geringen Effekt auf den Jodgehalt [59].

In Deutschland gehört Jod zu den kritischen Nährstoffen in der Allgemeinbevölkerung (♦ Übersicht 2). Vergleichende Untersuchungen aus Deutschland zeigen, dass die Jodversorgung bei sich vegan ernährenden Kindern, Jugendlichen [63, 64] und Erwachsenen [65–67], die weder Kuhmilch(-produkte) noch Fisch verzehren, häufig geringer ist als bei omnivorer Ernährung. In einer Untersuchung an je 36 sich vegan und omnivor ernährenden Erwachsenen in Deutschland lag die mittlere Jodzufuhr bei $80 \mu\text{g}$ (25. Perzentile–75. Perzentile [P25–P75]: $50\text{--}100 \mu\text{g}$) bzw. $120 \mu\text{g}$ (P25–P75: $80\text{--}170 \mu\text{g}$). Auch die mittlere Jodausscheidung im Urin war bei den sich vegan ernährenden Personen geringer als bei den sich omnivor ernährenden Erwachsenen ($28 \mu\text{g/L}$ [P25–P75: $18\text{--}42 \mu\text{g/L}$] vs. $74 \mu\text{g/L}$ [P25–P75: $42\text{--}102 \mu\text{g/L}$] [67]. Bei beiden Gruppen lag die mittlere Jodausscheidung im Bereich der von der WHO als Jodmangel definierten Menge (♦ Übersicht 2) [68]. Diese Ergebnisse werden durch Daten aus anderen Ländern bestätigt [69–75].

In einer Studie aus Großbritannien (2014–2017) wurden die Jodzufuhr sowie die Jodausscheidung im Spontanurin von Kindern ab 4 Jahren und Erwachsenen, die Kuhmilch oder pflanzliche Milchalternativen konsumierten, verglichen. Von den insgesamt 2845 Teilnehmenden tranken 185 pflanzliche Milchalternativen (4,6 %), 88 davon ausschließlich. Sowohl die Jodzufuhr (94 vs. $129 \mu\text{g/Tag}$; $p < 0,001$) als auch die Jodausscheidung (79 vs. $132 \mu\text{g/L}$; $p < 0,001$) war bei den Personen, die ausschließlich pflanzliche Milchalternativen konsumierten, signifikant geringer als bei Personen, die ausschließlich Kuhmilch tranken [76]. Die Jodausscheidung lag bei den Personen, die ausschließlich die pflanzlichen Milchalternativen konsumierten, im Bereich der von der WHO als Jodmangel definierten Menge [68].

Weitere Vitamine und Mineralstoffe: Neben der Bedeutung für die Versorgung mit den Mineralstoffen Calcium und Jod stellen Milch(-produkte) eine Hauptquelle für die Vitamine Riboflavin und Vitamin B₁₂ dar. Vor allem für Vitamin B₁₂ gilt dies in besonderem



Übs. 2: Jodmangel

Auswertungen der bundesweit repräsentativen „Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland“ (DEGS) und der „Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland“ (KiGGS) zeigen bei etwa 30 bzw. 44 % der Bevölkerung eine Jodzufuhr unterhalb des geschätzten mittleren Bedarfs, basierend auf Daten zur Jodausscheidung im Urin [77, 78]. Eine mediane Jodausscheidung im Urin von unter 100 µg/L wird von der WHO als Jodmangel eingestuft [68]. Kuhmilch(-produkte) stellen einen bedeutenden Jodlieferanten in Deutschland dar. Der Verzicht auf Kuhmilch(-produkte) erhöht das Risiko für einen Jodmangel. Dies kann vor allem bei Kindern oder in der Schwangerschaft bei Mutter und Fetus zu Mangelsymptomen und Entwicklungsstörungen führen. Eine Möglichkeit für eine bessere Jodversorgung von Menschen, die Kuhmilch(-produkte) überwiegend oder ausschließlich durch pflanzliche Alternativen ersetzen, ist die Verwendung von mit Jod angereicherten Produkten. Alternativ sollte besonders im Kindes- und Jugendalter in Rücksprache mit der*dem behandelnden Arzt*Ärztin eine gezielte Supplementation mit Jod in Betracht gezogen werden. In Schwangerschaft und Stillzeit wird neben jodreichen Lebensmitteln und jodiertem Speisesalz die tägliche Einnahme eines Präparats mit 100 bis 150 µg Jod empfohlen. Bei Schilddrüsenerkrankungen soll vor der Supplementation eine Rücksprache mit der*dem behandelnden Arzt*Ärztin erfolgen [79, 80].

Maße bei einer vegetarischen Ernährung. Sie tragen zudem zur Zufuhr von Zink (♦ Abbildung 1) und Vitamin A (ca. 5–10 % der zugeführten Retinoläquivalente stammen aus Milch[-produkten] [1, 2]) in Deutschland bei. Diese Nährstoffe sind natürlicherweise nicht bzw. nur in geringeren Mengen in pflanzlichen Milchalternativen enthalten. Zink ist in einigen pflanzlichen Milchalternativen, z. B. bei Produkten aus Cashewkernen oder Soja (♦ Tabelle 1), in einer ähnlichen Menge wie in Kuhmilch enthalten, gleichzeitig enthalten diese aber auch Phytate, welche die Absorption von zweiwertigen Kationen wie Zink vermindern können [37].

Eine Auswertung im Rahmen des *National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES) in den USA ergab, dass ein höherer Verzehr von Milch(-produkten) positiv mit der Vitamin-B₁₂-Konzentration im Serum und mit einem geringeren Risiko für einen Vitamin-B₁₂-Mangel assoziiert war. Die Auswertung zeigte zudem, dass ein höherer Verzehr von Milch(-produkten) mit einer höheren Serumkonzentration von Folat, Vitamin B₆ und B₁₂ sowie mit einem geringeren Risiko für einen Mangel an diesen Vitaminen einherging [81].

In einer Analyse des MRI wurde in Sojadrinks mehr Folat und Magnesium als in Kuhmilch gemessen und in allen untersuchten Pflanzendrinks mehr Eisen und Vitamin E. Letzteres stammt aus zugesetztem Sonnenblumenöl. Bei Eisen ist – wie bei Zink – die Bioverfügbarkeit zu beachten (siehe Abschnitt „Weitere Inhaltsstoffe“) [44].

Protein: Die meisten pflanzlichen Milchalternativen enthalten, teilweise deutlich, weniger Protein als Kuhmilch (♦ Tabelle 1). Auch die Proteinqualität (Aminosäurezusammensetzung und

Bioverfügbarkeit) ist bei pflanzlichen Milchalternativen i. d. R. geringer als bei Kuhmilch [36–38, 42, 44]. Produkte aus Hülsenfrüchten, v. a. aus Soja, ähneln Kuhmilch häufig in Proteingehalt sowie –qualität [37, 42, 44]. Die durchschnittliche Proteinzufuhr in Deutschland liegt deutlich über dem Referenzwert für die Proteinzufuhr, d. h. Protein ist in der Allgemeinbevölkerung kein kritischer Nährstoff. Die Proteinversorgung kann allerdings kritisch werden, wenn die Energiezufuhr nicht bedarfsgerecht ist. Das zugeführte Protein wird dann zur Energieversorgung herangezogen und steht nicht zur endogenen Proteinsynthese zur Verfügung. Zu den Risikogruppen dafür gehören v. a. junge Frauen und ältere Menschen [82].

Durch eine geeignete Kombination verschiedener proteinhaltiger Lebensmittel können mögliche Einschränkungen in der Proteinqualität einzelner Lebensmittel durch die Ergänzungswirkung der Aminosäuren ausgeglichen werden [83, 84].

Kohlenhydrate: Der Kohlenhydratanteil in pflanzlichen Milchalternativen ist sehr unterschiedlich (♦ Tabelle 1). Pflanzliche Milchalternativen aus Getreide wie Hafer oder Reis enthalten mehr Kohlenhydrate als Produkte aus Nüssen, Samen oder Hülsenfrüchten. Wird die im Getreide enthaltene Stärke bei der Verarbeitung hydrolysiert, steigt der Anteil niedermolekularer Zucker. Einigen pflanzlichen Milchalternativen sind zudem Glucose oder andere Zucker zugesetzt, wodurch sich ihr Kohlenhydratanteil erhöht. Die in Kuhmilch natürlich enthaltene Lactose sowie Oligosaccharide sind in pflanzlichen Milchalternativen nicht enthalten [36, 37, 42, 44] (zu Ballaststoffen siehe Abschnitt „Weitere Inhaltsstoffe“).

Je höher die Glucosekonzentration eines Lebensmittels, desto höher ist auch der glykämische Index (GI). Weitere Inhaltsstoffe in pflanzlichen Milchalternativen wie β-Glucane in Hafer können diesen Effekt allerdings abschwächen. In einer Untersuchung des GI von Kuhmilch sowie verschiedener pflanzlicher Milchalternativen hatten Kuhmilch sowie Produkte aus Cashew, Macadamia und Quinoa niedrige GI-Werte (< 55); Produkte aus Haselnuss, Hanf und Hafer wiesen mittlere GI-Werte auf (56–69). Bei den Drinks aus Soja und Mandel gab es Produkte mit niedrigen sowie mit mittleren GI-Werten. Produkte aus Kokosnuss und Reis hatten hingegen hohe GI-Werte (> 70). Die mithilfe der Menge an verwertbaren Kohlenhydraten eines Lebens-



mittels bestimmte glykämische Last (GL) war in den Produkten aus Reis am höchsten (> 15), gefolgt vom Produkt aus Hafer (8) und einem Produkt aus Mandel (6). Alle anderen Pflanzendrinks sowie die Kuhmilch hatten GL-Werte unter 5 [36]. Generell sind Ernährungsweisen mit einem niedrigeren GI bzw. GL empfehlenswerter [85, 86].

Fett: Der Fettgehalt in pflanzlichen Milchalternativen ist sehr unterschiedlich (♦ Tabelle 1). Einigen Produkten wird zur Verbesserung der Stabilität Pflanzenöl zugesetzt, was zu deutlich höheren Fettgehalten im Vergleich zu pflanzlichen Milchalternativen ohne Öl und teilweise auch im Vergleich zu Kuhmilch führt [7, 34].

Die Fettsäurezusammensetzung der pflanzlichen Milchalternativen ist abhängig vom verwendeten Rohstoff. Mit Ausnahme von Produkten aus Kokosnuss enthalten pflanzliche Milchalternativen weniger gesättigte Fettsäuren und mehr mehrfach ungesättigte Fettsäuren als Kuhmilch [34, 42, 44]. Kuhmilchfett enthält zu ca. 70 % gesättigte Fettsäuren; ca. 8 % der Fettsäuren sind kurz- und mittelkettige gesättigte Fettsäuren (C4:0–C10:0) [30, 87].

Die Fettsäurezusammensetzung der Kuhmilch wird von der Fütterung der Kühe beeinflusst. Die Milch von Kühen aus Weidehaltung hat ein günstigeres Verhältnis der essenziellen Fettsäuren Linolsäure:α-Linolensäure als bei Silagefütterung [87, 88]. Ökologisch erzeugte Kuhmilch enthält z. B. mehr Eicosapentaensäure (EPA) und Docosahexaensäure (DHA) als konventionell erzeugte Kuhmilch [88, 89]. Neben Kuhmilch hat von den pflanzlichen Milchalternativen (eingeschlossen: Mandel, Cashew, Kokosnuss, Hanf, Hafer, Reis, Soja, Dinkel) nur Soja einen nennenswerten Anteil an n-3 Fettsäuren. Geringe Anteile an n-3 Fettsäuren führen zu hohen n-6 : n-3 Verhältnissen bei den anderen pflanzlichen Milchalternativen [37, 42].

