

Vitamine

Was sind Vitamine?

Vitamine sind lebensnotwendige organische Verbindungen, die der Körper nicht selbst oder nur in ungenügender Menge herstellen kann. Daher müssen sie mit der Nahrung aufgenommen werden. Die Vitamine haben im wesentlichen die Funktion, Stoffwechselfvorgänge zu katalysieren und zu steuern. Dazu werden nur erstaunlich geringe Mengen benötigt.

Die Entwicklung zum heutigen Vitaminbegriff nahm ihren Anfang vor mehreren hundert Jahren, als erkannt wurde, dass Erkrankungen wie Beriberi, Nachtblindheit und Skorbut ernährungsbedingt sind. Im Jahre 1911 prägte Funk dann den Begriff Vitamine. Etwa 30 Jahre später wurde das letzte der heute bekannten 13 Vitamine entdeckt, die Folsäure.

Die ursprünglichen Produzenten für Vitamine sind Pflanzen und Mikroorganismen. Mittlerweile werden Vitamine kommerziell, überwiegend durch chemische Synthese, erzeugt. Verwendung finden diese „Ummengen“ an Vitaminen nicht nur als Zusatzstoffe für Nahrungs- und Futtermittel, sondern auch in pharmazeutischen Erzeugnissen, pharmakologischen Präparaten, sowie in Kosmetika.

Die Vitamine werden auch im folgenden Theorieteil nach ihrer Löslichkeit in zwei Gruppen eingeteilt (Folie 1):

- I. **Fettlösliche Vitamine:** Vitamin A (Retinol), Vitamin D (Calciferole), Vitamin E (Tocopherole), Vitamin K (Phyllochinon).
- II. **Wasserlösliche Vitamine:** Vitamin B₁ (Thiamin), Vitamin B₂ (Riboflavin), Niacin (Nicotinsäureamid, Nicotinsäure), Vitamin B₆ (Pyridoxin), Folsäure, Pantothen säure, Biotin, Vitamin B₁₂ (Cobalamine), Vitamin C (Ascorbinsäure).

Die unterschiedliche Löslichkeit dieser zwei Vitamingruppen in Wasser hat Einfluss auf verschiedene biologische Eigenschaften hinsichtlich Resorption, Transport, Speicherung und Ausscheidung (Folie 1). So werden wasserlösliche Vitamine schlecht gespeichert (Ausnahme ist Vitamin B₁₂), und eine überschüssige Zufuhr wird mit dem Harn ausgeschieden. Fettlösliche Vitamine hingegen können gespeichert werden. Eine übermäßige Zufuhr kann daher auch zu einer Hypervitaminose führen, besonders bei Vitamin A und Vitamin D.

Der Bedarf an Vitaminen ist stark von der biologischen Situation, Stress, Krankheit und Wachstum des Einzelnen und dessen Umwelt abhängig. Daher werden von Gremien, wie der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE), „nur Empfehlungen für die Vitaminzufuhr gegeben. Bei diesen Empfehlungen handelt es sich um Mengen, von denen angenommen wird, dass sie nahezu alle gesunden Personen vor Krankheit schützen und eine uneingeschränkte Leistungsfähigkeit gewährleisten (DGE, 1991). Sie entsprechen dem durchschnittlichen Bedarf der betreffenden Bevölkerungsgruppe, zuzüglich Sicherheitszuschlag (Folie 2). Inwieweit eine höhere Vitaminzufuhr eine bessere körperliche und geistige Leistungsfähigkeit oder/und chronischen und degenerativen Krankheiten vorbeugt bzw. diese heilt, wird in den letzten Jahren immer häufiger diskutiert. Besonders hinsichtlich Vitamin C

Therapie von Krebs gibt es mittlerweile einige vielversprechende Untersuchungsergebnisse. Eine Empfehlung zur allgemeinen Mehrzufuhr an Vitaminen scheint jedoch zum jetzigen Zeitpunkt verfrüht.

