

# Energiestoffwechsel und Nitrosativer Stress

Mikronährstoffkomplex zur Verbesserung der Mitochondrienfunktion bei NO-Stress



## Beschreibung

### Mitochondrien – Kraftwerke der Zelle

Der mitochondriale Energiestoffwechsel stellt die Grundlage für alle Stoffwechselprozesse im Körper dar. Er beeinflusst die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Herz-Kreislaufsystems, Nervensystems, Immunsystems, Verdauungssystems und auch den Knochenstoffwechsel.

Mitochondrien selbst sind winzige Zellorganellen, die in jeder Körperzelle vorhanden sind. In ihnen findet die aerobe ATP-Synthese statt. ATP (Adenosintriphosphat) ist der universelle Energieträger im zellulären Energiestoffwechsel. Je aktiver die Zelle, desto mehr Mitochondrien besitzt diese. Generell kann man sagen, dass eine Zelle zwischen 500 und 2000 Mitochondrien besitzt. Die größte Dichte an Mitochondrien weisen Zellensysteme mit dem größten Energieumsatz (Gehirn, Muskeln, Nerven, Herz) auf.

### Nährstoffempfehlung – Mineralstoffkomplex

Nährstoffe	Tagesdosis	%NRV*
Eisen	3,00 mg	21%
Magnesium	200,00 mg	53%
Mangan	5,00 mg	250%
Molybdän	50,00 µg	100%
Selen	150,00 µg	273%
Zink	6,00 mg	60%

\*Prozentsatz der Nährstoffbezugswerte gem. VO (EU) Nr. 1169/2011

### Nährstoffempfehlung – Antioxidantienkomplex

Nährstoffe	Tagesdosis	%NRV*
Alpha-Liponsäure	400,00 mg	**
Vitamin B6	4,20 mg	300%
Vitamin B12	7,50 µg	300%
L-Glutamin	250,00 mg	**
L-Prolin	60,00 mg	**
L-Acetyl Cystein	80,00 mg	**
L-Methionin	60,00 mg	**
Cholin	60,00 mg	**
Coenzym Q10	60,00 mg	**
Curcuminoide	200,00 mg	**
Schwarzer Pfeffer	5,00 mg	**
Cranberry	60,00 mg	**
Grüntee-Extrakt	100,00 mg	**

\*Prozentsatz der Nährstoffbezugswerte gem. VO (EU) Nr. 1169/2011 \*\* Keine Nährstoffbezugswerte vorhanden

### Nährstoffempfehlung – Vitaminkomplex

Nährstoffe	Tagesdosis	%NRV*
Vitamin B1	32,40 mg	2.945%
Vitamin B2	30,00 mg	2.140%
Niacin	96,00 mg	600%
Pantothensäure	88,00 mg	1.470%
Vitamin B6	30,40 mg	2.140%
Folsäure	600,00 µg	300%
Vitamin B12	42,00 µg	1.680%
Biotin	54,00 µg	108%
Vitamin C	300,00 mg	375%
Vitamin D	21,00 µg	420%
Vitamin E	153,00 mg	1.275%
Vitamin K	450,00 µg	600%
Beta-Carotin	0,70 mg	**

\*Prozentsatz der Nährstoffbezugswerte gem. VO (EU) Nr. 1169/2011 \*\* Keine Nährstoffbezugswerte vorhanden

## Mitochondriopathien

Mitochondriopathien sind Erkrankungen, die durch Schäden oder Fehlfunktionen der Mitochondrien verursacht werden (1,2). Aufgrund der gestörten Mitochondrienfunktion fehlt den betroffenen Zellen und Organen die notwendige Energie für die ordnungsgemäße Zell- bzw. Organfunktion. Dabei werden zwei Formen von Mitochondriopathien unterschieden:

- Angeborene Mitochondriopathien beruhen auf genetischen Mutationen, die Enzyme bzw. Stoffwechselprozesse des Mitochondriums betreffen.
- Erworbene Mitochondriopathien werden durch Umweltfaktoren, **nitrosativem** Stress sowie durch entzündliche Prozesse innerhalb des Körpers ausgelöst. Es kommt zu einer Störung und die Mitochondrienfunktion und die Energieversorgung der Organe und Zellen verschlechtert sich.

