Mikronährstoffe für Training, Energie und Longevity

Was die Wissenschaft heute dazu weiß.

Dr. Martina Klug · Privatpraxis für Longevity & Mikronährstoffe, Grünwald

BodyUp Fitnessstudio · München-Sendling

1

AGENDA

Was dich heute erwartet

1. Mikronährstoff-Grundlagen
2. Mikronährstoffe und Training
3. Mikronährstoffe und Energie
4. Mikronährstoffe und Longevity
5. Wie viel und was benötigst du?

2



Was verbindest du mit dem Begriff Mikronährstoffe?

3

TEIL 1 · MIKRONÄHRSTOFF-GRUNDLAGEN

VITAMINE	MINERALSTOFFE	SPURENELEMENTE	BIOAKTIVE SUBSTANZEN	AMINOSÄUREN
Vitamin A Vitamin D Vitamin E Vitamin K Vitamin B1 (Thiamin) Vitamin B2 (Riboflavin) Vitamin B3 (Niacin / Nicotinamid) Vitamin B5 (Pantothensäure) Vitamin B6 Vitamin B7 (Biotin) Vitamin B9 (Folsäure / Folat) Vitamin B12 Vitamin C (Ascorbinsäure)	Kalzium Phosphor (Phosphat) Magnesium Natrium Kalium Chlorid Schwefel	Eisen (Fe) Zink (Zn) Kupfer (Cu) Selen (Se) Jod (I) Mangan (Mn) Molybdän (Mo) Chrom (Cr) Kobalt (Co) Fluorid (F) Bor (B) Silicium (Si)	Flavonoide (z. B. Quercetin, Hesperidin) Carotinoide (z. B. Beta-Carotin, Lutein, Zeaxanthin) Polyphenole (breite Klasse, inkl. Phenolsäuren) Catechine (z. B. EGCG aus grünem Tee) Anthocyane (rote/blaue Farbstoffe) Resveratrol Isoflavone (z. B. Genistein, Daidzein) Lignane Glucosinolate (in Kreuzblütlern) Saponine Tannine Phytosterole Proanthocyanidine / OPC Terpenoide / Monoterpene	ESSENZIELL Leucin Isoleucin Valin Lysin Methionin Phenylalanin Threonin Tryptophan Histidin BEDINGT ESSENZIELL Arginin Cystein Glutamin Glycin Prolin Tyrosin NICHT ESSENZIELL Alanin Asparagin Asparaginsäure (Aspartat) Glutaminsäure (Glutamat) Serin

4

Dr. Martina Klug

Sportwissenschaft

Promovierte Sportwissenschaftlerin – Training und Bewegung sind mein Fundament

Mikronährstoffmedizin

Ausbildung in Mikronährstofftherapie auf wissenschaftlicher Basis

Privatpraxis für Longevity & Mikronährstoffe

Privatpraxis für Longevity & Mikronährstoffe – Beratung vor Ort und online

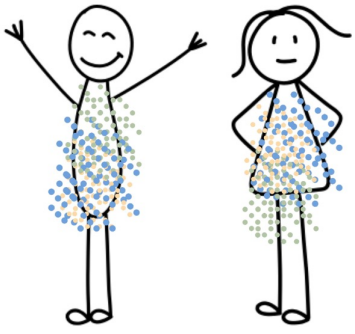


Mein Anspruch: ausschließlich wissenschaftlich fundiert.

5

TEIL 1 · MIKRONÄHRSTOFF-GRUNDLAGEN

Warum sind Mikronährstoffe so wichtig?