Die Angaben zur Höhe der empfohlenen Zufuhr erfolgen in der jeweiligen Gewichtseinheit (mg; µg) pro Tag. Bei einzelnen Vitaminen orientiert sich die Empfehlung an der Energiezufuhr. In diesem Fall wird die Zufuhrempfehlung in mg bzw. µg pro MJ* (Mega Joule) pro Tag angegeben. Für die Erfassung stoffwechselaktiver Vorstufen, Derivate oder Folgeprodukte werden als Hilfsgrößen „Äquivalente“ für die Vitamine A, E, Niacin und Folsäure angegeben.

Ursachen eines Vitaminmangels können sein (Folie II):

1. alimentär bedingt:

- Unterernährung
- Fehlernährung
- Zerstörung der Vitamine durch falsche Nahrungszubereitung

2. physiologisch bedingt:

- Störungen der Darmflora (Antibiotikatherapie)
- eingeschränkte Resorption (degenerierte Darmschleimhaut, Teilentfernung von Magen und/oder Darm)
- erhöhter Bedarf (Wachstum, Stillen, Schwangerschaft, Krankheiten)
- gesteigerte Verluste (Resorptionsstörungen, Nierenerkrankung)

1. Fettlösliche Vitamine

1.1 Vitamin A (Retinol)

Vitamin A ist am Sehvorgang, als Bestandteil des Sehpurpurs, beteiligt. Weiterhin ist Vitamin A wichtig für die Erhaltung von Epithel-, Knorpel und Knochengewebe. Das Wachstum, die Fortpflanzung und die Synthese von Mucopolysacchariden wird ebenfalls von der Vitamin-A-Versorgung beeinflusst. Einzelne Carotinoide können vom Körper in Vitamin A umgewandelt werden. Diesen Carotinoiden wird eine antikanzerogene Wirkung zugeschrieben.

- ❖ Krankheiten (Leber-, Gallen- und Nierenerkrankungen, Fettstoffwechselstörungen, Parasitenbefall)
- ❖ Medikamente/Schadstoffe (orale Kontrazeptiva, DDT, Lindan, Schwermetalle)
- ❖ chronischer Alkoholkonsum
- ❖ Stress (physisch, psychisch)

Ein Vitamin A-Mangel zeigt sich in folgenden Symptomen:

- Nachtblindheit
- Veränderungen des Epithelgewebes, v.a.: Augen, Atem- und Geschlechtsorgane (Verhornung, Austrocknung, Geschwüre)
- Wachstumsstörungen
- gestörte Laktation
- Fortpflanzungsstörungen

Der Vitamin A-Mangel ist die weltweit am häufigsten auftretende Vitaminmangelkrankheit. Besonders Kinder in sogenannten Entwicklungsländern sind von dieser Krankheit betroffen.

Da Vitamin A in größeren Mengen gespeichert werden kann, ist eine Hypervitaminose A bei sehr hohen Einzeldosen (> 15 mg/Tag) möglich. Die häufigsten Anzeichen einer akuten Überdosierung sind: Übelkeit, Erbrechen, Kopfschmerzen, Schwindelanfälle, Sehstörungen und Koordinationsprobleme, die nach einigen Stunden bis Tagen verschwinden. Ähnliche Symptome ergeben sich bei chronischer Überdosierung (8-12 mg/Tag über Jahre). Außerdem zeigen sich: Ödeme, vergrößerte Leber und Milz, Hypercalcämie, Muskelschmerzen und Müdigkeit. Die Gefahr einer Vitamin A-Toxizität besteht vor allem bei regelmäßiger Einnahme hochdosierter Vitaminpräparate. Eine Ausnahme bildet hier der regelmäßige Verzehr von Leber während der Schwangerschaft, wobei vom regelmäßigen Verzehr von Innereien wegen der hohen Schadstoffbelastung eher abzuraten ist. Bei Carotinoiden kann es nicht zu einer Hypervitaminose A kommen.