## Symptome von Mitochondriopathien

- Erschöpfung und Leistungsabfall
- Konzentrations- und Gedächtnisstörungen
- Depressive Verstimmungen und Kopfschmerzen
- Immunschwäche, Infektanfälligkeit und chronischen Entzündungen
- Kreislaufstörungen, Herzinsuffizienz und Atherosklerose
- Chronische Erkrankungen des Verdauungstraktes

## Nitrosativer Stress

Nitrosativer Stress zählt zum wichtigsten Auslöser erworbener Mitochondriopathien (3). Er beruht auf einer Überproduktion von Stickstoffmonoxid (NO) in den Zellen. NO reagiert bei zusätzlichem oxidativen Stress mit Superoxidanionen zu Peroxynitrit, welches die Mitochondrien schädigt (4).

Ursachen für nitrosativen Stress sind dauerhaft erhöhter oxidativer Stress, chronischer Neurostress, Schlafmangel, Traumata, Infektionserkrankungen, Xenobiotika (wie Lösungsmittel, Halogenwasserstoffe, Nitrate, Pestizide, Schwermetalle und sonstige Toxine) und bestimmte Arzneimittel (wie Antibiotika, Antihypertonika, Antiarrhythmika, Beta-Blocker, Protonenpumpenhemmer, Cholesterinsynthesehemmer, Fibrate, Antidiabetika und Analgetika).

Zudem wird bei verschiedenen Erkrankungen (wie Morbus Alzheimer, Morbus Parkinson, ALS, Diabetes mellitus, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Krebs) ein Zusammenhang mit NO-Stress und Mitochondriopathien diskutiert.

## Nährstoffempfehlungen

Eine gesunde Mitochondrienfunktion ist Voraussetzung für eine gesunde Zellfunktion und einen gesunden Organismus (5). Dabei kann die Mitochondrienfunktion gezielt durch spezielle Mikronährstoffe geschützt, verbessert und gestärkt werden. Sie unterstützen die Energieproduktion und helfen dabei Gifte, welche die Mitochondrien schädigen, zu beseitigen. Zudem helfen Mikronährstoffe dabei Entzündungen zu lindern und schützen die Mitochondrien vor freien Radikalen und weiteren Stressoren. Eine ausreichende Versorgung mit Mikronährstoffen ist daher für die Energieproduktion der Mitochondrien und zur Verbesserung der Mitochondrienfunktion unabdingbar.

### 1. Mineralstoffkomplex

- **Eisen** spielt eine zentrale Rolle bei der Sauerstoffversorgung im Rahmen des aeroben mitochondrialen Energiestoffwechsels (Atmungskette). Eisen trägt zur Bildung von Hämoglobin bei und wird daher für die Sauerstoffversorgung des Körpers benötigt. Zudem ist Eisen an der Entgiftung zellschädigender Sauerstoffradikale beteiligt.
- **Magnesium** ist an allen ATP-abhängigen Reaktionen im Körper beteiligt und von zentraler Bedeutung für den mitochondrialen Energiestoffwechsel (6). Es trägt zu einem normalen Energiestoffwechsel sowie zur normalen Funktion des Nervensystems und der Muskeln bei. Ein Mangel an Magnesium führt zu Symptomen wie Muskelkrämpfen, Nervosität, innerer Unruhe und depressiven Stimmungen. Magnesium trägt auch zu einer Verringerung der Müdigkeit bei (7).
- **Mangan** spielt als Bestandteil der mitochondrialen Superoxiddismutasen eine zentrale Bedeutung für den antioxidativen Schutz der Mitochondrien. Bei einer mitochondrialen Dysfunktion kommt es zu einem vermehrten Anfall freier Radikale. Die manganabhängige Pyruvatcarboxylase ist ein Stoffwechsellenzym, das Oxalacetat herstellen und dadurch den mitochondrialen Citratzyklus aktivieren kann.

