

31 Energiegewinnung und Energiebedarf

Vera Singbeil-Grischkat



31.1 Energiegewinnung	391	31.2.2 Leistungsumsatz	393
31.2 Energiebedarf	391	31.2.3 Berechnung des Energiebedarfs	394
31.2.1 Grundumsatz	392		

31.1 Energiegewinnung

Jede lebende Zelle und damit auch der gesamte menschliche Organismus stehen in einem ständigen Stoff- und Energieaustausch mit der Umwelt. Die Aufnahme energiereicher Nährstoffe ist zur Aufrechterhaltung unserer Lebensvorgänge erforderlich, z. B. von

- Körperwärme,
- körperlichen Funktionen wie Muskeltätigkeit,
- geistigen Funktionen,
- Wachstum und
- Stoffwechseltätigkeiten.

Kohlenhydrate, Eiweiße und Fette sind die Grundnährstoffe, aus denen der Organismus Energie gewinnt. Nach Verdauung der Nährstoffe und Aufnahme ihrer Grundstoffe in das Blut erfolgt entweder die Weiterverarbeitung in körpereigene Substanzen oder es findet eine sofortige Verbrennung der Grundsubstanzen zur Energiegewinnung statt.

Aus den Abbauprodukten von Kohlenhydraten, Eiweißen und Fetten entsteht unter Verbrauch von Sauerstoff Energie. Diese Energiegewinnung findet in den Mitochondrien, den eigentlichen Energielieferanten der Zelle, statt. Der hier erzeugte Brennstoff ist das ATP (Adenosin-triphosphat), daneben entsteht, wie für alle Stoffwechselfvorgänge typisch, Wärme, die für uns lebensnotwendige Körperwärme. Als Endprodukte entstehen Kohlendioxid, Wasser und stickstoffhaltige Substanzen.



ATP ist ein wiederaufladbarer Energiespeicher und die so genannte »Energiewährung« des Stoffwechsels. ATP treibt Stoffwechselfvorgänge und Membrantransportvorgänge an und liefert Energie für Muskelkontraktion und Wärmeerzeugung.

Die Energieausbeute oder der Brennwert der Grundnährstoffe wird in der Maßeinheit Joule (internationale Maßeinheit) oder Kalorien angegeben. Eine Kilokalorie (kcal) entspricht 4,184 Kilojoule (kJ). Umgekehrt entspricht 1 kJ 0,239 kcal.



Eine **Kalorie** ist die erforderliche Wärmemenge, um 1 g Wasser von 14,5 °C auf 15,5 °C zu erwärmen.

So liefert die Oxidation von:

- 1 g Kohlenhydrat 17,2 kJ bzw. 4,1 kcal
- 1 g Eiweiß 17,2 kJ bzw. 4,1 kcal
- 1 g Fett 38,9 kJ bzw. 9,3 kcal

31.2 Energiebedarf

Zur Ermittlung des täglichen Energiebedarfs eines Menschen müssen zunächst **Grund-** und **Leistungsumsatz** unterschieden werden.

31.2.1 Grundumsatz



Als **Grundumsatz** (Ruhe-Nüchtern-Umsatz) bezeichnet man die Energiemenge, die ein Mensch

- in entspanntem Zustand bei völliger körperlicher Ruhe im Liegen
- 12 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme
- leicht bekleidet in einem Raum mit einer Temperatur von 20 °C durchschnittlich benötigt.

Der **Grundumsatz** ist die Energiemenge, die bei genannten Bedingungen zur Aufrechterhaltung des Grundstoffwechsels, also dem für die Lebensvorgänge der Zellen erforderlichen Erhaltungsumsatz, und der Körpertemperatur benötigt wird. Normalerweise wird der Grundumsatz für 24 Stunden berechnet.

Die **indirekte Kalorimetrie** ist ein Messverfahren, mit dessen Hilfe der Grundumsatz eines Menschen präzise bestimmt werden kann. Dabei analysiert ein spezielles Gerät die Atemgase (Sauerstoff und Kohlendioxid) über einen definierten Zeitraum. Etwas einfacher ist die Ermittlung des Grundumsatzes durch folgende **Faustformel**: Grundumsatz = 4,2 Kilojoule oder 1 Kilokalorie (kcal) pro Kilogramm Kör-

pergewicht und Stunde. Für einen Menschen mit einem Gewicht von 60 Kilogramm Körpergewicht ergibt sich innerhalb von 24 Stunden ein Grundumsatz von 6048 Kilojoule oder 1440 kcal (vereinfachend verwenden wir nachfolgend die Maßeinheit kcal). In der Praxis legt man Referenzwerte zugrunde, die in Tabelle 31.1 aufgeführt sind.

Der **Grundumsatz** ist abhängig von folgenden Faktoren (Abb. 31.1):

- **Alter**: Mit zunehmendem Alter verlangsamen sich Stoffwechselfvorgänge, demzufolge haben ältere Menschen einen geringeren Grundumsatz als jüngere.
- **Geschlecht**: Bei gleicher Körpermasse und gleichem Alter ist der Grundumsatz bei Männern um 6–9 % höher als bei Frauen, da Männer mehr Muskelmasse (= aktives Gewebe) haben als Frauen. Bei Frauen ist der Fettgewebsanteil (= passives Gewebe) höher.
- **Größe und Gewicht (Körperoberfläche)**: Die Gewebsmasse, die versorgt werden muss, ergibt sich aus der Körpergröße und dem Körpergewicht. Der Grundumsatz steigt entsprechend, im Weiteren erhöht sich bei einer größeren Körperoberfläche auch der Wärmeverlust. Der Grundumsatz steigt aber nicht proportional zum Übergewicht, da bei Übergewichtigen vorwiegend passives Gewebe aufgebaut wird.

