

Redaktion

K.-P. Zimmer, Gießen
 F. Zepp, Mainz

C. Kunz¹ · A. Zittermann²

¹ Institut für Ernährungswissenschaft, Justus-Liebig-Universität, Gießen

² Klinik für Thorax- und Kardiovaskularchirurgie, Bad Oeynhausen

Vitamin D im Kindes- und Jugendalter in Deutschland

Dringlichkeit und Probleme der Umsetzung von Zufuhrempfehlungen

Fachgesellschaften stimmen überein, dass Kinder und Jugendliche in Deutschland und auch in Europa insgesamt einen schlechten Vitamin-D-Status und damit ein sehr hohes gesundheitliches Risiko haben. Da Vitamin D in der Haut nach entsprechender Ultraviolett(UV)-B-Einstrahlung gebildet werden kann, konzentrieren sich die Empfehlungen im Sommer auf einen ausreichend langen Aufenthalt in der Sonne und im Winter auf den Verzehr von Lebensmitteln wie fettreichen Fisch. Beide Maßnahmen sind jedoch kaum umsetzbar.

Die für Deutschland relevanten Daten des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS) und der Dortmund-Nutritional-and-Anthropometric-Longitudinally-Designed(DONALD)-Studie zeigen, dass Kinder und Jugendliche bei Weitem nicht die für diese Altersgruppe empfohlenen Referenzwerte für Vitamin D erreichen [1, 2]. Im Folgenden wird darauf eingegangen, warum

- die Empfehlungen zur Vitamin-D-Aufnahme erhöht wurden,
- die Kriterien für einen Vitamin-D-Mangel und eine ausreichende Versorgung von Fachgremien unterschiedlich bewertet werden und
- eine ausreichende Aufnahme von Vitamin D v. a. im Winter nur durch die

Aufnahme eines Vitamin-D-Supplements möglich ist.

» Aufnahme eines Vitamin-D-Supplements in den Vordergrund der Empfehlungen stellen

Die Aufnahme eines Supplements müsste nach Ansicht der Autoren des vorliegenden Beitrags im Vordergrund der Empfehlungen stehen, da nach neueren Erhebungen (KiGGS- und DONALD-Studie) die Vitamin-D-Zufuhrempfehlungen offensichtlich häufig weder über die Ernährung noch über die körpereigene Synthese in der Haut erreicht werden können. Es besteht kein Zweifel, dass sich die Folgen eines Vitamin-D-Mangels mit einfachen Mitteln verhindern lassen würden, wie dies eindrucksvoll die Rachitisprophylaxe für Säuglinge (mit der täglichen Zufuhr von 400 I.E. Vitamin D₃) gezeigt hat. Voraussetzung dafür sind jedoch gesundheitspolitische Maßnahmen, ohne die eine Verbesserung der Versorgung der Bevölkerung und damit auch die Reduzierung der gesundheitlichen Risiken nicht möglich sind. Daher muss die sehr starke Zurückhaltung gegenüber der Einnahme von Vitamin D über Supplemente vor dem Hintergrund neuerer Kenntnisse überdacht werden. Sowohl Vorteile als auch Risiken müssen einander gegenübergestellt werden.

Klassische Wirkungen, Stoffwechsel und neue Funktionen

Die Eigensynthese von Vitamin D in der Haut kann theoretisch nach entsprechender Sonneneinstrahlung bis zu etwa 90% des Bedarfs decken. Dies ist jedoch nur im Sommerhalbjahr möglich und auch nur dann, wenn sich beispielsweise hellhäutige Personen 2-mal/Woche zwischen 10 Uhr und 15 Uhr für 5–30 min mit unbedecktem Kopf sowie freien Armen und Beinen der Sonne aussetzen würden [3, 4]; das ist bisher jedoch nur in Boston (USA) untersucht worden. Der Beitrag der Ernährung zur Deckung der Zufuhrempfehlungen ist mit 5–10% gering. Vitamin D, in der Haut gebildet oder oral zugeführt, ist ein inaktives Prohormon, das zunächst in der Leber in 25-Hydroxy-Vitamin-D [25(OH)D] umgewandelt und anschließend wieder ins Blut abgegeben wird. Da die hepatische 25(OH)D-Synthese keiner strengen Regulation unterworfen ist, spiegelt die 25(OH)D-Konzentration im Blut sehr gut die Versorgungslage des Menschen mit Vitamin D (Eigensynthese plus orale Zufuhr) wider. Bei Bedarf wird 25(OH)D in den Nieren, aber auch in verschiedenen anderen Geweben, durch eine weitere Hydroxylierung zum biologisch hochwirksamen Hormon 1,25(OH)₂D umgewandelt. Diese Aktivierung des 25(OH)D zum 1,25(OH)₂D wird

Tab. 1 Beispiele von Risikogruppen und Risikofaktoren. (Nach [3, 8])

Risiko- gruppen	Schwangere
	Gestillte Säuglinge ohne Vitamin-D-Prophylaxe
	Kinder und Jugendliche
	Ältere Menschen
	Personen mit dunkler Hautfarbe
Risiko- faktoren	Tragen besonders bedeckender Kleidung
	Benutzung von Sonnenschutzmitteln
	Smog in Städten
	Herbst- und Wintermonate (geringe/keine Produktion in Haut)
	Häufiger Aufenthalt in Gebäuden (z. B. durch Arbeit bedingt)
	Breitengrad >35 N

Tab. 2 Lebensmittelmenge zur Deckung der Zufuhr von 800 I.E. Vitamin D

Lebensmittel	Menge
Hering	75 g
Lachs	123 g
Makrele	357 g
Thunfisch	556 g
Eier	10 Stück
Champignons	1000 g