- **Molybdän** reguliert die Verstoffwechslung schwefelhaltigen Aminosäuren im Rahmen des mitochondrialen Energiestoffwechsels.
- **Selen** trägt dazu bei, die Zellen und Mitochondrien vor oxidativem Stress, schädlichen Belastungen und Toxinen zu schützen. Es aktiviert das mitunter wichtigste Entgiftungsenzym Glutathionperoxidase.
- **Zink** trägt ebenfalls dazu bei, die Zellen und Mitochondrien vor oxidativem Stress zu schützen. Es ist Co-Faktor von über 200 Enzymen und gehört zu den wichtigsten Elementen für den reibungslosen mitochondrialen Zellstoffwechsel.

## 2. Vitaminkomplex

- **B-Vitamine** sind essentiell für den mitochondrialen Energiestoffwechsel. Vitamin B1 (Thiamin) ist Co-Faktor von Enzymen, die komplexe Kohlenhydrate in Glucose spalten. Zudem ist Thiamin an der Reizleitung und Übertragung von Nervenimpulsen im zentralen und peripheren Nervensystem sowie am Neurotransmitterstoffwechsel beteiligt und vermindert dadurch die bei Mitochondriopathien typische Müdigkeit und Erschöpfungssymptome.

Vitamin B2 (Riboflavin) trägt zum Wasserstofftransport in der mitochondrialen Atmungskette bei. Es hat ebenso eine zentrale Stellung beim Schutz der zellulären Proteine vor der oxidativen Schädigung durch Peroxidation.

Niacin ist Bestandteil von NAD<sup>+</sup>/NADH und NADP<sup>+</sup>/NADPH und somit wesentlich an der Wasserstoffübertragung in der mitochondrialen Atmungskette beteiligt. Des Weiteren ist Niacin an der DNA-Replikation und DNA-Reparatur sowie an der Myelinsynthese im zentralen und peripheren Nervensystem beteiligt.

Pantothensäure nimmt als Coenzym A Bestandteil eine zentrale Rolle im gesamten Energiestoffwechsel des Organismus ein. Coenzym A wird für alle Auf- und Abbaureaktionen im Stoffwechsel der Kohlenhydrate, Fette und Aminosäuren benötigt. Beim Fettsäuretransport arbeitet Pantothensäure immer mit Coenzym Q10 und L-Carnitin zusammen (8).

Vitamin B6 ist als Coenzym von mehr als 100 enzymatischen Reaktionen für den gesamten Stoffwechsel von zentraler Bedeutung. Es ist an der Eiweißverdauung, der Entgiftung und der Bildung der Neurotransmitter Serotonin, Noradrenalin und Dopamin beteiligt. Ein Mangel an Vitamin B6 führt zu einer

Störung der Umwandlung von Tryptophan in das Glückshormon Serotonin.

Folsäure ist wichtig für den Proteinstoffwechsel, da folsäurehaltige Coenzyme bei der Umwandlung von Aminosäuren beteiligt sind. Beispiele hierbei sind besonders die Umwandlung von Homocystein und die Synthese von Struktur- und Funktionsproteinen.

Vitamin B12 fördert die Umwandlung von Homocystein zu Methionin, sowie die Umwandlung von Folsäure in seine aktive Form. Bei einem Mangel an Vitamin B12 werden die Folsäurespeicher im Gewebe in inaktiver Form gehalten. Vitamin B12 ist somit das wichtigste Vitamin zum Abbau von erhöhtem NO-Stress und bei erworbenen Mitochondriopathien.

Biotin ist an einer Vielzahl von Stoffwechselprozessen im Intermediärstoffwechsel (wie der Gluconeogenese, der Synthese langkettiger, ungesättigter Fettsäuren und dem Aminosäurestoffwechsel) beteiligt.

