

Carnitin

Sport und Gesundheit, Biochemie und Qualitative Analyse

von Wolfgang Proske, Volker Wiskamp und Martin Holfeld

Impressum: Prof. Dr. V. Wiskamp, FH Darmstadt, Fb. CuB, Hochschulstr. 2, D-64289 Darmstadt

Lernziel

Carnitin ist ein Inhaltsstoff einiger Sportnahrungsergänzungsmittel, insbes. der sog. Fat-Burner. Viele Schüler kennen diese aus dem Fitnessstudio oder aus Sportzeitschriften. In der Schule kann den Jugendlichen ein Einblick in die Funktion des Carnitins im menschlichen Körper gegeben werden. Dies kann im Chemie- oder Biologieunterricht geschehen, wenn die Themen Stoffwechsel und Gesundheit auf dem Programm stehen. Alternativ kann die Biochemie des Carnitins im Sportunterricht besprochen werden. Letztere Vorgehensweise eröffnet die Chance, in einem Fach, – Sport –, in dem chemische Lerninhalte von den Schülern gar nicht erwartet werden, Interesse für die Naturwissenschaft Chemie zu wecken (vgl. [1, 2]).

Im Folgenden wird die Wirkungsweise des Carnitins erklärt. Außerdem wird erläutert, weshalb Fat-Burner und spezielle Herzmedikamente Carnitin enthalten, obwohl sie für andere Zwecke bestimmt sind. Ergänzend wird ein einfacher qualitativer Nachweis von Carnitin in einem Sportgetränk und einem Herzmedikament vorgestellt.

Funktion des Carnitins

Eine Form der Energiegewinnung im menschlichen Körper ist die Verbrennung von Fettsäuren. Diese werden zunächst durch eine Bindung an das Coenzym A aktiviert. (Coenzym A, meistens einfach als CoA abgekürzt, enthält eine Thiol-Gruppe und wird deshalb manchmal auch exakter als CoASH abgekürzt. Über den Schwefel kann die Acylgruppe einer Fettsäure kovalent (Thioester-Bildung) gebunden werden.) Der nun reaktivere Fettsäure-Thioester wird schrittweise zu Acetyl-Gruppen abgebaut, die im Zitronensäurezyklus und in der Atmungskette weiter umgesetzt werden. (Details können in Lehrbüchern der Biochemie, z.B. [3], nachgelesen werden.)

Die Biochemie des Fettsäure-Stoffwechsels wird dadurch komplizierter, dass die Bildung der Fettsäure-Coenzym A-Verbindungen außerhalb und die folgende Oxidation innerhalb der Mitochondrien erfolgt, die Verbindungen selbst aber die innere Mitochondrien-Membran nicht durchdringen können. Das Problem wird mit Hilfe des Carnitins gelöst. Dieses geht außerhalb der Mitochondrien eine Umesterungsreaktion mit einer Fettsäure-Coenzym A-Verbindung ein, die durch die Carnitin-Palmitoyl-Transferase I (CTP I) katalysiert wird. Das resultierende Acyl-Carnitin kann die Mitochondrien-Membran passieren. Im Inneren der Mitochondrien katalysiert die Carnitin-Palmitoyl-Transferase II (CTP II) die Rückreaktion, wobei die ursprüngliche Fettsäure-Coenzym A-Verbindung und das Carnitin recycelt werden. Das Carnitin kehrt durch die Mitochondrien-Membran ins Cytosol zurück, wo es für einen neuen Transport-Zyklus zur Verfügung steht [3] (s. Abbildung 1).

