

Zukunft der Energie

Exkurs:

Stoffwechselphysiologie Energieumsetzung im menschlichen Körper

Im Rahmen einer Materialiensammlung „Zukunft der Energie“ erscheint das Thema **„Energieumsetzung im menschlichen Körper“** auf den ersten Blick unbedeutend.

Die zentrale Zukunftsfrage (*In welcher Form sich eine quantitativ und im Sinne von Lebensstil qualitativ wachsende Weltbevölkerung mit den Kapazitäten der Erde vereinbaren lässt?*) kann im Folgenden nicht beantwortet werden.

Das nachstehende Kapitel befasst sich mit dem medizinischen Begriff der Energie.

Wie arbeitet der menschliche Körper?

Welche Energiequellen stehen ihm zur Verfügung?

Wie ist es möglich, dass die Maschine Mensch 3,86 Kilometer schwimmend, 180,2 Kilometer auf dem Fahrrad und schließlich 42,195 Kilometer zu Fuß in einer Zeit von acht Stunden bewältigt^[1]?

Welche Prozesse machen es möglich, dass der Supercomputer menschliches Gehirn jede Sekunde 10^{13} bis 10^{16} analoge Rechenoperationen durchführt?

Für Biochemiker und Physiologen mag der nachstehende Text stark vereinfacht wirken. Dem Laien hoffen wir jedoch mit unserem ersten Abschnitt ein Grundverständnis über die menschliche Stoffwechselphysiologie vermitteln zu können.

*

Wenn man den steigenden Weltpreis für Nahrungsmittel mit dem Anbau von Raps und Mais zur Biotreibstoffproduktion in Relation setzt, wird deutlich, dass Hunger und Unterernährung nicht abgekoppelt von der großen Energiefrage verstanden werden können.

Die Potenziale, Anwendungen und Grenzen des menschlichen Stoffwechsel in der modernen Gesellschaft werden daher im zweiten Abschnitt dieses Kapitels betrachtet.

Welche Prozesse einerseits unter Nahrungskarenz einsetzen, welche Kosten andererseits in den wohlhabenden Ländern durch ein Überangebot von Nahrung bei ungesundem Lebensstil entstehen- all diese Fragen werden untersucht und diskutiert.

Auf den zweiten Blick ist die Kenntnis über die Rolle von Energie im menschlichen Körper damit zwar ein kleiner, aber essenzieller Teil des großen Ganzen.

Letztendlich steht der Mensch im Fokus der Energiefrage. Er ist die wichtigste und faszinierendste Maschine überhaupt.

Übersicht

1. Biochemie und Physiologie des Menschen
 - 1.1 Begriff der „Körperlichen Arbeit“
 - 1.2 ATP- die Energiewährung des Körper
 - 1.3 ATP-Resynthese im Mitochondrium
 - 1.4 Bedeutung der Nahrung

2. Natürliche Ausstattung und verschiedene Lebensumstände
 - 2.1 Lebensraum I Westliche Wohlstandsgesellschaft
 - 2.2 Lebensraum II Dürre und Unterernährung

1.1 Begriff der „Körperlichen Arbeit“

Der Mensch ist auf Energie angewiesen. Kinder benötigen sie während des Wachstums. Bauarbeiter benötigen sie, um für acht Stunden auf dem Bau gewappnet zu sein und Radsportler sind bekannt für ein kohlenhydratreiches Frühstück am Morgen vor dem Wettkampf.

Das heranwachsende Kind, der Bauarbeiter und der Radsportler sind sehr anschauliche Beispiele für den Begriff der *körperlichen Arbeit*.

Unter Arbeit ist in unserem Zusammenhang aber weit mehr zu verstehen als kindliches Wachstum und sportliche Leistung.

Der Energiebedarf des Menschen beträgt je nach Größe, Alter, Geschlecht und körperlicher Aktivität rund 12 000 kJ pro Tag (ca.2000-2600 kcal pro Tag) ^[2].

Bei einem achtstündigen Schlaf werden 2000 kJ verbraucht.

Diese Energie wird für die Steuerung molekularer Prozesse benötigt, die der Laie zwar nicht unbedingt wahrnimmt, ohne die aber der Mensch nie leben könnte.

