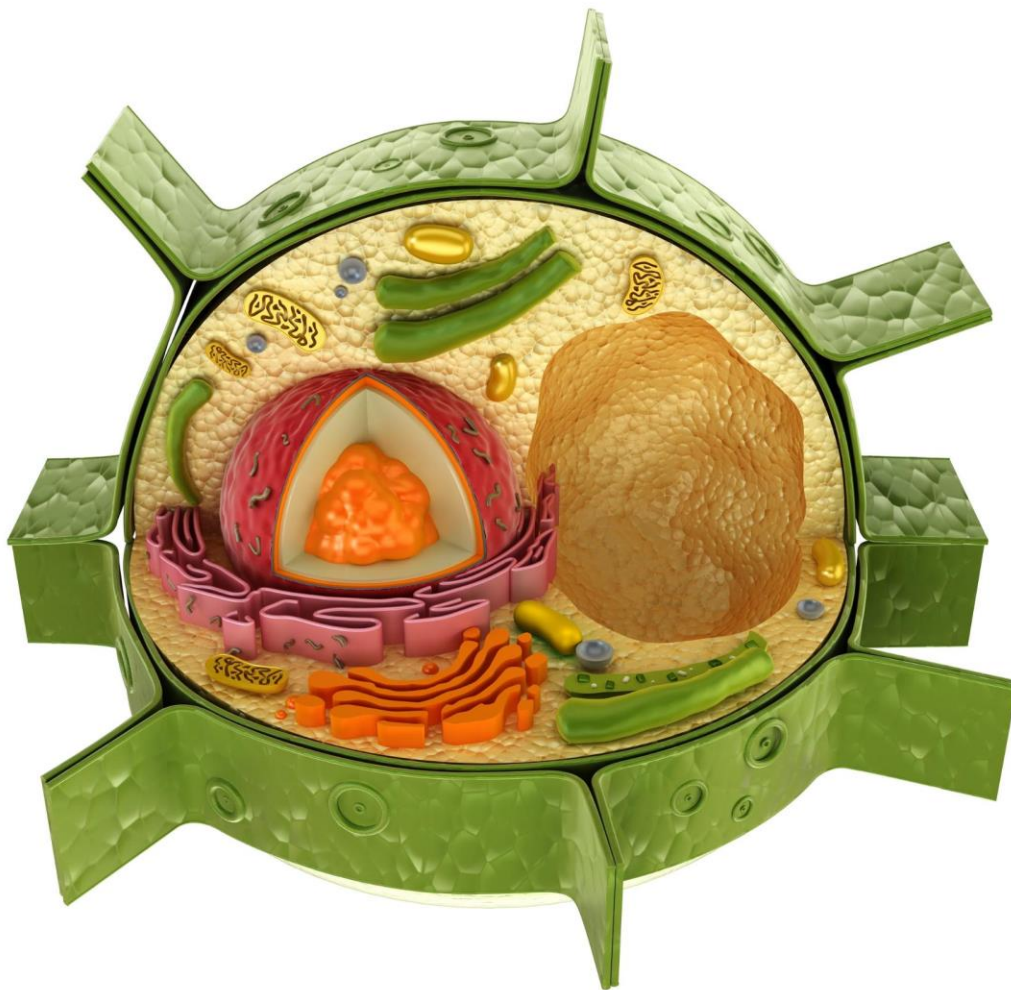


Mitochondrien

Die Kraftwerke unserer Zellen



Eine kurze Geschichte über die Erzeugung von Energie im menschlichen Organismus

„Meine Gehirnzellen atmen intensiver als alle anderen Zellen meines Körpers und erzeugen pro Gramm und Sekunde mehr Energie als ein Gramm unserer Sonne. All dies verdanke ich winzigen Verbrennungsmaschinen im Innern meiner Zellen – den Mitochondrien.“

