

Vitamin-D-Spiegel

Vitamin D Spiegel: Was sind optimale Blutwerte? Wie viel Vitamin D braucht der Mensch? Wie viel Vitamin D wird über die Sonne produziert?

Inhalt

- Was ist der Vitamin-D-Spiegel?
- Wie kann man den Vitamin-D-Spiegel bestimmen?
- Was bedeuten die Werte? Wann besteht ein Mangel?
- Wie kann man den Vitamin-D-Spiegel erhöhen?

Vitamin-D-Spiegel – das Maß für die Vitamin-D-Versorgung

Die Vitamin-D-Versorgung wird heute hauptsächlich durch einen [Vitamin-D-Test](#) über den Vitamin-D-Spiegel im Blut beurteilt. Genauer wird dabei der Spiegel des so genannten 25-OH-Vitamin-D₃ gemessen – der chemischen Form von Vitamin D, wie es in unserem Blut transportiert wird.

Während ein Mangel recht gut definiert ist, herrscht Uneinigkeit darüber, wo ein idealer Vitamin-D-Spiegel anzusetzen ist. Dieser Artikel soll leicht verständlich erklären, **warum in unseren Augen Vitamin-D-Spiegel ab 40 ng/ml die idealen Werte darstellen.**

Was ist der Vitamin-D-Spiegel?

Der Vitamin-D-Spiegel im Blut pendelt sich als ein Gleichgewichtszustand zwischen der Aufnahme und dem Verbrauch ein.

Dabei fungieren die Vitamin-D-Körperspeicher in Fettgewebe und Muskeln als ein Puffer: Ist die Aufnahme zeitweise höher als der Verbrauch, wird überschüssiges Vitamin D in die Körperspeicher aufgenommen, bis diese ihre Aufnahmekapazität erreichen. Die Speicher geben das Vitamin D aber auch über die Zeit wieder in das Blut ab und tragen so zur Vitamin-D-Versorgung bei. Je besser die Körperspeicher also gefüllt sind, desto höher ist der Vitamin-D-Spiegel, der so eine Einschätzung der Vitamin-D-Versorgung erlaubt.

Vitamin-D-Spiegel bestimmen

Bisher ist ein **Bluttest** die einzige Methode, mit der man den Vitamin-D-Spiegel bestimmen kann. Neben der Blutabnahme beim Arzt, gibt es heute auch Test-Kits, mit denen man zuhause den Vitamin-D-Spiegel bestimmen kann, auf die wir weiter unten noch eingehen werden.

Trotz der enormen Wichtigkeit des Vitamin D, gibt es kaum Ärzte, die regelmäßig den Vitamin-D-Spiegel bestimmen – auch die Krankenkassen zahlen den Test nur in Ausnahmefällen. Der Patient muss also aktiv um diesen Test bitten, wenn er seinen Vitamin-D-Spiegel bestimmen möchte. Die Kosten belaufen sich auf etwa 40 Euro.

Vitamin-D-Spiegel: Vorsicht bei den Einheiten!

Vorsicht bei den Testergebnissen ist mit den Einheiten geboten: Derzeit werden zwei verschiedene Maßeinheiten verwendet: *ng/ml* und *nmol/l*.

Dabei kommt es öfter zu Verwirrungen, da *“ein Vitamin-D-Spiegel von 80”* so völlig unterschiedliche Werte bezeichnen kann.

1 ng/ml entspricht 2,5 nmol/l

Bei der Auswertung von Bluttests und beim Lesen von Blogs im Internet sollte daher immer ein kritischer Blick auf die Einheiten geworfen werden, da vielfach Verwechslungen vorliegen.

Wie aussagekräftig ist der Vitamin-D-Spiegel?

Zwar ist 25-(OH)-Vitamin-D nicht die eigentlich wirksame Form von Vitamin D, sondern eine inaktive Vorform, trotzdem ist der 25-(OH)-D-Spiegel derzeit die verlässlichste Größe, da sie relativ stabil ist und einen guten Aufschluss über die Versorgung liefert.

Das eigentliche Vitamin-D-Hormon Calcitriol wird vom Körper nach Bedarf gebildet, so dass die Konzentration sehr schwankend ist und nur bedingt Rückschlüsse zulässt. Zudem wird es in sehr vielen Fällen lokal produziert, so dass es gar nicht in den Blutkreislauf gelangt und somit auch nicht gemessen werden kann.