Das in Lipidtropfen vorliegende Fett in Kuhmilch ist von der sogenannten Milchfettkugelchenmembran umgeben; diese besteht hauptsächlich aus Fett und Protein. Es gibt Hinweise auf positive Wirkungen der Milchfettkugelchenmembran aus Frauenmilch und Kuhmilch auf u. a. das Immunsystem, den Gastrointestinaltrakt, die Serumlipide sowie die Entwicklung des Gehirns und kognitive Funktionen sowohl bei Säuglingen als auch bei Erwachsenen [90, 91]. Solche für Milch spezifischen Kugelchen aus Fett und Protein liegen in pflanzlichen Milchalternativen nicht vor.

Weitere Inhaltsstoffe: Pflanzliche Milchalternativen können zusätzlich weitere Inhaltsstoffe enthalten wie Ballaststoffe, z. B. β-Glucane aus Hafer, und sekundäre Pflanzenstoffe wie Isoflavone aus Soja [26, 27]. In einer Untersuchung des MRI hatten die Sojadrinks mit 1,76 g/100 g den höchsten Ballaststoffgehalt, davon überwiegend unlösliche Ballaststoffe. Der mittlere Gehalt an Gesamtballaststoffen der Haferdrinks lag bei 0,45 g/100 g, zusammengesetzt aus 0,31 g/100 g unlöslichen und 0,15 g/100 g wasserlöslichen Ballaststoffen. Mandeldrinks wiesen mit 0,13 g/100 g einen geringeren Gesamtballaststoffgehalt auf. Der Gesamtgehalt der Isoflavone in den Sojadrinks betrug $11,90 \pm 3,08$ mg/100 g [44]. Je nach Fütterung der Tiere enthält auch Kuhmilch sekundäre Pflanzenstoffe, z. B. Carotinoide und Isoflavone [89, 92].

Einige der Rohstoffe der pflanzlichen Milchalternativen enthalten sekundäre Pflanzenstoffe wie Polyphenole oder Phytate, welche die Absorption zweiwertiger Kationen vermindern. Phytate oder Oxalate, die beispielsweise in Sesam, Hafer, Soja oder Cashewkernen enthalten sind, bilden im Dünndarm unlösliche Komplexe mit Calcium, Zink, Magnesium und Eisen, was deren Absorption einschränkt [24, 27]. Das MRI hat die Verhältnisse der Konzentration von Phytat und verschiedenen Mineralstoffen in nicht mit Nährstoffen angereicherten Soja-, Hafer- und Mandeldrinks berechnet. Die Ergebnisse legen nahe, dass die Absorption von Magnesium durch in den Pflanzendrinks vorhandenes Phytat nicht beeinflusst, von Zink und Eisen allerdings stark vermindert und von Calcium nur bei Sojadrinks negativ beeinflusst wird [44]. Durch die thermische Behandlung pflanzlicher Milchalternativen zur Haltbarmachung können absorptionshemmende Komplexe aufgelöst werden. Dadurch kann die Bioverfügbarkeit von Nährstoffen ebenso erhöht werden wie durch Fermentation [24, 27].

Außerdem können sich sowohl in Pflanzen als auch Tieren unerwünschte Stoffe aus der Umwelt anreichern. In Proben pflanzlicher Milchalternativen waren z. B. Arsen aus Reis oder Mykotoxine u. a. aus Hafer nachweisbar [36, 37, 43, 93]. In einer Untersuchung des MRI von pflanzlichen Milchalternativen wurden die Ergebnisse zur Schwermetallbelastung als unauffällig bewertet, die Gesamtkeimzahl war sehr gering und frei von pathogenen Bakterien. In zwei Proben wurden als unkritisch zu bewertende Mengen eines Pflanzenschutzmittels nachgewiesen, die anderen Produkte enthielten keine Pflanzenschutzmittel-Rückstände [44]. Bezüglich des Mykotoxingehalts der pflanzlichen Milchalternativen in der Untersuchung des MRI kam das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) zu der Einschätzung, dass bei einem regelmäßigen Verzehr von Mandeldrinks mit den in der Untersuchung festgestellten Aflatoxingehalten mit einer mittleren Eintrittswahrscheinlichkeit gesundheitliche Beeinträchtigungen bei Kindern in der Altersgruppe von 0,5 bis < 6 Jahren auftreten können [94]. Bei Fütterung der Kühe mit mykotoxinhaltigem Futter können Mykotoxine auch in Kuhmilch übergehen [95–97].

Weitere positive und negative Auswirkungen von Milch(-produkten) sowie pflanzlichen Milchalternativen auf die Gesundheit

Milch und daraus gewonnene Produkte gehören zu den 14 häufigsten Auslösern von **Allergien und Unverträglichkeiten**. Daneben gehören auch Hülsenfrüchte wie Erdnüsse, Soja und Lupine sowie Schalenfrüchte wie Mandeln, Haselnüsse, Walnüsse, Cashewnüsse und Macadamia, aus denen pflanzliche Milchalternativen hergestellt



werden, zu den Hauptallergenen. Die Verwendung solcher Lebensmittelzutaten ist im Rahmen der Allergenkezeichnung auf der Verpackung oder in Speisekarten anzuzeigen [98].

Trotz der gesättigten Fettsäuren hat Milchfett eine geringe cholesterolerhöhende Wirkung, welche durch die weiteren Milchbestandteile beeinflusst wird. Auch die im Milchfett natürlicherweise vorkommenden trans-Fettsäuren erhöhen das Risiko für **Herz-Kreislauf-Erkrankungen** im Gegensatz zu den bei der Teilhärtung von Pflanzenfetten entstehenden trans-Fettsäuren nicht [30, 99].

Epidemiologische Daten deuten darauf hin, dass der Verzehr von Milch(-produkten) im Vergleich zu einem geringen oder keinem Verzehr mit einem geringeren Risiko für verschiedene Erkrankungen einhergeht [30, 99–101]. In Beobachtungsstudien war der Verzehr von Milchprodukten z. B. mit einem geringeren Risiko für **Bluthochdruck, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Schlaganfall** [101–106], **Adipositas** [106, 107] sowie **Typ-2-Diabetes** [101, 106, 108] assoziiert. In lebensmittelspezifischen Analysen war der Verzehr von Joghurt bzw. fermentierten Milch(-produkten) mit einer verbesserten kardiovaskulären Gesundheit [101, 105, 109] und einem geringeren Risiko für Adipositas [106] und Typ-2-Diabetes [101, 106, 109] assoziiert. Die Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen dem Verzehr von Milch und kardiovaskulären Erkrankungen, Adipositas sowie Blutdruck waren hingegen nicht konsistent [101–103, 105, 107, 110–112]. Zudem war der Verzehr von Milchprodukten einschließlich Milch und fermentierten Milchprodukten mit einer verbesserten **Knochenmineraldichte** assoziiert [101, 109, 113, 114]. Untersuchungen zum Verzehr von Milchprodukten und dem Auftreten von Knochenbrüchen ergaben hingegen keine eindeutigen Ergebnisse [113, 115, 116]. Der Verzehr von Milchprodukten insgesamt sowie von Milch und Joghurt, nicht aber von Käse, war mit einem geringeren Risiko für die Entwicklung einer nicht alkoholischen Fettleber (neue Nomenklatur: **metabolische Dysfunktion assoziierte steatotische Lebererkrankung**, MASLD) assoziiert [117, 118]. Die Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen dem Verzehr von Milch(-produkten) und **Krebserkrankungen** sind aufgrund hoher Heterogenität und niedriger Qualität der Übersichtsarbeiten insgesamt inkonsistent [119, 120]. Der Verzehr sowohl von Milch als auch von Milchprodukten war mit einer Reduktion des Risikos für kolorektalen Krebs assoziiert [101, 109, 121, 122]. Zudem gibt es Hinweise darauf, dass der Verzehr von Joghurt bzw. fermentierten Milchprodukten mit einem verringerten Risiko für Brust- [101, 109] und Leberkrebs [123] einhergeht. Die Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen dem Verzehr von Milch(-produkten) und Eierstock- bzw. Blasenkrebs sind nicht einheitlich. Der Verzehr fettarmer Milch [124] bzw. von Milch(-produkten) insgesamt sowie fermentierten Milchprodukten [119] war mit einem reduzierten Risiko und ein höherer Verzehr von Vollmilch im Vergleich zu einem geringeren war mit einem höheren Risiko für diese Erkrankungen assoziiert [119, 124].

Ein erhöhtes Erkrankungsrisiko wurde bei einem hohen Verzehr von Milch(-produkten) für Prostatakrebs beobachtet [101, 109, 125–127]. In einer systematischen Übersichtsarbeit betrug das relative Risiko für Prostatakrebs beim Vergleich der höchsten und niedrigsten Zufuhr von Milchproteinen 1,08 (95 %-Konfidenzintervall: 1,00–1,16). Eine positive Assoziation zeigte sich für eine Zufuhrmenge ab 30 g Milchprotein/Tag. Zudem zeigte

eine Dosis-Wirkungs-Analyse eine Risikoerhöhung von 10 % für eine Zufuhrerhöhung von je 20 g Milchprotein [128]. Ein erhöhtes Risiko für Prostatakrebs zeigte sich bei einer Calciumzufuhr von 1200 mg/Tag [129], was einem Verzehr von ca. einem Liter Milch oder 110 g Hartkäse entspricht [99]. Dabei ist unklar, auf welche Bestandteile der Milch dies zurückzuführen ist [126].

Eine systematische Übersichtsarbeit von 29 klinischen Studien untersuchte den Gesundheitseffekt von pflanzlichen Milchalternativen im Vergleich zu Kuhmilch. In 27 der aufgeführten Studien wurde der Effekt des Verzehrs von Sojadrinks mit dem von Kuhmilch verglichen, eine davon untersuchte zusätzlich Mandeldrinks; zwei weitere Publikationen untersuchten den Effekt von Reisdinks. Trotz einiger Hinweise auf eine positive Wirkung der pflanzlichen Milchalternativen, insbesondere auf das Lipidprofil, war es aufgrund einiger widersprüchlicher Ergebnisse nicht möglich, allgemeine Schlussfolgerungen zu ziehen [130].

Bislang fehlen Ergebnisse aus Beobachtungsstudien, die den Einfluss des Verzehrs von pflanzlichen Milchalternativen über einen längeren Zeitraum auf die Gesundheit untersuchen. Zudem sind i. d. R. keine oder nur wenige Produkte in Lebensmittel- und Nährstoffdatenbanken aufgeführt.

Pflanzliche Milchalternativen werden häufig zu den stark verarbeiteten Lebensmitteln gezählt [131]. Der Verzehr stark verarbeiteter Lebensmittel ist mit einem höheren Risiko für ernährungsmitbedingte Krankheiten assoziiert. Die ernährungsphysiologische Qualität wird dabei allerdings nicht ausreichend mit in die Bewertung einbezogen und nicht alle als stark verarbeitet kategorisierten Lebensmittel haben zwangsläufig einen negativen Effekt auf die Gesundheit [132–135]. Detailliertere Auswertungen sind nötig, um Aussagen zur Risikoerhöhung aufgrund des Verarbeitungsgrads bei pflanzlichen Milchalternativen treffen zu können.

Umwelt

Um den Einfluss eines Lebensmittels auf die Umwelt bzw. die ökologische Dimension der Nachhaltigkeit bewerten zu können, müssen verschiedene Indikatoren betrachtet werden. Die Auswahl an Indikatoren unterscheidet sich dabei teilweise in verschiedenen Publikationen.



