

FOCUS



**Ampel-
Haushalt**

Wer spart, wer zahlt -
und wer ist der
größte Verlierer?

**Das große
Finale**

Tore, Fans, Skandale:
die verrücktesten
Momente der EM

GESUNDE ZELLEN, LANGES LEBEN

**Von Infrarot bis
Eiswasser - wie Sie
die Kraftwerke
Ihres Körpers in
Schwung bringen**



WISSEN

Alles im roten Bereich

Länger gesund leben: Wissenschaftler entschlüsseln die Macht der **Mitochondrien**, der Kraftwerke in unseren Zellen

TEXT VON **MICHAEL KNESSLER** FOTOS VON **JULIAN BAUMANN**



**Lieber rot
als tot**

Hier steht der Biohacker Andreas Breitfeld vor einer Rotlichtwand. Er glaubt, dass die Strahlung die Kraft seiner Mitochondrien stärkt und sein Leben verlängert

A

Anne Pieper ist eine erfahrene Ärztin. 15 Jahre lang operierte die Orthopädin vor allem Knie und Hüften, gründete eine Familie, wird Mutter. Ein Leben im Turbo-Modus. Um 7 Uhr Visite, ab 7.30 Uhr OPs, dazu Nachtdienste, Bürokratie, Kinder. „Ich war erschöpft, ich war ständig krank, ich hatte eine Infektion nach der anderen“, sagt Pieper, „und ich hatte keine Antworten auf meine Fragen nach dem Warum.“

Sie begann noch einmal ganz von vorn, beschäftigte sich mit funktioneller Medizin und klinischer Umweltmedizin, leitet jetzt das Präventionszentrum des Sozialen Genesungswerks SGW in Pelzerhaken an der Ostsee und glaubt unterdessen, den Schlüssel zu Müdigkeit, Erschöpfung, Vergesslichkeit und fast allen chronischen Erkrankungen, einschließlich Krebs, gefunden zu haben: „Es sind unsere Mitochondrien.“

Auf ihrer Homepage bietet sie Workshops für „Mitochondrien Power“ an und



Über den Wolken ...

Mit Atemmaske im Gesicht startet der Biohacker zu einem virtuellen Höhenflug auf den Mount Everest. Der Sauerstoffmangel soll die Mitochondrien auf Trab bringen

verrät dort den „Geheimcode für Vitalität“ und gegen „Energimangel und Erschöpfung“. Auf den Fotos sieht sie viel jünger aus als 47, das Alter in ihrem Pass.

Mitochondrien gehören zu den seltsamsten Bestandteilen menschlicher Zellen. Eigentlich sind es Urbakterien, die vor etwa 1,6 Milliarden Jahren als Parasiten die Vorläufer unserer Zellen befielen. Unterdessen sind sie integriert und unverzichtbar. Sie produzieren aus Zucker und Sauerstoff Adenosintriphosphat (ATP) – eine Art Biodiesel, der unseren Körper mit Energie versorgt und jung hält.

In jeder Körperzelle, außer den roten Blutkörperchen, gibt es bis zu 100 000 Mitochondrien, besonders viele in den Muskeln, am meisten in den weiblichen Eizellen (die müssen nach der Befruchtung

extrem schnell wachsen) und dem zentralen Augennerv (Sehen erfordert viel Energie), am wenigsten in den männlichen Spermazellen (die haben nur ein paar in ihrem beweglichen Teil).

Pro Tag erzeugen sie im Körper 60 Kilogramm ATP, genug, um Muskeln, Organe und Gehirn

problemlos mit Energie zu versorgen (sogar im Ruhezustand könnten sie eine 100-Watt-Birne nonstop leuchten lassen). Wenn die Mitochondrien allerdings schlappmachen, macht der ganze Körper schlapp. Wir werden müde und antriebslos. Wir altern. Wenn sie ihre Arbeit ganz einstellen, sind die Folgen noch übler. „Ohne ATP“, sagt Pieper, „sind wir tot.“

Kein Wunder, dass Mitochondrien neuerdings bei Ärzten, Wissenschaftlern und in der Biohacker-Szene im Zentrum der



Aufmerksamkeit stehen. Populärwissenschaftliche Bücher, Podcasts und Social-Media-Accounts sowie ein hochkarätiger internationaler Forschungsverbund (GENOMIT) und sein deutscher Ableger (mitoNET) befassen sich mit Mitochondrien. Zentrum der Forschung in Deutschland ist München, wo der Zellbiologe Holger Prokisch, 58, mit seinem Team am Klinikum rechts der Isar und am Helmholtz Zentrum den Geheimnissen der Mitochondrien auf der Spur ist.

