

DR. SC. MED. BODO KUKLINSKI

DR. ANJA SCHEMIONEK

Mitochondrientherapie – die Alternative





Dr. sc. med. Bodo Kuklinski  
Dr. Anja Schemionek

Schulmedizin? Heilung ausgeschlossen!

# **Mitochondrientherapie – die Alternative**

GOLDMANN

Die in diesem Buch enthaltenen Informationen über Therapien und Behandlungen resultieren aus der langjährigen ärztlichen Erfahrung von Dr. Bodo Kuklinski. Jede Leserin und jeder Leser sollten verantwortlich und für die eigene Situation angemessen damit umgehen. Niemand sollte allein und ohne die Betreuung durch einen erfahrenen Therapeuten die Therapie einer Erkrankung betreiben. Verlag und Autoren haben gewissenhaft an diesem Buch gearbeitet, dennoch können Fehler oder Unrichtigkeiten nicht ausgeschlossen werden. Weder Verlag noch Autoren übernehmen die Haftung für etwaige Schäden, die durch die Umsetzung der Buchinhalte entstehen könnten. Jede Leserin und jeder Leser handeln dabei in eigener Verantwortung.

Der Verlag behält sich die Verwertung der urheberrechtlich geschützten Inhalte dieses Werkes für Zwecke des Text- und Data-Minings nach § 44b UrhG ausdrücklich vor. Jegliche unbefugte Nutzung ist hiermit ausgeschlossen.

#### Hinweis zu den Quellen:

Dieses Buch ist ein für Laien aufbereiteter Auszug aus dem Buch »Mitochondrien – Symptome, Diagnose und Therapie« aus dem Arkana-Verlag. Alle genannten Studien und zugrunde liegenden Quellen sind in jenem Buch ausführlich aufgelistet.



Penguin Random House Verlagsgruppe FSC® N001967

#### 3. Auflage

Deutsche Ausgabe Januar 2024

Copyright © 2014 der Originalausgabe: Aurum in Kamphausen Media GmbH, Bielefeld

Copyright © 2024 dieser Ausgabe: Wilhelm Goldmann Verlag, München,

in der Penguin Random House Verlagsgruppe GmbH,

Neumarkter Straße 28, 81673 München

produktivsicherheit@penguinrandomhouse.de

(Vorstehende Angaben sind zugleich Pflichtinformationen nach GPSR.)

Umschlag und Innenlayout: Sabine Schiche, ad department, Bielefeld

Umschlagmotive: Shutterstock: Hauptmotiv und 2, Fotolia: 1, 3 und 5, ad department: 4

Druck und Bindung: GGP Media GmbH, Pößneck

Printed in Germany

ISBN 978-3-442-14060-2

www.goldmann-verlag.de

# Inhalt

... und die Zeit ist überreif für eine bessere Medizin! .....	9
<b>Beschwerden hier, Beschwerden dort – Multiorganerkrankungen .....</b>	<b>11</b>
<b>Mitochondrien – (nicht nur) Kraftwerke der Zellen .....</b>	<b>13</b>
Die Energieversorgung durch die Mitochondrien .....	16
Erste Schritte: Glykolyse und PDH .....	16
Der Citratzyklus (= Zitronensäure-, Tricarbonsäure- oder Krebs-Zyklus) .....	17
Die Atmungskette .....	18
Fettsäureabbau ( $\beta$ -Oxidation) .....	20
Glukoneogenese .....	21
Bildung von Baumaterial und Entsorgung in den Mt .....	22
Mt brauchen besonderen Schutz .....	23
Noch mehr Stress für die Mt: NO .....	25
Symptome einer sekundären Mitochondriopathie .....	28
Die Lösung? Mt unterstützen! .....	31
<b>Diagnostik sekundärer Mitochondriopathien .....</b>	<b>33</b>
Ablauf Kohlenhydratverwertung .....	35
ATP-Bildung und -Transport .....	36
Oxidativer Stress .....	37
Superoxiddismutasen .....	38
Nitrosativer Stress .....	38
Spurenelemente .....	40
Mineralstoffe .....	41
Vitamine .....	42
B-Vitamine .....	42
Fettlösliche Vitamine .....	43
<b>Weitere Untersuchungen .....</b>	<b>44</b>
Bei Muskelschwäche und Schwäche der Herzpumpleistung .....	46
Bei Diabetes Typ 2, Metabolischem Syndrom und Übergewicht .....	46
Bei Problemen des Nervensystems .....	47