Da die Vitamin-D-Regulation ein sehr komplexes System ist, wäre eigentlich die Bestimmung mehrerer Größen die optimale Lösung, wird heute aber nur in seltenen Fällen durchgeführt. Bei einigen Krankheiten gibt der 25-OH-D-Wert einen falschen Eindruck, weil die Regulation gestört ist. Man geht aber davon aus, dass diese Fälle die Ausnahme darstellen.

Vitamin-D-Spiegel: Tabelle der Blutwerte

Wie ist also der optimale Vitamin-D-Spiegel? Und wie kann er erreicht werden? Um diese Fragen zu beantworten, wurde wissenschaftlich so vorgegangen, dass untersucht wurde, ab welchem Blutspiegel deutliche Symptome eines Vitamin-D-Mangels auftreten und an welchem Bereich eine optimale Versorgung gegeben scheint.

Hier eine in Deutschland häufig verwendete Interpretation der [Vitamin-D-Blutwerte](#):

Wert ng/ml	Wert nmol/l*	Interpretation
< 20	< 50	Vitamin-D-Mangel
20 – 35	50 – 80	Unterversorgung
35 – 60	80 – 150	Gute Normalwerte
60 – 90	150 -225	Gute hohe Werte

90-150	225 – 374	Übersversorgung
> 150	> 374	Vitamin-D-Vergiftung

**um eine bessere Lesbarkeit und Verständlichkeit zu bewahren, werden wir im Folgenden nur die Einheit ng/ml verwenden.*

Ideale Werte liegen in unseren Augen zwischen 40 und 50 ng/ml

In Deutschland und Frankreich ist die Situation ziemlich dramatisch: Gemäß dieser Definitionen leiden etwa 80 Prozent der Bevölkerung unter einem Vitamin-D-Mangel.

Die bisher größte Querschnittsstudie in Deutschland ergab, dass der durchschnittliche Vitamin-D-Spiegel in Deutschland bei nur 16 ng/ml liegt. (1)

Was tun bei niedrigen Vitamin-D-Spiegeln?

Was tun bei schlechten Testergebnissen? Die folgenden Links führen Sie direkt zu unseren Therapie-Empfehlungen!

- *Spiegel 1 bis 25 ng/ml:*
[Anfangstherapie zum Auffüllen der Körperspeicher](#)
- *Spiegel 25-35 ng/ml*
[Einnahme von zusätzlichem Vitamin D](#)

Ableitung des Vitamin-D-Spiegels

Der optimale Vitamin-D-Spiegel wurde dabei zunächst abgeleitet, dass in großen Studien der mittlere Wert in der gesunden Bevölkerung (= ohne Mangelsymptome) bestimmt wird und dieser dann als Wert für eine normale und optimale Versorgung angenommen wird. Das ist gerade bei Vitamin D aus mehreren Gründen sehr problematisch

1. **Zu große Konzentration auf Knochengesundheit**
Als relevante Symptome eines Vitamin-D-Mangels werden derzeit nur Knochenkrankheiten gewertet, die aber erst bei sehr extremen Vitamin-D-Mängeln auftreten. Es ist aber erwiesen, dass Vitamin D nicht nur den Calcium- und Phosphatstoffwechsel regelt, sondern auch als Hormon wirkt und zahlreiche wichtige Gene und Körperprozesse beeinflusst. Die optimale Versorgung lässt sich also nicht allein aus der Knochengesundheit ableiten.
2. **Unnatürliche Lebensweise**
Die Sonne ist unsere wichtigste Vitamin-D-Quelle. Die moderne Lebensweise führt aber zu immer weniger Sonnenexposition. Mittelwerte aus der modernen Bevölkerung spiegeln darum womöglich nicht die evolutionären biologischen Optimalwerte wieder, an die unser Körper eigentlich angepasst ist.

Was ist ein optimaler Vitamin-D-Spiegel?

