

# Ketogene Ernährung

## Warum sind Fette besser als Kohlenhydrate?

Meist wird eine mediterrane Ernährung empfohlen. Sie beinhaltet viel Obst und Gemüse sowie Kohlenhydrate, wenig Fett und Fleisch. Forscher haben aber herausgefunden, dass eine kohlenhydratarme und zugleich extrem fettreiche Ernährung dazu beitragen kann, einige Krankheiten günstig zu beeinflussen, wie z.B. Krebs oder Epilepsie. Was hat es mit der ketogenen Ernährung auf sich? Und was hat diese Form der Ernährung mit dem Fasten zu tun?

Um seine Funktionen aufrecht zu erhalten, benötigt der Körper Energie. Diese Energie bekommt er aus seiner Nahrung. Unter normalen Umständen deckt der Körper seinen Energiebedarf zu 47 % aus Kohlenhydraten, zu 38 % aus Fetten und zu 15 % aus Proteinen. Dabei entsteht im Ruhezustand ein täglicher Glukosebedarf des Gehirns von 100 bis 150 g. Dies entspricht zwei Drittel des täglichen Glukosebedarfs des Körpers, das andere Drittel wird hauptsächlich von den Erythrozyten und der Skelettmuskulatur genutzt [1].

Nach einer kohlenhydratreichen Mahlzeit wird die daraus aufgespaltene Glukose als Hauptenergiequelle genutzt. Die Glukosemoleküle werden mithilfe des Insulins in die Zellen transportiert. Dort werden sie über die Atmungskette in den Mitochondrien mittels Sauerstoff zu der

„Energiewährung“ Adenosintriphosphat (ATP) verarbeitet.

ATP entsteht in den Mitochondrien über mehrere Stoffwechselschritte. Das wichtigste Stoffwechselzwischenprodukt ist dabei das Acetyl-Coenzym A (Acetyl-CoA). Dies wird in den Zitratzyklus oder auch Krebszyklus genannt, geleitet, an dessen Ende die o.g. Atmungskette steht mit dem „Endprodukt“ ATP. Auch Eiweiße und Fette gelangen über einige Umwandlungsschritte in den Zitratzyklus und die Atmungskette (► Abb. 1) [1].

## Ketonbildung beim Fasten

Was passiert, wenn nicht genügend Kohlenhydrate zur Verfügung stehen? Sinkt der Blutzuckerspiegel unter einen bestimmten Wert, wird das Hormon Glukagon ausgeschüttet. Dadurch werden einerseits aus dem Speicherzucker Glykogen (in Leber und Muskelgewebe) Glukose freigesetzt und ins Blut abgegeben, andererseits aus Aminosäuren (aus Proteinen der Muskulatur) neue Glukose synthetisiert. Diese Mechanismen sichern eine relativ konstante Glukosekonzentration im Blut.

Während der ersten 24 Stunden wird vor allem Glykogen aus der Leber abgebaut. Der Vorrat schmilzt dabei um etwa 90 %.

Zu Beginn des Hungerns kann der Körper eines gesunden Erwachsenen noch 150 g Glukose pro Tag über die Glukoneogenese aus Proteinen in der Leber und den Nieren synthetisieren. Dies wäre dauerhaft für unsere Muskeln von Nachteil. Aus diesem Grund stellt der Körper den Stoffwechsel um und verwendet nun die Fettreserven als Energiegeber, die Proteinreserven werden so geschont [1]. Fette bestehen aus zwei Bestandteilen: Glycerin und Fettsäuren. Glycerin kann zu Glukose – jedoch nur in geringem Umfang – umgewandelt werden. Fettsäuren können dies nicht. Sie werden in den Mitochondrien der Leberzellen zu Acetyl-CoA, dem bereits erwähnten Schlüsselenzym des Stoffwechsels, umgewandelt. Da diese Moleküle nicht über das Blut an andere Zellen weitergeleitet werden können, wird eine Transportform benötigt. Dazu werden die Acetyl-CoA-Moleküle zu Ketonkörpern umgewandelt.

Es gibt drei Arten von Ketonkörpern: die Acetone, die Acetoacetate und die 3-Hydroxybutyrate. Aceton ist für den Körper nicht verwertbar, es wird in der Regel über die Lunge abgeatmet. Die anderen Stoffe sind verwertbar. Sie können über das Blut in die Zielzelle gelangen und dort wieder zu Acetyl-CoA umgewandelt, in den Citratzyklus eingebracht und in der Atmungskette zu ATP umgewandelt werden.