<b>Mt-Therapie</b> .....	<b>49</b>
1. Ernährung: Essen Sie LOGIsch oder wie in der Steinzeit .....	51
<b>Heilfasten</b> .....	<b>56</b>
2. Körperliche Aktivität .....	57
3. Stressreduktion .....	59
4. Verbesserung der Nachtschlafqualität .....	60
5. Mikronährstoffe .....	63
<b>1. Etappe der Mikronährstofftherapie</b> .....	<b>64</b>
Kalium und/oder Magnesium .....	64
Zink .....	64
Weitere Spurenelemente .....	66
Vitamin D .....	68
<b>2. Etappe der Mikronährstofftherapie: PDH</b> .....	<b>70</b>
<b>3. Etappe der Mikronährstofftherapie</b> .....	<b>71</b>
Vitamin B <sub>12</sub> plus Biotin und Folsäure .....	71
Die anderen Vitamine .....	72
Glutathion (GSH) .....	75
Cystein und Methionin .....	76
Coenzym Q <sub>10</sub> .....	77
Pyrroloquinolin-Quinon (PQQ = Methoxatin) .....	78
<b>4. Etappe der Nährstofftherapie: ω-3-Fettsäuren</b> .....	<b>78</b>
Weitere Nährstoffpräparate .....	80
6. Reduktion der chemischen Belastungen des Körpers .....	85
Erkrankungen .....	88
AD(H)S, Asperger und Autismus .....	88
Altern .....	90
Augenerkrankungen .....	92
Burn-out .....	96
Chronisches-Fatigue-Syndrom / myalgische Encephalopathie (ME) .....	99
Depressionen und andere psychische Probleme .....	114
Diabetes mellitus Typ 2 und Metabolisches Syndrom mit Übergewicht bzw. Adipositas .....	119
Unterzuckerungen .....	133
Fibromyalgie .....	134
Die Haut .....	135
Herz, Gefäße und der Blutdruck .....	137
Lunge und Atemwege .....	148
Menstruation, Schwangerschaft und Kindheit, Wechseljahre .....	151

---

Migräne und Kopfschmerzen .....	159
Multiple Chemikalien-Sensitivität .....	161
Muskeln, Knochen, Bindegewebe und Gelenke .....	162
Neurodegenerative Erkrankungen .....	166
Die Nieren und die Blase .....	182
Schlaf .....	183
Tumorerkrankungen .....	187
Verdauungsorgane .....	194
<b>Zum guten Schluss .....</b>	<b>207</b>
<b>Sachregister .....</b>	<b>208</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>223</b>



## ... und die Zeit ist überreif für eine bessere Medizin!

Viel zu viele chronisch Kranke bevölkern die Praxen von niedergelassenen Ärzten, ohne dass ihnen je wirklich geholfen wurde. Im Gegenteil, oft wird ihnen eine volle Arbeitsfähigkeit attestiert, die massiven Beschwerden als eingebildet abgetan. Oder die entsprechend eingesetzten Medikamente verschlechtern den Gesundheitszustand der armen Menschen noch weiter. Ob Migräne, Reizdarm, Schlafstörungen, Übergewicht, Bluthochdruck, Zuckerkrankheit, Rheumatismus, Autoimmunerkrankungen u. v. a. Die Liste ist damit noch lange nicht vollständig.

All diese Krankheiten entstehen nicht durch einen Mangel an Medikamenten. Ihr Hintergrund sind irreführende Reaktionen des Körpers und seiner Zellen. Wird das nicht erkannt und entsprechend behandelt, breitet sich

dieser fehlgeleitete Stoffwechsel wie ein unterirdischer Schwelbrand aus.

*„Nichts ist stärker als eine Idee, deren Zeit gekommen ist.“ (V. Hugo)*

Eines Tages mündet das

in sicht- und messbaren Erkrankungen. Dann – endlich! – kann der Schulmediziner diagnostizieren und behandeln – mit Medikamenten, die häufig weitere Stoffwechselprobleme bereiten und Nebenwirkungen erzeugen. Heilung leider ausgeschlossen!

Leiden auch Sie an Müdigkeit, Erschöpfung, Beschwerden oder Erkrankungen in mehreren Organen und Körpersystemen (Immunsystem, Hormonsystem, Magen-Darm-Trakt etc.)? Ihre Ärzte haben Sie untersucht, Blut und Urin eingeschickt, eine Überweisung folgte der nächsten ... Niemand hat etwas gefunden.

Dann wurden Ihre Beschwerden als psychosomatisch deklariert und Sie wurden zur Psychotherapie oder gar zum Psychiater geschickt. Sie bekamen womöglich Medikamente, die nicht halfen oder die Ihre Lage durch die Nebenwirkungen dramatisch verschlechterten ...

Ihnen und all Ihren Leidensgenossen ist dieses Buch gewidmet. Es liefert Hinweise zu einer besseren Diagnostik und Therapie, die Sie selbst realisieren können. Eine Kooperation mit Ärzten wäre natürlich günstig, leider lassen sich Mediziner selten für eine derartige Zusammenarbeit zwischen Arzt und Patienten gewinnen.

