

Einführung

Die Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr benennen Mengen für die Zufuhr von Energie und Nährstoffen. Eingeschlossen sind Wasser, Ballaststoffe und Alkohol. Je nach wissenschaftlicher Datenlage und physiologischer Rolle wird eine empfohlene Zufuhr, ein Schätzwert oder ein Richtwert ausgesprochen.

Die Referenzwerte bilden die Basis für die Ableitung von lebensmittelbezogenen Empfehlungen für eine vollwertige Ernährung, wie sie beispielsweise von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE) mit dem DGE-Ernährungskreis und der darauf basierenden Dreidimensionalen DGE-Lebensmittelpyramide [1] sowie den 10 Regeln der DGE [2] etabliert sind. Die Referenzwerte dienen ferner der Planung einer vollwertigen Ernährung sowie der Beurteilung der Nährstoffzufuhr in der Ernährungsberatung und in der Gemeinschaftsverpflegung.

Ziel und Geltungsbereich der Referenzwerte

Die Umsetzung der Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr soll einen Beitrag zur Erhaltung und Förderung der Gesundheit und der Lebensqualität leisten. Im Sinne der Weltgesundheitsorganisation [3] soll sie bei nahezu allen gesunden Personen der Bevölkerung die lebenswichtigen metabolischen, physischen und psychischen Funktionen sicherstellen und vor ernährungsbedingten Gesundheitsschäden schützen. Dazu gehört, nährstoffspezifische Mangelkrankheiten (z. B. Rachitis, Skorbut, Pellagra) und Mangelsymptome (z. B. Hautentzündungen, ophthalmologische oder zerebrale Störungen) zu verhüten sowie eine Über- bzw. Unterversorgung zu vermeiden. Darüber hinaus gibt es zahlreiche Hinweise, dass bestimmte Nährstoffe weitere präventive Wirkungen haben, die über die Verhütung von klassischen Mangelkrankheiten und -symptomen hinausgehen. Diese werden in den Kapiteln zu den Nährstoffen dargelegt bzw. bei aussagekräftiger Datenlage auch für die Ableitung der entsprechenden Referenzwerte berücksichtigt. Des Weiteren sollen mit der Umsetzung der Referenzwerte Körperreserven angelegt werden, die kurzfristig eintretende Bedarfssteigerungen überbrücken können.

Die vorliegenden Referenzwerte beziehen sich nicht auf die Versorgung von Kranken und Rekonvaleszenten. Sie sind auch, mit Ausnahme von Jod, nicht ausreichend,

um bei Personen mit einem Nährstoffmangel entleerte Speicher wieder aufzufüllen. Sie gelten auch nicht für durch Genussmittel (z. B. chronisch erhöhter Alkoholkonsum) oder eine regelmäßige Medikamenteneinnahme belastete Personen. Diese Personenkreise bedürfen der individuellen ernährungsmedizinischen Beratung und Betreuung.

Die Referenzwerte für die Zufuhr von Energie und Nährstoffen im Säuglingsalter werden für reifgeborene, gestillte Säuglinge in den ersten 4 Lebensmonaten abgeleitet. Die Zusammensetzung der Frauenmilch ist an die kindlichen Bedürfnisse angepasst. Sie liefert dem Säugling die für Wachstum und gesunde Entwicklung wichtigen Nährstoffe [4, 5]. In Abhängigkeit von der individuell unterschiedlichen Entwicklung der Säuglinge wird empfohlen, 4 bis 6 Monate, d. h. bis zu Beginn des 5. bzw. 7. Lebensmonats, ausschließlich zu stillen. Beikost sollte nicht vor dem Beginn des 5. und nicht später als zu Beginn des 7. Lebensmonats eingeführt werden. Sofern der Säugling gut gedeiht, kann 6 Monate lang ausschließlich, d. h. ohne Zugabe von Beikost, gestillt werden [6].

Da nicht sichergestellt werden kann, dass alle Säuglinge bei ausschließlicher Stillen über das Alter von 4 Monaten hinaus ausreichend mit Nährstoffen versorgt werden [7, 8], wird zur Ableitung der Referenzwerte zwischen den Altersgruppen 0 bis unter 4 Monaten und 4 bis unter 12 Monaten unterschieden. Die Ableitung von Referenzwerten ist unabhängig von Stillempfehlungen zu sehen.

