



Neubewertung der DGE-Position zu veganer Ernährung

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

Alessa Klug*, Janett Barbaresco*, Ute Alexy, Tilman Kühn, Anja Kroke, Hermann Lotze-Campen, Ute Nöthlings, Margrit Richter, Christian Schader, Sabrina Schlesinger, Kiran Virmani, Johanna Conrad, Bernhard Watzl für die Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V.

Abstract

In diesem Positionspapier zur Neubewertung der DGE-Position zu veganer Ernährung werden neben neuen Daten zur Gesundheit auch die weiteren Zieldimensionen einer nachhaltigeren Ernährung (Umwelt, Tierwohl und Soziales) betrachtet. Zur Identifizierung relevanter Publikationen wurden ein Umbrella Review und ein ergänzendes systematisches Review durchgeführt sowie weitere Publikationen berücksichtigt. Die Betrachtung der Zieldimensionen Tierwohl und Soziales zeigt, dass die bisherigen Ansätze zur Bewertung der Auswirkung von Ernährungsweisen in diesem Zusammenhang noch nicht ausreichend etabliert sind und nicht umfassend angewendet werden. Daher werden nur die Zieldimensionen Gesundheit und Umwelt in die Position einbezogen. Gegenüber anderen Ernährungsweisen wurden bei einer veganen Ernährung potenzielle Vor- und Nachteile für die Gesundheit identifiziert.

Für die gesunde erwachsene Allgemeinbevölkerung kann neben anderen Ernährungsweisen auch eine vegane Ernährung, unter der Voraussetzung der Einnahme eines Vitamin-B₁₂-Präparats, einer ausgewogenen, gut geplanten Lebensmittelauswahl sowie einer bedarfsdeckenden Zufuhr der potenziell kritischen Nährstoffe (ggf. auch durch weitere Nährstoffpräparate), eine gesundheitsfördernde Ernährung darstellen.

Für die vulnerablen Gruppen Kinder, Jugendliche, Schwangere, Stillende und Senior*innen kann die DGE aufgrund der weiterhin eingeschränkten Datenlage weder eine eindeutige Empfehlung für noch gegen eine vegane Ernährung aussprechen. Aufgrund des Risikos für potenzielle, teilweise irreversible Konsequenzen bei inadäquater Durchführung müssen für eine vegane Ernährung in vulnerablen Gruppen besonders fundierte Ernährungskompetenzen vorliegen. Eine Ernährungsberatung durch qualifizierte Fachkräfte ist daher für diese Gruppen dringend angeraten.

Eine vegane Ernährung ist als äußerst umweltfreundlich anzusehen, sie stellt eine empfehlenswerte Maßnahme zur Verringerung der Umweltbelastungen des Ernährungssystems dar. Unter Berücksichtigung sowohl gesundheits- als auch umweltrelevanter Aspekte ist eine Ernährungsweise mit einer deutlichen Reduktion tierischer Lebensmittel zu empfehlen.

Zitierweise

Klug A, Barbaresco J, Alexy U, Kühn T, Kroke A, Lotze-Campen H, Nöthlings U, Richter M, Schader C, Schlesinger S, Virmani K, Conrad J, Watzl B on behalf of the German Nutrition Society (DGE): Update of the DGE position on vegan diet – Position statement of the German Nutrition Society (DGE). Ernährungs Umschau 2024; 71(7): 60–84. + eSupplement

Open access

This article is available online:
DOI 10.4455/eu.2024.22



Peer-Review-Verfahren

Manuskript eingereicht: 23.4.2024. 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.

Alessa Klug, M. Sc.¹, Dr. Margrit Richter¹, Dr. Kiran Virmani¹
Dr. Johanna Conrad¹, Prof. Dr. Bernhard Watzl¹
Dr. Janett Barbaresco²
PD. Dr. Ute Alexy, Prof. Dr. Ute Nöthlings³
Prof. Dr. Tilman Kühn⁴
Prof. Dr. Anja Kroke⁵
Prof. Dr. Hermann Lotze-Campen⁶
Dr. Christian Schader⁷
PD Dr. Sabrina Schlesinger^{2, 8}

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

² Institut für Biometrie und Epidemiologie, Deutsches Diabetes-Zentrum (DDZ), Leibniz-Zentrum für Diabetes-Forschung an der Heinrich-Heine-Universität, Düsseldorf

³ Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften (IEL), Ernährungs-epidemiologie, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn

⁴ Department für Ernährungswissenschaften, Universität Wien, Österreich; Zentrum für Public Health, Medizinische Universität Wien, Österreich;

⁵ Institute for Global Food Security, Queen's University Belfast, UK

⁶ Fachbereich Oecotrophologie, Hochschule Fulda, Fulda

⁷ Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), Forschungsabteilung Klimaresilienz, Potsdam; Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin

⁸ Departement für Agrar- und Ernährungssysteme, Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Frick, Schweiz

⁸ Deutsches Zentrum für Diabetesforschung, München-Neuherberg, Partner Düsseldorf

Korrespondierende Autorin

Alessa Klug, M. Sc.
Referat Wissenschaft DGE
corresponding_author@dge.de

* geteilte Erstautorinnenschaft



Einleitung

Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE) empfiehlt grundsätzlich eine Ernährung, die zu einem großen Anteil aus Lebensmitteln pflanzlicher Herkunft besteht und durch Lebensmittel tierischer Herkunft ergänzt wird. Wichtig ist, dass die Lebensmittelauswahl eine bedarfsdeckende Nährstoffzufuhr gewährleistet. Pflanzenbetonte Ernährungsweisen belasten die Umwelt und das Klima weniger als die übliche Ernährungsweise in Deutschland und fördern die Gesundheit [1].

Die Positionen der DGE zu veganer Ernährung aus den Jahren 2016 [2] und 2020 [3] wurden mit Fokus auf die Nährstoffversorgung formuliert. Im DGE-Positionspapier aus 2016 kam die DGE zu der Einschätzung, dass bei einer veganen Ernährung eine ausreichende Versorgung ohne Supplementation (potenziell) kritischer Nährstoffe nicht oder nur schwer möglich ist. Für Erwachsene, die sich vegan ernähren möchten, hat die DGE in diesem Rahmen Handlungsempfehlungen für die Umsetzung einer bedarfsgerechten veganen Ernährung abgeleitet. Die DGE hat in ihrem Positionspapier aus 2016 darauf hingewiesen, dass das Risiko für Nährstoffdefizite und somit Gesundheitsstörungen erhöht ist und damit eine vegane Ernährung für Schwangere, Stillende sowie Kinder- und Jugendliche nicht empfohlen wird. In der Ergänzung der Position für die Bevölkerungsgruppen mit besonderem Anspruch an die Nährstoffversorgung aus 2020 [3], also für Kinder vom Säuglingsalter über die gesamte Wachstumsphase bis hin zu Jugendlichen, Schwangeren und Stillenden, welche auch

als vulnerable Bevölkerungsgruppen bezeichnet werden können, blieb die Position der DGE zu veganer Ernährung für diese Gruppen aufgrund der weiterhin unzureichenden Datenlage bestehen. Zudem wurde aufgeführt, dass Fachkräfte auf die Risiken einer veganen Ernährung hinweisen, Handlungsoptionen aufzeigen und gleichzeitig eine bestmögliche Unterstützung bei der Umsetzung einer bedarfsgerechten veganen Ernährungsweise bieten sollen [3]. In ihrem Positionspapier zur nachhaltigeren Ernährung aus dem Jahr 2021 [4] erklärte die DGE, dass sie entsprechend den Zielen einer nachhaltigeren Ernährung gemäß des Gutachtens des Wissenschaftlichen Beirats für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (WBAE) [5] neben der Dimension Gesundheit in ihrer zukünftigen Arbeit auch explizit die Dimensionen Umwelt, Soziales und Tierwohl berücksichtigen wird.

Glossar zur Neubewertung der DGE-Position zu veganer Ernährung	
Biodiversität	Die Vielfalt der Ökosysteme, der Tier- und Pflanzenarten sowie die genetische Vielfalt.
Certainty of Evidence (CoE)	Beschreibt die Vertrauenswürdigkeit der Ergebnisse; je höher die CoE, desto höher ist das Vertrauen darin, dass der ermittelte Effektschätzer nahe an dem wahren Effekt liegt.
Eutrophierung	Anreicherung von Nährstoffen in ursprünglich nährstoffarmen Gewässern, welche dazu führen kann, dass Algen und Wasserpflanzen übermäßig wachsen und somit anderen Pflanzenarten, vielen Kleinlebewesen und Tieren die Lebensgrundlage entziehen.
Heterogenität	Beschreibt die Unterschiede (Inkonsistenzen) der Effektschätzer und Konfidenzintervalle zwischen den Studien, die in einer Metaanalyse zusammengefasst werden. Gründe für eine hohe Heterogenität können beispielsweise Unterschiede zwischen den Studienkollektiven oder bei der methodischen Vorgehensweise sein. Eine hohe Heterogenität beeinträchtigt die Vertrauenswürdigkeit der Ergebnisse (CoE).
Intermediärparameter	Parameter, die mit der Entstehung von Erkrankungen klar in Zusammenhang gebracht werden können, z. B. Blutlipide als Intermediärparameter für kardiovaskuläre Erkrankungen.
Mittelwertdifferenz	Die Differenz zwischen den Mittelwerten eines betrachteten Parameters bei einer Expositions- und der Vergleichsgruppe, z. B. vegane und omnivore Ernährung.
Mittelwertquotient (engl. Ratio of Means)	Alternatives Maß zur (standardisierten) Mittelwertdifferenz, stellt das Verhältnis der Mittelwerte zweier Gruppen dar. Dieses hat Vorteile in sehr heterogenen Studienkollektiven, z. B. bei der Zusammenfassung unterschiedlicher Altersgruppen.
Random-Effects-Modell	Das Modell zufallsbedingter Effekte ist ein Modell, das in Metaanalysen verwendet wird, um die einzelnen Ergebnisse der Primärstudien zu einem Effektschätzer zusammenzufassen. Dieses berücksichtigt sowohl die Varianz innerhalb einer Primärstudie als auch zwischen den Primärstudien, z. B. aufgrund von Unterschieden in den Charakteristika der Studienkollektive.
Standardisierte Mittelwertdifferenz	Entspricht der Mittelwertdifferenz geteilt durch die Standardabweichung. Wird verwendet, wenn in den zugrunde liegenden Studien in einer Metaanalyse für dieselben Parameter unterschiedliche Skalen (z. B. unterschiedliche Messmethoden) verwendet werden.
Umbrella Review	Eine Art der systematischen Übersichtsarbeit, die die Evidenz zu einer bestimmten Fragestellung aus mehreren bereits veröffentlichten systematischen Übersichtsarbeiten zu einer übersichtlichen Arbeit mit höchster Evidenzstufe zusammenfasst. Hierbei können systematische Reviews mit oder ohne Metaanalyse berücksichtigt werden.



Auf Basis der vier Zieldimensionen einer nachhaltigeren Ernährung sollen in der Neubewertung der Position der DGE zu veganer Ernährung neben neuen Daten zur Gesundheit erstmalig auch die Zieldimensionen Umwelt, Soziales und Tierwohl einbezogen werden, wobei der Fokus auf Gesundheit und Umwelt liegt. In der Dimension Gesundheit werden ergänzend zu Nährstoffzufuhr und -status nun auch weitere gesundheitsbezogene Parameter sowie das Risiko für ernährungsmitbedingte Erkrankungen berücksichtigt. Zusätzlich zu der bisher betrachteten gesunden erwachsenen Allgemeinbevölkerung und den vulnerablen Bevölkerungsgruppen Kinder, Jugendliche, Schwangere und Stillende sollen nun auch Senior*innen berücksichtigt werden. In der Zieldimension Umwelt werden die Umweltwirkungen einer veganen Ernährung auf Basis von Ökobilanzierungen und Modellrechnungen dargestellt und mit anderen Ernährungsweisen verglichen. Für die Zieldimensionen Soziales und Tierwohl werden einzelne relevante Aspekte thematisiert, wodurch der Aufbau dieses Kapitels von dem der anderen Kapitel abweicht.

Dimension Gesundheit

Methodik zur Dimension Gesundheit

Zur Identifizierung relevanter Publikationen wurde ein *Umbrella Review* (UR), also eine systematische Übersichtsarbeit von systematischen Übersichtsarbeiten (engl. *Systematic Review*, SR) mit und ohne Metaanalyse (MA), durchgeführt. Grundlage für dieses UR war ein 2023 publiziertes UR von Selinger und Neuenschwander et al. [6], in dem SRs mit MA betrachtet wurden. In dem für dieses DGE-Positionspapier durchgeführten UR wurden der Suchterm aus [6] verwendet und neue Publikationen sowie darüber hinaus auch SRs ohne MA sowie Studien zu den vulnerablen Bevölkerungsgruppen berücksichtigt.

Es wurde festgelegt, dass ein ergänzendes SR nach Primärstudien durchgeführt wird, wenn das UR keine umfassenden Angaben für die vulnerablen Bevölkerungsgruppen ermöglicht. Die Literaturrecherche für dieses SR wurde auf Primärstudien ab Januar 2020 beschränkt, da im Rahmen der Ergänzung der Position der DGE zu veganer Ernährung hinsichtlich Personen mit besonderem Anspruch an die Nährstoffversorgung [3] bereits ein SR bis 2020 für diese Gruppen durchgeführt wurde. Daten aus Primärstudien, die bereits im UR berücksichtigt wurden, sowie Endpunkte, für die bereits Daten aus dem UR vorlagen, wurden nicht erneut betrachtet. Für das UR und das SR wurden die Datenbanken PubMed, Web of Science, Cochrane Library sowie Epistemonikos genutzt. Die Recherchen erfolgten am 7. März 2023 (UR) sowie am 30. Mai 2023 (SR zu vulnerablen Bevölkerungsgruppen). Mit Hilfe von *PubMed-Alerts* (Laufzeit bis Mitte August 2023) wurde für beide Recherchen nach Publikationen zu neuen relevanten Endpunkten gesucht. In ♦ eSupplement Tabelle e1 und e2 sind die angewandten Suchterme aufgeführt. Die PICOS(*Population, Intervention, Comparison, Outcomes, Study design*)-Schemen für beide systematische Literaturrecherchen sind in ♦ eSupplement Tabelle e3 und e4 dargestellt. Alle Schritte des UR und des SR wurden nach dem 4-Augen-Prinzip durchgeführt. Die Datenextraktion wurde von einer

Person durchgeführt und von einer weiteren Person kontrolliert. Wurden im Rahmen des UR mehrere SRs zum gleichen Endpunkt, in derselben Bevölkerungsgruppe und mit dem gleichen Studiendesign identifiziert, wurde das SR mit den meisten Primärstudien ausgewählt. SRs mit MA wurden denen ohne MA vorgezogen. Zur Identifikation weiterer relevanter Publikationen wurden im Rahmen des UR und des SR die Referenzlisten der eingeschlossenen Publikationen überprüft sowie Expert*innen kontaktiert. Wurde in einer MA ein gemeinsamer Schätzer für sich vegan und vegetarisch ernärende Studienteilnehmende angegeben, wurde, falls möglich, ein Schätzer ausschließlich für die vegane Gruppe mittels *Random-Effects-Modell* neu berechnet. Die Vertrauenswürdigkeit der Evidenz der Assoziationen (*Certainty of Evidence*, CoE) wurde für alle Assoziationen mittels des GRADE Ansatzes (*Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluation*, [7]) ermittelt.

Ergebnisse zur Dimension Gesundheit

Im Rahmen des UR wurden nach Entfernung der Duplikate 446 Publikationen identifiziert, von denen 217 Volltexte überprüft und 28 SRs eingeschlossen wurden (♦ eSupplement Tabellen e5 und Abbildung e1). Mittels *PubMed-Alert* und Kontakt mit Expert*innen wurden drei weitere SRs identifiziert und eingeschlossen. Von den insgesamt 31 eingeschlossenen SRs zu veganer Ernährung wurde in 20 SRs eine MA durchgeführt. Zehn SRs mit und ohne MA enthielten Ergebnisse zu Nährstoffzufuhr/-status, vier enthielten Ergebnisse zu ernährungsmitbedingten Erkrankungen, 21 zu weiteren gesundheitsbezogenen Parametern (u. a. anthropometrische Parameter und kardiovaskuläre Risikofaktoren).

Mit Ausnahme eines umfangreichen SR mit MA zu veganer Ernährung bei Kindern und Jugendlichen [8], in dem Ergebnisse zu Nährstoffzufuhr/-status sowie weitere gesundheitsbezogene Endpunkte bei Kindern und Jugendlichen mit MA dargestellt wurden, war die Datenlage auf Basis von SRs für die eingeschlossenen vulnerablen Bevölkerungsgruppen unzureichend. In den für Schwangere und Stillende identifizierten SRs wurden lediglich einzelne Primärstudienresultate dargestellt und für die angewandten Einschlusskriterien konnte kein SR zu der Gruppe der Senior*innen gefunden werden. Es wurde also kein umfangreiches SR für die weiteren vulnerablen Bevölkerungsgruppen identifiziert. Bei der daher durchgeführten ergänzenden sys-

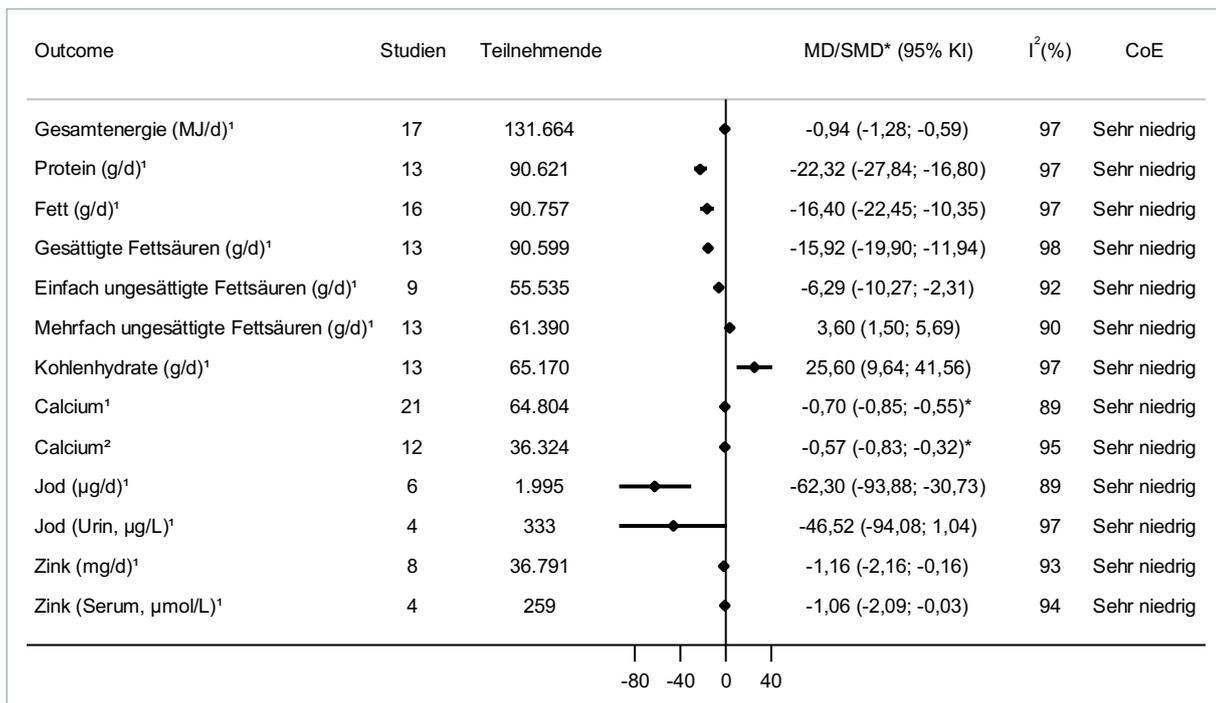


Abb. 1: Nährstoffzufuhr/-status bei einer veganen Ernährung im Vergleich zu einer omnivoren oder vegetarischen Ernährung in der gesunden erwachsenen Allgemeinbevölkerung ([standardisierte] Mittelwertdifferenzen mit 95-%-Konfidenzintervallen)

CoE: engl. *Certainty of Evidence*, KI: Konfidenzintervall, MD: Mittelwertdifferenz, SMD: standardisierte Mittelwertdifferenz, I² Maß für Heterogenität

¹ Im Vergleich zu Personen, die sich omnivor ernährten

² Im Vergleich zu Personen, die sich vegetarisch ernährten

* SMD wurde nur für Calcium angegeben, alle anderen Werte als MD dargestellt

Alle eingeschlossenen Studien sind Querschnittstudien

tematischen Literaturrecherche nach Primärstudien wurden acht Beobachtungsstudien identifiziert (♦ eSupplement Tabelle e6 und Abbildung e2): Hiervon betrachteten je drei Studien eine vegane Ernährung während der Schwangerschaft bzw. Stillzeit und zwei eine vegane Ernährung bei Senior*innen. Es konnten nur für Schwangere und Stillende Primärstudien zu einer veganen Ernährung und Nährstoffzufuhr/-status identifiziert werden. Weitere Studien untersuchten Zusammenhänge einer veganen Ernährung mit Endpunkten in der Schwangerschaft. In den beiden Studien bei Senior*innen wurden nur wenige sich vegan ernährenden Senior*innen betrachtet und lediglich deskriptive Charakteristika beschrieben, sodass sich hieraus keine Aussagen ableiten lassen.