Nehmen Sie Ihr Schicksal selbst in die Hand! Mit diesem kleinen Büchlein machen Sie den Anfang dazu, es soll Ihnen Hilfe zur Selbsthilfe sein.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg  
und eine gute (bessere!) Gesundheit

Rostock und Buchenbach im Februar 2014

*Bodo Kuklinski*  
und  
*Anja Schemionek*

# Beschwerden hier, Beschwerden dort – Multiorganerkrankungen

Kopfschmerzen, Migräne, unerklärbares Übergewicht, massive Erschöpfung, morgens schon müde, mittags dann am Ende der Kraft, Sodbrennen, Bluthochdruck, Muskelschwäche und -krämpfe, Gallensteine, Depressionen, Geräusch- und Lichtempfindlichkeit, ständiger Harndrang, Herzrasen, Burn-out, Schlafprobleme, Übelkeit nach dem Essen, häufige Infekte, Verdauungsprobleme, unerfüllter Kinderwunsch, unklare Schmerzen, Diabetes, ...

Die meisten Menschen, die zum Arzt gehen, haben nicht nur eine Krankheit oder nur ein Symptom. Die meisten haben viele verschiedene. Und wenn eine Krankheit diagnostiziert wurde vom Arzt, dann bleibt es meist nicht dabei, die nächsten folgen.

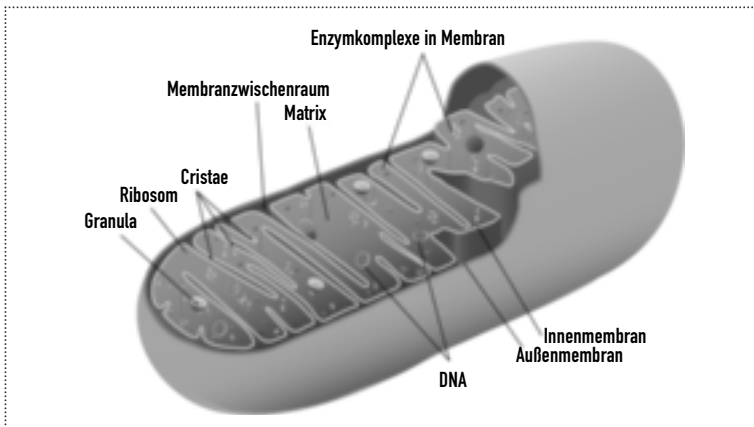
Die Schulmedizin ist aber bisher noch nicht darauf gekommen, wieso das so ist. Sie listet fleißig diese sogenannten Komorbiditäten (Begleiterkrankungen) auf und wundert sich. Eine gemeinsame Ursache kann sie nicht erkennen. Doch es gibt sie und sie lässt sich messen und nachverfolgen, sie kann die vielfältigen Beschwerden erklären. Und wenn man diese Ursache kennt, dann lassen sich Krankheiten auch richtig behandeln, je nach Fortschritt der Krankheit sogar bis zur echten Heilung.

Wenn Sie den Titel des Buches genau gelesen haben, dann wissen Sie es schon: Die Ursache liegt in den Mitochondrien, den „Energiekraftwerken“ unserer Zellen. Werden sie geschädigt, gehemmt oder in ihrem Stoffwechsel beeinträchtigt, kann es zu allen möglichen Krankheitsfolgen im gesamten Körper kommen. Die Mitochondrien-Medizin bietet die Chance, die angegriffenen Mitochondrien zu unterstützen und zur Regeneration anzuregen. So kann die wahre Krankheitsursache behandelt werden und die Symptome und Krankheiten können zurückgehen oder sogar ganz verschwinden.

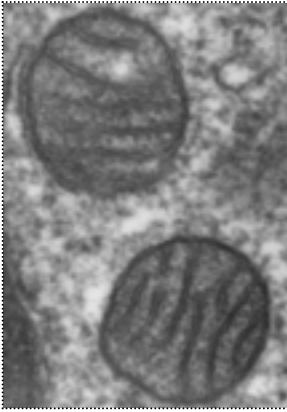
Sie haben sich entschieden, sich selbst um Ihre Gesundheit zu kümmern. Sie werden in diesem Buch viele Anregungen, Erklärungen und wertvolle Tipps bekommen, wie Sie das tun können, denn die Mitochondrien-Medizin hat recht einfache Grundprinzipien, die Sie in Ihrem Alltag gut umsetzen können, auch wenn Ihr Arzt Sie dabei nicht unterstützt oder Ihnen sagen sollte, dass das alles nichts bringen wird. Doch es gibt viele gute Gründe, einen Versuch zu wagen: Viele, viele (auch schwer kranke) Patienten, die durch die Mitochondrien-Medizin wieder auf die Beine gekommen sind – im wahrsten Sinne des Wortes. Und über tausend wissenschaftliche Veröffentlichungen, die die Zusammenhänge zwischen Mitochondrien und Erkrankungen aufzeigen, stützen dieses Vorgehen.