Die Gruppe der älteren Menschen im Alter ab 65 Jahren ist eine sehr heterogene Gruppe. Dieser Lebensabschnitt umfasst einen sehr großen Altersbereich, in dem umfassende physiologische Veränderungen stattfinden. Es gibt rüstige, gesunde, aber auch multimorbide und gebrechliche Senioren. Krankheitsprävalenz und Behinderungen nehmen im Alter zu, Funktionsreserven nehmen ab und oft ist die Einnahme von Medikamenten erforderlich. Sowohl Krankheiten als auch Medikamente können eine verminderte Nährstoffabsorption bzw. eine erhöhte Nährstoffumsetzung und/oder -ausscheidung verursachen. Dadurch verringert sich die Verfügbarkeit von Nährstoffen oder der Bedarf ist erhöht. Referenzwerte für die Gesamtgruppe älterer Menschen treffen daher zunehmend weniger auf den Einzelfall zu.

Ableitung der Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr

Das Vorgehen zur Ermittlung der Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr entspricht dem international üblichen Vorgehen (z. B. [9–12]). Ausgangspunkt für die Ableitung von Referenzwerten für die Nährstoffzufuhr ist die Feststellung des Bedarfs. Der Bedarf ist die Menge eines Nährstoffs bzw. die Menge an Energie, die gebraucht wird, um den Stoffwechsel und die Funktionen des Organismus aufrechtzuerhalten und die bereits die Bioverfügbarkeit berücksichtigt. Abbildung 1 stellt das Vorgehen zur Ableitung von Referenzwerten schematisch dar. Details zum spezifischen Vorgehen bei der Ableitung der einzelnen Referenzwerte werden in den jeweiligen Kapiteln beschrieben.

