

Wissenschaftliche Grundlagen der lebensmittelbezogenen Ernährungsempfehlungen für Deutschland

Methodik und Ableitungskonzepte

Anne Carolin Schäfer, Heiner Boeing, Johanna Conrad, Bernhard Watzl
für die DGE Arbeitsgruppe Lebensmittelbezogene Ernährungsempfehlungen

Abstract

Für die Überarbeitung der lebensmittelbezogenen Ernährungsempfehlungen (*Food-Based Dietary Guidelines*, FBDG) für Deutschland hat die Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE) eine neue Methodik auf Grundlage mathematischer Optimierung entwickelt. Es werden gleichzeitig Gesundheitsaspekte (Lebensmittel-Gesundheitsrelationen und Energie- und Nährstoffzufuhr), Umweltaspekte (Treibhausgasemissionen und Landnutzung) und der in Deutschland übliche Verzehr berücksichtigt. Dabei ist die Abweichung vom üblichen Verzehr möglichst gering, während das Risiko für die Entstehung ernährungsmitbedingter Erkrankungen reduziert wird und die Optimierungsergebnisse innerhalb des Ziels zur Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5 °C des Weltklimarats (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC) liegen. Insgesamt 10 Modellvarianten aus 2 Szenarien bilden die wissenschaftliche Grundlage, nach der die bestehenden FBDG der DGE überarbeitet wurden. Mit der neuen Methodik – dem mathematischen Optimierungsmodell – liegt eine wissenschaftlich fundierte und transparente Basis für die Ableitung der FBDG für Deutschland vor.

Der Beitrag erläutert die Eckpunkte und grundlegenden Konzepte der Entwicklung des Optimierungsmodells und der daraus resultierenden Ableitung von Empfehlungen für sich omnivor ernährende, gesunde Erwachsene im Alter von 18 bis 65 Jahren.

Zitierweise

Schäfer AC, Boeing H, Conrad J, Watzl B für die DGE Arbeitsgruppe Lebensmittelbezogene Ernährungsempfehlungen: Wissenschaftliche Grundlagen der lebensmittelbezogenen Ernährungsempfehlungen für Deutschland. *Methodik und Ableitungskonzepte*. *Ernährungs Umschau* 2024; 71(3): M158–66. e5–7.

Open access: Dieser Beitrag ist frei zugänglich unter DOI: 10.4455/eu.2024.009

Vorwort

Um lebensmittelbezogene Ernährungsempfehlungen (*Food-Based Dietary Guidelines*, FBDG) für Deutschland abzuleiten, hat die Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE) ein mathematisches Optimierungsmodell entwickelt. Die Optimierungsergebnisse sind dabei nicht gleichbedeutend mit den FBDG der DGE, sondern bilden die wissenschaftliche Grundlage für deren Ableitung. Im Folgenden werden die Eckpunkte und grundlegenden Konzepte der Entwicklung des Optimierungsmodells und der daraus resultierenden Ableitung von Empfehlungen für sich omnivor ernährende, gesunde Erwachsene im Alter von 18 bis 65 Jahren dargestellt. Detailliertere Informationen zu den beschriebenen Methoden werden getrennt veröffentlicht.

Hintergrund

Ziele der Überarbeitung

Bei der Ableitung von FBDG wurde bisher eine bedarfsdeckende Nährstoffversorgung als primärer Aspekt berücksichtigt. Zunehmend spielte auch die Reduzierung der Risiken für chronische ernährungsmitbedingte Krankheiten eine Rolle [1]. Diverse internationale Fachorganisationen für Gesundheit, Ernährung oder Landwirtschaft sehen zudem die dringende Notwendigkeit, bei Empfehlungen zum Lebensmittelverzehr auch die Umweltauswirkungen der derzeitigen Ernährungssysteme zu berücksichtigen und so neben einer gesundheitsfördernden auch eine umweltverträglichere Ernährung zu unterstützen [2–5]. Aktuelle Herausforderungen für FBDG liegen entsprechend in der Berücksichtigung multidimensionaler Auswirkungen des Verzehrs von Lebensmitteln.

Um diese Multidimensionalität direkt bei der Ableitung berücksichtigen zu können, entwickelte die DGE für die deutschen FBDG ein neues methodisches Fundament. Die Methodik ist so aufgebaut, dass sie flexibel auf neue wissenschaftliche Erkenntnisse reagieren und langfristig ausgebaut werden kann. Des Weiteren stellt sie nachvollziehbar und transparent die wissenschaftliche Ableitung zu den empfohlenen Lebensmittelmengen dar.

Die FBDG für Deutschland basieren auf einem Modell, das einer kontinuierlichen Weiterentwicklung unter Berücksichtigung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse und Datenverfügbarkeiten unterliegt. Darüber hinaus kann die Vorgehensweise künftig auch für andere Zielgruppen adaptiert werden. Der vorliegende Stand beschreibt die Version 24.0.0 (V24.0.0).



Vorgehen zur Entwicklung des Optimierungsmodells

Zur Entwicklung der wissenschaftlichen Methodik zur Ableitung von FBDG hat die DGE im Jahr 2016 unter Vorsitz von Prof. Dr. Bernhard Watzl die Arbeitsgruppe Lebensmittelbezogene Ernährungsempfehlungen einberufen.

Angelehnt an internationale Erfahrungen [6–10] entschied sich die DGE-Arbeitsgruppe vor dem Hintergrund ihrer Ziele für die Methode der mathematischen Optimierung. Die DGE erörterte in einem gemeinsamen Workshop mit der *Federation of European Nutrition Societies* (FENS) im Oktober 2019 mit europäischen Wissenschaftler*innen, wie mathematische Methoden die Ableitung von FBDG unterstützen können [11]. In Zusammenarbeit mit dem Start-Up MS-Nutrition (<https://ms-nutrition.com/>) wurde daraufhin die Entwicklung eines mathematischen Modells mit zugehöriger Datenbank begonnen. Nach einer mehrstufigen Weiterentwicklung von Modell und Datengrundlage startete die DGE Ende 2022 mit dem damaligen Stand des Optimierungsmodells (V23.0.0) in einen Konsultationsprozess, durch den der wissenschaftliche Diskurs zur Methodik erweitert wurde.