	Treibhausgasemissionen [kg CO ₂ -Äquivalente/kg]	Phosphatfußabdruck [g Phosphatgestein-Äquivalent/kg]	Flächenfußabdruck [m ² * a Naturflächenbelegung/kg]	Wasserfußabdruck [L Wasser-Äquivalent/kg]	Energiebedarf [kWh Primärenergie-Äquivalent/kg]
Kuhmilch	1,1–1,7	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
ESL Vollmilch	1,4	20	0,5	2000	2
Sojadrink	0,4	8	0,3	3000	1,5
Haferdrink	0,3	8	0,2	300	3
Dinkeldrink	0,3	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Mandeldrink	0,3	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.

Tab. 2: **Umweltwirkungen von Kuhmilch und pflanzlichen Milchalternativen pro kg Lebensmittel [144]**
a: Jahre; ESL: *Extended Shelf Life*; es handelt sich um Produkte mit verlängerter Haltbarkeit im Vergleich zu Frischmilch;
n. a.: nicht angegeben

Nach Möglichkeit sollten mindestens folgende Indikatoren betrachtet werden:

- Treibhausgasemissionen (Kohlenstoffdioxid, Lachgas und Methan),
- Landnutzung,
- Eutrophierungspotenzial,
- Wasserverschmutzung bzw. Wasserverbrauch [136, 137] und
- Biodiversitätsverlust [121].

Darüber hinaus gibt es weitere Indikatoren, die eine noch differenziertere Betrachtung ermöglichen, z. B. das Versauerungspotenzial [138]. Zudem sind Koppelprodukte bei der Produktion von Lebensmitteln, z. B. der Zusammenhang von Rindfleisch zur Kuhmilchproduktion, zu betrachten [139]. Ein weiteres Beispiel ist der Umgang mit Reststoffen, die bei der Erzeugung von pflanzlichen Milchalternativen anfallen. Diese sind je nach Ausgangsprodukt reich an Antioxidanzien und Ballaststoffen. Werden diese weiterverwendet, z. B. in der Tierfütterung, können andere Rohstoffe eingespart werden [24].

Lebensmittel tierischer Herkunft bedingen einen erheblichen Anteil an den Umweltbelastungen des Ernährungssystems. Zu den nachteiligen Effekten zählen der hohe Beitrag an den globalen Treibhausgasemissionen, Flächenbedarf für Futtermittelanbau, Verlust an biologischer Vielfalt, die Verschlechterung der Bodenqualität (z. B. Nährstoffüberschüsse, Überdüngung von Weiden) sowie Luft- und Wasserverschmutzung [24, 34, 137, 140–142]. Auch pflanzliche Milchalternativen aus Mandeln stehen in der Kritik, weil die Erzeugung der Mandeln viel Wasser verbraucht bzw. diese in Gebieten angebaut werden, in denen Wasserknappheit herrscht [143].

Das Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu) hat 2020 die ökologischen Fußabdrücke von Lebensmitteln und Gerichten in Deutschland zusammengestellt. Für 188 Lebensmittel sind die Treibhausgasemissionen in CO₂-Äquivalente angegeben. In die Berechnung wurde die gesamte Wertschöpfungskette von Anbau über Verarbeitung, Verpackung, Verteilung und Transport bis zum Verkauf einbezogen. Die Treibhausgasemissionen für Kuhmilch lagen zwischen 1,1 kg CO₂-Äquivalenten pro kg Lebensmittel für fettarme Milch im Verbundkarton und 1,7 kg CO₂-Äquivalenten pro kg Lebensmittel für Bio-ESL⁷-Vollmilch im Verbundkarton. Die Treibhausgasemissionen der aufgeführten pflanzlichen Milchalternativen lagen zwischen 0,3 und 0,4 kg CO₂-Äquivalenten pro kg Lebensmittel [144].

Für 35 ausgewählte Lebensmittel, darunter auch Kuhmilch, Soja- und Haferdrink, wurden zudem Phosphat-, Flächen- und Wasserfußabdruck sowie der Energiebedarf⁸ angegeben. Dabei wurden die Gegebenheiten im Erzeugerland in der Berechnung berücksichtigt, z. B. Wasserknappheit. Im Vergleich zwischen Kuhmilch, Soja- und Haferdrink, war der Phosphatfußabdruck sowie der Flächenfußabdruck bei Kuhmilch am höchsten. Der Sojadrink hatte den höchsten Wasserfußabdruck und der Haferdrink den höchsten Energiebedarf (♦ Tabelle 2) [144].

Auch in anderen Datenbanken sind Daten zu Kuhmilch und pflanzlichen Milchalternativen dargestellt, z. B. weist die SHARP-*Indicators Database* europäische Daten zu Treibhausgasemissionen und Landnutzung pro kg für Kuhmilch und pflanzliche Milchalternativen aus Soja und Reis aus. Beide pflanzlichen Milchalternativen hatten bei beiden Parametern geringere Werte als Kuhmilch: beispielsweise entsprechen die Treibhausgasemissionen des Sojadrinks einem Drittel derer von Kuhmilch, die Landnutzung für die Produktion von Reisdriinks ist halb so groß im Vergleich zu Kuhmilch [145, 146].

Der Vergleich zeigt, dass ein einziger Parameter nicht ausreichend ist, um die Umweltwirkungen eines Lebensmittels umfassend bewerten zu können. Bei der gleichzeitigen Betrachtung mehrerer Parameter wird deutlich, dass pflanzliche Milchalternativen insgesamt eine geringere Umweltbelastung im Vergleich zu Kuhmilch aufweisen [137, 147]. Dabei sind die Unterschiede zwischen Milch und pflanzlichen Milchalternativen im Verhältnis zu den Umweltbelastungen von z. B. Käse oder Fleisch gering [137].

⁷ ESL steht für *Extended Shelf Life*; es handelt sich um Produkte mit verlängerter Haltbarkeit im Vergleich zu Frischmilch

⁸ kumulierter Aufwand an Primärenergie, der nicht aus erneuerbaren Ressourcen gedeckt wird



Die in den unterschiedlichen Erhebungen angegebenen Werte für einzelne Umweltindikatoren weisen teilweise erhebliche Unterschiede auf [34, 39]. In einer Auswertung von 18 Studien wurden Treibhausgasemissionen, Energiebedarf, Wasserverbrauch, Ozondepletionspotenzial, marine und Süßwassereutrophierung, Versauerungspotenzial und Landverbrauch von Kuhmilch und pflanzlichen Milchalternativen aus Hafer, Mandeln, Reis und Soja verglichen. Kuhmilch wies bei Treibhausgasemissionen, Eutrophierungspotenzial und Landverbrauch deutlich höhere maximale Werte bei den einzelnen Umweltindikatoren auf. Der Landverbrauch für einen Liter Kuhmilch lag in dieser Auswertung zwischen 1,18 und 54 m²; der für pflanzliche Milchalternativen bei maximal 0,76 m². Allerdings waren die Schwankungsbreiten der unterschiedlichen Umweltparameter sehr groß und überlagerten sich teilweise. Die Treibhausgasemissionen bei Milch lagen pro Liter zwischen 0,089 und 72,70 kg CO₂-Äquivalenten und bei pflanzlichen Milchalternativen zwischen 0,02 und 3,85 kg CO₂-Äquivalenten. Auch für den Wasserverbrauch waren die Schwankungsbreiten enorm: Die Erzeugung eines Liters Mandeldrink benötigt 59–6100 L Wasser; die Produktion eines Liters Kuhmilch benötigt 11,7–1030 L Wasser, während für die anderen pflanzlichen Milchalternativen ein Maximalwert von 376 L Wasser angegeben wurde [34].

Die unterschiedlichen Werte können sowohl durch die Erzeugung der Milch bzw. der pflanzlichen Milchalternativen als auch durch die Methode zur Berechnung der Umwelteinflüsse bedingt sein. Bei der Milcherzeugung sind u. a. die Anzahl der Tiere im Betrieb, die Haltungsbedingungen (ökologisch vs. konventionell, Weidehaltung vs. ackerfutterbasierten Systemen, Unterschiede beim Futter) sowie die Milchleistung ausschlaggebend [34, 148]. So betragen die Treibhausgasemissionen pro Liter Milch u. a. aufgrund der hohen Milchleistung der Kühe in Europa nur ca. ein Fünftel von denen in Teilen von Asien und Afrika [149, 150]. Bei pflanzlichen Milchalternativen ist der wichtigste Einflussfaktor die Produktion des Rohstoffs, aber auch Verarbeitungsprozesse sowie die verwendeten Technologien nehmen Einfluss auf die untersuchten Indikatoren [34]. Ein weiterer Grund für unterschiedliche Ergebnisse können verschiedene Betrachtungsumfänge sein: Bei den Angaben ist zu beachten, ob nur die Umweltwirkungen am Produktionsstandort oder der gesamte Lebenszyklus berücksichtigt wurden [143]. Bei der Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit von Kuhmilch und pflanzlichen Milchalternativen ist daher auf die Herstellungsweise sowie die Berechnungsgrundlage zu achten [39].

Die Überlegungen in diesem Kapitel beziehen sich auf die Umweltwirkungen je Liter oder je Kilogramm Kuhmilch bzw. pflanzliche Milchalternativen. Eine Alternative ist der Bezug auf Energie oder auf die Nährstoffdichte von z. B. Protein, Calcium oder Jod. Je nachdem, welcher Rohstoff zugrunde liegt, und ob die pflanzlichen Milchalternativen mit Nährstoffen angereichert sind, können die Umweltbelastungen von pflanzlichen Milchalternativen dabei z. T. deutlich höher sein als die von Kuhmilch [143, 147, 151].

Soziale Dimension

Der Wissenschaftliche Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz (WBAE) des BMEL bezeichnet die Bedingungen, unter denen Lebensmittel her- und bereitgestellt werden, als soziale Dimension der Ernährung. Wie die Einkommenssi-

tuation und die Arbeitsbedingungen ausgestaltet sind, hängt unter anderem davon ab, welche Arbeitsform der Erzeugung zugrunde liegt (z. B. selbstständige landwirtschaftliche Arbeit, abhängige Beschäftigte in der Landwirtschaft). Auch in den weiteren Bereichen des Agrar- und Ernährungssektors stellen niedrige Löhne und ungünstige Arbeitsbedingungen ein soziales Problem dar. Der Import von Lebens- oder Futtermitteln aus dem Ausland kann in diesen Ländern zu sozialen Problemen führen [152].

Entscheidend für die soziale Dimension der Lebensmittelherstellung ist, unter welchen Bedingungen die Lebens- bzw. Futtermittel angebaut werden.

Ein weiterer Punkt, welcher der sozialen Dimension zuzurechnen ist, besteht in den sozialen Effekten auf die Konsument*innen. Dazu gehört die Möglichkeit frei entscheiden zu können, welche Produkte ausgewählt werden. Pflanzliche Milchalternativen sind häufig teurer als Kuhmilch [24], was für Haushalte mit niedrigem Einkommen ein Kaufhemmnis darstellen kann. Der Lebensmittelpreis setzt sich aus den Kosten im Erzeugerbetrieb der Rohstoffe (Rohmilch, Soja, Hafer etc.), Kosten für Transport, Verarbeitung, Verpackung und Lagerung, Entsorgung, der Handelsspanne sowie der Mehrwertsteuer zusammen. Ein Teil der Preisdifferenz ist mit der unterschiedlichen Besteuerung zu erklären: Für pflanzliche Milchalternativen gilt ein Mehrwertsteuersatz von 19 %, für Milch(-produkte) hingegen der verminderte Satz von 7 % [153].