„Als hätte ich am Schlumpf geleckt“

Prokisch arbeitet im Gebäude 35/37 auf dem Helmholtz-Campus im Norden von München, Institut für Entwicklungsgenetik. Es ist ein schmuckloser Zweckbau. Vor den teuren Analysegeräten und Mikroskopen in den Laborräumen sitzen Wissenschaftlerinnen, die Mitochondrien auf Gendefekte untersuchen. Die kleinen Zellkraftwerke haben eigene Erbinformationen (DNA), die ausschließlich von

der Mutter weitergegeben werden und gelegentlich beschädigt sind. Das führt glücklicherweise nur selten zu schweren Erkrankungen wie Erblindung, Taubheit oder Muskelschwäche. Etwa 8000 Deutsche sind davon betroffen (siehe Interview auf Seite 68). Das Prokisch Lab gilt als eines der weltbesten Analyse-Laboratorien für Mitochondrien. Sein Team hat in den letzten Jahren 80 neue mitochondriale Krankheiten entdeckt, jetzt kennt man über 400.

Es gibt kaum jemanden, der mehr über Mitochondrien weiß, als Prokisch. Er ist ein kleiner Mann mit wuscheligen Haaren und fröhlichen Augen, Vater von sechs Kindern und Fußballfan. Er forscht seit Jahren an Mitochondrien, aber sie überraschen ihn immer wieder. „Wir wissen, dass sie extrem wichtig sind für uns“, sagt er, „aber wie wichtig sie sind, beginnen wir erst jetzt zu verstehen.“

Die Fakten:

- Mitochondrien sind winzig kleine und hocheffiziente Bio-Kraftwerke.
- Manche Zellen sind zu 25 Prozent mit Mitochondrien gefüllt.
- Sie erzeugen 95 Prozent der Energie, die wir benötigen.
- Sie enthalten 1500 Proteine.
- In ihrem Inneren arbeitet ein elektrischer Protonenmotor.
- Er treibt einen Prozess an, der Zellatmung genannt wird und unseren Betriebsstoff ATP erzeugt.
- Bei hohem Energiebedarf schließen sich Tausende von Mitochondrien zu einem Großkraftwerk zusammen. Wie genau sie das organisieren? Unbekannt.

Wenn Mitochondrien ordnungsgemäß arbeiten, geht es uns gut, wir fühlen uns stark und gesund. Sie produzieren Antioxidantien, um unsere Zellen vor dem Absterben zu schützen, und halten uns daher jung. Aber sie sind empfindlich, werden selbst schwächer und können sogar sterben. Im Gegensatz zur menschlichen DNA in den Zellkernen hat die Bakterien-DNA der Mitochondrien keinen Reparaturmechanismus. Wenn da etwas kaputtgeht, ist der Schaden da.

Die Körperzellen haben extra ein Abbruchunternehmen für Mito-Müll entwickelt. Es heißt Mitophagie und beseitigt defekte Kleinkraftwerke systematisch, bevor sie nutzlos Platz wegnehmen.

Wenn wir Glück haben, kümmern sich die übrig gebliebenen Mitochondrien um den Verlust, indem sie entweder größer werden oder sich teilen. Dafür brauchen



„Mitochondrien sind der Schlüssel zu Müdigkeit, Erschöpfung und fast allen chronischen Krankheiten“

Anna Pieper

Mitochondrien-Ärztin und Leiterin eines Präventionszentrums in Pelzerhaken an der Ostsee

sie aber jede Menge Zutaten: unter anderem B-Vitamine wie Biotin, Riboflavin, Thiamin und das Coenzym Q10. Normalerweise ist das alles in einer ausgewogenen Ernährung enthalten. Um nachzuhelfen, kommen Biohacker wie Andreas Breitfeld ins Spiel.

Andreas Breitfeld, 50, sieht aus wie eine jüngere Ausgabe von Arnold Schwarzenegger mit Glatze und Vollbart: ein Brocken von einem Mann, 178 cm groß, 90 Kilo, Arme wie bei anderen Leuten die Oberschenkel. Er bewegt sich nonstop, einen Havaneser-Schoßhund namens True unter den Arm geklemmt, und redet schnell und ohne Unterbrechung. „ADHS“, sagt er entschuldigend. Das Zappelphilipp-Syndrom, das nicht nur Kinder haben.