- **Vitamin E** schützt als wichtiges fettlösliches Antioxidans die empfindlichen lipophilen Mitochondrien- und Zellmembrane.
- **Vitamin C** schützt die Zellen als wichtigstes wasserlösliches Antioxidans vor oxidativem Stress. Zudem ist es in der Lage Vitamin E zu regenerieren. Es ist essentiell für den Energiestoffwechsel und trägt zur Verringerung von Müdigkeit und Ermüdung bei.
- **Vitamin D** regt den Stoffwechsel an und verbessert die Mitochondrienfunktion und allgemeine Leistungsfähigkeit. Zudem reduziert Vitamin D Entzündungsaktivitäten bei NO-Stress durch die Hemmung der Th1/Th2 Lymphozyten-Aktivität.
- **Vitamin K** spielt eine wichtige Rolle bei der Energiegewinnung. Bei einem Vitamin-K-Mangel wird der Elektronen-Transport der mitochondrialen Atmungskette deutlich eingeschränkt. Als Folge sinkt die ATP-Produktion signifikant ab (9).
- **Beta-Carotin** (Provitamin A) ist ein sekundärer Pflanzenstoff aus der Gruppe der Carotinoide. Die Umwandlung zu Vitamin A erfolgt über die Darmschleimhaut. Nicht benötigtes Beta-Carotin wird im Körper in den Fettdepots gespeichert, wo es die schädliche Lipidoxidation verhindert. Beta-Carotin erhöht die Aktivität der B- und T-Lymphozyten, die Zahl der natürlichen Killerzellen und steigert die zelluläre Immunantwort.

### 3. Antioxidantienkomplex

- **Alpha-Liponsäure** ist eine schwefelhaltige Fettsäure mit stark antioxidativen Eigenschaften. In ihrer natürlichen Form kommt Alpha-Liponsäure als Coenzym in den Mitochondrien fast aller Eukaryoten vor und spielt eine wichtige Rolle im Energiestoffwechsel und zum Schutz der Mitochondrien. Im Gegensatz zu den anderen Antioxidantien schützt Alpha-Liponsäure sowohl wässrige als auch fettige Gewebe des Körpers vor freien Radikalen. Allerdings nimmt mit zunehmendem Alter die körpereigene Synthese von Alpha-Liponsäure kontinuierlich ab. Daher wird eine regelmäßige Einnahme empfohlen, um die mit dem Lebensalter einhergehende natürliche Zellalterung durch freie Radikale zu reduzieren (10).

- **Coenzym Q10** ist ein vitaminähnliches Coenzym welches einen maßgeblichen Einfluss auf die mitochondrialen Energiestoffwechsel ausübt. Es überführt bei dem Transport der Elektronen in den Mitochondrien die Elektronen aus den ersten zwei Komplexen in den dritten Komplex. Das Fehlen von Coenzym Q10 hat einen ineffizienten Elektronentransport zur Folge. Die Mitochondrienmembranen sind dadurch in ihrer Fähigkeit eingeschränkt. Außerdem wird die Produktion von Sauerstoffradikalen gesteigert und gleichzeitig die Produktion eines wichtigen Energie-Trägers ATP verringert. Eine ausreichende Versorgung mit Coenzym Q10 ist daher für die Funktions- und Leistungsfähigkeit des gesamten Organismus entscheidend.

Außerdem schützt Coenzym Q 10 als Antioxidans die Zellmembrane, LDL-Cholesterol, Lipide, DNA und Proteine vor oxidativen Schäden. Es regeneriert verbrauchtes Vitamin C und Vitamin E und weist zudem noch einen neuroprotektiven Effekt bei Umwelt- und Strahlenbelastungen auf (11). Dabei wird eine tägliche Einnahme von mindestens 2 x 30 mg Coenzym Q10 empfohlen (12).