Vitamin A:

- Fleisch, Leber, tierisches Fett
- Eier, Milch und Käse
- Fisch

β-Carotin:

- Gemüse (Karotten, Tomaten, Spinat, Kopfsalat, Brokkoli, Grünkohl, Chicorée)
- Obst (Aprikosen, Kaki, Honigmelone, Mango)

1.2 Vitamin D (Calciferol)

Die Vitamin D-Gruppe besteht aus mehreren D Wirkstoffen, die als **Calciferole** bezeichnet werden. Diese Calciferole können durch **UV-Licht** aus einer Vorstufe gebildet werden, die entweder der Körper selbst aufbaut oder mit der Nahrung aufgenommen wird (Vitamin D₂ bzw. Vitamin D₃). Durch Hydroxylierung dieser Vitamine in der Leber und der Niere entsteht dann 1,25 Dihydroxycholecalciferol (1,25 DHCC), das physiologisch wirksame Vitamin D-Hormon. Vitamin D reguliert in seiner wirksamen Form (1,25 DHCC) die **Calciumhomöostase**, da es die intestinale Resorption von Calcium und Phosphor fördert und die Mineralisation des Knochens reguliert.

- ❖ Krankheiten (gestörter Fettstoffwechsel, Leber-, Gallen- und Nierenerkrankungen, Funktionsstörung der Nebenschilddrüse)
- ❖ Medikamente (Antiepileptika, Schlafmittel)
- ❖ chronischer Alkoholkonsum
- ❖ Östrogenmangel
- ❖ höheres Lebensalter
- ❖ Luftverschmutzung (herabgesetzte UV-Einstrahlung)

Ein Vitamin D-Mangel führt zu Skeletterkrankungen, wie der **Rachitis** beim Kind und der **Osteomalazie**, unter Umständen auch der **Osteoporose** beim Erwachsenen. Weitere Symptome sind eine verminderte Muskelkraft und ein herabgesetzter Muskeltonus.

Ein Mangel an Vitamin D kann vor allem bei Menschen mit geringer **Sonnenexposition** auftreten (Menschen mit dunkler Haut, die in nördlichen Ländern leben; Alte und Kranke, die sich überwiegend in ihrer Wohnung aufhalten).

Die genaue Dosis, bei der es zu einer Hypervitaminose D kommt, kann nicht exakt angegeben werden, da die Reaktion auf Vitamin D individuell verschieden ist. Die Einnahme von Vitamin D-Präparaten sollte daher stets unter ärztlicher Kontrolle stehen. Eine regelmäßige Zufuhr, die 500 µg/Tag überschreitet, ist als kritisch zu betrachten. Eine hohe Sonnenbestrahlung führt nicht zu einer Hypervitaminose D. Folge einer Vitamin D-Überdosierung ist die Calcifizierung von Weichgewebe (u.a.: Herz, Niere, Lunge, Arterien).

Der Vitamin D-Bedarf wird im Normalfall durch eine ausreichende Sonnenbestrahlung gedeckt. Die tägliche Sonnenexposition von Gesicht und Armen für 10 Minuten ist dazu ausreichend. Es gibt nur wenige Lebensmittel, die nennenswerte Mengen an Vitamin D enthalten:

- Leber, Lebertran
- Fisch (v.a. Fettfische)
- Pilze
- Eigelb
- Margarine

Bedeutsam wird die Vitamin D-Bedarfsdeckung über Nahrungsmittel für Menschen, die selten einer UV-Bestrahlung ausgesetzt sind.

1.3 Vitamin E (Tocopherol)

Tocopherole wirken als Antioxidans. Sie schützen dadurch mehrfach ungesättigte Fettsäuren der Membranlipide, Enzyme, Vitamine, Hormone und viele andere Proteine und Aminosäuren von Pflanzen, Tier und Mensch vor einer Zerstörung durch Sauerstoffradikale. In dieser Funktion wird Vitamin E durch Vitamin D, β -Carotin und Selen unterstützt.