Nährstoffzufuhr/-status

Vegane Ernährung in der erwachsenen Allgemeinbevölkerung Die Ergebnisse der SRs mit MA zu Nährstoffzufuhr/-status bei veganer Ernährung im Vergleich zu nicht veganer Ernährung für die erwachsene Allgemeinbevölkerung sind in ♦ Abbildung 1 sowie ♦ eSupplement Tabelle e7 und die Ergebnisse der SRs ohne MA in ♦ eSupplement Tabelle 8 dargestellt. Alle SRs mit MA wiesen eine sehr hohe Heterogenität (I²) zwischen den Studienergebnissen auf und für alle identifizierten Assoziationen zu Nährstoffzufuhr/-status wurde eine sehr niedrige CoE ermittelt. Eine vegane Ernährung war mit einer niedrigeren absoluten Energie-, Gesamtfett- und Proteinzufuhr sowie mit einer höheren absoluten Zufuhr von Kohlenhydraten im Vergleich zu einer om-

nivoren Ernährung assoziiert (♦ Abbildung 1) [9]. Neben der Gesamtfettzufuhr wurden auch Unterschiede in der Fettsäurezusammensetzung beobachtet: Bei Personen, die sich vegan ernährten, wurde im Vergleich zu Personen, die sich omnivor ernährten, eine niedrigere Zufuhr von gesättigten sowie einfach ungesättigten Fettsäuren, aber eine höhere Zufuhr von mehrfach ungesättigten Fettsäuren beobachtet [9]. Weiterhin war eine vegane Ernährung mit einer niedrigeren Zufuhr von Calcium, Jod und Zink im Vergleich zu einer nicht veganen Ernährung assoziiert [10–12]. In einem SR ohne MA [13], in der omnivore, vegetarische und vegane Ernährung verglichen wurden, war eine vegane Ernährung mit einer höheren mittleren Zufuhr von n-3-Fettsäuren, α -Linolensäure, Ballaststoffen, Vitamin E, Thiamin, Vitamin B₆, Folat, Vitamin C, Magnesium und Eisen assoziiert, verglichen mit einer vegetarischen oder omnivoren Ernährung. Für Vitamin A, Riboflavin (Vitamin B₂), Niacin und Phosphor wurde bei allen drei Ernährungsweisen eine ähnlich hohe Zufuhr beobachtet, während die beobachtete Zufuhr von Docosahexaensäure (DHA), Ei-



cosapentaensäure (EPA) und Vitamin B₁₂ bei Personen, die sich vegan ernährten, niedriger war als bei omnivorer Ernährung [13]. Auch in Studien, die die Zufuhr von Vitamin-B₁₂-Präparaten berücksichtigten, wurde bei Personen, die sich vegan ernährten, eine niedrigere Zufuhr als bei Personen, die sich omnivor ernährten, beobachtet [13]. Die beobachtete Zufuhr von Vitamin D und Selen war bei Personen, die sich vegan ernährten, niedriger und die von Kupfer höher als bei Personen, die sich nicht vegan ernährten [14]. Die Ergebnisse zur Zufuhr von Natrium sind laut Autor*innen des SR heterogen: in einigen eingeschlossenen Studien wurde bei Personen, die sich vegan ernährten, eine geringere, in anderen Studien hingegen eine höhere Natriumzufuhr beobachtet als bei Personen, die sich nicht vegan ernährten [14].

Zusätzlich zur Nährstoffzufuhr wurden in den SRs auch Angaben zum Versorgungsstatus mit einigen Nährstoffen anhand von Biomarkern aufgeführt. SRs mit MA wiesen auf eine niedrigere Vitamin-B₁₂- [15] sowie Zink-Konzentration [14] im Serum (♦ Abbildung 1 und ♦ eSupplement Tabelle e7) bei Personen, die sich vegan ernährten, im Vergleich zu Personen, die sich omnivor ernährten, hin. Auch im Vergleich zu Personen, die sich vegetarisch ernährten, wiesen Personen, die sich vegan ernährten, eine niedrigere Vitamin-B₁₂-Konzentration im Serum auf [15]. Die in diesem SR berücksichtigten Studien betrachteten größtenteils Personen, die keine Vitamin-B₁₂-Präparate einnahmen [15]. In SRs ohne MA [13, 14] wurde bei Personen, die sich vegan ernährten, ein höherer Thiamin- und Vitamin-C-Status beobachtet als bei Personen, die sich vegetarisch oder omnivor ernährten. Der Versorgungsstatus von Vitamin A (β-Carotin und Retinol im Serum oder Plasma), Vitamin E, Vitamin B₆ und Magnesium war bei den untersuchten Gruppen ähnlich hoch. Sowohl der Status von Vitamin D als auch der von Eisen (Ferritin im Serum oder Plasma) war bei veganer Ernährung ähnlich hoch wie der Status bei vegetarischer Ernährung, aber niedriger als bei omnivorer Ernährung. Zudem wurde in der veganen Gruppe häufiger ein unzureichender Versorgungsstatus mit Vitamin D und Eisen beobachtet als bei vegetarischer oder omnivorer Ernährung. In einer Primärstudie, die in einem SR eingeschlossen wurde, zeigte sich ein niedrigerer Niacin-Status bei veganer Ernährung im Vergleich zu vegetarischer und omnivorer Ernährung [13].

Vegane Ernährung in vulnerablen Bevölkerungsgruppen (Kinder, Jugendliche, Schwangere, Stillende, Senior*innen)

Zu Nährstoffzufuhr/-status von Kindern und Jugendlichen mit veganer Ernährungsweise im Vergleich zu Kindern und Jugendlichen mit omnivorer Ernährungsweise wurde ein SR mit MA von Koller et al. [8] eingeschlossen, in welchem je nach Nährstoff zwischen zwei und fünf Querschnittstudien abgebildet wurden. Zu beachten ist die breite Altersspanne der Kinder und Jugendlichen in den für die MAs von Koller et al. [8] verwendeten Originalstudien (0–18 Jahre). In Anbetracht dieser Altersunterschiede wurde der Mittelwertquotient als statistische Größe berechnet, da er weniger altersabhängig ist als sonst gängige absolute oder relative Maße zur Beschreibung mittlerer Unterschiede [16–18]. Die Ergebnisse sind in ♦ Abbildung 2 [8] und ♦ eSupplement Tabelle e9 dargestellt. Für die weiteren vulnerablen Bevölkerungsgruppen wurden nur SRs ohne MA identifiziert, deren Ergebnisse teilweise auf einer einzelnen Primärstudie beruhen. Für alle identifizierten Assozia-

tionen zu Nährstoffzufuhr/-status bei den vulnerablen Bevölkerungsgruppen wurde eine sehr niedrige CoE ermittelt (♦ Abbildung 2 und ♦ eSupplement Tabelle e9 und e10).

Eine vegane Ernährung bei Kindern und Jugendlichen war im Vergleich zu einer omnivoren Ernährung in Bezug zur Energiezufuhr mit niedrigeren relativen Zufuhrwerten für Protein und gesättigte Fettsäuren sowie niedrigeren absoluten Zufuhrwerten für Protein, einfach ungesättigte Fettsäuren, Riboflavin und Calcium assoziiert (♦ Abbildung 2). Dagegen war eine vegane Ernährung im Vergleich zu einer omnivoren Ernährung mit höheren relativen Zufuhrwerten für Kohlenhydrate, Ballaststoffe und mehrfach ungesättigte Fettsäuren verbunden. Ebenfalls war eine vegane Ernährung im Vergleich zu einer omnivoren Ernährung mit höheren absoluten Zufuhrwerten für Folat, Vitamin C, Vitamin E, Magnesium, Kalium und Gesamteisen assoziiert. Bezüglich der Selen- und Jodzufuhr wurde in dem SR mit MA eine Tendenz zu einer niedrigeren Zufuhr bei veganer Ernährung beobachtet. Die Vitamin-B₁₂-Konzentration im Serum war bei Kindern und Jugendlichen, die sich vegan ernährten, aufgrund der beobachteten häufigen Einnahme von Vitamin-B₁₂-Präparaten im Vergleich zu Kindern und Jugendlichen, die sich omnivor ernährten, höher. Dagegen wurden niedrigere Ferritinwerte beobachtet [8].

In einer Primärstudie mit Schwangeren [19] wurden der Vitamin-B₁₂-, Folat-, und Eisenstatus im Blut der Frauen sowie des Nabelschnurblutes untersucht und keine Unterschiede zwischen den Ernährungsweisen beobachtet (♦ eSupplement Tabelle e14).

Bezüglich Stillenden konnten nur SRs ohne MA auf Basis einzelner Primärstudien sowie weitere Primärstudien eingeschlossen werden, in denen die Zusammensetzung der Frauenmilch analysiert wurde (♦ eSupplement Tabelle e14). Ein SR identifizierte eine Primärstudie, die zeigte, dass vegane Ernährung bei Stillenden mit einer niedrigeren Gesamtfettkonzentration in der Frauenmilch assoziiert war, verglichen mit der Frauenmilch von Stillenden, die sich vegetarisch oder omnivor ernährten [20]. Auf Basis von zwei Primärstudien wurden zudem Unterschiede im Anteil verschiedener Fettsäuren in der Frauenmilch, unter anderem ein niedrigerer Anteil von DHA und ein höheres Verhältnis von Linol- zu α-Linolensäure sowie eine niedrigere Konzentration von trans-Fettsäuren bei sich vegan ernährenden Stillenden im Vergleich zu sich vegetarisch oder omnivor ernährenden Stillenden, beobachtet [20]. In einer weiteren

Primärstudie, die in einem SR [21] aufgeführt wurde, wurde die Vitamin-B₁₂-Konzentration in der Frauenmilch bei Stillenden, die sich omnivor, ovo-lacto-vegetarisch oder vegan ernährten, untersucht und keine Unterschiede zwischen den Ernährungsweisen festgestellt.

Zudem zeigte sich eine positive Korrelation zwischen der Einnahme von Vitamin-B₁₂-Präparaten und der Konzentration in der Frauenmilch, wobei die Stillenden, die sich vegan ernährten, häufiger Vitamin-B₁₂-Präparate einnahmen als Stillende, die sich ovo-lacto-vegetarisch oder omnivor ernährten [21]. In einer Studie aus den USA wurde für die Konzentration der meisten Mineralstoffe in der Frau-

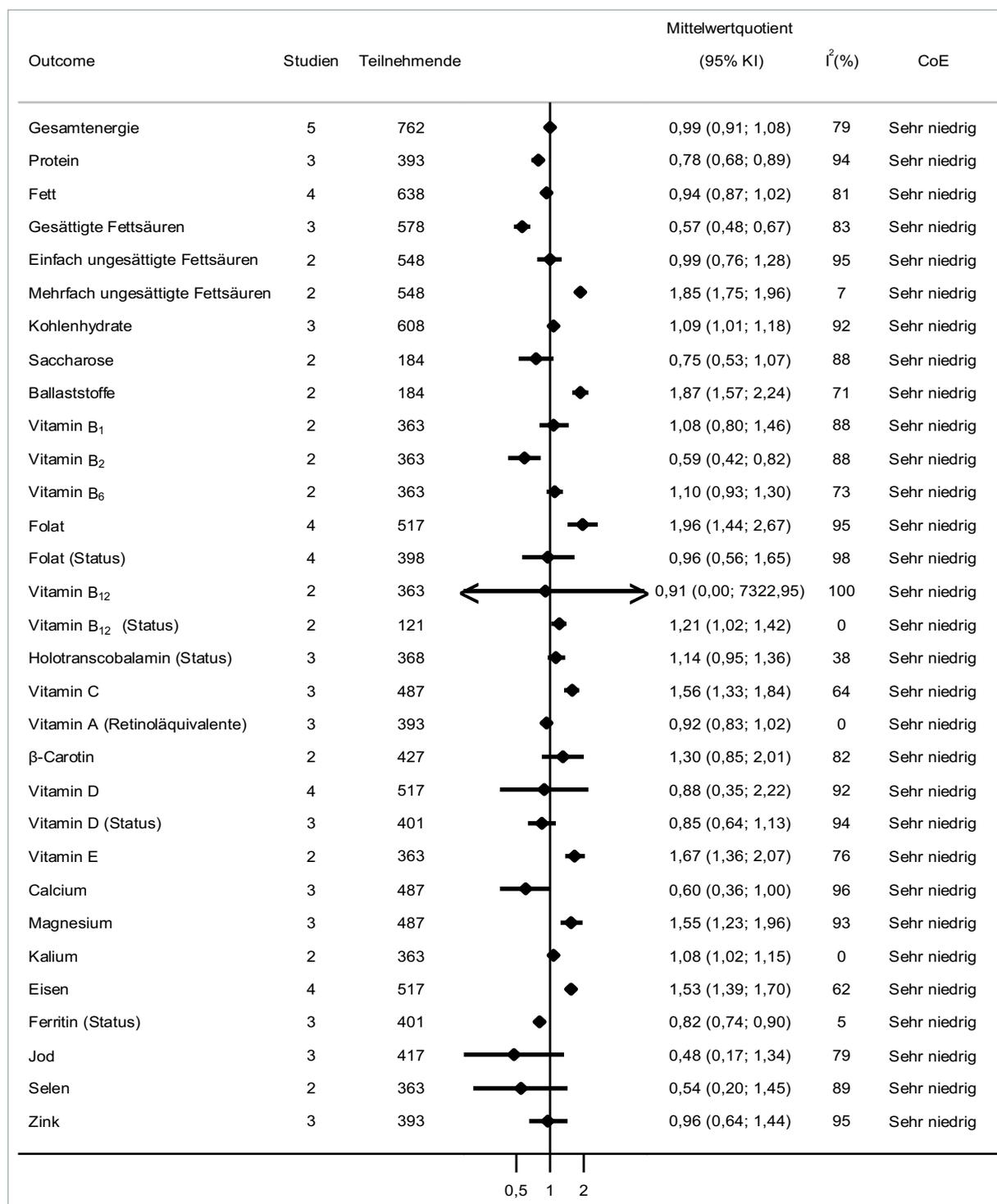


Abb. 2: Nährstoffzufuhr/-status bei einer veganen Ernährung im Vergleich zu einer omnivoren Ernährung bei Kindern und Jugendlichen (Alter 0–18 Jahre) (Mittelwertquotienten mit 95%-Konfidenzintervallen)
 CoE: engl. *Certainty of Evidence*, KI: Konfidenzintervall, I²: Maß für Heterogenität
 Alle eingeschlossenen Studien sind Querschnittstudien; die Angaben zu Proteinen, Kohlenhydraten, Fett sowie Fettsäuren basieren auf relativen Zufuhrwerten (% der Energiezufuhr).

enmilch (Calcium, Kupfer, Eisen, Kalium, Magnesium, Mangan, Natrium, Phosphor und Zink) sowie für Blei (als Kontaminante in Lebensmitteln) kein Unterschied zwischen den Ernährungsweisen festgestellt [22]. Vegane Ernährung war mit einer höheren Selen-Konzentration in der Frauenmilch assoziiert im Vergleich zu der Milch von Frauen, die sich vegetarisch oder omnivor ernährten. In dieser Publikation wurde kein Unterschied bei der Jodkonzentration beobachtet [22], während in einer anderen Publikation die Konzentration von Jod in der Milch von Frauen, die sich vegan ernährten, im Vergleich zu der Frauenmilch von sich vegetarisch oder omnivor ernährenden Stillenden, niedriger war [23].

Es konnten keine Studien zu Nährstoffzufuhr/-status von sich vegan ernährenden Senior*innen identifiziert werden.

Risiko für ernährungsmitbedingte Erkrankungen und weitere gesundheitsbezogene Parameter

Vegane Ernährung in der erwachsenen Allgemeinbevölkerung

Die Ergebnisse zu ernährungsmitbedingten Erkrankungen und weiteren gesundheitsbezogenen Parametern sind in den ♦ Abbildungen 3 und 4 dargestellt. Eine vegane Ernährung führte in ran-

domisierten kontrollierten Studien (*Randomized controlled trial, RCT*) mit einer moderaten CoE zu einer höheren Gewichtsabnahme (2,52 kg; 95 % KI: -3,06, -1,98) im Vergleich zu nicht veganen Ernährungsinterventionen. Für die anderen betrachteten Parameter in der gesunden erwachsenen Allgemeinbevölkerung wurde eine sehr niedrige oder niedrige CoE festgestellt (♦ eSupplement Tabellen e11 und e12).