Konsultation der Methodik

In einem Workshop am 15.12.2022 mit 56 von der DGE eingeladenen Teilnehmenden, darunter Wissenschaftler*innen verschiedener Institutionen im Ernährungs-, Landwirtschafts- und Umweltbereich sowie Vertreter*innen des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), wurde die Methodik erstmals vorgestellt. Die Kommentare aus dem Workshop setzte die DGE in einer umfangreichen Überarbeitung der damals vorgelegten methodischen Vorgehensweise um. Die resultierende V23.1.0 bildete die Grundlage für eine im Anschluss stattfindende öffentliche Kommentierung.

An der öffentlichen Kommentierung (13.03. bis 30.04.2023) der präsentierten Methodik sowie der vorläufigen Optimierungsergebnisse beteiligten sich u. a. Ernährungsfachkräfte, Wissenschaftler*innen, Vertreter*innen aus Landwirtschaft und Lebensmittelindustrie sowie dem Verbraucherschutz. Die abgegebenen Kommentare wurden von der DGE-Arbeitsgruppe anschließend ausgewertet und in den weiteren Prozess zur finalen Erarbeitung der wissenschaftlichen Grundlagen für die deutschen FBDG einbezogen.

Wie funktioniert mathematische Optimierung?

Die Nutzung mathematischer Optimierung erlaubt es, mehrere Aspekte, auch aus verschiedenen Dimensionen der Nachhaltigkeit [12], gleichzeitig bei der Berechnung quantitativer Mengen zum Lebensmittelverzehr zu berücksichtigen. Dabei müssen nicht wie bisher *a priori* Festlegungen für bestimmte Lebensmittelmengen oder Verzehrmuster getroffen werden, um im Anschluss zum Beispiel die Umweltauswirkungen des Konsums zu beurteilen. Vielmehr werden bei Optimierungsmodellen entsprechende Parameter direkt eingebunden – z. B. die ausreichende Versorgung mit Eisen oder Calcium, oder die Reduktion von Treibhausgasemissionen – und anschließend eine optimale Zusammenstellung von Lebensmitteln berechnet [13].

Ein Optimierungsmodell besteht grundsätzlich aus

- **Entscheidungsvariablen,**
- **Nebenbedingungen** und einer
- **Zielfunktion.**

Die Entscheidungsvariablen sind im Falle der FBDG die Verzehrmengen für die einzelnen Lebensmittelgruppen (Beobachteter Verzehr, vgl. ♦ Abbildung 1). Der Algorithmus berechnet jene Mengen für die vorgegebenen Lebensmittelgruppen, die unter Einhaltung von Nebenbedingungen zur optimalen Lösung der Zielfunktion führen [13]. Daraus ergibt sich für jede Lebensmittelgruppe ein Wert für den optimierten Verzehr.

Die Zielfunktion minimiert zumeist die Abweichung vom beobachteten Verzehrmuster einer Bevölkerung. **Damit wird innerhalb des Lösungsraums der Nebenbedingungen die Lösung gewählt, die dem beobachteten Verzehr in der Bevölkerung am nächsten ist.**

Eckpunkte der Optimierungsmethodik

Einen ersten Überblick über das von der DGE entwickelte Modell und seine Parameter, die im Folgenden näher vorgestellt werden, gibt ♦ Abbildung 1. Jeder Entscheidungsvariable ist in der Datenbank ein Datensatz zugeordnet, bestehend aus dem durchschnittlichen Verzehr in der erwachsenen Bevölkerung, dem Energie- und Nährstoffgehalt, dem Umwelteinfluss, den Lebensmittel-Gesundheitsrelationen und der Zugehörigkeit zu Koppelprodukten (z. B. Rindfleisch und Milch; s. Abschnitt „Agronomische Abhängigkeiten“). Akzeptable Verzehrmengen, Nährstoffziele und agronomische Abhängigkeiten werden in Form der Nebenbedingungen eingehalten. Die Zielfunktion besteht aus drei Komponenten:

1. Minimierung (Reduktion) der Krankheitslast,
2. Minimierung (Reduktion) der Umweltlast und
3. Minimierung der Abweichungen vom üblichen Verzehr (Nähe zum üblichen Verzehr).

Lebensmittelgruppen (Entscheidungsvariablen)

Zentral für den Aufbau der Datenbank ist die Auswahl der Lebensmittelgruppen. Orientiert an der Struktur des Lebensmittelklassifikationssystems FoodEx2 [14] (♦ Kasten 1) sowie der Relevanz der Lebensmittelgruppen beim üblichen Verzehr in Deutschland und der Datenverfügbarkeit hat die DGE-Arbeitsgruppe 18 Lebensmittelgruppen festgelegt, die der Ableitung der FBDG zugrunde liegen (♦ Kasten 2). Für das Optimierungsmodell arbeitet die DGE

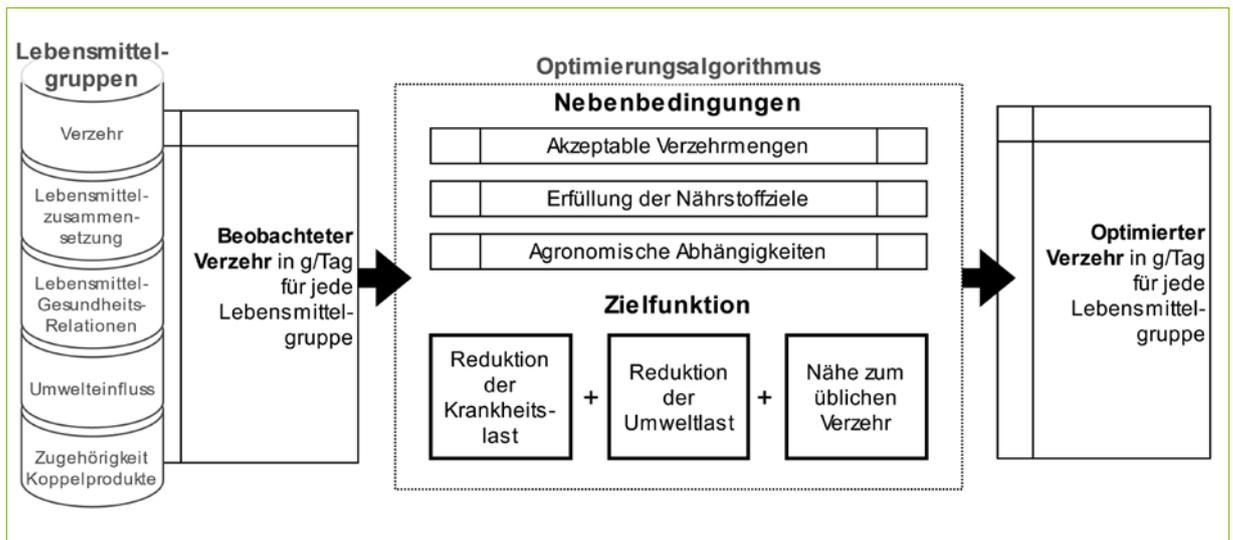


Abb. 1: Schematische Darstellung des mathematischen Optimierungsmodells der DGE für die wissenschaftliche Grundlage der FBDG für gesunde, sich omnivor ernährende Erwachsene im Alter von 18 bis 65 Jahren

mit den FoodEx2-Codes auf Level 4, da hier die notwendige Differenzierung für Aussagen über die entsprechenden Lebensmittelgruppen vorliegt.