Ca. 30 Billionen Zellen

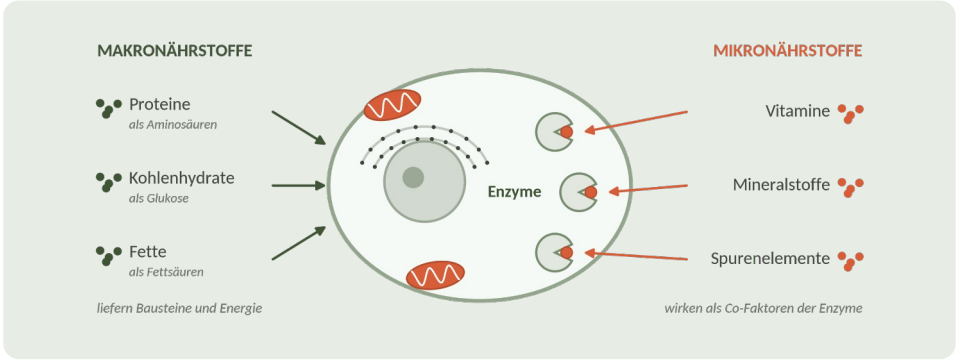
Hauptaufgabe:
Uns am Leben erhalten

Zellzahl nach Sender, Fuchs & Milo, PLOS Biology 2016 (rund 3×10^{13} Körperzellen).

6

TEIL 1 · MIKRONÄHRSTOFF-GRUNDLAGEN

Makronährstoffe & Mikronährstoffe

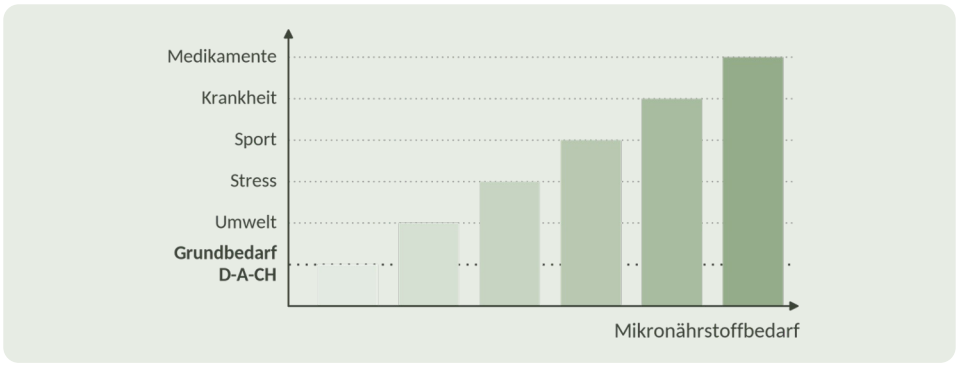


Stark vereinfachte, schematische Darstellung einer Zelle

7

TEIL 1 · MIKRONÄHRSTOFF-GRUNDLAGEN

Mikronährstoffbedarf ist individuell



Schematische Darstellung, keine Messwerte. Nach Gröber U., Kisters K.: Arzneimittel als Mikronährstoff-Räuber, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart 2017 (2. Aufl.); Gröber U.: Orthomolekulare Medizin – Ein Leitfaden für Apotheker und Ärzte, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart 2008 (3. Aufl.).

8

TEIL 2 · MIKRONÄHRSTOFFE & TRAINING

Was braucht der Körper fürs Training?

Von der Muskelarbeit bis zur Regeneration.

9

TEIL 2 · MIKRONÄHRSTOFFE & TRAINING

Fähigkeiten – und MNS, die daran beteiligt sind

Muskeln ansteuern und anspannen
Magnesium · Calcium · Kalium · Vitamin D

Sauerstoff zum Muskel bringen
Eisen · Vitamin B12 · Folat

Muskeln aufbauen und reparieren
Eiweiß · Zink · Magnesium

Training

Knochen und Knorpel belastbar halten
Vitamin C · Calcium · Vitamin D · Vitamin K

Zellen vor oxidativem Stress schützen
Vitamin C · Vitamin E · Zink · Selen

Immunsystem stabilisieren
Vitamin C · Vitamin D · Zink

Zuordnung nach den zugelassenen gesundheitsbezogenen Angaben der EU (VO (EU) Nr. 432/2012). Sie beschreibt Funktionen im Körper – keinen Zusatznutzen bei guter Versorgung.