Der Anstieg der Ketonkörper im Blut nennt sich Ketose. Wenn die Ketonkörperkonzentration im Blut stark ansteigt, nutzen auch Gewebe, die normal keine Fettsäuren verstoffwechseln, Ketonkörper zur Energiegewinnung. Ein Beispiel hierfür ist das Gehirn. Andere Gewebe, wie der Herzmuskel und die Nierenrinde bevorzugen generell Ketonkörper [1].

Während des Fastens decken Ketonkörper nach der ersten Nacht 2 – 6 % des Energiebedarfs, nach drei Tagen bereits 30 – 40 %. Schon zu Beginn des Fastens werden Ketonkörper von Herz- und Skelettmuskulatur sowie der Niere verstoffwechselt (► Tab. 1). Gleichzeitig wird die Energieerzeugung über Glukose herabgesetzt und die Proteolyse stark eingeschränkt.

Durch die Nutzung der Ketonkörper können die meisten gesunden Zellen des Körpers auf Kohlenhydrate weitgehend verzichten. Die dann noch in kleinen Mengen für bestimmte Stoffwechsellvorgänge benötigte lebensnotwendige Glukose kann die Leber, wie gesagt, aus Aminosäuren herstellen (Glukoneogenese). Erythrozyten beispielsweise können nicht auf die Verwertung von Ketonkörpern umstellen. Auch das Gehirn ist z.T. auf die Glukoneogenese angewiesen, die in Hungerzeiten ein Drittel des Energiebedarfs decken müssen. Die anderen zwei Drittel Energie deckt das Gehirn dann ebenfalls aus der Oxidation von Ketonkörpern.

Es ist also möglich, sich nahezu ohne Kohlenhydrate zu ernähren, wenn man Eiweiße und Fett in ausreichender Menge zu sich nimmt. Wie lange diese Hungerperiode dauern darf, hängt vom Ausmaß der Fettreserven ab. Entsprechend dem individuellen Ernährungszustand können zwischen wenigen Wochen und mehreren Monaten [2] überstanden werden.

## Ketonbildung bei der ketogenen Ernährung

Ketonkörper können aber auch aus den Nahrungsfetten gebildet werden. Eine Ernährung, die kaum Glukose oder andere Kohlenhydrate, aber einen hohen Anteil an Ölen, Fetten und Proteinen aufweist, reicht aus, um den notwendigen Blutzuckerspiegel zu gewährleisten. Liegt der Anteil an Glukose oder verwertbaren Kohlenhydraten dabei unter einem Schwellenwert von weniger als 50 g pro Tag, so stellen sich die meisten gesunden Zellen auf die Verwertung von Fettsäuren und Ketonkörpern um. Der restliche benötigte Zucker wird aus den übrigen Kohlenhydraten, die noch in der Nahrung (z. B. Obst, Milchprodukte) erhalten sind, und der Glukoneogenese in der Leber zur Verfügung gestellt.

Ein Beweis, dass diese Ernährungsumstellung funktioniert, zeigt eine Studie

nach Musa-Veloso aus dem Jahr 2002. Sie zeigt, dass sich eine Stunde nach Einnahme einer ketogenen Mahlzeit eine signifikante Erhöhung der Konzentration von Azeton in der Atemluft nachweisen lässt. Bei der ketogenen Diät lässt sich eine Ketonämie, also das Auftreten hoher Konzentrationen von Ketonkörpern im Blut, dauerhaft aufrechterhalten, indem Nahrungsfette die überwiegende Energiequelle bilden und die Insulinfreisetzung durch den geringen Gehalt an Kohlenhydraten in der Nahrung herabgesetzt ist [2].

## Tipps für eine ketogene Ernährung

Eine Umstellung ist grundsätzlich möglich, sie setzt aber eine sorgfältige Auswahl der Produkte sowie Kenntnisse der Ernährungslehre voraus. Wichtigstes Prinzip ist die stark eingeschränkte Zufuhr von Kohlenhydraten (maximal 50 g pro Tag) bei erhöhter Zufuhr von guten Fetten und ausgeglichener Eiweißbilanz. Kohlenhydratreiche Sättigungsbeilagen müssen gestrichen oder ersetzt werden. Bei der Fettzufuhr sollte auf hochwertige kaltgepresste Pflanzenöle zurückgegriffen werden, die vor allem Omega-3-Fettsäuren und fettlösliche Vitamine, wie Vitamin D, enthalten.