Für fünf weitere Lebensmittelgruppen (Softdrinks, zusammengesetzte Gerichte, alkoholische Getränke, Süßigkeiten, Saucen und Gewürze, Andere¹) werden ebenfalls optimierte Verzehrsmengen berechnet. Diese Mengen werden anschließend als „diskretorische Lebensmittel“ zusammengefasst und deren Menge als Anteil der Energie an der Gesamtenergie (Energieprozent) angegeben. Diese Lebensmittelgruppen werden in die Berechnung einbezogen, um z. B. Obergrenzen für Nährstoffe wie gesättigte Fettsäuren oder freie Zucker auf die gesamte Ernährung zu beziehen.

Datengrundlagen

Verzehr und Lebensmittelzusammensetzung

Die Daten für das übliche Verzehrsmuster basieren auf der Nationalen Verzehrsstudie II (NVS II; 2005 bis 2007; 18- bis 65-Jährige) und stammen aus der *EFSA Comprehensive Database*, in der die Lebensmittel nach FoodEx2 (♦ Kasten 1) codiert sind [16, 17]. Dies sind die aktuellsten repräsentativen Verzehrdaten für Deutschland.

Die Energie- und Nährstoffgehalte der Lebensmittel stammen aus dem Bundeslebensmittelschlüssel (BLS, Version 3.02) [18]. Ergänzt sind Daten für freie Zucker aus der Nährstoff- und Lebensmitteldatenbank LEHTAB der *Dortmund Nutritional and Anthropometric Longitudinally Designed (DONALD)* Studie [19, 20].

FoodEx2 – Das standardisierte System zur Klassifizierung und Beschreibung von Lebensmitteln der *European Food Safety Authority (EFSA)* [14] wird vermehrt als harmonisierte Lebensmittelklassifikation genutzt [13], was die internationale Zusammenarbeit und die interdisziplinäre Datennutzung erleichtert. Die Lebensmittelgruppen von FoodEx2 sind auf sieben Stufen (Level) hierarchisch gegliedert: Auf Level 1 finden sich die am höchsten aggregierten Lebensmittelgruppen (z. B. Getreideprodukte), auf den Leveln darunter sind die Gruppen weiter differenziert (z. B. Level 4, Roggenbrot und -brötchen).

- | | |
|--------------------------|-----------------------------------|
| 1. Trinkwasser | 10. Getreide (-produkte) |
| 2. Kaffee, Tee | 11. – davon Vollkorn |
| 3. Gemüse | 12. Milchäquivalente ² |
| 4. Obst | 13. Eier |
| 5. Obst- und Gemüsesäfte | 14. Fisch und Meeresfrüchte |
| 6. Pflanzenöle | 15. Geflügel |
| 7. Hülsenfrüchte | 16. Rotes Fleisch |
| 8. Nüsse und Samen | 17. Verarbeitetes Fleisch |
| 9. Kartoffeln | 18. Streichfette |

Lebensmittel-Gesundheitsrelationen

Für die Integration der Assoziationen zwischen dem Verzehr von Lebensmittelgruppen und dem Risiko für die Entstehung ernährungsmitbedingter Erkrankungen werden DALYs (engl. *disability-adjusted life years*) aus Berechnungen der *Global Burden of Disease*-Studie [21] und von Schwingshackl et al. [22] zugrunde

¹ In dieser Gruppe werden Lebensmittel zusammengefasst, die sich keiner der anderen Lebensmittelgruppen zuordnen lassen, z. B. "Protein and protein components for sports people".

² Umrechnung von Milchprodukten in Milchäquivalente gemäß [15]: Milch Faktor 1; Milchprodukte (z. B. Joghurt und Sahne) Faktor 1,4; Käse Faktor 7,2; Butter ist der Gruppe Streichfette zugeordnet. ■■■ Lesen Sie mehr zu Milchäquivalenten in DGEwissen März 2024.



gelegt. Sie sind ein Maß für die Krankheitslast bzw. „verlorene Lebensjahre in Gesundheit“. Sie setzen sich aus der Anzahl an Lebensjahren zusammen, die mit einer Krankheit gelebt wurden und/oder durch einen vorzeitigen Tod aufgrund von Krankheit verloren gingen. Ein DALY bedeutet somit ein Jahr „verlorener Gesundheit“ [23]. Um einen relativen Vergleich der Lebensmittelgruppen untereinander in der Optimierung zu ermöglichen, wurden die mit dem zu hohen Verzehr einer Lebensmittelgruppe (z. B. verarbeitetes Fleisch) oder zu geringem Verzehr (z. B. Gemüse) verbundenen DALYs als Maßeinheit für die Lebensmittel-Gesundheitsrelationen operationalisiert. Lebensmittelgruppen, für die keine Daten vorliegen (z. B. Geflügelfleisch), gehen mit einem neutralen Wert ein.

Umwelteinfluss

Zur Erfassung der Umweltlast der Lebensmittel wurden Ökobilanzdaten für Treibhausgasemissionen und Landnutzung eingesetzt [24]. Es handelt sich um europäische Daten aus Lebenszyklusanalysen (d. h. von der Produktion über den Transport bis zur Zubereitung eines Lebensmittels). Zur vollumfänglichen Darstellung der Umweltlast von Lebensmitteln ist die Berücksichtigung weiterer Indikatoren wünschenswert (z. B. Wasserverbrauch und Eutrophierungspotenzial durch Phosphor- oder Stickstoffeintrag), jedoch liegen dazu gegenwärtig keine geeigneten und/oder ausreichend differenzierten Daten vor.

