

## 4. Makronährstoffe: Das Wichtigste in Kürze

Nahrungsbestandteile, die Energie liefern oder liefern können, werden als Makronährstoffe bezeichnet. Nur diese wollen wir im vorliegenden Ratgeber berücksichtigen. Nicht-energieliefernde Nahrungsbestandteile wie Elektrolyte, Spurenelemente und Vitamine bleiben weitgehend außen vor, weil sie für das Körpergewicht und die Körperzusammensetzung nur in krankhaften Ausnahmefällen eine wesentliche Rolle spielen.

### 4.1 Nieder- und hochmolekulare Kohlenhydrate

Wie der Name sagt, bestehen Kohlenhydrate aus Kohlenstoff und Wasser.

Als **Monosaccharide** (Einfachzucker) weisen sie mindestens drei Kohlenstoffatome (C-Atome) auf. In unserem Zusammenhang interessieren vor allem die Monosaccharide mit sechs C-Atomen; dazu zählen:

- **Glukose** (Traubenzucker, Dextrose),
- **Fruktose** (Fruchtzucker) und
- **Galaktose**.

In Falle der **Disaccharide** (Zweifachzucker) sind jeweils zwei – gleiche oder unterschiedliche – Monosaccharide miteinander verknüpft. Ernährungsmedizinisch hervorzuheben sind folgende Disaccharide:

- **Maltose** = zwei Moleküle Glukose,
- **Saccharose** (Rohrzucker) = Glukose + Fruktose sowie
- **Laktose** (Milchzucker, wichtigstes Kohlenhydrat der Milch) = Glukose + Galaktose.

Wenn viele Monosaccharide miteinander verbunden sind, bilden sie ein **Polysaccharid** (Vielfachzucker). Glykogen und Stärke sind solche Polysaccharide. Sie entstehen beide aus der Verbindung von Millionen Glukosemolekülen und dienen als Reserve-Kohlenhydrate, also als Speicherformen. **Glykogen** kommt dabei im tierischen Organismus vor und **Stärke** in Pflanzen.

#### Einteilung der Kohlenhydrate:

- Einfachzucker, z. B. Glukose
- Zweifachzucker, z. B. Laktose
- Vielfachzucker, z. B. Stärke

#### Kohlenhydratreiche Lebensmittel:

- besonders Getreide, Getreideprodukte und Kartoffeln,
- ferner auch Obst, Hülsenfrüchte und Nüsse

Lebensmittel	Kohlenhydrate	Fette	Proteine
Getreide und Getreideprodukte	40–80 %	<1–3 %	6–15 %
Kartoffeln	15 %	fast fettfrei	2 %
Gemüse, Salate, Kräuter, Pilze	gering (außer Erbsen, Wegerich und Zuckermais)	< 1 % (außer Zuckermais)	durchschnittlich <3 % (außer Erbsen: fast 6 %)
Obst	durchschnittlich 10 % (außer Bananen: 20 %)	< 1 %	gering
Milch, Sauermilchprodukte	3–5 %	< 1–3,5 %	reich an biologisch hochwertigen Proteinen
Frischkäse, Quark, Sauermilchkäse	Spuren – 4 %	0,3–45 % Gesamtfett	reich an biologisch hochwertigen Proteinen
Hartkäse, Schnittkäse, Weichkäse	Spuren	13–40 % Gesamtfett	reich an biologisch hochwertigen Proteinen
Fisch	Spuren	1–25 %	proteinreich
Geflügel	Spuren	1–30 %	proteinreich
Fleisch	Spuren	2–20 %	proteinreich
Innereien	bis 4 %	3–6 %	proteinreich
Eier	<1 %	11 %	proteinreich
Getrocknete Hülsenfrüchte	6–50 %	1–18 %	proteinreich
Pflanzliche Fette und Öle	0–3 %	80–100 %	0–1 %
Nüsse, Samen, Ölfrüchte	5–30 %	35–65 %	2–25 %
Tierische Fette	0–4 %	13–34 %	<1–4 %

**Tab. 1:** Typische Makronährstoffgehalte verschiedener Lebensmittelgruppen.  
Verändert n. Elmadfa und Fritzsche<sup>[1]</sup>

Auf die Rolle kalorischer Süßstoffe, besonders der Fruktose, als Energieträger wird in den ⇒Kapiteln 5.2 und 8.1 näher eingegangen.