Diskutiert wird ebenfalls die protektive Wirkung von Vitamin E im Hinblick auf **Krebs** und **Herz-Kreislauf-Erkrankungen**, sowie Störungen des **Immunsystems**.

- ❖ Krankheiten (Verdauungs- und Galle-Stoffwechselstörungen)
- ❖ Medikamente/Schadstoffe (orale Kontrazeptiva, Anthrazykline, Antiepileptika)
- ❖ Schwermetalle, Ozon, Stickstoffperoxide
- ❖ hohe Zufuhr an mehrfach ungesättigten Fettsäuren, oxidierten Fetten und Abführmitteln

Unter Vitamin E-Mangel kommt es zur Anhäufung von freien Radikalen, was zu Störungen im Bereich des Reproduktionssystems, der Muskulatur, des Nervensystems, des Gehirns, des kardiovaskulären Systems, der Blutzellen und der Leber führen kann.

Beim Menschen wurden bisher allerdings keine drastischen Mangelerscheinungen beobachtet, wie sie aus Tierversuchen bekannt sind.

Tägliche Vitamin E-Dosen in der Höhe von 200-600 mg sind nach den bisher vorliegenden Untersuchungen für Erwachsene unschädlich. Bei höheren Dosen

wurden teilweise negative, aber keine toxischen Auswirkungen beobachtet. So z.B. Kreatinurie, verzögerte Wundheilung, Amenorrhoe, Sehstörungen und Müdigkeit.

- Pflanzenöle (Weizenkeimöl, Sonnenblumenöl, Maiskeimöl)
- Getreidekeime, Nüsse, Sojabohnen
- Gemüse (Schwarzwurzeln, Paprika, Knollensellerie, Wirsing)
- Obst (Himbeeren, Brombeeren, Avocado)
- Butter, Eigelb, Fisch (Makrele, Rotbarsch)

1 Esslöffel Sonnenblumenöl deckt die Hälfte der empfohlenen Tageszufuhr.
100 g Weizenvollkorn liefert ein Viertel der empfohlenen Tageszufuhr.

1.4 Vitamin K (Phyllochinon, Menachinon)

Natürlich vorkommende Verbindungen mit Vitamin K-Wirkung sind das von Pflanzen synthetisierte Phyllochinon (Vitamin K₁) und das bakteriell erzeugte Menachinon (Vitamin K₂). Vitamin K ist für die Bildung von Proteinen notwendig, die bei der Blutgerinnung eine wichtige Rolle spielen (z.B. Prothrombin). Weiterhin ist Vitamin K bei der Biosynthese von Proteinen im Knochen (Osteocalcin), in der Niere und im Plasma beteiligt. Es wird davon ausgegangen, dass ein Teil, ca. die Hälfte, des Vitamin K-Bedarfs von den Bakterien des Darms bereitgestellt wird.

- ❖ Krankheiten (Störungen des Gastrointestinaltraktes, der Leber und der Gallenzufuhr)
- ❖ Medikamente (langandauernde Antibiotikatherapie, Sulfonamide, Antikoagulantien)

Beim gesunden Erwachsenen tritt normalerweise kein Vitamin K-Mangel auf da die Darmbakterien einen wesentlichen Teil an Vitamin K bereitstellen und in einer gemischten Kost Vitamin K reichlich vorhanden ist.

Symptome eines durch Krankheit oder Medikamente bedingten Vitamin K-Mangels sind eine verlängerte Blutgerinnungszeit und Störungen des Knochenstoffwechsels. Neugeborene weisen bei Vitamin K-Mangel Blutungen auf.