Die veganen Ernährungsinterventionen führten in RCTs zu niedrigerem Gesamt- und LDL-Cholesterol [24], aber auch niedrigerem HDL-Cholesterol [25], Apolipoprotein B [26] und einer niedrigeren Nüchternblutglucose [9] als bei den jeweiligen Vergleichsgruppen. Auch in Querschnittstudien war eine vegane Ernährung mit niedrigerem LDL- [9] und HDL-Cholesterol [25] assoziiert. Auch ein Score für die Risikoprognose einer koronaren Herzerkrankung in den nächsten 10 Jahren (10-Jahre-

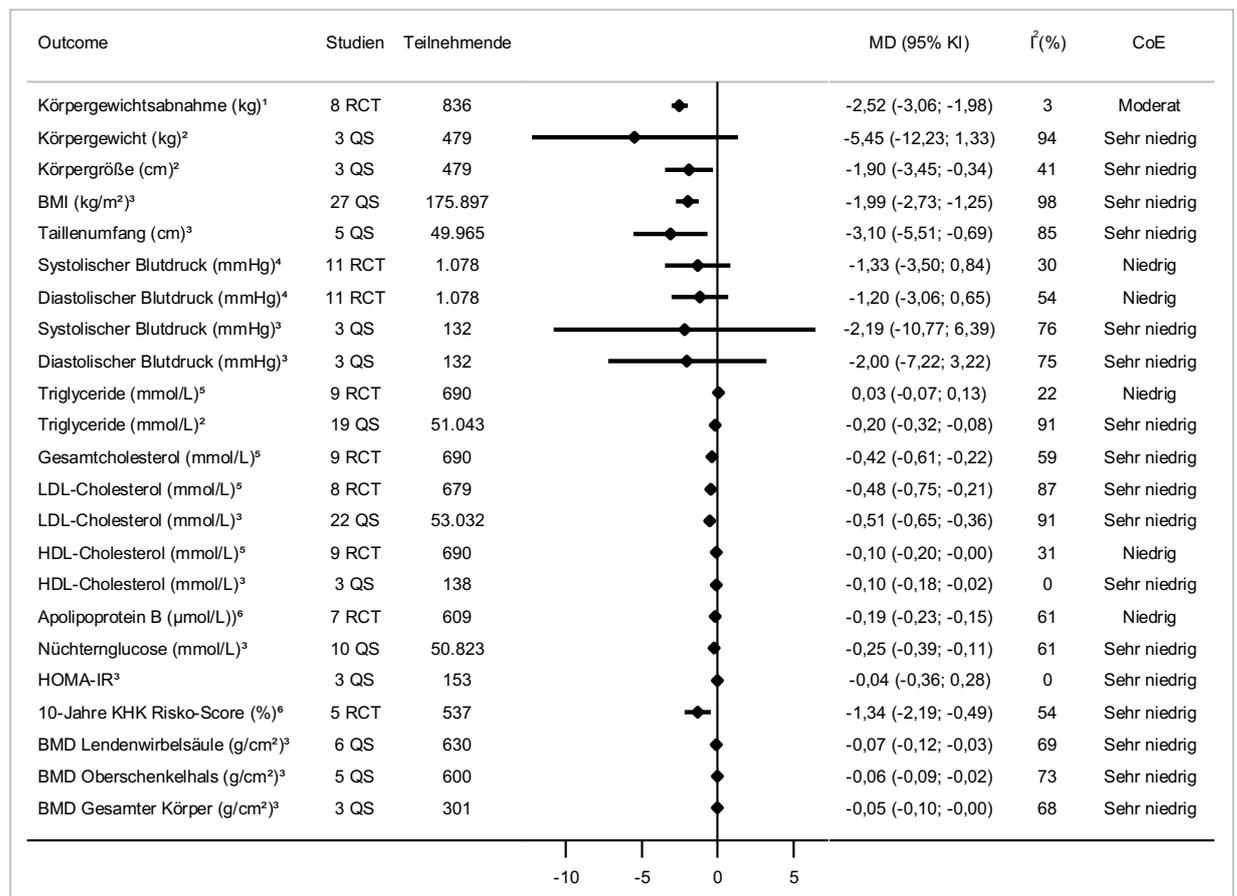


Abb. 3: Anthropometrische und weitere gesundheitsbezogene Parameter bei einer veganen Ernährung im Vergleich zu einer omnivoren Ernährung in der gesunden erwachsenen Allgemeinbevölkerung (Mittelwertdifferenzen mit 95-%-Konfidenzintervallen)

BMD: engl. *Bone Mineral Density*, BMI: *Body-Mass-Index*, CoE: engl. *Certainty of Evidence*, HDL: engl. *High Density Lipoprotein*, HOMA-IR: *Homeostasis Model Assessment* Insulinresistenz; I²: Maß für Heterogenität, KHK: Koronare Herzerkrankung, KI: Konfidenzintervall, LDL: engl. *Low Density Lipoprotein*, QS: Querschnittstudie, RCT: Randomisierte kontrollierte Studie

Im Vergleich zu: ¹ omnivorer Ernährung, Ernährungsinterventionen mit definiertem Makronährstoffanteil, Diabetes Diät, habituelle Ernährung; ² lacto-vegetarischer oder omnivorer Ernährung; ³ omnivorer Ernährung; ⁴ von Fachgesellschaften empfohlenen Ernährungsweisen; Diät mit Portionskontrolle; ⁵ omnivorer Ernährung, von der American Diabetes Association empfohlene Ernährung; ⁶ einer Ernährungsintervention nach *National Cholesterol Education Program*

KHK-Score) war in RCTs niedriger als in der Vergleichsgruppe [26]. In einem SR mit MA auf Basis von Querschnittstudien wurde bei veganer Ernährung ein niedrigeres Körpergewicht im Vergleich zu lacto-vegetarischer und omnivorer Ernährung beobachtet [27]. Personen, die sich vegan ernährten, wiesen in weiteren SRs mit MA zudem eine Tendenz zu einer niedrigeren Körpergröße [27], einem niedrigeren Body-Mass-Index (BMI) und einem niedrigeren Taillenumfang auf [9].

Bei den Triglyceridkonzentrationen wurden in Querschnittstudien niedrigere Werte bei Personen, die sich vegan ernährten, im Vergleich zu Personen, die sich omnivor ernährten, beobachtet [9]. In RCTs zeigten sich hingegen keine Unterschiede abhängig von der Ernährungsweise [24]. Keine Unterschiede abhängig von der Ernährungsweise zeigten sich für den systolischen und diastolischen Blutdruck [25, 28]. Hier war die Schätzung sehr unpräzise, wodurch sich keine klaren Unterschiede ableiten ließen. Ebenfalls wurde kein Unterschied zwischen den Ernährungsweisen beim HO-MA-IR (*Homeostasis Model Assessment* Insulinresistenz) beobachtet [9].

In SRs mit MA (♦ Abbildung 4) war das relative Risiko (*Summary Risk Ratio*, SRR) für Krebserkrankungen [29] und ischämische Herzerkrankungen [30] bei Personen, die sich vegan ernährten, niedriger im Vergleich zu Personen, die sich omnivor ernährten. Außerdem zeigte sich eine Tendenz zu einer niedrigeren Gesamtmortalität bei Personen, die sich vegan ernährten, im Vergleich zu Personen, die sich omnivor ernährten [29]. Für die Inzidenz von kardiovaskulären Erkrankungen und Schlaganfall [30] sowie die Prävalenz von Diabetes

mellitus [31] war die Schätzung unpräzise und die CoE sehr gering, sodass keine klaren Unterschiede abgeleitet werden können [29–31]. Es wurde eine Assoziation zwischen einer veganen Ernährung und einer niedrigeren Knochenmassedichte an Lendenwirbelsäure und Oberschenkelhals (♦ Abbildung 3) sowie einer höheren Frakturinzidenz (♦ Abbildung 4) im Vergleich zu omnivorer Ernährung beobachtet [32].

Für manche Krankheitsendpunkte konnten nur SRs ohne MA identifiziert werden, in denen nur einzelne wenige Primärstudien beschrieben wurden (♦ eSupplement Tabelle e12). In diesen wurde ein niedrigeres Risiko für Prostatakrebs [33] und kolorektale Karzinome [34] sowie eine niedrigere Inzidenz von Diabetes mellitus [35] und dem metabolischen Syndrom [36] bei veganer Ernährung im Vergleich zu anderen betrachteten Ernährungsweisen angegeben. In einer Primärstudie, die in einem SR abgebildet wurde, wiesen Personen, die sich vegan ernährten, eine niedrigere Handkraft auf als Personen, die sich omnivor ernährten [37]. In einem SR [37] wurde bei veganer Ernährung in einem RCT eine stärkere Abnahme der fettfreien Masse und in einer Querschnittstudie eine geringere fettfreie Masse als bei den jeweiligen Vergleichsgruppen festgestellt (♦ eSupplement Tabelle e12).

In der überwiegenden Anzahl der in einem SR eingeschlossenen Primärstudien, welche größtenteils im Querschnittsdesign waren, wurde eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für Orthorexia nervosa bei veganer Ernährung im Vergleich zu einer omnivoren Ernährung beobachtet, während für gestörtes Essverhalten allgemein eine überwiegende Anzahl der Studien keine Assoziation abhängig von der Ernährungsweise zeigten [38]. In einem SR wurde auf Basis von mehreren zahnklinischen Parametern aus Primärstudien geschlossen, dass Personen, die sich vegan ernährten, insgesamt eine gute Mundgesundheit aufwiesen [39].

Vegane Ernährung in vulnerablen Bevölkerungsgruppen (Kinder, Jugendliche, Schwangere, Stillende, Senior*innen)

Die Studienlage zu ernährungsmitbedingten Erkrankungen bei sich vegan ernährenden Kindern und Jugendlichen ist auf einige Intermediärparameter, z. B. Blutlipide beschränkt (♦ Abbildung 5).

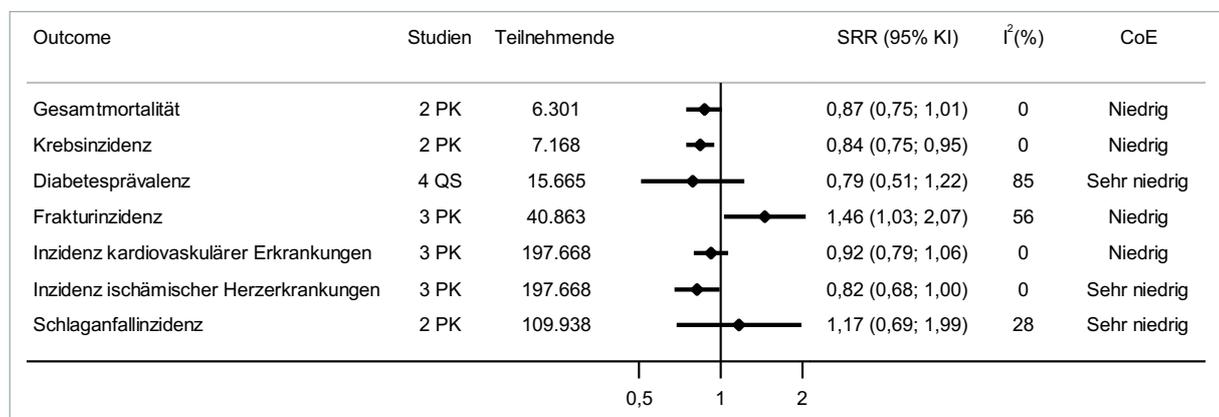


Abb. 4: Gesamtmortalität und das Risiko für ernährungsmitbedingte Erkrankungen bei einer veganen Ernährung im Vergleich zu einer omnivoren Ernährung in der erwachsenen Allgemeinbevölkerung (*Summary Risk Ratio* mit 95%-Konfidenzintervallen)

CoE: engl. *Certainty of Evidence*, I²: Maß für Heterogenität, KI: Konfidenzintervall, PK: Prospektive Kohortenstudie, QS: Querschnittstudie, SRR: engl. *Summary Risk Ratio*

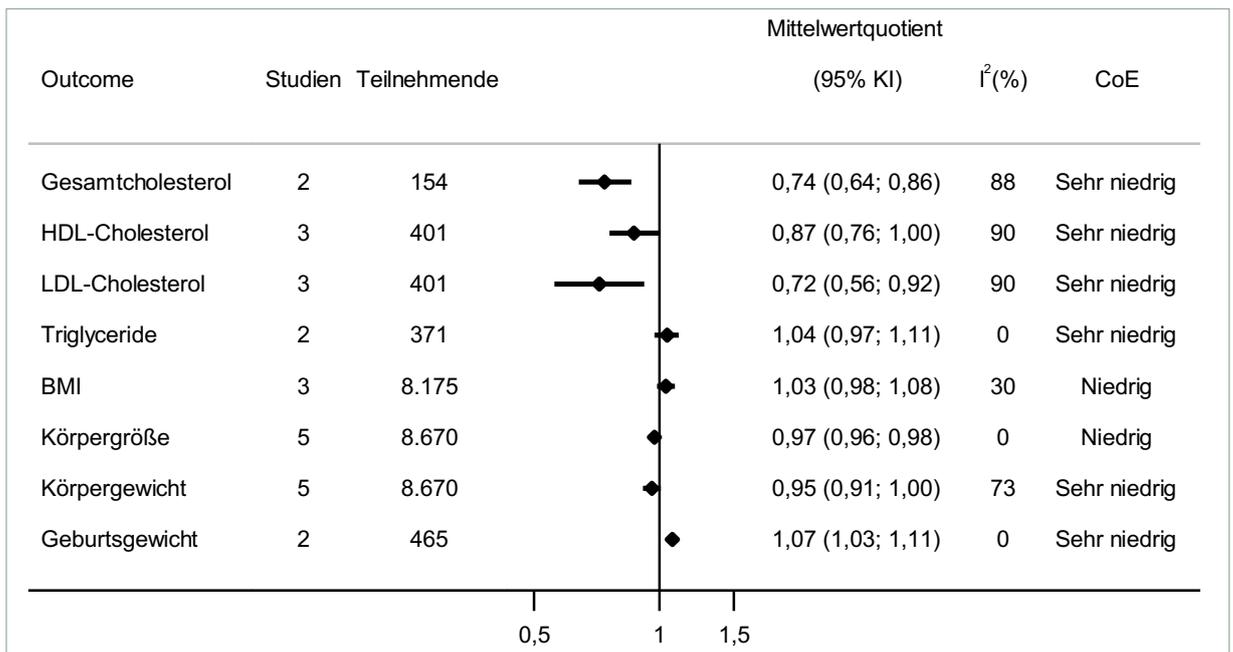


Abb. 5: Gesundheitsbezogenen Parameter bei einer veganen Ernährung im Vergleich zu einer omnivoren Ernährung bei Kindern und Jugendlichen (Alter 0–18 Jahre) (Mittelwertquotienten mit 95%-Konfidenzintervallen)

BMI: *Body-Mass-Index*, CoE: engl. *Certainty of Evidence*, HDL: engl. *High Density Lipoprotein*, I²: Maß für Heterogenität, KI: Konfidenzintervall, LDL: engl. *Low Density Lipoprotein*;

Geburtsgewicht von Kindern, deren Mütter sich während der Schwangerschaft vegan ernährt haben; alle eingeschlossenen Studien sind Querschnittstudien

Für die MAs aus dem SR zu Kindern und Jugendlichen [8] war die CoE niedrig bis sehr niedrig (♦ Abbildung 5 und ♦ eSupplement Tabelle e9). Die Primärstudien, die aus Mangel an Daten aus Übersichtsarbeiten für die weiteren vulnerablen Bevölkerungsgruppen eingeschlossen wurden, hatten eine durchweg sehr niedrige CoE (♦ eSupplement Tabelle e14).

In den MAs von Koller et al. (♦ Abbildung 5, [8]) konnten keine Unterschiede zwischen sich vegan und omnivor ernährenden Kindern und Jugendlichen hinsichtlich BMI und Gewicht beobachtet werden. Dagegen wurde eine Assoziation von leicht niedrigeren Werten für die Körpergröße unter Kindern und Jugendlichen bei einer veganen Ernährung im Vergleich zu einer omnivoren Ernährung beobachtet. Sensitivitätsanalysen ließen darauf schließen, dass dieser Unterschied vor allem auf Ergebnisse einer Primärstudie zurückgeht, in der die Kinder und Jugendlichen, die sich vegan ernährten, jünger waren, wobei nicht für das Alter adjustiert wurde [40]. Weiterhin wurden im Vergleich zu der Referenzgruppe jeweils tendenziell niedrigere Werte für HDL-, LDL- und Gesamtcholesterol im Serum bei veganer Ernährung beobachtet [8]. Keine ernährungsabhängigen Unterschiede zeigten sich für die Triglyceride [8]. Es konnte in dem SR [8] nur eine Querschnittstudie zur Knochengesundheit bei Kindern identifiziert werden: hier wurden bei veganer im Vergleich zu omnivorer Ernährung niedrigere Knochenmineralgehalte (*Bone Mineral Content*, per *Dual X-ray Absorptiometry*, DXA) beobachtet.

In zwei Primärstudien wurden Schwangere, die sich vegan ernährten, mit Schwangeren, die sich nicht vegan ernährten, im Hinblick auf anthropometrische Parameter verglichen [41, 42]. Die Gewichtszunahme in der Schwangerschaft war bei sich vegan ernährenden Schwangeren niedriger als bei sich omnivor ernäh-

renden Schwangeren [41, 42]. Das relative Risiko für ein für das Schwangerschaftsalter zu kleines Neugeborenes (*Small For Gestational Age*) war bei veganer Ernährung höher als bei omnivorer Ernährung [41, 42]. In einer der Primärstudien wurde kein Unterschied in der Häufigkeit von für das Schwangerschaftsalter zu großen Neugeborenen (*Large For Gestational Age*) zwischen den Ernährungsweisen festgestellt [42]. In dem SR mit MA von Koller et al. [8] wurde in einer MA auf Basis von zwei Studien eine Assoziation zwischen veganer Ernährung in der Schwangerschaft und einem höheren Geburtsgewicht beobachtet. In einer in einem SR eingeschlossenen Primärstudie sowie in zwei weiteren Primärstudien (♦ eSupplement, Tabellen e13 und e14) zeigten sich keine Unterschiede bzgl. der Häufigkeit von Frühgeburten abhängig von der Ernährungsweise [21, 41, 42]. Es konnte kein Unterschied zwischen den Ernährungsweisen in Bezug auf die Häufigkeit von Komplikationen aufgrund von hohem Blutdruck beobachtet werden [41]. In einer Primärstudie lag im Vergleich zu einer omnivoren Ernährung eine inverse Assoziation zwischen einer veganen Ernährung und Gestationsdiabetes vor [42], während in der anderen Primärstudie keine Unterschiede zwischen den Gruppen beobachtet wurde [41].



Nur zwei Studien, die Senior*innen untersuchten, konnten identifiziert werden. In diesen wurden nur wenige sich vegan ernährende Senior*innen betrachtet und lediglich deskriptive Charakteristika beschrieben, sodass sich daraus keine Aussage ableiten lässt (♦ eSupplement, Tabelle e14).

Diskussion zur Dimension Gesundheit

Die dargestellten Ergebnisse aus der Zieldimension Gesundheit weisen bei überwiegend sehr niedriger und niedriger CoE darauf hin, dass insbesondere in der gesunden erwachsenen Allgemeinbevölkerung für eine vegane Ernährung gegenüber anderen Ernährungsweisen potenzielle Vorteile u. a. im Hinblick auf die kardiometabolische Gesundheit sowie mögliche Nachteile wie Zusammenhänge mit einer potenziell schlechteren Knochengesundheit vorliegen. Für die vulnerablen Bevölkerungsgruppen, insbesondere für Schwangere, Stillende und Senior*innen, gibt es nach wie vor nur wenige Studien mit einer begrenzten Anzahl von Parametern zu den Unterschieden zwischen Personen mit veganer und omnivorer Ernährungsweise.

Für die Beurteilung der Relevanz der Ergebnisse muss Folgendes berücksichtigt werden:

- In den MAs auf Basis von Beobachtungsstudien werden lediglich Unterschiede zwischen den Ernährungsweisen untersucht, i. d. R. vegane Ernährung im Vergleich zu omnivorer Ernährung. Somit lässt sich keine Aussage zur Ausgestaltung der jeweiligen Ernährungsweisen und dem Gesundheitsstatus der Vergleichsgruppen in den einzelnen Studien treffen. Es ist nicht auszuschließen, dass durch einen Vergleich einer gesundheitsbewussten Gruppe mit einer weniger gesundheitsbewussten Gruppe einer anderen Ernährungsweise durch unsystematische Rekrutierung eine Verzerrung der Ergebnisse entstehen könnte.
- In den MAs, die auf RCTs basieren, werden vegane Ernährungsinterventionen mit omnivoren Ernährungsinterventionen (z. B. einer Ernährung auf Basis von Empfehlungen von Fachgesellschaften) verglichen. Sowohl für Ergebnisse aus Beobachtungsstudien als auch aus RCTs gilt, dass die Übertragbarkeit auf eine alltägliche vegane oder omnivore Ernährung eingeschränkt ist, da die Ausgestaltung der Ernährungsweisen für die Bewertung von zentraler Bedeutung ist.