In diesem Buch kommt das Wort Mitochondrien sehr häufig vor. Wir haben uns erlaubt, dieses Wort mit **Mt** abzukürzen, um mehr Platz für andere Informationen zu haben. Wir bitten Sie dafür um Verständnis.

# Mitochondrien – (nicht nur) Kraftwerke der Zellen



Mt sind kleine, meist ovale Teilchen (sogenannte Zellorganelle), die zu mehreren Hundert bis Tausend in fast jeder Zelle vorkommen (Ausnahme: rote Blutkörperchen). Je energiebedürftiger und stoffwechselaktiver ein Organ ist, desto größer ist die Mt-Anzahl seiner Zellen, z. B. können Mt für bis zu 36 % des Herzmuskelgewichtes verantwortlich sein. Vermutlich gehen die Mt in der Evolution auf Bakterien zurück, mit denen sie viele Gemeinsamkeiten haben z. B. ihre Größe.



Mt sind 2 – 5  $\mu\text{m}$  lang, ihr Durchmesser beträgt etwa 2  $\mu\text{m}$ . Das ist ungefähr die Größe eines durchschnittlichen Bakteriums. Mt haben eine glatte äußere und eine stark gefaltete innere Membran mit Einstülpungen (Cristae). In der inneren Membran sind die meisten Enzyme des Mt-Stoffwechsels lokalisiert. Der Mt-Innenraum wird als Matrix bezeichnet, der Raum zwischen beiden Membranen als Inter-membranraum. Die Auffaltung der inneren Mt-Membran ergibt eine große Fläche. Ein

Gramm Lebergewebe z. B. enthält daher eine Mt-Membranfläche von etwa drei Quadratmetern.

Mt besitzen eigenes genetisches Material (ringförmige DNA), das frei und ungeschützt in der Mt-Matrix liegt. Damit ist es sehr anfällig für Schäden. Gleichzeitig ist die Reparaturkapazität der Mt gering. Mutationen treten deshalb sehr häufig auf. Jedes Mt-Genom liegt in mehreren Kopien vor. Sind einige Kopien geschädigt, kann das durch die anderen Kopien ausgeglichen werden. 20 % Schädigung sind so kompensierbar. Bei 40 % spüren Betroffene eine Abnahme der Belastbarkeit, der Alkoholtoleranz, evtl. eine unerklärbare Gewichtszunahme u. a. Symptome. Sie leben gefährlich und wissen es nicht: Weitere Belastungen ihrer Mt, wie z. B. Psychostress, Infektionen, Impfungen, Medikamenteneinnahmen u. a. können sie in die Knie zwingen, denn bei 60 % Schädigung der Mt-DNA-Kopien ist ein Schwellenwert erreicht, der zu massiven Krankheiten führt, z. B. das Chronische Müdigkeitssyndrom (CFS). Die Energiereserven reichen nur noch für das Funktionieren lebenswichtiger Organe aus, mehr ist nicht drin, Betroffene „vegetieren“ dann mehr, als dass sie leben.

37 Gene liegen auf der Mt-DNA, daraus bildet das Mt einige seiner Proteine (Eiweiße, hier Enzyme zur Energiebildung) selbst. Die meisten werden jedoch von der Zelle gebildet und in die Mt hineintransportiert.

Die äußere Mt-Membran ist für allerlei Stoffe gut durchlässig. Größere Stoffe, wie z. B. Proteine oder Fettsäuren gehen jedoch nur über spezielle Transportmechanismen hindurch. Die innere Mt-Membran ist nur für Wasser und Gase wie Sauerstoff ( $O_2$ ), Kohlendioxid ( $CO_2$ ), Kohlenmonoxid (CO) oder Stickstoffmonoxid (NO) durchgängig. Alle anderen Substanzen müssen über Transporter hinein oder draußen bleiben.

Die Membranen der Mt enthalten hohe Anteile an hochungesättigten Fettsäuren, die sehr empfindlich für Oxidationen (Reaktionen mit Sauerstoff) sind. Dann können aus ihnen toxische (giftige) Stoffe entstehen (Lipidperoxide, Aldehyde u. a.), die die gesamte Membran zerstören können. Dann treten gravierende Schäden v. a. in der Energieversorgung auf. Im Verlauf des Älterwerdens nehmen die Schäden am Mt-Genom natürlicherweise zu. Begünstigt wird das durch einseitige Ernährungsweisen, durch schädliche Stoffe in den Nahrungsmitteln oder der Atemluft, von Gegenständen des täglichen Bedarfs, Schlafdefizite u. a.