Dr. Martina Klug · Mikronährstoffe für Training, Energie und Longevity

10

TEIL 2 · MIKRONÄHRSTOFFE & TRAINING

Antioxidantien

Training
erzeugt freie Radikale

Signal
Radikale geben den Impuls zur Anpassung

Anpassung
z. B. bessere Insulinwirkung, neue Mitochondrien

Hoch dosiertes Vitamin C (1.000 mg) plus Vitamin E rund ums Training dämpfte in Studien diese Anpassungen.

Ristow M et al., PNAS 2009; Paulsen G et al., J Physiol 2014.

Dr. Martina Klug · Mikronährstoffe für Training, Energie und Longevity

12

TEIL 2 · MIKRONÄHRSTOFFE & TRAINING

Wie viel Eiweiß brauchen wir?

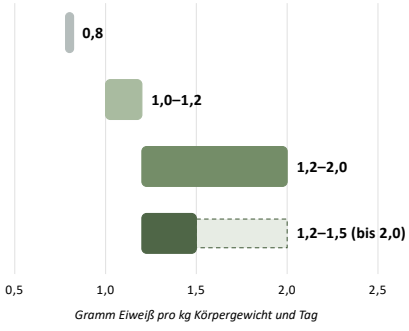
Je älter, je aktiver und je kränker – desto höher der Bedarf.

Erwachsene bis 64 Jahre
Referenzwert DGE

Ab 65 Jahren
DGE 1,0 · Expertengruppen 1,0–1,2

Regelmäßiges Training
Aktive Ältere mind. 1,2 · Sportler 1,4–2,0

Krankheit und Genesung
Ältere Menschen · schwer krank bis 2,0



Bei 75 kg Körpergewicht

0,8 g/kg	→ **60 g / Tag**
1,2 g/kg	→ **90 g / Tag**
1,6 g/kg	→ **120 g / Tag**
2,0 g/kg	→ **150 g / Tag**

Im Alltag: auf 3 Mahlzeiten mit je 25–40 g verteilen.
Bei Nierenerkrankung: Menge ärztlich abstimmen.

DGE-Referenzwerte; Bauer J et al. (PROT-AGE), J Am Med Dir Assoc 2013; Deutz NE et al. (ESPEN), Clin Nutr 2014; Jäger R et al. (ISSN), J Int Soc Sports Nutr 2017; Morton RW et al., Br J Sports Med 2018.

Dr. Martina Klug · Mikronährstoffe für Training, Energie und Longevity

14

TEIL 2 · MIKRONÄHRSTOFFE & TRAINING

Die Leucinschwelle

Leucin gibt das Startsignal für den Muskelaufbau.

ca. 2 g
Leucin pro Mahlzeit
jüngere Erwachsene

ca. 2,5–3 g
Leucin pro Mahlzeit
ältere Erwachsene

Leucin gibt das Signal – gebaut wird mit allen essenziellen Aminosäuren.

Das entspricht etwa 25 – 40 g hochwertigem Eiweiß pro Mahlzeit.

Wann braucht der Muskel Protein?

Nicht nur 30 Minuten: Das Zeitfenster reicht über 24 Stunden.



Jede eiweißreiche Mahlzeit, die die Schwelle erreicht, zählt – nicht nur der Shake direkt nach dem Training.

Katsanos CS et al., Am J Physiol Endocrinol Metab 2006; Moore DR et al., J Gerontol A 2015; MacDougall JD et al., Can J Appl Physiol 1995; Phillips SM et al., Am J Physiol 1997; Burd NA et al., J Nutr 2011; Schoenfeld BJ et al., JISSN 2013. Schematische Darstellung.

15

TEIL 2 · MIKRONÄHRSTOFFE & TRAINING

Kreatin: der Schnellstarter im Muskel

Was ist Kreatin?

- Körpereigen – zu ca. 95 % in der Muskulatur gespeichert
- Liefert in Sekunden Energie (ATP) für kurze, intensive Belastungen
- Ca. 1 g bildet der Körper täglich selbst, etwa gleich viel liefert eine Mischkost mit Fleisch und Fisch

Was es ab 55 leisten kann

EU-weit zugelassener Health Claim:
3 g Kreatin täglich können die Wirkung von Krafttraining auf die Muskelkraft bei Erwachsenen über 55 steigern (Training mind. 3-mal pro Woche, 65 – 75 % der Maximalkraft).