über verschiedene Mechanismen gesteuert, um den Kalziumhaushalt aufrecht zu halten. Der Blutspiegel an $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ wird homöostatisch sehr genau reguliert und daher als weniger aussagekräftig zur Beurteilung der Versorgungslage als der $25(\text{OH})\text{D}$ -Spiegel angesehen. Die wichtigsten Einflussparameter sind die Höhe der Serumkonzentration von Kalzium und Phosphat. Erstere wird durch Parathormon (PTH), Letztere durch den „fibroblast growth factor 23“ reguliert, ein Hormon, das die Phosphatausscheidung erhöht. Die Vitamin-D- oder Kalziumaufnahme mit der Nahrung spielt keine bzw. nur eine untergeordnete Rolle; eine ausreichende Kalziumversorgung verhindert eine vermehrte Sekretion von PTH. Wird die aktive Form von Vitamin D nicht benötigt, erfolgt eine Hydroxylierung von $25(\text{OH})\text{D}$ zu $24,25(\text{OH})_2\text{D}$ und weiteren Metaboliten, die den Vitamin-D-Stoffwechsel in Richtung Abbau und Ausscheidung lenkt.

Ursachen und Folgen einer schlechten Vitamin-D-Versorgung

Vitamin D hat in den letzten Jahren u. a. durch die Kenntnis neuer Funktionen, die weit über die lange bekannten Wirkungen am Knochen hinausgehen, an Bedeutung gewonnen. Diskutiert werden Wirkungen auf das Immunsystem, Infektionen und verschiedene Tumoren sowie die Beeinflussung der Insulinsekretion, um einige Beispiele zu nennen [5–8]. Es gibt eine zunehmende Zahl an Faktoren, die zu einer schlechten Vitamin-D-Versorgung beitragen können. Einige der Risikogruppen und Risikofaktoren, die besondere Rollen spielen, zeigt **Tab. 1**.

☑ Körpereigene Synthese und Zufuhr über Lebensmittel sind sehr unsichere Quellen der Vitamin-D-Versorgung.

Bei den Lebensmitteln sind nur wenige Fischarten Vitamin-D-reich (**Tab. 2**); diese werden in Deutschland jedoch nicht in nennenswertem Umfang verzehrt. Die Vitamin-D-Synthese in der Haut hängt von der UV-B-Strahlung der Sonne ab, die besonders intensiv in Äquatornähe ist. Ab einem Breitengrad von 35°N jedoch erreicht die UV-B-Strahlung im Winterhalbjahr die Erdoberfläche nicht mehr in einer für die Vitamin-D-Synthese erforderlichen Intensität. In Mitteleuropa ist daher von Oktober bis März die Produktion in der Haut nicht möglich oder zumindest stark eingeschränkt. Hinzu kommen individuelle Faktoren, die die UV-B-Exposition begrenzen, wie etwa der Lebensstil (z. B. wenig Aufenthalt im Freien, Kleidervorschriften aus religiösen Gründen), eine starke Hautpigmentierung oder die in den vergangenen Jahren ausgesprochenen Empfehlungen zur Einschränkung des Hautkrebsrisikos mithilfe von Sonnenschutzmitteln oder der Vermeidung der mittäglichen Sonneneinstrahlung.

Die Auswirkungen einer nicht ausreichenden Vitamin-D-Versorgung für den wachsenden Organismus, und hier insbesondere auf den Knochenstoffwechsel, sind lange bekannt. In zahlreichen neueren Studien zum Einfluss eines niedrigen mütterlichen Vitamin-D-Status auf das

Neugeborene und Kleinkind wurde eine signifikante Beziehung zwischen niedrigen $25(\text{OH})\text{D}$ -Blut-Spiegeln und einer erhöhten Inzidenz an akuten Infektionen des unteren Respirationstrakts, einer abnehmenden Mineralisation des Knochens, einer Rachitis und sogar von Frühgeburtlichkeit nachgewiesen [5, 6, 9, 10].

» Versorgung von schwangeren Frauen und Neugeborenen dringend verbessern

Dass in Deutschland gerade auch die Versorgung von schwangeren Frauen und damit die des Fetus und des Neugeborenen dringend verbessert werden muss, zeigen 2 neuere Studien. In der Leipziger Studie wiesen über das gesamte Jahr verteilt etwa 45% der Schwangeren zum Zeitpunkt der Geburt $25(\text{OH})\text{D}$ Werte $<50 \text{ nmol/l}$ auf [11]. In der Gießener Studie wurde der Vitamin-D-Status von schwangeren Frauen zum Zeitpunkt der Entbindung untersucht. Dabei zeigte es sich, dass im Winter über 90% der Frauen und im Sommer immer noch etwa 50% einen nach offiziellen Kriterien beurteilten Vitamin-D-Mangel hatten [12]. Vorläufige Daten aus der darauffolgenden Interventionsstudie mit einer täglichen Gabe von 1000 I.E. Vitamin D_3 von Beginn der Schwangerschaft an bei Blut- $25(\text{OH})\text{D}$ -Werten $<50 \text{ nmol/l}$ deuten darauf hin, dass diese Dosierung in vielen Fällen nicht ausreichte, um bis zum Zeitpunkt der Geburt adäquate $25(\text{OH})\text{D}$ -Serum-Spiegel ($>50 \text{ nmol/l}$) zu erreichen.

Zufuhrempfehlungen für Vitamin D

Aufgrund der Vielzahl an neuen Hinweisen insbesondere zu bisher nichtbekannten Funktionen von Vitamin D haben fast alle Fachgesellschaften, national und international, ihre bisherigen Zufuhrempfehlungen überarbeitet.