Körperliche Arbeit auf mikroskopischer Ebene setzt sich hauptsächlich zusammen aus:

- 1. Aufrechterhaltung von transmembranären Ionenkonzentrationen**
- 2. Remodelling (=Gewebeauf- und abbau; z.B. $1,5 \cdot 10^8$ Erythrozyten min^{-1})**
- 3. Regulation der Körperkerntemperatur bei 37°C**
- 4. Aufrechterhaltung des Muskeltonus (=Grundspannung im Muskel)**

Der Begriff der körperlichen Arbeit führt uns nun zum eigentlichen Thema, der Energieumsetzung im menschlichen Körper.

1.2 ATP- die Energiewährung des Körper

Energie ist die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten.

Dies gilt für Autos genauso wie für den Menschen. Beide „Maschinen“ zerlegen energiereiche, organische Kohlenstoffmoleküle in ihre energieärmeren Bestandteile. Hierbei wird ein Teil der chemisch-gebundenen (potenziellen) Energie in mechanische (kinetische) Energie umgewandelt:

Im Autozylinder beginnt mit der Zündung die Verbrennung des Benzin-Sauerstoff-Gemischs, wobei die chemisch-gebundene Energie, die in den langen Kohlenwasserstoffketten des Benzins gespeichert ist, in kinetische Energie für die Motorkolben umgewandelt wird, die sie auf die Kurbelwelle, das Fahrgestell und schließlich die Räder übertragen. Hierbei fällt neben der mechanischen Energie jedoch immer auch ein Teil Wärmeenergie an- ein Aspekt, der für alternative Autoantriebe wie den Hybrid ein interessantes Einsparungspotenzial bietet.

Der natürliche Verbrennungsmotor im menschlichen Körper arbeitet deutlich effizienter, denn mit der im Energiestoffwechsel anfallenden Wärme reguliert der Körper seine Körperkerntemperatur (siehe Kasten oben).

Neben dem Verwendungszweck für ihre thermische Energie unterscheiden sich Auto und Körper in einem weiteren wichtigen Punkt, der Laufzeit.

Das Auto muss punktuell Arbeit verrichten, Verbrennung und Verwendung laufen parallel ab. Der menschliche Körper ist ein 24-Stunden-Betrieb, der seine Energie aus einzelnen Mahlzeiten bezieht und dazwischen weiter läuft.

Es bedarf also einer dritten Arbeitsphase, in der die Energie der Verbrennungsphase zwischengespeichert und aus der sie 24 Stunden abgerufen werden kann (Verwendungsphase).

Die Funktion dieses Zwischenspeichers kommt dem Molekül **Adenosintriphosphat** (kurz **ATP**) zu.

ATP ist der universelle Energieträger im menschlichen Körper. Es besteht aus einer Base (Adenin) und einer Zuckergruppe (Ribose, zusammen: „Adenosin“), die mit einer dreigliedrigen Phosphatrestgruppe verbunden sind („Triphosphat“).

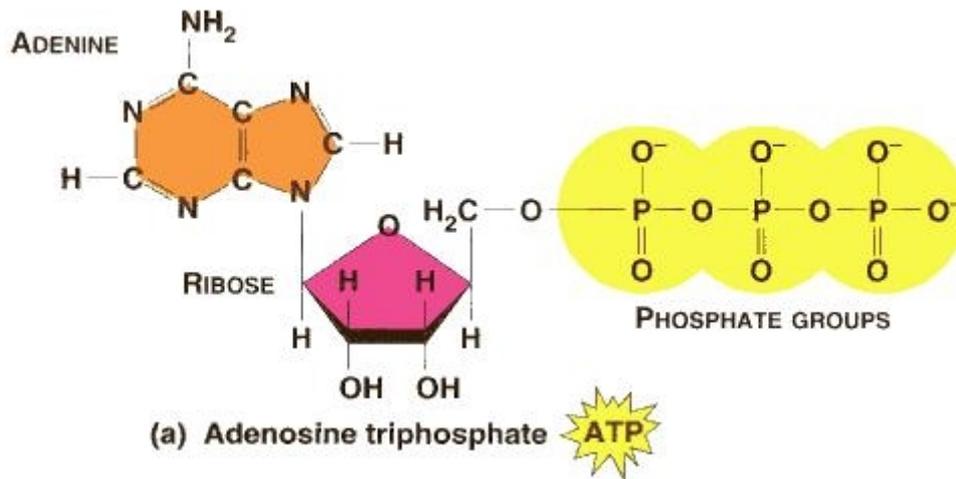


Abb.1: Strukturformel ATP:

Negative Ladungen der Phosphatgruppen stoßen sich ab und wirken wie „gespannte Federn“.