Mt sind die Haupt-Energieerzeuger in unseren Zellen. Doch sie haben noch deutlich mehr Aufgaben:

1. *Energieversorgung*

(Citratzyklus, Atmungskette und oxidative Phosphorylierung,  $\beta$ -Oxidation, Beginn der Glukoneogenese, Bildung von 13 Proteinanteilen der sogenannten Atmungskette)

2. *Bildung von Baumaterial der Zelle*

(Aminosäuresynthese, Fettsäuresynthese, Teile der Steroidhormonsynthese, Hämsynthese)

3. *Entsorgung*

(ein Teil des Harnstoffzyklus, Abbau von Keto-, Fett- und Aminosäuren)

## Die Energieversorgung durch die Mitochondrien

Der Mensch erzeugt Energie aus seiner Nahrung. Vor allem die Kohlenhydrate und die Fette sind dafür gut geeignet. Diese großen Moleküle werden bei der Verdauung in kleine Einzelbausteine abgebaut. Bei den Kohlenhydraten sind dies vor allem Glukose (Traubenzucker), Fruktose (Fruchtzucker) und Galaktose (Schleimzucker, Bestandteil des Milchzuckers). Diese drei Zucker können alle ineinander umgewandelt werden. Glukose wird zur Energieverwertung dann weiter verarbeitet.

### Erste Schritte: Glykolyse und PDH

Glukose wird zum sogenannten Pyruvat (Brenztraubensäure) abgebaut. Dieser Abbauweg heißt Glykolyse. In ihm entsteht schon die erste Energie für die Zelle – ganz ohne Mt. Von dieser wenigen Energie leben z. B. die roten Blutkörperchen, da sie keine Mt haben. Aber auch die Zellen der Menschen, deren Mt stark geschädigt sind müssen damit auskommen, das erklärt deren Müdigkeit und Erschöpfung. Bei Gesunden wird Pyruvat anschließend in die Mt transportiert und dort durch das Enzym Pyruvat-Dehydrogenase (PDH) zu „aktivierter Essigsäure“ (Acetyl-CoA) abgebaut. Die PDH braucht für ihre Arbeit Hilfe von sogenannten Cofaktoren, das sind hier Vitamin B<sub>1</sub>,  $\alpha$ -Liponsäure, Vitamin B<sub>2</sub> und Magnesium. Mangelzustände daran hemmen den Pyruvatabbau. Dann sammelt sich Pyruvat an und kann im Blut und im Urin erhöht gemessen werden. Ein wichtiges Laborergebnis, das anzeigt, dass in der Energieversorgung des Betroffenen etwas schief läuft. Das viele Pyruvat wird bei Hemmung der PDH auf einem anderen Weg zu Milchsäure (Laktat) abgebaut (vielleicht aus Joghurt und Sauerkraut bekannt). In unserem Stoffwechsel ist allerdings nicht sehr viel von dieser Säure

vorgesehen. Kommt es aber zu einem Pyruvatstau steigt dieses Laktat an und zeigt sich ebenfalls in Blut und Urin in höheren Mengen.

## Der Citratzyklus

### (= Zitronensäure-, Tricarbonsäure- oder Krebs-Zyklus)

Acetyl-CoA, die „aktivierte Essigsäure“, geht in den Citratzyklus ein, der in der Mt-Matrix abläuft. Dieser Stoffwechselweg heißt so, weil er ein ständig ablaufender Zyklus ist, der immer wieder die gleichen Säuren entstehen lässt – und die erste Säure, die durch Anlagerung von Acetyl-CoA entsteht, ist die Zitronensäure. Andere Säuren in diesem Zyklus heißen z. B.  $\alpha$ -Ketoglutarinsäure, Fumarsäure oder Bernsteinsäure. Während dieses Zyklus wird das Acetyl-CoA in Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) abgebaut, das wir ausatmen. Dabei wird außerdem die Energie, die in diesem Stoff steckt, auf andere Stoffe übertragen, nämlich auf NAD (eine Form von Vitamin  $\text{B}_3$ ), das dabei zu NADH wird, FAD (eine Form von Vitamin  $\text{B}_2$ ), das dabei zu FADH wird, und auf ein GTP, ein Energiemolekül, das selbst an anderen Stoffwechselwegen teilnehmen kann und dabei dort seine Energie wieder abgibt. Die beiden energiehaltigen Stoffe NADH und FADH werden weiter verarbeitet in der sogenannten Atmungskette s. u.