■ Tabelle 1 zeigt Beispiele für den Gehalt unserer Lebensmittel an Makronährstoffen. Dabei orientiert sich die Einteilung der Lebensmittel nach der Lebensmittelpyramide der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE). Kohlenhydrate finden sich hauptsächlich in Getreide und Getreideprodukten, ferner in Kartoffeln und geringer konzentriert auch in Obst, Hülsenfrüchten und Nüssen.

Die Kohlenhydrate liefern in der Regel den Hauptanteil der benötigten Energie. Sie können auch als Gerüstsubstanzen in Körperstrukturen eingebaut werden und schließlich das Kohlenstoffskelett für Aminosäuren bereitstellen.

Der Erfüllung dieser Aufgaben dient der Stoffwechsel (■ Abbildung 5). Der Begriff **Stoffwechsel** fasst dabei viele Vorgänge zusammen, nämlich die Aufnahme von Substanzen in die Zellen, die dort ablaufenden chemischen Umwandlungen, den Transport im Blut und die Abgabe von Endprodukten. Die **Verdauung** zählt nicht zum Stoffwechsel; Verdauung ist definiert als die Spaltung der Nahrung im Verdauungstrakt.

Im Mittelpunkt des Kohlenhydratstoffwechsels (■ Abbildung 5) steht die **Glukose**, auch der Blutzucker ist Glukose. Nach Mahlzeiten wird Glukose nur teilweise abgebaut; sie wird stattdessen in der Leber und im Muskel in Form des Kohlenhydrats Glykogen gespeichert (dieser Speicher ist in der Lage, Energie für ca. 24 Stunden zu liefern). Bei sehr hohem Glukoseangebot wird diese zu Fett verstoffwechselt. Zur Energiebereitstellung wird Glukose im Prozess der **Glykolyse** in Brenztraubensäure (Pyruvat) umgesetzt und dann über Azetyl-KoA in den **Zitratzyklus** eingeschleust; dem folgt zuletzt die **Oxidation** (= Energiegewinnung).

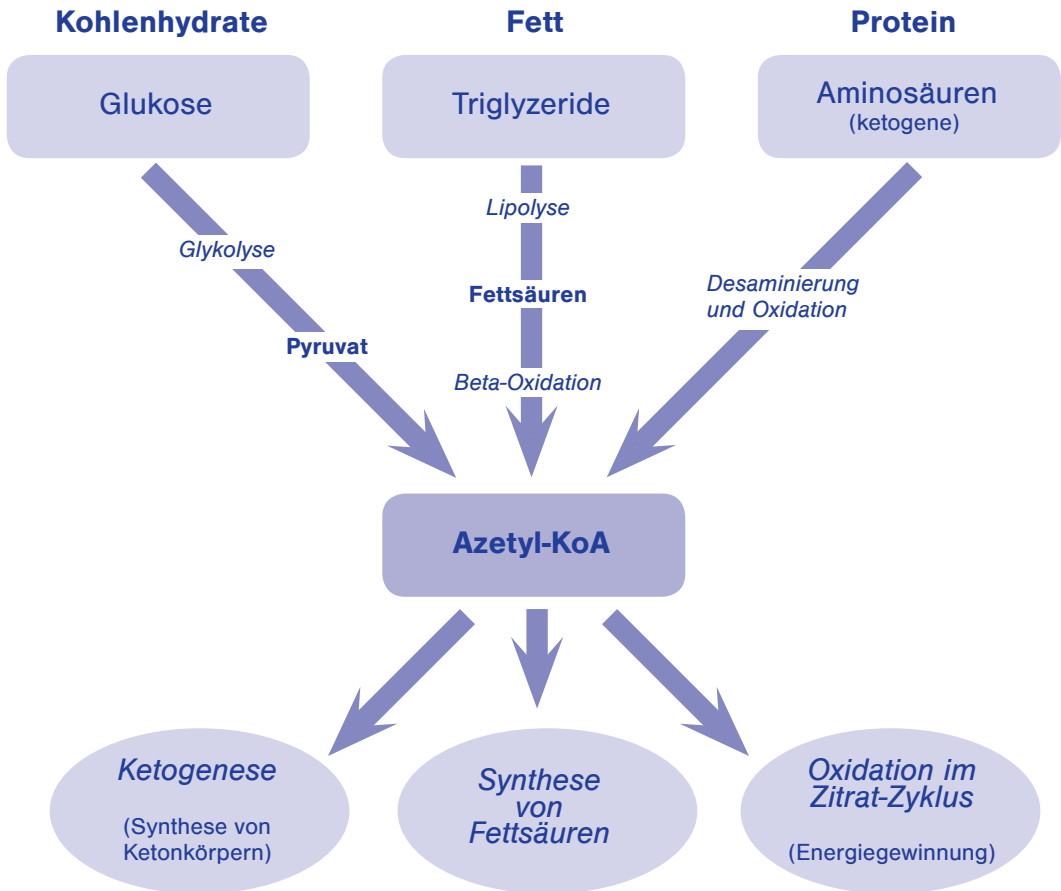
Um bei einem Übernachtfasten oder einem längeren Fasten den Blutzuckerspiegel aufrecht zu erhalten, wird erstens Glykogen abgebaut (Glykogenolyse) und zweitens in der Leber sowie zum kleineren Teil in der Niere Glukose neu hergestellt