- **Curcumin** ist der wichtigste Wirkstoff von Curcuma (Gelbwurzel). Curcumin wirkt stark antioxidativ, entzündungshemmend, antimikrobiell und antimutagen. Die Bioverfügbarkeit und Wirksamkeit von Curcumin kann durch Piperin aus schwarzem Pfeffer (*Piper nigrum*) auf natürliche Weise verbessert werden. Piperin wirkt hierbei als sogenannter Bio-Enhancer (13). Studien zeigten, dass auch die Aufnahmefähigkeit von Coenzym Q10 um bis zu 30 % im Vergleich zu einer Formulierung ohne Piperin gesteigert werden kann (14).

- **L-Glutamin** ist eine nicht essentielle Aminosäure, die zur Bildung von Proteinen benötigt wird und auch als zentraler Metabolit im Stoffwechsel fungiert. Es ist mitunter wichtig für die Glutathionbiosynthese. Glutathion (GSH) ist ein Tripeptid das vom Körper aus den Aminosäuren Cystein, Glutamin und Glycin gebildet wird. Glutathion ist eines der wichtigsten und stärksten natürlichen Antioxidantien. Es reduziert effektiv den oxidativen Stress und ist in der Lage andere Antioxidantien (wie Vitamin C, Vitamin E, Alpha-Liponsäure und Coenzym Q10) wieder zu reaktivieren. Zudem sind alle Zellsysteme mit einer hohen Zellteilungsrate, wie auch die Mitochondrien und die Zellen des Immunsystems (Makrophagen, Lymphozyten) auf eine ausreichende Versorgung mit L-Glutamin angewiesen.

- **L-Prolin** ist eine nicht-essentielle, proteinogene Aminosäure, die im Stoffwechsel eine besondere Funktion einnimmt. Im Prolin-Zyklus ist das zentrale Enzym die Prolin-Oxidase. Diese ist fest an die innere Membran der Mitochondrien gebunden. Die katalytische Aktivität des Enzyms besteht darin, Elektronen von Prolin in die Mitochondrien einzuschleusen. Auf diese Art und Weise kann Prolin als direktes Substrat für die ATP-Bildung herangezogen werden. Die Prolin-Oxidase wird durch genotoxische inflammatorische Stressfaktoren sowie durch Versorgungsstress der Zellen aktiviert. So kann der Abbau von Prolin den energetischen Status der Zelle verbessern. Der Prolinzyklus kann also einen Beitrag zur Energieversorgung der Zelle liefern.

- **L-Methionin** ist wesentlich für die Bereitstellung von Methylgruppen. Es stellt eine wichtige Quelle für H<sup>+</sup>-Ionen dar und ist damit wichtig für die Regulierung des Säure-Basen-Haushaltes. Über die Umwandlung zu Cystein steigert es die Biosynthese von L-Glutathion. Zudem ist Methionin für die Resorption von Selen essentiell. Methionin ist des Weiteren an zahlreichen Stoffwechselfvorgängen, wie die Entgiftung in der Leber, beteiligt.

- **N-Acetyl-L-Cystein (NAC)** ist ebenfalls maßgeblich an der endogenen Glutathion-Biosynthese beteiligt. Es wirkt dabei sowohl direkt antioxidativ als auch indirekt als Vorstufe des körpereigenen Antioxidans Glutathion. Zudem erhöht N-Acetyl-L-Cystein die Energieproduktion in den Mitochondrien. Es trägt zu einer verbesserten Durchblutung bei und steigert die Sauerstoffversorgung. Des Weiteren weist NAC auch antientzündliche Eigenschaften auf, insbesondere bei erhöhtem oxidativen Stress.

