

Anhang V

Labordiagnostik zur Nährstoff-Status-Bestimmung

Vitamine

Nährstoff	Status
Biotin	
Biotin im Serum	Werte von < 0,5 nmol/l können einen Mangel anzeigen.
Renale Biotin-Ausscheidung	Normalwerte reichen von 20 bis 50 µg pro Tag.
Folsäure	
Hypersegmentations-Index von Neutrophilen-Zellkernen	Das Verhältnis von Neutrophilen mit ≥ 5 Lappen zu ≥ 4-lappigen von > 30% zeigt einen Mangel an. (Kann auch durch einen Vitamin-B ₁₂ -Mangel verursacht sein und ist während einer Schwangerschaft nicht verlässlich.)
Folsäure im Serum	Normalwerte betragen 5–16 ng/ml und lassen auf eine kurz zurückliegende Zufuhr über die Nahrung schließen.
Folsäure in den Erythrozyten	Werte von < 160 ng/ml deuten auf einen Mangel an Folsäure im Gesamtkörperspeicher hin.
Pantothensäure	
Pantothensäure im Vollblut	Werte von < 4 µmol/l können einen Mangel anzeigen.
Renale Pantothensäure-Ausscheidung	Ausscheidungsmengen von < 1 mg pro Tag können einen Mangel anzeigen.
Vitamin A	
Plasma-Beta-Carotin	Normalwerte betragen 0,3–0,6 µmol/l.
Plasma-Retinol	Werte < 30 µg/dl zeigen einen Mangel an. Der Plasma-Retinol-Spiegel wird auf Kosten des in der Leber gespeicherten Vitamin A aufrechterhalten. Deshalb beginnt der Plasma-Retinol-Spiegel erst dann zu sinken, wenn ein starker bzw. chronischer Vitamin-A-Mangel besteht.
Vitamin B₁ (Thiamin)	
Aktivitätsmessung der Transketolase von roten Blutkörperchen (ETKA) und ihre Stimulation nach der Beigabe von Thiamin-Pyrophosphatase (TTP)	Ein Mangel wird durch niedrige ETKA-Werte (< 5 Einheiten/mmol Hämoglobin) und durch einen Anstieg > 16% nach der Beigabe von TTP angezeigt.
Thiamin im Vollblut	Werte < 70 nmol/l zeigen einen Mangel an.

Nährstoff	Status
Vitamin B₂ (Riboflavin) Messung der Glutathion-reduktase (ein riboflavin-abhängiges Enzym) in den roten Blutkörperchen und seine Stimulation nach Beigabe von Flavinadenin-dinukleotid (FAD)	Ein verlässlicher Status-Indikator, ausgedrückt im Verhältnis zur Aktivität > 1,2, zeigt einen Mangel an.
Renale Riboflavin-Ausscheidung	Eine Elimination von < 120 µg pro Tag zeigt einen Mangel an.
Riboflavin im Vollblut	Werte < 200 nmol/l zeigen einen Mangel an.
Riboflavin in roten Blutkörperchen	Werte unter 10 µg/dl zeigen einen Mangel an.
Vitamin B₃ (Niacin) Niacin im Vollblut	Eine weniger verlässliche Messmethode für den Status. Werte < 30 µmol/l können einen Mangel anzeigen.
Nicotinamid-Adenin-Nukleotid (NAD) in den roten Blutkörperchen	Ein verlässlicher Status-Indikator. Ein Verhältnis von RBC-NAD zu RBC Nicotinamidnukleotidphosphat (NADP) von < 1,0 kann einen Mangel anzeigen (RBC = rote Blutkörperchen).
Renale Ausscheidung von 1-N-Methyl-nicotinamid (NMN) und 2-N-Pyridon (2-N-P)	Ausscheidung dieser Haupt-Stoffwechselprodukte von Niacin lässt auf den Niacin-Status schließen. Ein Mangel liegt vor bei Ausscheidungsmengen von < 0,8 mg NMN pro Tag und/oder < 1,0 mg 2-N-P pro Tag.
Vitamin B₆ Alanin-Transaminase-Index in roten Blutkörperchen	Aktivität dieses PLP-abhängigen Enzyms wird vor und nach der Beigabe von PLP gemessen; ein Verhältnis > 1,25 zeigt einen Mangel an.
Gesamtvitamin-B ₆ -Spiegel	< 40 nmol/l zeigen einen Mangel an (Plasma).
Pyridoxal-5-Phosphat (PLP)	< 30 nmol/l zeigen einen Mangel an (Plasma).
Renale 4-Pyridoxinsäure-Ausscheidung	Das Haupt-Stoffwechselprodukt im Urin; < 3,0 µmol pro Tag zeigen einen Mangel an.
Tryptophan-Aufnahme-Test	Da die Katabolisierung von Tryptophan von PLP abhängig ist, wird eine Dosis von 2 g Tryptophan oral verabreicht, und die renale Xanthenurensäure (XA) wird gemessen; XA-Ausscheidungswerte von > 65 µmol zeigen einen Mangel an.
Vitamin B₁₂ Homocystein (Serum)	Kann einen Vitamin B ₁₂ -Mangel früher anzeigen als B ₁₂ -Serumwerte.