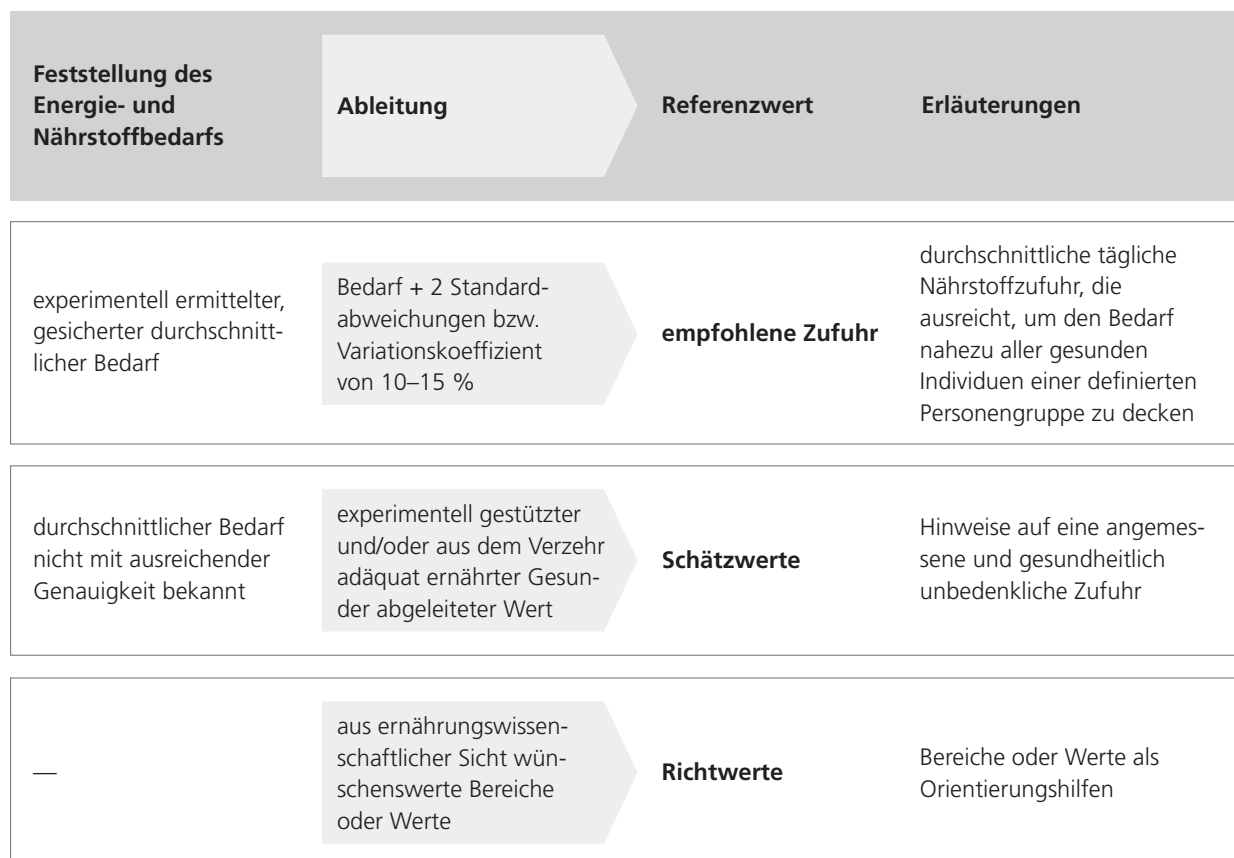
Bedarf

Energie- und Nährstoffbedarf sind von Mensch zu Mensch und von Tag zu Tag verschieden und hängen von vielen

endogenen (z. B. Alter, Geschlecht, Ernährungsstatus, Gesundheitszustand) und exogenen Einflüssen (z. B. Klima, körperliche Aktivität in Beruf und Freizeit) ab. Die interindividuelle Variabilität des Bedarfs ist teilweise auch durch Genpolymorphismen und deren Einflüsse auf die Funktion der Nährstoffe im Körper zurückzuführen. Es müssen weitere wissenschaftliche Erkenntnisse hierzu gewonnen werden, um gegebenenfalls zukünftig Referenzwerte in Abhängigkeit von Genpolymorphismen ableiten zu können [13].

Experimentell lässt sich der jeweilige Bedarf nur bei definierten und kleinen Bevölkerungsgruppen bestimmen. Die ermittelten Werte unterliegen einer statistischen Verteilung. Sofern es sich um eine Normalverteilung (Gaußsche Kurve, Abb. 2) handelt, deckt eine dem „durchschnittlichen Wert“ der Gruppe entsprechende Zufuhr den Bedarf von 50 % aller untersuchten Personen (**=durchschnittlicher Bedarf**), während der Bedarf der anderen 50 % der Gruppe damit nicht erreicht wird.

Abbildung 1: Vorgehen bei der Ableitung von Referenzwerten



Empfohlene Zufuhr

Angaben zum durchschnittlichen Bedarf sind die Basis für die Festlegung einer empfohlenen Zufuhr. Unter der Annahme einer Normalverteilung müssten bei einem essenziellen Nährstoff die Werte des durchschnittlichen Bedarfs, die bereits die Bioverfügbarkeit berücksichtigen, um die zweifache Standardabweichung erhöht werden (Abb. 2). Auf diese Weise gelangt man zu der Menge, deren Zufuhr bei 97,5 % aller Personen einer Population den Bedarf deckt. Diese Menge wird als **empfohlene Zufuhr** bezeichnet. Die empfohlene Zufuhr ist somit die Nährstoffzufuhr, die ausreicht, um den Bedarf nahezu aller gesunden Individuen einer definierten Personengruppe zu decken.

Ein derartiges Vorgehen ist jedoch aus verschiedenen Gründen nicht generell möglich. Mit Ausnahme von Protein ist der Nährstoffbedarf statistisch nicht normal verteilt. Daten zur Häufigkeitsverteilung des Bedarfs liegen nur für einzelne Nährstoffe und nur von sehr kleinen Bevölkerungsgruppen vor. Infolgedessen wird an Stelle

