

## 21.5 Exkurs: Die biologischen Funktionen der Nährstoffe

### Metabolismus

Lebende Systeme gewinnen, speichern und nutzen Energie, um ihre verschiedenen Funktionen ausüben zu können. Im Zusammenhang damit stehen u. a. der Abbau (Katabolismus gr. *kata* = hinab) und der Aufbau (Anabolismus; gr. *ana* = hinauf) von Stoffen sowie die Reaktion auf äussere Reize. Die Gesamtheit der im Katabolismus und Anabolismus stattfindenden Reaktionen fasst man unter dem Begriff Stoffwechsel oder Metabolismus (gr. *metabolismos* = Stoffwechsel) zusammen, die beteiligten Stoffe heissen Metabolite. Damit die Reaktionen im menschlichen Organismus bei rund 37°C ablaufen können, ist für jede einzelne von ihnen ein spezifisches Enzym (Biokatalysator) nötig. Bis heute sind über 2000 Biokatalysatoren bekannt.

- 
- Metabolismus: Stoffwechsel in lebenden Organismen, gliedert sich in Katabolismus und Anabolismus.
  - Katabolismus: Abbau von hochmolekularen Substanzen in lebenden Systemen zu niedermolekularen Grundstoffen unter Energiegewinnung.
  - Anabolismus: Synthese von Makromolekülen in lebenden Organismen aus den Produkten des Katabolismus.
- 

Erstaunlich sind die Mengen, die ein erwachsener Mensch im Verlauf von 40 Jahren bei gleichbleibendem Gewicht umsetzt:<sup>1</sup>

- 6 Tonnen Nahrung (Trockengewicht)
- 30 000 bis 40 000 Liter Wasser

Beim Katabolismus wird viel Energie freigesetzt. Dabei kommt es zu einem Abbau der Nährstoffe über verschiedene Teilreaktionen und, in Umkehr zur Photosynthese, mit dem zugeführten Sauerstoff zur Bildung von Kohlenstoffdioxid und Wasser.



Die dabei gewonnene Energie dient v. a. zur Synthese von energiereichem Adenosintriphosphat (ATP; Exkurs 12.7) aus Adenosindiphosphat (ADP) und einer Hydrogenphosphatgruppe (Phosphorylgruppe:  $\text{HOPO}_3^{2-}$ ). ATP ist eine Verbindung, die in einem einfachen Reaktionsschritt die gespeicherte Energie leicht wieder abgeben kann. Dabei wird der Energiegehalt anderer Stoffe erhöht, und diese können exergonisch reagieren. Dies ermöglicht die Verrichtung von körperlicher Tätigkeit sowie die Aufrechterhaltung der Körperwärme.

---

1 Aus Christen, P.; Jaussi, R.: Biochemie. Eine Einführung in 40 Lerneinheiten. Springer. Berlin. 2005.

Körpereigene Stoffe können durch Umkehrung der katabolischen Reaktionen in endothermen Vorgängen aufgebaut werden (Anabolismus). Die dazu benötigte Energie in Form von ATP stammt aus den Abbauvorgängen.



Die vom menschlichen Organismus aufgenommenen Nährstoffe (Kohlenhydrate, Fette, Proteine) werden in einer ersten Stufe verdaut, d. h. in ihre Bausteine zerlegt:

- Kohlenhydrate (Polysaccharide) → Glucose
- Fette → Glycerin + Fettsäuren
- Proteine (Eiweisse) → 2-Aminocarbonsäuren (Aminosäuren)

Anschliessend kommt es zu einem Abbau der Glucose, der Aminosäuren und der Fettsäuren zu kleineren Molekülen. Über den Citratzyklus und die Zufuhr von Sauerstoff in der Atmungskette bilden sich schliesslich Kohlenstoffdioxid- und Wasser-Moleküle.

### Der Abbau von Kohlenhydraten

Den grössten Anteil der Nährstoffe, die der Mensch zu sich nimmt, stellen die Kohlenhydrate dar (60 bis 70 %). In Form von Glucose liefern sie, neben den Fettsäuren, die meiste vom Organismus benötigte Energie. Die Glucose wird dabei zu Kohlenstoffdioxid und Wasser oxidiert, wobei energiereiches ATP entsteht.

Enzyme im Speichel und im Sekret der Bauchspeicheldrüse zerlegen die in den Nährstoffen (Brot, Kartoffeln) enthaltene Stärke in das Disaccharid Maltose und anschliessend zu Glucose. Die Monosaccharide gelangen dann über die Darmzellen in die Blutbahn und werden schliesslich zu den Zellen der verschiedenen Gewebe transportiert.