Die Frage nach dem optimalen Vitamin-D-Spiegel ist bisher nicht eindeutig beantwortet und noch immer Gegenstand wissenschaftlicher Diskussionen. Nur was den extremen Mangel mit

Auswirkung auf den Calciumspiegel und die Knochengesundheit angeht, ist man sich wissenschaftlich zum Glück mittlerweile einig: **ab einem Blutwert von 20 ng/ml spricht man von einem starken Vitamin-D-Mangel.**

Wo jedoch eine optimale Versorgung anzusetzen ist, ist noch immer umstritten. Einige Forscher sehen trotz zahlreicher neuer Erkenntnisse keinen Grund, diesen Wert höher anzusetzen als den erläuterten Wert von 20 ng/ml, da sich erst ab diesem Wert die schweren Symptome zeigen. (2)

Andere Forscher argumentieren jedoch, dass Werte zwischen 20 und 30 ng/ml zwar nicht kritisch, aber gesundheitlich auch nicht optimal sind, und eine wirklich gute Versorgung erst ab 30 ng/ml gewährleistet ist.

Wie wir sehen werden, sind selbst diese 30 ng/ml aber vor dem Hintergrund anderer Erkenntnisse als untere Grenze einer guten Versorgung anzusetzen. **Optimale Blutwerte liegen vielmehr zwischen 40 – 60 ng/ml**

Indikatoren für die Vitamin-D-Versorgung

Diese Einschätzung lässt sich heute auch recht gut belegen, denn es gibt einige Parameter, von denen sich ableiten lässt, wo der ideale Vitamin-D-Spiegel anzusetzen ist. Mögliche Indikatoren für einen optimalen Vitamin-D-Spiegel sind:

1. *Calciumstoffwechsel*: Calciumaufnahme, Konzentration des Parathormon (PTH)*, Mineraldichte der Knochen.
2. *Historische und anthropologische Vergleiche*
3. *Metabolische Faktoren*

Calciumstoffwechsel und optimaler Vitamin-D-Spiegel

Insbesondere der durch das Vitamin D gesteuerte Calciumstoffwechsel wird oft als Anhaltspunkt herangezogen: Nur bei guter Vitamin-D-Versorgung ist auch die Calciumaufnahme und die Mineraldichte der Knochen optimal. Gleichzeitig ist die Konzentration des so genannten Parathormon niedrig, welches bei einem Calcium-Mangel dafür sorgt, dass Mineralien aus den Knochen mobilisiert werden.

Für die Calciumaufnahme nehmen einige Studien an, dass die optimale Aufnahme einem 25-OH-D-Wert von etwa 32 ng/ml entspricht. (3) Gleiches gilt für die Mineraldichte der Knochen. (4) Diese Ansicht ist jedoch umstritten, da andere Studien keinen solchen Zusammenhang zwischen dem 25-(OH)-D-Wert und der Calciumaufnahme finden konnten, sondern nur eine Korrelation zwischen dem Calcitriol-Wert (der wirksamen Form von Vitamin D) und der Calcium-Aufnahme. (5)

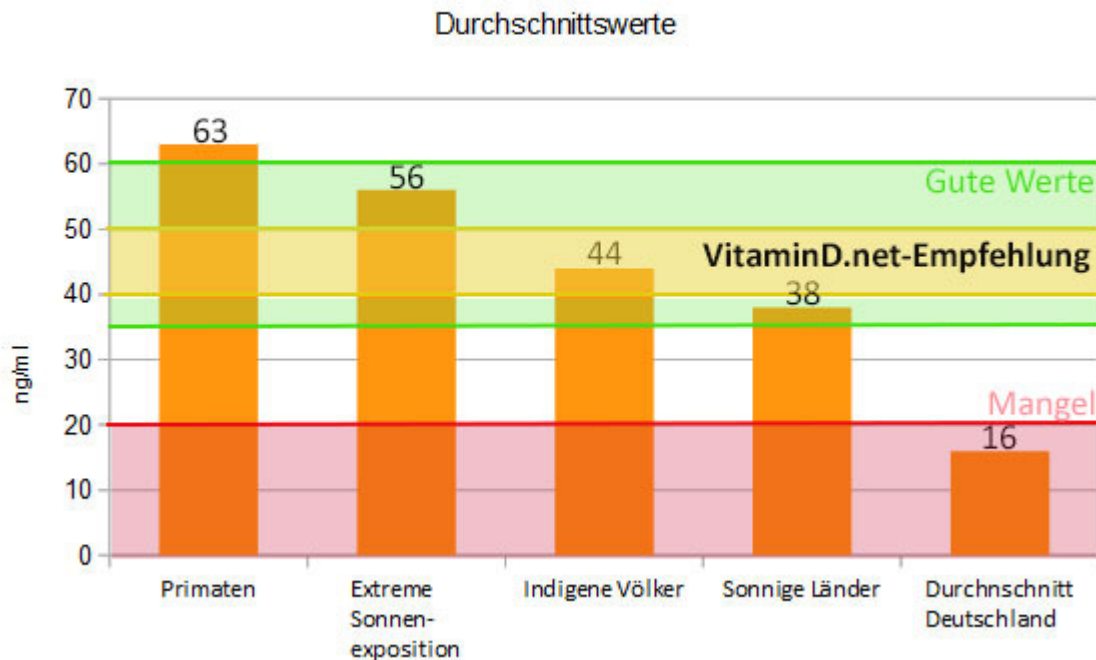
Für PTH ist die Studienlage derzeit unklar, es konnte lediglich gezeigt werden, dass ein Wert über 20 ng/ml nötig ist, um die Gesundheit der Knochen zu gewährleisten.