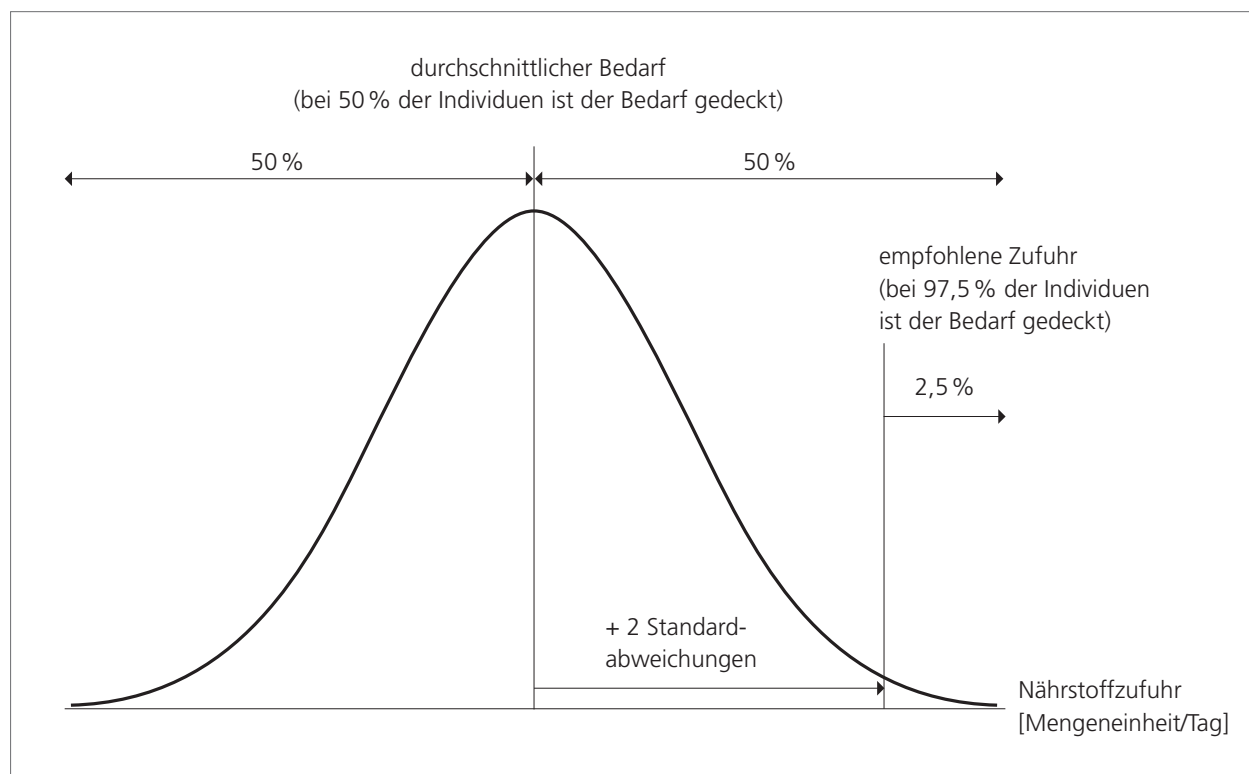
der zweifachen Standardabweichung für die Ableitung der empfohlenen Zufuhr in einer Bevölkerungsgruppe gewöhnlich ein Zuschlag von 20 % bis 30 % zum durchschnittlichen Bedarf addiert. Dieser Zuschlag beruht auf einem angenommenen Variationskoeffizienten (Streuung) von 10 % bis 15 % und ist größenordnungsmäßig mit einer hypothetischen zweifachen Standardabweichung vergleichbar.

Die empfohlene Zufuhr soll physiologischen individuellen Schwankungen gerecht werden und eine möglichst langfristige Reserve an Nährstoffen im Körper schaffen. In den Fällen, in denen aufgrund fehlender experimenteller Daten nicht für alle Altersstufen solche empfohlenen Zufuhrmengen beziffert werden konnten, werden die Werte für die entsprechenden Altersgruppen interpoliert oder extrapoliert.

Schätzwerte

Bei einigen Nährstoffen kann der Bedarf des Menschen nicht mit der wünschenswerten Genauigkeit bestimmt

Abbildung 2: Ableitung der empfohlenen Zufuhr bei Normalverteilung des Nährstoffbedarfs in einer definierten Bevölkerungsgruppe



werden bzw. es liegen keine Angaben zum durchschnittlichen Bedarf vor. In diesen Fällen werden Schätzwerte abgeleitet. **Schätzwerte** basieren in der Regel auf einer beobachteten, aus dem Verzehr Gesunder abgeleiteten oder experimentell ermittelten Nährstoffzufuhr einer definierten Bevölkerungsgruppe. Dabei liegen noch Unsicherheiten z. B. aufgrund von Schwankungen der Messwerte oder zu wenigen (geeigneten) Ergebnissen von Untersuchungen am Menschen vor. Die Schätzwerte geben jedoch gute Hinweise auf eine angemessene und gesundheitlich unbedenkliche Zufuhr.

