

Warum atmen wir?

Der Stoffwechsel des Menschen

In der Schule lernt man Grundlegendes über die Physiologie des Menschen. Man erfährt etwa, dass es Organe gibt, die verschiedene lebenswichtige Aufgaben übernehmen - das Herz pumpt das Blut durch den Organismus, mit der Lunge wird Luft eingeatmet, und das Gehirn kontrolliert alles. So schön es auch ist, dass man das in der Schule lernt, so unbefriedigend ist es insofern, als der Unterricht nur an der Oberfläche kratzt und wichtige Fragen nach dem "Warum" unbeantwortet lässt. Im folgenden Artikel möchte ich etwas mehr in die Tiefe gehen.

Warum trinken wir?

Der Mensch ist ein vielzelliger Organismus, er besteht aus zahlreichen Zellen, also von einer Membran umschlossenen Räumen, die selbst wiederum einen Kern und zahlreiche Organellen enthalten. Diese vielzelligen Organismen haben sich im Lauf der Evolution aus einzelligen Lebewesen entwickelt, die ursprünglich im Wasser gelebt haben. Sie sind also an eine wässrige Umgebung gewohnt, ja brauchen sie zum Leben. Das ist der Grund, warum auch der Mensch Flüssigkeit benötigt. Der Mensch besteht nicht umsonst zu ungefähr 60% aus Wasser.

Der Flüssigkeitshaushalt hängt stark mit dem Salzhaushalt (Salze werden in diesem Zusammenhang auch als Elektrolyte bezeichnet, weil sie elektrischen Strom leiten können) zusammen. Salze kommen in Flüssigkeiten in gelöster Form vor. Den Quotienten aus der gelösten Stoffmenge geteilt durch das Volumen der Flüssigkeit bezeichnet man als Konzentration. Von dieser Konzentration ist der osmotische Druck abhängig, den das Salz auf die Zellmembran ausübt. Osmose ist Diffusion durch eine semipermeable Membran; in diesem Fall wird die Zellmembran deshalb semipermeabel genannt, weil zwar Flüssigkeit leicht durch sie hindurch kann, Salz jedoch weniger.

Der Grund, warum es ungesund ist, reines (destilliertes) Wasser zu trinken, ist eben in diesem osmotischen Druck begründet: Wenn die umgebende Flüssigkeit Salz in geringerer Konzentration enthält als die Flüssigkeit im Inneren der Zelle, so nennt man die Umgebungsflüssigkeit hypoton. Es kommt zu einem spontanen Druckausgleich; da nur Wasser durch die Zellmembran diffundieren kann,

bedeutet das, dass eben Wasser in die Zelle hineinströmt. Die Folge ist, dass die Zelle anschwillt, was zu ihrem Platzen (Lyse) führen kann. Wenn die Umgebungsflüssigkeit umgekehrt zu viel Salz enthält (also hyperton ist), strömt Wasser aus der Zelle hinaus, und die Zelle schrumpft.

Es ist also lebensnotwendig, dass das Salz in der Extrazellulärflüssigkeit genau in der richtigen Konzentration vorliegt. Das wird durch Flüssigkeitsaufnahme (angeregt durch das Durstgefühl) und -ausscheidung (angeregt durch den Harndrang) reguliert.

Dass es nicht genügt, nur einmal im Leben viel Flüssigkeit aufzunehmen und dann das restliche Leben weder zu trinken noch Harn auszuschcheiden, hängt damit zusammen, dass sich der Organismus des Menschen ständig verändert, vor allem, aber nicht nur in der Phase des Wachstums. Deswegen muss sich der Organismus immer wieder an neue Anforderungen anpassen. Außerdem werden auch durch die Nahrung Substanzen zugefügt, deren Stoffwechselendprodukte wasserlöslich sind und daher am besten mit dem Harn ausgeschieden werden.

Warum atmen wir?

In der Schule lernen wir, dass die Luft Sauerstoff enthält und dieser lebensnotwendig ist. Irgendwann wird im Biologieunterricht dann eine Formel gebracht, die erklärt, wozu der Sauerstoff dient: $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O$. Diese Formel ist genauso einfach wie nichtssagend. Wir nehmen also Zucker ($C_6H_{12}O_6$) auf und verbrennen ihn mit Sauerstoff (O_2), um daraus Kohlendioxid (CO_2) zu gewinnen, das abgeatmet wird, sowie Wasser (H_2O), welches wir ohnedies durch das Trinken zuführen. Welchen Sinn sollte das denn haben?