Der Citratzyklus ist also ein Stoffwechselweg, der nach der Glykolyse und der PDH weitere Energie aus dem Ursprungsstoff Glukose herausholt und auf andere Stoffe überträgt. Gleichzeitig stellt er dem Körper Baumaterial zur Verfügung (v. a. Aminosäuren, also Bausteine für Proteine). Damit der Zyklus dadurch nicht „leerläuft“, stellt der Körper, wenn es nötig ist, auf dem umgekehrten Weg wieder Aminosäuren bereit, die den Citratzyklus auffüllen (sogenannte anapleurotische Reaktionen). Wichtig ist, dass der Citratzyklus nur funktioniert, wenn in den Mt ausreichende Mengen der notwendigen Cofaktoren Vitamin  $\text{B}_1$ ,  $\text{B}_2$ ,  $\text{B}_3$ ,  $\text{B}_6$ ,  $\alpha$ -Liponsäure, Calcium und Magnesium vorliegen.

## Die Atmungskette

Die Atmungskette ist ein Stoffwechselweg, der in der inneren Mt-Membran abläuft. Dafür liegen in der Membran die notwendigen Enzymkomplexe (insgesamt vier) immer nahe beieinander angeordnet, nur dann kann die Atmungskette funktionieren. In diese Enzym-Zusammenlagerung gehen nun NADH und FADH ein. Die Enzyme der Atmungskette trennen von ihnen Wasserstoff (als H<sup>+</sup>-Ionen) ab, NADH wird wieder zu NAD und FADH zu FAD. Die H<sup>+</sup>-Ionen werden durch die Membran in den Intermembranraum zwischen der inneren und äußeren Mt-Membran transportiert und sammeln sich dort an. Gleichzeitig bereiten die vier Enzymkomplexe Sauerstoff vor. Der wird gebraucht, wenn an einem fünften Enzymkomplex (ATP-Synthase) die vielen H<sup>+</sup>-Ionen wieder in die Mt-Matrix hineinfließen. Dabei entsteht Wasser (H<sub>2</sub>O) und energiereiches ATP.

*ATP ist Adenosintriphosphat. Seine Bildung nennt man oxidative Phosphorylierung. ATP ist unser wichtigstes Energiemolekül im Körper. ATP wird in allen Zellen aller Organe als Energiequelle verwendet. Ein Erwachsener bildet pro Tag ca. 60 bis 70 kg ATP. Bei Maximalanforderungen kann die Menge auf 100 kg ansteigen. Im Labor findet man trotzdem im Blut nur geringe Mengen ATP, denn es wird sofort nach seiner Bildung wieder verbraucht.*

Vielleicht erinnern sich manche an die „Knallgasreaktion“ im Chemieunterricht der Schulzeit? Die Gase Sauerstoff und Wasserstoff werden dafür gemischt und reagieren mit einem heftigen Knall zu Wasser. Das Gefäß wird dabei sehr warm. Der Knall und die Wärme sind Ausdruck der riesigen Energiemenge, die frei wird. In den Mt wird genau diese Energiemenge in kleine Schritte zerlegt und daher bei Körpertemperatur und ohne Knall nutzbar. Weil in der Atmungskette der von uns eingeatmete Sauerstoff genutzt wird, nennt man

sie auch „innere Atmung“. Wichtige Bestandteile der Atmungskette und für deren geregeltes Ablaufen unverzichtbar sind die Mikronährstoffe Coenzym Q<sub>10</sub>, Vitamin B<sub>2</sub> und B<sub>3</sub>, Eisen, Magnesium, Schwefel, Kupfer sowie  $\omega$ -3-Fettsäuren. Coenzym Q<sub>10</sub> wird dabei als Überträger (von Elektronen) zwischen den Enzymen gebraucht, die Vitamine B<sub>2</sub> und B<sub>3</sub> als NAD bzw. FAD, Eisen, Schwefel und Kupfer als Bestandteil der Enzymkomplexe (Häm, Cytochrome und Eisen-Schwefel-Cluster) und die  $\omega$ -3-Fettsäuren sind für den Membranaufbau unerlässlich. Sie hüllen die Enzymkomplexe schützend ein. Sie sind hochempfindlich gegen Sauerstoff, organische Chlorverbindungen, Lösungsmittel (Tri-, Perchloräthylen u. a.) sowie Tenside (Fensterputz-, Geschirrspülmittel etc.).

#### Info

Müdigkeit, Erschöpfung, Frieren, hohes Schlafbedürfnis bei Eisenmangel beruhen nicht nur auf dem Fehlen des Eisens, sondern auch auf einer reduzierten Mt-Funktion, also mangelhafter ATP-Bildung.