Täglich sollten mindestens 4 bis 6 g Omega 3-Fettsäuren verzehrt werden. Bei Milchprodukten sollte auf den Milchzuckeranteil geachtet werden. Joghurt, Sauermilch und Quark sind zu empfehlen, fettreduzierte Waren weisen häufig einen hohen Milchzuckeranteil auf bzw. sind zusätzlich gesüßt. Generell ist bei Packungsangaben darauf zu achten, dass sich der Zucker nicht hinter Begriffen wie Dextrose, Maltose oder Fructose versteckt. Es können alle Fleisch- und Fischarten verzehrt werden, allerdings nicht paniert. Nüsse und Ölsamen sowie grünes Gemüse, Tomaten, rohe Karotten, Paprika und alle Salate können ohne Bedenken verzehrt werden. Hilfreich, um die Gesamtkohlenhydratzufuhr zu kontrollieren, können Tabellen sein, die vertragen wie viele Kohlenhydrate je 100 g enthalten sind. Um Nierensteine zu vermeiden und überschüssige Ketonkörper auszuschwemmen, ist eine ausreichende Flüssigkeitszufuhr von mindestens zwei bis drei Litern unerlässlich [3].

## Anwendungsgebiete der ketogenen Ernährung

Die ketogene Ernährungsweise wird bei vielen Erkrankungen angewendet. Laut einem Review der Wissenschaftler A. Paoli, A. Rubini, J. S. Volek und K. A. Grimaldi ist es wissenschaftlich erwiesen, dass durch diese Ernährungsform Krank-