Aus diesen und ähnlichen Studien wird heute oft abgeleitet, dass ein Vitamin-D-Mangel ab 20 ng/ml anzusetzen ist und ein optimaler Vitamin-D-Spiegel ab etwa 30 ng/ml erreicht wird. (6)

Vergleiche des Vitamin-D-Spiegels

Ein anderer Ansatz geht etwas anders vor und untersucht den Serumwert bei optimaler Vitamin-D-Produktion durch die Sonne. Dieser Ansatz versucht herauszufinden, wie hoch der natürliche Vitamin-D-Spiegel ist, an den wir als Spezies evolutionär angepasst sind.

Vitamin-D-Spiegel im Vergleich



Wo liegt der natürliche Vitamin-D-Spiegel? Vergleich einiger Durchschnittswerte. Siehe dazu auch die Tabelle weiter unten.

Vitamin-D-Spiegel bei Affen

Als erstes Indiz für einen natürlichen Vitamin-D-Spiegel können Menschenaffen herangezogen werden, die genetisch unsere nächsten Verwandten sind – auch wenn der Vergleich aufgrund der unterschiedlichen Behaarung sehr hinkt, lassen sich hier erste interessante Indizien gewinnen. (23)

Vitamin-D-Spiegel

Javaneraffe (frei lebend) 61 ng/ml

Rhesusaffe (frei lebend) 65 ng/ml

Beide Affenarten werden häufig als Labortiere verwendet und gelten als gutes Modell für den Menschen. Auch in Zoos zeigte sich dabei früh, dass diese Affen in Gefangenschaft häufig einen Vitamin-D-Mangel erleiden, was heute durch eine mit Vitamin-D-angereicherte Nahrungsmischung verhindert wird. (24)

Reinhold Vieth, der zahlreiche Primaten selbst untersucht hat, merkt folgendes an:
“Alle veröffentlichten 25-(OH)-D-Konzentrationen bei gesunden, nicht-menschlichen

Primaten liegen bei oder über dem Maximum dessen, was wir derzeit als den "normalen" Bereich für den Menschen betrachten. Tatsächlich liegen gewöhnliche 25-(OH)-D-Werte von modernen Erwachsenen viel näher an den Werten von Labormäusen. Ist dies eine Situation, mit der wir uns wohlfühlen?"

Vitamin-D-Spiegel bei indigenen Völkern und guter Sonnenexposition

Für die Bestimmung eines „normalen“ menschlichen Vitamin-D-Spiegels ist die städtische Bevölkerung nicht geeignet, da hier fast immer Sonnenmangel besteht. Der Mensch ist aber evolutionär weder an den ganzen Körper bedeckende Bekleidung, noch an eine Sonnen-arme Umgebung angepasst.

Für die Ermittlung eines normalen Vitamin-D-Spiegels in der Bevölkerung wäre daher eine Untersuchung von z.B ausschließlich Feld- und Bauarbeitern sehr viel sinnvoller gewesen, als eine Untersuchung von Büroangestellten. Dieser Umstand wurde bei der Festlegung der heute klinisch gültigen Definitionen aber verblüffenderweise übersehen.

Dem gegenüber wurden aber auch Studien mit Bevölkerungsgruppen durchgeführt, die sich bei guter Sonne viel im Freien aufhalten und zum anderen auch indigene Völker untersucht, die noch sehr nahe am ursprünglichen Lebensstil festhalten – auf den unser Körper vermutlich evolutionär angepasst ist.