- **Cholin** ist eine der wichtigsten so genannten lipotropen Substanzen. Es sorgt für die Verarbeitung, das Verflüssigen und den Transport von Fettmolekülen. Zusammen mit Inositol sorgt Cholin dafür, dass Cholesterin in den Körperzellen verwertet werden kann. Da Cholesterin auch ein Bestandteil der schützenden Zellmembran ist, sind die Zellen darauf angewiesen. Außerdem ist Cholin wichtig für die Produktion des Neurotransmitters Acetylcholin. Acetylcholin sorgt für eine Verbesserung der Effizienz der Kommunikation zwischen Neuronen im Gehirn. So steigert Cholin nicht nur die kognitive, sondern auch die körperliche Leistungsfähigkeit, beseitigt Müdigkeit und fördert den Energiestoffwechsel. Ohne Cholin und Inositol könnten Nährstoffe nicht mehr ins Innere der Zelle transportiert werden, und die Zelle beginnt abzusterben.

- **Grüner Tee** enthält gesundheitsfördernde Polyphenole (Catechine) und zählt zu den Lebensmitteln mit dem höchsten Antioxidantiengehalt. Zentraler Wirkstoff ist das Flavonoid Epigallocatechin3-Gallat (EGCG). Antioxidantien neutralisieren freie Radikale und reduzieren damit DNA-Schäden und schützen die Mitochondrien. Es konnte auch gezeigt werden, dass die Grüntee-Polyphenole eine stimmungsaufhellende Wirkung bei chronischem Stress ausüben können (15).

- **Cranberry** enthält eine Vielzahl von Vitaminen und Mineralstoffen. Zu den bioaktiv wirkenden Substanzen zählen die Catechine, Flavonoide, Procyanidine, Anthocyane und Phenole sowie Chinsäure und Zitronensäure. Die aus der Familie der sekundären Pflanzenstoffe stammenden bioaktiven Substanzen sind wertvolle Radikalfänger und wirken stark antioxidativ und entzündungshemmend.

## Praxishinweis

- **Mineralstoffe:** Zur Behandlung von NO-Stress und Mitochondriopathien sollten die empfohlenen Mineralstoffe und Spurenelemente in einer leicht bioverfügbaren organischen Form verwendet werden. In der Praxis haben sich Magnesiumcitrat, Selenomethionin sowie Eisen, Mangan und Zink in der Form von organischen Gluconaten bewährt.
- **Vitamine:** Bei Vitamin B12 besitzt hochwertiges Methylcobalamin die höchste Bioverfügbarkeit. Vitamin D3 (Cholecalciferol) entspricht der natürlichen Form von Vitamin D, die der Körper endogen bei ausreichender Sonnenexposition bildet.

Vitamin D3 gilt als wichtigste metabolisch aktive Form von Vitamin D im Bereich der Orthomolekularen Medizin. Dunaliella salina ist eine Meeresalge, die große Mengen natürlicher Carotinoide wie Beta-Carotin bildet. Natürliches Beta-Carotin weist eine höhere biologische Aktivität auf und bietet einen deutlich verbesserten antioxidativen Schutz.

## Anwendungsempfehlung

- Die empfohlene Tagesdosis (Mineralstoff-, Vitamin- und Antioxidantienkomplex) über den Tag verteilt zu den Mahlzeiten mit reichlich Wasser einnehmen, soweit im Einzelfall nicht anders indiziert.
- Die Dauer der Einnahme richtet sich nach der Schwere der Symptomatik, sie sollte aber zumindest mehrere Wochen betragen.

## Anwendungsbereich

1. Nitrosativer Stress (NO-Stress)
2. Oxidativer Stress
3. Energiestoffwechsel
4. Verbesserung der Mitochondrienfunktion
5. Erworbene sowie nitrosativ induzierte Mitochondriopathien

## Sinnvolle Anwendungskombinationen

- Im Einzelfall kann bei stark ausgeprägten Mitochondriopathien die zusätzliche Einnahme von Coenzym 1 NADH sinnvoll sein. NADH (Nicotinamid-Adenin-Dinucleotid-Hydrid) ist ein wichtiger Co-Faktor in der mitochondrialen Atmungskette bei der ATP-Synthese. Ohne NADH ist es den Mitochondrien nicht möglich, ATP zu erzeugen. Wir empfehlen die Einnahme von zumindest 5 mg NADH in stabilisierter Form, siehe Nährstofftipps 10020551 und 10020545 (NADH), sowie 10020050 (Coenzym Q10).
- Mikronährstoffe zur Optimierung des Energiestoffwechsels siehe auch Nährstofftipps 10019279, 10019280 und 10020443.
- Zur Stärkung der Nebenniere bei chronischem Stress und Müdigkeit siehe auch Nährstofftipp 10019195.