Warum ist ATP als Energiezwischenspeicher geeignet?

Betrachten wir hierfür zunächst die Anforderungen, die ein solches Molekül erfüllen muss.

Um Energie zwischenspeichern und bei Bedarf abgeben zu können, bedarf es einerseits großer intramolekulärer Speicherkapazitäten und andererseits der Fähigkeit, möglichst schnell zwischen energiereichem und energiearmem Zustand wechseln zu können.

Entscheidend für die Funktion von ATP ist sein Triphosphatrest. Abb.1 zeigt, dass die einzelne Phosphatgruppe mit der jeweils benachbarten über eine -P-O-P-Sequenz verbunden ist.

Solche Bindungsmuster werden als **Anhydridbindungen** bezeichnet. Sie entstehen aus zwei Molekülen unter Abspaltung von einem Wassermolekül und sind charakteristischerweise sehr energiereich.

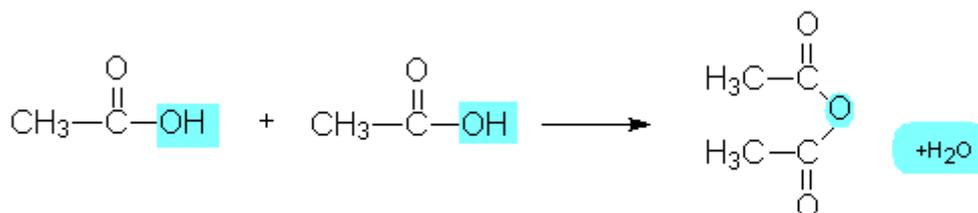


Abb.2: Bildung eines Essigsäureanhydrids aus zwei Essigsäuremolekülen durch Abspaltung von Wasser (sogenannte Kondensation).

Essigsäureanhydrid fällt als Zwischenstufe bei der Herstellung von Aspirin, aber auch der von synthetischen Drogen (Heroin), an.

Energiereich bedeutet immer auch, dass eine Verbindung bestrebt ist, einen energieärmeren Zustand zu erreichen.

ATP erreicht in unserem Fall ein niedrigeres Energieniveau, in dem es nacheinander den dritten und zweiten Phosphatrest samt ihrer (energiereichen) Anhydridbindungen abspaltet.

Die Abspaltung von Anhydridbindungen ist ein ubiquitärer Vorgang im menschlichen Stoffwechsel, da lediglich Wasser zugeführt werden muss, welches in ausreichender Menge in sämtlichen Zellkompartimenten vorhanden ist.

Mit der Aufnahme eines Wassermoleküls (**Hydrolyse des ATP**) verwandelt sich ATP in einem ersten Schritt zu Adenosindiphosphat (ADP), nach Aufnahme eines weiteren Wassermoleküls schließlich in Adenosinmonophosphat (AMP).

Dabei werden jeweils $30,5 \text{ kJ/mol}$ ^[3] chemischer Energie frei, die in einer gekoppelten Reaktion direkt für Stoffwechselprozesse benutzt werden, bei denen die Reaktion in umgekehrter Richtung von einem niedrigen zu einem höheren Energieniveau verlaufen muss.

Solche Mechanismen, bei denen die stark exergone ATP-Hydrolyse (Anhydridspaltung unter Wasseraufnahme) energetisch günstig mit endergonen Reaktionen gekoppelt wird, werden in der Physiologie als „**Prinzip der energetischen Kopplung**“ zusammengefasst.

Zu den endergonen Reaktionen im menschlichen Körper gehören beispielsweise transmembranäre Ionen Transporte entgegen des Ionen-Konzentrationsgradienten^[4]. Bekanntestes Beispiel ist die Natrium-Kalium-Pumpe, auch Na-K-ATPase genannt, die 3 Natrium-Ionen aus der Zelle und 2 Kalium-Ionen in die Zelle transportiert. Beides verläuft entgegen der natürlichen Konzentrationsgradienten für Natrium und Kalium und ist somit stark endergon.