Aufgrund der sehr niedrigen Toxizität von natürlichem Vitamin K wurden auch bei langandauernder, hoher Vitamin K-Zufuhr keine Nebenwirkungen beobachtet. Bei der Gabe hoher Dosen synthetisch hergestellter Vitamin K-Präparate kann Erbrechen oder/und die Zerstörung roter Blutkörperchen auftreten. Die Einnahme solcher Präparate sollte nur unter ärztlicher Kontrolle erfolgen.

- Sojabohnen
- Milch/-produkte
- Muskelfleisch
- Synthese durch Darmbakterien
- grünes Gemüse (Brokkoli, Spinat, Kohl, Salat, Erbsen)

2. Wasserlösliche Vitamine

2.1 Vitamin B₁ (Thiamin)

Thiamin ist bei wichtigen Abläufen des Energiestoffwechsels als Coenzym beteiligt. Weiterhin wurde beobachtet, dass Thiamin eine Rolle im Stoffwechsel des Nervengewebes zukommt.

- ❖ Krankheiten (Störungen des Gastrointestinaltraktes, Leberfunktionsstörungen, Hyperthyreose, Parasiten des Intestinaltraktes)
- ❖ chronischer Alkoholkonsum
- ❖ Schwermetalle

Eine typische Thiamin-Mangelkrankheit ist die **Beriberi**, die bereits 1630 von einem holländischen Arzt beschrieben wurde. Diese schwere Form des Thiaminmangels zeigt sich in neurologischen Ausfällen, Skelettmuskelschwund, Herzmuskelschwäche und Ödemen. Weitere Formen eines Vitamin B₁-Mangels zeigen sich in den folgenden Symptomen:

Appetitmangel, Müdigkeit, Geschwüre und Blutungen des Intestinaltraktes, Hautödeme, Muskelschwäche, Störungen des Nervensystems (Reizbarkeit, Depression, Konzentrationsschwäche).

Erst bei Dosen, die das hundertfache der empfohlenen Zulohrmenge überschreiten, können folgende Symptome auftreten: Kopfschmerzen, Krämpfe, allergische Reaktionen, Herzrhythymien und Lähmungen.

- Vollkomprodukte (v.a.: Weizen und Hafer), Bierhefe
- Hülsenfrüchte (v.a.: weiße Bohnen, Erbsen, Sojabohnen)
- Fleisch (v.a.: mageres Schweinefleisch, Innereien)
- Gemüse (Kohl, Brokkoli)

100 g Vollkornweizen liefern ca. 1/3 des Tagesbedarfs.

5 g Hefe enthalten etwa die Hälfte des Tagesbedarfs.

2.2 Vitamin B₂ (Riboflavin)

Riboflavin ist Bestandteil von Coenzymen, die an einer großen Anzahl chemischer Reaktionen des Fett-, Kohlenhydrat- und Eiweißstoffwechsels beteiligt sind.

- ❖ Krankheiten (Lebererkrankungen, Schilddrüsenerkrankung, Diabetes mellitus, Resorptionsstörungen)
- ❖ Medikamente (orale Kontrazeptiva, Antidepressiva)
- ❖ Schwermetalle
- ❖ Stress (physisch, psychisch)
- ❖ chronischer Alkoholkonsum

Bei Riboflavin-Mangel treten Störungen an verschiedenen Geweben auf. Neben allgemeinen Wachstumsstörungen kann eine Rötung und Schuppenbildung der Haut, Degeneration des Nervengewebes, Entzündung der Mundschleimhaut und eine allgemeine Antriebschwäche auftreten. Weiterhin werden eingerissene Mundwinkel, Anämie und ein Ausbleiben des Sexualzyklus beobachtet.

Riboflavin ist grundsätzlich nicht toxisch.

- Muskelfleisch
- Vollgetreide (v.a. Keimlinge), Hefe
- Gemüse (Brokkoli, Pilze, Petersilie)

100g Käse oder 0,25 Liter Milch enthalten 1/5 des Tagesbedarfs.