Im Rahmen des UR für die gesunde erwachsene Allgemeinbevölkerung und des SR für die vulnerablen Bevölkerungsgruppen wurde, wie bereits dargestellt, vegane Ernährung i. d. R. mit omnivorer Ernährung verglichen. Folgend werden die Ergebnisse eingeordnet.

Kritische Nährstoffe bei einer veganen Ernährung

Zur Beurteilung der physiologischen Relevanz der Unterschiede in der Nährstoffversorgung verschiedener Ernährungsweisen ist ein Vergleich mit Referenzwerten erforderlich. Im SR ohne MA von Neufingerl und Eilander [13] wurden die Ergebnisse mit dem *Estimated Average Requirement* (EAR) der *National Academy of Medicine* (ehemals *Institute of Medicine*) [43, 44] verglichen. Dieser stellt die durchschnittliche tägliche Nährstoffzufuhr dar, die schätzungsweise den Bedarf der Hälfte der gesunden Personen eines Geschlechts in einer definierten Lebensphase deckt. Laut den Autor*innen sei davon auszugehen, dass bei einer mittleren Zufuhr in Höhe bzw. unterhalb des EAR bei einem nennenswerten Anteil der Bevölkerung das Risiko eines Mangels vorliegen könnte [13]. In der *Nutritional Evaluation* (NuEva)-Studie (omnivor $n = 65$, flexitarisch $n = 70$, ovo-lacto-vegetarisch $n = 65$, vegan $n = 58$) wurde in einer Querschnitterhebung ein Vergleich der medianen Zufuhrdaten mit den DGE-/ÖGE-Referenzwerten für die Nährstoffzufuhr durchgeführt [45]. Bei den DGE-/ÖGE-Referenzwerten wird abhängig von der wissenschaftlichen Datenlage und physiologischen Rolle der Nährstoffe eine empfohlene Zufuhr, ein Schätzwert oder ein Richtwert ausgesprochen. Bei der empfohlenen Zufuhr handelt es sich um die Nährstoffzufuhr, die ausreicht, um den Bedarf nahezu aller gesunder Individuen (97,5 %) einer definierten Personengruppe zu decken. Somit wird bei Vergleich der Zufuhr im Median (50. Perzentile) mit der empfohlenen Zufuhr (98. Perzentil) der Anteil von Personen mit unzureichender Versorgung überschätzt [46]. Die Einschätzung der Versorgung auf Basis von Biomarkern ist für einige (potenziell) kritische Nährstoffe nur eingeschränkt möglich, da teilweise Marker verwendet werden, deren Aussagekraft limitiert ist, z. B. bei Vitamin B₁₂, Zink, Calcium oder Vitamin A [46].

Personen, die sich vegan ernährten, erreichten laut dem SR von Neufingerl und Eilander [13] eine Zufuhr auf oder oberhalb des EAR für fast alle Nährstoffe, mit Ausnahme von Vitamin D und bei Männern dem für die Bioverfügbarkeit adjustierten EAR von Zink. Eine Zufuhr von Vitamin D unterhalb des EAR wurde bei allen Ernährungsweisen beobachtet [13]. Vitamin D nimmt durch die körpereigene Synthese unter UVB-Exposition unter den Vitaminen eine Sonderstellung ein. Die Zufuhr bei einer Ernährung mit üblichen Lebensmitteln reicht in der Regel nicht aus, wodurch unabhängig von der Ernährungsweise bei fehlender oder nicht ausreichender endogener Synthese die Einnahme eines Vitamin-D-Präparats erforderlich sein kann [47]. Dennoch zeigte sich im SR bei Personen, die sich vegetarisch oder vegan ernährten, eine Tendenz zu einem niedrigeren Vitamin-D-Status (25[OH]D) und häufigere unzureichende Versorgung (25[OH]D < 20 µg/L) sowie Vitamin-D-Mangel (25[OH]D < 10 µg/L) im Vergleich zu den jeweiligen Vergleichsgruppen [13].

In der veganen Gruppe erreichte die mittlere Zufuhr von Vitamin B₁₂ die Höhe des EAR nur, wenn die Zufuhr über Nährstoffpräparate berücksichtigt wurde [13]. Da Lebensmittel pflanzlicher Herkunft keine nennenswerten Mengen an bioverfügbarem Vita-



min B₁₂ enthalten, ist bei veganer Ernährung die Zufuhr über ein Präparat erforderlich [48].

Für EPA und DHA wird von der *National Academy of Medicine* eine *Acceptable Macronutrient Distribution Range* angegeben (AMDR). Dies ist ein Wert für einen energieliefernden Nährstoff, der mit einem niedrigeren Risiko für chronische Erkrankungen assoziiert ist. Für α -Linolensäure wird hingegen ein *Adequate Intake* (AI), also ein von der gesunden Bevölkerung abgeleiteter Wert angegeben [49]. Bei Personen, die sich vegan ernährten, lag die mittlere angegebene Zufuhr für α -Linolensäure oberhalb des AI, während EPA und DHA unterhalb des unteren Wertes des AMDR lag [13]. Der niedrigere EPA- und DHA-Status im Blut trotz einer höheren Zufuhr von α -Linolensäure weist laut Autor*innen darauf hin, dass die Eigensynthese von EPA und DHA aus α -Linolensäure sowohl bei vegetarischer als auch veganer Ernährung potenziell nicht ausreichend sein könnte [13]. Des Weiteren schlussfolgern die Autor*innen auf Basis der eingangs erläuterten Hypothese, dass bei einer mittleren Zufuhr sowohl unterhalb als auch in Höhe des EAR bei einem nennenswerten Anteil der Bevölkerung das Risiko eines Mangels vorliegen könnte und dass bei einer veganen Ernährung ein Risiko für eine unzureichende Zufuhr von EPA, DHA, Calcium, Zink, Jod und Eisen (bei Frauen) bestehen könnte [13]. Neufingerl und Eilander [13] schlussfolgern weiter, dass das häufigere Vorkommen eines niedrigeren Eisenstatus (Plasma- oder Serum-Ferritin) sowie eines Ferritinmangels ($< 15 \mu\text{g/L}$) und Anämie (Hämoglobin $< 120/130 \text{ g/L}$ bei Frauen/Männern) bei vegetarischer oder veganer Ernährung im Vergleich zu omnivorer Ernährung darauf hinweise, dass die geringere Bioverfügbarkeit von Eisen aus pflanzlichen Lebensmitteln nicht vollständig durch die oft höhere Zufuhr bei veganer Ernährung kompensiert wird. In demselben SR wurde das EAR für Calcium unabhängig von der Ernährungsweise in einigen Studien nicht erreicht, wobei eine vegane Ernährung tendenziell mit einer niedrigeren Calciumzufuhr assoziiert war, verglichen mit einer vegetarischen oder omnivoren Ernährung [13]. Auch die Ergebnisse des umfangreichsten SR mit MA [11] aus dem UR (♦ Abbildung 1) geben Hinweise darauf, dass die Calciumzufuhr bei veganer Ernährung geringer ausfallen könnte als bei vegetarischer oder omnivorer Ernährung.

In der **NuEva-Studie** war eine vegane Ernährung mit einer niedrigeren mittleren angegebenen Zufuhr von Protein, mehrfach ungesättigter Fettsäuren, davon insbesondere der n-3-Fettsäuren, Pantothenensäure, Riboflavin, Vitamin B₁₂, Vitamin A, Vitamin D, Calcium, Kalium, Eisen (bei Frauen) und Zink im Vergleich zu den entsprechenden DGE-/ÖGE-Referenzwerten assoziiert [45]. Neufingerl und Eilander sowie die Autor*innen der Publikation zur NuEva-Studie benennen somit trotz unterschiedlicher Vergleichswerte (EAR bzw. DGE-/ÖGE-Referenzwerte) und unterschiedlicher Datengrundlage zu einem großen Teil dieselben Nährstoffe als kritisch [13, 45]. Während Neufingerl und Eilander [13] ein SR durchgeführt haben, handelt es sich bei der NuEva-Studie um eine deutsche Querschnitterhebung mit kleiner Stichprobengröße (vegan n = 58) [45].

Unterschiede in Prävalenzraten zum Mangel von Nährstoffen je nach Ernährungsweise wurden wegen fehlender Daten in der Regel nicht untersucht. Neufingerl und Eilander [13] beschreiben Biomarkerdaten zur Beurteilung einer angemessenen Nährstoffversorgung, es werden aber keine Aussagen zu Symptomen eines

Nährstoffmangels getroffen. Hierzu wurde im Rahmen der durchgeführten Recherchen keine Publikation identifiziert.

Die Beurteilung der **Vitamin-A**-Zufuhr bei einer veganen Ernährung wird durch die Verwendung unterschiedlicher Berechnungsgrundlagen zur Umwandlung von Provitamin-A-Carotinoiden in Retinol erschwert. Der DGE-/ÖGE-Referenzwert für Vitamin A basiert auf der Verwendung von Retinolaktivitätsäquivalenten (*Retinol Activity Equivalents*, RAE, Umwandlungsrate 12–24:1), während in den eingeschlossenen Publikationen Retinoläquivalente (*Retinol Equivalents*, RE, Umwandlungsrate 6–12:1) angegeben wurden [8, 13, 45, 46]. Die Berechnung über RE führt zu höheren ermittelten Retinol-Zufuhrwerten aus Provitamin-A-Carotinoiden als die Verwendung von RAE, weshalb der Vergleich mit dem Referenzwert eingeschränkt ist. Eine adäquate Vitamin-A-Versorgung bei veganer Ernährungsweise ist prinzipiell durch die alleinige Zufuhr von Provitamin-A-Carotinoiden durch die Konversion zu Vitamin A möglich, sofern keine Störungen der Fettverdauung und -absorption sowie in der Enzymaktivität für die Umwandlung in Retinol vorliegen. Zudem muss eine bewusste Lebensmittelauswahl getroffen werden. Insbesondere bei vulnerablen Bevölkerungsgruppen kann eine Umsetzung aufgrund der dafür relativ hohen notwendigen Verzehrsmengen an Provitamin-A-haltigen Lebensmitteln schwierig sein, sodass das Risiko für eine Unterversorgung erhöht sein kann [46]. Die individuelle Varianz im Provitamin-A-Metabolismus ist bisher wenig erforscht, zudem existiert eine Vielzahl an Einflussfaktoren auf die Konversionsrate [50]. Insgesamt gilt, dass Vitamin A aufgrund der Unsicherheiten ein möglicher weiterer potenziell kritischer Nährstoff bei veganer Ernährung sein könnte und dies weiter untersucht werden muss.

Die Ergebnisse des UR zeigen, dass eine vegane Ernährung mit einer niedrigeren **Jodzufuhr** und einer tendenziell schlechteren Jodversorgung im Vergleich zu einer omnivoren Ernährung assoziiert ist [12, 13]. In dem SR mit MA zur Jodzufuhr bei Kindern und Jugendlichen zeigte sich eine Tendenz zu einer niedrigeren Jodzufuhr, dabei wiesen Kinder und Jugendliche, die sich vegan ernährten, in zwei der drei eingeschlossenen Primärstudien niedrigere Zufuhrwerte auf, während in der verbleibenden Primärstudie kein Unterschied beobachtet wurde [8]. In den MAs bei Erwachsenen und bei Kindern und Jugendlichen war das Konfi-



denzintervall (KI) sehr breit, was keine präzise Schätzung der Effektgröße ermöglicht. Zum Jodstatus bei Kindern und Jugendlichen lagen zwei Primärstudien vor, die jedoch wenig vergleichbar waren, da nur in einer der Studien für Kreatinin im Urin standardisiert wurde. Während in der kleineren der beiden Studien kein Unterschied im Jodstatus (Jod-Kreatinin-Quotient im Spontan-Urin) zu beobachten war (vegan $n = 6$) [51], war in der anderen Studie (vegan $n = 75$) eine vegane Ernährung bei Kindern und Jugendlichen mit einem niedrigeren Jodstatus (Jodgehalt im Spontan-Urin) assoziiert [52]. Weitere Primärstudien, die neben dem Vergleich zwischen den Gruppen auch einen Vergleich mit Referenzwerten durchführten, wiesen darüber hinaus auf eine insgesamt häufig zu niedrige Jodzufuhr sowie einen häufig zu niedrigen Jodstatus hin. So war die Jodausscheidung im Urin in der NuEva-Studie bei allen Ernährungsweisen im Mittel geringer als $100 \mu\text{g/L}$ [45] und somit unterhalb des Grenzwertes der *World Health Organization* (WHO) für Jodmangel [45, 53]. Dabei wiesen in der NuEva-Studie Personen, die sich vegan ernährten, die niedrigste Jodausscheidung auf [45]. Eine weitere deutsche Querschnittstudie zeigte ähnliche Ergebnisse bzgl. der Jodzufuhr [54]. Die Ergebnisse decken sich mit weiteren deutschen Studien, die Jod als kritischen Nährstoff sowohl bei Erwachsenen als auch bei Kindern und Jugendlichen identifizierten [55, 56].

Laut einer Berechnung von Nicol et al. [57] liegt die Jodzufuhr bei einer pflanzenbasierten Ernährungsweise mit einem reduzierten Anteil tierischer Produkte wie der Referenzkost der EAT-Lancet-Kommission (*Planetary Health Diet*, PHD) bei circa $128 \mu\text{g}$ pro Tag. Die Hauptquellen für Jod waren in dieser Berechnung tierische Lebensmittel wie Kuhmilch und Kuhmilchprodukte, Eier und Fisch. Wird die Kuhmilch nicht durch mit Jod angereicherte pflanzliche Milchalternativen ersetzt, liegt die Zufuhr lediglich bei $54 \mu\text{g}$ pro Tag [57]. In einer Marktstichprobe der Verbraucherzentrale NRW aus dem Jahr 2021 waren unter den insgesamt 71 pflanzlichen Milchalternativen lediglich zwei mit Jod angereicherte Produkte [58]. Da weitere relevante Jodquellen in der Berechnung Eier und Fisch waren [57], welche bei einer veganen Ernährung nicht verzehrt werden, ist bei einer veganen Ernährung mit einer noch niedrigeren Jodzufuhr zu rechnen. Sowohl für Zufuhrdaten von Jod in den betrachteten Studien als auch die Berechnung von Nicol et al. [59] gilt, dass diese in der Regel

die Verwendung von jodiertem Speisesalz im Haushalt sowie die Zufuhr aus mit jodiertem Speisesalz verarbeiteten Lebensmitteln nicht oder nicht quantitativ berücksichtigen [8, 12, 60]. Etwa die Hälfte der empfohlenen Jodzufuhr von etwa $200 \mu\text{g}$ pro Tag kann bei einer Speisesalzzufuhr entsprechend des DGE-Orientierungswertes von bis zu 6 g pro Tag über jodiertes Speisesalz gedeckt werden.² Jedoch wird weder im Haushalt noch in der Lebensmittelproduktion flächendeckend jodiertes Speisesalz verwendet [63, 64]. Algen mit moderatem und deklariertem Jodgehalt können zur Bedarfsdeckung beitragen. Da Algen aufgrund ihrer stark schwankenden Jodgehalte zu einer übermäßigen Jodzufuhr ($> 500 \mu\text{g}$ pro Tag) führen können, welche insbesondere bei einer geringen habitualen Jodzufuhr gesundheitliche Probleme mit sich bringen kann, können Algen nicht uneingeschränkt empfohlen werden [65, 66]. Daten zum tatsächlichen Beitrag von Algen zur Bedarfsdeckung von Jod bei veganer Ernährung liegen bisher nicht vor.

Bei der Beurteilung der Nährstoffversorgung ist die Anreicherung von Lebensmitteln mit Nährstoffen zu berücksichtigen. Ein Beispiel dafür, dass diese international sehr unterschiedlich ist, ist die Anreicherung von Mehl. Weltweit gibt es in über 90 Ländern Rechtsvorschriften, die die Anreicherung von mindestens einer industriell gemahlene Getreideart vorschreiben [67]. In Europa ist Großbritannien das einzige Land, in dem eine Anreicherung von Weizenmehl mit Calciumcarbonat (min. 235, max. 390 mg/100 g), Eisen (min. 1,65 mg/100 g), Thiamin (min. 0,24 mg/100 g), Niacin oder Niacinamide (min. 1,6 mg/100 g) verpflichtend ist [68], während in z. B. Nord- und Südamerika eine Anreicherung von Weizenmehl sowie von Mehl anderer Getreidearten u. a. mit Calcium, Eisen oder Folsäure flächendeckend vorgeschrieben ist [69]. Darüber hinaus gibt es z. B. in den USA eine freiwillige Anreicherungspraxis, bei der die Höhe der Anreicherung im Ermessen der herstellenden Unternehmen liegt und nur in Ausnahmen reglementiert ist [70].

Da die Studienergebnisse in SR unabhängig von dem Land, in dem die Studie durchgeführt wurden, zusammengefasst werden, kann der Beitrag von angereicherten Lebensmitteln zur Nährstoffversorgung im UR nicht klar identifiziert werden, was die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die Versorgungssituation in Deutschland einschränkt.

Zusammenhänge einer veganen Ernährung mit dem Risiko für ernährungsmitbedingte Erkrankungen

- Für mehrere Endpunkte konnte eine Tendenz für ein niedrigeres Risiko bei veganer Ernährung im Vergleich zu den Referenzgruppen beobachtet werden.

² Bei einem mittleren Jodgehalt von $20 \mu\text{g/g}$ in jodiertem Speisesalz werden unter der Annahme, dass das gesamte im Haushalt verwendete sowie über verarbeitete Produkte zugeführte Speisesalz jodiert ist, bei Einhaltung der empfohlenen Obergrenze von 6 g pro Tag täglich maximal $120 \mu\text{g}$ Jod über jodiertes Speisesalz zugeführt ($20 \mu\text{g/g} \times 6 \text{ g/Tag} = 120 \mu\text{g/Tag}$) [61, 62].



- Für die Gesamtmortalität, Krebsinzidenz sowie ischämische Herzkrankungen lagen Effektschätzer vor, die auf Vorteile einer veganen Ernährungsweise hinweisen.
- Für die Inzidenz von kardiovaskulären Erkrankungen insgesamt sowie Schlaganfall und die Diabetesprävalenz konnten keine klaren Unterschiede abgeleitet werden (♦ Abbildung 4).
- Für die Frakturinzidenz wurde der größte Unterschied zwischen veganer und omnivorer Ernährung mit einem erhöhten relativen Risiko bei veganer Ernährung beobachtet.

Insgesamt liegt für diese Unterschiede nur eine sehr niedrige oder niedrige CoE vor und die Anzahl der zugrunde liegenden Studien ist gering, wodurch die Ergebnisse nur als mögliche Tendenzen zu verstehen sind. Es zeigte sich auch eine Tendenz zu einer niedrigeren **Knochenmassendichte** (♦ Abbildung 3) bei veganer verglichen mit einer omnivoren Ernährung.