Nährstoff	Status
Hypersegmentations-Index der Neutrophilen-Zellkerne	Das Verhältnis von Neutrophilen mit ≥ 5 Lappen zu < 4 -lappigen von $> 30\%$ zeigt einen Mangel an. (Kann auch durch einen Vitamin-B ₁₂ -Mangel verursacht sein und ist während einer Schwangerschaft nicht verlässlich.)
Renale Methylmalonsäure	Ein verlässlicher Status-Index; Werte $> 5 \mu\text{g}/\text{mg}$ Kreatinin lassen auf einen Mangel schließen.
Vitamin-B ₁₂ -Serumspiegel	Werte unter $200 \text{ pg}/\text{ml}$ zeigen einen Mangel an. Werte können jedoch normal bleiben, auch wenn eine Anämie oder neurologische Symptome aufgrund eines Vitamin-B ₁₂ - Mangels vorliegen.
Vitamin C	
Ascorbinsäure-Aufnahme-Test	Ascorbinsäure im Urin wird gemessen, nachdem eine orale Dosis von $0,5\text{--}2 \text{ g}$ über 4 Tage verabreicht wurde; eine Ausscheidung von $< 60\%$ der Dosis zeigt eine völlige Entleerung der Ascorbinsäure-Speicher im Gewebe an.
Ascorbinsäure-Spiegel in mononuklearen Leukozyten	Werte von $< 25 \mu\text{g}/10^8$ Zellen zeigen einen Mangel an.
Ascorbinsäure-Spiegel in weißen Blutkörperchen	Werte von $< 20 \mu\text{g}/10^8$ Zellen (buffy coat) zeigen einen Mangel an.
Plasma-Ascorbinsäure	Werte von $< 0,4 \text{ mg}/\text{dl}$ zeigen einen Mangel an.
Renale Ascorbinsäure-Ausscheidung	Ein wenig verlässlicher Status-Index, außer bei ernsten Mangelzuständen, Ausscheidung von $< 10 \text{ mg}$ pro Tag deutet auf einen ernsten Mangel hin.
Vitamin D	
Plasma-25-(OH)-Vitamin D	Normalwerte betragen $10\text{--}60 \text{ ng}/\text{ml}$; spiegeln Körperspeicher wider.
Plasma-1,25-(OH) ₂ -Vitamin D	Normalwerte betragen $16\text{--}60 \text{ pg}/\text{ml}$; messen die aktuelle biologische Aktivität des Vitamins.
Vitamin E	
Gesamtplasma-Vitamin E und das Verhältnis von Vitamin E zu den Gesamtfetten im Serum	Werte $< 0,5 \text{ mg}/\text{dl}$ zeigen einen Mangel an. Der Plasma-Vitamin-E-Spiegel hängt allerdings vom Gesamtserum-Triglycerid-Spiegel ab. Um den Vitamin-E-Status zu messen, errechnet man das Verhältnis von Vitamin E zu den Gesamtfetten im Serum. (Ein Verhältnis $< 0,8 \text{ mg}/\text{g}$ zeigt einen Mangel an.)
Plasma-Tocopherol Isomere	Normalerweise liegen $> 90\%$ des Gesamtvitamins E in Form von Alpha-Tocopherol vor. Alpha-Tocopherol-Spiegel von $< 12 \mu\text{mol}/\text{l}$ zeigen gewöhnlich einen Mangel an.

