

gegen Verkalkung in Blutgefäßen sollte also nicht das Cholesterin bekämpfen, sondern die Oxidation! Wie das geht? Das erfahren Sie auf den nächsten Seiten.

## **WAS PASSIERT IN DEN ZELLEN? ENERGIEGEWINNUNG AUF ABWEGEN**

Ist es also schlecht für den Körper, wenn wir Glukose zu uns nehmen? Nein! Er ist auf die Zufuhr von Traubenzucker angewiesen, jede seiner Zellen. Allerdings kommt es auf die Menge an und darauf, was den Zucker bei der Ernährung begleitet. Kommt Zucker als Vollkorn oder in Begleitung anderer Lebensmittel über das Essen in den Körper, ist seine Wirkung nicht so ungünstig. Wenn viel Zucker aber allein in Magen und Darm landet, wie z. B. durch ein zuckerhaltiges Getränk (Softdrink), Süßigkeiten, Backwaren etc., dann rauscht der Blutzucker gnadenlos in die Höhe, bei jedem Menschen und bei Diabetiker\*innen ganz besonders. Das kann gefährlich sein. Denn genau dieser hohe Blutzucker und seine großen Schwankungen führen auf lange Sicht zu den sogenannten Folgeschäden beim Diabetes. Jetzt schauen wir uns aber erst einmal an, warum Glukose so wichtig für jede Körperzelle ist.

### **GLUKOSE IST ENERGIE**

Jeder Mensch braucht Energie – für Muskelkraft, Körperwärme, Wachstum, Erholung, Heilung und noch vieles mehr. All dies können wir sehen und fühlen. Was wir nicht sehen oder fühlen können, ist die Arbeit der Körperzellen, die passieren muss, damit Muskeln sich anspannen können, der Körper warm bleibt etc. Diese unsichtbare Arbeit, der Stoffwechsel, ist die Grundlage für alles, und dafür brauchen die Zellen Energie. Mit Glukose gelangt diese in die Zellen. Sollte sie zumindest, denn durch den tauben Türsteher beim Diabetes ist dieser Austausch erschwert, wie Sie bereits wissen. Passiert Glukose den Türsteher und gelangt in die Zellen, muss sie in Energie umgewandelt werden. Das kann auf zwei Arten geschehen: mit oder ohne Sauerstoff. Mit Sauerstoff heißt, wir atmen Sauerstoff ( $O_2$ ) ein, um letztendlich die Glukose als Energiequelle voll nutzen zu können. Am Ende des Prozesses atmen wir – wie schon berichtet – Kohlendioxid ( $CO_2$ ) aus. Da diese Vorgänge andauernd in vielen zigtausend Zellen gleichzeitig ablaufen, atmen wir ständig ein und aus. Ohne Sauerstoff kann Glukose nicht vollständig zu  $CO_2$  abgebaut werden.

Grundsätzlich braucht es, um die Energie aus der Glukose herauszuholen, mehrere Phasen: Die erste Phase ist immer gleich, in ihr wird Glukose in zwei Hälften zerteilt und es wird ein wenig Energie auf speziellen Energieüberträgern gespeichert. Diese Phase funktioniert ohne Sauerstoff. Mit Sauerstoff geht es in die zweite Phase. Darin wird jede der Glukosehälften nochmals geteilt, diesmal in je drei Teile. Glukose besteht insgesamt aus sechs Einzelteilen. Diese werden je

als Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) frei. Außerdem wird die enthaltene Energie zusammen mit Wasserstoff auf vorbereitete Energieüberträger übergeben (auch Wasserstoffüberträger genannt), und ein wenig Energie wird auch für die Zellen direkt gebildet. In der letzten, der dritten Phase wird die Energie aus den beladenen Wasserstoffüberträgern der ersten und zweiten Phase herausgeholt. Dabei wird eine große Menge Energie für die Zellen frei. Hier wird Sauerstoff verbraucht und es entsteht Wasser. In der Wissenschaft heißt die Phase 1 Glykolyse, die Phase 2 Zitronensäurezyklus und die Phase 3 Atmungskette.