Einige solcher Ergebnisse zeigt folgende Tabelle

Gruppe	Vitamin-D-Spiegel in ng/ml
Jugendliche Hawaii (16)	31
Sonnenbader USA (7)	34
Sengerema (22)	42
Hadzabe (8)	44
Massai (8)	48
Bauarbeiter USA (9)	48
Südafrikanische Kinder (10)	49
Farmer Puerto Rico (11)	54
Strandwachen Israel (12)	59
Strandwachen USA (13)	65

Wo liegt der optimale Vitamin-D-Spiegel?

Holick und andere Vitamin-D-Experten vertreten die Ansicht, dass optimale Vitamin-D-Spiegel sich an den Werten der Strandwachen orientieren sollten. Dies ist aber kaum nachzuvollziehen, da sich der Mensch vermutlich evolutionär nie so intensiv der Sonne ausgesetzt hat – fast alle Urvölker meiden die direkte Mittagssonne. Realistischer scheinen die Werte der indigenen Völker und denen bei guter mittlerer Sonnenexposition, die sich zwischen 30 und 55 ng/ml bewegen.

Fragen hierzu werfen auch zahlreiche Studien auf, die selbst in sehr Sonnen-intensiven Ländern recht niedrige Vitamin-D-Werte feststellen konnten.(14, 15) Auch in sehr sonnigen Ländern wie Hawaii lag der mittlere Blutwert bei sehr guter Sonnenexposition bei gerade mal 31 ng/ml. (16) Alle diese Erkenntnisse zusammengenommen, kommt man zu folgendem Ergebnis:

Ideal sind **Vitamin-D-Spiegel von 40-60 ng/ml**.

Dass 20 ng/ml optimal sind, erscheint vor diesem Hintergrund ebenso unwahrscheinlich, wie die manchmal geforderten Werte von über 60 ng/ml, die scheinbar nur bei extremer Sonnenexposition erreicht werden. Auch dieser Ansatz stützt in der aktuellen Debatte also eher die Annahme, dass 40-60 ng/ml als guter Richtwert für einen optimalen Vitamin-D-Spiegel anzusetzen ist.

Metabolische Faktoren

Zwei weitere starke Indizien sprechen ebenfalls dafür, dass 40 ng/ml mit einer guten Vitamin-D-Versorgung gleichzusetzen ist:

1. Erst ab 40 ng/ml legt der Körper Vitamin-D-Speicher in Fettgeweben an (25)
2. Erst ab 40 ng/ml reichert sich die Muttermilch mit ausreichend Vitamin D an, um ein Kind zu versorgen. (25)

Beide Faktoren legen also nahe, dass ab etwa 40 ng/ml eine ausreichende Sättigung des Körpers erreicht ist. Dies stimmt wohl nicht zufällig sehr gut mit den Blutwerten indigener Völker überein.

Vitamin-D-Spiegel erhöhen

Wie kann man bei einem niedrigen Wert, den Vitamin-D-Spiegel erhöhen? Im Sommer sind regelmäßige Sonnenbäder in Badebekleidung der sicherste Weg, den Vitamin-D-Spiegel zu erhöhen. Wie viel Sonne dafür benötigt wird, hängt sehr vom Hauttyp ab.

Die maximale Vitamin-D-Produktion ist bei der ersten leichten Rötung der Haut erreicht, lange vor einem Sonnenbrand. So können im Sommer, bei ausreichender Sonne um die Mittagszeit bereits Sonnenbäder von etwa 20 Minuten den Vitamin-D-Spiegel erhöhen.

Noch verlässlicher als die Sonne können Vitamin-D-Präparate den Vitamin-D-Spiegel erhöhen. Dies ist besonders im Winter sehr zu empfehlen.

Bei Vitamin-D-Präparaten gilt die Faust-Regel, dass bei gleichen äußeren Bedingungen und *dauerhafter* Einnahme zusätzliche 100 IE den Blutspiegel um etwa 1 ng/ml erhöhen.