Als weitgehend bewiesen gelten die positiven Effekte von Vitamin D auf den Bewegungsapparat. In Übereinstimmung mit anderen Berichten kommt die für die Überarbeitung der *Nordic Nutrition Recommendations* (NNR, [13]) zuständige Expertengruppe zu der Ansicht, dass

C. Kunz · A. Zittermann

**Vitamin D im Kindes- und Jugendalter in Deutschland.
Dringlichkeit und Probleme der Umsetzung von Zufuhrempfehlungen****Zusammenfassung**

Die Erhöhung der Zufuhrempfehlungen zur täglichen Aufnahme von Vitamin D in Deutschland und auch weltweit sind auf neue Erkenntnisse zurückzuführen, die neben seinen klassischen Wirkungen auf den Knochen viele physiologische und pathophysiologische Funktionen betreffen. Deshalb kommt der Vitamin-D-Versorgung nicht nur bei Säuglingen, sondern in der gesamten Kindheit und Jugend eine besondere Rolle zu. Da in dieser Phase i) die Mehrheit der Kinder und Jugendlichen eine unzureichende Vitamin-D-Versorgung hat, ii) die Aufnahme über Lebensmittel weniger als 10% der empfohlenen Menge beträgt und iii) bekannt ist, dass in Deutschland in den Wintermonaten kaum oder kein Vitamin D in der Haut gebildet werden kann, ist eine bessere Versor-

gung im Kindes- und Jugendalter ohne Supplementeneinnahme kaum zu erreichen. Die derzeit diskutierte adäquate Gesamtzufuhrmenge wird von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE) mit etwa 800 I.E. Vitamin D/Tag angegeben, während die Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin e. V. (DGKJ) bei unzureichender Sonneneinstrahlung 600 I.E. empfiehlt. Bei dieser Menge besteht keine Gefahr der Überdosierung, auch nicht für Risikogruppen. Die tägliche Vitamin-D-Zufuhr über Lebensmittel beträgt nur etwa 50–100 I.E.; deswegen müssen die fehlenden 500–700 I.E. über andere Quellen zur Verfügung gestellt werden. Die körpereigene Synthese in der Haut, auf die mit Priorität von allen Fachgesellschaften hingewiesen wird, ist keine zuverlässige Möglich-

keit, die Versorgung zu garantieren. Die Empfehlung der DGKJ und auch der Europäischen Gesellschaft für pädiatrische Gastroenterologie, Hepatologie und Ernährung (European Society of Pediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition, ESPGHAN) zur Einnahme von Vitamin-D-Supplementen bei nicht ausreichender Sonneneinstrahlung oder fehlender endogener Synthese gehen in diese Richtung. Problematisch, nicht nur in den Wintermonaten, ist jedoch die praktische Umsetzung, die ein dringliches Anliegen der gesundheitspolitisch Verantwortlichen sein sollte.

Schlüsselwörter

Vitamin-D-Status · Vitamin-D-Mangel · Supplemente · UV-Strahlung · Jahreszeiten

**Vitamin D in childhood and adolescence in Germany.
Urgency and problems of the implementation of recommended allowances****Abstract**

In Germany as well as in many other countries worldwide the recommended daily allowance for the intake of vitamin D has recently been increased due to new perceptions of the physiological and pathophysiological functions of vitamin D, besides its classical effects on bone. Thus, low vitamin D status not only increases the risk of developing rickets in infancy but is also of great importance, e.g. for the maturation of the immune system throughout childhood and adolescence. As (i) the majority of children and adolescents have an insufficient vitamin D supply, (ii) the intake via foodstuffs is below 10% of the recommended dietary allowances and (iii) it is known that in Germany during the winter months little or no vitamin D can be

synthesized in the skin, an improvement of the vitamin D status can hardly be achieved without the intake of supplements. The vitamin D dosage currently recommended by the German Society of Nutrition (DGE) for an adequate dietary intake is approximately 800 IU whereas the German Society for Pediatric and Adolescent Medicine (DGKJ) recommends 600 IU per day in times of a lack of endogenous synthesis or insufficient sunlight exposure. There is no scientific evidence for a risk of hypervitaminosis D at these levels of intake, not even for at risk groups. As the daily vitamin D supply with foodstuffs comprises only about 50–100 IU some 500–700 IU need to be acquired from other sources. Endogenous vitamin D synthesis in the skin, howev-

er, does not guarantee an adequate supply; therefore, the recommendation of the DGKJ and the European Society of Pediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition (ESPGHAN) is to take daily vitamin D supplements in situations of insufficient exposure to sunlight or a lack of endogenous synthesis. However, a problem not only during the winter months is the practical implementation, which should be an urgent concern of all health authorities.

Keywords

Vitamin D status · Vitamin D deficiency · Supplements · Ultraviolet rays · Seasons

- es bei der Vielzahl an Publikationen, insgesamt gesehen, einen Mangel an Interventionsstudien gibt, die andere Outcomes als den Knochen berücksichtigen,
- zuverlässige Daten zur UV-Exposition fehlen,
- häufig keine Angaben zur üblichen Vitamin-D-Aufnahme gemacht werden und

- aufgrund der Heterogenität der Studiendesigns Daten oft nicht miteinander verglichen werden können.

Dennoch kommt die Expertengruppe zu dem Schluss, dass eine Vitamin-D-Supplementierung v. a. dann protektive Wirkungen auf die Gesundheit des Knochens, das Risiko für Stürze und die Gesamt mortalität hat, wenn die basalen 25(OH)D-Konzentrationen niedrig sind.