Nährstoff	Status
Vitamin K	
Plasma-Vitamin K	Normale Werte sind 0,2–1,0 ng/ml
Wirkungszeit für Prothrombin und/oder Gerinnungsfaktoren (X, IX, VII und Protein C)	Da Vitamin K eine zentrale Rolle bei der Blutgerinnung spielt, wird sein Status mit Hilfe der Gerinnungszeiten gemessen. Normalwerte für die Gerinnungsfaktoren sind 100 % oder 1,0 Einheiten/ml. Mangel an Vitamin K wirkt sich durch Verlängerung der Wirkungszeit von Prothrombin und Funktionsverminderung der Vitamin-K-abhängigen Gerinnungsfaktoren aus. Normale Wirkungszeit für Prothrombin beträgt 11–14 Sek.

Mineralstoffe und Spurenelemente

Nährstoff	Status
Chrom	
Chrom im Haar	Wenn die Messung sehr sorgfältig ausgeführt wird, kann dies ein guter Status-Indikator für Chrom sein. Normalwerte liegen bei 0,03–0,3 µg/g Haar.
Renale Chrom-Ausscheidung	Der Harnspiegel hat einen geringen Wert für die Bestimmung des Chrom-Status, da die Werte sehr klein sind und Chrom-Supplementierung oft nicht gemessen werden kann. Urinwerte können allerdings eine Chrom-Übersorgung anzeigen. Normalwerte betragen ca. 0,2 µg pro Tag.
Serum-Chrom-Spiegel	Relativ unzuverlässiger Indikator für Gewebespeicher; < 0,14 mg/l können einen Chrom-Mangel anzeigen.
Eisen	
Eisen-Messungen im Knochenmark	Eine Biopsie misst Körperspeicher exakt.
Serum-Eisen-Spiegel	Serumwerte sind wenig verlässliche Status-Indikatoren, da sie nur sinken, wenn die Eisen-Speicher völlig geleert sind. Normalwerte betragen 40–150 µg/dl.
Serum-Ferritin-Spiegel	Guter Indikator für Körperspeicher. Normalwerte bei Männern betragen 15–200 µg/dl, bei Frauen 12–150 µg/dl.
Transferrin-Eisensättigung	< 16 % der möglichen Bindungspositionen sind bei Eisenmangel gesättigt.
Fluor	
Fluor-Spiegel im Vollblut	Normalwerte sind 0,1–0,25 mg/l.
Plasma-Fluor-Spiegel	Normalwerte liegen bei 4–14 µg/l.
Renale Fluor-Ausscheidung	Normalwerte betragen 0,3–1,5 mg pro Tag.