#### **Funktionen der Kohlenhydrate:**

- Lieferung von Energie
- Aufbau von Gerüstsubstanzen
- Aufbau von Aminosäuren

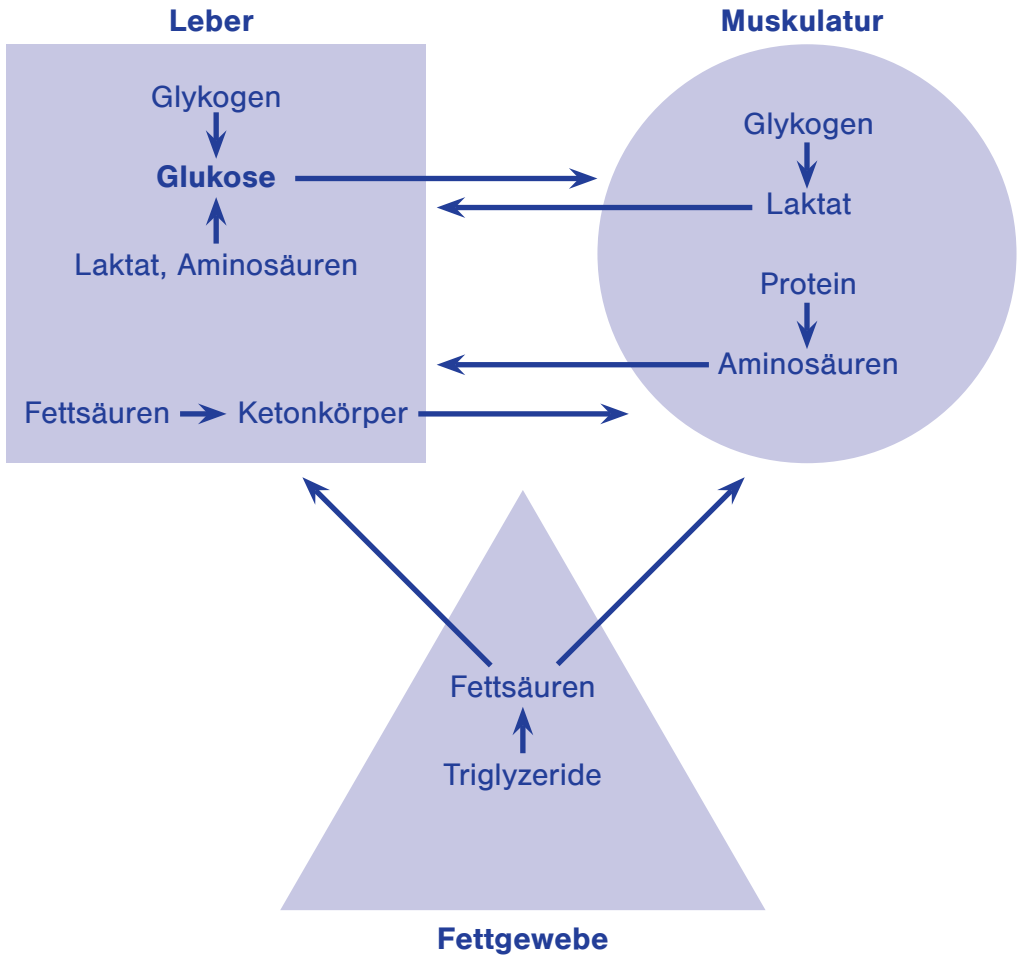
#### **Kohlenhydratstoffwechsel:**

- Auf- und Abbau von Glykogen
- Umwandlung von Glukose in Fett
- Glukoseabbau durch Glykolyse und Oxidation
- Neubildung von Glukose