Jedoch wurden in zwei der drei zugrundeliegenden Studien viele potenzielle Störfaktoren nicht berücksichtigt. Neufingerl und Eilander [13] beobachteten in ihrem SR außerdem erhöhte Werte für Parameter des Knochenbaus und der Knochenresorption bei veganer Ernährung. Ein möglicher Grund für den Zusammenhang von Knochengesundheit und veganer Ernährung ist die tendenziell niedrigere Calciumzufuhr und der tendenziell schlechtere Vitamin-D-Status. Personen, die sich vegan ernähren, weisen zudem häufig einen niedrigeren BMI auf, welcher wiederum mit einer niedrigeren Knochendichte und einem erhöhten Frakturrisiko assoziiert ist [71–73]. In Analysen einer großen prospektiven Kohortenstudie (EPIC-Oxford) wurde der Zusammenhang einer veganen Ernährung mit einem um 30 % erhöhten Frakturrisiko nicht mehr beobachtet, wenn nur Teilnehmende mit einer Calciumzufuhr von mindestens 525 mg pro Tag berücksichtigt wurden, unabhängig von der Ernährungsweise [71]. In einer neueren Analyse der EPIC-Oxford wurde der Zusammenhang zwischen einer veganen Ernährung und einem erhöhten Frakturrisiko, insbesondere für Hüftfrakturen, beobachtet. Dieser Zusammenhang blieb auch unter Berücksichtigung vieler potenziell relevanter Faktoren wie Geschlecht, BMI, Protein- und Calciumzufuhr bestehen. Somit ist möglich, dass es weitere relevante Faktoren gibt [72].

Selinger et al. [6] haben neben der gesunden erwachsenen Allgemeinbevölkerung auch Studien zu „**High Risk-Populations**“, also Gruppen mit erhöhtem Risiko für ernährungsmitbedingte wie kardiovaskuläre Erkrankungen z. B. aufgrund von Diabetes mellitus oder Adipositas, betrachtet und hierbei ähnliche Zusammenhänge wie in der gesunden erwachsenen Allgemeinbevölkerung gesehen. Zudem scheinen Personen mit erhöhtem Risiko für ernährungsmitbedingte Erkrankungen stärker von einer veganen Ernährung profitieren zu können als gesunde Personen.

Ein mögliches Vorgehen zur Beurteilung der **physiologischen Relevanz** von gesundheitsbezogenen Parametern, z. B. Serumlipiden, ist die Betrachtung der mittleren Differenz in Relation zu den jeweiligen Referenzwerten³ [74]. Auf dieser Beurteilungsbasis liegen in der gesunden erwachsenen Allgemeinbevölkerung bei veganer Ernährung physiologisch relevant niedrigere Werte für BMI, HDL-, LDL- und Gesamtcholesterol sowie Nüchternnglucose vor. Für den systolischen und diastolischen Blutdruck sind die Unterschiede auf Basis des Beurteilungsschemas mit Bezug auf die Referenzwerte zu gering, um sie als physiologisch relevant zu beurteilen. Die Ergebnisse der MAs von Koller et al. [8] zeigen ähnliche Tendenzen

hinsichtlich der Blutlipide. Mit Ausnahme des niedrigeren HDL-Cholesterols ist das Serumlipidprofil sowie die niedrigere Nüchternnglucose vorteilhaft im Hinblick auf das Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen [75]. Zugrundeliegende mögliche physiologische Mechanismen hinter den Ergebnissen wurden von Selinger und Neuenschwander et al. [6] beschrieben.

„Gesunde“ vs. „ungesunde“ vegane Ernährung

Eine vegane Ernährung wird in der Regel mit einem hohen Anteil an gesundheitsfördernden und wenig verarbeiteten Lebensmitteln wie Obst und Gemüse, Vollkorngetreide, Hülsenfrüchten sowie Nüssen und Samen in Verbindung gebracht. Aber auch weniger empfehlenswerte Lebensmittel wie Weißmehlprodukte, zuckergesüßte Getränke, Snacks und Süßwaren können in einer veganen Ernährung enthalten sein [76]. Bisher wurde die Ausgestaltung von veganen Ernährungsweisen wenig untersucht. Zwei Ernährungsmusteranalysen [77, 78] zeigten, dass sich vegane ebenso wie omnivore Ernährungsweisen in der Lebensmittelauswahl und der Ernährungsqualität unterscheiden können. Während ein Teil der Personen mit veganer Ernährungsweise eine eher gesundheitsbewusste Lebensmittelauswahl trafen, wiesen andere in ihrer Ernährung einen hohen Anteil von stark verarbeiteten Lebensmitteln auf [77, 78].

Mit steigendem Angebot und Nachfrage gewinnen insbesondere pflanzliche Milch- und Fleischalternativen, welche häufig stark verarbeitet sind, an Bedeutung [79–81]. Diese können sowohl potenzielle ernährungsphysiologisch günstige als auch ungünstige Aspekte aufweisen [82, 83]. Es handelt sich bei **pflanzlichen Milch- und Fleischalternativen** um eine heterogene Gruppe, deren Produkte sich stark in den verwendeten Inhaltsstoffen, dem Verarbeitungsgrad sowie dem Gehalt ernährungsphysiologisch eher ungünstiger Zutaten wie Salz oder gesättigten Fettsäuren unterscheiden. Daher kann für den Verzehr von pflanzlichen Milch- und Fleischalternativen kein abschließendes Fazit formuliert werden.

Limitationen des UR zur Dimension Gesundheit

Im Rahmen des durchgeführten UR wurde pro Endpunkt und Bevölkerungsgruppe nur das SR mit den meisten Primärstudien eingeschlossen. Dadurch ist möglich, dass durch die

³ Der minimal erforderliche Unterschied ist eine Abweichung von $\pm 2,5$ % des Referenzwertes [74].



Suchterme der jeweiligen SR nicht jede Primärstudie, die den jeweiligen Endpunkt betrachtet, abgebildet wird. Jedoch war die Überlapung der Primärstudien in den SR sehr hoch, wodurch keine großen Abweichungen in den Ergebnissen verschiedener SR zu erwarten gewesen wären. Durch die ergänzende systematische Literaturrecherche nach Primärstudien für die vulnerablen Gruppen, für die keine umfassenden Daten in SRs vorlagen (Schwangere, Stillende, Senior*innen), konnte dennoch die aktuelle Datenlage abgebildet werden. Die Ergebnisse für Kinder und Jugendliche von Koller et al. [8] sind aufgrund von Altersunterschieden in den Kollektiven als Mittelwertquotienten angegeben. Dadurch ist ein Vergleich mit Referenzwerten oder mit Ergebnissen von Studien, die andere statistische Parameter ermittelt haben, nicht möglich.

Eine weitere Limitation ist das Fehlen einer einheitlichen Definition von veganer Ernährung in den zugrundeliegenden Studien. Während sich einige Studien auf eine strikt vegane Ernährung, also eine Ernährung mit konsequentem Verzicht von tierischen Produkten bezogen, wurden in anderen Studien Personen, die einen sehr geringen Verzehr von tierischen Lebensmitteln aufwiesen (z. B. Milch und Eier seltener als einmal pro Woche oder Monat) der veganen Gruppe zugeordnet [6]. Die Daten zur Ernährungsweise basieren i. d. R. auf Selbstauskünften, sodass die Ernährungsweisen in vielen Studien nicht eindeutig voneinander getrennt werden, z. B. vegetarischer von pescetarischer Ernährung [84].

Weiterhin beruht ein Großteil der SR auf nicht-repräsentativen Querschnittstudien, welche die potenziellen kurz- oder langfristigen Effekte auf Nährstoffzufuhr/-status und weitere gesundheitsbezogene Endpunkte, z. B. bei fehlender oder nicht ausreichender Berücksichtigung der Dauer der veganen Ernährung, nur eingeschränkt abbilden können. Dies kann potenziell zu Fehleinschätzungen im Sinne einer Über- oder Unterschätzung gesundheitlicher Auswirkungen führen. Durch die genannten Punkte ist die Generalisierbarkeit der Ergebnisse eingeschränkt. Für Krankheitsendpunkte hingegen (♦ Abbildung 4) konnten überwiegend prospektive Kohortenstudien identifiziert werden. Weiterhin wurden bei der Auswertung in den Studien zum Teil Störfaktoren (z. B. Geschlecht, Alter, BMI, körperliche Aktivität, sozioökonomischer Status) nicht berücksichtigt, sodass eine Verzerrung der Ergebnisse nicht ausgeschlossen werden kann. Es wird diskutiert, ob in Studien beobachtete

potenzielle gesundheitliche Vorteile von vegetarischer oder veganer Ernährung durch den häufig gesundheitsbewussteren Lebensstil bedingt werden. Viele Erhebungen erfassen und kontrollieren nicht für diese Faktoren [85].

Fazit zur Dimension Gesundheit

Die Ergebnisse des UR zeigen bei niedriger Vertrauenswürdigkeit der Evidenz günstige Zusammenhänge bei Erwachsenen in der gesunden erwachsenen Allgemeinbevölkerung im Hinblick auf die kardiometabolische Gesundheit, während Hinweise für ein erhöhtes Risiko für eine schlechtere Knochengesundheit bei veganer Ernährung identifiziert wurden. Für die vulnerablen Gruppen konnte lediglich ein umfangreiches SR zu veganer Ernährung bei Kindern und Jugendlichen identifiziert werden. Für alle anderen vulnerablen Bevölkerungsgruppen lagen keine umfassenden SRs vor. Die wenigen Primärstudien für diese Gruppen treffen für viele relevante Parameter keine Aussage. Zukünftige Studien könnten dies ändern.

Bei den potenziell kritischen Nährstoffen nimmt neben Vitamin B₁₂ auch Jod eine Sonderstellung ein. Jod gilt in der deutschen Allgemeinbevölkerung, unabhängig von der Ernährungsweise, als kritisch. Die Versorgung bei veganer Ernährung scheint aber noch schlechter auszufallen. Die Versorgung von Vitamin A bei veganer Ernährung muss zukünftig weiter untersucht werden. Vitamin A könnte einen weiteren potenziell kritischen Nährstoff bei veganer Ernährung darstellen.

Eine vegane Ernährung kann, wie auch andere Ernährungsweisen, nicht pauschal bewertet werden. Für alle Ernährungsweisen gilt: Je stärker die Lebensmittelauswahl eingeschränkt wird und je weniger abwechslungsreich gegessen wird, desto mehr steigt das Risiko für eine unzureichende Zufuhr von Nährstoffen.

Diese Unterschiede in der Ausgestaltung der Ernährungsweise werden häufig in Primärstudien nicht berücksichtigt, sind aber für die Interpretation der Daten sowie die Umsetzung einer veganen Ernährungsweise von Bedeutung.

Dimension Umwelt

Methodik zur Dimension Umwelt

Im Rahmen des UR zur Bewertung der Gesundheitswirkungen konnten auch die Umweltwirkungen einer veganen Ernährung umfassend abgebildet werden. Hierbei wurde das aktuellste SR eingeschlossen [86] und somit ältere Reviews mit geringerem Informationsgehalt sowie jene, die sich nicht explizit mit veganen Ernährungsweisen beschäftigten, ausgeschlossen [86–89]. Darüber hinaus wurden im zweiten Schritt zwei Primärstudien mit Modellsimulationen (Ernährungssystem-Modelle) eingeschlossen [90, 91]. Scarborough et al. [91] verwendeten Ernährungsdaten aus Großbritannien von 1993–1999 und verknüpften sie mit den aktuellen Charakterisierungsfaktoren, d. h. Koeffizienten zu einzelnen potenziellen Umwelteffekten pro Produkteinheit aus einer Studie von Poore & Nemecek [92]. Die Ernährungsweisen



wurden anhand ihres Konsums von tierischen Lebensmitteln klassifiziert und der Effekt einer veganen Ernährungsweise auf die Umwelt im Vergleich zu einer Ernährungsweise mit einem hohen Fleischkonsum berechnet (Reduktionswirkung). O'Malley et al. [90] verwendeten Verzehrdaten aus den USA von 2005–2010 und verknüpften diese mit Daten aus Heller et al. [93] zu Treibhausgasemissionen von Lebensmittelgruppen. Die Ergebnisse zur Reduktionswirkung in • Tabelle 1 beziehen sich auf den Vergleich mit der durchschnittlichen Ernährungsweise aus der oben genannten Stichprobe.

Während sich Nährstoffzufuhr und Gesundheitswirkungen der veganen Ernährung am menschlichen Individuum manifestieren und beobachten lassen, sind die Umweltwirkungen nur durch Modellrechnungen ableitbar. Wie in den oben genannten Primärstudien werden in den Studien meist potenzielle Umweltwirkungen durch Ökobilanzierungen berechnet, indem die Konsummengen mit den genannten Charakterisierungsfaktoren multipliziert werden. Diese Studien [91, 94, 95] geben die Umweltwirkungen spezifischer Nahrungsmittel wieder, können allerdings nur lineare Zusammenhänge, also ohne dynamische Anpassungen im Agrar- und Ernährungssystem, abbilden. Deshalb wurden zur Einordnung der Ergebnisse zusätzlich Studien herangezogen, die die Umweltwirkungen von Reduktionen in der Produktion und im Konsum von tierischen Lebensmitteln durch Modellrechnungen zeigen [90, 91]. Diese Studien sind ergänzend zu den oben genannten SRs anzusehen, da sie die Umweltwirkungen und komplexen ökologischen und ökonomischen Zusammenhänge innerhalb des Agrar- und Ernährungssystems differenzierter abbilden können. Dies ist insbesondere dann relevant, wenn über eine vegane Ernährung breiter Bevölkerungsteile diskutiert wird. Allerdings können im Rahmen von Modellsimulationen in der Regel nur Lebensmittelgruppen und keine einzelnen Lebensmittel beschrieben werden.

Ergebnisse zur Dimension Umwelt

Die Ergebnisse des SR [86] und der zwei Modellierungsstudien [90, 91] (• Tabelle 1) zeigen, dass eine vegane Ernährungsweise bezüglich nahezu aller Indikatoren mit eindeutig geringerer Umweltbelastung verbunden ist als übliche omnivore Ernährungsweisen. Die Studien kommen allerdings bei einigen Indikatoren zu unterschiedlichen Schlüssen hinsichtlich der Größe ihres Reduktionspotenzials.

Hinsichtlich des Indikators Treibhausgasemissionen geben alle Studien ein relativ konsistentes Reduktionsniveau von 69–81 % an [86, 90, 91]. Die KI der drei dargestellten Studien sind relativ schmal und die Schätzung damit recht präzise. Dagegen ergibt sich bei den anderen Umweltindikatoren ein wesentlich heterogeneres Bild. So kann die Landnutzung gemäß Jarmul et al. [86] lediglich um 3 % reduziert werden, während Scarborough et al. [91] von einer durchschnittlichen Reduktion von 75 % ausgehen [86, 91]. Bezüglich des Wasserverbrauchs berichteten Jarmul et al. [86] sogar eine 13-prozentige Erhöhung, während Scarborough et al. [91] eine Senkung um 54 % berechneten [86, 91]. Auch die Reduktion des Eutrophierungspotenzials gemäß Scarborough et al. [91] ist mit 73 % wesentlich höher als die von Jarmul et al. [86] berechneten Reduktionen im Stickstoff- und Phosphorverbrauch (18 bzw. 11 %) [86, 91]. Scarborough et al. [91] gaben zudem den Biodiversitätsverlust, gemessen an der Anzahl an aussterbenden Arten an. Dieser wurde für eine vegane Ernährung mit einer Reduktion von 66 % angegeben.

Diskussion zur Dimension Umwelt

Aus den Ergebnissen geht hervor, dass von einer geringeren Umweltbelastung einer veganen Ernährung im Vergleich zu aktuellen, omnivoren Ernährungsweisen auszugehen ist, lediglich beim Wasserverbrauch sind die Ergebnisse uneinheitlich. Im Allgemeinen gilt: Je geringer der Anteil tierischer Produkte in der Ernährung, desto geringer ist die Umweltbelastung [87, 91]. Allerdings müssen die quantitativen Angaben des Reduktionspotenzials mit Vorsicht interpretiert werden. Während Lebenszyklusanalysen (eng. *Life-Cycle-Assessment*, LCA) auf relativ starren Annahmen bezüglich produkt- und regionspezifischer

Umweltwirkung	Jarmul et al. 2020 Systematisches Review	Scarborough et al. 2023 Pri- märstudie UK1	O'Malley et al. 2023 Primärstudie US
Treibhausgasemissionen	–81 % (–87 %; –75 %)	–75 % (–63 %; –85 %)	–69 % (NA)
Landnutzung	–3 % (–16 %; 11 %)	–75 % (–56 %; –93 %)	
Wasserverbrauch	13 % (–12 %; 38 %)	–54 % (–19 %; –79 %)	
Eutrophierung		–73 % (–60 %; –81 %)	
Stickstoffverbrauch	–18 % (–26 %; –9 %)		
Phosphorverbrauch	–11 % (–26 %; 3 %)		
Biodiversitätsverlust		–66 % (–35 %; –88 %)	

Tab. 1: Reduktionspotenzial¹ (95 % KI) einer veganen Ernährung im Vergleich zu omnivoren Ernährungsweisen. Daten gemäß dem aktuellsten systematischen Review (Jarmul et al. 2020 [86]) und Primärstudien aus den USA (O'Malley et al. 2023 [90]) und UK (Scarborough et al. 2023 [91]) (Mittelwerte und 95 % Konfidenzintervall [KI])

¹ Im Vergleich zu einer Ernährung mit hohem Fleischkonsum

Emissionsparameter oder Landnutzungs-koeffizienten basieren, sind umfassende Modellsimulationen auch in der Lage, die dynamischen Veränderungen im gesamten Ernährungssystem bei einer starken Veränderung der Ernährungsmuster abzubilden. Allerdings können LCA besser produktspezifische Umweltwirkungen abbilden, während Modellsimulationen in der Regel Lebensmittelgruppen betrachten. Um die vorhandenen Unsicherheiten besser abschätzen zu können, wurde hier ein breites Spektrum an methodischen Ansätzen in die Bewertung einbezogen.

In **Kasten 1** werden einige methodische Aspekte angesprochen, welche bei der Interpretation der quantitativen Ergebnisse berücksichtigt

werden müssen. Abschließend ist zu betonen, dass die dargestellten Ergebnisse auf den oben genannten linearen Modellen beruhen, die die Menge konsumierter Lebensmittel mit deren Charakterisierungsfaktoren multipliziert. Dadurch werden verschiedene Aspekte, die bei einer Umstellung weiter Teile der Bevölkerung auf eine vegane Ernährung relevant wurden, nicht berücksichtigt. Insbesondere die Nutzung der Graslandressourcen für die menschliche Ernährung und die Nutzbarmachung von Nahrungsmittelabfällen und Nebenprodukten für die Fütterung müssen als zusätzliche Proteinquellen betrachtet werden, die im Falle einer veganen Ernährung komplett wegfallen würden [98, 104–108]. **Modellrechnungen** legen aber nahe, dass eine stark pflanzenbetonte Ernährungsweise mit bis zu etwa 9 g Protein pro Person und Tag aus Lebensmitteln tierischer Herkunft, die nicht in Flächenkonkurrenz zur direkten menschlichen Ernährung stehen [98, 105], eine ähnlich positive Umweltbilanz aufweist wie eine rein vegane Ernährung [98, 105, 109–111].