Richtwerte

Richtwerte im Sinne von Orientierungshilfen werden für Nährstoffe ausgesprochen, die für den Organismus nicht essenziell sind und für die daher kein Bedarf besteht. Darüber hinaus werden Richtwerte angegeben, wenn zwar ein Bedarf besteht, wie für Energie, dieser aber in Abhängigkeit von zahlreichen Einflussfaktoren (z. B. Lebensstil, Beruf) sehr stark variiert. Bei der Ableitung der Richtwerte werden präventive Effekte dieser Nährstoffe berücksichtigt.

Handhabung der Referenzwerte

Die den Referenzwerten zugrunde liegenden Daten sind unterschiedlichen Ursprungs und daher haben empfohlene Zufuhr, Schätzwert und Richtwert eine unterschiedliche Aussagekraft. Dies ist für eine korrekte Handhabung der Referenzwerte zu berücksichtigen. Die empfohlene Zufuhr deckt gemäß ihrer Definition den Bedarf fast aller Personen einer definierten Gruppe der gesunden Bevölkerung. Auf die Einzelperson angewandt ist die empfohlene Zufuhr aber nur eine Zielgröße, um die ausreichende Zufuhr des jeweiligen Nährstoffs angenähert sicherzustellen. Bei einer Nährstoffzufuhr in Höhe der empfohlenen Zufuhr ist die betreffende Person mit hoher Wahrscheinlichkeit adäquat versorgt. Eine Unterschreitung der empfohlenen Zufuhr erlaubt jedoch nicht zwangsläufig den Rückschluss auf einen tatsächlich vorliegenden Mangel, sondern erhöht nur die Wahrscheinlichkeit einer Unterversorgung. Dies gilt ebenso für das Unterschreiten der Schätzwerte.

Die exakte Beurteilung des Versorgungszustands einer Einzelperson ist allein auf der Basis des Vergleichs mit der empfohlenen Zufuhr nicht möglich. Hierzu wäre es notwendig, den individuellen Bedarf dieser Person zu kennen. Es lässt sich jedoch abschätzen, ob die Nährstoffzufuhr über einen angemessenen Zeitraum hinweg (z. B. im Wochendurchschnitt) der empfohlenen Zufuhr gerecht

wird und somit die Einzelperson mit großer Wahrscheinlichkeit adäquat versorgt ist. Zur Beurteilung des Versorgungszustands von Einzelpersonen müssen zusätzlich geeignete anthropometrische, biochemische und/oder klinische Kenngrößen herangezogen werden.

Speisenpläne auf der Basis der Referenzwerte können bei Einzelpersonen nur zu einer angenäherten Bedarfsdeckung führen. Mit dem Anspruch der absoluten Richtigkeit ist die Planung einer bedarfsdeckenden Ernährung von Einzelpersonen mit den Referenzwerten nicht möglich, da der individuelle Bedarf nicht bekannt ist. Für die individuelle Ernährungsberatung können die Referenzwerte jedoch als Orientierung verwendet werden.

Auf der Ebene von Personengruppen können die Referenzwerte zur Beurteilung der Nährstoffversorgung, z. B. zur Erkennung einer Über- oder Unterversorgung von Risikogruppen, und in der Gemeinschaftsverpflegung zur Planung einer vollwertigen Ernährung herangezogen werden. Bei der Beurteilung der Nährstoffversorgung ist zu beachten, dass der Vergleich von durchschnittlichen Zufuhrmengen (50. Perzentil¹, Median) mit den empfohlenen Zufuhrmengen (98. Perzentil) nur eingeschränkt Aussagekraft hat, da im Prinzip immer nur die gleichen Perzentile miteinander verglichen werden können. Der durchgeführte Vergleich bewertet also die Ernährungssituation zu schlecht und überschätzt den Anteil von Personen mit unzureichender Versorgung. Bei dieser Vorgehensweise bleiben die Streuung von Zufuhr und Bedarf innerhalb der Personengruppe unberücksichtigt. Für die Beurteilung der Nährstoffversorgung und die Speisenplanung in der Gemeinschaftsverpflegung können die Referenzwerte jedoch als Orientierung verwendet werden.