Ohne laufende ATP-Zufuhr würden sich die membranständigen Ionenkonzentrationen einander annähern. Die Zelle wäre nicht mehr erregbar, denn Aktionspotenziale beruhen auf dem kurzzeitigen Austausch der membranständigen Ladungen.

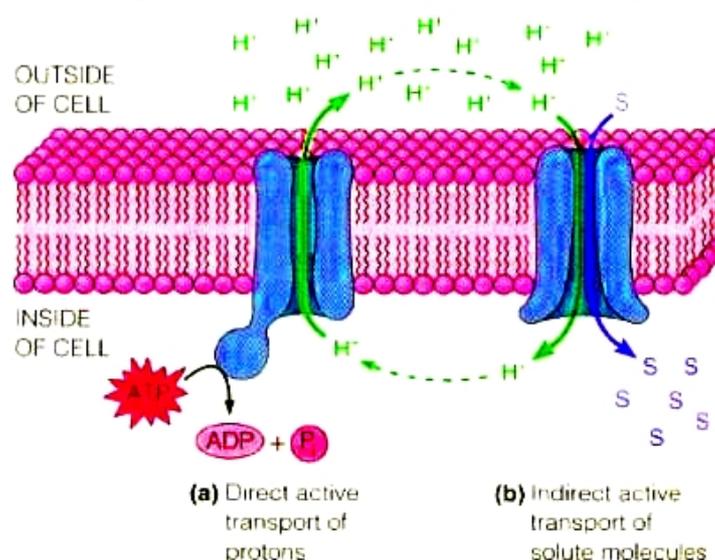


Abb.3:Natrium-Kalium-ATPase:

Um Kalium und Natrium entgegen ihres transmembranären Gradienten zu transportieren (endergon) koppelt die Natrium-Kalium-Pumpe ihren Antiport an die Spaltung von ATP in ADP und anorganisches Phosphat (stark exergon).

1.3 ATP-Resynthese im Mitochondrium

Nachdem wir damit die Arbeitsweise des ATP-Moleküls als Zwischenspeicher für Energie im menschlichen Körper betrachtet haben, bleibt eine letzte entscheidende Frage.

Wie gelingt es dem menschlichen Körper die aufgenommene Nahrung für die ATP-Resynthese aus ADP bzw. AMP zu nutzen, die verzehrten Kalorien in einer chemisch-gebundenen Form zwischen zu speichern?

Im vorangegangenen Abschnitt wurde bereits erläutert, dass ATP auf Grund seiner beiden Anhydridbindungen energiereich ist. Möchte der Körper nun aus dem energetisch ärmeren ADP ATP resynthetisieren, so steht er vor der Schwierigkeit, dass diese Reaktion sehr stark endergon ist.

Auf die Lösung dieses Problems stoßen wir im menschlichen **Mitochondrium**.

Als „Kraftwerk der Zelle“ produziert es rund 90 % des menschlichen ATPs und befindet sich besonders zahlreich im Zellplasma von Zellen, die überproportional viel Arbeit verrichten (z.B. Muskelfasern der quergestreiften Skelettmuskulatur).

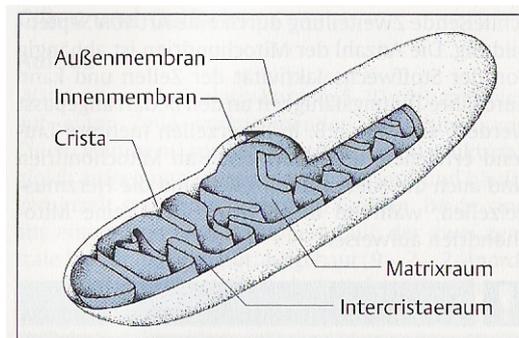


Abb.4: Aufbau Mitochondrium

Bei genauerer Betrachtung sind es zwei Enzymkomplexe in der mitochondrialen Innenmembran, die das Kunststück fertig bringen, ADP entgegen seines energetischen Gradienten zu ATP zu resynthetisieren.

Fest in die mitochondriale Innenmembran verankert findet sich zunächst die **ATP-Synthase** („ATP-synth“= ATP zusammenbauend; „-ase“= Enzym). Sie lässt sich in einen membranären Stielteil und einen Kopfteil, der in die mitochondriale Matrix hineinragt, unterscheiden.