Kasten 1: Methodische Herausforderungen bei der Berechnung der Umweltauswirkungen verschiedener Ernährungsweisen

- Zur Umrechnung der **Klimawirkung von Methan und Lachgas** in CO₂-Äquivalente wird meist das *Global Warming Potential* (GWP) über einen Zeitraum von 100 Jahren herangezogen, das auch im Einklang mit den Emissionsminderungszielen des Pariser Abkommens von 2015 steht [96]. Andere Berechnungsverfahren für das GWP würden vor allem die Bewertung von Methan und die Beurteilung von Lebensmitteln aus Wiederkäuerhaltung verändern [97], sind aber bisher in der Modellierung nur schwierig umzusetzen. Allerdings müssten auch auf der Basis dieser alternativen GWP-Verfahren die Methan-Emissionen zur Begrenzung der globalen Erwärmung auf maximal 1,5 Grad in den nächsten 30 Jahren stark gesenkt werden.
- Auch bei der Berechnung der **Landnutzung** geht man davon aus, dass insbesondere Produkte aus graslandbasierten Wiederkäuersystemen, welche weltweit etwa zwei Drittel der landwirtschaftlichen Nutzfläche ausmachen, benachteiligt werden, da sie teilweise nicht ackerfähiges, relativ unproduktives Land für die menschliche Ernährung erschließen [98]. Die Abbildung von graslandbasierten Produktionssystemen stellt für die vorhandenen Modelle bisher noch eine große Herausforderung dar [99]. Man muss beispielsweise berücksichtigen, dass sowohl die Produktivität der Nutztiere und der Futterproduktion als auch die Futterzusammensetzung regional und zwischen den Produktionssystemen stark variieren. Dies erklärt auch den vorhandenen Unsicherheitsbereich bei der Abschätzung der gesamten Landnutzungsänderungen aufgrund von Ernährungsumstellungen in größerem Umfang.
- Die Ergebnisse bzgl. **Wasserverbrauch** sind wenig aussagekräftig, da die Daten von Jarmul et al. [86] nur auf drei Beobachtungen basieren und zudem noch sehr breit gestreut sind. Zudem setzt sich zunehmend eine geographisch explizite Berechnung unter Berücksichtigung der lokalen Wasserknappheit durch, für welche in den von Jarmul et al. [86] durchgeführten Berechnungen nicht differenziert wird. Auch hierzu gibt es verbesserte Modellansätze, die die räumlich heterogene Verfügbarkeit von Wasserressourcen explizit berücksichtigen und die Wasserknappheit genauer abschätzen können [100, 101].
- Schließlich gibt es auch hinsichtlich produktbezogener Auswirkungen auf die **Biodiversität** derzeit keine Methode, die sich durchgesetzt hat [102], weshalb die Ergebnisse von Scarborough et al. [91] ebenfalls zu relativieren sind. Die dort verwendete Methode [103] berücksichtigt hauptsächlich, dass bewirtschaftetes Land im Vergleich zu seinem Naturzustand meist weniger artenreich ist. Da die Futtermittelproduktion sehr viel Land erfordert, schneiden vegane Ernährungsweisen wesentlich besser ab. Insgesamt überschätzen die Werte von Scarborough et al. [91] das Reduktionspotenzial, weil eine vegane Ernährungsweise mit einer Ernährungsweise mit hohem Fleischkonsum (≥ 100 g/Tag) verglichen wird [91]. Vergleicht man eine vegane Ernährung mit einer Ernährungsweise mit mittlerem Fleischkonsum (50–99 g/Tag), ist gemäß Scarborough et al. [91] eine Reduktion von 47 % beim Wasserverbrauch sowie von 65 % bei Treibhausgasemissionen zu erwarten [91].



Fazit zur Dimension Umwelt

Im Vergleich zu derzeit vorherrschenden omnivoren Ernährungsweisen ist eine vegane Ernährung als äußerst umweltfreundlich anzusehen. Insbesondere das enorme Potenzial zur Senkung der Treibhausgasemissionen ist vielfach belegt. Ernährungsweisen mit geringen Anteilen an Lebensmitteln tierischer Herkunft sind allerdings ebenfalls deutlich umweltverträglicher als die derzeit übliche Ernährung in Deutschland.

Dimension Soziales

Bei der Erfassung und Bewertung der sozialen Dimension spielen Aspekte entlang der Wertschöpfungskette, also auf Seite der Produktion von Lebensmitteln, aber auch soziale Normen, der soziale Zusammenhalt sowie gesellschaftliche Teilhabe zum Beispiel im Hinblick auf die Auswirkungen der sozialen Dimension auf die Konsument*innen durch Preise von Lebensmitteln eine Rolle. Im Vergleich zu den Dimensionen Gesundheit und Umwelt besteht zum aktuellen Zeitpunkt in der Öffentlichkeit sowie in Wissenschaft und Politik weniger Einigkeit darüber, welche Ziele erreicht werden sollen und wie die Problemlage einzuschätzen ist [5]. Es gibt Arbeiten, die den Rahmen für diese Zieldimension definieren. Diese werden jedoch bisher nicht breit oder explizit für vegane Ernährungsweisen angewendet [104, 112]. Im Folgenden werden einige für diese Zieldimension relevante Aspekte beleuchtet.

Bei der sozialen Dimension der Ernährung ist die **Bezahlbarkeit**, z. B. auf Basis der Pro-Kopf-Ausgaben für Lebensmittel, relevant. Es wird oft diskutiert, dass eine vegane Ernährung teurer sei als eine omnivore Ernährung. Dabei wird u. a. das Argument herangezogen, dass der Preis von pflanzlichen Milch- oder Fleischalternativen derzeit häufig über dem des tierischen Äquivalents liegt. Neben den Unterschieden im Mehrwertsteuersatz (19 % für pflanzliche Milch- und Fleischalternativen vs. 7 % für Milch und Fleisch und daraus hergestellte Produkte [113]) könnte dies auch daran liegen, dass diese Produkte zurzeit noch in wesentlich geringeren Stückzahlen produziert werden [114]. Eine Markterhebung der Verbraucherzentrale zu pflanzlichen Fleischalternativen zeigte zudem deutliche Preisunterschiede zwischen konventionell und biologisch hergestellten Produkten. Während bei den konventionell hergestellten Produkten der Preis für die pflanzlichen Fleischalternativen deutlich höher als bei den vergleichbaren Fleischprodukten lag, war dieser Trend bei den biologisch hergestellten Produkten umgekehrt [114]. Bei einer stärkeren Verbreitung von stark pflanzenbetonten Ernährungsweisen und einer entsprechenden Nachfrageentwicklung könnten in Zukunft die Produktionskosten deutlich sinken [115, 116]. Der Markt für pflanzliche Fleisch- und Milchalternativen entwickelt sich zurzeit sehr dynamisch. Daher ist noch nicht absehbar, wie sich die relativen Preise zwischen tierischen und pflanzlichen Lebensmitteln in Zukunft verändern werden. Bei einer Umsetzung einer ambitionierten Klima- und Umweltpolitik könnten pflanzliche Alternativen zu tierischen Produkten zukünftig wettbewerbsfähig gegenüber tierischen Lebensmitteln werden.

- In einer Sekundäranalyse im Rahmen der *Vegetarian and Vegan Children and Youth*-Studie (n = 410, 6–18 Jahre; 2017–2019)

wurden die Lebensmittelausgaben einer vegetarischen, veganen und omnivoren Kost in dem Studienkollektiv mit überwiegend hohem sozioökonomischem Status verglichen [117]. Eine vegetarische Ernährung war mit den niedrigsten Lebensmittelausgaben assoziiert, die Ausgaben bei einer omnivoren und veganen Ernährung unterschieden sich nur geringfügig voneinander [117].

- In einer Untersuchung von Kabisch et al. [118] wurden auf Basis von modellierten Ernährungsplänen verschiedener Ernährungsweisen⁴ und den Preisen in deutschen Supermarktketten Vergleiche der Kosten aufgestellt. Im Vergleich zu einer omnivoren Ernährung mit einem hohen Anteil frisch gekochter Mahlzeiten war die modellierte vegane Ernährung um 16 % teurer, während die mediterrane Ernährung um 23 % und eine omnivore Ernährung mit hohem Fett- bei moderatem Kohlenhydratanteil um 67 % teurer war. Die ovo-lacto-vegetarische Ernährung war in der Modellierung die günstigste Ernährungsweise [118]. Keiner der modellierten Ernährungspläne konnte mit einem Budget von 150 € pro Person, entsprechend dem monatlich für Essen vorgesehenen Satz des Arbeitslosengeld II (Stand 2021), finanziert werden. Die Autor*innen schlussfolgern, dass insbesondere „gesunde“ Ernährung in Haushalten mit geringem Einkommen schwer zu bezahlen ist [118].

So führt auch der WBAE auf, dass ernährungsphysiologisch günstigere Lebensmittel wie Obst, Gemüse, Fisch oder mageres Fleisch im Vergleich zu energiedichten Lebensmitteln mit einem hohen Anteil an zugesetztem Zucker und Fett im Mittel (je 100 kcal) teurer sind [5]. Eine Veränderung von Ernährungsstilen, im Sinne einer Reduktion des Konsums tierischer Produkte, sei laut WBAE für die Verbraucher*innen dennoch eher kostensparend [5]. Hierbei spielen vor allem auch die politischen Rahmenbedingungen eine wichtige Rolle, d. h. inwieweit die versteckten Umwelt- und Gesundheitskosten verschiedener Lebensmittel in den Einzelhandelspreisen abgebildet werden [116, 119]. Wenn diese externen Kosten berücksichtigt werden, ergeben

⁴ Alle Ernährungsweisen decken die DGE-/ÖGE-Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr; (1) omnivore Ernährung mit hohem Anteil hochverarbeiteter Lebensmittel; (2) omnivore Ernährung mit hohem Anteil frisch gekochter Mahlzeiten; (3) eiweißarme vegane Ernährung; (4) fettarme ovo-lacto-vegetarische Ernährung; (5) fettarme omnivore Ernährung; (6) mediterrane Ernährung; (7) fettreiche moderat kohlenhydratreiche Ernährung [118]



sich bei einer stark pflanzenbetonten Ernährung deutlich geringere Lebensmittelausgaben im Vergleich zu einer omnivoren Ernährung [116, 120, 121]. Allerdings weisen Modellsimulationen darauf hin, dass bei einer starken Reduktion der Tierhaltung deutlich weniger Arbeitskräfte in der Landwirtschaft gebraucht werden. Dies kann zumindest in einem Übergangszeitraum zu sozialen Problemen in ländlichen Räumen führen [115].

Insgesamt sind die sozialen Aspekte einer veganen Ernährung sowohl auf individueller Ebene als auch auf Ebene entlang der Wertschöpfungskette komplex und schwer zu erfassen. Die Auswirkungen werden bisher nur unzureichend abgebildet und sind für Konsument*innen in der Regel nicht erkennbar [5]. Für die Beurteilung der sozialen Auswirkungen von veganer Ernährung sind zukünftige Entwicklungen, z. B. der Preise von Lebensmitteln, sowie die Etablierung von Systemen zur Messbarmachung entscheidend.

Der Konsum von Lebensmitteln sowie die Verwendung von Produkten tierischer Herkunft, welche bei einer veganen Ernährung gemieden werden, werfen in der Diskussion um das Tierwohl tierethische Fragen auf. Tierethik beschäftigt sich mit den Fragen eines angemessenen, gerechten oder guten Umgangs der Menschen mit Tieren. Die Tierschutzbewegung, zu der z. B. der Deutsche Tierschutzbund e. V. gehört, sieht grundsätzlich Tierhaltung zum Zwecke des Fleischverzehr als gerechtfertigt und hat das Ziel, diese im Sinne des Tierwohls zu reformieren. Die Tierrechtsbewegung, zu der Organisationen wie z. B. PETA (*People for the Ethical Treatment of Animals*) gehören, strebt hingegen eine vegetarische/vegane Ernährung an und stellt die landwirtschaftliche Nutztierhaltung grundsätzlich in Frage. Gesellschaftlich ist die Tierschutzbewegung laut WBAE insgesamt akzeptierter als die Tierrechtsbewegung und Verbände wie der Deutsche Tierschutzbund e. V. kooperieren mit der Industrie zur Verbesserung der Bedingungen in der Nutztierhaltung [126].

Derzeit gibt es zwar einige Bewertungsrahmen zur Erfassung von Tierwohl auf Ebene einer Tierart, jedoch sind Ansätze zur Bewertung der Auswirkungen von Ernährungsweisen in Bezug auf Tierwohl bisher wenig etabliert und wurden noch nicht umfassend für vegane Ernährung angewandt [127]. Dennoch ist davon auszugehen, dass eine vegane Ernährung hier am besten abschneiden würde.

Dimension Tierwohl

Die *Vegan Society* [122], welche im Jahr 1944 den Begriff „vegan“ zuerst im Zusammenhang mit Ernährung prägte, definierte Veganismus als Philosophie und Lebensweise, welche so weit wie möglich und praktikabel alle Formen, der Ausbeutung von und Grausamkeit gegenüber Tieren ablehnt [123].

In einer deutschen Erhebung wurden Personen, die sich vegan ernährten ($n = 329$), in einer offenen Frage nach ihrer zugrundeliegenden Motivation gefragt. Die meisten Personen (82 %) gaben hierbei mehrere Motive an. Mit fast 90 % waren tierbezogene Beweggründe (*animal-related motives*), wie tierwohl- oder tierrechtliche Motive oder weitere ethische Aspekte in Bezug auf Tiere, meistgenannt. Darauf folgten gesundheitsbezogene und umweltbezogene Motive (69 % bzw. 47 %) [124]. In einer internationalen Querschnitterhebung ($n = 7914$; vegan $n = 424$) wurden Einstellungen zum Tierschutz von Studierenden in 22 Ländern anhand eines Fragebogens erfasst. Die größte Varianz der Einstellungen zum Tierschutz wurde durch die Ernährungsweise erklärt, wobei eine vegane Ernährung mit höheren Einstellungen zum Tierschutz assoziiert war als eine omnivore Ernährung [125].

Ein verringerter Intensivierungsdruck in der Tierhaltung eröffnet neue Möglichkeiten zur Verbreitung artgerechter Haltungssysteme. Wenn die Nachfragereduktion dabei mit der Auswahl von Lebensmitteln tierischer Herkunft aus artgerechter Haltung einhergeht, kann dies zu mehr Tierwohl führen [4]. Ob dies in der Praxis so umgesetzt werden würde, könnten zukünftige Entwicklungen zeigen.

Fazit und Handlungsempfehlungen

In diesem DGE-Positionspapier zu veganer Ernährung wurden neben der Gesundheit die weiteren Zieldimensionen nachhaltiger Ernährung Umwelt, Soziales und Tierwohl betrachtet. Die bisherigen Ansätze zur Bewertung der Auswirkung von Ernährungsweisen auf Ebene der Zieldimensionen Soziales und Tierwohl sind noch nicht ausreichend etabliert und wurden bisher nicht umfassend angewendet. Daher wurden für die Neubewertung der Position der DGE zu veganer Ernährung die Zieldimensionen Gesundheit und Umwelt berücksichtigt. Die bisherigen Ansätze zu den Zieldimensionen Soziales und Tierwohl deuten jedoch darauf hin, dass eine zunehmende Verbreitung veganer Ernährung langfristig positive Auswirkungen haben könnte, es bei beiden Zieldimensionen aber auf zukünftige Anpassungen und Entwicklungen ankommt.

Die Ergebnisse der systematischen Literaturrecherche und -bewertung zur Zieldimension Gesundheit zeigen Hinweise für ein präventives Potenzial von veganer Ernährung für u. a. kardiometabolische Erkrankungen und Krebserkrankungen in der gesunden erwachsenen Allgemeinbevölkerung, während Hinweise auf ein erhöhtes Risiko



für eine schlechtere Knochengesundheit bei veganer Ernährung identifiziert wurden. Allerdings waren die Anzahl der zugrundeliegenden Studien häufig gering, die Studienkollektive klein und heterogen und in einigen Fällen lag ein Risiko für Verzerrung der Ergebnisse vor. Dies spiegelt sich in einer niedrigen oder sehr niedrigen Vertrauenswürdigkeit der Evidenz wider. Somit könnten zukünftige große, gut geplante Studien die Einschätzung verändern.

Eine vegane Ernährung kann, wie andere Ernährungsweisen auch, nicht pauschal bewertet werden. Wichtig für die Beurteilung der Auswirkungen auf die Gesundheit ist die Lebensmittelauswahl sowie, ob (potenziell) kritische Nährstoffe (u. a. durch Präparate) in bedarfsdeckender Menge zugeführt werden. Neben Vitamin B₁₂, bei dem eine dauerhafte und zuverlässige Supplementation zwingend erforderlich ist, nimmt Jod eine besondere Stellung als potenziell kritischer Nährstoff ein. Jod gilt in der deutschen Allgemeinbevölkerung, unabhängig von der Ernährungsweise, als kritisch. Die Ergebnisse aus dem Umbrella Review sowie Primärstudien weisen darauf hin, dass die Jodversorgung bei veganer Ernährung noch unzureichender ausfällt als in den betrachteten Vergleichsgruppen. Neben Vitamin B₁₂ und Jod gelten Protein, langkettige n-3-Fettsäuren⁵, Vitamin D, Riboflavin, Calcium, Eisen, Zink, Selen und ggf. Vitamin A als (potenziell) kritische Nährstoffe bei einer veganen Ernährung.

Auf Basis des gegenwärtigen Kenntnisstandes kann für die gesunde erwachsene Allgemeinbevölkerung neben anderen Ernährungsweisen auch eine vegane Ernährung, unter der Voraussetzung der Einnahme eines Vitamin-B₁₂-Präparats, einer ausgewogenen, gut geplanten Lebensmittelauswahl sowie einer bedarfsdeckenden Zufuhr der potenziell kritischen Nährstoffe (ggf. auch durch weitere Nährstoffpräparate), eine gesundheitsfördernde Ernährung darstellen.

Für eine vegane Ernährung bei Kindern und Jugendlichen liegt in geringem Umfang Evidenz auf Basis eines systematischen Reviews mit Metaanalyse vor. Demgegenüber konnten für Schwangere und Stillende nur einzelne Primärstudien und explizit für Senior*innen keine umfangreiche Erhebung identifiziert werden. Insbesondere in der Gruppe der Senior*innen ist zu beachten, dass es sich um eine sehr heterogene Gruppe mit einer großen Altersspanne und mit gesunden aber auch multimorbiden und gebrechlichen Senior*innen mit unterschiedlichen Anforderungen an die Nährstoffzufuhr handelt [46]. Daher sind hier generalisierbare Aussagen noch schwieriger.

Bei Kindern und Jugendlichen zeigen sich ähnliche Zusammenhänge wie bei der erwachsenen gesunden Allgemeinbevölkerung. Insgesamt wurden in den wenigen Studien zu vulnerablen Gruppen nicht mit Sicherheit eindeutige negativ zu beurteilende Zusammenhänge zwischen veganer Ernährung und Gesundheit ermittelt. Diese können jedoch aufgrund der begrenzten Datenlage nicht ausgeschlossen werden.

Für die vulnerablen Gruppen Kinder, Jugendliche, Schwangere, Stillende und Senior*innen kann die DGE aufgrund der weiterhin eingeschränkten Datenlage weder eine eindeutige Empfehlung für noch gegen eine

vegane Ernährung aussprechen. Aufgrund des Risikos für potenzielle, teilweise irreversible Konsequenzen bei inadäquater Durchführung müssen für eine vegane Ernährung in vulnerablen Gruppen besonders fundierte Ernährungskompetenzen vorliegen. Dabei sind eine zuverlässige Supplementation von Vitamin B₁₂ und ggf. weiteren potenziell kritischen Nährstoffen, sowie eine ausgewogene und gut geplante Lebensmittelauswahl mit einem gezielten Einsatz nährstoffdichter Lebensmittel von noch größerer Bedeutung als in der gesunden erwachsenen Allgemeinbevölkerung.