Diese und weitere Studien haben 2013 zur deutlichen Anhebung der Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) zusammen mit den für Österreich und die Schweiz zuständigen Gesellschaften geführt ([14]; **Tab. 3**). Außer für Säuglinge (400 I.E.) wurden die bisherigen 5 µg (200 I.E.)/Tag auf 20 µg (800 I.E.)/Tag für alle Altersgruppen einschließlich Kinder, Jugendliche und Erwachsene sowie schwangere und stillende Frauen angehoben (**Tab. 2**). Laut DGE

Tab. 3 Schätzwerte für die tägliche Vitamin-D-Zufuhr und Kriterien zur Beurteilung der Versorgung			
Personengruppe	Vitamin D I.E./Tag (µg)	Blut-25(OH)D-Spiegel (nmol/l)	
		Vitamin-D-Mangel	Ausreichende Versorgung
DGE [14]	Bei fehlender endogener Synthese		
Säuglinge (0 bis unter 12 Monate)	400 (10)	<30	>50
Kinder, Jugendliche, Erwachsene	800 (20)	<30	>50
Schwangere, Stillende	800 (20)	<30	>50
DGKJ und ESPGHAN [15, 16]			
Säuglinge bis 2. erlebter Frühsommer	400–500 (10–12,5)	<50	>50
Frühgeborene <1500 g	800–1000 (20–25)	<25 schwerer Mangel	
Kinder und Jugendliche	Bei unzureichender Sonnenlichtexposition 600 Davon 400 durch Supplement	<50 <25 schwerer Mangel	>50 Bei Risikogruppen 75 (Supplement empfohlen)

DGE Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V., *DGKJ* Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin e. V., *ESPGHAN* European Society of Pediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition (Europäische Gesellschaft für pädiatrische Gastroenterologie, Hepatologie und Ernährung).

Tab. 4 Stellungnahme und Empfehlungen der DGKJ zur Vitamin-D-Versorgung. (Nach [15])
– Vitamin-D-Mangel hat gravierende Folgen für die Gesundheit der Bevölkerung
– Notwendigkeit der Vitamin-D-Prophylaxe beim Säugling in den ersten 12 bis 18 Monaten (400–500 I.E.)
– Ab 2. Lebensjahr bei fehlender Sonnenlichtexposition für Dauer des gesamten Kindes- und Jugendalters 400 I.E. Vitamin D/Tag durch Supplemente
– Klinisch relevanter Vitamin-D-Mangel bei Serum-25(OH)D <50 nmol/l
– 200 I.E. zusätzlich zur Nahrung reichen nicht aus, um diesen Schwellenwert zu erreichen
– Effektivste Form der Vermeidung eines Vitamin-D-Mangels: Sonnenexposition (z. B. von April bis September 5–30 min 2-mal/Woche bei Hauttypen 2 und 3)
– Hinweis auf Wichtigkeit der täglichen intensiven Bewegung (1 h), dadurch Einfluss auf Knochenmasse und Vitamin-D-Synthese in der Haut
– Supplementierung ratsam , da empfohlener Lebensstil (Aufenthalt im Freien etc.) nicht eingehalten wird
– Besonders auf Risikogruppen achten: vegetarisch ernährte Kinder, Migranten, Personen mit limitierter Sonnenlichtexposition; chronisch Kranke
– Empfehlung : jährliche Bestimmung des Serum-25(OH)D-Spiegels; Supplementation bereits bei Werten <75 nmol/l

DGKJ Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin e. V., **25(OH)D** 25-Hydroxy-Vitamin-D.

beträgt die Vitamin-D-Zufuhr über die Ernährung mit den üblichen Lebensmitteln 1–2 µg (40–80 I.E.)/Tag bei Kindern und 2–4 µg (80–160 I.E.)/Tag bei Jugendlichen und Erwachsenen. Dies reicht jedoch nicht aus, um die gewünschte Versorgung [zur Erreichung einer 25(OH)D-Serum-Konzentration von mindestens 50 nmol/l] bei fehlender endogener Synthese sicherzustellen. Da hierfür 20 µg/Tag empfohlen werden, muss die Versorgung zusätzlich zur Zufuhr über die Ernährung über die endogene Synthese und/oder über die Einnahme eines Vit-

amin-D-Präparats sichergestellt werden. Bei häufiger Sonnenbestrahlung kann die gewünschte Vitamin-D-Versorgung ohne die Einnahme eines Vitamin-D-Präparats erreicht werden [14].

Eine besondere Bedeutung bei den DGE-Empfehlungen bekommt nach Ansicht der Autoren des vorliegenden Beitrags der Zusatz „bei fehlender endogener Synthese“, da er die praktische Umsetzung dieser Empfehlungen erschwert, zumal wenig bekannt ist, wann eine solche Situation vorliegt und welchen Status die Vitamin-D-Versorgung beim Einzel-

nen erreicht hat. Letzteres wäre nur über die Analyse von 25(OH)D in einer Blutprobe möglich, deren Kosten selbst getragen werden müssten.

Empfehlungen von DGKJ und ESPGHAN

Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu den Stellungnahmen der Deutschen Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin e. V. (DGKJ, 2011) und der Europäischen Gesellschaft für pädiatrische Gastroenterologie, Hepatologie und Ernährung (European Society of Pediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition, ESPGHAN, 2013) sind neben den DGE-Empfehlungen (2013) in **Tab. 3** aufgeführt.

Die wichtigsten Punkte der DGKJ fasst **Tab. 4** zusammen, deren Stellungnahme auf Publikationen bis 2011 basiert [15]. Die Berücksichtigung weiterer Erkenntnisse zur Situation in Europa in den letzten Jahren findet sich u. a. in der Übersicht von Spiro u. Buttriss [10].

Die ESPGHAN stimmt weitgehend mit der DGKJ überein; sie differenziert jedoch noch zwischen einem schweren und einem Vitamin-D-Mangel bei Serumkonzentrationen <25 bzw. <50 nmol/l [16]. Es wird außerdem empfohlen, dass nationale Gesundheitsbehörden ihre Gesundheitsstrategie ändern sollten. Dies soll mit dem Ziel erfolgen, den Vitamin-D-Status über Ernährungsempfehlungen, Lebensmittelanreicherungen, Supplementierung und ausreichende Sonnenexposition, in Abhängigkeit der jeweiligen lokalen Situation, zu verbessern.