Zitat von Gottfried Schatz*

Abstrakt

Wir stellen unseren Körper jeden Tag vor viele Herausforderungen, wir denken, bewegen uns, erleben – unsere Organe müssen ständig funktionieren, unsere Nervenspannung aufrechterhalten werden, unsere Muskeln kontrahierbar bleiben. Eine zentrale Aufgabe des Körpers besteht jeden Tag darin, Energie zu gewinnen, die uns all das ermöglicht. Dazu stehen uns besondere kleine Zellorganellen zur Verfügung: unsere Mitochondrien. Sie befinden sich zu tausenden in unseren Zellen und gewinnen aus der Nahrung, die wir zu uns nehmen und dem Sauerstoff den wir einatmen eine energiereiche Verbindung: Adenosintriphosphat, kurz ATP. Dazu nutzen sie das System der oxydativen Phosphorylierung, in dem Elektronen und Protonen über die Mitochondrienmembran verschoben werden, um einen Protonengradienten zu erzeugen, der wiederum eine Art kleine Maschinerie antreibt, die ATP bildet. Hierzu sind wiederum verschiedene Transporter Systeme und Proteinkomplexe notwendig, die zusammengefasst als Atmungskette bezeichnet werden. Besonders im Alter, aber auch durch Stress, schlechte Ernährung oder andere Faktoren verlieren unsere Mitochondrien mit der Zeit an Leistung. Es gibt wissenschaftliche Erkenntnisse, dass die Leistungsfähigkeit von Mitochondrien hervorragend mit Q10 und PQQ regeneriert und unterstützt werden kann.

Die Zellen, bei denen sich eine Verbesserung am deutlichsten zeigt, sind die Muskelzellen. Durch Q10 Supplementierung kann die maximal mögliche ATP-Menge und damit Energie im Körper erzeugt werden, welche die körperliche und geistige Leistungsfähigkeit optimiert werden.

* 1936 - † 2015, schweiz-österreichischer Biochemiker in der Erforschung von Mitochondrien

Key Take-Aways

- Mitochondrien sind die Kraftwerke unserer Körperzellen, ATP ist die universelle Energieeinheit des Körpers
- Mitochondrien sind außerdem von Bedeutung, wenn es um die Entscheidung des Zelltodes geht
- geschädigte Mitochondrien erzeugen mehr freie Radikale bei der ATP-Produktion
- freie Radikale gehören zu den Hauptursachen für die Alterung von Zellen
- Q10 ist ein Elektronentransporter, der eine zentrale Rolle in der ATP-Produktion einnimmt
- Mit dem Alter, aber auch durch Einnahme bestimmter Medikamente nimmt die Q10 Sättigung in unseren Zellen ab
- um die Bioverfügbarkeit von Q10 als Supplement zu erhöhen, muss die Darmresorption erhöht werden, zum Beispiel durch die Cellution® Technologie
- PQQ Supplementierung steigert die Produktion von neuen Mitochondrien

Mitochondrien – die Energiekraftwerke der Zellen

Vergleicht man jede einzelne Körperzelle mit einer kleinen Fabrik, so sind die Mitochondrien deren Kraftwerke, welche die notwendige Energie für alle Abläufe in unserem Körper produzieren. Im Durchschnitt enthalten unsere menschlichen Zellen 1.500 Mitochondrien – Muskeln oder Organe, die eine hohe Stoffwechselleistung aufweisen, enthalten aber sogar mehrere Tausend Mitochondrien!

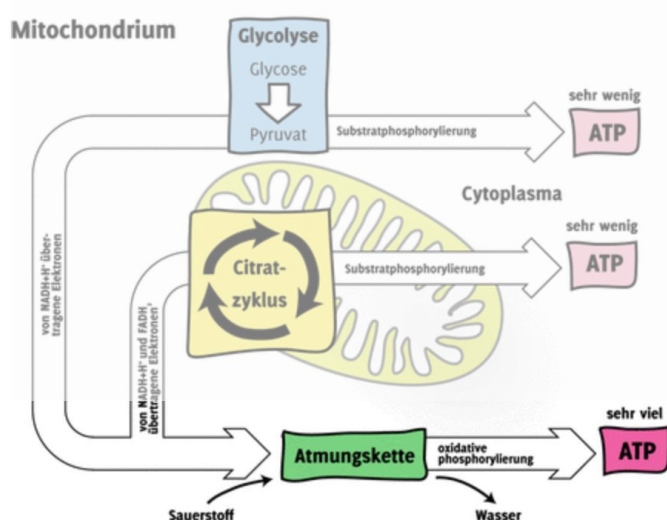
Praktisch jede Zelle des Körpers benötigt eine stete eigene Produktion von ATP (Adenosintriphosphat), der zelleigenen Energiewährung, um ihre Leistungen, ob aufbauend, ordnend, oder kommunizierend, aufrecht zu erhalten.