Optimierungsalgorithmus: Nebenbedingungen und Zielfunktion

Begrenzung von Verzehrsmengen

Die Begrenzung der optimierten Verzehrsmengen findet in der Optimierung von Ernährungsweisen häufig Anwendung [25]. Sogenannte *acceptability constraints* sorgen dafür, dass jede Lebensmittelgruppe in der optimierten Ernährungsweise beobachtete (= akzeptable) Verzehrsmengen nicht über- oder unterschreitet. Jede einzelne Lebensmittelgruppe auf Level 4 darf den Wert des 5. Perzentils des beobachteten Verzehrs nicht unter- und den Wert des 95. Perzentils nicht überschreiten. Die aggregierten Lebensmittelmengen auf Level 1 von FoodEx2 dürfen ebenfalls keine Werte unterhalb des 5. Perzentils und oberhalb des 95. Perzentils annehmen.

Dazu ein Beispiel: Die gesamte optimierte Obstmenge darf entsprechend dieser Begrenzung zwischen 0 g und 477 g liegen (5. und 95. Per-

zentil laut NVS II für alle Individuen) und die Verzehrmenge für Äpfel, eine Lebensmittelgruppe für Obst auf Level 4, kann Werte zwischen 0 g und 383 g (5. Perzentil für alle Individuen und 95. Perzentil nur für Konsument*innen) annehmen.

Energie- und Nährstoffziele

Die dem Modell vorgegebenen Energie- und Nährstoffziele (♦ eTabelle 1 im eSupplement) basieren auf den Referenzwerten für die Nährstoffzufuhr der DGE [26]. Diese müssen vom optimierten Verzehrsmuster erreicht werden. Die Referenzwerte wurden für die Erstellung von Durchschnittswerten für Männer und Frauen³ von 18–65 Jahren nach alters- und geschlechtsspezifischem Anteil in der Bevölkerung gewichtet. Es wird von leichter körperlicher Aktivität entsprechend einem PAL (*physical activity level*) von 1,4 ausgegangen. Wo anwendbar, wurden zudem die *Upper Intake Levels* der EFSA als Obergrenzen eingesetzt [27]. Nährstoffe, deren Werte im BLS nicht enthalten (Selen) oder zu ungenau sind (Jod, Fluorid, Kupfer und Mangan) werden nicht einbezogen.

Agronomische Abhängigkeiten (Koppelprodukte)

Das Modell bezieht zusätzlich praxisrelevante Informationen zur Umsetzung einer zukunftsfähigen Ernährungsweise ein: Agronomische Abhängigkeiten, welche die Produktion von Koppelprodukten in der Landwirtschaft berücksichtigen, wurden bei den folgenden Lebensmitteln als Nebenbedingungen eingeführt:

- a) Die Kuhmilchproduktion erfordert die Haltung von Milchkühen, wodurch sich eine gewisse Produktion an Rindfleisch ergibt. Die mit der Milchproduktion verbundene Rindfleischzeugung sollte entsprechend einer Nutzung zugeführt werden. Deshalb wird eine Nebenbedingung formuliert, die einen der Kreislaufwirtschaft auf Grasland entsprechenden Faktor von Milch- zu Rindfleischproduktion (100 : 2) erfüllt [28].
- b) Ebenso wurde ein entsprechendes Verhältnis von rotem unverarbeitetem zu verarbeitetem Fleisch (100 : 80–120) eingeführt [29]. Somit wird der Realität der Fleischverarbeitung/Nutzung des kompletten Schlachtkörpers Rechnung getragen.
- c) Des Weiteren wurde eine Nebenbedingung für das Verhältnis von Milch und Milchprodukten zu Butter eingeführt. Bei der Produktion von Milchprodukten fällt Butter in einem Verhältnis von 5 g Butter auf 100 g Milch an. Wird zur Hälfte Vollmilch verzehrt, ist von 2,5 g Butter bei 100 g Milch auszugehen. Das Modell muss also das Verhältnis von Milch zu Butter (100 : 2,5–5) einhalten [30].

Diese Abhängigkeiten sind nicht deutschlandspezifisch.

Es wurde keine Nebenbedingung für eine Abhängigkeit von Eiern und Geflügel eingeführt. Die getrennte Produktion von Eiern und Geflügelfleisch stellt aufgrund der starken Spezialisierung der Tiere durch Zucht auf das jeweilige Endprodukt die aktuell effizienteste und damit umweltfreundlichste Möglichkeit dar [31]. Der ethische Aspekt der Zweinutzungshühner wird somit im jetzigen Stand des Optimierungsmodells nicht berücksichtigt.

³ Für die Obergrenze für Alkohol und die Untergrenze für Eisen wurde nicht der Durchschnitt gewählt, sondern die Werte für Frauen.



Zielfunktion und Gewichtung der berücksichtigten Aspekte

Die drei Aspekte der Zielfunktion (Reduktion der Krankheitslast, Reduktion der Umweltlast, Nähe zum üblichen Verzehr) müssen gewichtet werden, sodass innerhalb des Lösungsraums, der durch die Nebenbedingungen definiert wird, verschiedene optimierte Verzehrsmuster durch die Zielfunktion gewählt werden können. Das Gewichtungsschema wurde ausgehend von einer Gleichgewichtung aller drei Aspekte entwickelt. Im Entwicklungsprozess der Methodik stellte sich heraus, dass die Reduktion der Krankheits- und Umweltlast zur Auswahl ähnlicher Lösungen führt, während eine höhere Gewichtung der „Nähe zum üblichen Verzehr“ davon abweicht.

Ausgehend von dieser Erkenntnis hat die DGE-Arbeitsgruppe eine Gewichtung von 40 % für den Aspekt Nähe zum üblichen Verzehr festgelegt (♦ Tabelle 1). Eine solche Gewichtung gibt dem Modell die Flexibilität, bei der Optimierung die Umweltziele, z. B. die substanzielle Reduzierung von Treibhausgasemissionen, einzuhalten. Alle optimierten Verzehrsmuster sollten die Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalente) um 45 % [Konfidenzintervall 40–50 %] senken. Eine 45 %-ige Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2030 könnte mit einer 50 %-igen Wahrscheinlichkeit die Erderwärmung auf 1,5 °C begrenzen [32].