Erreichen eines bestimmten Vitamin-D-Spiegels

Ergibt ein Vitamin-D-Test einen bestimmten Vitamin-D-Spiegel, so ist dies der Spiegel, bei dem sich mit dem aktuellen Lebensstil ein Gleichgewicht eingependelt hat. Wird nichts am Lebensstil geändert und ändert sich auch die Sonneneinstrahlung nicht, so greift bei Vitamin-

D-Präparaten für die Vitamin-D-Dosierung obige Faustregel, nach der **bei täglicher Zufuhr** mit 100 IE ein Anstieg des Vitamin-D-Spiegel um etwa 1ng/ml erreicht werden kann.

Beispiel:

Ein Bluttest ergab einen Blutspiegel von 20 ng/ml, Ziel sind aber 30 ng/ml. Um diesen Wert zu erreichen ist ein Anstieg von 10 ng/ml notwendig. Nach der Faustregel sind hierzu **zusätzlich** 10 x 100 IE = 1000 IE **täglich** notwendig.

Dabei sollten jedoch auch die anderen Vitamin-D-Quellen in die Überlegungen einbezogen werden. Ist dieser Test zum Beispiel im Herbst durchgeführt worden, so ist zu bedenken, dass in den kommenden Monaten die Vitamin-D-Produktion über die Haut komplett wegfallen wird. Der rechnerische Wert reicht dann natürlich nicht aus. Im Winter sind vielmehr Dosen von 2000-4000 IE nötig.

Eine dritte Alternative stellt der Besuch eines Solariums dar. Für die Vitamin-D-Produktion sollten hier 10 min ein bis maximal zweimal die Woche nicht überschritten werden, da Solarien im Verdacht stehen, zahlreiche gesundheitliche Risiken zu bergen.

Vitamin-D-Spiegel und hochdosiertes Vitamin D

Einige Webseiten und Vitamin-D-Experten empfehlen zum Teil sehr hohe Dosen im Bereich von 5.000-10.000 IE am Tag. Nach heutigem Kenntnisstand sind diese Dosen tatsächlich nicht in der Lage, eine Hyperkalzämie zu erzeugen – die einzig bekannte Form von Vitamin-D-Vergiftung. (17)

Allerdings kann eine dauerhafte Überdosierung von Vitamin D zu einem funktionellen Vitamin-K2-Mangel führen, was eine schleichenden Verkalkung der Gewebe und Nierensteine nach sich ziehen kann. (18) Vitamin D sollte darum möglichst zusammen mit Vitamin K2 eingenommen werden.

Weitere Einsatzgebiete von hochdosiertem Vitamin D sind einerseits die Anfangstherapie nach einem langen Mangel, mit dem Ziel die Körperspeicher wieder aufzufüllen. Und die Wochendosis, bei der nicht täglich, sondern wöchentlich Vitamin D zugeführt wird. Übliche Dosierungen liegen hier zwischen 20.000 und 50.000 IE.

Absinken des Vitamin-D-Spiegels im Winter

Bei fehlender Vitamin-D-Produktion durch die Sonne, fällt der Vitamin-D-Spiegel erheblich. Verschiedene Studien haben ergeben, dass der Spiegel im Winter um durchschnittlich um 30-40 Prozent sinkt. (19-21).

Diese Verlustrate kann noch wesentlich höher sein, wenn die Nahrung keinerlei Vitamin-D-Quellen enthält. Bei einer Verlustrate von 40 Prozent ergeben sich beispielhaft folgende Differenzen:

Sommer-Wert (ng/ml)	Winter-Wert (ng/ml)
40	32
30	20

20

12

15

9

Dass der durchschnittliche Vitamin-D-Spiegel in Deutschland bei nur 16,23 ng/ml liegt, erklärt sich wohl vor allem dadurch, dass der Verlust in den Wintermonaten im Sommer nicht wieder aufgeholt werden kann, so dass sich die Situation mit jedem Jahr zunehmend verschlimmert. Die Einnahme von Vitamin-D-Präparaten im Winter ist darum dringend angeraten.

Regulation des Vitamin-D-Spiegels

Bei der Bewertung des Vitamin-D-Spiegels wird oft außer acht gelassen, dass die Vitamin-D-Regulation ein komplexes Netzwerk aus vielen Faktoren ist. Der Vitamin-D-Spiegel hängt nicht nur von der Versorgung mit Vitamin D ab, sondern auch von Wechselwirkungen mit anderen Nährstoffen, zahlreichen Enzymen und der Funktion von Regulationssystemen.