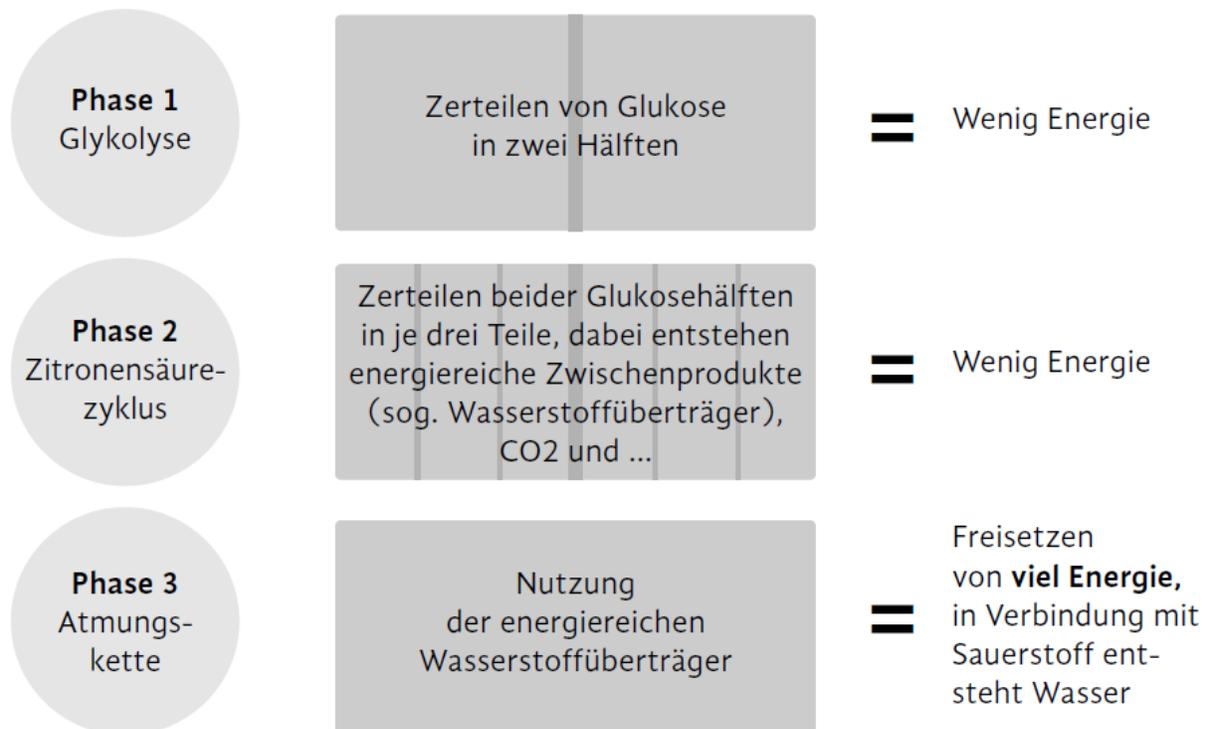


Abb. 2: Die drei Phasen der Energiegewinnung

Sicher haben Sie schon davon gehört: Es wird mit Hochdruck daran geforscht, in Zukunft Wasserstoff für den Antrieb, etwa von Autos, nutzen zu können. Dabei soll es in den Autos zu genau derselben Umsetzung wie in der Phase 3 des Glukoseabbaus kommen: Wasserstoff reagiert mit Sauerstoff aus der Luft und wird zu Wasser, das dann aus dem Auspuff tropft. Dabei wird so viel Energie frei, dass ein Auto damit fahren kann. Diese viele Energie wird in kleinem Maßstab auch in jeder Zelle freigesetzt. Da die viele Energie die Zelle auf einmal jedoch zerstören würde, wird der Abbau auf mehrere Stufen verteilt. In jeder Stufe wird nur ein Teil der Gesamtenergie freigesetzt, so kann die Zelle überleben und die Energie für sich nutzen. Ist es nicht großartig, dass in jeder unserer Zellen ein Vorgang abläuft, präzise und bis ins kleinste Detail optimiert, den unsere

Wissenschaft bis heute noch nicht so nachbauen kann, dass sie ihn für sich nutzen kann? Was für eine intelligente Erfinderin ist doch die Natur!

Zurück zur Energiegewinnung unseres Körpers: Ohne Sauerstoff läuft nur die Phase 1 ab, die oben beschriebene Glykolyse. Die Phase 2 kann ohne Sauerstoff nicht mehr stattfinden. Die Glukosehälften werden ohne Sauerstoff nur noch ein bisschen umgebaut und es entsteht Milchsäure, auch Laktat genannt, das war es dann. Das heißt im Klartext: Wenn kein Sauerstoff zur Verfügung steht, kann die Zelle aus der sehr energiereichen Glukose nur wenig Energie gewinnen. Es bleibt die sehr energiereiche Milchsäure (Laktat) übrig, die normalerweise nicht weiter genutzt werden kann. Ausnahmen sind Zellen des Herzens, der Leber und der Nieren, sie können Laktat zurückverwandeln und die darin enthaltene Energie nutzbar machen, indem sie sie dann doch noch in die Phase 2 und 3 mit Sauerstoff einbringen.

Sportler\*innen kennen diese Energieversorgungsarten gut: Das aerobe Training mit ausreichend Sauerstoff und das anaerobe Training, bei dem die Muskeln ohne Sauerstoff Energie gewinnen müssen. Genau darum dreht es sich hier: Bei der geringen Energieausnutzung des anaeroben Trainings entsteht Milchsäure (Laktat). Das wissen viele, denn die Milchsäure wurde früher verdächtigt, der Grund für einen Muskelkater zu sein. Das stimmt aber nicht. Heute weiß man, dass ein Muskelkater durch viele sehr kleine Risse in den Muskeln kommt. Erst wenn die wieder geheilt sind, verschwindet der Muskelkater. Bei der Heilung entzünden sich die Stellen ein bisschen und das löst die Muskelkaterschmerzen aus.