2.3 Niacin (Nicotinsäure/-amid)

Niacin (Sammelname für Nicotinsäure und Nicotinsäureamid) ist in seiner Funktion als Bestandteil von Coenzymen am Auf- und Abbau von Kohlenhydraten, Fettsäuren und Aminosäuren beteiligt. Damit hat es eine wichtige Funktion im gesamten Stoffwechsel. Niacin kann aus **Tryptophan**, einer essentiellen Aminosäure synthetisiert werden. 1 mg Niacin = 60 mg Tryptophan.

- ❖ Krankheiten (Resorptionsstörungen, Darmkrebs, Leberzirrhose, chronische Diarrhöen)
- ❖ Medikamente (L-Dopa, Antibiotika)
- ❖ chronischer Alkoholkonsum

In Ländern Mitteleuropas tritt bei Gesunden ein Niacinmangel nur bei extrem einseitiger Ernährung auf. In der Vergangenheit war die **Pellagra** („rauhe Haut“) als Folge eines Niacinmangels weit verbreitet. Mittlerweile wird in vielen Ländern bestimmten Nahrungsmitteln Niacin zugesetzt, um das Auftreten dieser Krankheit zu verhindern. Die Pellagra ist durch eine Dermatitis, Schleimhautveränderungen von Mund, Zunge und Intestinaltrakt, Durchfälle, Erbrechen, Schmerzen an den Extremitäten und depressive Psychosen gekennzeichnet.

Erscheinungen einer Überdosierung werden nur nach der Einnahme pharmakologischer Dosen von Niacin (> 3g/Tag) beobachtet. Im betreffenden Fall können Hautrötungen, Gefäßerweiterungen, Hitzegefühl, Magenschleimhautentzündungen und Leberzellschäden auftreten.

- Hefe Vollkornprodukte
- Sojabohnen, Erdnüsse
- Fleisch, Innereien
- Milch/-produkte, Eier

5 g Hefe decken 20 des Tagesbedarfs.

2.4 Vitamin B₆ (Pyridoxin, Pyridoxamin)

Vitamin B₆ ist in seiner Form als Coenzym an vielen enzymatischen Stoffwechselprozessen, vorwiegend im Aminosäure-Metabolismus, beteiligt. Außerdem hat Vitamin B₆ eine Funktion bei der Gluconeogenese (Aufbau von Kohlenhydraten), im Stoffwechsel der Erythrozyten, im Nervensystem, bei der Immunabwehr, dem Fettstoffwechsel, im Kollagenstoffwechsel und bei der Hämoglobinsynthese.

Aufgrund der zentralen Rolle von Vitamin B₆ im Aminosäurestoffwechsel ist der Bedarf dieses Vitamins von der Proteinaufnahme abhängig. Bei sehr hoher Proteinzufuhr kann ein Vitamin B₆-Bedarf von 2,8 mg/Tag vorliegen.

- ❖ Krankheiten (Resorptionsstörungen, Leberschäden)
- ❖ Medikamente (orale Kontrazeptiva, Antikonvulsiva, Tuberkulostatika, Antibiotika, einige Chemotherapeutika)
- ❖ chronischer Alkoholkonsum

Bei Vitamin B₆-Mangel finden sich Störungen des Wachstums, der Laktation und der Proteinsynthese, mit Muskel-, Thymus- und Keimdrüsenatrophie. Ebenfalls wird eine Dermatitis im Nasen-, Augen- und Mundbereich, sowie eine Eisen-resistente Anämie und neurologische Störungen beobachtet. Eine chronische Aufnahme hoher Vitamin B₆-Dosen (>500 mg/Tag) kann eine periphere sensible Neuropathie mit Übelkeit, Brustspannungen und Lichtempfindlichkeit auslösen.