Das bei der Bestimmung des Vitamin-D-Spiegels gemessene 25-(OH)-D ist nur die Transportform des Vitamin D, aus der erst in einem weiteren Schritt das Vitamin-D-Hormon Calcitriol gebildet wird. Sowohl die Produktion von 25-(OH)-D als auch von Calcitriol wird dabei vom Körper nach Bedarf reguliert. Der 25-(OH)-D-Wert gibt darum nicht in allen Fällen verlässlich Auskunft über den tatsächlichen Vitamin-D-Status.

Ein Magnesiummangel führt zu dem dazu, dass das Vitamin D nicht umgewandelt werden kann – hier würde sich der Blutspiegel trotz Einnahme von Vitamin D nicht erhöhen.

Mehr Informationen hierzu im Artikel Vitamin-D-Regulation

Fazit Vitamin-D-Spiegel

Ein Vitamin-D-Spiegel von etwa 40-50 ng/ml ist nach heutigem Kenntnisstand wohl mit einer guten Vitamin-D-Versorgung gleichzusetzen. Für den Erhalt dieses Spiegels sollte im Sommer für ausreichend Sonnenkontakt gesorgt werden.

Bei viel Aufenthalt in geschlossenen Räumen sollte auch in dieser Zeit auf Vitamin-D-Präparate zurückgegriffen werden. **Im Winter ist die Einnahme von etwa 3000-5000 IE Vitamin D zu empfehlen**, diese Dosis deckt recht sicher den Bedarf, sofern nicht bereits ein starker Mangel vorliegt.

Quellen

1. Kipshoven, Christoph. Querschnittsstudie zur Abschätzung des Vitamin-D-Status in der Bevölkerung in Deutschland (DEVID-Studie). Diss. Köln, Univ., Diss., 2010, 2010.
2. Rosen CJ, Abrams SA, Aloia JF, Brannon PM, Clinton SK, Durazo-Arvizu RA, Gallagher JC, Gallo RL, Jones G, Kovacs CS, Manson JE, Mayne ST, Ross AC, Shapses SA, Taylor CL. IOM committee members respond to Endocrine Society vitamin D guideline. *J Clin Endocrinol Metab.* 2012 Apr;97(4):1146-52. Doi: 10.1210/jc.2011-2218. Epub 2012 Mar 22. PubMed PMID: 22442278.