### ***Braunes Fett und ein „Kurzschluss“ machen warm und schlank***

*Menschen besitzen weißes und braunes Fettgewebe. Das weiße ist als Fettspeicher gut bekannt, das braune hingegen unbekannter: Es ist reich an Mt und dient der Wärmeerzeugung. Dafür wird die Atmungskette in den Mt „kurzgeschlossen“, die Energie wird nicht in ATP gespeichert, sondern als Wärme freigesetzt. Damit das passiert hat der Körper ein Protein entwickelt (Thermogenin), das zwischen ATP- und Wärmebildung umschalten kann. Auch das Schilddrüsenhormon (T3) oder Stresshormone können die Atmungskette auf diese Art entkoppeln.*

*Neugeborene besitzen reichlich braunes Fett, da sie sonst sehr schnell auskühlen würden. Die Wärme, die ein Säugling erzeugen kann, ist immer wieder erstaunlich. Erwachsene haben Reste braunen Fettgewebes entlang der großen Arterien, in der Nackenregion*

*und über den Schlüsselbeinen. Diese Regionen sind wichtig für das Überleben und brauchen ihre „Betriebstemperatur“.*

*Je höher das Körpergewicht (Body-Mass-Index), je höher das Alter, je wärmer die Umgebung (beheizte Räume etc.), desto geringer das braune Fettgewebe. Frauen besitzen mehr und aktiveres braunes Fett als Männer.*

*Liegen Mt-Schäden vor, verliert das braune Fettgewebe seine Wärmefunktion. Betroffene reagieren dann sehr empfindlich auf Zugluft mit steifem Nacken, Schnupfen oder Blasenentzündung und müssen sich sommers wie winters warm halten. Auch  $\beta$ -Blocker hemmen die Wärmeerzeugung im braunen Fett, Patienten frieren dann mehr. Mehr braunes Fett würde Chancen zur Gewichtsreduktion bieten. Die Energie des Fettes würde einfach in Wärme umgewandelt und weg wäre es! Um weißes in braunes Fettgewebe umzuwandeln braucht es Vitamin A und D und regelmäßige, länger andauernde Kälte (16°C, 2 Stunden lang). Menschen in nördlichen Breiten bekommen dies von Natur aus: Fisch auf den Tellern und draußen ist es kalt. Auch die Ölsäure (Hauptfettsäure in Olivenöl) kann die Mt „kurzschließen“. Tatsächlich kann man aus diesem Grund mit sehr viel Olivenöl abnehmen! Andere Fettsäuren sind dazu nicht in der Lage.*

## **Fettsäureabbau ( $\beta$ -Oxidation)**

Fette sind die anderen energiereichen Nahrungsbestandteile, die unser Körper zur Energieerzeugung nutzt. Der Abbau von Fetten in der Verdauung oder aus den körpereigenen Fettdepots lässt Fettsäuren entstehen. Da Fettsäuren reaktionsträge sind, müssen sie aktiviert werden. Das geschieht außerhalb der Mt: ATP wird gespalten und mit der freiwerdenden Energie ein sogenanntes Coenzym A (CoA) an die Fettsäure angehängt. Dieses Fettsäure-CoA muss dann

in die Mt transportiert werden. Das übernimmt der Mikronährstoff Carnitin. (Kurzkettenige Fettsäuren, wie sie vor allem in Butter und Kokosfett vorkommen, benötigen kein Carnitin, um in die Mt hineinzukommen.) In der Mt-Matrix angekommen wird von der Fettsäure-CoA ein Acetyl-CoA, eine „aktivierte Essigsäure“ abgeschnitten und gleichzeitig ein neues CoA an die restliche Fettsäure angehängt. Das Acetyl-CoA geht in den Citratzyklus ein und die jetzt kürzere Fettsäure-CoA wird Stück für Stück in noch mehr Acetyl-CoA zerlegt, bis sie aufgebraucht ist. Alle diese Acetyl-CoA gehen in den Citratzyklus ein, um dort und in der anschließenden Atmungskette zur ATP-Bildung beizutragen. Außerdem entstehen bei diesem schrittweisen Fettsäureabbau nebenbei noch NADH und FADH, die auch in die Atmungskette zur ATP-Bildung eingehen. Für den geregelten Ablauf dieser  $\beta$ -Oxidation der Fettsäuren werden die Mikronährstoffe Biotin, Magnesium und die Vitamine B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> sowie B<sub>12</sub> gebraucht. Hinzu kommen jene Mikronährstoffe, die für die körpereigene Bildung von Carnitin vorliegen müssen, das sind die Vitamine B<sub>3</sub>, B<sub>6</sub> und C sowie Eisen und die Aminosäuren Methionin und Lysin. Besonders wer fleischarm oder vegetarisch isst, nimmt wenig Carnitin auf und sollte darauf achten, dass die genannten Stoffe für die eigene Bildung vorhanden sind, sonst können die Fettsäuren nicht abgebaut werden und sammeln sich in Fettdepots an Bauch, Hüfte & Co an.