Dosierung: 3–5 g Kreatin-Monohydrat täglich. Ohne Training kein Effekt!

VO (EU) 2017/672; Devries MC, Phillips SM, Med Sci Sports Exerc 2014; Chilibeck PD et al., OAJSM 2017; Kreider RB et al., JISSN 2017.

16

TEIL 3 · MIKRONÄHRSTOFFE & ENERGIE

Was braucht der Körper, um Energie zu gewinnen?

Vom Teller bis ins Zellkraftwerk.

18

TEIL 3 · MIKRONÄHRSTOFFE & ENERGIE

Fähigkeiten – und MNS, die daran beteiligt sind

Brennstoff verwerten
Vitamin B1 · B2 · B3 · B5 · Biotin

Sauerstoff transportieren
Eisen · Vitamin B12 · Folat

Energie in den Zellkraftwerken bilden
Eisen · Kupfer

Energie

Energie nutzbar machen
Magnesium

Stoffwechseltempo steuern
Jod · Selen

Psyche stabilisieren
Vitamin B6 · B12 · Eisen · Jod · Zink

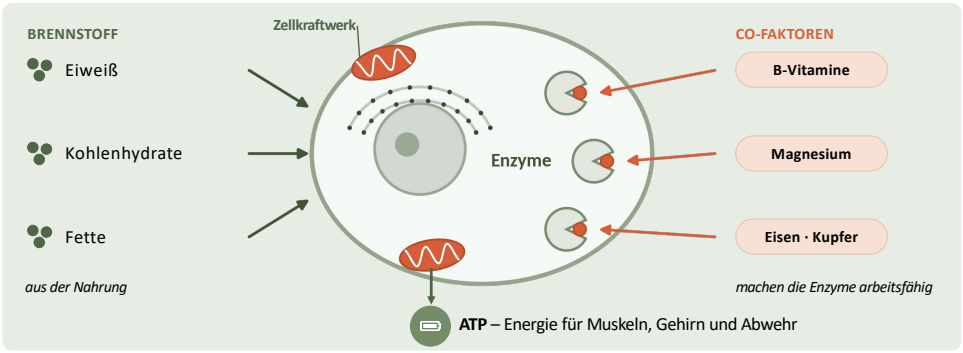
Zuordnung nach den zugelassenen gesundheitsbezogenen Angaben der EU (VO (EU) Nr. 432/2012). Sie beschreibt Funktionen im Körper – keinen Zusatznutzen bei guter Versorgung.

19

TEIL 3 · MIKRONÄHRSTOFFE & ENERGIE

So entsteht Energie in der Zelle

Mikronährstoffe liefern keine Energie – sie ermöglichen sie.



Stark vereinfachte, schematische Darstellung. Übersicht: Tardy AL et al., Nutrients 2020;12:228.

21

TEIL 3 · MIKRONÄHRSTOFFE & ENERGIE

Zellatmung: So entsteht Energie in der Zelle

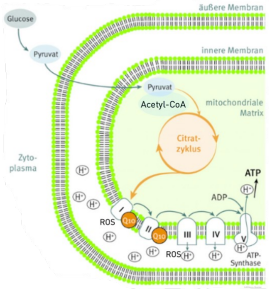


Mitochondrium

1. GLYKOLYSE

B1, B2, B3 (Niacin), Alpha-Liponsäure, Magnesium, L-Carnitin

2. OXIDATIVE CARBOXYLIERUNG



3. CITRATZYKLUS

B1, B2, B3, B5, B6, B7 (Biotin), Alpha-Liponsäure, Magnesium, Mangan, Schwefel, Calcium, Eisen

4. ATMUNGSKETTE

Coenzym Q10, B2, B3, Alpha-Liponsäure, Magnesium, Eisen, Phosphat

22

TEIL 3 · MIKRONÄHRSTOFFE & ENERGIE

Müde? Wann Nährstoffe dahinterstecken können

Nährstoffe machen nur dann müde, wenn sie fehlen – und das lässt sich messen.