• Für eine adäquate Umsetzung ist eine Ernährungsberatung durch qualifizierte Fachkräfte dringend angeraten.

Handlungsempfehlungen für die Umsetzung einer gesundheitsfördernden veganen Ernährung siehe ♦ Kasten 2.

Für verschiedene Umweltindikatoren zeigen die ausgewerteten Publikationen insgesamt deutliche Vorteile einer veganen Ernährung gegenüber einer omnivoren Ernährung. Eine vegane Ernährung ist eine empfehlenswerte Maßnahme zur Verringerung der Umweltbelastungen des Ernährungssystems. Eine stark pflanzenbetonte Ernährungsweise (d. h. bis zu etwa 9 g Protein pro Person und Tag aus tierischen Quellen, die nicht in Flächenkonkurrenz zur direkten menschlichen Ernährung stehen) [98, 105], weist vermutlich ähnliche Vorteile bezüglich der Umweltindikatoren auf. Auch eine pflanzenbetonte Ernährung entsprechend der Empfehlungen der DGE trägt dazu bei, die Umweltbelastung durch Ernährung zu reduzieren [1].

Unter Berücksichtigung sowohl gesundheits- als auch umweltrelevanter Aspekte ist eine Ernährungsweise mit einer deutlichen Reduktion tierischer Lebensmittel zu empfehlen.

Forschungsbedarf

Um die ernährungsphysiologischen Vor- und Nachteile einer veganen Ernährungsweise besser einschätzen zu können, sind verstärkt qua-

⁵ Dies gilt insbesondere für Schwangere, Stillende sowie Kinder und Jugendliche



Kasten 2: Handlungsempfehlungen für eine gesundheitsfördernde vegane Ernährung

- Personen, die sich vegan ernähren, müssen Vitamin B₁₂ supplementieren. Die DGE empfiehlt, regelmäßig und zuverlässig ein Vitamin-B₁₂-Präparat zu verwenden. Da sich klinische Mangelerscheinungen häufig erst nach einigen Jahren mit Vitamin-B₁₂-freier oder -armer Ernährung einstellen, sollten Personen, die sich vegan ernähren, ihre Vitamin-B₁₂-Versorgung regelmäßig überprüfen lassen. Personen, die vulnerablen Gruppen angehören, sollten hierauf besonders achten.
- Darüber hinaus ist bei veganer Ernährung besonders auf eine ausreichende Jodzufuhr zu achten. Die Verwendung von jodiertem Speisesalz im Haushalt bzw. die Verwendung von mit jodiertem Speisesalz hergestellten bzw. mit Jod angereicherten Lebensmitteln, z. B. Pflanzendrinks, sowie der regelmäßige Verzehr von Algen mit deklariertem Jodgehalt können zur Bedarfsdeckung beitragen. Wenn nicht ausreichend jodhaltige Lebensmittel verzehrt werden, sollten Erwachsene in ärztlicher Absprache ein Jodpräparat in der Höhe von 100 µg pro Tag zuführen. Mit dieser Maßnahme kann die ausreichende Versorgung gesunder Erwachsener unterstützt werden. Diese Menge ist mit dem Höchstmengenvorschlag für Nahrungsergänzungsmittel pro Tagesverzehrempfehlung eines Produkts des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) konform [128]. Bei Kindern und Jugendlichen sollte eine Supplementation in individueller Absprache mit dem*der Pädiater*in erfolgen. Für alle Gruppen gilt, dass Algen und Algenpräparate, bei denen der Jodgehalt nicht ausgewiesen ist, aufgrund der stark schwankenden Gehalte nicht zu empfehlen sind. Die ausschließliche Verwendung von jodiertem Speisesalz ist alleine keine ausreichende Maßnahme.
- Weitere Nährstoffe, die in einer omnivoren Ernährungsweise insbesondere aus tierischen Lebensmitteln stammen (Protein, langkettige n-3-Fettsäuren, Vitamin D, Riboflavin, Calcium, Eisen, Zink, Selen und ggf. Vitamin A), müssen aus pflanzlichen Quellen durch eine gezielte Lebensmittelauswahl (ggf. auch über angereicherte Lebensmittel oder Nährstoffpräparate) zugeführt werden.
- Unabhängig von der Ernährungsweise soll eine gesundheitsfördernde und vielseitige Lebensmittelauswahl auf Basis von Obst und Gemüse, Vollkorngetreide, Vollkornprodukten und Kartoffeln, Hülsenfrüchten, Nüssen und der Verwendung von pflanzlichen Ölen sowie wenig Salz und Zucker umgesetzt werden. Hierbei sollten Pflanzenöle mit hohem Gehalt an α-Linolensäure (Raps- und Walnussöl) Ölen mit hohem Linolsäuregehalt (Keimöle, Sonnenblumenöl) gegenüber bevorzugt werden. Für den Verzehr von pflanzlichen Milch- und Fleischalternativen kann kein abschließendes Fazit formuliert werden. Das Prüfen der Zutatenliste und der Nährwertangaben kann helfen, eine ernährungsphysiologisch günstige Entscheidung zu treffen. Insgesamt gilt, dass es bei der Ausgestaltung einer Ernährung auf die gesamte Lebensmittelauswahl ankommt.
- Die Empfehlungen für vulnerable Bevölkerungsgruppen stehen im Einklang mit den Handlungsempfehlungen „Ernährung und Bewegung im Kleinkindalter“ des Netzwerks „Gesund ins Leben“ [129]. Zudem gelten für Schwangere, Stillende und Säuglinge die folgenden Handlungsempfehlungen des Netzwerks „Gesund ins Leben“ [129–131]:
 - Schwangere, die sich vegan ernähren, sollen neben der generell empfohlenen Supplementation (Folsäure vor der Konzeption und während des ersten Schwangerschaftsdrittels, Jod während der gesamten Schwangerschaft) dauerhaft ein Vitamin-B₁₂-Präparat einnehmen, auf eine ausreichende Zufuhr insbesondere der potenziell kritischen Nährstoffe achten und ggf. auf angereicherte Lebensmittel und nach ärztlicher Rücksprache auf weitere Nährstoffpräparate zurückgreifen [130].
 - Schwangeren und Stillenden, die sich vegan ernähren, wird, da der regelmäßige Konsum von fettreichem Seefisch entfällt, empfohlen, 200 mg DHA pro Tag zu supplementieren [130, 131]. Stillende sollten unabhängig von der Ernährungsweise jodiertes Speisesalz verwenden sowie 100 µg Jod pro Tag über ein Supplement zuführen [131].
 - Bei vegan ernährten Säuglingen, also sowohl gestillten Säuglingen, deren Mütter sich vegan ernähren, sowie Säuglingen, die vegane Säuglingsanfangsnahrung und/oder ausschließlich vegane Beikost erhalten, ist die Versorgung mit essenziellen Nährstoffen dauerhaft durch angereicherte Lebensmittel bzw. ein Nährstoffsupplement mit Vitamin B₁₂ und ggf. weiteren kritischen Nährstoffen (z. B. Jod, Eisen) sicherzustellen. Wenn Säuglinge nicht oder nicht ausschließlich gestillt werden, sollen sie als Ersatz der Frauenmilch eine den gesetzlichen Standards entsprechende Säuglingsanfangsnahrung und Folgenahrung erhalten. Herkömmliche Produkte basieren auf Kuhmilch, als vegane Alternative ist Säuglingsmilchnahrung auf der Basis von Sojaweiß (angereichert mit essenziellen Nährstoffen) verfügbar. Diese sollte auch für den Milch-Getreidebrei verwendet werden [131]. Pflanzliche Milchalternativen wie Soja- oder Haferdrinks sind kein adäquater Ersatz für Frauenmilch und sollten auch nicht für die Zubereitung des Milchbreis verwendet werden. Alle Säuglinge, die ausschließlich selbst zubereitete Breie erhalten, sollten zudem etwa 50 µg Jod/Tag als Supplement erhalten [131].
- Fachkräfte aus dem Ernährungs- und Gesundheitsbereich sollten gegenüber Personen, die sich oder ihre Kinder vegan ernähren möchten, eine offene Haltung einnehmen und ihnen die bestmögliche Unterstützung bei der Umsetzung einer ausgewogenen und gut geplanten veganen Ernährung bieten.
- Auch ein größeres Angebot von gut geplanten veganen Speisen in der Gemeinschaftsverpflegung kann eine gesundheitsfördernde und umweltfreundliche Ernährung unterstützen. Sowohl die individuelle Gesundheit als auch die Umwelt profitieren von einer häufigeren Entscheidung für vegane Mahlzeiten.



litativ hochwertige und größere Studien mit längerer Nachbeobachtungszeit und geringem Verzerrungsrisiko in allen Lebensphasen erforderlich. Die multizentrische COPLANT-Studie (*Cohort Study on Plant-Based Diets*), in der ab 2024 ca. 6000 Menschen mit veganer, ovo-lacto-vegetarischer, pescetarischer oder omnivorer Ernährungsweise untersucht werden, kann einen Beitrag leisten, die bestehenden Datenlücken zu schließen [132]. Aufgrund der zunehmenden Verbreitung von veganer Ernährung steigt der Anteil dieser Ernährungsweise auch in deutschen repräsentativen Ernährungserhebungen. Somit könnten diese zukünftig potenziell auch für vegane Ernährung verzerrungsarme Informationen liefern. Zusätzlich sollten gut geplante RCTs durchgeführt werden, um z. B. Intermediärmarker zu erfassen und die Ergebnisse aus Beobachtungsstudien zu unterstützen. Weitere Studien sollten u. a. die Bioverfügbarkeit (potenziell) kritischer Nährstoffe, die Rolle von pflanzlichen Alternativen zu Milch, Fleisch und Fisch sowie weiteren Convenience-Produkten in der heutigen veganen Ernährung untersuchen.

Um Verbraucher*innen, die sich vegan ernähren möchten, bei einer für Gesundheit und Umwelt optimierten Lebensmittelauswahl zu unterstützen, plant die DGE sukzessive angepasste lebensmittelbezogene Ernährungsempfehlungen für weitere Ernährungsweisen, wie eine vegetarische oder vegane Ernährung, sowie für weitere Bevölkerungsgruppen bereitzustellen.

Autor*innen:

Alessa Klug^{1*}, Janett Barbaresco^{2*}, Ute Alexy³, Tilman Kühn⁴, Anja Kroke⁵, Hermann Lotze-Campen⁶, Ute Nöthlings³, Margrit Richter¹, Christian Schader⁷, Sabrina Schlesinger^{2, 8}, Kiran Virmani¹, Johanna Conrad¹, Bernhard Watzl¹ für die Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V.

*geteilte Erstautorinnenschaft

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

² Institut für Biometrie und Epidemiologie, Deutsches Diabetes-Zentrum (DDZ), Leibniz-Zentrum für Diabetes-Forschung an der Heinrich-Heine-Universität, Düsseldorf

³ Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften (IEL), Ernährungsepidemiologie, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn

⁴ Department für Ernährungswissenschaften, Universität Wien, Österreich; Zentrum für Public Health, Medizinische Universität Wien, Österreich; Institute for Global Food Security, Queen's University Belfast, UK

⁵ Fachbereich Oecotrophologie, Hochschule Fulda, Fulda

⁶ Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), Forschungsabteilung Klimaresilienz, Potsdam; Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin

⁷ Departement für Agrar- und Ernährungssysteme, Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Frick, Schweiz

⁸ Deutsches Zentrum für Diabetesforschung, München-Neuherberg, Partner Düsseldorf

Korrespondierende Autorin

Alessa Klug, M. Sc.

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 Forschungsprojektes "Substitution von Milchprodukten durch pflanzenbasierte Alternativen". Die übrigen Autor*innen erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht. Der Algorithmus der Literatursuche kann teilweise auf KI beruhen und KI wurde zur Übersetzung bzw. Prüfung von Übersetzungen verwendet.

Acknowledgement:

Die Autor*innen danken Ulrike Arens-Azevêdo, Christina Breidenassel, Sabine Ellinger und Dorothee Volkert für ihre wertvollen Anregungen bei der Erstellung dieser Publikation. Weiterhin danken wir Tim Schiemann und Lucie Bogen für die Hilfe bei der Literatursuche und Datenextraktion.

Literatur

- 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–M166.
- Richter M, Boeing H, Grünewald-Funk D, et al.: Vegane Ernährung. Position der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE). *Ernährungs Umschau* 2016; 63(4): M220–M230. Erratum in: 63 (05): M262.
- Richter M, Kroke A, Grünewald-Funk D, Hesecker H, Virmani K, Watzl B, Bernhard für die Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE): Ergänzung der Position der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e. V. zur veganen Ernährung hinsichtlich Bevölkerungsgruppen mit besonderem Anspruch an die Nährstoffversorgung. In: *Ernährungs Umschau* (ed.): *Vegan. Sonderheft* 5 2020; 64–72.
- Renner B, Arens-Azevêdo U, Watzl B, et al.: DGE-Positionspapier zur nachhaltigeren Ernährung. *Ernährungs Umschau* 2021; 68(7): 144–54.
- 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. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ministerium/Beirate/agrarpolitik/wbae-gutachten-nachhaltige-ernaehrung.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (last accessed on 12 April 2024).
- Selinger E, Neuenschwander M, Koller A, et al.: Evidence of a vegan diet for health benefits and risks – an umbrella review of meta-analyses of observational and clinical studies. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2023; 63(29): 9926–36.
- Zhang Y, Akl EA, Schünemann HJ: Using systematic reviews in guideline development: the GRADE approach. *Res Synth Methods* 2018.
- Koller A, Rohrmann S, Wakolbinger M, et al.: Health aspects of vegan diets among children and adolescents: a systematic review and meta-analyses. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2023; 1–12.
- Benatar JR, Stewart RAH: Cardiometabolic risk factors in vegans; a meta-analysis of observational studies. *PLoS One* 2018; 13(12): e0209086.
- Foster M, Chu A, Petocz P, Samman S: Effect of vegetarian diets on zinc status: a systematic review and me-



- ta-analysis of studies in humans. *J Sci Food Agric* 2013; 93(10): 2362–71.
11. Bickelmann FV, Leitzmann MF, Keller M, Baurecht H, Jochem C: Calcium intake in vegan and vegetarian diets: a systematic review and meta-analysis. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2023; 63(31): 10659–77.
 12. Eveleigh E, Coneyworth L, Welham S: Systematic review and meta-analysis of iodine nutrition in modern vegan and vegetarian diets. *Br J Nutr* 2023; 130(9): 1580–94.
 13. Neufingerl N, Eilander A: Nutrient intake and status in adults consuming plant-based diets compared to meat-eaters: a systematic review. *Nutrients* 2021; 14(1): 29.
 14. Bakaloudi DR, Halloran A, Ripplin HL, et al.: Intake and adequacy of the vegan diet. A systematic review of the evidence. *Clin Nutr* 2020; 40(5): 3503–21.
 15. Obersby D, Chappell DC, Dunnett A, Tsiami AA: Plasma total homocysteine status of vegetarians compared with omnivores: a systematic review and meta-analysis. *Br J Nutr* 2013; 109(5): 785–94.
 16. Iconaru EI, Ciucurel MM, Georgescu L, Ciucurel C: Hand grip strength as a physical biomarker of aging from the perspective of a Fibonacci mathematical modeling. *BMC Geriatr* 2018; 18(1): 296.
 17. Friedrich JO, Adhikari NKJ, Beyene J: The ratio of means method as an alternative to mean differences for analyzing continuous outcome variables in meta-analysis: a simulation study. *BMC Med Res Methodol* 2008; 8(1): 32.
 18. Friedrich JO, Adhikari NKJ, Beyene J: Ratio of means for analyzing continuous outcomes in meta-analysis performed as well as mean difference methods. *J Clin Epidemiol* 2011; 64(5): 556–64.
 19. Avnon T, Anbar R, Lavie I, et al.: Does vegan diet influence levels of vitamin B₁₂, folate and ferritin in the umbilical-cord? *Am J Obstet Gynecol* 2020; 222, Suppl(1): S89–S90.
 20. Karcz K, Królak-Olejnik B: Vegan or vegetarian diet and breast milk composition – a systematic review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2021; 61(7): 1081–98.
 21. Baroni L, Rizzo G, Goggi S, Giampieri F, Battino M: Vegetarian diets during pregnancy: effects on the mother's health. A systematic review. *Food Funct* 2021; 12(2): 466–93.
 22. Perrin MT, Pawlak R, Judd N, Cooper J, Donati GL: Major and trace mineral composition of milk from lactating women following vegan, vegetarian, and omnivore diets. *Br J Nutr* 2023; 130(6): 1005–12.
 23. Pawlak R, Judd N, Donati GL, Perrin MT: Prevalence and predictors of low breast milk iodine concentration in women following vegan, vegetarian, and omnivore diets. *Breastfeed Med* 2022; 18(1): 37–42.
 24. Yokoyama Y, Levin SM, Barnard ND: Association between plant-based diets and plasma lipids: a systematic review and meta-analysis. *Nutr Rev* 2017; 75(9): 683–98.
 25. Picasso MC, Lo-Tayraco JA, Ramos-Villanueva JM, Pausupuleti V, Hernandez AV: Effect of vegetarian diets on the presentation of metabolic syndrome or its components: a systematic review and meta-analysis. *Clin Nutr* 2019; 38(3): 1117–32.
 26. Chiavaroli L, Nishi SK, Khan TA, et al.: Portfolio dietary pattern and cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Progress in cardiovascular diseases* 2018; 61(1): 43–53.
 27. Li J, Zhou R, Huang W, Wang J: Bone loss, low height, and low weight in different populations and district: a meta-analysis between vegans and non-vegans. *Food Nutr Res* 2020; 64.
 28. Lopez PD, Cativo EH, Atlas SA, Rosendorff C: The effect of vegan diets on blood pressure in adults: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Med* 2019; 132(7): 875–883.e7.
 29. Dinu M, Abbate R, Gensini GF, Casini A, Sofi F: Vegetarian, vegan diets and multiple health outcomes: a systematic review with meta-analysis of observational studies. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2017; 57(17): 3640–9.
 30. Dybvik JS, Svendsen M, Aune D: Vegetarian and vegan diets and the risk of cardiovascular disease, ischemic heart disease and stroke: a systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *Eur J Nutr* 2023; 62(1): 51–69.
 31. Lee Y, Park K: Adherence to a vegetarian diet and diabetes risk: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Nutrients* 2017; 9(6): 603.
 32. Iguacel I, Miguel-Berges ML, Gómez-Bruton A, Moreno LA, Julián C: Veganism, vegetarianism, bone mineral density, and fracture risk: a systematic review and meta-analysis. *Nutr Rev* 2019; 77(1): 1–18.
 33. Gupta N, Patel HD, Taylor J, et al.: Systematic review of the impact of a plant-based diet on prostate cancer incidence and outcomes. *Prostate Cancer Prostatic Dis* 2022; 25(3): 444–52.
 34. Zhao Y, Zhan J, Wang Y, Wang D: The relationship between plant-based diet and risk of digestive system cancers: a meta-analysis based on 3,059,009 subjects. *Front Public Health* 2022; 10: 892153.
 35. Pollakova D, Andreadi A, Pacifici F, Della-Morte D, Lauro D, Tubili C: The impact of vegan diet in the prevention and treatment of type 2 diabetes: a systematic review. *Nutrients* 2021; 13(6): 2123.
 36. Turner-McGrievy G, Harris M: Key elements of plant-based diets associated with reduced risk of metabolic syndrome. *Curr Diab Rep (Current diabetes reports)* 2014; 14(9): 524.
 37. Chan H, Ribeiro RV, Haden S, Hirani V: Plant-based dietary patterns, body composition, muscle strength and function in middle and older age: a systematic review. *J Nutr Health Aging* 2021; 25(8): 1012–22.
 38. McLean CP, Kulkarni J, Sharp G: Disordered eating and the meat-avoidance spectrum: a systematic review and clinical implications. *Eat Weight Disord* 2022; 27(7): 2347–75.
 39. Azzola LG, Fankhauser N, Srinivasan M: Influence of the vegan, vegetarian and omnivore diet on the oral health status in adults: a systematic review and meta-analysis. *Evid Based Dent* 2023; 24(1): 43–4.
 40. Wirtzner KC, Drenowatz C, Cocca A, et al.: Health behaviors of Austrian secondary level pupils at a glance: first results of the From Science 2 School Study focusing on sports linked to mixed, vegetarian, and vegan diets. *Int J Environ Res Public Health* 2021; 18(23).
 41. Avnon T, Paz DE, Lavie I, Ben-Mayor BT, Anbar R, Yogev Y: The impact of a vegan diet on pregnancy outcomes. *J Perinatol* 2020.
 42. Kesary Y, Avital K, Hirsch L: Maternal plant-based diet during gestation and pregnancy outcomes. *Arch Gynecol Obstet* 2020.
 43. IOM (Institute of Medicine) (ed.): Dietary DRI reference intakes. The essential guide to nutrient requirements. Washington, D.C.: The National Academies Press 2006.
 44. IOM (Institute of Medicine) (ed.): Dietary reference intakes for calcium and vitamin D. Washington, D.C.: The National Academies Press 2011.
 45. Dawczynski C, Weidauer T, Richert C, Schlattmann P, Dawczynski K, Kiehltopf M: Nutrient intake and nutrition status in vegetarians and vegans in comparison to omnivores – the Nutritional Evaluation (NuEva) Study. *Front Nutr* 2022; 9: 819106.
 46. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE), Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährung (eds.): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. 2nd ed. Bonn 2021.