Versorgung der Bevölkerung

Bereits die Auswertung der Daten aus der Nationalen Verzehrsstudie II, basierend auf einer damals noch geltenden täglichen Zufuhrempfehlung von 5 µg (200 I.E.) zeigte, dass 82% der Männer und 91% der Frauen diese gar nicht erreichen [17]. Das bedeutet, dass die Situation nach Anhebung der Zufuhrempfehlungen auf 20 µg/Tag (800 I.E.) noch problematischer sein dürfte. Das Robert Koch-Institut schätzt auf Basis des Deutschen Gesundheits surveys 1998 und des KiGGS:

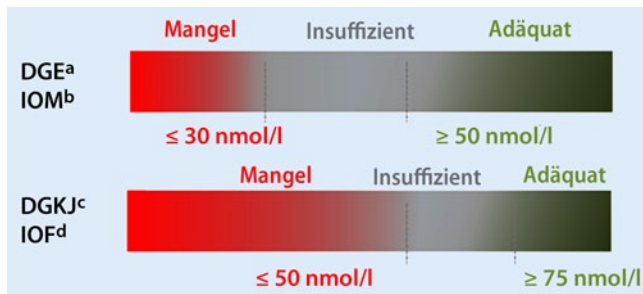


Abb. 1 ▲ Beurteilung des Vitamin-D-Status durch verschiedene Fachgesellschaften nach dem 25-Hydroxy-Vitamin-D-Serumspiegel. ^aDeutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE), ^bInstitute of Medicine, USA (IOM), ^cDeutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin (DGKJ), ^dInternational Osteoporosis Foundation (IOF)

► **Über 62% der Jungen und Mädchen und über 57% der Erwachsenen weisen Vitamin-D-Mängel auf.**

Besonders betroffen sind Kinder und Jugendliche mit Migrationshintergrund und ältere Frauen [18, 19]. Bei Säuglingen, die im 1. Lebensjahr die obligatorische Rachitisprophylaxe in Höhe von 400–500 I.E. Vitamin D erhalten, steigen die 25(OH)D-Spiegel nach der Geburt erwartungsgemäß deutlich an. Die oben erwähnte Studie des Robert Koch-Instituts hat für Deutschland allerdings auch ergeben, dass bereits im 2. Lebensjahr 7% der deutschstämmigen Kinder und 10% der Jungen bzw. 17% der Mädchen mit Migrationshintergrund defizitäre 25(OH)D-Spiegel (<25 nmol/l) aufweisen. Im 2. Lebensjahr wird in Deutschland die Rachitisprophylaxe noch bei etwa einem Drittel der Kinder (meist bei denen, die im Winter geboren wurden) durchgeführt. Der Anteil an Werten <25 nmol/l steigt dann ab dem 3. Lebensjahr bei allen Altersgruppen auf etwa 15–17% an. Bei Mädchen mit Migrationshintergrund beträgt der Anteil mit sehr niedrigen Werten sogar >30%. Insgesamt weisen 45% aller Kinder im Alter über 3 Jahre 25(OH)D-Blut-Spiegel zwischen 25 und 50 nmol/l auf [18, 19].

Beurteilung des Vitamin-D-Status

Die Klassifizierung der 25(OH)D-Blut-Spiegel zur Beurteilung der Vitamin-D-Versorgung im Sinne eines Vitamin-D-Mangels, einer ungenügenden oder guten Versorgung wird seit einigen Jahren kontrovers diskutiert [6, 20–22]. Ausgangs-

punkt ist die Evaluierung von Studien und der daraus resultierenden neuen Kriterien zur Beurteilung des Vitamin-D-Status sowie der neuen Zufuhrempfehlungen des Institute of Medicine (IOM) der National Academy of Sciences, der für die USA und Kanada zuständigen Fachbehörde [20]. Laut IOM lagen zum Zeitpunkt der Neubewertung nur bei dem Parameter „gute Knochengesundheit“ evidenzbasierte Studien vor; hier wurden nur Studien bis 2010 ausgewertet. Unter „Knochengesundheit“ versteht das IOM als Endpunkt bei Senioren die Frakturrate und bei Jugendlichen den Knochenmineralgehalt.

Das IOM hat 2010 für die Allgemeinbevölkerung 25(OH)D-Blut-Spiegel von 50–125 nmol/l als adäquat, zwischen 30 und 50 als inadäquat, <30 nmol/l als defizitär und >125 nmol/l als potenziell gesundheitsschädlich eingestuft (■ **Abb. 1**). Europäische Fachgesellschaften sehen ebenfalls einen 25(OH)D-Blut-Spiegel von 50 nmol/l als unteren Grenzwert der adäquaten Versorgung an. Unterschiedliche Auffassungen bestehen bei der Festlegung eines Mangels, der optimalen Zufuhr und einer zu hohen Vitamin-D-Aufnahme.

Die Fachgesellschaften für Ernährung in Deutschland, Österreich und der Schweiz [14] orientieren sich an den Definitionen des IOM, während DGKJ, ESPGAN und andere Fachgesellschaften teilweise unterschiedlicher Auffassungen sind ([15, 16]; ■ **Abb. 1**). Anders als das IOM oder die DGE definiert die DGKJ einen Vitamin-D-Mangel bereits bei 25(OH)D-Werten <50 nmol/l, ebenso wie die US-amerikanische und die neuseeländisch-australische Gesellschaft für

Pädiatrische Endokrinologie oder auch die Ernährungskommission der American Academy of Pediatrics ([15]).