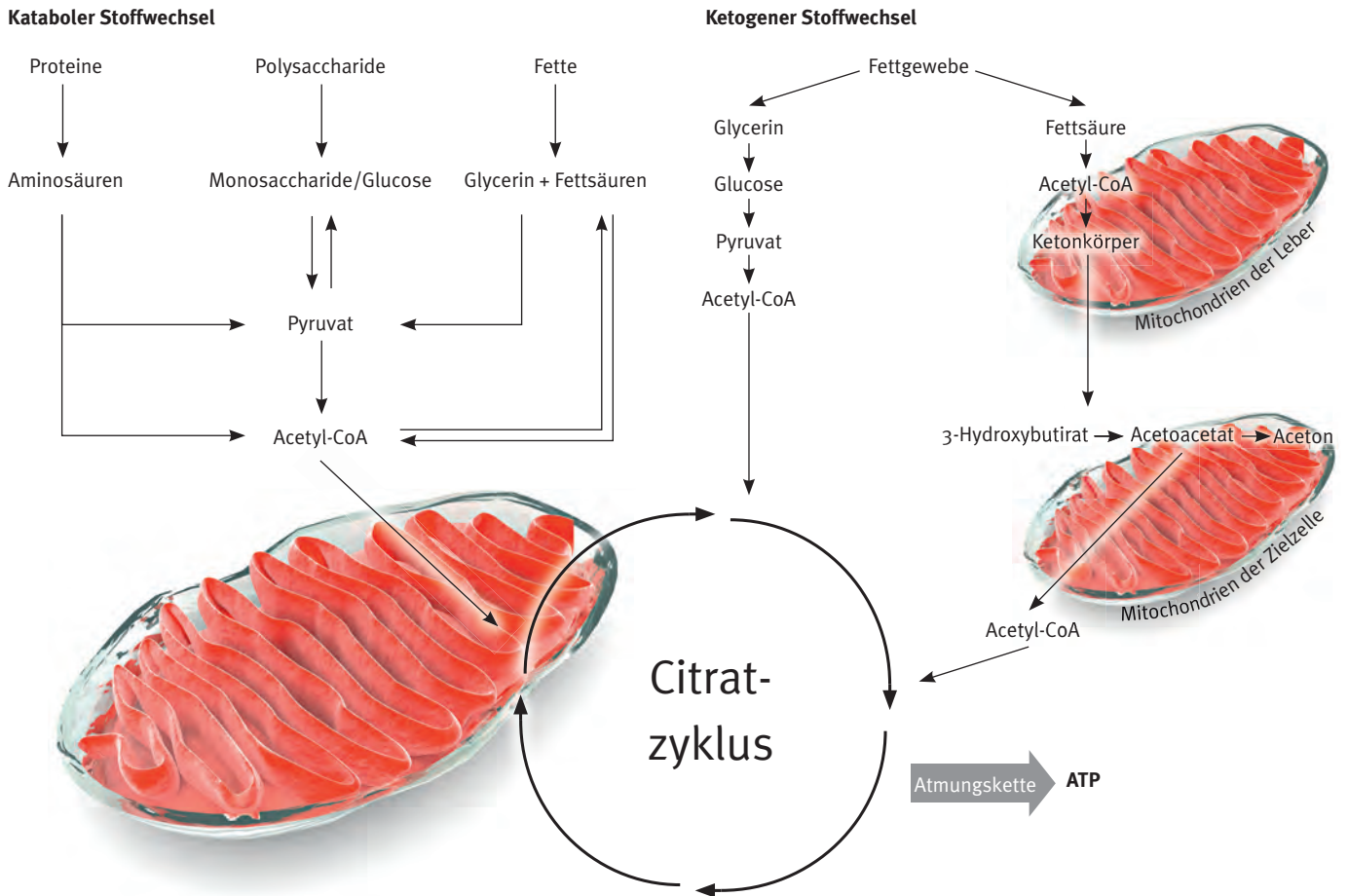


Abb. 1: ATP entsteht in den Mitochondrien über mehrere Stoffwechselwege. Das Endprodukt ist bei allen Wegen das Acetyl-CoA, das in den Citratzyklus geht.

heiten wie Typ-2-Diabetes, Epilepsie und Herz-Kreislauf-Erkrankungen behandelt werden können. Noch nicht ausreichend wissenschaftlich belegt ist ihrer Meinung nach die Auswirkungen auf Krankheiten wie Nickkrampf, Autismus, Hirntumore, Alzheimer, Lou Gehrig-Krankheit, Depressionen, Schlaganfälle, Schädeltraumata, Parkinson, Migräne, Schlafstörungen, Schizophrenie, Angstzustände, ADHS, Reizbarkeit, Polyzystisches Ovarialsyndrom, Reizdarmsyndrom, gastroösophageale Reflux Krankheit, Akne, Tremor, respiratorische Insuffizienz sowie Krebs. Sie werden aber bereits erfolgreich in der Praxis angewendet [49].

### Gewichtsreduktion

Die Therapie mit einer ketogenen Ernährung zur Gewichtsreduktion ist evidenz-

basiert geprüft. Laut verschiedenen Studien verloren Patienten in den ersten 3 – 6 Monaten deutlich mehr Gewicht, als Patienten, die eine andere Ernährungsweise befolgten [5].

### Epilepsie

Frühe Aufzeichnungen des Arztes Hippokrates belegen einen erfolgreichen Versuch, Epilepsieerkrankte durch strenges Fasten von ihren Anfällen zu befreien. In den 1920ern erfuhr diese Idee aufgrund mangelnder Antiepileptika eine Renaissance. Der amerikanische Arzt Conklin führte bis zu 25 Tagen anhaltende Fastenkuren durch und konnte bei 90 % der unter 10-Jährigen eine Heilung erzielen. Die Erfolgsrate bis zum Erwachsenenalter lag immerhin noch bei 50 %. Die dafür verantwortlichen Ketone können aber auch über die Ernährung er-

zeugt werden. Die klassische ketogene Diät bei Epilepsie sieht ein Verhältnis von 4 Teilen Fett zu 1 Teil Kohlenhydrat und Eiweiß vor. Es können aber auch weniger strenge Methoden, wie die modifizierte Atkins-Diät, die einen höheren Anteil an Proteinen zulässt, angewendet werden. Sie ist etwas weniger effektiv, dafür aber einfacher in den Alltag zu integrieren [6].

### Herz-Kreislauf-Erkrankungen

Laut Studien hat die ketogene Ernährung positive Effekte auf die Risikofaktoren einer Herz-Kreislauf-Erkrankung. Dies basiert beispielsweise auf der Senkung des Blutinsulinspiegels [4].

### Diabetes Typ 2

Untersuchungen an sich ketogen-ernährenden Menschen haben gezeigt, dass durch die Ernährungs-Umstellung der Blutglukosespiegel gesenkt und der Ketonkörper Spiegel angehoben wird. Zudem werden Blutglukosespitzen vermieden, die nach einer kohlenhydrathaltigen Mahlzeit auftreten. Dadurch wird der Insulinspiegel im Blut gesenkt bzw. konstant gehalten. Die Ernährung wirkt sich nicht nur wegen der geringeren Zuckernahrung positiv aus, sie verbessert auch die systemische Insulinsensitivität [4].