Nährstoff	Status
Jod	
Gesamt-Thyroxin (T ₄) im Serum	Ein Mangel senkt den Serumspiegel: Normalwerte betragen 4–11 µg/dl.
Jod-Spiegel im Vollblut	Normalwerte betragen 100–160 µg/l.
Schilddrüsenstimulierende Hormone im Serum	Mangel lässt den Serumspiegel steigen: 2 µE/ml ist ein durchschnittlich normaler Wert, und ein Wert von > 10 µE/ml kann einen Mangel anzeigen.
24 Std. renale Jod-Ausscheidung	Verlässlicher Indikator für Überversorgung oder Mangel. Ausscheidungswerte von < 100 µg pro Tag zeigen einen leichten Mangel an; < 25 µg pro Tag lassen auf einen schweren Mangel schließen.
Kalium	
Kalium-Spiegel in den roten Blutkörperchen	Indikator für Kalium-Speicher im Gewebe: Normalwerte betragen rund 100 mmol/l RBC.
Renale Kalium-Ausscheidung	Normalwerte betragen 75–100 mmol pro Tag und sind von der Zufuhr über die Nahrung abhängig.
Serum-Kalium-Spiegel	Normalwerte liegen bei 3,5–5,2 mEq/l.
Kalzium	
Ionisiertes (ungebundenen) Kalzium im Serum	Niedrige Werte zeigen eine negative Kalzium-Bilanz an (Normalwerte sind 1,17–1,29 mmol/l). Die Werte können jedoch auch bei einer negativen Bilanz normal sein.
Kalzium im Haar	Normalwerte betragen 400–2.000 µg/g (ppm).
Kalzium im Serum	Ein schlechter Status-Indikator, da < 1% der Kalzium-Speicher im Serum zu finden sind und der Serum-Spiegel unter strenger physiologischer Kontrolle steht. Normalwerte betragen 8,5–10,5 mg/dl (2,2–2,6 mmol/l).
Renale Kalzium-Ausscheidung	Normale Werte sind ca. 200–300 mg pro Tag bei Männern, 150–250 mg pro Tag bei Frauen. Werte von < 150 mg pro Tag können einen Ernährungsmangel anzeigen.
Kupfer	
Kupfer im Haar	Obwohl die Werte gut mit dem Gewebespiegel korrelieren, gibt es viele Möglichkeiten einer Verschmutzung aus der Umwelt, so dass der Kupfer-Spiegel trotz schweren Kupfer-Mangels normal sein kann. Normalwerte liegen bei 11–22 µg/g Haar.
Plasma-Coeruloplasmin	> 90% des Kupfers im Blut sind an Coeruloplasmin gebunden (Normalwerte sind 180–400 mg/dl). Serum-Kupfer und Coeruloplasminwerte können zwar einen Kupfer-Mangel anzeigen, aber Coeruloplasmin ist ein Protein für Akutphasen,

Nährstoff	Status
	und deshalb können Coeruloplasmin und Serum-Kupfer unter verschiedensten Bedingungen erhöht sein und unabhängig von den Kupfer-Speichern im Körper variieren.
Serum-Kupfer-Spiegel	Normalwerte betragen 10–24,6 µg/dl.
Superoxiddismutase in den roten Blutkörperchen	Werte sind ein guter Indikator für den Kupfer-Status, wobei die Normalwerte bei $0,47 \pm 0,067$ mg/g liegen.
Magnesium	
Magnesium im Haar	Normalwerte betragen 25–100 µg/g (ppm).
Magnesium-Serum-Spiegel	Ein wenig verlässlicher Indikator für Körperspeicher; die Werte fallen erst, wenn der Mangel schon im fortgeschrittenen Stadium ist. Normalwerte liegen bei 0,65–0,88 mmol/l.
Magnesium-Spiegel in den weißen Blutkörperchen	Spiegel kann die Situation im Gewebe anzeigen. Normalwerte liegen bei $3,0 \pm 0,04$ fmol/Zelle.
Renale Magnesium-Ausscheidung	Eine verlässliche Methode zur Statusmessung. Ausscheidungsmenge von < 25 mg pro Tag zeigt einen Mangel an.
Serum-Spiegel von ionisiertem Magnesium	Verlässlicher als der Serum-Spiegel, da das ionisierte Magnesium im Blut nicht durch Zustände beeinflusst wird, die das Serumprotein verändern. Normalwerte betragen 0,5–0,66 mmol/l.
Mangan	
Mangan im Haar	Graues Haar hat niedrigere Konzentration. Normalwerte betragen 0,06–0,25 µg/g.
Serum-Mangan	Ein wertvoller Status-Indikator; Normalwerte liegen bei 0,02–0,04 mg/l.
Molybdän	
Molybdän im Haar	Normalwerte betragen 0,02–0,3 µg/g.
Molybdän im Vollblut	Normalwerte liegen bei 20–70 µg/l.
Natrium	
Renale Natrium-Ausscheidung	Normalwerte betragen 130–260 mEq pro Tag, abhängig von der Zufuhr durch die Nahrung.
Serum-Natrium-Spiegel	Normalwerte liegen bei 135–145 mEq/l.
Phosphor	
Phosphor im Serum	Ein schlechter Status-Indikator, da nur 1% des Phosphors im Körper im Serum enthalten ist und dieses unter strenger physiologischer Kontrolle steht. Normalwerte betragen 2,0–4,3 mg/dl.