**Abb. 5:** Wesentliche Prozesse im Kohlenhydrat-, Fett- und Protein- bzw. Aminosäurenstoffwechsel. Deutlich wird die zentrale Rolle von Azetyl-KoA. Übersetzt aus Lim.<sup>[2]</sup>

(Glukoneogenese; ■ Abbildung 6). Vorläufersubstanzen hierbei sind Milchsäure und Aminosäuren aus der Muskulatur (■ Abbildung 6) und Glycerin aus dem Fettgewebe. **Die hormonelle Regulation dieser Vorgänge erfolgt vor allem durch Insulin; ferner sind daran mehrere Gegenspieler des Insulins beteiligt.**



**Abb. 6:** Bereitstellung und Fluss der Nährsubstrate im Nüchternzustand. Nach Mahlzeiten werden Glykogen aus Glukose sowie Laktat (Milchsäure), Fette aus Fettsäuren sowie Glycerin und Proteine aus Aminosäuren neu aufgebaut.

## 4.2 Neutralfette, Fettsäuren und Cholesterin

Den chemisch sehr unterschiedlichen Fettstoffen (Lipiden) ist eine schlechte Wasserlöslichkeit gemeinsam. Ernährungsmedizinisch gehören die Neutralfette (Triglyzeride) und Cholesterin zu den wichtigsten Lipiden. Die **Triglyzeride** bestehen aus dem C3-Körper Glycerin, der drei Alkoholgruppen aufweist, und drei Fettsäuren, die an diese Alkoholgruppen gebunden sind. **Cholesterin** ist ein Begleitstoff der Neutralfette.

Die Fettsäuren weisen (wie die Kohlenhydrate) eine Kohlenwasserstoffkette und dazu eine sauerstoffhaltige Säuregruppe auf. Sie sind

- **essenziell**, d.h. in der Nahrung unverzichtbar (z.B. Linolsäure und Linolensäure) oder **nicht-essenziell**, d.h. sie können im Körper gebildet werden;
- **kurz-, mittel- oder langkettig**, d. h. sie haben 2 bis 4, 6 bis 12 oder mindestens 14 C-Atome;
- **gesättigt, einfach ungesättigt oder mehrfach ungesättigt**, d.h. sie haben zwischen bestimmten C-Atomen keine, nur eine oder mehrere Doppelbindungen.

In den Nahrungsfetten überwiegen die Triglyzeride. Über den Fettgehalt der einzelnen Lebensmittelgruppen orientiert ■ Tabelle 1. Pflanzliche Öle sind extrem fettreich; tierische Fette, aber auch viele Käsesorten und Nüsse sind sehr fettreich; Eier und Hülsenfrüchte enthalten mäßig viel Fett. Cholesterin wird zu jeweils 50 % mit der Nahrung aufgenommen und im Körper gebildet.

Hauptaufgabe der Neutralfette ist die Speicherung von Energie. Die im Fettgewebe gespeicherte Triglyzeridmenge von 8 kg deckt den Energiebedarf von ca. 40 Tagen. (Hieraus resultiert die Dauer der Fastenzeit von 40 Tagen. Eine Person mit Übergewicht kann natürlich länger fasten.)

Mehrere Fette, z.B. Cholesterin und die Phospholipide, dienen unter anderem dem Aufbau von Zellmembranen. Viele Stoffe der Lipidklasse sind Ausgangssubstanzen für die Bildung biologisch aktiver Verbindungen. So entstehen aus Cho-

### Einteilung der Fettsäuren:

- essenziell – nicht essenziell
- kurz-, mittel- oder langkettig
- gesättigt, einfach ungesättigt oder mehrfach ungesättigt

### Fettreiche Lebensmittel:

- besonders pflanzliche Öle, tierische Fette, viele Käsesorten und Nüsse
- ferner auch Eier und Hülsenfrüchte

### Funktionen der Fette:

- Speicherung von Energie (Neutralfette)
- Aufbau von Zellmembranen (Cholesterin, Phospholipide)
- Bildung biologisch aktiver Verbindungen