## Wechselwirkungen

In der empfohlenen Tagesdosis sind keine Wechselwirkungen bekannt.

## Literatur

- 1) Finsterer J (2004). Mitochondriopathies. *Eur J Neurol.* 11(3):163-86.
- 2) Swerdlow RH (2009). Mitochondrial Medicine and the Neurodegenerative Mitochondriopathies. *Pharmaceuticals (Basel).* 2(3):150-167.
- 3) Morris G, et al (2014). Mitochondrial dysfunctions in myalgic encephalomyelitis/chronic fatigue syndrome explained by activated immunoinflammatory, oxidative and nitrosative stress pathways. *Metab Brain Dis.* 29(1):19-36.
- 4) Inoue S, et al (1995). Oxidative DNA damage induced by simultaneous generation of nitric oxide and superoxide. *FEBS Lett.* 371(1):86-8.
- 5) Du J, et al (2016). The Role of Nutrients in Protecting Mitochondrial Function and Neurotransmitter Signaling: Implications for the Treatment of Depression, PTSD, and Suicidal Behaviors. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 56(15):2560-2578
- 6) Ko YH, et al (1999). Chemical mechanism of ATP synthase. Magnesium plays a pivotal role in formation of the transition state where ATP is synthesized from ADP and inorganic phosphate. *J Biol Chem.* 8;274(41)
- 7) Manuel y Keenoy B, et al (2000). Magnesium status and parameters of the oxidant-antioxidant balance in patients with chronic fatigue: effects of supplementation with magnesium. *J Am Coll Nutr.* 19(3):374-82
- 8) Gröber Uwe: *Orthomolekulare Medizin, Ein Leitfaden für Apotheker und Ärzte, 3. Auflage (2008), Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart, ISBN: 978-3-8047-1927-9*
- 9) Vos, Melissa et al (2012). Vitamin K2 is a mitochondrial electron carrier that rescues pink1 deficiency. *Science* 336.6086: 1306-1310.
- 10) Patel MK, et al (2014). Can  $\alpha$ -lipoic acid mitigate progression of aging-related decline caused by oxidative stress? *South Med J.* 107(12):780-7.
- 11) Sharma S, et al (2004). Neuroprotective actions of coenzyme Q10 in Parkinson's disease. *Methods Enzymol.* 382:488-509)12) Dr. med. Bodo Kuklinski. „Gesünder mit Mikronährstoffen“ 1. Auflage 2010
- 12) Tatiraju DV, et al (2013). Natural bioenhancers: An overview. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry.* 2(3): 55-60.
- 13) Badmaev V, et al (2000). Piperine derived from black pepper increases the plasma levels of coenzyme Q10 following oral supplementation. *J Nutr Biochem.* 11(2):109-13.
- 14) Gröber Uwe: *Orthomolekulare Medizin, Ein Leitfaden für Apotheker und Ärzte, 3. Auflage (2008), Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart, ISBN: 978-3-8047-1927-9*
- 15) Zhu W-L, et al (2012). Green tea polyphenols produce antidepressant-like effects in adult mice. *Pharmacol Res.* 65(1):74–80.
- 16) Liskova A, et al (2021). Mitochondriopathies as a Clue to Systemic Disorders-Analytical Tools and Mitigating Measures in Context of Predictive, Preventive, and Personalized (3P) Medicine. *Int J Mol Sci.* 22(4):2007