- Rind-/Schweinefleisch, Fisch (v.a. Lachs)
- Vollkomprodukte (v.a. Weizenkeime)
- Bananen
- Hülsenfrüchte, Gemüse (Kohl, Feksalat, Spinat, Kartoffeln)

2.5 Folsäure

Folsäure ist vor allem an der Zellteilung und damit der Neubildung von Zellen beteiligt. Im Stoffwechsel sind **Eisen**, **Vitamin B₁₂** und **Folsäure** eng miteinander verbunden. Bei der Beurteilung von Mangelerscheinungen und der Einnahme von Vitaminpräparaten sollte dies beachtet werden.

- ❖ Krankheiten (Resorptionsstörungen)
- ❖ Medikamente (Antiepileptika, Antimalariamittel, Folsäureantagonisten, die zur Krebstherapie eingesetzt werden, orale Kontrazeptiva)
- ❖ chronischer Alkoholkonsum
- ❖ Mangel an Vitamin B₁₂

Von einem Folsäure-Mangel wird besonders die Zellteilungsrate der roten und weißen Blutzellen, der Darmschleimhaut und des Urogenitaltraktes betroffen. Daher liegen beim Folat-Mangel die folgenden Symptome vor: Anämie, Schleimhautveränderungen der Mundhöhle, des Magens und des Darmes, Durchfälle und Resorptionsstörungen. Weiterhin können Schlatstörungen, Depressionen und andere neuropsychiatrische Störungen, Vergesslichkeit, körperliche Schwäche und eine Degeneration des Rückenmarks vorliegen.

Folsäure besitzt nur eine geringe Toxizität. Bei einer vorliegenden Anämie muss jedoch genau abgeklärt werden, ob die Ursache dafür ein Mangel an Folsäure, Vitamin B₁₂ und/oder Eisen ist. Bei Vitamin B₁₂-Mangel kann eine Folsäure-Gabe zwar die hämatologischen Symptome der Anämie verbessern, andere Folgen (Degeneration der Rückenmarksbahnen) werden davon jedoch nicht beeinflusst. So kann ein Vitamin B₁₂-Mangel durch Folsäure-Gabe verdeckt werden.

- Sojabohnen, Bierhefe, Vollkornprodukte (v.a. Weizenkeime)
- Gemüse (Brokkoli, Tomaten, Kohl, Gurken, Kartoffeln)
- Eier, Milch/-produkte
- Leber

10 g Hefe enthalten 0,3 mg Folsäure.

2.6 Pantothersäure

Pantothersäure ist ein wichtiger Bestandteil des Coenzym A. Dieses Coenzym ist beim Abbau von Kohlenhydraten, Fetten und bestimmten Aminosäuren, sowie der Synthese von Fettsäuren und Cholesterin beteiligt.

- ❖ Krankheiten (Diabetes mellitus, Resorptionsstörungen)
- ❖ Medikamente (orale Kontrazeptiva)
- ❖ chronischer Alkoholkonsum

Beim Menschen sind Mangelerscheinungen relativ selten, da Pantothersäure in geringen Mengen **in fast allen Lebensmitteln** vorkommt. Ein Pantothersäure-Mangel tritt daher nur bei *Unterernährung* oder im *Experiment* auf. Symptome, die mehr oder weniger für eine Pantothersäure-Unterversorgung spezifisch sind, äußern sich in Parästhesien der Extremitäten, Hautschädigungen, Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schlaflosigkeit, Übelkeit, Reflexstörungen und Beeinträchtigungen der Nebennierenfunktion.

Die Toxizität von Pantothersäure ist sehr gering. Erst nach längerfristiger Einnahme von Dosen in Höhe von 10 g/Tag und mehr, wurden Diarrhöen und leichte Darmstörungen beobachtet.

In geringer Menge ist Pantothersäure in fast allen Lebensmitteln enthalten. Besonders viel Pantothersäure kommt vor in:

- Leber
- Fisch
- Milch/-produkten
- Hefe, Vollkomprodukten
- Pilzen, Kohlgemüse, Hülsenfrüchten (v.a.: Erbsen, Sojabohnen)

2.7 Biotin

Enzyme, die Biotin-abhängig sind, haben Funktionen beim Auf- und Abbau von Fettsäuren, bei der Synthese von Glucose (Gluconeogenese) und dem Abbau einiger Aminosäuren.