Neben der Festlegung von Kriterien zur Beurteilung des Vitamin D-Versorgungsstatus wurden auch die Zufuhrempfehlungen überarbeitet und in aller Regel erhöht. Die deutlichen Erhöhungen begrüßt auch die International Osteoporosis Foundation (IOF); sie widerspricht jedoch der Argumentation des IOM, dass große Studien, die eine noch weitere Erhöhung begründen würden, fehlen. Zwei große Metaanalysen zu doppelblinden, randomisierten, kontrollierten Studien aus 2009 sowie mittlerweile weiteren Studien, die das IOM nicht berücksichtigt hat, belegen, dass ein Schwellenwert von 50 nmol/l (20 ng/ml) nicht ausreichend ist, um Knochenfrakturen oder die Häufigkeit von Stürzen bei älteren Menschen zu minimieren [22]. Im Gegensatz zum IOM empfiehlt die IOF in ihrem Positionspapier von 2010 einen Grenzwert von 75 nmol/l, um eine ausreichend gute Auswirkung auf den Knochen (Frakturhäufigkeit, Stürze) zu erreichen; hierzu werden 800–1000 I.E./Tag empfohlen [23]. In der Healthy Lifestyle in Europe by Nutrition in Adolescence (HELENA) Study wurden bei Jugendlichen aus verschiedenen europäischen Ländern 25(OH)D-Blut-Spiegel gemessen und bei 42% der Studienteilnehmer Werte <50 nmol/l festgestellt. Wenn man die Jahreszeit der Blutentnahme berücksichtigt, lagen die Werte in Mitteleuropa grundsätzlich niedriger als in Südeuropa [24].

Es bleibt festzuhalten, dass allgemeiner Konsens über eine unzureichende Vitamin-D-Versorgung bei Blutspiegeln <50 nmol/l besteht. Uneinig ist man sich über die von verschiedenen Fachgesellschaften für eine ausreichende Vitamin-D-Versorgung geforderten höheren Konzentrationen von ≥75 nmol/l für 25(OH)D.

Umsetzbarkeit der Zufuhrempfehlungen in die Praxis

Die fehlende Übereinstimmung der nationalen und der internationalen Fachgesellschaften, insbesondere bei den Definitionen für einen Vitamin-D-Mangel, sowie

Tab. 5 Situation der Vitamin-D-Versorgung	
Handlungsbedarf	Ja, da Kinder- und Jugendliche häufig schlecht versorgt
Ausgangspunkt	Zufuhrempfehlung 600–800 I.E./Tag
Lebensmittel	Liefern nur etwa 50–100 I.E./Tag
Hautsynthese	Im Herbst und Winter (Oktober bis März) kaum bzw. nicht möglich Syntheserate in anderen Monaten schwer abzuschätzen, da Aufenthalt im Freien begrenzt und nur mit Sonnenschutz empfohlen
Folge	Überwiegender Teil der fehlenden 500–700 I.E. muss über Supplemente/angereicherte Lebensmittel aufgenommen werden

Tab. 6 Sichere tägliche Vitamin-D-Aufnahme. (Nach [20, 26])	
Säuglinge	1000 I.E.
Kinder (1 bis 11 Jahre)	2000 I.E.
Kinder und Jugendliche ab 11 Jahren, Erwachsene, Schwangere und Stillende	4000 I.E.

die unklaren Formulierungen der Empfehlungen erschweren die praxisorientierte Umsetzung. Diese betreffen:

- „abwechslungsreiche“ Ernährung und
- „ausreichenden“ Aufenthalt in der Sonne, um die Produktion von Vitamin D in der Haut zu stimulieren.

Ein Aufenthalt im Freien ist zweifellos zu fördern, nicht nur, um ausreichend Vitamin D zu synthetisieren. Allerdings müssen die Bedenken der dermatologischen Fachgremien beachtet werden, die anraten, im Sommer den mittäglichen Aufenthalt in der direkten Sonne zu vermeiden und die bei „längerer“ Sonnenexposition v. a. bei Kindern und in Abhängigkeit vom Hauttyp die Verwendung eines Sonnenschutzmittels mit Lichtschutzfaktor befürworten. Diese wiederum behindern die UV-B-bedingte Vitamin-D-Produktion. Insofern sind Angaben, wie in **Tab. 4** beschrieben [2-mal/Woche 5–30 min bei Hauttyp 2 oder 3, nach Holick et al. [6] für Boston (USA) geltend], schwierig in die Praxis umzusetzen. Das von allen Fachgesellschaften am häufigsten verwendete Argument, sich unbedingt eine gewisse Zeit lang in der Sonne aufzuhalten, um die Vitamin-D-Versorgung sicherzustellen, ist selbst im Sommer keine Garantie, dass auch tatsächlich genügend Vitamin D in der Haut gebildet werden kann.

Aus Sicht der Autoren sind die Hinweise von DGKJ und ESPGAN erfreulich, dass der Vitamin-D-Versorgungs-

status bei Risikogruppen eigentlich nur durch die Einnahme von Supplementen verbessert werden kann und dass bei Risikogruppen auch der Versorgungsstatus durch eine Serum-25(OH)D-Bestimmung erfasst werden sollte. Dies müsste allerdings durch entsprechende strategische Maßnahmen von den Gesundheitsbehörden tatsächlich umgesetzt werden.

» Bei Risikogruppen Versorgungsstatus durch Serum-25(OH)D-Bestimmungen erfassen

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass unklare Formulierungen von Zufuhrempfehlungen deren Umsetzbarkeit erschweren oder gar verhindern. Bezüglich Vitamin D verdeutlicht das in **Tab. 5** zusammengefasste Schema die Situation.

Dabei ist zu erwähnen, dass eine Supplementierung bei einem gleichzeitigen Aufenthalt im Freien kein Risiko für eine mögliche Hypervitaminose D bedeutet.