Breitfeld war Jurastudent, Fitnessredakteur, Spinningtrainer, Marathonläufer (Bestzeit 2:48 Stunden) und Inhaber einer PR-Agentur. Damals flog er eine viertel Million Kilometer um die Welt. 2016 haute es ihn um. Total. Überall ▶



Unter den Wogen ...

In einem hyperbaren Schneewittchensarg geht es abwärts. Der Druck nimmt zu, das Sauerstoffgerät pumpt, die Zellkraftwerke werden zur Höchstleistung angespornt

Schmerzen, überall Entzündungen, die Hormone spielten verrückt, der Darm auch. Breitfeld war am Ende.

Das war der Moment, in dem er zum Biohacker wurde. Krankheiten beseitigen, später sterben. Er päppelte sich zurück ins Leben, gab die Agentur auf und installierte in den Büroräumen ein futuristisches Studio für die Körperoptimierung. „Alles, was dem Körper guttut, ist gut für die Mitochondrien. Alles, was für die Mitochondrien gut ist, ist gut für den Körper“, sagt er.

Jetzt liegt Breitfeld in einer Art umgebauter Tiefkühltruhe mit Eiswasser. Früher hatte er dabei auch noch eine leuchtend blaue Zunge. „Als hätte ich am Schlumpf geleckt“, sagt er. Das war Methylenblau, eine Chemikalie, die Heilprozesse fördern soll und angeblich Demenz ver-

hindert. Inzwischen weiß er, dass man das Zeug nicht lutschen muss, sondern auch in den Kaffee tröpfeln kann.

Aber zurück ins Eisbad. „Die Regel lautet: So lange drinbleiben, wie das Wasser kalt ist“, sagt Breitfeld. Bei drei Grad drei Minuten, bei 13 Grad 13 Minuten. Bei

16 Grad ist es zu warm, dann müssen Eiswürfel nachgeladen werden. Das kalte Wasser hilft gegen chronische Entzündungsprozesse wie der Eisbeutel gegen Blutergüsse und signalisiert außerdem dem Körper, dass er die Heizung anwerfen muss, um nicht total auszukühlen. „Gutes Training für die Mitochondrien“, sagt Breitfeld. „Immer wenn der Körper schreit: ‚Hey, wir brauchen Energie!‘, geht einer zu den Mitos und sagt: ‚Tut mal was!‘“ Dann gibt es den Energiebooster

aus den kleinen Kraftwerken. Für Normalbürger reicht allerdings auch eine kalte Dusche am Morgen, um die Mitochondrien für den Tag auf Trab zu bringen.