## Glukoneogenese

Unser Körper ist nicht nur in der Lage aus Nahrung Energie herzustellen. Er kann auch den umgekehrten Weg gehen und Glukose selbst produzieren. Diese Fähigkeit ist überlebensnotwendig, denn unser Gehirn und unsere roten Blutkörperchen sind auf Glukose als ausschließlichen Energielieferanten angewiesen: Nachts, in

Fasten- oder Hungerzeiten bekommen wir keine Nahrung. Damit im Blut dennoch immer genug Glukose zur Verfügung stehen kann, bilden die Zellen in der Glukoneogenese sie selber. Ausgangsmaterial dafür sind Abbauprodukte von Glukose, Glycerin (aus Fetten), Laktat, bestimmte Aminosäuren (über den Citratzyklus). Acetyl-CoA (Fettsäureabbau) kann hingegen nicht genutzt werden. Die ersten Schritte der Glukoneogenese laufen in den Mt ab. Für die notwendigen Reaktionen brauchen die Zellen viele Mikronährstoffe, nämlich Mangan, Biotin, Magnesium, Vitamin B<sub>12</sub>, Zink und Eisen. Bei Defiziten kommt es zu falschen Abläufen, die die Energiebildung weiter hemmen. Auch Fruktose kann die Glukoneogenese hemmen. Bei Betroffenen sind dann Muskelbelastungen nur kurz möglich, meist vertragen sie auch keine Mannose und kein Sorbit, selbst als Füllsubstanz in Tabletten, Dragees oder im Kaugummi nicht. Ebenso kann ein Carnitinmangel, und damit Acetyl-CoA-Stau in den Mt, die Glukoneogenese hemmen.

## **Bildung von Baumaterial und Entsorgung in den Mt**

Wie schon beim Citratzyklus erwähnt, bilden Mt aus den dort vorkommenden Säuren Aminosäuren. Diese werden für den Aufbau von Mt-Proteinen (z. B. Enzyme für die Atmungskette) gebraucht, werden aber ebenso in die Zelle heraustransportiert, um dort für die Proteinbildung zur Verfügung zu stehen. Auch eine Form der Fettsäurebildung läuft in den Mt ab (braucht Vitamin B<sub>3</sub>), die Auswirkungen auf die Atmungskette hat. Funktioniert die Fettsäuresynthese nicht, klappt auch die Atmungskette nicht. Auch die Bildung von Häm, der als Zentralbestandteil des Hämoglobins (und anderer wichtiger Stoffe) für den Sauerstofftransport im Blut wichtig ist. Diese Synthese findet zum Teil im Intermembranraum der Mt

statt und braucht Eisen, Vitamin B<sub>6</sub> und B<sub>2</sub>, Zink, die Aminosäure Glycin und eine Säure aus dem Citratzyklus. Darüber hinaus sind die Mt in entsprechenden hormonbildenden Geweben mitverantwortlich für die Produktion von Steroidhormonen, sie sind der Ort des Startpunktes der Bildung aus Cholesterin (benötigt Vitamin B<sub>3</sub> und Sauerstoff) und des Endpunktes bei der Bildung des Stresshormons Cortisol und des Aldosterons („Dursthormon“), das in den Flüssigkeitshaushalt eingreift. Genau das Gleiche gilt für die Entsorgungsfunktion, die Mt für sich und die Zelle erledigen: Der Abbau von giftigem Ammoniak zu harmlosen Harnstoff läuft zum Teil in den Mt ab. Dabei wird ATP verbraucht und Mangan als Cofaktor muss vorliegen, damit der Zyklus „rund“ läuft. Alle diese Bildungs- und Entsorgungswege sind davon abhängig, dass intakte Mt vorliegen. Ist dem nicht so, sind alle diese Stoffe und ihre Funktionen im Körper beeinträchtigt.

## Mt brauchen besonderen Schutz

Durch die Abläufe der Atmungskette entstehen natürlicherweise in den Mt Sauerstoff-Radikale (ROS). Je mehr Energie in Form von ATP gebildet wird, desto mehr ROS liegen vor. Gleichzeitig sind die Mt hochempfindlich für solche Radikale. Daher gibt es ein gut funktionierendes Schutzsystem gegen ROS:

Die Enzyme Superoxiddismutase (SOD)1, 2 und 3 (SOD-2 braucht Mangan, SOD-1 und-3 je Zink und Kupfer), Katalase (braucht Eisen) und Glutathionperoxidase (GSH-Px, braucht Selen) verarbeiten aggressive ROS zu völlig ungefährlichem Wasser. Dadurch schützen sie die Mt und alles, was

### Info

ROS = Reaktive Sauerstoff (Oxygen) Spezies, sind z. B. das Superoxid (O<sub>2</sub>O), das Hydroxylradikal HO<sup>•</sup> und auch Wasserstoffperoxid (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Treten irgendwo mehr ROS auf, als die körpereigenen Schutzsysteme abfangen können, dann spricht man von oxidativem Stress.