Risiko eines Vitamin-D-Mangels vs. Risiko einer zu hohen Zufuhr

Das Food and Nutrition Board (FNB), der wissenschaftliche Lebensmittelausschuss der Europäischen Kommission (Scientific Committee on Food, SCF) und das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) beurteilen Vitamin D als einen Stoff mit hohem Risiko für die Gesundheit. Dies gilt insbesondere, da der Abstand zwischen den „recommended dietary allowances“ und den „upper limits“ als gering betrachtet wird [25]. Unter Berücksichtigung der von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (European Food Safety Authority, EFSA) und dem IOM festgelegten oberen tolerierbaren täglichen Zufuhr von 4000 I.E. ([20, 26]; **Tab. 6**)

und einer D-A-CH-Zufuhrempfehlung (D: Deutschland, A: Österreich und CH: Schweiz) von 800 I.E. ergibt sich ein Sicherheitsfaktor von 5 (Quotient aus oberer tolerierbarer Zufuhr und der Zufuhrempfehlung). Bei anderen Mikronährstoffen, deren potenzielle Toxizität weniger im Fokus des Interesses stehen, wie Kalzium, Jod oder Folsäure, beträgt der Sicherheitsfaktor zwischen 2,5 und 3,3, berechnet aus dem entsprechenden EFSA-Wert für eine tolerable tägliche Zufuhr und dem D-A-CH-Referenzwert für die wünschenswerte Zufuhr. Die Sicherheit von Vitamin D kann insofern sehr gut abgeschätzt werden, als eine Intoxikation durch die Vitamin-D-Synthese in der Haut nicht möglich ist. Es ist bekannt, dass durch eine solare Ganzkörperbestrahlung der Haut täglich 10.000 I.E. Vitamin D und mehr produziert werden können, ohne dass es zu negativen Wirkungen von Vitamin D kommt. Auch im Rahmen verschiedener Supplementationsstudien mit Vitamin D wurden bei Tagesdosierungen bis zu 10.000 I.E. keine Hinweise auf Anzeichen einer Intoxikation festgestellt. Das IOM beruft sich ebenfalls bei der Festlegung der täglich noch tolerierbaren Vitamin-D-Zufuhr in Höhe von 4000 I.E. auf diese Studien. Zusätzlich bezieht das IOM allerdings noch einen (Un-)Sicherheitsfaktor von 2,5 ein und berücksichtigt, dass manche ethnische Gruppen möglicherweise besonders empfindlich auf Vitamin D reagieren bzw. unerwünschte Wirkungen auch auftreten könnten, die nicht mit den klassischen Intoxikationen von Vitamin D (Hyperkalzämie) einhergehen. Hier ist jedoch einzuwenden, dass der Anstieg des 25(OH)D-Spiegels im Blut keinem linearen, sondern einem logarithmischen Verlauf folgt [27]. Das heißt, bei einem 18-jährigen, 65 kg schweren Jugendlichen mit 25(OH)D-Ausgangswerten von 75 nmol/l und einer täglichen Zufuhr von 4000 I.E. Vitamin D würde der Blutspiegel im Mittel um 50 nmol/l ansteigen und somit gerade den Grenzwert von 125 nmol/l erreichen, bei dem laut IOM eine gesundheitliche Unbedenklichkeit nicht mehr auszuschließen ist. Allerdings ist dieser relativ niedrige Grenzwert von 125 nmol/l weitgehend aus Beobachtungsstudien abgeleitet worden, während klassische Anzeichen einer Vitamin-D-Intoxi-

xikation erst bei 25(OH)D-Spiegeln oberhalb 375 nmol/l auftreten.

In einer neueren Beobachtungsstudie bei Schwangeren in Deutschland [11] wurde darauf hingewiesen, dass Neugeborene eine erhöhte Sensibilisierung gegenüber Nahrungsallergenen innerhalb der ersten 2 Lebensjahre aufwiesen, wenn der mütterliche 25(OH)D-Serum-Spiegel >80 nmol/l und der Spiegel im Nabelschnurblut >44 nmol/l betragen. Die Autoren lehnten deshalb eine Vitamin-D-Supplementierung ab. Sie stützen ihre Argumentation auch darauf, dass zwischen den 25(OH)D-Spiegeln und der Konzentration an regulatorischen T-Zellen im Nabelschnurblut eine negative Korrelation bestand. Allerdings muss angemerkt werden, dass die Studie aufgrund ihres Designs derartige Ableitungen in Bezug auf die generelle Ablehnung von Supplementierungsmaßnahmen während der Schwangerschaft nicht zulässt.

Konsequenzen der bisherigen Empfehlungen

Erforderlich sind praxisingerechte Empfehlungen sowie eine weitere Sensibilisierung von Gesundheitsbehörden und Fachgremien, um die allgemein als Risiko eingestufte schlechte Vitamin-D-Versorgung zu reduzieren. Die gewünschte Verbesserung der Vitamin-D-Versorgung ist kaum über eine bewusste Auswahl von Lebensmitteln oder eine ausreichende Hautsynthese in Herbst und Winter erreichbar. Daher scheint es unumgänglich, Strategien wie den gezielten Einsatz von Supplementen in die Empfehlungen aufzunehmen und sich für die Kostenübernahme im Kindes- und Jugendalter analog zur Vorgehensweise im Säuglingsalter einzusetzen.

Fazit für die Praxis

- Risikogruppen für einen Vitamin-D-Mangel sind Kinder und Jugendliche, ältere Menschen sowie schwangere und stillende Frauen.
- Aufgrund neuer Kenntnisse haben die Fachgesellschaften kürzlich die Zufuhrempfehlungen deutlich angehoben.