Die Antwort darauf lautet, dass es sich eben um eine grob vereinfachte Darstellung der Stoffwechselprozesse handelt, an denen Sauerstoff und Zucker beteiligt sind. Es mag schon stimmen, dass die Endprodukte all dieser Prozesse Kohlendioxid und Wasser sind, doch sind die Zwischenprodukte in diesem Fall noch wesentlich wichtiger.

Grundsätzlich finden in den menschlichen Körperzellen viele chemische Reaktionen statt, die notwendig sind, um den Menschen am Leben zu erhalten - beispielsweise wenn es darum geht, Gene in Eiweiße zu übersetzen oder bestimmte Stoffe ineinander umzuwandeln, um sie transportfähig zu machen. Chemiker unterscheiden Reaktionen, die Energie verbrauchen (endergone Reaktionen), und solche, bei denen Energie frei wird (exergone Reaktionen). Den Reaktionen, die Energie verbrauchen, muss Energie zugeführt werden, um sie möglich zu machen. Das geschieht in der Regel, indem vorher eine exergone Reaktion ausgelöst wird, durch welche die nötige Energie frei wird. Eine solche exergone Reaktion ist die Abspaltung einer Phosphatgruppe aus der energiereichen Verbindung Adenosintriphosphat (ATP): $ATP \rightarrow ADP + Pi$.

ATP gilt als die "Energiewährung des menschlichen Organismus", weil dieses Molekül leicht von Zelle zu Zelle und auch innerhalb einer Zelle von Kompartiment zu Kompartiment transportiert werden kann. So kann es genau dorthin verschifft werden, wo gerade Energie benötigt ist.

Um ATP zu gewinnen, wird in den Mitochondrien der Zelle die umgekehrte Reaktion $ADP + Pi$ durchgeführt, die natürlich stark endergon ist. Um die nötige Energie zu beschaffen, ist eben Sauerstoff erforderlich.

Man kann sich den gesamten Stoffwechsel des Menschen wie ein Straßennetz vorstellen, in dessen Mitte sich ein Kreisverkehr befindet: der Zitronensäurezyklus. Viele Wege führen zu ihm, und viele Wege führen von ihm weg. Ein zuführender Weg ist die Glykolyse, der Abbau von Zucker zu Pyruvat. Dieses Pyruvat wird dann im Zyklus mit Hilfe verschiedener Enzyme und Cosubstrate in Succinat umgewandelt, und damit hätten wir bereits einen wegführenden Weg betreten: die Atmungskette (oxidative Phosphorylierung). Über die innere Mitochondrienmembran wird durch Übertragung von Elektronen von einem Molekül aufs andere ein Protonengradient aufgebaut, und durch den Einstrom der Protonen in die innerste Schicht der Mitochondrien wird die Energie frei, die das Enzym ATP-Synthetase benötigt, um die Reaktion $ADP + Pi \rightarrow ATP$ zu katalysieren. Sauerstoff wird benötigt, weil er in dieser Elektronentransportkette vorkommt: Als letzter Schritt vor der ATP-Synthese werden zwei Elektronen auf den Sauerstoff übertragen. Ohne Sauerstoff wäre es nicht möglich, ATP zu synthetisieren.

Warum essen wir?

Diese Frage fällt an sich leicht zu beantworten: Zur Gewinnung von ATP reicht Sauerstoff allein nicht aus, man benötigt noch eine weitere Substanz, um in den Zitronensäurezyklus einzudringen, wie etwa Zucker. Außer der Glykolyse münden aber noch viele andere Stoffwechselwege in den Zitronensäurezyklus.

Fette benötigen wir zudem für Aufbau und Erhaltung der Zellmembran; diese besteht zu einem wesentlichen Teil aus Cholesterin. Auch zahlreiche Hormone (Botenstoffe im menschlichen Organismus) sind Fette.

Eiweiße sind überhaupt für die Funktion des Organismus essentiell. Fast alle Genprodukte sind letztlich Eiweiße. Diese können vom Organismus nur gebildet werden, wenn man ihm entsprechende Aminosäuren zuführt, aus denen er dann die Eiweiße synthetisieren kann.

Nicht zu vergessen sind auch die Vitamine, eine chemisch heterogene Gruppe von Substanzen, die der Mensch nicht selbständig erzeugen kann und die daher mit der Nahrung zugeführt werden müssen.

Damit hoffe ich, eine etwas gründlichere Einführung in den Stoffwechsel des Menschen gegeben zu haben, als dies in der Schule normalerweise erfolgt. Denjenigen, die sich für die Materie näher interessieren, sei die Lektüre von Lehrbüchern der Biochemie empfohlen.

Claus D. Volko