Nährstoff	Wer besonders betroffen ist	Zusammenhang mit Müdigkeit
Eisen	Frauen vor den Wechseljahren, Ausdauersportler, pflanzliche Ernährung	**Gut belegt – auch ohne Blutarmut**
Vitamin B12	Ältere, Säureblocker, Metformin, vegane Ernährung	**Gut belegt bei Mangel**
Folat	Einseitige Ernährung, Alkohol, bestimmte Medikamente	**Gut belegt bei Mangel**
Jod und Selen	In Deutschland verbreitet knapp	**Gut belegt über die Schilddrüse**
Magnesium	Schwitzen, entwässernde Medikamente	**Uneinheitlich**

Energie beginnt bei Kalorien: Wer viel trainiert und zu wenig isst, wird müde – Mikronährstoffe können fehlende Kalorien nicht ersetzen.

Vaucher P et al., CMAJ 2012; Green R et al., Nat Rev Dis Primers 2017; Zimmermann MB, Boelaert K, Lancet Diabetes Endocrinol 2015; Tardy AL et al., Nutrients 2020; Mountjoy M et al. (IOC), Br J Sports Med 2023.

23

TEIL 4 · MIKRONÄHRSTOFFE & LONGEVITY

Was braucht der Körper, um gesund alt zu werden?

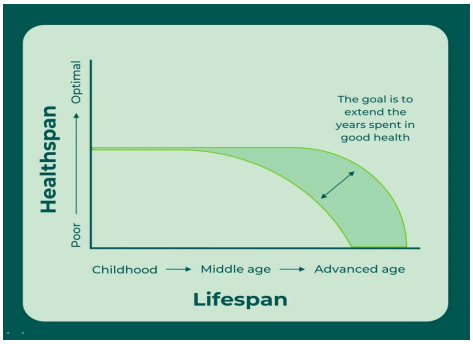
Muskeln, Knochen, Herz und Gehirn – auf lange Sicht.

25

TEIL 4 · MIKRONÄHRSTOFFE & LONGEVITY

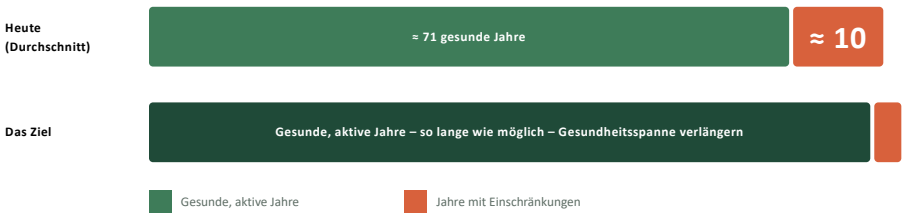
Longevity-Wissenschaft

> … beschäftigt sich mit der **Erforschung der biologischen Alterungsprozesse** – mit dem Ziel, unsere **Gesundheitsspanne zu verlängern** und **das biologische Altern zu verlangsamen.**



TEIL 4 · MIKRONÄHRSTOFFE & LONGEVITY

Das Ziel: Gesundheitsspanne verlängern, Altern verlangsamen



TEIL 4 · MIKRONÄHRSTOFFE & LONGEVITY

Longevity: der wissenschaftliche Blick auf das Altern

1 · Lifespan & Healthspan

2 · Hallmarks of Aging

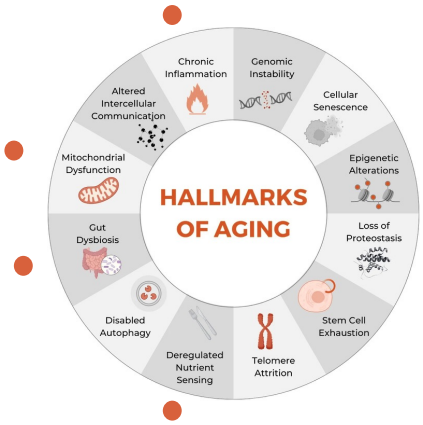
3 · Messen & intervenieren

Drei zentrale Aspekte von Longevity

30

TEIL 4 · MIKRONÄHRSTOFFE & LONGEVITY

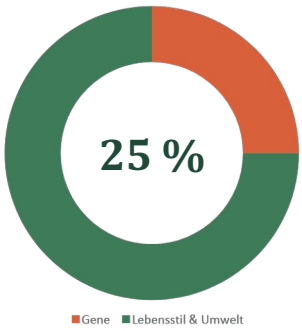
Kennzeichen des Alterns (Hallmarks of Aging)