- Die Vitamin-D-Zufuhr über Lebensmittel ist marginal.
- Bei ausreichender Sonneneinstrahlung wird Vitamin D in der Haut gebildet; bei den derzeitigen Lebensgewohnheiten verliert jedoch die Eigensynthese in der Haut zunehmend an Bedeutung.
- Von Oktober bis März kann in Deutschland in der Regel kein Vitamin D in der Haut gebildet werden.
- Um v. a. in diesen Monaten die Zufuhrempfehlungen erreichen zu können, sollten Vitamin-D-Supplemente als Strategie einbezogen werden.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. C. Kunz

Institut für Ernährungswissenschaft, Justus-Liebig-Universität
Wilhelmstr. 20, 35392 Gießen
clemens.kunz@uni-giessen.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. C. Kunz und A. Zittermann geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

1. Thierfelder W, Dortschy R, Hintzpetter B et al (2007) Biochemische Messparameter im Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS). Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 50:757–770
2. Kersting M (2008) Die Kalzium- und Vitamin D-Zufuhr von Kindern. Ernährungs Umsch 9:1–5
3. Holick MF (2006) Resurrection of vitamin D deficiency and rickets. J Clin Invest 116:2062–2072
4. Zittermann A (o J) Vitamin-D-Versorgung von Schwangeren und Kindern. Gynakologe (im Druck)
5. Dror DK (2011) Vitamin D status during pregnancy: maternal, fetal, and postnatal outcomes. Curr Opin Obstet Gynecol 23:422–426
6. Holick MF, Binkley NC, Bischoff-Ferrari HA et al (2011) Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: an Endocrine Society clinical practice guideline. J Clin Endocrinol Metab 96:1911–1930
7. Kovacs CS (2014) Bone development and mineral homeostasis in the fetus and neonate: roles of the calciotropic and phosphotropic hormones. Physiol Rev 94:1143–1218
8. Zittermann A (2010) The estimated benefits of vitamin D for Germany. Mol Nutr Food Res 54:1164–1171
9. Mahon P, Harvey N, Crozier S et al (2010) Low maternal vitamin D status and fetal bone development: cohort study. J Bone Miner Res 25:14–19

10. Spiro A, Buttriss JL (2014) Vitamin D: an overview of vitamin D status and intake in Europe. Nutr Bull 39:322–350
11. Weisse K, Winkler S, Hirche F et al (2013) Maternal and newborn vitamin D status and its impact on food allergy development in the German LINA cohort study. Allergy 68:220–228
12. Würtz C, Gilbert P, Baier W, Kunz C (2013) Cross-sectional study of factors that influence the 25-hydroxyvitamin D status in pregnant women and in cord blood in Germany. Br J Nutr 110:1895–1902
13. Lamberg-Allardt C, Brustad M, Meyer HE, Steingrimsdottir L (2013) Vitamin D – a systematic literature review for the 5th edition of the Nordic Nutrition Recommendations. Food Nutr Res 57. Doi: 10.3402/fnr.v57i0.22671
14. D-A-CH – Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE), Österreichische Gesellschaft für Ernährung (ÖGE), Schweizerische Gesellschaft für Ernährungsforschung (SGE) und Schweizerische Vereinigung für Ernährung (SVE) (Hrsg) (2013) Vitamin D. In: Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr, 1. Aufl., 5. korrig. Nachdruck. Neuer Umschau Buchverlag, Frankfurt a. M.
15. Wabitsch M, Koletzko B, Moß A (2011) Vitamin-D-Versorgung im Säuglings-, Kindes- und Jugendalter. Monatsschr Kinderheilkd 159:766–774
16. Braegger C, Campoy C, Colomb V et al (2013) Vitamin D in the healthy European paediatric population. J Pediatr Gastroenterol Nutr 56:692–701
17. Max Rubner Institut (Hrsg) (2008) Nationale Verzehrsstudie II. Ergebnisbericht, Teil 2. Max Rubner Institut, Karlsruhe: <http://www.mri.bund.de>. Zugriffen 11. Juli 2014
18. Hintzpetter B, Mensink GB, Thierfelder W et al (2008) Vitamin D status and health correlates among German adults. Eur J Clin Nutr 62:1079–1089
19. Hintzpetter B, Scheidt-Nave C, Müller MJ et al (2008) Higher prevalence of vitamin D deficiency is associated with immigrant background among children and adolescents in Germany. J Nutr 138:1482–1490
20. Ross A, Taylor C, Yaktine A (2011) Dietary reference intakes for calcium and vitamin D. National Academies Press, Washington, DC
21. Rosen CJ, Abrams SA, Aloia JF et al (2012) IOM committee members respond to Endocrine Society vitamin D guideline. J Clin Endocrinol Metab 97:1146–1152
22. Dawson-Hughes B, Mithal A, Bonjour J et al (2010) IOF position statement: vitamin D recommendations for older adults. Osteoporos Int 21:1151–1154
23. Bischoff-Ferrari HA, Willett WC, Orav EJ et al (2012) A pooled analysis of vitamin D dose requirements for fracture prevention. N Engl J Med 367:40–49
24. Gonzáles-Gross M, Valtueña J, Breidenassel C et al (2012) Vitamin D status among adolescents in Europe: the Healthy Lifestyle in Europe by Nutrition in Adolescence study. Br J Nutr 107:755–764
25. Bundesinstitut für Risikobewertung (2004) Risikobewertung von Vitamin D. In: Domke A, Großklaus R, Niemann B et al (Hrsg) Verwendung von Vitaminen in Lebensmitteln – toxikologische und ernährungsphysiologische Aspekte. BfR Wissenschaft, Berlin, S 63–79
26. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA) (2012) Scientific opinion on the tolerable upper intake level of vitamin D. EFSA J 10:2813
27. Zittermann A, Ernst JB, Gummert JF, Börgermann J (2014) Vitamin D supplementation, body weight and human serum 25-dehydroxyvitamin D response: a systematic review. Eur J Nutr 53:367–374