### **Was ist Energie für die Zellen?**

Bisher haben wir immer einfach so über Energie gesprochen. Doch was ist das eigentlich genau? Wir kennen die Energie als Wärme der Sonne, als Benzin im Tank oder als Strom aus der Steckdose. Doch was ist Energie für eine Körperzelle?

Energie in Zellen ist ein Stoff, der Energie in sich trägt, ähnlich wie die Glukose. Glukose setzt beim Zerlegen in ihre Einzelteile ihre Energie frei. Aber nicht so, dass es warm wird, wie durch die Sonne, sondern die Energie wird in einem anderen Stoff gespeichert. Dieser Energiespeicherstoff ist das **ATP** bzw. das **AdenosinTriPhosphat**.

Man könnte also sagen, ATP ist ein kleiner Akku, der von der Energie der Glukose aufgeladen werden kann. Mit dieser Aufladung wandert das ATP dann an die Stellen, wo Energie gebraucht wird, und gibt sie dort ab. Durch die Abgabe verändert sich der Akku ATP zum energieärmeren **ADP** (**AdenosinDiPhosphat**, es gibt ein Phosphat ab). ADP kann später wieder in der Atmungskette (Phase 3) oder auch an manchen anderen Stellen, an denen Energie frei wird, zu ATP aufgeladen werden. Manchmal, wenn besonders viel Energie bei einer Reaktion gebraucht wird, kann ATP sogar

zwei P (Phosphate) abgeben und gleichzeitig besonders viel Energie. Heraus kommt dann **AMP** (**A**denosin**M**ono**P**hosphat). Wenn sehr viel Energie in einer Zelle fehlt, reagieren zwei energiearme ADPs miteinander: Das eine gibt ein Phosphat ab, das andere nimmt eines auf: Heraus kommt ein vollgeladenes ATP, das wieder Energie in den Stoffwechsel einbringen kann, und ein AMP, das komplett abgebaut werden muss. Für diesen Vorgang braucht die Zelle unbedingt ausreichend Magnesium, sonst funktioniert das alles nicht. Und noch etwas: Der Abbau des AMP führt zu Harnsäure. Wer also schon einmal bei einer Blutuntersuchung zu hohe Harnsäurewerte hatte, sollte sich an diese ADP-Umwandlung erinnern und für eine bessere Energieversorgung der Zellen sorgen. Das gilt ganz besonders für Menschen, die älter als 60 Jahre sind, da laufen diese Stoffwechselwege leider nicht mehr optimal ab. Dauerhaft hohe Harnsäurewerte können zu Gicht führen.

**ADP + ADP = ATP + AMP** bei Energiemangel in der Zelle. ATP kann im Labor bestimmt werden und anzeigen, wie viel Energie in Ihren Zellen steckt. Die Harnsäure-Bestimmung ist eine Standard-Blutuntersuchung und wird meist von den gesetzlichen Krankenkassen bezahlt.

Für jede Zelle ist es also viel besser, die Energienutzung mit Sauerstoff zu wählen, denn dadurch gewinnt sie sehr viel mehr Energie als ohne Sauerstoff. In Zahlen heißt das: Läuft eine Phase 1, die Glykolyse, einmal durch, gewinnt die Zelle zwei bis maximal fünf ATP, wenn sie eine Glukose aufspaltet. Wenn es der Zelle aber mit Sauerstoff gelingt, die gesamte Energienutzung von Phase 1 bis 3 bei einer Glukose ablaufen zu lassen, gewinnt sie mindestens 32 ATP! Oder anders ausgedrückt: Die Energieausbeute mit Sauerstoff kann etwa 16-mal höher sein als ohne. Wenn das kein guter Grund ist, mal vor der Tür frische Luft schnappen zu gehen! Denn das dürfte jetzt klar sein: Frische Luft mit Sauerstoff einzuatmen, bringt uns sofort die Möglichkeit für einen Energiekick. Denn jeder Mensch – egal, ob gesund oder krank – braucht ATP-Energie und zwar jeden Tag in etwa so viel, wie er selbst wiegt! Weil er so viel davon braucht, kann er keinen ausreichenden ATP-Speicher anlegen. ATP muss daher ständig neu produziert werden, in jeder Zelle, jeden Tag, jede Stunde, jede Minute, jede Sekunde. Nur wenn das gut läuft, kann der Mensch fit und gesund sein bzw. es wieder werden.

## **ZELLEN, MITOCHONDRIEN UND GLUKOSEVERWERTUNG**

Bisher haben wir immer von Zellen geschrieben, ohne genau darauf einzugehen, was das eigentlich ist. Das wollen wir jetzt nachholen: Eine Zelle ist die kleinste lebende Einheit in einem Lebewesen, einem Organ oder Gewebe. Jede einzelne Zelle ist in der Lage zu wachsen, Stoffwechsel zu betreiben und ggf. sich zu teilen, also sich zu vermehren. Daher ist es auch möglich, ein klitzekleines Stück