Das verbleibende Gewicht von 60 % wurde auf Gesundheit und Umwelt gleichmäßig verteilt (Modellvariante 3, ♦ Tabelle 1). Zusätzlich wurde das Gewicht auf Gesundheit und Umwelt leicht variiert (Modellvarianten 1, 2, 4, 5). Dies ermöglicht, die Sensitivität des Modells bzw. dessen Robustheit in Bezug auf die Ergebnisse in den Lebensmittelgruppen zu beurteilen. Die fünf Modellvarianten wurden für jeweils zwei Szenarien berechnet. Szenario 2 enthält im Gegensatz zu Szenario 1 eine Vorgabe zur Fleischmenge, die auf der bisherigen Empfehlung der DGE (300 g Fleisch/Woche) [33] basiert.

Optimierungsergebnisse (V24.0.0)

Die optimierten Verzehrsmengen (V24.0.0) und ihr Einfluss auf Gesundheits- und Umweltindikatoren der Modellvariante 3 sind in ♦ Tabelle 2 gezeigt. Die Ergebnisse aller Modellvarianten sind im eSupplement, ♦ eTabelle 2 dargestellt.

Modellvariante	Gewicht (%) „Reduktion der Krankheitslast“	Gewicht (%) „Reduktion der Umweltlast“	Gewicht (%) „Nähe zum üblichen Verzehr“
1	40	20	40
2	35	25	40
3 (Gleichverteilung)	30	30	40
4	25	35	40
5	20	40	40

Tab. 1: Gewichtung der in der Zielfunktion berücksichtigten Aspekte

Die Optimierungsergebnisse führen zu einem pflanzenbetonten Verzehrsmuster mit einem geringen Anteil tierischer Lebensmittel (♦ Tabelle 2). Das optimierte Verzehrsmuster enthält im Gegensatz zum bisher in der Bevölkerung üblichen Verzehr mehr Gemüse, Obst, Vollkornprodukte, Nüsse und pflanzliche Öle, während die Mengen an verarbeitetem Fleisch, rotem Fleisch, Geflügelfleisch sowie Milch und Milchprodukten niedriger sind.

Alle Energie- und Nährstoffziele werden in beiden Szenarien von allen Modellvarianten erreicht. In Szenario 1 wird die Krankheitslast um 4,37 Millionen DALYs⁴ gesenkt. Die mit der Ernährung verbundenen Treibhausgasemissionen werden um 46 % reduziert und die Landnutzung halbiert. Szenario 1 bedeutet eine erhebliche Reduktion des Fleischverzehrs im Vergleich zu den deutschen Verzehrsgewohnheiten. Es wurde daher das zweite Szenario berechnet. Die Reduktion der Krankheitslast liegt in Szenario 2 bei 2,67 Millionen DALYs, während die Treibhausgasemissionen um 44 % gesenkt werden (♦ Tabelle 2).

Konzepte zur Ableitung der Empfehlungen auf Grundlage der Optimierungsergebnisse

FBDG bestehen nicht nur aus der Synthese der wissenschaftlichen Evidenz zu einer gesundheitsfördernden und umweltschonenden Ernährung, sondern auch aus der Übersetzung der Erkenntnisse in Botschaften – z. B. die DGE-Empfehlungen „Gut essen und trinken“ – und sogenannte *Food Guides* – z. B. der DGE-Ernährungskreis – die auf klare und verständliche Weise die empfohlenen Lebensmittelgruppen in ihren Mengen kommunizieren [34, 35].

Die Optimierungsergebnisse der 10 Modellvarianten (2 Szenarien mit je 5 verschiedenen Gewichtungen) bilden die wissenschaftliche Grundlage der FBDG für Deutschland und sind aufgrund ihrer Komplexität und der Vielzahl der Ergebnisse in dieser Form nicht zur Kommunikation geeignet. Um die wissenschaftliche Evidenz in Aussagen und Empfehlungen umzusetzen, wurden die beste-

⁴ DALYs, engl. *disability-adjusted life years*, definiert als Summe der durch Tod verlorenen Lebensjahre und Lebensjahren mit gesundheitlichen Einschränkungen.



henden FBDG der DGE – die 10 Regeln der DGE [36] und der DGE-Ernährungskreis [33] – im Abgleich mit den Ergebnissen des Optimierungsmodells überarbeitet.

Zusammenfassung in Portionen

Die Übersetzung der Ergebnisse des Optimierungsmodells in Portionen für den täglichen oder wöchentlichen Verzehr ermöglicht eine quantitative, praxisnahe und leicht verständliche Darstellung der optimierten Verzehrsmengen. Sie bilden die Brücke in der Übersetzung der Optimierungsergebnisse in DGE-Ernährungskreis und die Botschaften. Für die Umrechnung in Portionen wurden zunächst die Lebensmittelgruppen der Optimierungsergebnisse weiter aggregiert und für diese Portionsgrößen festgelegt, z. B. 1 Portion Obst und Gemüse entspricht 110 g (♦ Tabelle 3). Die Festlegung der Portionsgrößen orientiert sich an den bisher genutzten Angaben aus den DGE-Orientierungswerten [33].

Für jede der 10 Modellvarianten und jede Lebensmittelgruppe wurde anschließend die Anzahl der Portionen berechnet (z. B. 247 g Gemüse plus 300 g Obst = 547 g/110 g pro Portion ≈ 5 Portionen Obst und Gemüse pro Tag). Bei Werten unter 1 Portion/Tag wurden die Anzahl der Portionen auf eine Woche bezogen. Entsprechend wurde für jede Lebensmittelgruppe ein geeignetes Zeitintervall für den Verzehr festgelegt (pro Tag oder pro Woche). Die Portionsangaben wurden anschließend gerundet. ♦ Tabelle 3 zeigt für Modellvariante 3, wie viele Portionen sich je Lebensmittelgruppe aus der beschriebenen Vorgehensweise und den Optimierungsergebnissen für die Szenarien 1 und 2 ergeben. Die Portionsangaben für alle 10 Modellvarianten sind in ♦ eTabelle 3 im eSupplement dargestellt.

Übersetzung in die DGE-Empfehlungen und den DGE-Ernährungskreis

Bei der Übersetzung der quantitativen Angaben in die DGE-Empfehlungen (Botschaften) und den DGE-Ernährungskreis (*Food Guide*) bilden, analog zum Vorgehen bei der Übersetzung in Portionen, die bisher bestehenden FBDG für Deutschland den Ausgangspunkt. Ihre Aussagen werden mit den optimierten Mengen abgeglichen und anschließend auf Grundlage der Optimierungsergebnisse (Portionen) aktualisiert.