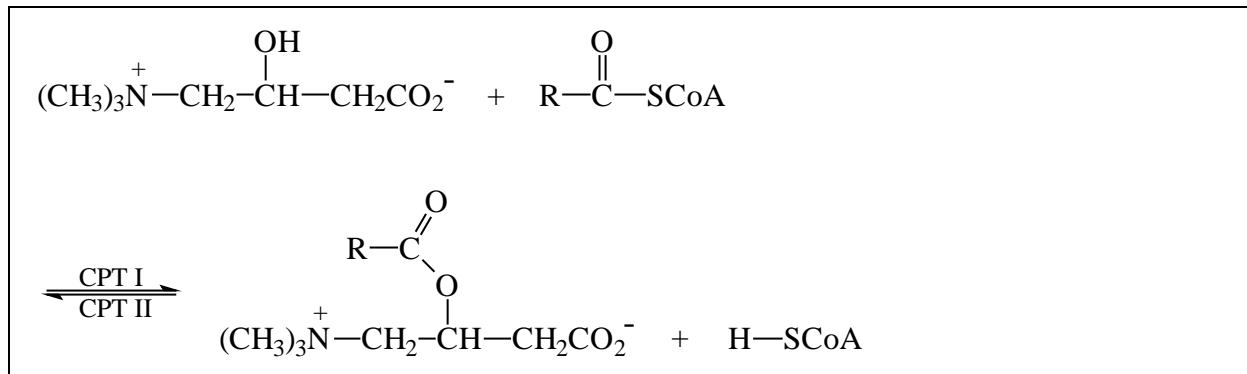


Abb. 1: Carnitin als Transport-Molekül: Hinreaktion außerhalb, Rückreaktion innerhalb der Mitochondrien.
R = Fettsäurerest; HSCoA = Coenzym A.

Carnitin in Fat-Burnern

Im Bodybuilding-Sport unterscheidet man verschiedene Phasen, in denen die Muskulatur geformt wird. In der Aufbauphase trainiert der Bodybuilder mit relativ hohen Gewichten und nimmt große Mengen an Proteinen und Eiweiß-Hydrolysaten zu sich. Obwohl der Muskelzuwachs im Vordergrund steht, setzt der Sportler viel Fett an, weil er Nahrung im großen Überschuss konsumiert. Man sieht, dass seine Muskeln von einer Fettschicht überzogen sind. Vor einem Wettkampf muss der Bodybuilder diese wieder los werden, um die Muskulatur deutlich sichtbar zu machen. Er trainiert deshalb mit geringeren Gewichten und zahlreichen Wiederholungen. Viele Bodybuilder haben dennoch Schwierigkeiten, das Fett über ihren Muskeln abzubauen. Sie verwenden daher spezielle Präparate, die sog. Fat-Burner, die carnitinhaltig sind und den Fettstoffwechsel anregen.

Den Schülern sollte deutlich gesagt werden, dass die Reihenfolge, erst Muskeln und Fett aufzubauen und das Fett anschließend mit Hilfe eines Fat-Burners wieder abzubauen, mit einer gesunden Lebensweise nichts zu tun hat.

Carnitin in Herzmedikamenten

Die meisten Muskelzellen gewinnen ihre Energie bevorzugt durch die Oxidation von Kohlenhydraten. Erst wenn die Glykogen-Speicher aufgebraucht sind, schalten die Muskelzellen auf die Verbrennung von Fettsäuren um. Die Herzmuskelzellen decken ihren Energiebedarf allerdings zu ca. 70 % durch die Oxidation freier Fettsäuren ab. Nur bei einem ausreichenden Carnitin-Angebot, das bei einem gesunden Menschen durch normale Nahrung gewährleistet ist, können die Fettsäuren zur Energiegewinnung in die Mitochondrien der Herzmuskeln gelangen (s.o.) und gleichzeitig die toxischen, angehäuften Fettsäuren aus den Zellen geschleust werden. Krankheitsbedingter Carnitin-Mangel führt u.a. zu Herzrhythmusstörungen und kann durch carnitinhaltige Medikamente therapiert werden.

Carnitin-Nachweis mit Reinecke-Salz

Im sauren Medium bildet Carnitin mit Reinecke-Salz eine rosa gefärbte, schwerlösliche Verbindung (s. Abbildung 2), die zum qualitativen Nachweis von Carnitin in Fat-Burnern und Herzmedikamenten im Schulunterricht genutzt werden kann [4, 5].

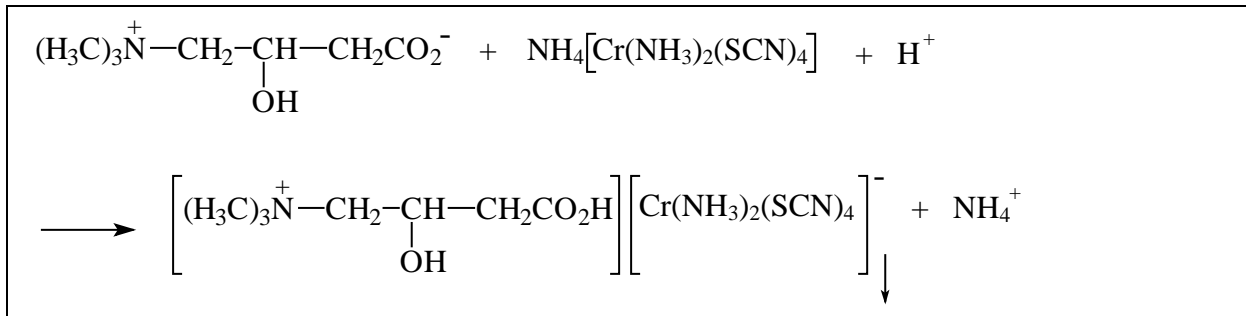


Abb. 2: Nachweis von Carnitin als schwerlösliches Reineckat.