Die Besonderheit der ATP-Synthase ist, dass sie eine Stelle besitzt, an der sie ein ADP-Molekül und einen anorganischen Phosphatrest binden kann, die sich daraufhin spontan, ohne dass Energie aufgewendet werden muss, zu ATP zusammenlagern. Doch handelt es sich hierbei nicht um ein „perpetuum mobile“, denn für die Freigabe

des entstandenen ATP-Moleküls aus der ATP-Synthase muss Energie aufgewendet werden.

1961 erkannte der britische Biochemiker Peter Dennis Mitchel, dass die ATP-Synthase dann das ATP-Molekül frei gibt, wenn sie ausgehend vom Stiel in Kopfrichtung von Protonen durchflossen wird.

Mitchel erhielt 1978 für diese "Chemiosmotic Theory of Phosphorylation" den Chemie-Nobelpreis.

Uns führt er zunächst nur zu einer nächsten Frage-
nämlich der, woher die Energie stammt, die für das Aufrechterhalten der Protonenkonzentrationen benötigt wird und so den Protonenfluss durch die ATP-Synthase ermöglicht?

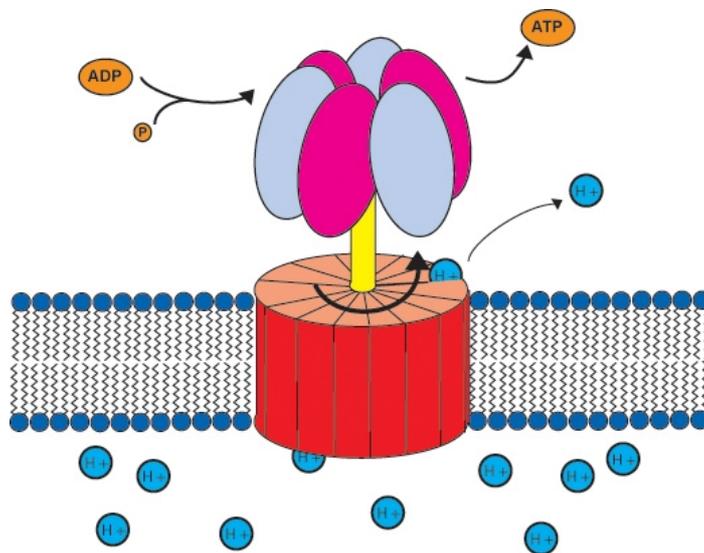


Abb.5: ATP-Synthase: Wasserstoff-Protonen fließen durch Stiel und Kopf in die Mitochondrienmatrix und treiben auf diese Weise die ATP-Resynthese an. Da für den Erhalt des chemiosmotischen Protonengradienten Energie aufgewendet werden muss (Stichwort Atmungskette), liegt kein „perpetuum mobile“ vor.

1.4. Bedeutung der Nahrung

An dieser Stelle kommt der zweite eingangs erwähnte Enzymkomplex ins Spiel.

Er trägt den anschaulichen Namen „**Atmungskette**“, sitzt ebenfalls in der mitochondrialen Innenmembran und generiert den transmembranären Protonengradienten, indem er permanent positive Ladungen aus der Matrix in den Intermembranraum pumpt.

Funktionell wird die Atmungskette auch als „Elektronen betriebene Protonenpumpe“ bezeichnet. Die für den Protonentransport benötigte Energie bezieht sie aus dem Fluß von Elektronen durch ihre einzelnen enzymatischen Bestandteile.

Die Elektronen, die an dieser Stelle eine Treibstoff-Funktion besitzen, stammen zu 100% aus den mit der Nahrung aufgenommenen Kohlenhydraten, Fetten und

Proteinen. Damit schließt sich der Kreis der Energieumsetzung im menschlichen Körper:

Die Verdauung aufgenommener Nahrung dient ausschließlich der Produktion von Elektronen, die als „primärer Treibstoff“ für den Wiederaufbau von ATP aus ADP und P_i sorgen. ATP ist die Form, in der der Körper Energie zwischenlagert. Seine molekulare Struktur (Triphosphatrest, Anhydridbindungen) ermöglicht die gespeicherte Energie nach Bedarf abzugeben, um endergone Reaktion anzutreiben (energetische Kopplung).