Tierwohl

Das Vermeiden von Tierleid ist ein zentrales Motiv für die Reduktion oder den Verzicht auf Lebensmittel tierischer Herkunft sowie die Verwendung von pflanzlichen Milchalternativen [154]. Die DGE gibt in ihrem Positionspapier zu einer nachhaltigeren Ernährung an: „Teil einer nachhaltigeren Ernährung ist eine Nutztierhaltung, die mehr Tierwohl unterstützt und damit den sich wandelnden ethischen Ansprüchen der Gesellschaft gerecht wird“ [13]. Für einen nachhaltigeren Konsum von Kuhmilch(-produkten) ist daher auch das Tierwohl ein wichtiger Faktor.

Grundlage für die Berücksichtigung des Tierwohls bei der Auswahl von Kuhmilch(-produkten) ist eine transparente Information über die Bedingungen bei der Erzeugung. Milchkühe werden in unterschiedlichen Haltungsformen gehalten, die mehr oder weniger Tierwohl gewährleisten. Laut Bundeszentrum



für Ernährung (BzFE) ist Deutschland mit 3,8 Millionen Milchkühen größter Milchherzeuger der EU. Etwa 87 % aller Milchkühe in Deutschland werden in offenen Laufställen gehalten und etwa 31 % haben im Schnitt knapp die Hälfte des Jahres Weidegang. Die Anbindehaltung ist dagegen rückläufig [155]. Das Kompetenznetzwerk Nutztierhaltung stellte in seinem Bericht 2020 fest, dass sich „die Haltungssysteme in der Milchviehhaltung in den letzten Jahren in Bezug auf das Tierwohlniveau positiv entwickelt“ haben [156].

Die Haltungsform stellt aber nicht automatisch ein ausreichendes Tierwohl sicher. Zudem kritisiert das Kompetenznetzwerk Nutztierhaltung, dass auch eine hohe Milchleistung mit negativen gesundheitlichen Folgen für die Tiere einhergeht, z. B. Fruchtbarkeitsstörungen, Euterentzündungen und Lahmheiten [156]. Für eine informierte Kaufauswahl sind weitere Information u. a. zu Tiergesundheits- und -verhaltensparametern in Form einer umfassenden und validen Kennzeichnung notwendig [13]. Das Tierhaltungskennzeichnungsgesetz regelt die verpflichtende Kennzeichnung der Haltungsform von Tieren. Das Gesetz regelt zunächst die Mast bei Schweinen und soll auf andere Tierarten sowie weitere Bereiche in der Verwertungskette ausgeweitet werden [157]. Die Begriffe „artgerecht“ und „Tierwohl“ sind nicht rechtlich geschützt und können daher ohne besondere Anforderungen an die Tierhaltung vergeben werden [158].

Pflanzliche Milchalternativen in lebensmittelbezogenen Ernährungsempfehlungen

Die Empfehlung, Milch(-produkte) zu verzehren, ist Bestandteil der lebensmittelbezogenen Ernährungsempfehlungen (*food-based dietary guidelines*, FBDGs) vieler Länder. Pflanzliche Alternativen werden seltener genannt [159–161]. Herforth et al. [160] untersuchten die Kernbotschaften sowie grafischen Darstellungen der FBDGs von 90 Nationen. Die Mehrheit der FBDGs (75 %) enthielten Empfehlungen zum Konsum von Milch(-produkten); 11 % enthielten Aussagen zu pflanzlichen Milchalternativen, z. B. aus Soja [160]. Nach einer jüngeren Auswertung wurden in 36 von 90 (40 %) analysierten FBDGs pflanzliche Milchalternativen erwähnt [161].

Einige Beispiele für Aussagen in FBDGs sind in ♦ Übersicht 3 aufgeführt. Dabei wird er-

sichtlich, dass die Aussagen zwar ähnlich sind, sich aber in Details unterscheiden. In den FBDGs aus den Niederlanden, Kanada und den USA wird ausschließlich auf pflanzliche Milchalternativen aus Soja hingewiesen, in den schwedischen FBDG werden Soja und Hafer und in Großbritannien wird Soja beispielhaft genannt. In den britischen und niederländischen FBDGs wird explizit auf ungesüßte Varianten verwiesen. In allen Beispielen wird auf die Nährstoffanreicherung der Produkte eingegangen. Dabei sollten angereicherte Produkte ausgewählt werden: allgemein (Kanada, *Nordic Nutrition Recommendations*), allgemein mit Vitaminen und Mineralien (Schweden), mit Calcium (Großbritannien) oder mit Calcium, Vitamin A und Vitamin D (USA). In den Niederlanden

Übs. 3: Beispiele für Aussagen zu pflanzlichen Milchalternativen in FBDGs

Großbritannien *“Unsweetened calcium-fortified dairy alternatives like soya milks, soya yoghurts and soya cheeses also count as part of this food group. These can make good alternatives to dairy products.”*

→ www.nhs.uk/live-well/eat-well/food-types/milk-and-dairy-nutrition/

Niederlande *“If you don’t like dairy or have an intolerance, an unsweetened soy drink enriched with calcium and B vitamins makes for the most wholesome alternative.”*

→ <https://mobiel.voedingscentrum.nl/Assets/Uploads/voedingscentrum/Documents/Service/English/Wheel-of-five.pdf>

Schweden *“Drinks made of oats and soya are eco-friendly. Choose the ones enriched with vitamins and minerals – you’ll see this information on the packaging.”*

→ www.livsmedelverket.se/en/food-habits-health-and-environment/dietary-guidelines/adults/dairy-products-advice/

Kanada *“Protein foods: include legumes, nuts, seeds, tofu, fortified soy beverage, fish, shellfish, eggs, poultry, lean red meat including wild game, lower fat milk, lower fat yogurts, lower fat kefir, and cheeses lower in fat and sodium.”*

→ <https://food-guide.canada.ca/sites/default/files/artifact-pdf/CDG-EN-2018.pdf>

USA *“Healthy dietary patterns feature dairy, including fat-free and low-fat (1%) milk, yogurt, and cheese. Individuals who are lactose intolerant can choose low-lactose and lactose-free dairy products. For individuals who choose dairy alternatives, fortified soy beverages (commonly known as “soy milk”) and soy yogurt – which are fortified with calcium, vitamin A, and vitamin D – are included as part of the dairy group because they are similar to milk and yogurt based on nutrient composition and in their use in meals.”*

→ www.dietaryguidelines.gov/sites/default/files/2021-03/Dietary_Guidelines_for_Americans-2020-2025.pdf

Nordic Nutrition Recommendations *“If consumption of milk and dairy is lower than 350 gram/day, products may be replaced with fortified plant-based alternatives or other foods.”*

→ www.norden.org/en/publication/nordic-nutrition-recommendations-2023



wird auf pflanzliche Milchalternativen, welche mit B-Vitaminen und Calcium angereichert sind, verwiesen. Es wird keine Aussage zur Höhe der Anreicherung gemacht. In keinem der Beispiele wird auf eine Anreicherung mit Jod eingegangen.

Zusammenfassung

Die Verzehrdaten zeigen den Stellenwert von Kuhmilch(-produkten) in der Ernährung der deutschen Bevölkerung. In den vergangenen Jahren sind das Angebot und der Umsatz von pflanzlichen Milchalternativen stetig gewachsen. Daten zum Verzehr pflanzlicher Milchalternativen liegen aus Beobachtungsstudien nur in geringem Umfang vor. Mit diesem Positionspapier ordnet die DGE pflanzliche Milchalternativen im Vergleich zu Kuhmilch anhand der Dimensionen einer nachhaltigeren Ernährung, dabei primär Gesundheit und Umwelt, ein.

Kuhmilch(-produkte) tragen maßgeblich zur Zufuhr von z. B. Calcium, Jod, Riboflavin und Vitamin B₁₂ in Deutschland bei. Zudem ist der Verzehr von Kuhmilch(-produkten) neben der Versorgung mit essenziellen Nährstoffen mit weiteren gesundheitsfördernden Effekten assoziiert. Der Nährstoffgehalt bzw. die Nährstoffanreicherung in den pflanzlichen Milchalternativen ist sehr heterogen. Die genaue Nährstoffzusammensetzung, über die gesetzlich vorgeschriebenen Angaben hinaus, ist häufig nicht bekannt und allgemeingültige Aussagen dazu sind nicht möglich. Ohne Anreicherung mit verschiedenen Nährstoffen unterscheidet sich das Nährstoffprofil von pflanzlichen Milchalternativen deutlich von dem der Kuhmilch; die üblicherweise über Kuhmilch(-produkte) zugeführten Nährstoffe sind in einem wesentlich geringeren Umfang enthalten. Ob die Bioverfügbarkeit von zugesetzten Nährstoffen ebenso gut ist wie die aus Kuhmilch, ist abhängig vom Ausgangsstoff der pflanzlichen Milchalternative, von der Form des zugesetzten Nährstoffs sowie vom Gehalt absorptionshemmender Stoffe. Je nach Rohstoff enthalten pflanzliche Milchalternativen weitere gesundheitsfördernde Inhaltsstoffe, z. B. sekundäre Pflanzenstoffe oder Ballaststoffe, die in Kuhmilch nicht oder nur in geringen Mengen enthalten sind. Zudem enthalten sie kein Cholesterin und weniger gesättigte Fettsäuren und, vor allem bei pflanzlichen Alternativen aus Samen und Nüssen, mehr ungesättigte Fettsäuren als Kuhmilch (siehe Abschnitt „Gesundheit“).

Ausgehend von den in Deutschland üblichen Verzehrsgewohnheiten kann der vollständige oder teilweise Ersatz von Kuhmilch(-produkten) durch pflanzliche Alternativen ohne angemessene Substitution zu Nährstoffdefiziten führen. Entscheidend dafür ist allerdings die gesamte Lebensmittelauswahl.

Die Werte für die Umweltwirkungen von Kuhmilch und pflanzlichen Milchalternativen schwanken stark. Für eine umfassende Bewertung der Umweltbelastung durch Lebensmittel ist es wichtig, Indikatoren für verschiedene Umweltaspekte in die Bewertung einzubeziehen. Es fehlen jedoch häufig Daten, sodass nicht alle Produkte in Bezug auf alle Umweltindikatoren miteinander verglichen werden können (siehe Abschnitt „Umwelt“).

Im Durchschnitt weisen pflanzliche Milchalternativen im Vergleich zu Kuhmilch niedrigere Werte für Treibhausgasemissionen, Wasserverbrauch und Landnutzung auf. Bei der Berücksichtigung mehrerer Umweltindikatoren sind die Unterschiede zwischen Kuhmilch und pflanzlichen Milchalternativen im Verhältnis zu den Umweltbelastungen von z. B. Käse oder Fleisch allerdings deutlich geringer.

Neben positiven Effekten auf die Umwelt ist das Vermeiden von Tierleid ein zentrales Motiv für den Verzehr von pflanzlichen Milchalternativen anstelle von Kuhmilch. Nutztierhaltung mit dem Ziel einer maximalen Milchleistung geht mit negativen gesundheitlichen Folgen für die Tiere einher. Eine Maßnahme für die Unterstützung des Tierwohls beim Konsum von Lebensmitteln tierischer Herkunft ist eine informierte Auswahl. Dafür ist eine umfassende und valide Kennzeichnung unter Berücksichtigung von Parametern zu Tiergesundheit und -verhalten notwendig (siehe Abschnitt „Tierwohl“).

Für die soziale Dimension einer nachhaltigeren Ernährung sind u. a. die Arbeitsbedingungen bei der Erzeugung der Rohstoffe zu berücksichtigen. Daneben gibt es in der sozialen Dimension auch Auswirkungen auf Konsument*innen: Pflanzliche Milchalternativen sind z. B. häufig teurer als Kuhmilch, was für Menschen mit niedrigem Einkommen ein Kaufhemmnis darstellen kann (siehe Abschnitt „Soziale Dimension“).