31

TEIL 4 · MIKRONÄHRSTOFFE & LONGEVITY

Wie viel ist “Schicksal”?



- Harvard Longevity Report 2026:
  Anteil der Gene an der Lebensspanne beträgt nur 25 %
- Auswertungen großer Stammbaumdaten vermuten sogar einen noch geringeren Anteil

Der Löwenanteil – circa 75% - ist durch den Lebensstil beeinflussbar!

Quelle: Harvard Longevity Report 2026

33

TEIL 4 · MIKRONÄHRSTOFFE & LONGEVITY

Fähigkeiten – und MNS, die daran beteiligt sind

Muskelkraft erhalten
Eiweiß · Vitamin D · Kreatin

Knochen stabil halten
Calcium · Vitamin D · Vitamin K · Magnesium

Herz und Gefäße
Omega-3 · Folat · B6 · B12 · Kalium

Longevity

Gehirn und Nerven
Omega-3 (DHA) · Vitamin B12 · Zink

Abwehrkräfte im Alter
Vitamin D · Zink · Selen · Vitamin C

Zellen schützen und erneuern
Zink · Selen · Vitamin E · Folat

Zuordnung nach den zugelassenen gesundheitsbezogenen Angaben der EU (VO (EU) Nr. 432/2012; Kreatin: VO (EU) 2017/672). Sie beschreibt Funktionen im Körper – keinen Zusatznutzen bei guter Versorgung.

34

TEIL 4 · MIKRONÄHRSTOFFE & LONGEVITY

Welche Mikronährstoffe zählen aus Longevity-Sicht?

Omega-3

bis zu 4 Monate

langsameres biologisches Altern (3 Jahre)

DO-HEALTH · Nature Aging 2025

Vitamin D

Kombi-Effekt

stärker zusammen mit Omega-3 und Training

DO-HEALTH · Nature Aging 2025

Multivitamin

≈ 3 Jahre

weniger kognitives Altern (Gedächtnis)

COSMOS · Am J Clin Nutr 2024

Aber: erst messen, dann gezielt ergänzen.

Studien mit überwiegend gesunden Erwachsenen ab 60 bzw. 70 Jahren – nicht gezielt bei Nährstoffmangel.

Dr. Martina Klug · Mikronährstoffe für Training, Energie und Longevity

35

TEIL 5 · WIE VIEL UND WAS BENÖTIGST DU?

Messen statt raten!

1 · Status messen

Laborwerte statt Bauchgefühl: erst wissen, was wirklich fehlt

2 · Gezielt ausgleichen

Nur das ergänzen, was fehlt – in sinnvoller, sicherer Dosierung

3 · Verlauf kontrollieren

Wirkung überprüfen, anpassen und langfristig sichern

Individuell statt pauschal – das ist der wissenschaftliche Weg zu einem guten Mikronährstoffhaushalt.

Dr. Martina Klug · Mikronährstoffe für Training, Energie und Longevity

36

TEIL 5 · WIE VIEL UND WAS BENÖTIGST DU?

Großes Blutbild ≠ Spezielle Mikronährstoffdiagnostik

Großes Blutbild

= Zählung und Vermessung von Blutzellen

Eine wichtige Basisuntersuchung – über die Versorgung mit Mikronährstoffen sagt sie nichts aus.