Die Frage danach, wie es dem Körper gelingt, aus Kohlenhydraten, Fetten und Eiweißen Elektronen zu ziehen, ist ein wichtiges und großes Thema in der Biochemie.

Im Rahmen unserer Materialiensammlung „Energie der Zukunft“ würden wir hiermit aber bei Weitem den Rahmen sprengen.

Dem interessierten Leser sei daher die Lektüre biochemischer Fachliteratur, insbesondere der Kapitel zu den Themen „Glykolyse“, „Pyruvatdehydrogenase“ und „Citratzyklus“ empfohlen.

2. Natürliche Ausstattung unter verschiedenen Lebensumständen

Im folgenden Abschnitt verlassen wir die rein-naturwissenschaftliche Betrachtung der Stoffwechselphysiologie und schlagen den Bogen zu den modernen Gesellschaften und Lebensstilen unserer Zeit.

Warum diese Verbindung ?

Im letzten Abschnitt wurden Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße als Bestandteile unserer Nahrung aufgeführt.

Natürlich nehmen wir, indem wir trinken und essen, auch andere Stoffgruppen zu uns: Vitamine und Spurenelemente sind Bestandteile essenzieller Enzyme im menschlichen Körper^[5]. Unser Vitamin- und Spurenelementbedarf ist im Vergleich nur sehr viel geringer, weil Enzyme als Biokatalysatoren bei Stoffwechselreaktionen nicht verbraucht werden. Gleiches gilt für Ballaststoffe, denen bereits in geringsten Mengen eine antioxidanziale Wirkung in der Krebs-Prophylaxe zugeschrieben wird.

Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße müssen deshalb in größeren Mengen verzehrt werden, weil sie die direkte Energiequelle des Menschen sind. In den beschriebenen Stoffwechselwegen (1.4) werden sie vollständig zu Kohlenstoffdioxid reduziert.

2.1 Lebensraum I Westliche Wohlstandsgesellschaft

Der Mensch ist ein Produkt der Evolution, geformt über einen Zeitraum von sechs Millionen Jahren, wenn wir den Sahelanthropus tchadensis, dessen Überreste 2001 im Tschad entdeckt wurden, einfachheitshalber als Startpunkt der menschlichen Entwicklung definieren.

Die Morphologie ist wie ein Spiegel der Anforderungen, an die sich der Mensch in den vergangenen Jahrmillionen anpassen musste.

Im Energiestoffwechsel wird dies besonders am Beispiel der vorhandenen Energiespeicherkapazitäten eindrucksvoll deutlich.

Energiespeicher werden vom Organismus angelegt, um weitestgehend unabhängig von den Zufällen der Nahrungszufuhr zu sein.

Ein normalgewichtiger Probanden (70kg) bei 1800kcal Grundumsatz pro Tag verfügt dabei über folgende Speicher:

1. ca. **400g Kohlenhydrate** in Form von Glykogen (von denen täglich 200g abgebaut werden)
2. ca. **8kg Triglyceride** (von denen täglich 150g Fettsäuren abgebaut werden)
3. ca. **2-6kg Proteine** (von denen täglich 75g abgebaut werden).

Quelle:[6]

Was oben stehend Grafik zeigt, ist, dass die Vorräte an Triglyceriden und Proteinen für viele Wochen ausreichen können.

Unser Stoffwechsel hat sich offensichtlich in einer Zeit entwickelt, als es noch nicht selbstverständlich war, dass es jeden Tag mindestens drei Mahlzeiten gibt.

Vielmehr hält es unser Stoffwechsel für eine realistische Möglichkeit, dass es auch einmal mehrere Wochen nichts zu essen gibt.

Die Überlebensstrategie sah früher beträchtliche Bewegungsleistungen vor, weshalb der hohe Anteil der Muskulatur am Gesamtkörpergewicht mit ca. 40% sinnvoll erscheint.

Mit Neolithischer, Industrieller und Digitaler Revolution veränderten sich innerhalb kürzester Zeit die Einflüsse und Ansprüche der Umwelt an den Menschen.