Im Vergleich von Kuhmilch mit pflanzlichen Milchalternativen in den verschiedenen Dimensionen einer nachhaltigeren Ernährung sind allgemeingültige Aussagen kaum möglich. Vor allem in der ernährungsphysiologischen Qualität sind pflanzliche Milchalternativen sehr heterogen, sodass nur ein spezifisches Produkt jeweils im Vergleich zu Kuhmilch bewertet werden kann.

Fazit und Handlungsempfehlungen

Kuhmilch und pflanzliche Milchalternativen unterscheiden sich in der Nährstoffzusammensetzung, ihren Auswirkungen auf den menschlichen Organismus sowie auf die Umwelt. Pflanzliche Milchalternativen sind ohne die Anreicherung mit verschiedenen Nähr-



stoffen ernährungsphysiologisch nicht mit Milch gleichzusetzen. Allerdings vergrößern sie das Angebot an Lebensmitteln pflanzlicher Herkunft und können so bei der Umsetzung einer pflanzenbetonen Ernährung helfen. Für die ernährungsphysiologische Bewertung der Verwendung von pflanzlichen Milchalternativen ist es entscheidend, ob Kuhmilch damit teilweise oder komplett ersetzt wird, sowie ob nur auf Kuhmilch oder auf sämtliche aus Milch hergestellten Produkte verzichtet wird. Für die Beurteilung von pflanzlichen Alternativen für z. B. Joghurt oder Käse aus Kuhmilch sind deren Anteil an der Nährstoffversorgung und deren Einfluss auf die Umwelt gesondert zu betrachten. Dabei sollten die jeweils spezifischen Eigenschaften berücksichtigt werden, z. B. die jeweilige Anreicherungspraxis, die von der von pflanzlichen Milchalternativen abweichen kann [33, 62].

In Anbetracht der positiven Effekte von Kuhmilch(-produkten) auf die Gesundheit des Menschen empfiehlt die DGE den Verzehr von Kuhmilch(-produkten). Entsprechend der Orientierungswerte zu den FB DG der DGE für Erwachsene, die Anhaltspunkte für Verzehrsmengen benennen, können pro Tag zwei Portionen Milch und Milchprodukte verzehrt werden, z. B. eine Portion Milch und eine Scheibe Käse [5]. Diese Menge trägt zu einer bedarfsgerechten Versorgung u. a. mit Calcium, Jod, Riboflavin und Vitamin B₁₂ bei.

Für die Nährstoffversorgung ist ein über die empfohlene Menge hinausgehender Verzehr von Kuhmilch(-produkten) in einer ausgewogenen Ernährung nicht notwendig. Für andere Bevölkerungsgruppen, z. B. für Kinder und Jugendliche, oder bei anderen Ernährungsformen als einer omnivoren Mischkost, z. B. bei ovo-lacto-vegetarischer Ernährung, kann die Anzahl der zur Bedarfsdeckung empfohlenen Portionen an Kuhmilch(-produkten) abweichen.

Für Personen, die geringere Mengen oder keine Kuhmilch(-produkte) konsumieren, oder für einen Verzehr über die empfohlene Menge hinaus, befürwortet die DGE die Verwendung von pflanzlichen Milchalternativen. Dies trägt zur Verringerung der ernährungsinduzierten Umweltbelastungen bei.

Im Folgenden sind Handlungsempfehlungen für die Auswahl von pflanzlichen Milchalternativen zusammengefasst, insbesondere für Personen, die Kuhmilch ganz oder teilweise durch pflanzliche Milchalternativen ersetzen. Pflanzliche Alternativen zu Milchprodukten waren nicht Gegenstand der Untersuchungen im Text. Viele der folgenden Handlungsempfehlungen können dennoch auch bei der Auswahl von pflanzlichen Alternativen zu Milchprodukten hilfreich sein.

Handlungsempfehlungen für die Auswahl pflanzlicher Milchalternativen im Rahmen einer gesundheitsfördernden und nachhaltigeren Ernährung

- Für die Versorgung mit Calcium und Jod sowie, vor allem bei einer vegetarischen bzw. veganen Ernährung, mit Riboflavin (Vitamin B₂) und Vitamin B₁₂ sollten Produkte ausgewählt werden, die mit diesen Nährstoffen angereichert sind. Ökologisch erzeugte Produkte dürfen allerdings aus rechtlichen Gründen nicht mit Nährstoffen angereichert werden.
- Bei der Verwendung von nicht oder nur mit einigen dieser Nährstoffe angereicherten Produkten sollte darauf geachtet werden, die übrigen Nährstoffe aus anderen Quellen (Lebensmittel oder Nährstoffpräparate) zuzuführen. Dabei ist die gesamte Ernährung bzw. Nährstoffzufuhr zu betrachten. Qualifizierte Ernährungsfachkräfte können hierbei unterstützen.
- Im Rahmen einer gesundheitsfördernden und nachhaltigeren Ernährung sollten grundsätzlich Produkte ohne Zuckerzusatz bevorzugt werden. Wenn gesüßte Produkte verwendet werden, sollte dies bei der Gesamtzuckerzufuhr berücksichtigt werden. Die Zufuhr an freien Zuckern sollte weniger als 10 % der Gesamtenergiezufuhr betragen [162].
- Bei bestehenden Erkrankungen, bei denen die Inhaltsstoffe von pflanzlichen Milchalternativen zu einer Verschlechterung des Gesundheitszustands führen können, z. B. allergieauslösende Inhaltsstoffe bei vorliegenden Lebensmittelallergien, sind diese Aspekte bei der Auswahl der pflanzlichen Alternativen zu berücksichtigen.
- Für einen genaueren Überblick empfiehlt sich der Blick auf die Zutatenlisten. Darin sind der Anteil der namensgebenden Zutat(en), die zugesetzten Vitamine und Mineralstoffe sowie ggf. weiterer Zutaten wie Süßungsmittel, Emulgatoren, Aromen oder Verdickungsmittel aufgeführt.
- Pflanzliche Milchalternativen schmecken unterschiedlich. Wer gern pflanzliche Milchalternativen verwenden möchte, sollte ggf. verschiedene Produkte ausprobieren. Für die Gewöhnung an den Geschmack von pflanzlichen Milchalternativen kann es helfen, sie zunächst mit Kuhmilch zu mischen und das Mischungsverhältnis schrittweise anzupassen.

Für Säuglinge und Kleinkinder gelten die Handlungsempfehlungen des Netzwerks „Gesund ins Leben“: „Säuglinge sollen, wenn nicht oder nicht ausschließlich gestillt wird, eine nach den gesetzlichen Regelungen hergestellte Säuglingsanfangsnahrung erhalten“ [80].



In den Handlungsempfehlungen für Kleinkinder wird empfohlen, Eltern, die ihre Kinder vegetarisch oder vegan ernähren möchten, auch in Bezug auf pflanzliche Alternativprodukte zu beraten. Mögliche Inhalte der Beratung sind die ernährungsphysiologischen Unterschiede im Vergleich zu Lebensmitteln tierischer Herkunft sowie die große Vielfalt der Produkte. Das Netzwerk „Gesund ins Leben“ kommt zu dem Schluss, dass nicht alle Produkte gleichermaßen für den Ersatz geeignet sind [163]. Die Ernährungskommission der Deutschen Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin e. V. (DGKJ) empfiehlt in einer Stellungnahme zur Verwendung von pflanzlichen Milchalternativen bei Kindern in Übereinstimmung mit den Empfehlungen der DGE, auf eine ausreichende Zufuhr wichtiger Nährstoffe aus anderen Lebensmitteln oder ggf. auch aus Supplementen zu achten, wenn Milch(-produkte) aus der Ernährung eines Kindes ausgeschlossen werden [164].

Acknowledgement

Die Autor*innen danken den Mitgliedern des Wissenschaftlichen Präsidiums der DGE Prof. Sabine Ellinger, Prof. Anja Kroke, Prof. Stefan Lorkowski, Prof. Ute Nöthlings und Prof. Sascha Rohn, aus der Hauptgeschäftsstelle der DGE Dr. Christina Breidenassel, Julia Haardt, Alessa Klug, Birte Peterson-Sperlich und Dr. Kiran Virmani sowie den Mitarbeiter*innen des Umweltbundesamts Dr. Claudius Grehl und Anne Klatt für ihre wertvollen Anregungen und ihren Beitrag zur Erstellung dieser Publikation.

Korrespondierende Autorin

Dr. Margrit Richter

Referat Wissenschaft DGE
corresponding_author@dge.de

Angaben zu Interessenkonflikten und zum Einsatz von KI

UA ist Leiterin der VeChi-Youth Studie und Co-Leiterin des von der Alpro-Stiftung finanzierten Forschungsprojekts „Substitution von Milchprodukten durch pflanzenbasierte Alternativen“. BW erhielt in 2022 Reisekostenerstattung und ein Vortragshonorar vom Bundesverband der Milchdirektvermarkter und Vorzugsmilcherzeuger. Die übrigen Autor*innen erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht. KI wurde zur Übersetzung bzw. Prüfung von Übersetzungen verwendet.

Literatur

- Mensink GBM, Haftenberger M, Lage Barbosa C, Brettschneider A-K, Lehmann F: EsKiMo II – Die Ernährungsstudie als KiGGS-Modul: Forschungsbericht. https://edoc.rki.de/bitstream/handle/176904/6887.2/EsKiMoII_Projektbericht.pdf?sequence=3&isAllowed=y (last accessed on 24 July 2024).
- Krems C, Walter C, Heuer T, Hoffmann I: Lebensmittelverzehr und Nährstoffzufuhr – Ergebnisse der Nationalen Verzehrsstudie II. In: Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE) (ed.): 12. Ernährungsbericht 2012. Bonn 2012; 40–85.
- Gose M, Krems C, Heuer T, Hoffmann I: Trends in food consumption and nutrient intake in Germany between 2006 and 2012: results of the German National Nutrition Monitoring (NEMONIT). *Br J Nutr* 2016; 115(8): 1498–507.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL): Deutschland, wie es isst. Der BMEL-Ernährungsreport 2023. www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/ernaehrungsreport-2023.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (last accessed on 24 July 2024).
- Schäfer AC, Boeing H, Conrad J, Watzl B, für die DGE Arbeitsgruppe Lebensmittelbezogene Ernährungsempfehlungen: Wissenschaftliche Grundlagen der lebensmittelbezogenen Ernährungsempfehlungen für Deutschland. *Methodik und Ableitungskonzepte. Ernährungs Umschau* 2024; 71(3): M158–66.
- Rodríguez-Martín NM, Córdoba P, Sarriá B, et al.: Characterizing meat- and milk/dairy-like vegetarian foods and their counterparts based on nutrient profiling and food labels. *Foods* 2023; 12(6): 1151.
- Verbraucherzentrale NRW: Hafer, Kokos, Mandel, Reis, Soja: Milchersatzprodukte unter der Lupe. www.verbraucherzentrale.nrw/wissen/lebensmittel/kennzeichnung-und-inhaltsstoffe/hafer-kokos-mandel-reis-soja-milchersatzprodukte-unter-der-lupe-62593 (last accessed on 24 July 2024).
- Katidi A, Xypolitaki K, Vlassopoulos A, Kapsokefalou M: Nutritional quality of plant-based meat and dairy imitation products and comparison with animal-based counterparts. *Nutrients* 2023; 15(2): 401.
- Lichtenstein S, Bergmann K, Brandt A: Pflanzliche Alternativen für Joghurt und andere Milchprodukte, Eigenschaften aus ernährungswissenschaftlicher Perspektive. *Ernährungs Umschau* 2023; 70(12): M762–71. e2–4; Erratum 1/2024: M6.
- Pointke M, Pawelzik E: Plant-based alternative products: are they healthy alternatives? Micro- and macronutrients and nutritional scoring. *Nutrients* 2022; 14(3): 601.
- Vanga SK, Raghavan V: How well do plant based alternatives fare nutritionally compared to cow's milk? *J Food Sci Technol* 2018; 55(1): 10–20.
- Clay N, Sexton AE, Garnett T, Lorimer J: Palatable disruption: the politics of plant milk. *Agric Human Values* 2020; 37(4): 945–62.
- Renner B, Arens-Azevêdo U, Watzl B, Richter M, Virmani K, Linseisen J for the German Nutrition Society (DGE): DGE position statement on a more sustainable diet. *Ernährungs Umschau* 2021; 68(7): 144–54.
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE): Bericht zur Markt- und Versorgungslage mit Milch und Milcherzeugnissen. www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/MilchUndMilcherzeugnisse/JaehrlicheErgebnisse/Deutschland/2023BerichtMilch.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (last accessed on 24 July 2024).
- Europäisches Parlament, Europäischer Rat: Verordnung (EU) Nr. 1308/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Dezember 2013 über eine gemeinsame Marktorganisation für landwirtschaftliche Erzeugnisse und zur Aufhebung der Verordnungen (EWG) Nr. 922/72, (EWG) Nr. 234/79, (EG) Nr. 1037/2001 und (EG) Nr. 1234/2007. *Amtsblatt der Europäischen Union* 2013; L 347: 671–854.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (ed.): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2019. Bonn 2020.
- Gedrich K: Trendanalysen zum Lebensmittelverbrauch auf Basis der Agrarstatistik. Kapitel 1.2. In: Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE) (ed.): 14. DGE-Ernährungsbericht. Bonn 2020; 20–44.



18. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE) (ed.): 12. Ernährungsbericht 2012. Bonn 2012.
19. Latka C, Kuiper M, Frank S, et al.: Paying the price for environmentally sustainable and healthy EU diets. *Global Food Sec* 2021; 28: 100437.
20. Spiegler C, Jansen S, Burgard L, et al.: Unfavorable food consumption in children up to school entry age: results from the nationwide German KiESEL study. *Front Nutr* 2024; 11: 1335934.
21. Nowak N, Diouf F, Golsong N, Höpfner T, Lindtner O: KiESEL – The Children's Nutrition Survey to Record Food Consumption for the youngest in Germany. *BMC Nutr* 2022; 8(1): 64.
22. Nowak N, Höpfner T, Rüdiger T, Lindtner O: Kinder-Ernährungsstudie zur Erfassung des Lebensmittelverzehr (KiESEL): Forschungsbericht Teil 1: Ergebnisse des Fragebogens. www.bfr.bund.de/cm/350/kinder-ernaehrungsstudie-zur-erfassung-des-lebensmittelverzehr-kiesel.pdf (last accessed on 24 July 2024).
23. Pointke M, Albrecht EH, Geburt K, Gerken M, Traulsen I, Pawelzik E: A comparative analysis of plant-based milk alternatives. Part 1: Composition, sensory, and nutritional value. *Sustainability* 2022; 14(13): 7996.
24. Aydar EF, Tutuncu S, Ozcelik B: Plant-based milk substitutes: bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. *J Functional Foods* 2020; 70: 103975.
25. Verordnung (EU) 2018/848 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates. *Amtsblatt der Europäischen Union* 2018: L150/1–L150/92.
26. Sethi S, Tyagi SK, Anurag RK: Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. *J Food Sci Technol* 2016; 53(9): 3408–23.
27. Silva ARA, Silva MMN, Ribeiro BD: Health issues and technological aspects of plant-based alternative milk. *Food Res Int* 2020; 131: 108972.
28. Zhang YY, Hughes J, Grafenauer S: Got mylk? The emerging role of Australian plant-based milk alternatives as a cow's milk substitute. *Nutrients* 2020; 12(5): 1254.
29. McClements DJ, Grossmann L: A brief review of the science behind the design of healthy and sustainable plant-based foods. *NPJ Sci Food* 2021; 5(1): 17.
30. Max Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel (MRI): Ernährungsphysiologische Bewertung von Milch und Milchprodukten und ihren Inhaltsstoffen. Bericht für das Kompetenzzentrum für Ernährung, Bayern. www.mri.bund.de/fileadmin/MRI/News/Dateien/Ern%C3%A4hrungsphysiolog-Bewertung-Milch-Milchprodukte.pdf (last accessed on 24 July 2024).
31. Lehmann F, Haftenberger M, Mensink GBM: Nährstoffversorgung und Rahmenbedingungen des Ernährungsverhaltens bei Kindern und Jugendlichen: Ergebnis aus der Ernährungsstudie EsKiMo II. Kapitel 1.5. In: Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE) (ed.): 14. DGE-Ernährungsbericht. Bonn 2020, 114–41.
32. Clegg ME, Tarrado Ribes A, Reynolds R, Kliem K, Stergiadis S: A comparative assessment of the nutritional composition of dairy and plant-based dairy alternatives available for sale in the UK and the implications for consumers' dietary intakes. *Food Res Int* 2021; 148: 110586.
33. Medici E, Craig WJ, Rowland I: A comprehensive analysis of the nutritional composition of plant-based drinks and yogurt alternatives in Europe. *Nutrients* 2023; 15(15): 3415.
34. Silva BQ, Smetana S: Review on milk substitutes from an environmental and nutritional point of view. *Appl Food Res* 2022; 2(1): 100105.
35. Merritt RJ, Fleet SE, Fifi A, et al.: North American Society for Pediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition Position Paper: Plant-based milks. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2020; 71(2): 276–81.
36. Jeske S, Zannini E, Arendt EK: Evaluation of physicochemical and glycaemic properties of commercial plant-based milk substitutes. *Plant Foods Hum Nutr* 2017; 72(1): 26–33.
37. Walther B, Guggisberg D, Badertscher R, et al.: Comparison of nutritional composition between plant-based drinks and cow's milk. *Front Nutr* 2022; 9: 988707.
38. Sousa A, Bolanz KAK: Nutritional implications of an increasing consumption of non-dairy plant-based beverages instead of cow's milk in Switzerland. *J Adv Dairy Res* 2017; 5(4): 1000197.
39. Berardy AJ, Rubín-García M, Sabaté J: A scoping review of the environmental impacts and nutrient composition of plant-based milks. *Adv Nutr* 2022; 13(6): 2559–72.
40. American Chemical Society: Completing the micronutrient picture for plant-based milk alternatives. www.acs.org/content/acs/en/pressroom/newsreleases/2022/august/completing-the-micronutrient-picture-for-plant-based-milk-alternatives.html (last accessed on 24 July 2024).
41. Scholz-Ahrens KE, Ahrens F, Barth CA: Nutritional and health attributes of milk and milk imitations. *Eur J Nutr* 2019; 59(1): 19–34.
42. Burton-Pimentel KJ, Walther B: Pflanzendrinks – eine Alternative zu Milch? *Agrarforschung Schweiz* 2023; 14: 214–28.
43. Redan BW, Zuklic J, Hryshko J, et al.: Analysis of eight types of plant-based milk alternatives from the United States market for target minerals and trace elements. *J Food Compos Anal* 2023; 122: 105457.
44. Max Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel (MRI): Initiale Charakterisierung ausgewählter Pflanzendrinks hinsichtlich ihrer Qualität und mikrobiologischer sowie chemischer Sicherheit 2023. www.mri.bund.de/fileadmin/MRI/Institute/OG/MRI-Pflanzendrinks.pdf (last accessed on 24 July 2024).
45. Silva JGS, Rebellato AP, Caramês ETDS, Greiner R, Pallone JAL: In vitro digestion effect on mineral bioaccessibility and antioxidant bioactive compounds of plant-based beverages. *Food Res Int* 2020; 130: 108993.
46. Deutsche Gesellschaft für Ernährung (Hrsg.): DGExpert, Version 2.0. (BLS 3.02). Bonn 2021.
47. Zhao Y, Martin BR, Weaver CM: Calcium bioavailability of calcium carbonate fortified soymilk is equivalent to cow's milk in young women. *J Nutr* 2005; 135(10): 2379–82.
48. Muleya M, F Bailey E, H Bailey E: A comparison of the bioaccessible calcium supplies of various plant-based products relative to bovine milk. *Food Res Int* 2024; 175: 113795.
49. Silva JGS, Rebellato AP, Abreu JS de, Greiner R, Pallone JAL: Impact of the fortification of a rice beverage with different calcium and iron sources on calcium and iron bioaccessibility. *Food Res Int* 2022; 161: 111830.
50. Heaney RP, Rafferty K: The settling problem in calcium-fortified soybean drinks. *J Am Diet Assoc* 2006; 106(11): 1753; author reply 1755.