- ❖ Medikamente (Antiepileptika)
- ❖ hoher Verzehr roher Eier (enthalten Avidin, ein Biotin-Hemmstoff)
- ❖ chronischer Alkoholkonsum
- ❖ partielle Darmentfernung
- ❖ parenterale Ernährung
- ❖ angeborener Mangel der Biotinenzyme

Bei Erwachsenen wurden bisher bei gemischter Kost keine Biotin-Mangelerscheinungen beobachtet. Bei Säuglingen kann ein Biotin-Mangel aufgrund eines niedrigen Biotingehaltes in der Muttermilch oder durch Verdauungsstörungen auftreten. Ein genetisch bedingter Biotinenzym-Mangel führt ebenfalls zu einem Biotin-Mangel. Dieses Enzym (Biotinidase) wird zur Verwertung des in der Nahrung enthaltenen Biotins benötigt. Das Auftreten eines plötzlichen Todes im Kindesalter (*sudden infant death syndrome*) wird mit einem Biotin-Mangel und mit Stress in Verbindung gebracht.

Unter mehrwöchiger, hoher Zufuhr an Avidin wurden beim Menschen folgende Symptome beobachtet: Dermatitis, Anorexie, Übelkeit, Depression und ein gestörter Fettstoffwechsel.

Zur Toxizität bzw. zu Nebenwirkungen einer hohen Biotinaufnahme beim Menschen liegen keine Berichte vor.

- Leber, Niere
- Mandarinen
- Nüsse (v.a. Erd-, Walnüsse)
- Bierhefe, Hülsenfrüchte, Kohlgemüse

2.8 Vitamin B₁₂ (Cobalamin)

Die Cobalamine sind verschiedene verwandte Verbindungen, die als Vitamin B₁₂ zusammengefasst werden. Vitamin B₁₂ wird zur Bildung der roten Blutkörperchen und einzelner Enzyme benötigt. Diese Enzyme sind beim Abbau von Fettsäuren und im Stoffwechsel der Folsäure beteiligt. Oral aufgenommenes Vitamin B₁₂ muss von einem in der Magenschleimhaut gebildeten Glykoprotein (*Intrinsic factor*) komplex gebunden werden. Daher muss der Vitamin-B₁₂-Bedarf vollständig über die Nahrung gedeckt werden, obwohl Bakterien im Dickdarm große Mengen an Vitamin B₁₂ synthetisieren.

- ◇ Krankheiten (Pankreasinsuffizienz, Entleerung des Magens oder von Teilen davon, Magenschleimhautentzündung, Darmparasiten)
- ◇ Medikamente (orale Kontrazeptiva)
- ◇ chronischer Alkoholkonsum
- ◇ Rauchen

Vitamin B₁₂ kann in der Leber gespeichert werden. Eine ungenügende Resorption des Vitamin B₁₂-Intrinsic factor-Komplexes wirkt sich daher erst nach Jahren in klinischen Mangelerscheinungen aus. Die Symptome eines Mangels, der vor allem krankheitsbedingt auftritt, können daher besonders bei älteren Menschen vorkommen. Ebenso können Veganer von einem Vitamin B₁₂-Mangel betroffen sein und Säuglinge von streng vegetarisch lebenden Müttern, da Cobalamine nur in tierischen Produkten vorkommen. Folgende Symptome werden bei einem Vitamin B₁₂-Mangel beobachtet: Anämie, Parästhesien, gestörte Tiefensensibilität, gestörte Reflexe, Ataxie, Glossitis (Entzündung der Zungenschleimhaut), defekte Magenschleimhaut und Nervenschäden (bei schwerem Mangel).