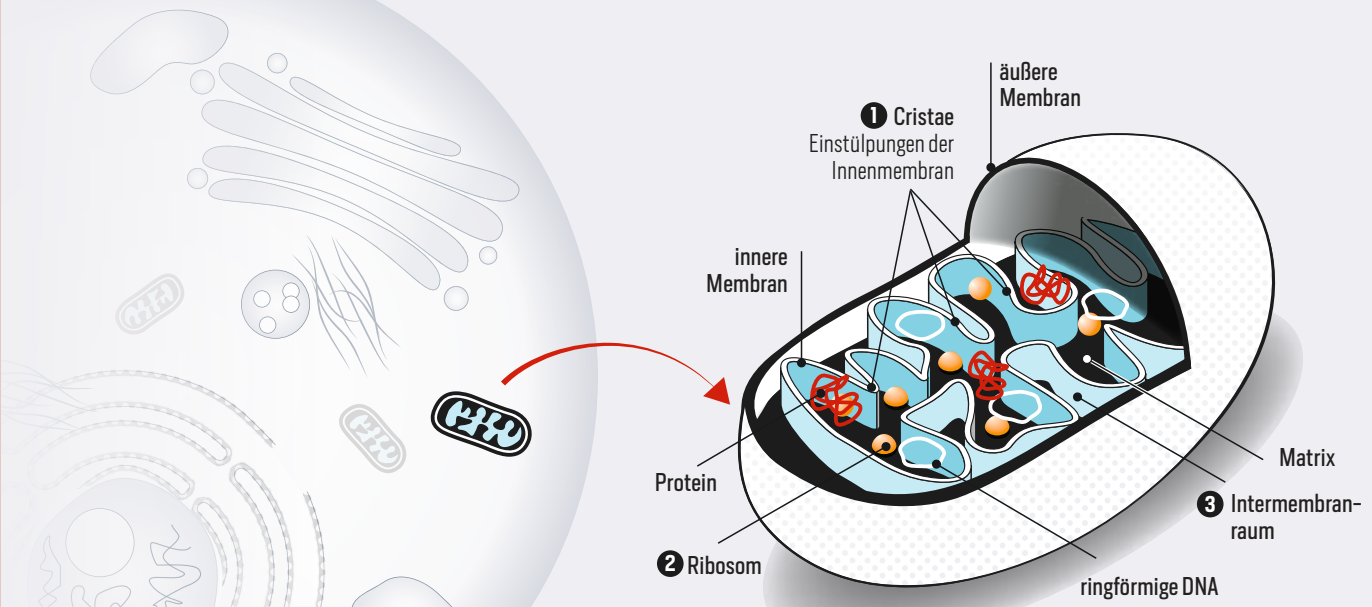
„Hey, wir brauchen Energie!“

Nebenan steht eine Kiste auf dem Tisch mit der Aufschrift „Vitus“ und zwei Löchern. Kostet ein paar Tausend Euro, sagt Breitfeld. Die Kiste ist für Leute gedacht, die sich nicht gern nass machen und trotzdem einen stimulierenden Kälteschock erleben wollen. Wenn man die Hände durch die Löcher in der Kiste schiebt, landen sie auf zwei Halbkugeln aus Metall, die innerhalb von Sekunden eiskalt werden. „In den Handflächen sind besonders viele Nerven“, sagt Breitfeld, „die signalisieren dem Gehirn, dass der Körper Wärmeenergie braucht. Und das Gehirn gibt dann den Befehl an die Mitos raus: einheizen!“

Breitfeld findet, dass der Vitus-Kasten prima funktioniert. Ist aber vielleicht ▶

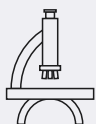
So funktionieren die Kraftwerke in unseren Zellen

Milliarden von **Mitochondrien** erzeugen rund um die Uhr ATP, den Diesel für unseren Körper



- 1** In den **Cristae** wird ADP (Adenosindiphosphat) in ATP (Adenosintriphosphat) mithilfe einer winzigen Knallgasexplosion (Wasserstoff und Sauerstoff reagieren durch elektrische Spannung) umgewandelt. ATP ist der Diesel für den Körper. Wenn Energie gebraucht wird, spaltet er das dritte Phosphat aus der Knallgasreaktion wieder ab. Dann gibt's erneut ADP. Die **Cristae** sind die Chemiefabriken im Mitochondrium
- 2** **Ribosomen** sind winzige Maschinen, die Proteine herstellen (die dann in der Matrix landen). Dafür lesen sie die Bauanleitung (mRNA) für die Proteine aus dem Erbgut aus, prüfen sie auf Fehler und bauen das Protein aus Aminosäuren zusammen. So wie ein Koch nach Rezept kocht
- 3** Zwischen den beiden Membranen liegt der **Intermembranraum**. Hier arbeitet ein Protonenmotor, der elektrische Spannung erzeugt

Das Mitochondrium



Größe 0,75–3 µm,
so groß wie ein Bakterium



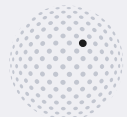
Die **Cristae** aller Mitochondrien im Körper würden ausgebreitet **ein halbes Fußballfeld** bedecken



Wenn viel Energie benötigt wird, z. B. beim Sport, schließen sich die normalerweise einzeln arbeitenden Mitochondrien zu **großen Zellkraftwerken** zusammen



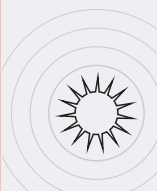
Anzahl pro Zelle bis **100 000**



Einer von **10 000** Menschen leidet an einer **mitochondrialen Erkrankung**



Mitochondrien sind **Urzeitbakterien**, die sich als **Parasiten** in menschlichen Zellen angesiedelt haben



Auf ihr Gewicht bezogen produzieren Mitochondrien **10 000–50 000 Mal** mehr Energie als die Sonne



Die Mitochondrien erzeugen täglich **60 kg** ATP



Die DNA der Mitochondrien wird **nur von der Mutter vererbt**

„Meist von der Mutter vererbt“

8000 Menschen in Deutschland leiden unter **mitochondrialen Erkrankungen**. Sie verursachen Muskelschwäche, Blindheit, Epilepsie und Schwerhörigkeit

Bei vielen Menschen arbeiten die Mitochondrien nicht optimal. Sie fühlen sich matt, müde oder erschöpft. Bei etwa 8000 Menschen in Deutschland allerdings sind die kleinen Zellkraftwerke genetisch defekt. Dadurch entstehen schwere Krankheiten (Mitochondriopathien). Wie erkennt man sie, und was kann man dagegen tun? Ein Gespräch mit der Neurologin Cornelia Kornblum vom Universitätsklinikum Bonn.