Einer der international angesehensten Mitochondrien Forscher, Gottfried Schatz, schrieb dazu: „Meine Gehirnzellen atmen intensiver als alle anderen Zellen meines Körpers und erzeugen pro Gramm und Sekunde mehr Energie als ein Gramm unserer Sonne. All dies verdanke ich winzigen Verbrennungsmaschinen im Innern meiner Zellen – den Mitochondrien.“

Mitochondrien entstanden evolutionsbedingt vor ca. 2 Mill. Jahren, als die Sauerstoffkonzentration in der Atmosphäre hoch genug wurde, dass oxydative Phosphorylierung und damit überhaupt die Entstehung von komplexen, mehrzelligen Organismen möglich wurde. Oxidative Phosphorylierung beschreibt den Vorgang, in dem in den Mitochondrien über die Atmungskette Glucose verstoffwechselt wird. Der Brennstoff für die Mitochondrien sind die über die Nahrung konsumierten Kohlenhydrate, Fette und Aminosäuren (Bausteine von Proteinen), welche dann zu Kohlendioxid und Wasser verbrennen.

Dabei werden 95 Prozent des eingeatmeten Sauerstoffs verbraucht. Die zusammenspielenden Proteinkomplexe, die bei der ATP-Synthese beteiligt sind, werden deshalb auch Atmungskette genannt. Die Energiegewinnung in der Atmungskette erfolgt durch die Spaltung von Luftsauerstoff und gebundenem Wasserstoff zu Wasser. Dabei entsteht wesentlich mehr ATP als in der Glykolyse oder im Citratzyklus generiert wird – die sauerstoffgebundene Energiegewinnung in den Mitochondrien ist um den Faktor 15 effizienter. Aus einem Glucosemolekül werden 38 Energie-Einheiten in Form von ATP gewonnen werden. Diese werden dann dem gesamten Körper für unterschiedliche Prozesse zur Verfügung gestellt.

3



Die Menge an ATP die ein Mensch am Tag umsetzen muss, um seinen täglichen Gesamtbedarf zu decken, entspricht in etwa seinem Körpergewicht. Allein die Nervenzellen in unserem Gehirn brauchen 20 – 25 % dieser Energie auf.

Die in den Mitochondrien generierte Energie hält unseren Körper konstant am Laufen – ob es um Muskelkontraktionen, Herzschlag oder Gehirnaktivität geht.

Q10 als Elektronen-Shuttle in der Energieproduktion

Wenn wir uns den Vorgang der oxydativen Phosphorylierung in der Atmungskette im Mitochondrium genauer anschauen, wird klar, dass diese aus verschiedenen Proteinkomplexen und zugehörigen Elektronen-Shuttles besteht. Elektronen müssen innerhalb der Atmungskette von einem zum nächsten Komplex transportiert werden. Dieser Elektronentransport ist wiederum entscheidend für den Transport von Protonen durch eine Membran im Mitochondrium. Dadurch entsteht ein elektrochemischer Gradient: Auf einer Membranseite werden positiv-geladene Protonen angereichert und strömen dann durch einen Proteinkomplex, die ATP-Synthase, zurück. Wie der Name dieses Komplexes bereits sagt, wird durch diesen Protonenstrom die Produktion von ATP ermöglicht.

Bei diesem Prozess spielt das Coenzym 10, auch als Ubiquinon-10, kurz Q10, bekannt, als mobiler Elektronenüberträger in den Mitochondrien eine maßgebliche Rolle. Q10 sowie seine reduzierten Formen Semichinon und Ubiquinol, kurz QH₂, werden in 3 von 4 Proteinkomplexen der Atmungskette benötigt.

Eine ausreichende Sättigung jeder Zelle mit Q10 ist somit Grundvoraussetzung für eine physiologische ATP-Versorgung von Zellen.