FBDG Lebensmittelgruppe	NVSII ¹ (g/d)	Optimierungsergebnisse ² für Modellvariante 3 ³ (g/d)	
		Szenario 1	Szenario 2
Trinkwasser	1003	1074	1047
Kaffee und Tee	749	97	97
Gemüse	91	247	245
Obst	154	300	300
Säfte	226	61	61
Pflanzliche Öle	3	12	13
Hülsenfrüchte	5	5	5
Nüsse und Samen	5	31	13
Kartoffeln	37	37	37
Getreide (gesamt)	234	319	309
davon Vollkorn	12	104	31
Milchäquivalente	451	379	394
Ei und Eiprodukte	12	12	12
Fisch und Meeresfrüchte	15	26	18
Geflügel	20	0	23
Rotes Fleisch	42	9	11
Verarbeitetes Fleisch	52	8	9
Streichfette	20	11	10
En% Diskretori-sche Lebensmittel	22	7	8
Treibhausgas-emissionen (kg CO ₂ -Äqu.)	6,18	3,31	3,49
Landnutzung (m ²)	7,48	3,62	3,73
DALYs (gewon-nene Lebensjahre in Mio., Durchschnitt aus [21, 22])	–	4,37	2,67

Tab. 2: Optimierte Verzehrsmengen in g/Tag für sich omnivor ernährende Erwachsene im Alter von 18 bis 65 Jahren (V24.0.0), Energie: 2029 kcal/d

¹ beobachteter Verzehr laut NVS II

² Die Optimierungsergebnisse sind nicht gleichbedeutend mit den FBDG der DGE. Die FBDG werden aus den Optimierungsergebnissen abgeleitet.

³ Gewichtung: 30 % Reduktion der Krankheitslast, 30 % Reduktion der Umweltlast, 40 % Nähe zum üblichen Verzehr
Äqu.: Äquivalente; DALYs: engl. *disability-adjusted life years*; FBDG: engl. *Food-Based Dietary Guidelines*; NVS II: Nationale Verzehrsstudie II

Einordnung: Mathematische Optimierung zur Ableitung von FBDG

Der Optimierungsalgorithmus stellt ausgehend von den ihm vorgegebenen Daten und Annahmen ein optimiertes Verzehrsmuster zusammen. Die Sensitivitätsanalysen in Form der 10 Varianten des Optimierungsmodells zeigen eine weitgehende Stabilität der Ergebnisse. Je nach Schwerpunktsetzung (Reduktion Krankheits- oder Umweltlast) ergeben sich leichte Unterschiede, die den jeweiligen Schwerpunkt besser berücksichtigen. Da die Änderungen immer vom üblichen Verzehr ausgehend stattfinden und dazu möglichst wenig von diesem abweichen sollen, spielt beispielsweise



Lebensmittelgruppe	Portion in g	Bezeichnung	Anzahl Portionen für Modellvariante 3		Zeitbezug
			Szenario 1	Szenario 2	
Obst und Gemüse	110	Portion	5	5	täglich
Säfte	200	Glas	2	2	wöchentlich
Pflanzliche Öle	10	Esslöffel	1	1	täglich
Hülsenfrüchte	125	Portion (frisch ¹)	1	1	wöchentlich
Nüsse und Samen	25	Portion	1	1	täglich
Kartoffeln	250	Portion	1	1	wöchentlich
Getreide, Brot, Nudeln ² davon mind. 1/3 Vollkorn	60	Portion	5	5	täglich
Milch und Milchprodukte	250 ³	Portion	2	2	täglich
Eier	60	Stück	1	1	wöchentlich
Fisch	120	Portion	2	1	wöchentlich
Fleisch (Rind, Schwein, Geflügel) & Wurst	120 30	Portion Scheibe	1 2	2 2	wöchentlich
Butter und Margarine	10	Esslöffel	1	1	täglich

Tab. 3: Übersetzung der optimierten Verzehrmenen (V24.0.0) für sich omnivor ernährnde Erwachsene im Alter von 18 bis 65 Jahren (Energie: 2029 kcal/d) in Portionen pro Lebensmittelgruppe

¹ Für die Umrechnung von getrockneten Hülsenfrüchten in Frischgewicht wurde der Faktor 1,8 verwendet.

² Für eine Scheibe Brot und eine Portion Getreideflocken wird eine Portionsgröße von 60 g verwendet, für eine Portion Nudeln/Reis (ungekocht) 120 g.

³ 250 g pro Portion beziehen sich auf den Verzehr von Milch als Getränk. Die Menge an Milchäquivalenten wurde dem Verhältnis von Milch, Käse und restlichen Milchprodukten der NVSII entsprechend umgerechnet. Eine Portion Milchprodukte können jeweils auch eine Scheibe Käse (30 g) oder eine Portion Joghurt (150 g) sein.

bei einem geringeren Gewicht auf die Reduktion der Krankheitslast in der Zielfunktion der Vollkornanteil eine weniger starke Rolle.

Auffallend ist, dass alle Modellvarianten in beiden Szenarien eine Reduktion von Krankheits- und Umweltlast durch vergleichbare Änderungen in den meisten Lebensmittelgruppen erzielen, hierzu zählen die Steigerung des Anteils an Gemüse, Obst, Nüssen und pflanzlichen Ölen, eine Reduktion von Fleisch und die Senkung der Energiezufuhr durch diskretorische Lebensmittel (z. B. Softdrinks und Süßigkeiten).

Mathematische Optimierung bietet bis zu einem gewissen Grad Unabhängigkeit von persönlichen Vorannahmen und durch eine detaillierte Beschreibung eine hohe Transparenz in der Ableitung der empfohlenen Lebensmittelmengen [11]. Bei anderen Ansätzen zur Ableitung von Empfehlungen benötigt es in der Regel eine Abstimmung durch Expert*innen über die Lebensmittelmengen. Dennoch gehört auch zur mathematischen Optimierung, dass Expert*innen Entscheidungen über die Auswahl der Daten und der zugrunde

gelegten Annahmen treffen. Auch in die Übersetzung der Optimierungsergebnisse in FBDG fließen subjektive Entscheidungen ein. Eine ausführliche Dokumentation zum Aufbau des Optimierungsmodells schafft Transparenz für die Grundlage solcher Entscheidungen. Die transparentere Methode ermöglicht die Partizipation aller Stakeholder bei ihrer kontinuierlichen Verbesserung, beispielsweise im Konsultationsprozess 2022/23.