Chemikalien

Reinecke-Salz-Lösung (1g Reinecke-Salz in 100 ml Schwefelsäure ($w = 10\%$; C, ätzend) lösen), L-Carnitin (4-Trimethylamino-3-hydroxybutyrat), Super Fat Burner[®] (s. Abbildung 3; kann bezogen werden über Vita LIFE Sport Products USA, Postfach 184, 6100 AD Echt Holland, sales@vitalife.com, www.vitalife.com; 100 Kapseln kosten 10 Euro), Biocarn[®] (s. Abbildung 3; kann in der Apotheke rezeptfrei gekauft werden; eine Packung kostet ?? Euro), demineralisiertes Wasser, Ethanol (F, leicht entzündlich), Aceton (F, leicht entzündlich)

Geräte und Materialien

Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Pasteurpipetten mit Gummihütchen, Spatel, Filtriertrichter, Filterpapier, Trockenschrank, Schmelzpunktröhrchen, Schmelzpunkt-Messgerät

Versuchsdurchführung

Blindprobe: Eine Spatelspitze Carnitin wird in etwa 10 ml Wasser gelöst. Die Lösung wird mit 10 Tropfen Reinecke-Salz-Lösung versetzt. Er bildet sich ein rosa gefärbter Niederschlag. Dieser wird abfiltriert, nacheinander mit Wasser, Ethanol und Aceton gewaschen und bei 80 °C im Trockenschrank getrocknet. Der Schmelzpunkt liegt zwischen 147 und 150 °C.

Carnitin-Nachweis in einem Fat-Burner: Eine Tablette Super Fat Burner[®] wird zermörsert. Das Pulver wird in einem Reagenzglas mit 10 ml Ethanol ($w = 10\%$) geschüttelt. Unlösliche Bestandteile werden abfiltriert. Das Filtrat wird mit 5-6 Tropfen Reinecke-Salz-Lösung versetzt.

Carnitin-Nachweis in einem Herzmedikament: 5 ml des Herzmedikamentes Biocarn[®] werden mit 5-6 Tropfen Reinecke-Salz-Lösung versetzt.

Hinweise

Mit Biocarn[®] verläuft der Carnitin-Nachweis problemlos. Wegen der hohen Wirkstoffkonzentration in dem Medikament ist die Niederschlagbildung deutlich zu erkennen. Im Super Fat Burner[®] ist die Carnitin-Konzentration geringer, so dass sich beim Nachweis auch nur wenig Niederschlag bildet. Manchmal muss die Nachweis-Mischung einen Tag stehen gelassen oder zentrifugiert werden, um den rosa Niederschlag besser zu erkennen. Auf eine Schmelzpunkt-Bestimmung kann im Schulunterricht verzichtet werden, zumal in den beiden Handelsprodukten keine weiteren Stoffe erhalten sind, die mit Reinecke-Salz schwerlösliche Verbindungen bilden.

Abb. 3: Links: Biocarn[®], ein Herzmedikament; rechts: Fat Burner auf Carnitin-Basis.

Dank

Besonderer Dank gebührt Prof. Dr. Rücker vom Pharmazeutischen Institut der Universität Bonn für fachliche Informationen.

Literatur

- [1] Holfeld, M.: Chemie und Sport. In: PdN-ChiS 51, 2002, H. 5, S. 17-22.
- [2] Holfeld, M., Proske, W., Wiskamp, V.: Energiebereitstellung im Sport – fächerverbindender Chemie/Sport-Unterricht. In: Chemie & Schule, im Druck.
- [3] Voet, D., Voet, J. G., Pratt, C. W.: Fundamentals of Biochemistry. Wiley, New York 1999, S. 46-47 und 568-573.
- [4] Europäisches Arzneibuch: 1999 , Ph. Eu-Nachtrag 2001, S. 1220-1221.
- [5] Beilstein, Handbuch der Organischen Chemie, E IV 3, S. 309.

Autoren

Wolfgang Proske, Schulchemiezentrum Wittenberg, Prof. Dr. Volker Wiskamp, Fachhochschule Darmstadt, Martin Holfeld, Kaufmännische Schulen des Lahn-Dill-Kreises, Uferstraße 22, 35683 Dillenburg, E-Mail: M-Holfeld@gmx.de.