### Der Abbau von Fetten

Die natürlich vorkommenden festen oder halbfesten Fette sowie die flüssigen fetten Öle sind Gemische verschiedener Triglyceride (Abschnitt 21.1). Im Darm der Säugetiere werden die Fette zunächst durch die Wirkung der Galle und des Bauchspeichels emulgiert und dann durch Enzyme (Lipasen) teilweise aufgespalten. Die dabei gebildeten Fettsäuren und Monoglyceride (Glycerin-Moleküle, die nur mit einer Fettsäure verestert sind) lassen sich nun in die Zellen der Dünndarmschleimhaut transportieren. Dort verbinden sich Fettsäuren und Glycerin zum Teil wieder zu körpereigenen Fetten, die von der Lymphe und dem Blut im Körper verteilt werden. Eiweissstoffe wirken dabei als Emulgatoren, ähnlich wie in der Milch. Anschliessend kommt es zum Abbau der Triglyceride im Fettgewebe zu Glycerin und Fettsäuren.

### Proteine im Stoffwechsel

Nur die Pflanzen können Aminosäuren und damit Proteine aus anorganischen Verbindungen aufbauen. Menschen und Tiere sind hingegen auf die Einnahme von Eiweissen angewiesen, die u. a. die acht essenziellen, nicht vom Körper bereitgestellten Aminosäuren enthalten. Die Zellen des Organismus erhalten dadurch kontinuierlich 2-Aminocarbonsäuren (Aminosäuren), die aus den Proteinen der zugeführten Nahrung stammen. Die Aminosäuren sind die Grundlage für die

Synthese körpereigener Proteine und anderer Stickstoffverbindungen. Die nicht verwertbaren Aminosäuren können, im Gegensatz zu Fettsäuren und Glucose, nicht im Körper gespeichert werden und finden deshalb als Brennstoffe für den Organismus Verwendung.

Die Proteinverdauung beginnt im Magen, in dem das saure Milieu die Molekülstruktur zerstört. Diese Denaturierung ist irreversibel, das Protein geht von einem geordneten in einen weniger geordneten Zustand über. Der eigentliche Abbau der Eiweissmoleküle zu Di- und Tripeptiden sowie zu einzelnen Aminosäuren erfolgt im Dünndarm. Die Abbauprodukte gelangen in die Dünndarmzellen und von dort in den Blutstrom. Damit ist der Transport zu anderen Geweben möglich, in deren Zellen dann eine weitere Zerlegung bzw. die erneute Synthese von Proteinen, Glucose und Glykogen stattfindet. Glykogen entsteht aus  $\alpha$ -Glucose-Molekülen, ist aber stärker verzweigt als das Amylopektin.

Der biologische Wert von Eiweissen hängt vor allem davon ab, wie hoch ihr Anteil an essenziellen Aminosäuren ist. Verschiedene Lebensmittel können sich gegenseitig ergänzen, wenn in ihren Proteinen jeweils andere essenzielle Aminosäuren vorhanden sind. So enthalten Fleisch und Reis bzw. Brot und Käse günstige Eiweisskombinationen. Die von einem Erwachsenen täglich benötigte Eiweissmenge von 50 bis 70 Gramm deckt den Verlust, der durch Abbau von Eiweiss und Ausscheidung stickstoffhaltiger Stoffwechselprodukte (u. a. Harnstoff) entsteht. Bei Eiweissmangel, unter dem ein grosser Teil der Menschen in Hungergebieten leidet, wird die Muskulatur abgebaut. Es kommt zu Störungen der körperlichen und geistigen Entwicklung, und die Widerstandskraft gegen Infektionen nimmt ab.

## Zentrale Begriffe zum Exkurs 21.5

- › Metabolismus
- › Katabolismus
- › Anabolismus
- › Adenosintriphosphat, ATP
- › Kohlenhydrate
- › Fette
- › Proteine (Eiweisse)

## Aufgaben zum Exkurs 21.5

**21.31** Worin besteht der Unterschied zwischen Katabolismus und Anabolismus?

**21.32** Wie lautet der Name für die Abkürzung ATP?

Weitere Aufgaben zum Katabolismus findet man im Exkurs Kapitel 22

## Lösungen zum Exkurs 21.5

**21.31** Katabolismus: Abbau hochmolekularer Stoffe in lebenden Systemen; Anabolismus: Synthese von Makromolekülen in lebenden Organismen.

**21.32** Adenosintriphosphat.