Zuletzt kann die Qualität der Ergebnisse nur so gut sein wie die zugrunde gelegten Daten. Bspw. ist die NVS II zwar die aktuellste repräsentative Verzehrstudie für das deutsche Ernährungsmuster, wurde aber bereits 2007/2008 erhoben. Weiter können z. B. nicht alle Nährstoffe aufgrund von Limitierungen in der verwendeten Nährstoffdatenbank (BLS) dargestellt werden (Selen ist z. B. nicht vorhanden). Empfehlungen zur Aufnahme von kritischen Nährstoffen wie Jod und Folat können aber dennoch Eingang in die FBDG finden, z. B. über den Hinweis, mit Jod angereichertes Speisesalz zu nutzen. Der neue Ansatz bietet die Flexibilität, auf neue wissenschaftliche Erkenntnisse oder neu verfügbare Daten reagieren zu können. Die Methodik kann zukünftig um Indikatoren für Gesundheit, z. B. um Kontaminanten in Lebensmitteln, oder für Umwelt um Indikatoren zum Wasserverbrauch und Eutrophierungspotenzial erweitert werden. Ebenfalls ist eine weitere Spezifizierung für Zielgruppen, z. B. Kinder oder weitere Ernährungsweisen (vegetarisch, vegan) möglich.



Schlussfolgerungen und Ausblick

Das Optimierungsmodell der DGE findet unter der Verwendung wissenschaftlich fundierter Daten die besten Lösungen für die Überarbeitungsziele der FBDG für Deutschland. Im Gegensatz zum bisherigen deutschen Ansatz, bei dem die FBDG überwiegend eindimensional begründet waren, können durch die beschriebene Optimierungsmethodik nun verschiedene Zieldimensionen zusammengeführt werden: Die Methodik ermöglicht die simultane Reduzierung der mit dem Lebensmittelverzehr verbundenen Krankheits- und Umweltlast. Die vorgegebenen Energie- und Nährstoffziele werden erreicht. Zusätzlich geschieht die Optimierung unter möglichst großer Nähe zum üblichen Verzehrmuster in der deutschen Bevölkerung.

An die Entwicklung von FBDG schließt sich deren Implementierung an [34]. Diese liegt nicht allein in der Verantwortung der Verbraucher*innen bzw. in der Aktivität des Einzelnen, sondern auch maßgeblich in der Transformation zu fairen Ernährungsumgebungen durch Politik und Gesellschaft [12, 37].

Die FBDG der DGE zeigen eine Ideal-situation auf, die nicht von heute auf morgen umgesetzt werden kann. Sie bieten jedoch Orientierung auf dem Weg zu einer gesundheitsfördernden und umweltschonenden Ernährung in Deutschland.

Für die Integration der neuen FBDG in die DGE Qualitätsstandards für die Gemeinschaftsverpflegung werden zusätzliche Schritte, beispielsweise in Form von Speiseplanberechnungen, notwendig sein. Weitere Entwicklungen und Veröffentlichungen sowie FAQ zu den wissenschaftlichen Grundlagen der FBDG sind bzw. werden auf der Website der DGE, www.dge.de, in den Rubriken Wissenschaft und Gesunde Ernährung zu finden sein.

Danksagungen

Die DGE-Arbeitsgruppe Lebensmittelbezogene Ernährungsempfehlungen bedankt sich bei Margrit Richter, Christina Breidenassel und Manuela Michel für ihre fachliche Unterstützung. Weiterhin bedankt sich die AG bei Rozenn Gazan und Florent Vieux (MS-Nutrition), die die Programmierung des Optimierungsalgorithmus vorgenommen haben. Wir bedanken uns weiterhin bei allen Teilnehmenden des Konsultationsprozesses für ihre Anmerkungen.

DGE Arbeitsgruppe Lebensmittelbezogene Ernährungsempfehlungen

Bernhard Watzl (Vorsitz), Ulrike Arens-Azevêdo, Heiner Boeing, Johanna Conrad, Kurt Gedrich, Maike Gutmann, Julia Haardt, Hans Hauner, Helmut Hesecker, Anja Kroke, Micha Limbeck, Jakob Linseisen, Stefan Lorkowski, Ute Nöthlings, Britta Renner, Anne Carolin Schäfer, Lukas Schwingshackl, Kiran Virmani

Anne Carolin Schäfer¹

Heiner Boeing²

Johanna Conrad¹

Bernhard Watzl¹

¹ Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V., Bonn, Deutschland
corresponding_author@dge.de

² Institut für Epidemiologie (geschlossen),
Deutsches Institut für Ernährungsforschung Potsdam-Rehbrücke

Angaben zu Interessenkonflikten und zum Einsatz von KI

Die Autorinnen und Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht und für die Erstellung des Manuskripts keine KI-Anwendungen eingesetzt wurden.

Das eSupplement zu diesem Beitrag finden Sie online
→ www.ernaehrungs-umschau.de/fachzeitschrift/heftarchiv/Ausgabe_3/2024 bei diesem Artikel.

Literatur

1. EFSA (European Food Safety Authority): Scientific opinion on establishing food-based dietary guidelines. *EFSA J* 8 2010: 1460.
2. FAO (Food and Agriculture Organization), WHO (World Health Organization) (Ed.): Sustainable healthy diets – Guiding principles, Rome 2019.
3. Willett W, Rockström J, Loken B, et al.: Food in the anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet* 2019; 393: 447–92.
4. World Resources Institut (Hrsg.): World resources report. Creating a sustainable food future. Final report. (2019) https://research.wri.org/sites/default/files/2019-07/WRR_Food_Full_Report_0.pdf (last accessed on 19 January 2022).
5. Gonzalez Fischer C, Garnett T: Plates, pyramids, and planets. Developments in national healthy and sustainable dietary guidelines: a state of play assessment. Food and Agriculture Organization of the United Nations; Food Climate Research Network, University of Oxford, Rome 2016.
6. Brink E, van Rossum C, Postma-Smeets A, et al.: Development of healthy and sustainable food-based dietary guidelines for the Netherlands. *Public Health Nutr* 2019; 22: 2419–35.
7. Mariotti F, Havard S, Morise A, et al.: Perspective: modeling healthy eating patterns for food-based dietary guidelines—scientific concepts, methodological processes, limitations, and lessons. *Adv Nutr* 2021; 12: 590–9.
8. Dietary Guidelines Advisory Committee (Ed.): Scientific Report of the 2020 Dietary Guidelines Advisory Committee: Advisory Report to the Secretary of Health and Human Services and the Secretary of Agriculture, Washington, D.C. 2020.
9. Baghurst KI, Cobiac L, Baghurst P, et al.: A modelling system to inform the revision of the Australian Guide to Healthy Eating. (2011) www.eatforhealth.gov.au/sites/default/files/files/the_guidelines/n55c_dietary_guidelines_food_modelling.pdf (last accessed on 3 February 2023).