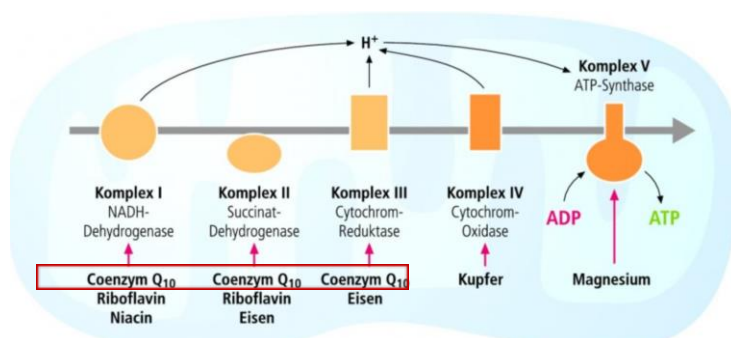


Abbildung 2: schematische Darstellung der mitochondrialen Atmungskette einer Zelle, das Ziel dieser ist die Produktion von zelleigenen Energieeinheiten (ATP)^[1]

Es ist wissenschaftlich erwiesen, dass die Q10 Werte mit dem Alter abnehmen. Beispielsweise finden sich im Myokard von 80-jährigen nur noch etwa 60 % des Q10 Gehaltes verglichen mit 20-Jährigen ^[2].

Hernández-Camacho und Kollegen kommen in einem Review aus dem Jahr 2018 zu dem Schluss, **dass Q10 Supplementierung sinnvoll zur Verlangsamung von Alterungsprozessen und bei chronischen Krankheiten eingesetzt werden kann.** Dazu untersuchten sie die Wirksamkeit von Q10 bei verschiedenen Anwendungsbereichen. Während ein positiver Einfluss zum Beispiel in der Steigerung der Libido von Mann und Frau oder bei dem Diabetes-Krankheitsbild bisher angenommen aber noch nicht ausreichend bestätigt sind, ist die Evidenz in anderen Bereichen bereits gravierend. Darunter fällt zum Beispiel die Stärkung des

Immunsystems, die Verbrennung von Fettreserven, sowie die Verlangsamung von Alterungsprozessen vor allem in Hinblick auf die Muskelfunktion im Alter ^[3]. Q10 Mangel wiederum wird mit einer Erhöhung von oxidativen Schäden in Zusammenhang gebracht ^[4].

Das ist dadurch zu erklären, dass Q10 als natürliches Antioxidans in unseren Körper wirkt und uns vor oxidativem Stress durch freie Radikale schützt. In einer Meta-Analyse von Akbari und Kollegen aus dem Jahr 2020 konnte gezeigt werden, dass Q10 Supplementation zu einer Abnahme der Malondialdehyd (MDA) Werte führte ^[5]. MDA gilt als wichtiger Biomarker für oxidativen Stress, da es bei der Oxidation mehrfach ungesättigter Fettsäuren entsteht. Im Weiteren konnten Akbari *et al* in Ihrer Analyse einen Zusammenhang der Q10 Supplementation und der Zunahme der totalen antioxidativen Kapazität (TAC Level) und der Aktivität des Enzymes Superoxidismutase (SOC), welches für die Umwandlung von hochreaktiven Superoxid Ionen zu Peroxid zuständig ist, beobachten ^[5].

Vom Körper kann eine bestimmte Menge an Q10 produziert und ein kleiner Teil zusätzlich mit der Nahrung aufgenommen werden (z.B. aus kaltgepresstem Olivenöl). Signifikant reduzierter Q10 Gehalt, durch fortgeschrittenes Alter, die Einnahme von Medikamenten, wie beispielsweise Statinen, oder verursacht durch Krankheitsbilder/chronischem Mangel wurden bereits in verschiedenen Studien nachgewiesen. Die Supplementierung von Q10 hat zur Folge, dass dieses Defizit ausgeglichen werden kann und sich der/die entsprechende Konsument*In fitter und vitaler fühlen kann ^[6].