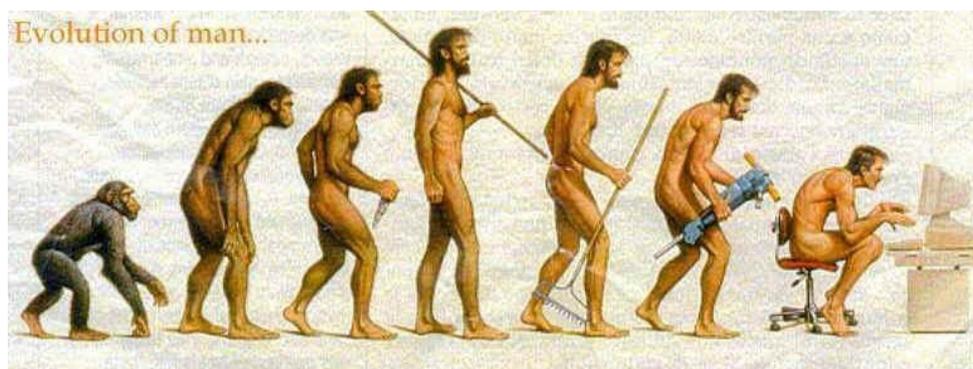


Abb.6: Evolution of man...

Unter den gegenwärtigen „bequemen“ Lebensbedingungen ist die Nahrungsorganisation, die Fortbewegung und der Haushalt nicht mehr mit stärkeren körperlichen Belastungen verbunden. Zwischen menschlicher Morphologie und Lebensweise besteht eine auffällige Diskrepanz.

Die dauerhafte Unterforderung der physischen Kapazitäten geht mit einem geringeren Energiebedarf einher.

Da die wissenschaftlich-technische Revolutionswellen (zumindest für die Industrieländer) den Weg zu einem Überangebot an Nahrungsmitteln ebneten, steht der körperlichen Inaktivität üblicherweise ein zu hoher Nahrungskonsum gegenüber.

Logische Folge ist Adipositas, die als Schlüsselfaktor für zahlreiche Zivilisationskrankheiten gilt:

1. Herz- und Gefäßkrankheiten
2. Diabetes mellitus Typ 2*
3. Bluthochdruck
4. bestimmte Krebsarten (z. B. Bauchspeicheldrüsenkrebs, Darmkrebs)

2. Lebensraum II Dürre und Unterernährung

Auf der Südhalbkugel liefern derweil mehr als 100 Millionen Hungertote pro Jahr^[7] den traurigen Konterpart zum übergewichtigen Westen.

Denn viel fataler als die allmähliche Entwicklung von Arteriosklerose und hohen Cholesterinwerten ist der Prozess, der auf biochemischer Ebene unter Bedingungen extremer Nahrungskarenz einsetzt.

Wenn dem Körper keine Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße zugeführt werden, wird peu à peu damit begonnen, die körpereigenen Energiereserven zu verbrauchen. Welche Speicher zu welchem Zeitpunkt rekrutiert wird, hängt von der aktuellen körperlichen Aktivität ab (siehe Grafik).

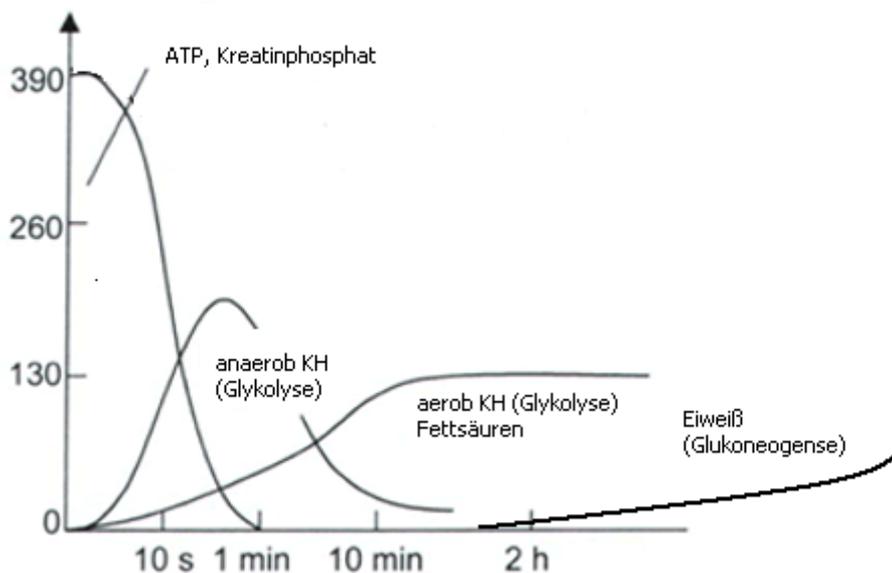


Abb.7: Vergleichende Betrachtung der Energiegewinnungswege
(dargestellt ist die bereitgestellte Energie in kJ/min nach der Zeit t)