Die Referenzwerte müssen nicht an jedem einzelnen Tag und erst recht nicht anteilig durch eine einzelne Mahlzeit erfüllt werden. Es reicht aus, wenn die Vorgaben im Durchschnitt einer Woche erreicht werden. Wegen der Abnahme der Absorptionsrate bestimmter Nährstoffe bei zunehmender Dosierung sollte die Zufuhr möglichst gleichmäßig und nicht in wenigen, hohen Dosen, wie z. B. mit angereicherten Lebensmitteln oder in einer einzigen Mahlzeit, erfolgen.

Ein „überscharfes“ Rechnen mit den Referenzwerten sollte vermieden werden. Dies gilt insbesondere für die Unterschiede bei aufeinanderfolgenden Altersgruppen oder zwischen männlichen und weiblichen Personen. Die Einflüsse von Lebensmittelkombinationen, Mahlzeiten, Genussmitteln und Arzneimitteln auf die Absorption und den

¹ Perzentile zerlegen die Verteilung innerhalb einer Population in 1%-Segmente; 75. Perzentil bedeutet, dass 75 % aller Fälle der Verteilung unter diesem Wert liegen und 25 % darüber.

Stoffwechsel bestimmter Nährstoffe können größer sein als die Unterschiede zwischen den Zufuhrmengen für die zuvor genannten Gruppen.

Die jeweiligen Referenzwerte beziehen sich in der Regel auf die tägliche Zufuhr pro Person. Nur in Einzelfällen erfolgt die Angabe bezogen auf die tägliche Zufuhr pro kg Körpergewicht. Die Referenzwerte beziehen sich auf die Mengen von Nährstoffen, die zum Zeitpunkt des Verzehrs im Lebensmittel noch vorhanden sind.

Angereicherte Lebensmittel und Nährstoffpräparate

Die Zufuhr von Nährstoffen einschließlich Ballaststoffen in Höhe der Referenzwerte kann prinzipiell durch eine vollwertige Ernährung mit einem hohen Anteil an pflanzlichen Lebensmitteln erfolgen.

Es werden zahlreiche nährstoffangereicherte Lebensmittel angeboten, die im Rahmen der üblichen Ernährung verzehrt werden können. Aus ernährungsphysiologischer Sicht ist lediglich die Anreicherung von Speisesalz mit Jod und Fluor notwendig. Welchen Beitrag angereicherte Lebensmittel zur Nährstoffversorgung leisten, kann zurzeit nicht genau angegeben werden, da diese Lebensmittel lange Zeit in den gängigen Nährwerttabellen bzw. -datenbanken nicht erfasst worden sind. Im aktuellen Bundeslebensmittelschlüssel (BLS, Version 3.02) sind inzwischen auch angereicherte Lebensmittel enthalten [14, 15].

Grundsätzlich kann ein unausgewogenes Ernährungsverhalten durch den Konsum von angereicherten Lebensmitteln und/oder Nährstoffpräparaten nicht ausgeglichen werden. In bestimmten Situationen kann eine ausreichende Versorgung mit essenziellen Nährstoffen jedoch gefährdet sein, sodass eine gezielte Auswahl angereicherter Lebensmittel oder die Nutzung von Nährstoffpräparaten notwendig ist. Dazu gehören Unverträglichkeiten (z. B. Lactoseintoleranz) oder Abneigungen gegen bestimmte Lebensmittel, einseitige Ernährungsformen (z. B. vegane Ernährung), unzureichende Nahrungszufuhr (z. B. bei älteren Personen), langfristige und unausgewogene Reduktionsdiäten, ein chronischer hoher Alkohol- und Tabakkonsum sowie bestimmte Krankheiten und ein erhöhter Bedarf in besonderen Lebenssituationen (z. B. Schwangerschaft, Stillzeit).

Nährstoffe in hohen Dosierungen zur Behandlung von ärztlich festgestellten Mangelzuständen (z. B. Eisenmangel) und bei anderen pathologischen Zuständen (z. B. Absorptionsstörungen) sollten nur aufgrund einer

ärztlichen Verordnung und unter ärztlicher Kontrolle eingenommen werden.