10. Australian Government, National Health and Medical Research Council (2011): A modelling system to inform the revision of the Australian guide to healthy eating. www.eatforhealth.gov.au/sites/default/files/files/public_consultation/n55a_dietary_guidelines_food_modeling_111216.pdf (last accessed on 5 May 2022).
11. Schäfer AC, Schmidt A, Bechthold A, et al.: Integration of various dimensions in food-based dietary guidelines via mathematical approaches. Report of a DGE/FENS Workshop in Bonn, Germany, 23.–24. September 2019. *Br J Nutr* 2021; 126(6): 942–49.
12. Renner B, Arens-Azevêdo U, Watzl B, Richter M, Virmani K, Linseisen J for the German Nutrition Society (DGE): DGE position statement on a more sustainable diet. *Ernährungs Umschau* 2021; 68(7): 144–54.
13. Gazan R, Brouzes CMC, Vieux F, et al.: Mathematical optimization to explore tomorrow's sustainable diets: a narrative review. *Adv Nutr* 2018; 9: 602–16.
14. EFSA (European Food Safety Authority): The food classification and description system FoodEx2 (revision 2). (2015) <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/sp.efsa.2015.EN-804> (last accessed on 25 October 2021).
15. Breidenassel C, Schäfer AC, Micka M, Richter M, Linseisen J, Watzl B for the German Nutrition Society (DGE): The Planetary Health Diet in contrast to the food-based dietary guidelines of the German Nutrition Society (DGE). A DGE statement. *Ernährungs Umschau* 2022; 69(5): 56–72.e1–3.
16. Merten C, Ferrari P, Bakker M, et al.: Methodological characteristics of the national dietary surveys carried out in the European Union as included in the European Food Safety Authority (EFSA) Comprehensive European Food Consumption Database. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess* 2011; 28: 975–95.
17. EFSA (European Food Safety Authority): Use of the EFSA comprehensive European food consumption database in exposure assessment. *EFSA J* 2011;9 : 2097.
18. Max Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel (MRI) (Hg.): Bundeslebensmittelschlüssel (2005–2014). www.blsdb.de (last accessed on 13 September 2019).
19. Sichert-Hellert W, Kersting M, Chahda C, et al.: German food composition database for dietary evaluations in children and adolescents. *J Food Compos Anal* 2007; 20: 63–70.
20. Perrar I, Alexy U, Nöthlings U: Cohort profile update-overview of over 35 years of research in the Dortmund Nutritional and Anthropometric Longitudinally Designed (DONALD) study. *Eur J Nutr* 2023; VOL 1–14.
21. GBD 2017 Diet Collaborators: Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet* 2019; 393: 1958–72.
22. Schwingshackl L, Knüppel S, Michels N, et al.: Intake of 12 food groups and disability-adjusted life years from coronary heart disease, stroke, type 2 diabetes, and colorectal cancer in 16 European countries. *Eur J Epidemiol* 2019, 34: 765–75.
23. GBD 2017 DALYs and HALE Collaborators: Global, regional, and national disability-adjusted life-years (DALYs) for 359 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE) for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet* 2018; 392: 1859–922.
24. Mertens E, Kaptijn G, Kuijsten A, et al.: SHARP-Indicators Database towards a public database for environmental sustainability. *Data Brief* 2019; 27: 104617.
25. Van Dooren C: A Review of the Use of Linear Programming to Optimize Diets, Nutritiously, Economically and Environmentally. *Front Nutr* 2018; 5: 48.
26. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V., Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährung (Hg.): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr: 2. Aufl., 7. Aaktual. Ausgabe. Bonn 2021.
27. EFSA (European Food Safety Authority): Overview on tolerable upper intake levels as derived by the Scientific Committee on Food (SCF) and the EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). (2018) www.efsa.europa.eu/sites/default/files/assets/UL_Summary_tables.pdf (last accessed on 22 October 2021).
28. Mück U: Nur mit Fleisch: Gründland nutzen und erhalten. Was folgt daraus für eine Planeten-Diät? www.lebendigeerde.de/fileadmin/lebendigeerde/pdf/2020/LE_2020_6_Mueck-NEU.pdf (last accessed on 11 December 2023)
29. Campbell JA: Understanding beef carcass yields and losses during processing. (2022) <https://extension.psu.edu/understanding-beef-carcass-yields-and-losses-during-processing> (last accessed on 3 July 2023).
30. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations): Technical conversion factors for agricultural commodities. www.fao.org/fileadmin/templates/ess/documents/methodology/tcf.pdf (last accessed on 9 March 2023).
31. Mueller S: Meat and egg production with dual-purpose poultry: biological background, feed requirements and efficiency, meat and egg quality. (2018) www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.11850/340446/1/25564_Mueller.pdf (last accessed on 18 August 2018).
32. Riahi K, Schaeffer R, Arango J, et al.: Mitigation pathways compatible with long-term goals. In: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Ed.): *Climate Change 2022: Mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK 2022: 295–408.
33. Oberritter H, Schäbenthal K, von Ruesten A, Boeing H: The DGE–Nutrition Circle – representation and fundamentals of the food-based recommendations of the German Nutrition Society. *Ernährungs Umschau* 2013; 60(2): 24–9.
34. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (Ed.): *Background Food-based dietary guidelines*. (2022) www.fao.org/nutrition/education/food-dietary-guidelines/background/en/ (last accessed on 4 March 2022).
35. WHO (World Health Organization) (Ed.): *Preparation and use of food-based dietary guidelines*. Joint FAO/WHO Consultation. Joint FAO/WHO Consultation (1998)
36. Jungvogel A, Wendt I, Schäbenthal K, et al.: Überarbeitet: Die 10 Regeln der DGE. *Ernährungs Umschau* 2013; 59: M644–5.
37. Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz (WBAE) beim BMEL (Hg.): *Politik für eine nachhaltigere Ernährung. Eine integrierte Ernährungspolitik entwickeln und faire Ernährungsumgebungen gestalten*. Gutachten. (2020) www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ministerium/Beiraete/agrarpolitik/wbae-gutachten-nachhaltige-ernaehrung.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (last accessed on 1 September 2020).