51. Pehrsson PR, Patterson KY, Spungen JH, et al.: Iodine in food- and dietary supplement-composition databases. *Am J Clin Nutr* 2016; 104, Suppl 3: 868S–76S.
52. van der Reijden OL, Galetti V, Hulmann M, et al.: The main determinants of iodine in cows' milk in Switzerland are farm type, season and teat dipping. *Br J Nutr* 2018; 119(5): 559–69.
53. Schöne F, Spörl K, Leiterer M: Iodine in the feed of cows and in the milk with a view to the consumer's iodine supply. *J Trace Elem Med Biol* 2017; 39: 202–9.
54. Tattersall JK, Peiris MS, Arai M, et al.: Variation in milk-iodine concentration around the world: a systematic review and meta-analysis of the difference between season and dairy-production system. *Food Chem* 2024; 459: 140388.
55. Europäische Kommission: Verordnung (EG) Nr. 1459/2005 der Kommission vom 8. September 2005 zur Änderung der Bedingungen für die Zulassung einer Reihe von zur Gruppe der Spurenelemente zählenden Futtermittelzusatzstoffen. *Amtsblatt der Europäischen Union* 2005(L 233): 8–10.
56. Köhler M, Fechner A, Leiterer M, et al.: Iodine content in milk from German cows and in human milk: new monitoring study. *TE* 2012; 29(2): 119–26.
57. Johner SA, Nida K von, Jahreis G, Remer T: Aktuelle Untersuchungen zeitlicher Trends und saisonaler Effekte des Jodgehaltes in Kuhmilch – Untersuchungen aus Nordrhein Westfalen. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr* 2012; 125(1–2): 76–82.
58. Walther B, Wechsler D, Schlegel P, Haldimann M: Iodine in Swiss milk depending on production (conventional versus organic) and on processing (raw versus UHT) and the contribution of milk to the human iodine supply. *J Trace Elem Med Biol* 2018; 46: 138–43.
59. Bath SC, Hill S, Infante HG, Elghul S, Nezianya CJ, Rayman MP: Iodine concentration of milk-alternative drinks available in the UK in comparison with cows' milk. *Br J Nutr* 2017; 118(7): 525–32.
60. Alzahrani A, Ebel R, Norton G, Raab A, Feldmann J: Iodine in plant-based dairy products is not sufficient in the UK: a market survey. *J Trace Elem Med Biol* 2023; 79: 127218.
61. Khalil ZA, Herter-Aeberli I: Contribution of plant-based dairy and fish alternatives to iodine nutrition in the Swiss diet: a Swiss Market Survey. *Eur J Nutr* 2024.
62. Nicol K, Thomas E-L, Nugent AP, Woodside JV, Hart KH, Bath SC: Iodine fortification of plant-based dairy and fish alternatives: the effect of substitution on iodine intake based on a market survey in the UK. *Br J Nutr* 2023; 129(5): 832–42.
63. Alexy U, Fischer M, Weder S, Längler A, Michalsen A, Keller M: Vegetarische und vegane Ernährung bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland – VeChi-Youth-Studie. Kapitel 4. In: *Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE) (ed.): 14. DGE-Ernährungsbericht. Bonn 2020, 289–354.*
64. Weder S, Keller M, Fischer M, Becker K, Alexy U: Intake of micronutrients and fatty acids of vegetarian, vegan, and omnivorous children (1–3 years) in Germany (VeChi Diet Study). *Eur J Nutr* 2022; 61(3): 1507–20.
65. Dawczynski C, Weidauer T, Richert C, Schlattmann P, Dawczynski K, Kiehnopf M: Nutrient intake and nutrition status in vegetarians and vegans in comparison to omnivores – the Nutritional Evaluation (NuEva) Study. *Front Nutr* 2022; 9: 819106.
66. Weikert C, Trefflich I, Menzel J, et al.: Vitamin and mineral status in a vegan diet. *Dtsch Arztebl Int* 2020; 117: 575–82.
67. Menzel J, Abraham K, Stangl GI, et al.: Vegan diet and bone health – results from the cross-sectional RBVD study. *Nutrients* 2021; 13(2): 685.
68. WHO (World Health Organization): Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/43781/9789241595827_eng.pdf?sequence=1 (last accessed on 24 July 2024).
69. Klug A, Barbaresko J, Ute Alexy, et al.: Update of the DGE position on vegan diet – Position statement of the German Nutrition Society (DGE). *Ernahrungs Umschau* 2024; 71(7): 60–84 + eSupplement.
70. Schüpbach R, Wegmüller R, Berguerand C, Bui M, Hertler-Aeberli I: Micronutrient status and intake in omnivores, vegetarians and vegans in Switzerland. *Eur J Nutr* 2017; 56(1): 283–93.
71. Grouffh-Jacobsen S, Hess SY, Aakre I, Folven Gjengedal EL, Blandhoel Pettersen K, Henjum S: Vegans, vegetarians and pescatarians are at risk of iodine deficiency in Norway. *Nutrients* 2020; 12(11): 3555.
72. Whitbread JS, Murphy KJ, Clifton PM, Keogh JB: Iodine excretion and intake in women of reproductive age in South Australia eating plant-based and omnivore diets: a pilot study. *Int J Environ Res Public Health* 2021; 18(7): 3547.
73. Eveleigh E, Coneyworth L, Zhou M, et al.: Vegans and vegetarians living in Nottingham (UK) continue to be at risk of iodine deficiency. *Br J Nutr* 2022: 1–46.
74. Elorinne A-L, Alfthan G, Erlund I, et al.: Food and nutrient intake and nutritional status of Finnish vegans and non-vegetarians. *PLoS One* 2016; 11(2): e0148235.
75. García-Morant A, Cortés-Castell E, Palazón-Bru A, Martínez-Amorós N, Gil-Guillén VF, Rizo-Baeza M: Macronutrients and micronutrients in Spanish adult vegans (Mediterranean population). *Nutr Hosp* 2020; 37(3): 1–10.
76. Dineva M, Rayman MP, Bath SC: Iodine status of consumers of milk-alternative drinks v. cows' milk: data from the UK National Diet and Nutrition Survey. *Br J Nutr* 2021; 126(1): 28–36.
77. Hey I, Thamm M: Monitoring der Jod- und Natriumversorgung bei Kindern und Jugendlichen im Rahmen der Studie des Robert Koch-Instituts zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland (KiGGS Welle 2). Förderkennzeichen: 2814HS003 2019.
78. Mensink GBM, Klenow S, Schlaud M: Versorgungssituation der deutschen Bevölkerung mit ausgewählten Nährstoffen anhand der Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS). Kalium. In: *Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE) (ed.): 13. DGE-Ernährungsbericht. Bonn 2016.*
79. Koletzko B, Cremer M, Flothkötter M, et al.: Ernährung und Lebensstil vor und während der Schwangerschaft – Handlungsempfehlungen des bundesweiten Netzwerks Gesund ins Leben. *Geburtshilfe Frauenheilkd* 2018; 78(12): 1262–82.
80. Koletzko B, Bauer C-P, Cierpka M, et al.: Ernährung und Bewegung von Säuglingen und stillenden Frauen. *Monatsschr Kinderheilkd* 2016; 164(9): 771–98.
81. Cifelli CJ, Agarwal S, Fulgoni III VL: Association between intake of total dairy and individual dairy foods and markers of folate, vitamin B6 and vitamin B12 status in the U.S. population. *Nutrients* 2022; 14(12): 2441.
82. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE), Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährung (eds.): *Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. 2nd ed. Bonn 2020.*
83. Tome D: Criteria and markers for protein quality assessment – a review. *Br J Nutr* 2012; 108, Suppl 2: S222–9.



84. Boye J, Wijesinha-Bettoni R, Burlingame B: Protein quality evaluation twenty years after the introduction of the protein digestibility corrected amino acid score method. *Br J Nutr* 2012; 108, Suppl 2: S183–211.
85. The Diabetes and Nutrition Study Group (DNSG) of the European Association for the Study of Diabetes (EASD): Evidence-based European recommendations for the dietary management of diabetes. *Diabetologia* 2023; 66(6): 965–85.
86. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE): Kohlenhydratzufuhr und Prävention ausgewählter ernährungsmitbedingter Krankheiten – Evidenzbasierte Leitlinie. www.dge.de/wissenschaft/leitlinien/leitlinie-kohlenhydrate/ (last accessed on 24 July 2024).
87. Loza C, Davis H, Malisch C, et al.: Milk fatty acids: the impact of grazing diverse pasture and the potential to predict rumen-derived methane. *Agriculture* 2023; 13(1): 181.
88. Kusche D, Kuhnt K, Ruebesam K, et al.: Fatty acid profiles and antioxidants of organic and conventional milk from low- and high-input systems during outdoor period. *J Sci Food Agric* 2015; 95(3): 529–39.
89. Średnicka-Tober D, Barański M, Seal CJ, et al.: Higher PUFA and n-3 PUFA, conjugated linoleic acid, α -tocopherol and iron, but lower iodine and selenium concentrations in organic milk: a systematic literature review and meta- and redundancy analyses. *Br J Nutr* 2016; 115(6): 1043–60.
90. Almeida CC, Mendonça Pereira BF, Leandro KC, Costa MP, Spisso BF, Conte-Junior CA: Bioactive compounds in infant formula and their effects on infant nutrition and health: a systematic literature review. *Int J Food Sci* 2021; 2021: 8850080.
91. Venkat M, Chia LW, Lambers TT: Milk polar lipids composition and functionality: a systematic review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2024; 64(1): 31–75.
92. Stergiadis S, Nørskov NP, Purup S, Givens I, Lee MRF: Comparative nutrient profiling of retail goat and cow milk. *Nutrients* 2019; 11(10): 2282.
93. Meharg AA, Deacon C, Campbell RCJ, et al.: Inorganic arsenic levels in rice milk exceed EU and US drinking water standards. *J Environ Monit* 2008; 10(4): 428–31.
94. Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR): Mykotoxine in Pflanzendrinks: mehr Daten erforderlich Relevanz der Ergebnisse einer Studie des Max Rubner-Institutes für die Risikobewertung. www.bfr.bund.de/cm/343/mykotoxine-in-pflanzendrinks-mehr-daten-erforderlich.pdf (last accessed on 24 July 2024).
95. Becker-Algeri TA, Castagnaro D, Bortoli K de, Souza C de, Drunkler DA, Badiale-Furlong E: Mycotoxins in bovine milk and dairy products: a review. *J Food Sci* 2016; 81(3): R544–52.
96. Mollakhalili-Meybodi N, Nematollahi A: The occurrence of aflatoxin M1 in milk samples of Iran: a systematic review and meta-analysis. *Environ Monit Assess* 2023; 195(6): 786.
97. Walte H-G, Knapstein K, Maul R, Steinberg P: Re-evaluation of aflatoxin M1 transfer into milk of high-yielding cows considering ration composition. *J Anim Feed Sci* 2022; 31(4): 343–51.
98. Europäische Kommission, Europäischer Rat: Verordnung (EU) Nr. 1169/2011 des Europäischen Parlaments und 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. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02011R1169-20180101&from=IT> (last accessed on 24 July 2024).
99. Pfeuffer M, Watzl B: Nutrition and health aspects of milk and dairy products and their ingredients. *Ernahrungs Umschau* 2018; 65(2): 22–33.e14–7.
100. Boeing H, Schwingshackl L: Evidenzbasierte Analyse zum Einfluss der Ernährung in der Prävention von Krebskrankheiten, Diabetes mellitus Typ 2 und kardiovaskulären Krankheiten. In: Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE) (ed.): 13. DGE-Ernährungsbericht. Bonn 2016, 265–313.
101. Kirsten Holven, Emily Sonestedt: Milk and dairy products – a scoping review for Nordic Nutrition Recommendations 2023. *Food Nutr Res* 2024; 68: 10486.
102. Chen Z, Ahmed M, Ha V, et al.: Dairy product consumption and cardiovascular health: a systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *Adv Nutr* 2022; 13(2): 439–54.
103. Heidari Z, Rashidi Pour Fard N, Clark CCT, Haghghatdoost F: Dairy products consumption and the risk of hypertension in adults: an updated systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2021; 31(7): 1962–75.
104. Kiesswetter E, Stadelmaier J, Petropoulou M, et al.: Effects of dairy intake on markers of cardiometabolic health in adults: a systematic review with network meta-analysis. *Adv Nutr* 2023; 14(3): 438–50.
105. Giosuè A, Calabrese I, Vitale M, Riccardi G, Vaccaro O: Consumption of dairy foods and cardiovascular disease: a systematic review. *Nutrients* 2022; 14(4): 831.
106. Feng Y, Zhao Y, Liu J, et al.: Consumption of dairy products and the risk of overweight or obesity, hypertension, and type 2 diabetes mellitus: a dose-response meta-analysis and systematic review of cohort studies. *Adv Nutr* 2022; 13(6): 2165–79.
107. Babio N, Becerra-Tomás N, Nishi SK, et al.: Total dairy consumption in relation to overweight and obesity in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Obes Rev* 2022; 23, Suppl 1: e13400.
108. Imamura F, Fretts A, Marklund M, et al.: Fatty acid biomarkers of dairy fat consumption and incidence of type 2 diabetes: a pooled analysis of prospective cohort studies. *PLoS Med* 2018; 15(10): e1002670.
109. Savaiano DA, Hutkins RW: Yogurt, cultured fermented milk, and health: a systematic review. *Nutr Rev* 2021; 79(5): 599–614.
110. Soedamah-Muthu SS, de Goede J: Dairy consumption and cardiometabolic diseases: systematic review and updated meta-analyses of prospective cohort studies. *Curr Nutr Rep* 2018; 7(4): 171–82.
111. Naous E, Achkar A, Mitri J: Intermittent fasting and its effects on weight, glycemia, lipids, and blood pressure: a narrative review. *Nutrients* 2023; 15(16): 3661.
112. Boeing H, Amini AM, Haardt J, et al.: Dietary protein and blood pressure: an umbrella review of systematic reviews and evaluation of the evidence. *Eur J Nutr* 2024; 63(4): 1041–58.
113. Wallace TC, Bailey RL, Lappe J, et al.: Dairy intake and bone health across the lifespan: a systematic review and expert narrative. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2021; 61(21): 3661–707.