47. German Nutrition Society: New Reference Values for Vitamin D. *Ann Nutr Metab* 2012; 60(4): 241–6.
48. Ströhle A, Richter M, González-Gross M, et al.: The revised D–A–CH-Reference Values for the intake of vitamin B12: prevention of deficiency and beyond. *Mol Nutr Food Res* 2019; 63(6): e1801178.
49. Kris-Etherton PM, Grieger JA, Etherton TD: Dietary reference intakes for DHA and EPA. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids* 2009; 81(2–3): 99–104.
50. Grune T, Lietz G, Palou A, et al.: Beta-carotene is an important vitamin A source for humans. *J Nutr* 2010; 140(12): 2268–85.
51. Hovinen T, Korkalo L, Freese R, et al.: Vegan diet in young children remodels metabolism and challenges the statuses of essential nutrients. *EMBO Mol Med* 2021; 13(2): e13492.
52. Světnička M, Heniková M, Selinger E, et al.: Prevalence of iodine deficiency among vegan compared to vegetarian and omnivore children in the Czech Republic: cross-sectional study. *Eur J Clin Nutr* 2023; 77(11): 1061–70.
53. WHO (World Health Organization): Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43781/9789241595827_eng.pdf;jsessionid=F75DF21A82FCCA5D-9B558A9FC3D7C941?sequence=1 (last accessed on 12 April 2024).
54. Storz MA, Müller A, Niederreiter L, et al.: A cross-sectional study of nutritional status in healthy, young, physically-active German omnivores, vegetarians and vegans reveals adequate vitamin B12 status in supplemented vegans. *Ann Med* 2023; 55(2): 2269969.
55. 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.
56. 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.
57. Nicol K, Nugent AP, Woodside JV, Hart KH, Bath SC: Iodine and plant-based diets – a narrative review and calculation of iodine content. *Br J Nutr* 2024(131): 265–75.
58. Verbraucherzentrale NRW: Hafer, Kokos, Mandel, Reis, Soja: Milchersatzprodukte unter der Lupe. <https://www.verbraucherzentrale.nrw/wissen/lebensmittel/kennzeichnung-und-inhaltsstoffe/hafer-kokos-mandel-reis-soja-milchersatzprodukte-unter-der-lupe-62593> (last accessed on 12 April 2024).
59. 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.
60. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE) (ed.): 13. DGE-Ernährungsbericht. Bonn 2016.
61. Esche J, Thamm M, Remer T: Contribution of iodized salt to total iodine and total salt intake in Germany. *Eur J Nutr* 2020; 59(7): 3163–9.
62. Strohm D, Boeing H, Leschik-Bonnet E, et al.: Speisesalzzufuhr in Deutschland, gesundheitliche Folgen und resultierende Handlungsempfehlung. *Ernahrungs Umschau* 2016; 63(3): M146–M154.
63. Bissinger K, Busl L, Dudenhöfer C, et al.: Repräsentative Markterhebung zur Verwendung von Jodsalz in handwerklich und industriell gefertigten Lebensmitteln: Universitätsbibliothek Gießen 2018. doi:10.22029/JLUPUB-9874.
64. Remer T, Hua YF, Esche J, Thamm M: The DONALD study as a longitudinal sensor of nutritional developments: iodine and salt intake over more than 30 years in German children. *Eur J Nutr* 2022; 61(4): 2143–51.
65. BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung): Gesundheitliche Risiken durch zu hohen Jodgehalt in getrockneten Algen: Aktualisierte Stellungnahme Nr. 026/2007 des BfR vom 22. Juni 2004. http://www.bfr.bund.de/cm/343/gesundheitsliche_risiken_durch_zu_hohen_jodgehalt_in_getrockneten_algen.pdf (last accessed on 12 April 2024).
66. Cherry P, O'Hara C, Magee PJ, McSorley EM, Allsopp PJ: Risks and benefits of consuming edible seaweeds. *Nutr Rev* 2019; 77(5): 307–29.
67. Food Fortification Initiative: Global Progress – Food Fortification Initiative. <https://www.ffinetwork.org/global-progress> (last accessed on 12 April 2024).
68. legislation.gov.uk: The bread and flour regulations 1998. <https://www.legislation.gov.uk/uksi/1998/141> (last accessed on 12 April 2024).
69. Food Fortification Initiative: United States of America – Food Fortification Initiative. <https://www.ffinetwork.org/united-states-of-america/?record=231> (last accessed on 12 April 2024).
70. Sacco JE, Dodd KW, Kirkpatrick SI, Tarasuk V: Voluntary food fortification in the United States: potential for excessive intakes. *Eur J Clin Nutr* 2013; 67(6): 592–7.
71. Appleby P, Roddam A, Allen N, Key T: Comparative fracture risk in vegetarians and nonvegetarians in EPIC-Oxford. *Eur J Clin Nutr* 2007; 61(12): 1400–6.
72. Tong TYN, Appleby PN, Armstrong MEG, et al.: Vegetarian and vegan diets and risks of total and site-specific fractures: results from the prospective EPIC-Oxford study. *BMC Med* 2020; 18(1): 353.
73. Karavasiloglou N, Selinger E, Gojda J, Rohrmann S, Kühn T: Differences in bone mineral density between adult vegetarians and nonvegetarians become marginal when accounting for differences in anthropometric factors. *J Nutr* 2020; 150(5): 1266–71.
74. Szczerba E, Barbaresco J, Schiemann T, Stahl-Pehe A, Schwingshackl L, Schlesinger S: Diet in the management of type 2 diabetes: umbrella review of systematic reviews with meta-analyses of randomised controlled trials. *BMJ Med* 2023; 2(1): e000664.
75. Jagannathan R, Patel SA, Ali MK, Narayan KMV: Global updates on cardiovascular disease mortality trends and attribution of traditional risk factors. *Curr Diab Rep* 2019; 19(7): 44.
76. WHO: Plant-based diets and their impact on health, sustainability and the environment: a review of the evidence: WHO European Office for the Prevention and Control of Noncommunicable Diseases. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/349086/WHO-EURO-2021-4007-43766-61591-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (last accessed on 12 April 2024).
77. Gallagher CT, Hanley P, Lane KE: Pattern analysis of vegan eating reveals healthy and unhealthy patterns within the vegan diet. *Public Health Nutr* 2021; 25(5): 1310–20.
78. Haider S, Sima A, Kühn T, Wakolbinger M: The association between vegan dietary patterns and physical activity – a cross-sectional online survey. *Nutrients* 2023; 15(8): 1847.
79. Statistisches Bundesamt: Fleischersatz weiter im Trend: Produktion steigt um 6,5 % gegenüber 2021. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/05/PD23_N027_42.html (last accessed on 12 April 2024).



80. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL): forsa-Umfrage zum „BMEL-Ernährungsreport 2023, Deutschland, wie es isst“. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ernaehrung/forsa-ernaehrungsreport-2023-tabellen.html (last accessed on 12 April 2024).
81. Ohlau M, Spiller A, Risius A: Plant-based diets are not enough? Understanding the consumption of plant-based meat alternatives along ultra-processed foods in different dietary patterns in Germany. *Front Nutr* 2022; 9: 852936.
82. Craig WJ, Messina V, Rowland I, et al.: Plant-based dairy alternatives contribute to a healthy and sustainable diet. *Nutrients* 2023; 15(15): 3393.
83. Petersen T, Hirsch S: Comparing meat and meat alternatives: an analysis of nutrient quality in five European countries. *Public Health Nutr* 2023; 26(12): 3349–58.
84. Dittmann A, Werner L, Storcksdieck genannt Bonsmann S, Hoffmann I: Wie hoch ist der Anteil vegetarischer und veganer Ernährung in Deutschland? *Ernahrungs Umschau* 2023; 70(7): 80–93.
85. Gili RV, Leeson S, Montes-Chañi EM, et al.: Healthy vegan lifestyle habits among Argentinian vegetarians and non-vegetarians. *Nutrients* 2019; 11(1): 154.
86. Jarmul S, Dangour AD, Green R, Liew Z, Haines A, Scheelbeek PF: Climate change mitigation through dietary change: a systematic review of empirical and modelling studies on the environmental footprints and health effects of ‚sustainable diets‘. *Environ Res Lett* 2020; 15: 123014.
87. Aleksandrowicz L, Green R, Joy EJM, Smith P, Haines A: The impacts of dietary change on greenhouse gas emissions, land use, water use, and health: a systematic review. *PLoS One* 2016; 11(11): e0165797.
88. Chai BC, van der Voort JR, Grofelnik K, Eliasdottir HG, Klöss I, Perez-Cueto FJA: Which diet has the least environmental impact on our planet? A systematic review of vegan, vegetarian and omnivorous diets. *Sustainability* 2019; 11(15): 4110.
89. Reinhardt SL, Boehm R, Blackstone NT, et al.: Systematic review of dietary patterns and sustainability in the United States. *Adv Nutr* 2020; 11(4): 1016–31.
90. O'Malley K, Willits-Smith A, Rose D: Popular diets as selected by adults in the United States show wide variation in carbon footprints and diet quality. *Am J Clin Nutr* 2023; 117(4): 701–8.
91. Scarborough P, Clark M, Cobiac L, et al.: Vegans, vegetarians, fish-eaters and meat-eaters in the UK show discrepant environmental impacts. *Nat Food* 2023; 4(7): 565–74.
92. Poore J, Nemecek T: Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science* 2018; 360(6392): 987–92.
93. Heller MC, Willits-Smith A, Meyer R, Keoleian GA, Rose D: Greenhouse gas emissions and energy use associated with production of individual self-selected US diets. *Environ Res Lett* 2018; 13(4): 44004.
94. Scarborough P, Appleby PN, Mizdrak A, et al.: Dietary greenhouse gas emissions of meat-eaters, fish-eaters, vegetarians and vegans in the UK. *Clim Change* 2014; 125(2): 179–92.
95. Springmann M, Spajic L, Clark MA, et al.: The healthiness and sustainability of national and global food based dietary guidelines: modelling study. *BMJ* 2020; 370: m2322.
96. Schleussner C-F, Nauels A, Schaeffer M, Hare W, Rogelj J: Inconsistencies when applying novel metrics for emissions accounting to the Paris agreement. *Environ Res Lett* 2019; 14(12): 124055.
97. Lynch J, Cain M, Pierrehumbert R, Allen M: Demonstrating GWP*: a means of reporting warming-equivalent emissions that captures the contrasting impacts of short- and long-lived climate pollutants. *Environ Res Lett* 2020; 15(4): 44023.
98. Schader C, Muller A, Scialabba NE-H, et al.: Impacts of feeding less food-competing feedstuffs to livestock on global food system sustainability. *J R Soc Interface* 2015; 12(113): 20150891.
99. Weindl I, Popp A, Bodirsky BL, et al.: Livestock and human use of land: Productivity trends and dietary choices as drivers of future land and carbon dynamics. *Global and Planetary Change* 2017; 159: 1–10.
100. Weindl I, Bodirsky BL, Rolinski S, et al.: Livestock production and the water challenge of future food supply: Implications of agricultural management and dietary choices. *Global Environ Change* 2017; 47: 121–32.
101. Pfister S, Boulay A-M, Berger M, et al.: Understanding the LCA and ISO water footprint: a response to Hoekstra (2016) „A critique on the water-scarcity weighted water footprint in LCA“. *Ecological Indicators* 2017; 72: 352–9.
102. Curran M, Souza DM de, Antón A, et al.: How well does LCA model land use impacts on biodiversity? A comparison with approaches from ecology and conservation. *Environ Sci Technol* 2016; 50(6): 2782–95.
103. Chaudhary A, Verones F, Baan L de, Hellweg S: Quantifying land use impacts on biodiversity: combining species-area models and vulnerability indicators. *Environ Sci Technol* 2015; 49(16): 9987–95.
104. Frehner A, Boer IJM de, Muller A, van Zanten HHE, Schader C: Consumer strategies towards a more sustainable food system: insights from Switzerland. *Am J Clin Nutr* 2022; 115(4): 1039–47.
105. van Zanten HHE, Herrero M, van Hal O, et al.: Defining a land boundary for sustainable livestock consumption. *Glob Chang Biol* 2018; 24(9): 4185–94.
106. van Zanten HH, van Ittersum MK, Boer IJ de: The role of farm animals in a circular food system. *Global Food Sec* 2019; 21: 18–22.
107. Muller A, Schader C, El-Hage Scialabba N, et al.: Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. *Nat Commun* 2017; 8(1): 1290.
108. Zimmermann A, Waldvogel T, Nemecek T: Environmental optimization of the Swiss population's diet using domestic production resources. *J Clean Prod* 2020; 248: 119241.
109. Soergel B, Kriegler E, Weindl I, et al.: A sustainable development pathway for climate action within the UN 2030 Agenda. *Nat Clim Chang* 2021; 11(8): 656–64.
110. Chen C, Chaudhary A, Mathys A: Dietary change scenarios and implications for environmental, nutrition, human health and economic dimensions of food sustainability. *Nutrients* 2019; 11(4): 856.
111. Rosi A, Mena P, Pellegrini N, et al.: Environmental impact of omnivorous, ovo-lacto-vegetarian, and vegan diet. *Sci Rep* 2017; 7(1): 6105.
112. Benoit-Norris C, Cavan DA, Norris G: Identifying social impacts in product supply chains: overview and application of the social hotspot database. *Sustainability* 2012; 4(9): 1946–65.
113. 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.* https://www.gesetze-im-internet.de/ustg_1980/BJNR119530979.html (last accessed on 12 April 2024).
114. Verbraucherzentrale Berlin: *Fleischlos glücklich. Vegetarische und vegane Fleischersatzprodukte im Marktcheck der Verbraucherzentrale Berlin.* <https://www.ver>



- braucherzentrale-berlin.de/pressemeldungen/verbraucherzentrale/fleischlos-gluecklich-72854 (last accessed on 12 April 2024).
115. Bodirsky B, Beier F, Humpenöder F, et al.: A food system transformation can enhance global health, environmental conditions and social inclusion. <https://assets.researchsquare.com/files/rs-2928708/v1/190acc8d-acf9-4986-9dc0-0192c1cbff3b.pdf?c=1691988869> (last accessed on 12 April 2024).
 116. Ruggeri Laderchi C, Lotze-Campen H, DeClerck F, et al.: The economics of the food system transformation. Food System Economics Commission (FSEC), Global Policy Report. https://foodsystemeconomics.org/wp-content/uploads/FSEC-Global_Policy_Report.pdf (last accessed on 12 April 2024).
 117. Hohoff E, Zahn H, Weder S, et al.: Food costs of children and adolescents consuming vegetarian, vegan or omnivore diets: results of the cross-sectional VeChi Youth Study. *Nutrients* 2022; 14(19): 4010.
 118. Kabisch S, Wenschuh S, Buccellato P, Spranger J, Pfeiffer AFH: Affordability of different isocaloric healthy diets in Germany - an assessment of food prices for seven distinct food patterns. *Nutrients* 2021; 13(9): 3037.
 119. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations): The state of food and agriculture 2023 - revealing the true cost of food to transform agrifood systems. Rome 2023.
 120. Bodirsky BL, Dietrich JP, Martinelli E, et al.: The ongoing nutrition transition thwarts long-term targets for food security, public health and environmental protection. *Sci Rep* 2020; 10(1): 19778.
 121. Springmann M, Clark MA, Rayner M, Scarborough P, Webb P: The global and regional costs of healthy and sustainable dietary patterns: a modelling study. *Lancet Planet Health* 2021; 5(11): e797-e807.
 122. The Vegan Society: The Vegan Society. <https://www.vegansociety.com/> (last accessed on 12 April 2024).
 123. Leitzmann C, Keller M: Vegetarische und vegane Ernährung. 4th ed. Stuttgart: UTB 2020.
 124. Janssen M, Busch C, Rödiger M, Hamm U: Motives of consumers following a vegan diet and their attitudes towards animal agriculture. *Appetite* 2016; 105: 643-51.
 125. Randler C, Adan A, Antofie M-M, et al.: Animal welfare attitudes: effects of gender and diet in university samples from 22 countries. *Animals (Basel)* 2021; 11(7): 1893.
 126. Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik beim BMEL: Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Gutachten. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ministerium/Beiraete/agrarpolitik/GutachtenNutztierhaltung.pdf?jsessionid=3F144F1B341F718804243CA10FA480D9.live851?__blob=publicationFile&v=2 (last accessed on 12 April 2024).
 127. Scherer L, Tomasić B, Rueda O, Pfister S: Framework for integrating animal welfare into life cycle sustainability assessment. *Int J Life Cycle Assess* 2018; 23(7): 1476-90.
 128. BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung): Höchstmengenvorschläge für Jod in Lebensmitteln inklusive Nahrungsergänzungsmitteln. <https://www.bfr.bund.de/cm/343/hoechstmengenvorschlaege-fuer-jod-in-lebensmitteln-inklusive-nahrungsergaenzungsmitteln.pdf> (last accessed on 12 April 2024).
 129. Abou-Dakn M, Alexy U, Beyer K, et al.: Ernährung und Bewegung im Kleinkindalter. *Monatsschr Kinderheilkd* 2022; 171, Suppl 1: S7-S27.
 130. 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.
 131. Koletzko B, Bauer C-P, Cierpka M, et al.: Ernährung und Bewegung von Säuglingen und stillenden Frauen. *Monatsschr Kinderheilkd* 2016; 164(9): 771-798.
 132. BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung): Die COPLANT-Studie - Forschung zu pflanzenbasierter Ernährung. <https://www.bfr.bund.de/de/coplant-studie.html> (last accessed on 12 April 2024).