Darmresorption bei Q10 Supplementierung

Ein großes Problem bei der Einnahme von Q10 als Nahrungsergänzungsmittel ist, dass durch den sehr großen, unpolaren Ringsubstituenten schlecht vom Darm resorbiert wird. **Das heißt, selbst wenn Q10 oral eingenommen wird, wird ein Großteil nicht in unsere Blutbahnen, von dort in die Zellen und letztlich in die Mitochondrien gelangen.** Das liegt zum einen an dem hohen Molekulargewicht des Moleküls, als auch an seiner Hydrophobie, womit die schlechte Mischbarkeit mit Wasser gemeint ist. Generell werden zu resorbierende, lipophile, also fettähnliche, unpolare Stoffe, die zudem langkettig sind, im Darm mit Hilfe von Gallensalzen emulgiert. Dabei werden die aufzunehmenden Substanzen in kleine Mizellen verpackt und können dann vom Darmepithel aufgenommen werden. Dieser körpereigene Prozess wurde in der Cellution® Technologie nachgebildet. **Die Resorptionsrate wird so auf ca. 80 % angehoben.** Zusätzlich wird jedoch auch gewährleistet, dass Q10 mittels dieses Systems gut im Körper verteilt wird. Das ist wichtig, da die alleinige Aufnahme in die Blutgefäße bei diesem Wirkstoff nicht ausreichend ist. Vielmehr muss dieser in sehr vielen, zum Teil sehr unterschiedlichen Zellen in das Mitochondrium gebracht werden, um seine gewünschte Wirkung zu entfalten.

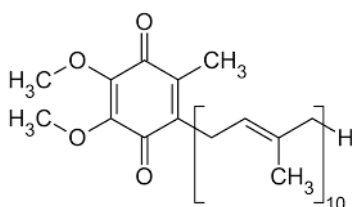


Abbildung 1 Q10 molekulare Struktur ^[1]

Lebenszyklus der Zellen

Im Lebenszyklus entstehen ständig neue Zellen und alte sterben ab – die meisten unserer Körperzellen erneuert sich so ständig selbst.

Zu dieser Zellerneuerung gehört auch der programmierte Zelltod, die Apoptose. Dabei werden alte oder nicht mehr richtig funktionierende Zellen aussortiert, um zur Gesundheit des Menschen beizutragen. Zellen, die keine Apoptose mehr eingehen können, stellen eine Gefahr dar – Mutationen, die zu fehlerhaften Abläufen führen können, werden dann nicht mehr erkannt, können unbemerkt Schäden anrichten und führen häufig zu Krebserkrankungen.

Mitochondrien nehmen im Lebenszyklus unserer Zellen eine entscheidende Funktion ein. Das liegt daran, dass sie maßgeblich an der Entscheidung und Einleitung des programmierten Zelltodes beteiligt sind. Die Apoptose wird entweder durch äußere Signale, extrinsisch, oder durch zellinnere Faktoren, intrinsisch, ausgelöst. Der intrinsische Weg führt über die Permeabilisierung der Mitochondrienmembran zu einer Ausschüttung von Botenstoffen, den Zytokinen, welche den Zelltod dann einleiten können. Dieser Prozess verbraucht wiederum Energie in Form von ATP, nur wenn die Zelle noch fähig ist, genügend ATP für die Einleitung des Zelltodes zur Verfügung zu stellen, können diese Vorgänge richtig ablaufen.

Mitochondrialer Stress & Alterung

In Mitochondrien wird innerhalb der Atmungskette aus Sauerstoff und Protonen Wasser erzeugt. Dieser Prozess ist stark exotherm, dabei wird also Energie frei, da die Reaktion energetisch sehr stark begünstigt ist. Zu einem geringen Prozentsatz wird hierbei teilweise nur ein Proton übertragen, wodurch ein Radikal entsteht. Radikale sind sehr reaktive Teilchen, die im Prinzip alles angreifen können, was sich in Ihrer näheren Umgebung befindet: beispielsweise mitochondrielle DNA, aber auch Proteine. Dadurch dass vor allem auch das Mitochondrium selbst angegriffen wird und Mutationen entstehen können, kommt es dazu, dass es durch fehlerhaftes Arbeiten noch mehr Radikale produzieren kann. Genau dieses Problem ist auch bei der natürlichen Alterung der Fall – wenn wir altern, akkumulieren wir Mutationen und unser Körper beginnt weniger genau zu arbeiten und wird fehleranfälliger. Dadurch leidet im Alter auch wieder die ausreichende Versorgung unserer Zellen mit ATP.