≠

Spezielle Mikronährstoff- & Longevity-Diagnostik

Dazu können z.B. gehören:

Blutbild & Organfunktion: Blutbild, eGFR, Kreatinin, Harnstoff, Harnsäure, GOT, GPT, GGT, alkalische Phosphatase, Bilirubin gesamt

Herz & Stoffwechsel: Triglyzeride, Gesamtcholesterin, HDL, LDL, ApoB, HbA1c, Homocystein, hsCRP

Schilddrüse: TSH, fT3, fT4

Mikronährstoff- und Eiweißstatus: Vitamin D (25-OH), Vitamin B12, Folsäure, Vitamin B6, Ferritin, Transferrinsättigung, Magnesium, Calcium, Zink, Kupfer, Selen, Omega-3-Index, Coenzym Q10, Gesamt-Eiweiß

DIES IST NUR EIN BEISPIEL – JE NACH ZIEL UND BESCHWERDEN MÜSSEN DEUTLICH MEHR MNS ANALYSIERT WERDEN!

Ein großes Blutbild zählt Blutzellen – über den Mikronährstoffstatus sagt es nichts.

Beispielhafte Auswahl. Zusammenstellung und Beurteilung erfolgen individuell.

37

Was du heute mitnehmen darfst

1. Mikronährstoffe sind für uns essentiell.
2. Mangelzustände können selbst bei optimaler Ernährung entstehen (und bei regelmäßigem Training!).
3. Supplement-Einnahme ohne vorherige Bedarfsermittlung ist Unsinn.
4. Supplemente sind KEIN Ersatz für die Grundlagen: Bewegung, Ernährung und Schlaf.

38

Vielen Dank.

Ich freue mich auf eure Fragen.

Dr. Martina Klug · Privatpraxis für Longevity & Mikronährstoffe, Grünwald
martinaklug.org

39

Unterlagen unter:

https://martinaklug.org/mikronaehrstoffe-1026-anforderung/

Dr. Martina Klug · Privatpraxis für Longevity & Mikronährstoffe, Grünwald

40

ANHANG

Quellen (1/2)

Antonio J et al. Common questions and misconceptions about creatine supplementation. J Int Soc Sports Nutr 2021;18:13.

Aroda VR et al. Long-term metformin use and vitamin B12 deficiency in the Diabetes Prevention Program Outcomes Study. J Clin Endocrinol Metab 2016;101:1754–1761.

ATBC Cancer Prevention Study Group. The effect of vitamin E and beta carotene on the incidence of lung cancer in male smokers. N Engl J Med 1994;330:1029–1035.

Bauer J et al. Evidence-based recommendations for optimal dietary protein intake in older people (PROT-AGE). J Am Med Dir Assoc 2013;14:542–559.

Beaudart C et al. The effects of vitamin D on skeletal muscle strength, muscle mass, and muscle power. J Clin Endocrinol Metab 2014;99:4336–4345.

BfR. Aktualisierte Höchstmengenvorschläge für Vitamine und Mineralstoffe in Nahrungsergänzungsmitteln und angereicherten Lebensmitteln. 2021.

Bischoff-Ferrari HA et al. Effect of vitamin D, omega-3 and exercise on major health outcomes (DO-HEALTH). JAMA 2020;324:1855–1868.

Bischoff-Ferrari HA et al. Individual and additive effects of vitamin D, omega-3 and exercise on DNA methylation clocks. Nat Aging 2025. doi:10.1038/s43587-024-00793-y.

Chilibeck PD et al. Effect of creatine supplementation during resistance training on lean tissue mass and muscular strength in older adults. Open Access J Sports Med 2017;8:213–226.

de Baaij JH et al. Magnesium in man: implications for health and disease. Physiol Rev 2015;95:1–46.

Deutz NE et al. Protein intake and exercise for optimal muscle function with aging: ESPEN Expert Group. Clin Nutr 2014;33:929–936.

Devries MC, Phillips SM. Creatine supplementation during resistance training in older adults – a meta-analysis. Med Sci Sports Exerc 2014;46:1194–1203.

Devries MC et al. Changes in kidney function do not differ between healthy adults consuming higher- compared with lower- or normal-protein diets. J Nutr 2018;148:1760–1775.

DGE. Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr (Protein, Jod, Vitamin D). Bonn.