Diese aus der sportmedizinischen Trainingslehre stammenden Studien können gleichwohl dazu dienen, die Auswirkungen von absoluter Nahrungskarenz zu visualisieren.

Denn ähnlich wie im Stoffwechsel eines Marathonläufers, wo bei Kilometer 35 sämtliche Kohlenhydratspeicher erschöpft sind und die Fettspeicher nicht ausreichen, wird im Körper des Hungernden zunehmend mit der Rekrutierung von Proteinquellen begonnen.

Anders als beim Marathonläufer, der nach gut sieben Kilometern genug Gelegenheit haben wird, seine Speicher wieder aufzufüllen, ist das kontinuierliche Aufbrauchen von körpereigenen Proteinen beim Hungernden aber äußerst gefährlich.

Das liegt daran, dass Kohlenhydrate (Blut-, Leberglykogen) und Fette Speicher besitzen, deren ausschließliche Funktion, die Energiebereitstellung ist.

Für Proteine ist die Energielieferung jedoch allenfalls sekundärer Verwendungszweck. Primär sind sie Hauptbestandteil der menschlichen Enzyme.

In der sogenannten „Glukoneogenese“-Reaktion aber kann der Körper proteinogene Aminosäuren nutzen, um Glucose (für die Glykolyse) zu regenerieren.

Auf diese Weise verdaut er sich praktisch selbst.

Typische Symptome wie Antriebsarmut, Muskelschwäche und Konzentrationsschwierigkeit können dabei auch bei anorektischen Patienten in westlichen Ländern beobachtet werden.

Bei Interesse für die genauen Prozesse der Glukoneogenese, die vereinfacht als Umkehrung der Glykolyse verstanden werden kann, sei erneut an die biochemische Fachliteratur verwiesen.

Textnachweis

^[1] Der Belgier Luc Van Lierde hält den Rekord beim Ironman auf Hawaii seit 1996 mit **8:04:01 h.**

^{[2], [6]}, „Script Seminar I Biochemie/Molekularbiologie“, Institut für Biochemie und Molekularbiologie, Albert-Ludwig-Universität Freiburg im Breisgau, März 2008

^[3] **30,5kJ/mol** ist der im Labor gemessene Wert. Physiologisch in der menschlichen Zelle ist die frei werdende Energie mit **50kJ/mol** noch größer.

^[4] Ionen an einer für sie durchlässigen Membran bewegen sich stets von der Seite höherer zur Seite niedrigerer Konzentration (Fick´sches Diffusionsgesetz).

^[5] Bei ausbleibender Zufuhr des Mineralstoffs Eisen kann z.B. die O₂-Bindungsfähigkeit des roten Blutfarbstoffs Hämoglobin stark eingeschränkt sein, weil ein Eisen-Atom für die Fixierung von Sauerstoff im aktiven Zentrum des Enzyms sorgt. Klinisches Symptom der Eisen-Mangel-Anämie.

^[7] Österreichischer Rundfunk, Wien, September 2008

Abbildungsnachweis

Abb.1 University of Illinois at Chicago/ USA (www.uic.edu)

Abb.3 University of Sichuan/ China

Abb.4 Physikum Exakt, Hamid Abdolvahab-Emminger (Hrsg.), Thieme-Verlag, 3.Auflage, Stuttgart, 2003

Abb.5 University of Wisconsin at Madison/ USA (www.wisc.edu)

Abb.6 Sampson Community College North Carolina/ USA

Autor:

Johannes Moritz Waldschmidt (Jahrgang 1988), Student der Humanmedizin,

Albert-Ludwig-Universität Freiburg im Breisgau (Deutschland), Kontakt johanneswaldschmidt@gmx.de