Pyrrolochinolinchinon (PQQ)

PQQ ist ein wichtiger enzymatischer Cofaktor und kann unter Anderem zum Beispiel in Kiwi-Früchten und Cheddar-Käse über die Nahrung aufgenommen werden. In Studien wurde herausgefunden, dass **PQQ die Zellen zur Mitochondrienproduktion anregt.** Durch Supplementierung von PQQ können die PGC-1 α Protein werte gesteigert werden, wodurch die Mitochondrien Biogenese auf Genexpressionsebene angekurbelt wird^[7]. Darüber hinaus besitzt PQQ wie Q10 **starke antioxidative Fähigkeiten und kann demnach vor oxidativem Stress schützen.** Dadurch wird auch die Gesundheit der Mitochondrien und deren Funktionen unterstützt. Studien zeigen insbesondere eine bessere kardiovaskuläre und kognitive Leistungsfähigkeit, wenn die beiden Nährstoffe – PQQ und Q10 – supplementiert werden. Beispielsweise wurde in Studien ein Zusammenhang von PQQ Supplementierung und von Reduktion durch oxidativen Stress entstandene Zelltod bei Nervenzellen hergestellt^[8].

Das ist keine Überraschung, da das Herz und das Gehirn bei weitem die beiden Organe sind, die die meiste Energie verbrauchen.

Zusammenfassung

Unsere Mitochondrien stehen am Anfang unserer Leistungsfähigkeit – sie sind für die Produktion der universellen Energieeinheit ATP in unserem Körper verantwortlich.

Der zentralen Bedeutung sowie der richtigen Pflege und Optimierung dieser kleinen zelleigenen Kraftwerke wird nicht genügend Wichtigkeit geschenkt.

Q10 sowie PQQ sind nachgewiesen wirksame Stoffe gegen mitochondrielle Alterungsprozesse sowie oxidativen Stress in unseren Mitochondrien. Sie können nicht nur unsere Leistungsfähigkeit erhöhen und unsere Lebensqualität verbessern, sondern werden auch im Zusammenhang mit bestimmten Krankheitsbildern wie Diabetes, neurodegenerativen oder kardio-vaskulären Krankheiten untersucht. Mangelzustände können beispielsweise durch fortgeschrittenes Alter oder die Einnahme von Medikamenten entstehen. Vor allem dann, aber auch in anderen Lebenssituationen ist eine Supplementierung sinnvoll. mitAURO bietet vier Q10-enthaltende Produkte für unterschiedliche Lebenssituationen. Außerdem gibt es mit dem Produkt CLIMAX die Möglichkeit einer 25-tägigen Kur mit Q10 und PQQ Supplementierung.

Referenzen

- [1] <https://www.deutsche-apotheker-zeitung.de/daz-az/2009/daz-8-2009/statine-und-coenzym-q10>.
- [2] W. Bayer, K. Schmidt, *Ernährung & Medizin* **2002**, *17*, 138-140.
- [3] A. Fischer, S. Onur, P. Niklowitz, T. Menke, M. Laudes, G. Rimbach, F. Döring, *PLoS One* **2016**, *11*, e0167124.
- [4] J. D. Hernández-Camacho, M. Bernier, G. López-Lluch, P. Navas, *Frontiers in physiology* **2018**, *9*, 44.
- [5] A. Akbari, G. R. Mobini, S. Agah, M. Morvaridzadeh, A. Omid, E. Potter, S. Fazelian, S. H. Ardehali, E. Daneshzad, S. Dehghani, *European journal of clinical pharmacology* **2020**, 1-17.
- [6] L. González-Guardia, E. M. Yubero-Serrano, J. Delgado-Lista, P. Perez-Martinez, A. Garcia-Rios, C. Marin, A. Camargo, N. Delgado-Casado, H. M. Roche, F. Perez-Jimenez, *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences* **2015**, *70*, 78-84.
- [7] P. S. Hwang, S. B. Macheek, T. D. Cardaci, D. T. Wilburn, C. S. Kim, E. S. Suezaki, D. S. Willoughby, *Journal of the American College of Nutrition* **2020**, *39*, 547-556.
- [8] K. Nunome, S. Miyazaki, M. Nakano, S. Iguchi-Arigo, H. Ariga, *Biological and Pharmaceutical Bulletin* **2008**, *31*, 1321-1326.



mitAURO.com

Eine Marke der Metabolic Tuning AG



metabolic-tuning.com

Metabolic Tuning AG

Steinacherstrasse 2a

CH-9327 Tübach

info@metabolic-tuning.com

tel: +41 71 511 24 74