Nährstoff	Status
Renale Phosphor-Ausscheidung	Werte spiegeln unter normalen Bedingungen die Aufnahme von Phosphor aus der Nahrung wider. Normale Werte betragen 0,8–2,0 g pro Tag.
Selen	
Glutathionperoxidase-Spiegel im Blut	Verlässlicher Status-Index. Aktivität < 30 E/g Hgb kann einen Mangel anzeigen.
Plasma-Selen-Spiegel	Index für kurzfristige Zufuhr aus der Nahrung. Normalwerte liegen bei 80–150 µg/l.
Selen-Spiegel im Haar	Index für Körperspeicher, kann aber durch selenhaltige Shampoos beeinflusst worden sein. Normalwerte betragen 0,6–1,2 µg/g.
Selen-Spiegel im Vollblut	Nur bei extremem Mangel oder Vergiftung. Normalwerte in Mitteleuropa betragen 80–130 µg/l; in Nordamerika 100 bis 250 µg/l.
Zink	
Plasma-Zink-Spiegel	Spiegel sinkt bei geringen bis schweren Mangelzuständen. Normalwerte liegen bei 0,6–2,4 mg/l. Bei Infektionen und/oder Stress kann Zink vom Plasma in die Leber transportiert werden und den Serum-Spiegel senken, ohne dass die Körperspeicher verändert werden.
Zink-Spiegel im Haar	Normalwerte betragen 170–245 µg/g Haar.
Zink-Toleranz-Test	Nach der Messung des basalen Zink-Spiegels wird eine orale Dosis von 50 mg Zink verabreicht. 120 Minuten später wird der Plasma-Zink-Spiegel erneut gemessen; ein 2–3facher Anstieg des Plasma-Zink-Spiegels zeigt einen Mangel an.

Toxische Metalle

Nährstoff	Status
Aluminium	
Aluminium im Haar	Haaranalyse ist ein verlässliches Mittel, Gewebespiegel zu messen. Werte > 8 µg/g können erhöhte Gewebekonzentration anzeigen.
Arsen	
Arsen im Haar	Haaranalyse ist ein verlässliches Mittel, Gewebespiegel zu messen. Werte von > 0,15 µg/g können erhöhte Konzentration im Gewebe anzeigen.
Renale Arsen-Ausscheidung	Ausscheidungswerte von > 100 µg pro Tag zeigen an, dass der Körper kürzlich toxischen Arsen-Mengen ausgesetzt war.