Was sind mitochondriale Krankheiten?

Mitochondriale Erkrankungen werden durch Gendefekte ausgelöst, die meist von der Mutter vererbt werden. Durch die Gendefekte entstehen Krankheiten, die mit einer mangelhaften Energieversorgung des Körpers zu tun haben und alle Organe betreffen können. Die Erkrankungen können unterschiedlich klassifiziert werden, entweder nach dem klinischen Beschwerdebild (Syndrom), dem individuellen Stoffwechselsefekt oder dem verursachenden Gendefekt.

Wie viele mitochondriale Krankheiten gibt es?

Es gibt sehr viele unterschiedliche mitochondriale Erkrankungen des Kindes- oder Erwachsenenalters. Zurzeit kennen wir mehr als 400. Durch intensive Forschungsaktivitäten werden fortlaufend neue, meist seltene Krankheitsbilder beschrieben und zugrunde liegende Ursachen identifiziert. Manchmal entdecken wir pro Jahr mehrere neue Mitochondriopathien.

Welches ist die häufigste?

Im Erwachsenenalter gehört die chronisch-progressive externe Ophthalmoplegie, CPEO, zu den häufigsten mitochondrialen Erkrankungen. Es gibt etwa 3,7 Fälle auf 100 000 Einwohner. CPEO beginnt mit einer Lähmung der Oberlider und äußeren Augenmuskeln. Oftmals sind auch die Skelettmuskeln geschwächt. Dazu können weitere neurologische Symptome wie Min-

derbelastbarkeit und kognitive Störungen kommen. Darüber hinaus sind mitochondriale Optikusneuropathien wie die Lebersche hereditäre Optikusneuropathie, LHON, vergleichsweise häufig, die mit Sehstörungen bis zur Erblindung einhergeht.

Woran erkennt man mitochondriale Krankheiten?

Mitochondriale Erkrankungen können sehr unterschiedliche, teilweise schwerwiegende Symptome verursachen. Neurologische Symptome zählen zu den häufigsten, ins-

besondere eine oft belastungsabhängige Muskelschwäche, Erschöpfbarkeit und Müdigkeit. Aber auch eine Beteiligung des zentralen Nervensystems mit schlaganfallähnlichen Episoden, Migräne, Epilepsie, psychischen Beschwerden, Innenohrschwerhörigkeit und Schädigungen des Sehnervs oder der Netzhaut sind möglich. Die Erkrankungen können nahezu jedes Organsystem betreffen, vielfältige Symptome in verschiedenen Kombinationen verursachen und in fast jedem Lebensalter vom Säugling bis zum Senior auftreten. Das macht die Diagnose so schwierig; sie erfordert oft eine molekulargenetische Untersuchung, in einigen Fällen auch die Untersuchung einer Gewebeprobe, zum Beispiel eine Muskelbiopsie. Dafür wird eine Gewebeprobe entnommen und untersucht.

Wie kann man diese Krankheiten heilen?

Eine Heilung ist noch nicht möglich. Mit Ausnahme der Leberschen hereditären Optikusneuropathie stehen auch noch keine zugelassenen Medikamente zur Verfügung. Eine spezifische Behandlung der Symptome wie zum Beispiel einer Epilepsie oder

Herzbeteiligung ist jedoch sehr gut möglich. Derzeit werden verschiedene Erfolg versprechende Substanzen in Arzneimittelstudien untersucht. Auch gentherapeutische Behandlungsansätze werden intensiv erforscht. Körperliche Aktivität wie moderates Ausdauertraining ist von besonderer Bedeutung für die Patientinnen und Patienten, auch Nahrungsergänzungsmittel können in bestimmten Fällen unterstützend wirken.

Welche?

Wir empfehlen manchmal sogenannte Mito-Cocktails aus bestimmten Vitaminen, Enzymen, Coenzymen und Spurenelementen, in der Hoffnung, dass das hilft. Manchmal tut es das tatsächlich. ■

INTERVIEW: MICHAEL KNEISSLER



Prof. Cornelia Kornblum, 56, ist Spezialistin für neuromuskuläre Erkrankungen am Universitätsklinikum Bonn. Sie beschäftigt sich seit mehr als 20 Jahren mit mitochondrialen Erkrankungen und hat schon viele Hundert Patientinnen und Patienten behandelt

„Alle können von den Krankheiten betroffen sein. Vom Säugling bis zum Senior“

ein bisschen viel Aufwand für Menschen, die zu Hause einen Kühlschrank mit Gefrierfach haben, aus dem sie sich bei Bedarf zwei Eiswürfel holen können.