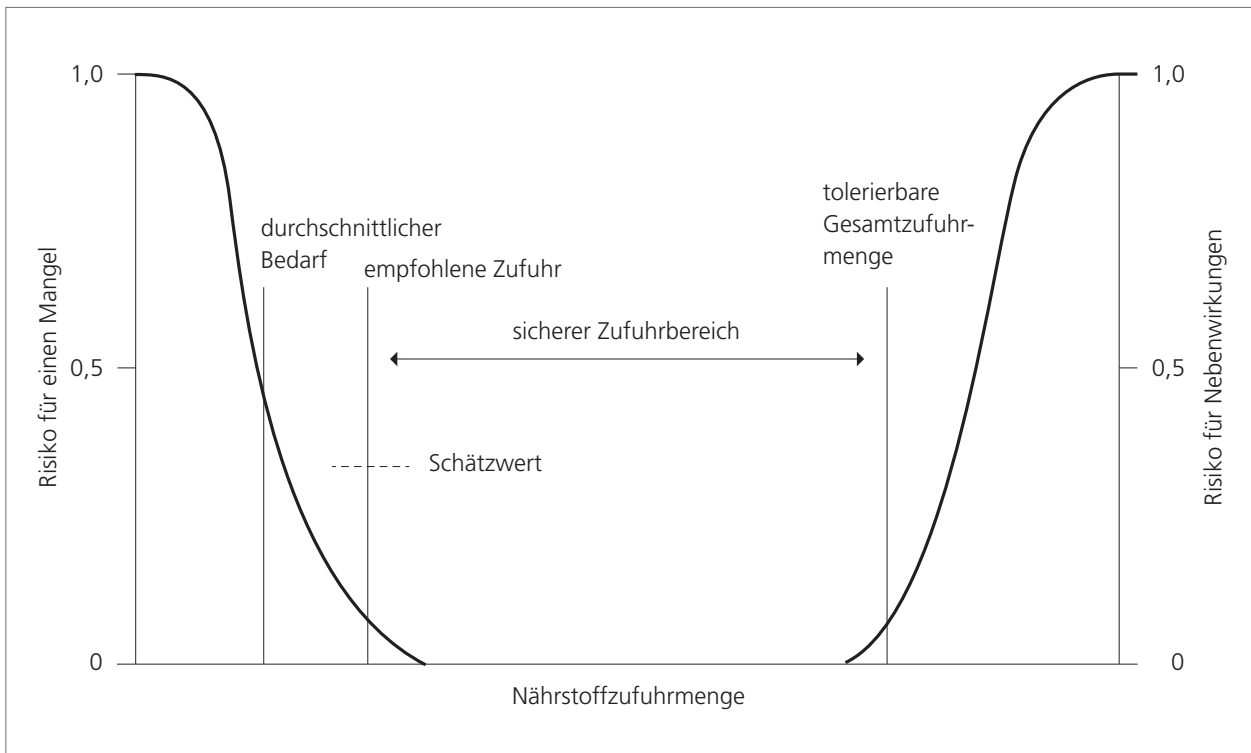
Unerwünschte Wirkungen von Nährstoffen

Bei Zufuhr von weit über den Referenzwerten liegenden Mengen eines Nährstoffs muss mit unerwünschten toxiologischen Wirkungen gerechnet werden. Die Gefahr einer zu hohen Nährstoffzufuhr ist bei einer Ernährung mit herkömmlichen Lebensmitteln sehr gering, bei der Selbstmedikation mit nicht rezeptpflichtigen Vitamin- und Mineralstoffpräparaten oder auch bei einem ungezielten, hohen Verzehr angereicherter Lebensmittel ist sie dagegen relevant.