Nährstoff	Status
Blei	
Blei im Haar	Haaranalyse ist ein verlässliches Mittel, Gewebekonzentrationen zu messen. Werte von $> 3,0 \mu\text{g/g}$ können erhöhte Gewebespiegel anzeigen.
Blei im Vollblut	Obwohl der Blutspiegel ein relativ unzuverlässiger Index für chronische Belastung ist (der größte Teil wird im Knochengerüst eingelagert), zeigen Werte von $> 200 \mu\text{g/l}$ erhöhte Gewebespiegel und Vergiftungen an.
Kadmium	
Kadmium im Haar	Haaranalyse ist ein verlässliches Mittel, Gewebespiegel zu messen, und ist dem Blut-Spiegel-Index bei Langzeitbelastungen vorzuziehen. Werte von $> 0,2 \mu\text{g/g}$ Haar können anzeigen, dass die Konzentration im Gewebe erhöht ist.
Nickel	
Nickel im Haar	Normalwerte liegen bei $0,05\text{--}0,6 \mu\text{g/g}$.
Nickel im Plasma	Normalwerte liegen bei $200\text{--}260 \mu\text{g/l}$.
Nickel in roten Blutkörperchen	Normalwerte betragen $155\text{--}405 \mu\text{g/l}$.
Renale Nickel-Ausscheidung	Normalwerte sind ungefähr 44 nmol/Tag . Werte von $> 100 \mu\text{g/l}$ zeigen eine erhöhte Belastung des Körpers an.
Quecksilber	
Quecksilber im Blut	Der Blutspiegel misst kürzliche Belastung mit Methyl-Quecksilber, aber keine Belastung mit anorganischem Quecksilber.
Quecksilber im Haar	Haaranalyse ist ein verlässliches Mittel, Gewebespiegel zu messen. Werte von $> 1,0 \mu\text{g/g}$ können erhöhte Gewebekonzentration anzeigen. Die Haar-Analyse spiegelt keine Belastung mit anorganischem Quecksilber wider.
Renale Quecksilber-Ausscheidung	Renale Ausscheidungswerte sind ein guter Index für die Gesamtbelastung des Körpers. Werte von $> 1,5 \mu\text{g pro Tag}$ zeigen eine erhöhte Gewebekonzentration an. Der standardisierte DMPS-Test ermöglicht gute Rückschlüsse auf chronische Quecksilber-Belastungszustände.

Fette

Nährstoff	Status
Essenzielle Fettsäuren	
Verhältnis von Trien (n-9) zu Tetraenen (n-6)	Ein verlässlicher Indikator eines Mangels an essenziellen Fettsäuren ist ein Verhältnis von Trien zu Tetraen von $> 0,1$.

Antioxidanzien-Status

Nährstoff	Status
Haupt-Antioxidanzien und antioxidative Enzyme	
Desoxyguanosin im Urin (oxidative Schädigung von Nukleinsäuren, DNS)	
Glutathion	
Glutathionperoxidase-Spiegel im Vollblut	Aktivität von < 30 E/g Hgb kann einen Mangel anzeigen.
Lipidperoxidation	
Plasma-Ascorbinsäure	Werte von < 0,4 mg/dl zeigen einen Mangel an.
Plasma-Beta-Carotin	Normalwerte betragen 0,3–0,6 µmol/l.
Plasma-Coenzym Q10 (Ubichinon-10)	Normalwerte betragen 0,4–1,0 µmol/l.
Plasma-Selen	Normalwerte betragen 80–150 µg/l.
Plasma-Vitamin E	Werte von < 0,5 mg/dl zeigen einen Mangel an. Der Plasma-Vitamin E-Spiegel hängt jedoch vom Serum-Gesamtfett-Spiegel ab.
Superoxiddismutase in den roten Blutkörperchen	Normalwerte betragen $0,47 \pm 0,067$ mg/g.

Hinweis: Informationen zu den erwähnten Labortests erhalten Sie bei: ORTHO-Analytic AG, Fluhstrasse 30, CH-8640 Rapperswil, Tel. ++41 55 210 90 16, Fax ++41 55 210 90 12, services@orthoanalytic.ch, – www.orthoanalytic.ch.

Literatur

- Fidanza, F. (Ed.): Nutritional Status Assessment. Chapman & Hall, London 1991.
- Friedrich, W.: Vitamins. Walter de Gruyter, Berlin 1988.
- Shils, M., Olson, J.A., Shike, M. (Eds.): Modern Nutrition in Health and Disease. Lea & Febiger, Philadelphia/PA 1994.
- Sies, H., et al.: Antioxidant functions of vitamins. Ann. N.Y. Acad. Sci. 669 (1992) 7–20.
- Werbach, M.R.: Foundations of Nutritional Medicine. Third Line Press, Tarzana/CA 1997.
- World Health Organization: Trace Elements in Human Nutrition and Health. WHO, Genf 1996.