Nach dem Runterkühlen kommt das Einheizen. Breitfeld stellt sich vor eine Rotlichtwand. Vier unterschiedliche Frequenzen, alle zwischen 660 und 850 Nanometer. So dringt das Licht tief in den Körper ein und erwischt auch die Mitochondrien weit im Inneren, sagt die Rotlichtfraktion unter den Biohackern. Jetzt braucht man Energie, um eine Überhitzung zu verhindern. Auch das ist ein Powerbooster für den Tag. Da widersprechen selbst Schulmediziner nicht: Kälte und Wärme scheinen wirklich gut zu sein für die kleinen Zellkraftwerke.

Zehnmal Mount Everest

Exotischer wird es im Schneewittchensarg, den Breitfeld nun (ohne Hund) besteigt. Deckel zu, Luftpumpen an. Die hyperbare Kammer simuliert einen Tauchgang, der Druck steigt, durch einen Schlauch strömt Sauerstoff in die Nase. Die Mitochondrien sollen das lieben.

Aber der Höhepunkt kommt erst noch: IHHT (Intervall-Hypoxie-Hyperoxie-Therapie). Das ist das Gegenteil vom Schneewittchensarg. Hier geht es nicht runter, sondern ganz nach oben. Himalaja, Achttausender, Mount Everest. Und dann wieder runter. Wie im Express-Lift. Rauf und runter, rauf und runter. Zehnmal. Viel Sauerstoff, wenig Sauerstoff, viel Sauerstoff, wenig Sauerstoff. Breitfeld liegt rücklings auf einer Rotlichtmatte, Atemmaske im Gesicht, ein Oximeter am



Ab in die Wanne

Im Eisbad beißt Breitfeld die Zähne zusammen, weil er hofft, dass Mitochondrien die Kälte lieben. Drei Minuten bei drei Grad reichen aber auch dem härtesten Hacker

Finger, der die Sauerstoffsättigung misst. Der Hund wartet unter der Liege. Biohacking extrem. „Da werden mitochondriale Prozesse in Gang gesetzt, die man sonst nur von Höhenbergsteigern kennt“, freut sich Breitfeld. „Das hebt die Mitos auf ein ganz anderes Effizienzniveau.“

Wer sich solche mitochondrialen Gipfelerlebnisse gönnt, kann locker 120 Jahre alt werden, hoffen die Biohacker. Aber ob ihre Exerzitien tatsächlich gezielt nur die Mitochondrien erreichen? Und was

würden topfit gepampernte Mitos nützen, wenn der Rest des Körpers in den Seilen hängt? Ein gesundes Altwerden ist Sache des gesamten Organismus. Die richtige Ernährung, guter Schlaf, wenig Stress und viel Bewegung gehören genauso dazu wie der Verzicht auf Zigaretten, Al-

kohol und andere Drogen.

Zellbiologe Holger Prokisch ist skeptisch gegenüber hochfliegenden Heilversprechen, er will allerdings auch nicht 120 Jahre alt werden. „Es gibt in diesem Bereich extrem viele Scharlatane, die nur Geld machen wollen“, sagt er. „Evidenzbasiert ist das alles nicht.“

Nur ein Mittel ist bisher zugelassen

Besonders misstrauisch ist der Wissenschaftler bei Nahrungsergänzungsmitteln, die angeblich Mitochondrien tunen. „Alles, was die enthalten, ist auch in Gemüse, Obst, Fleisch und Fisch drin“, sagt Prokisch. Er gibt allerdings zu, dass der Wert der Biohacking-Methoden noch nicht widerlegt ist und dass es auch in der Wissenschaftscommunity einen Boom an klinischen Studien gibt, die Substanzen suchen, die gut für die Mitochondrien sind.

Überprüft ist bisher nur eine einzige: Idebenon. Es ist ein modifiziertes Coenzym Q10 und schützt Mitochondrien vor toxischen Formen des Sauerstoffs. Der ▶

Eiskaltes Händchen

Wer sich zwar kalt, aber nicht gern nass machen möchte, steckt seine Hände in den Vitus-Kühler. Ein teurer Spaß, aber wirksam, weil die Handflächen sehr sensibel sind