Ernährungsstatus	Glukose	Ketonkörper	Fettsäuren
Gefüttert	5,5 mM	0,01 mM	0,30 mM
Hunger (40 Stunden)	3,6 mM	2,9 mM	1,15 mM
Hunger (7 Tage)	3,5 mM	4,5 mM	1,19 mM

Tab. 1: Während der Stoffwechsellumstellung aufgrund geänderter Nährstoffzusammensetzungen verändert sich auch die „kalorische Homöostase“, also das Zusammenspiel von Glukose, Ketonkörpern und Fettsäuren bei der Bereitstellung der Energie.  
Quelle: Medizinische Hochschule Hannover



## Krebs

Viele Tumorzellen gelangen durch einen Zuckerstoffwechsel zu ihrer Energie. Diese Erkenntnis geht auf eine Beobachtung des deutschen Nobelpreisträgers Otto Warburg vor über 80 Jahren zurück: Viele Krebszellen können einen Großteil ihrer Energie nicht wie gesunde Zellen aus der Zellatmung und dem Abbau von Fetten gewinnen, sondern sind abhängig von einer Vergärung von Zucker. Die Gärung braucht große Mengen Glukose und die Krebszellen sind somit abhängig von einer ausreichenden Versorgung mit Zucker [3].

Durch die Umstellung auf ketogene Kost kann die Glukoseversorgung der Tumorzellen beeinflusst werden. Ein Vorteil liegt darin, dass hierdurch ein schneller Anstieg des Blutzuckerspiegels vermieden wird. Dadurch wird kaum noch Insulin ausgeschüttet. Insulin dient nicht nur dem Zuckertransport in die Zellen, sondern wirkt für viele Tumoren auch als Wachstumsfaktor. Somit beschränkt diese Ernährung auch dadurch die Tumormehrung [3].

## Fazit

Unser Körper profitiert bei einer längeren Hungerperiode von dem Mechanismus der Ketogenese. Ohne ihn hätten wir in unserer evolutionsgeschichtlichen Vergangenheit einige Probleme gehabt. Dieser Mechanismus ist aber auch durch die Ernährung zu aktivieren und hilft uns hier gegen einige Krankheiten anzugehen. Einzelbeobachtungen an Patienten mit bösartigen Erkrankungen haben ge-



In der ketogenen Ernährung dürfen vor allem Nüsse, Öle, Eiweiß und Fett gegessen werden.

zeigt, dass eine ketogene Diät die Lebensqualität verbessern und möglicherweise auch den Krankheitsverlauf verlangsamen oder gar stoppen kann.

Lisa Kirchner

### Literatur

- 1] [http://bilder.buecher.de/zusatz/35/35935/35935612 lese\\_1.pdf](http://bilder.buecher.de/zusatz/35/35935/35935612 lese_1.pdf).
- 2] Würzburg, Universitäts-Frauenklinik. Die Ketogene Ernährung bei Krebserkrankungen. [Online] 11 2008. [Zitat vom: 4. 12 2014.] [http://lchf.de/wp-content/uploads/2011/06/ketogene\\_ernaehrung\\_bei\\_krebs.pdf](http://lchf.de/wp-content/uploads/2011/06/ketogene_ernaehrung_bei_krebs.pdf).
- 3] Douglas C. Wallace, Weiwei Fan and Vincent Procaccio. Mitochondrial Energetics and Therapeutics. [Annu Rev Pathol] 2010. 5:297-348.
- 4] A. Paoli, A. Rubini, J.S. Volek and K.A. Grimaldi.

*Beyond weight loss: a review of the therapeutic uses of very-low-carbohydrate (ketogenic) diets. [European Journal of Clinical Nutrition] s.l.: Macmillan Publishers Limited, 2013. 67, 789-796.*

5] I. Shai, D. Schwarzfuchs, Y. Henkin, D.R. Shahar, S. Witkow, I. Greenberg et al. Weight loss with a low-carbohydrate, mediterranean, or low-fat diet. [N Engl J Med] 2008. 359: 229-241.

6] Dipl.troph. Irina Baumbach, MPP. Fachgesellschaft für Ernährungstherapie und Prävention (FET) e.V. [Online] 2014. [Zitat vom: 5. 12. 2014.] [www.fet-ev.eu/ernaehrungsmedizin/144-ernaehrungstherapie-epilepsie](http://www.fet-ev.eu/ernaehrungsmedizin/144-ernaehrungstherapie-epilepsie).

7] Hannover, Medizinische Hochschule. Grundlagen des Stoffwechsels. [Online] [Zitat vom: 3. 12. 2014.] [www.mh-hannover.de/fileadmin/institute/klinische\\_biochemie/downloads/vorlesungen/Stoffwechsel-Unterricht.pdf](http://www.mh-hannover.de/fileadmin/institute/klinische_biochemie/downloads/vorlesungen/Stoffwechsel-Unterricht.pdf).

### Jetzt auch auf Facebook!

„Gefällt mir“ klicken und keine Sonderaktionen mehr verpassen!



[www.facebook.com/naturheilkundejournal](http://www.facebook.com/naturheilkundejournal)