EFSA. Scientific opinions on Tolerable Upper Intake Levels: Vitamin D (2012), Vitamin B6 (2023), Selenium (2023).

Garrison SR et al. Magnesium for skeletal muscle cramps. Cochrane Database Syst Rev 2020;9:CD009402.

Gröber U, Kisters K. Arzneimittel als Mikronährstoff-Räuber. 2. Aufl. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft 2017.

Gröber U. Orthomolekulare Medizin – Ein Leitfaden für Apotheker und Ärzte. 3. Aufl. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft 2008.

Hahn J et al. Vitamin D and marine omega 3 fatty acid supplementation and incident autoimmune disease: VITAL. BMJ 2022;376:e066452.

Kreider RB et al. ISSN position stand: safety and efficacy of creatine supplementation. J Int Soc Sports Nutr 2017;14:18.

Lam JR et al. Proton pump inhibitor and histamine 2 receptor antagonist use and vitamin B12 deficiency. JAMA 2013;310:2435–2442.

ANHANG

Quellen (2/2)

Manson JE et al. Vitamin D supplements and prevention of cancer and cardiovascular disease (VITAL). N Engl J Med 2019;380:33–44.

Moore DR et al. Protein ingestion to stimulate myofibrillar protein synthesis requires greater relative protein intakes in healthy older versus younger men. J Gerontol A 2015;70:57–62.

Morton RW et al. A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains. Br J Sports Med 2018;52:376–384.

Myung SK, Park Y. Effects of collagen supplements on skin aging: a systematic review and meta-analysis of RCTs. Am J Med 2025;138:1264–1277.

Omenn GS et al. Effects of a combination of beta carotene and vitamin A on lung cancer and cardiovascular disease (CARET). N Engl J Med 1996;334:1150–1155.

Pasricha SR et al. Iron deficiency. Lancet 2021;397:233–248.

Paulsen G et al. Vitamin C and E supplementation hampers cellular adaptation to endurance training in humans. J Physiol 2014;592:1887–1901.

Rabenberg M et al. Vitamin D status among adults in Germany – results from DEGS1. BMC Public Health 2015;15:641.

Ristow M et al. Antioxidants prevent health-promoting effects of physical exercise in humans. PNAS 2009;106:8665–8670.

Robert Koch-Institut. Jodmonitoring (DEGS1, KiGGS Welle 2). Journal of Health Monitoring.

Sanders KM et al. Annual high-dose oral vitamin D and falls and fractures in older women. JAMA 2010;303:1815–1822.

Schwarz C et al. Effects of spermidine supplementation on cognition and biomarkers in older adults with subjective cognitive decline (SmartAge). JAMA Netw Open 2022;5:e2213875.

Sender R, Fuchs S, Milo R. Revised estimates for the number of human and bacteria cells in the body. PLoS Biol 2016;14:e1002533.

Sesso HD et al. Multivitamins in the prevention of cancer and cardiovascular disease: COSMOS. Am J Clin Nutr 2022;115:1501–1510.

Smith GI et al. Fish oil-derived n-3 PUFA therapy increases muscle mass and function in healthy older adults. Am J Clin Nutr 2015;102:115–122.

Stranges S et al. Effects of long-term selenium supplementation on the incidence of type 2 diabetes. Ann Intern Med 2007;147:217–223.

Vaucher P et al. Effect of iron supplementation on fatigue in nonanemic menstruating women with low ferritin. CMAJ 2012;184:1247–1254.

Volpi E et al. Muscle tissue changes with aging. Curr Opin Clin Nutr Metab Care 2004;7:405–410.

Vyas CM et al. Effect of multivitamin-mineral supplementation versus placebo on cognitive function: results from the COSMOS clinic subcohort and meta-analysis. Am J Clin Nutr 2024;119:692–701.

Yoshino M et al. Nicotinamide mononucleotide increases muscle insulin sensitivity in prediabetic women. Science 2021;372:1224–1229.

Zhu H et al. Vitamin D3 and marine omega-3 fatty acids supplementation and leukocyte telomere length: VITAL. Am J Clin Nutr 2025;122:39–47.