3. 3. Heaney, R., Dowell, M., Hale, C. & Bendich, A. (2003) Calcium absorption varies within the reference range for serum 25-hydroxyvitamin D. *J. Am. Coll. Nutr.* 22:142-146.
4. 4. Bischoff-Ferrari, H., Dietrich, T., Orav, E. & Dawson-Hughes, B. (2004) Positive association between 25(OH)D levels and bone mineral density: a population-based study of younger and older adults. *Am. J. Med.* 116:634-639.
5. 5. Aloia, John F., et al. Serum vitamin D metabolites and intestinal calcium absorption efficiency in women. *The American journal of clinical nutrition*, 2010, 92. Jg., Nr. 4, S. 835-840.
6. 6. Holick MF, Binkley NC, Bischoff-Ferrari HA, Gordon CM, Hanley DA, Heaney RP, Murad MH, Weaver CM; Endocrine Society. Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: an Endocrine Society clinical practice guideline. *J Clin Endocrinol Metab.* 2011 Jul;96(7):1911-30. doi: 10.1210/jc.2011-0385. Epub 2011 Jun 6. Erratum in: *J Clin Endocrinol Metab.* 2011 Dec;96(12):3908. PubMed PMID: 21646368.
7. 7. Matsuoka, L. Y., Wortsman, J., Hanifan, N. & Holick, M. F. (1988) Chronic sunscreen use decreases circulating concentrations of 25-hydroxyvitamin D: a preliminary study. *Arch. Dermatol.* 124:1802-1804.
8. 8. Luxwolda MF , Kuipers RS , Kema IP , Dijck-Brouwer DA , Muskiet FA 2012 Traditionally living populations in East Africa have a mean serum 25-hydroxyvitamin D concentration of 115 nmol/l. *Br J Nutr* 23:1–5
9. 9. Barger-Lux MJ, Heaney RP. Effects of above average summer sun exposure on serum 25-hydroxyvitamin D and calcium absorption. *J Clin Endocrinol Metab.* 2002 Nov;87(11):4952-6. PubMed PMID: 12414856.
10. 10. Prentice A , Schoenmakers I , Jones KS , Jarjou LMA , Goldberg GR 2010 Vitamin D deficiency and its health consequences in Africa. In: , Holick MF, ed. *Vitamin D—physiology, molecular biology and clinical applications*. 2nd ed. Totowa, NJ: Humana Press; 26:505–528
11. 11. Haddock L, Corcino J, Vazquez MD. 25(OH)D serum levels in the normal Puerto Rican population and in subjects with tropical sprue and parathyroid disease. *Puerto Rico Health Sci J* 1982;1:85–91.
12. 12. Better OS, Shabtai M, Kedar S, Melamud A, Berenheim J, Chaimovitz C. Increased incidence of nephrolithiasis in lifeguards in Israel. In: Massry SG, Ritz E, Jahreis G, eds. *Phosphate and minerals in health and disease*. New York: Plenum Press, 1980:467–72.
13. 13. Haddad JG, Kyung JC. Competitive protein-binding radioassay for 25-hydroxycholecalciferol. *J Clin Endocrinol* 1971;33:992–5
14. 14. González G, Alvarado JN, Rojas A, Navarrete C, Velásquez CG, Arteaga E. High prevalence of vitamin D deficiency in Chilean healthy postmenopausal women with normal sun exposure: additional evidence for a worldwide concern. *Menopause.* 2007 May-Jun;14(3 Pt 1):455-61. PubMed PMID: 17290161.
15. 15. Hagenau T, Vest R, Gissel TN, Poulsen CS, Erlandsen M, Mosekilde L, Vestergaard P. Global vitamin D levels in relation to age, gender, skin pigmentation and latitude: an ecologic meta-regression analysis. *Osteoporos Int.* 2009 Jan;20(1):133-40. doi: 10.1007/s00198-008-0626-y. Epub 2008 May 6. PubMed PMID: 18458986.
16. 16. Binkley N, Novotny R, Krueger D, Kawahara T, Daida YG, Lensmeyer G, Hollis BW, Drezner MK. Low vitamin D status despite abundant sun exposure. *J Clin Endocrinol Metab.* 2007 Jun;92(6):2130-5. Epub 2007 Apr 10. PubMed PMID: 17426097.

17. Hathcock, John N., et al. Risk assessment for vitamin D. *The American journal of clinical nutrition*, 2007, 85. Jg., Nr. 1, S. 6-18.
 18. Masterjohn C. Vitamin D toxicity redefined: vitamin K and the molecular mechanism. *Med Hypotheses*. 2007;68(5):1026-34. Epub 2006 Dec 4. PubMed PMID: 17145139.
 19. Vieth R., et al. Original Communications-Wintertime vitamin D insufficiency is common in young Canadian women, and their vitamin D intake does not prevent it. *European Journal of Clinical Nutrition*, 2001, 55. Jg., Nr. 12, S. 1091-1097.
 20. Tangpricha, Vin, et al. Vitamin D insufficiency among free-living healthy young adults. *The American journal of medicine*, 2002, 112. Jg., Nr. 8, S. 659.
 21. Grant, William B.; Holick, Michael F. Benefits and requirements of vitamin D for optimal health: a review. *Altern Med Rev*, 2005, 10. Jg., Nr. 2, S. 94-111.
 22. Luxwolda MF, Kuipers RS, Kema IP, van der Veer E, Dijck-Brouwer DA, Muskiet FA. Vitamin D status indicators in indigenous populations in East Africa. *Eur J Nutr*. 2013 Apr;52(3):1115-25.
 23. Ziegler, Toni E., et al. Measurement of 25-hydroxyvitamin D₂&3 and 1, 25-dihydroxyvitamin D₂&3 by tandem mass spectrometry: A primate multispecies comparison. *American journal of primatology*, 2015, 77. Jg., Nr. 7, S. 801-810.
 24. Power, Michael L., et al. Vitamin D and primates: Recurring problems on a familiar theme. In: *Proceedings of the First Conference on Zoo and Wildlife Nutrition*, AZA Nutrition Advisory Group, Scarborough, OT. 1995.
 25. Robert P. Heaney and Laura A.G. Armas. Quantifying the vitamin D economy. *Nutrition Reviews* Vol. 73(1):51–67
-