114. Shi Y, Zhan Y, Chen Y, Jiang Y: Effects of dairy products on bone mineral density in healthy postmenopausal women: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Arch Osteoporos* 2020; 15(1): 48.
115. Matía-Martín P, Torrego-Ellacuría M, Larrad-Sainz A, Fernández-Pérez C, Cuesta-Triana F, Rubio-Herrera MÁ: Effects of milk and dairy products on the prevention of osteoporosis and osteoporotic fractures in Europeans and Non-Hispanic Whites from North America: a systematic review and updated meta-analysis. *Adv Nutr* 2019; 10, Suppl 2: S120–43.
116. Hidayat K, Du X, Shi B-M, Qin L-Q: Systematic review and meta-analysis of the association between dairy consumption and the risk of hip fracture: critical interpretation of the currently available evidence. *Osteoporos Int* 2020; 31(8): 1411–25.
117. Yuzbashian E, Fernando DN, Pakseresh M, Eurich DT, Chan CB: Dairy product consumption and risk of non-alcoholic fatty liver disease: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2023; 33(8): 1461–71.
118. Dai W, Liu H, Zhang T, et al.: Dairy product consumption was associated with a lower likelihood of non-alcoholic fatty liver disease: a systematic review and meta-analysis. *Front Nutr* 2023; 10: 1119118.
119. Bermejo LM, López-Plaza B, Santurino C, Cavero-Redondo I, Gómez-Candela C: Milk and dairy product consumption and bladder cancer risk: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Adv Nutr* 2019; 10, Suppl 2: S224–38.
120. Jeyaraman MM, Abou-Setta AM, Grant L, et al.: Dairy product consumption and development of cancer: an overview of reviews. *BMJ Open* 2019; 9(1): e023625.
121. Papadimitriou N, Markozannes G, Kannelopoulou A, et al.: An umbrella review of the evidence associating diet and cancer risk at 11 anatomical sites. *Nat Commun* 2021; 12(1): 4579.
122. Papadimitriou N, Bouras E, van den Brandt PA, et al.: A prospective diet-wide association study for risk of colorectal cancer in EPIC. *Clin Gastroenterol Hepatol* 2022; 20(4): 864–73.e13.
123. Zhao Q, He Y, Wang K, et al.: Dairy consumption and liver cancer risk: a systematic review and dose-response meta-analysis of observational studies. *Nutr Cancer* 2021; 73(11–12): 1–17.
124. Liao M-Q, Gao X-P, Yu X-X, et al.: Effects of dairy products, calcium and vitamin D on ovarian cancer risk: a meta-analysis of twenty-nine epidemiological studies. *Br J Nutr* 2020; 124(10): 1001–12.
125. WCRF (World Cancer Research Fund), AICR (American Institute for Cancer Research) (eds.): Continuous Update Project Expert Report. Diet, nutrition, physical activity and prostate cancer 2018.
126. Sargsyan A, Dubasi HB: Milk consumption and prostate cancer: a systematic review. *World J Mens Health* 2021; 39(3): 419–28.
127. Kühn T, Kalotai N, Amini AM, et al.: Protein intake and cancer: an umbrella review of systematic reviews for the evidence-based guideline of the German Nutrition Society. *Eur J Nutr* 2024.
128. Alzahrani MA, Shakil Ahmad M, Alkhamees M, et al.: Dietary protein intake and prostate cancer risk in adults: a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *Complement Ther Med* 2022; 70: 102851.
129. Aune D, Navarro Rosenblatt, D. A., Chan DS, et al.: Dairy products, calcium, and prostate cancer risk: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Am J Clin Nutr* 2015; 101(1): 87–117.
130. Biscotti P, Del Bo' C, Carvalho C, et al.: Can the substitution of milk with plant-based drinks affect health-related markers? A systematic review of human intervention studies in adults. *Nutrients* 2023; 15(11): 2603.
131. Monteiro CA, Cannon G, Lawrence M, Costa Louzada ML, Pereira Machado P: Ultra-processed foods, diet quality, and health using the NOVA classification system. www.fao.org/3/ca5644en/ca5644en.pdf (last accessed on 24 July 2024).
132. Drewnowski A: Perspective: identifying ultra-processed plant-based milk alternatives in the USDA Branded Food Products Database. *Adv Nutr* 2021; 12(6): 2068–75.
133. Messina M, Sievenpiper JL, Williamson P, Kiel J, Erdman JW: 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* 2022; 13(3): 726–38.
134. 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 e. V. (DGE) (ed.): 15. DGE-Ernährungsbericht. Vorveröffentlichung Kapitel 8. Bonn 2023; V1–37. www.dge.de/fileadmin/dok/wissenschaft/ernaehrungsberichte/15eb/15-DGE-EB-Vorveroeffentlichung-Kapitel8.pdf (last accessed on 24 July 2024).
135. Bröder J, Tauer J, Liaskos M, Hieronimus, B. für die Arbeitsgruppe „(Stark) verarbeitete Lebensmittel“ der DGE: Verzehr stark verarbeiteter Lebensmittel und ernährungsmitbedingter Erkrankungen: Eine systematische Übersichtsarbeit. In: Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE) (ed.): 15. DGE-Ernährungsbericht. Vorveröffentlichung Kapitel 9. Bonn 2023; V2–40. www.dge.de/fileadmin/dok/wissenschaft/ernaehrungsberichte/15eb/15-DGE-EB-Vorveroeffentlichung-Kapitel9.pdf (last accessed on 24 July 2024).
136. Willett W, Rockström J, Loken B, et al.: Food in the anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet* 2019; 393(10170): 447–92.
137. Clark M, Springmann M, Rayner M, et al.: Estimating the environmental impacts of 57,000 food products. *Proc Natl Acad Sci USA* 2022; 119(33): e2120584119.
138. Rockström J, Steffen W, Noone K, et al.: Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecol Soc* 2009; 14(2): 32.
139. Frehner A: Balancing animal-source food intake between nutritional requirements and sustainability impacts. <https://orgprints.org/id/eprint/42934/1/Frehner-2021-PhDthesis.pdf> (last accessed on 24 July 2024).
140. Halpern BS, Frazier M, Verstaen J, et al.: The environmental footprint of global food production. *Nat Sustain* 2022; 5: 1027–39.
141. Springmann M, Clark M, Mason-D'Croz D, et al.: Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature* 2018; 562(7728): 519–25.
142. Crippa M, Solazzo E, Guizzardi D, Monforti-Ferrario F, Tubiello FN, Leip A: Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nat Food* 2021; 2(3): 198–209.
143. Grant CA, Hicks AL: Comparative life cycle assessment of milk and plant-based alternatives. *Environ Engin Sci* 2018; 35(11): 1235–47.



144. Reinhardt G, Gärtner S, Wagner T: Ökologische Fußabdrücke von Lebensmitteln und Gerichten in Deutschland. www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/6232/dokumente/ifeu_2020_oekologische-fuss-abdruecke-von-lebensmitteln.pdf (last accessed on 24 July 2024).
145. Mertens E, Kaptijn G, Kuijsten A, van Zanten H, Geleijnse JM, van 't Veer P: SHARP-Indicators Database towards a public database for environmental sustainability. *Data Brief* 2019; 27: 104617.
146. Mertens E, Kuijsten A, van Zanten HH, et al.: Dietary choices and environmental impact in four European countries. *J Clean Prod* 2019; 237: 117827.
147. Geburt K, Albrecht EH, Pointke M, Pawelzik E, Gerken M, Traulsen I: A comparative analysis of plant-based milk alternatives. Part 2: environmental impacts. *Sustainability* 2022; 14(14): 8424.
148. Antony F, Teufel J, Liu R, et al.: Sichtbarmachung versteckter Umweltkosten der Landwirtschaft am Beispiel von Milchproduktionssystemen. Abschlussbericht. www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-06-13_texte_129-2021_sichtbarmachung_umweltkosten.pdf (last accessed on 24 July 2024).
149. Zehetmeier M, Baudracco J, Hoffmann H, Heißenhuber A: Does increasing milk yield per cow reduce greenhouse gas emissions? A system approach. *Animal* 2012; 6(1): 154–66.
150. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), GDP (Global Dairy Platform Inc.): Climate change and the global dairy cattle sector – the role of the dairy sector in a low-carbon future. Rome 2019.
151. Smedman A, Lindmark-Mansson H, Drewnowski A, Edman A-KM: Nutrient density of beverages in relation to climate impact. *Food Nutr Res* 2010; 54: 5170.
152. Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz (WBAE) beim BMEL: Politik für eine nachhaltigere Ernährung. Eine integrierte Ernährungspolitik entwickeln und faire Ernährungsumgebungen gestalten. Gutachten. www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ministerium/Beiraete/agrarpolitik/wbae-gutachten-nachhaltige-ernaehrung.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (last accessed on 24 July 2024).
153. Umsatzsteuergesetz (UStG): Umsatzsteuergesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. Februar 2005 (BGBl. I S. 386), das zuletzt durch Artikel 12 des Gesetzes vom 24. Oktober 2022 (BGBl. I S. 1838) geändert worden ist. www.gesetze-im-internet.de/ustg_1980/BJNR119530979.html (last accessed on 24 July 2024).
154. Pointke M, Ohlau M, Risius A, Pawelzik E: Plant-based only: investigating consumers' sensory perception, motivation, and knowledge of different plant-based alternative products on the market. *Foods* 2022; 11(15): 2339.
155. Bundeszentrum für Ernährung (BZfE): Milch: Erzeugung. www.bzfe.de/lebensmittel/vom-acker-bis-zum-teller/milch/milch-erzeugung/ (last accessed on 24 July 2024).
156. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL): Empfehlungen des Kompetenznetzwerks Nutztierhaltung. www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Tiere/Nutztiere/200211-empfehlung-kompetenznetzwerk-nutztierhaltung.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (last accessed on 24 July 2024).
157. Bundesgesetzblatt Teil I Nr. 220: Gesetz zur Kennzeichnung von Lebensmitteln mit der Haltungsform der Tiere, von denen die Lebensmittel gewonnen wurden (Tierhaltungskennzeichnungsgesetz – TierHaltKennZG). Vom 17. August 2023. www.recht.bund.de/bgbl/1/2023/220/VO.html (last accessed on 24 July 2024).
158. Bechthold A: Mehr Tierwohl als Teil einer nachhaltigeren Ernährung. *DGEWissen* 2022; 7: 108–11.
159. Cámara M, Giner RM, González-Fandos E, et al.: Food-based dietary guidelines around the world: a comparative analysis to update AESAN scientific committee dietary recommendations. *Nutrients* 2021; 13(9): 3131.
160. Herforth A, Arimond M, Álvarez-Sánchez C, Coates J, Christianson K, Muehlhoff E: A global review of food-based dietary guidelines. *Adv Nutr* 2019; 10(4): 590–605.
161. Klapp A-L, Feil N, Risius A: A global analysis of national dietary guidelines on plant-based diets and substitutions for animal-based foods. *Curr Dev Nutr* 2022; 6(11): nzac144.
162. Ernst JB, Arens-Azevêdo U, Bitzer B, et al.: Quantitative Empfehlung zur Zuckerverzehrung in Deutschland. Kurzfassung des Konsensuspapiers der Deutschen Adipositas-Gesellschaft e. V. (DAG), der Deutschen Diabetes Gesellschaft e. V. (DDG) und der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE). *Ernährungs Umschau* 2019; 66(2): 26–34.
163. Abou-Dakn M, Alexy U, Beyer K, et al.: Ernährung und Bewegung im Kleinkindalter. *Monatsschr Kinderheilkd* 2022; 171, Suppl 1: S7–27.
164. Bühner C, Ensenauer R, Jochum F, et al.: Verwendung pflanzenbasierter Milchalternativen bei Kindern. *Monatsschr Kinderheilkd* 2024.