Zur Vermeidung eines Gesundheitsrisikos ist es dementsprechend erforderlich, die Wirkungen von Nährstoffen bei einer Hochdosierung zu beachten. Soweit entsprechende Daten vorliegen, wird deshalb von internationalen Fachgesellschaften für einzelne Nährstoffe eine tolerierbare Gesamtzufuhrmenge (*Tolerable Upper Intake Level* [UL]) abgeleitet und diese beim jeweiligen Nährstoff angegeben. Die tolerierbare Gesamtzufuhrmenge ist die höchste chronische Zufuhrmenge eines Nährstoffs (in der Regel als Summe aus der täglichen Zufuhr mit der Nahrung inklusive den angereicherten Lebensmitteln und aus Nährstoffpräparaten), die als unwahrscheinlich beurteilt wird, ein Risiko für schädigende Wirkungen auf die Gesundheit darzustellen (Abb. 3). Wird diese tolerierbare Gesamtzufuhrmenge regelmäßig überschritten, steigt das Risiko für das Auftreten von schädlichen Nebenwirkungen.

Im Allgemeinen werden Nährstoffzufuhrmengen erst gesundheitsgefährdend, wenn sie ein Vielfaches der Referenzwerte betragen. Bei einer vollwertigen Ernährung nach den 10 Regeln der DGE [2] tritt dieser Fall nicht ein.

Abbildung 3: Individuelle Nährstoffzufuhr und Risiko für Nebenwirkungen. Im Bereich der sicheren Zufuhr ist die Wahrscheinlichkeit sowohl für Mangelerscheinungen als auch für Nebenwirkungen durch exzessive Zufuhr sehr gering (modifiziert nach [16]).



Literatur

- [1] Oberritter H, Schäbenthal K, von Rügen A et al.: The DGE nutrition circle – presentation and basis of the food-related recommendations from the German Nutrition Society (DGE). *Ernaehrungs Umschau Int* 60 (2013) 24–29
- [2] Deutsche Gesellschaft für Ernährung (Hrsg.): *Vollwertig essen und trinken nach den 10 Regeln der DGE*. Bonn, 9. Auflage (2013)
- [3] WHO (World Health Organization) (Hrsg.): *Energy and protein requirements*. WHO Technical Report Series 724 (1985)
- [4] Butte NF, Lopez-Alarcon MG, Garza C: Nutrient adequacy of exclusive breastfeeding for the term infant during the first six months of life. (2002) www.who.int/nutrition/publications/infantfeeding/nut_adequacy_of_exc_bfeeding_eng.pdf (eingesehen am 10.07.2014)
- [5] Bühner C, Genzel-Boroviczény O, Jochum F et al.: Ernährung gesunder Säuglinge. *Monatsschr Kinderheilkd* 162 (2014) 527–538
- [6] Kramer MS, Kakuma R: Optimal duration of exclusive breastfeeding. *Cochrane Database Syst Rev* 8 (2012) CD003517
- [7] Fewtrell M, Wilson DC, Booth I et al.: Six months of exclusive breast feeding: how good is the evidence? *BMJ* 342 (2011) doi: 10.1007/s12098-012-0700-5
- [8] EFSA (European Food Safety Authority): Scientific opinion on the appropriate age for introduction of complementary feeding of infants. *EFSA Journal* 7 (2009) 1423
- [9] Nordic Council of Ministers: *Nordic nutrition recommendations 2012*. Kopenhagen, 5. Auflage (2014)
- [10] EFSA (European Food Safety Authority): Scientific opinion on principles for deriving and applying dietary reference values. *EFSA Journal* 8 (2010) 1458
- [11] IOM (Institute of Medicine) (Hrsg.): *Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids*. National Academies Press, Washington, DC (2005)
- [12] WHO (World Health Organization): *Protein and amino acid requirements in human nutrition*. WHO Technical Report Series 935 (2007)
- [13] Dhonukshe-Rutten RAM, Bouwman J, Brown KA et al.: EUR-RECA-evidence-based methodology for deriving micronutrient recommendations. *Crit Rev Food Sci Nutr* 53 (2013) 999–1040
- [14] Hartmann B, Vasquez-Calcedo A, Bell S et al.: The German nutrient database basis for analysis of the nutritional status of the German population. *J Food Compos Anal* 21 (2008) S115–S118
- [15] MRI (Max Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel) (Hrsg.): *Bundeslebensmittelschlüssel*. www.blsdb.de (eingesehen am 10.07.2014)
- [16] Bureau of Nutritional Sciences, Committee for Revision of the Canadian Dietary Standard (Hrsg.): *Recommended nutrient intakes for Canadians*. Health and Welfare Canada, Ottawa (1983)