Tab. 31.1 Durchschnittliche Höhe des Grundumsatzes in Abhängigkeit vom Alter und vom Körpergewicht (Quelle: D-A-CH-Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr)

Alter	Körpergewicht in kg		Grundumsatz (kcal/Tag)	
	männlich	weiblich	männlich	weiblich
15–19 Jahre	67	58	1820	1460
19–25 Jahre	74	60	1820	1390
25–51 Jahre	74	59	1740	1340
51–65 Jahre	72	57	1580	1270
65 Jahre und älter	68	55	1410	1170

- **Hormone**, insbesondere Schilddrüsenhormone wie Thyroxin und Triiodthyronin, verändern den Grundumsatz. Eine Überfunktion der Schilddrüse steigert, eine Unterfunktion senkt den Grundumsatz.
- **Individuelle Faktoren** wie Stress, Fieber, Depressionen und Medikamente haben ebenso Einfluss. So kann bei Stress und Fieber der Grundumsatz erhöht, bei Depressionen und z. B. durch Einnahme von Schmerzmitteln reduziert sein. Bei einer Schwangerschaft ist der Grundumsatz ab der 22. Schwangerschaftswoche um 10 % erhöht. Durch längeres Fasten mit Gewichtsreduktion kann der Grundumsatz abgesenkt werden.
- Ebenso ist das **Klima** von Bedeutung, da sich der Körper durch die Wärmeproduktion an das vorliegende Klima anpasst. So ist der Grundumsatz in tropischen Gebieten geringer als in gemäßigten Klimazonen.

31.2.2 Leistungsumsatz

Jede weitere Leistung oder Aktivität, die ein Mensch vollbringt, verbraucht zusätzlich Energie. Die Energiemenge, die über den Grundumsatz hinaus benötigt wird, bezeichnet man als Leistungsumsatz. Dieser ergibt sich aus dem Arbeits- und Freizeitumsatz.

Der **Leistungsumsatz** wird maßgeblich durch die Muskeltätigkeit und die Arbeitsleistung bestimmt, denn wird der Körper bewegt, steigt sein Energieverbrauch. Wärmebildung, vermehrter Sauerstoffverbrauch und vermehrte Kohlendioxidabgabe gehen damit einher. Der Leistungsumsatz ist im Weiteren abhängig von der Umgebungstemperatur, den Leistungen des Nervensystems und der Verdauungsarbeit. Jede Muskeltätigkeit, aber auch konzentrierte geistige Tätigkeit erfordert somit zusätzliche Energie (Abb. 31.1). Aber wie viel? Durch Atemgasmessungen kann der zusätzliche Energiebedarf für verschiedene körperliche Aktivitäten bestimmt werden. In Faktoren ausgedrückt erhalten wir für die körperliche Aktivität den so

Tab. 31.2 Einteilung der PAL-Werte »Arbeitsschwere und Freizeitverhalten« (Quelle: Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V.)

Belastung	PAL-Wert
ausschließlich sitzende/liegende Lebensweise, z. B. alte, gebrechliche Menschen	1,2
ausschließlich sitzende Tätigkeit wenig/keine körperliche Aktivität in der Freizeit, z. B. Büroangestellte, Feinmechaniker	1,4–1,5
sitzende Tätigkeit, zusätzlicher Energieaufwand für zeitweilige gehende/stehende Tätigkeiten, z. B. Laboranten, Kraftfahrer, Studierende, Fließbandarbeiter	1,6–1,7
überwiegend gehende/stehende Tätigkeit, z. B. Hausfrauen, Verkäufer, Kellner, Mechaniker, Handwerker	1,8–1,9
körperlich anstrengende berufliche Arbeit, z. B. Bauarbeiter, Landwirte, Waldarbeiter, Bergarbeiter, Leistungssportler	2,0–2,4
für regelmäßige körperliche Aktivitäten (30–60 Minuten Sport pro Tag) müssen zusätzlich noch etwa 0,3 PAL-Einheiten zugerechnet werden	

genannten »PAL-Wert« (engl. »physical activity level«). Dieser wird mit dem Grundumsatz multipliziert, um den Gesamtenergiebedarf zu berechnen. Welcher PAL-Wert für Sie zutrifft, können Sie Tabelle 31.2 entnehmen.

Der Leistungsumsatz ist in den letzten Jahren, z. B. durch veränderte Arbeitsplatzgestaltung sowie gezielten Maschineneinsatz, deutlich gesunken. So üben 78 % der Bevölkerung eine leichte, 13 % eine mittelschwere und nur 9 % eine schwere oder schwerste Arbeit aus. Vielfach sind jedoch die Essgewohnheiten nicht dem realen Bedarf angepasst, so dass sich aus dem

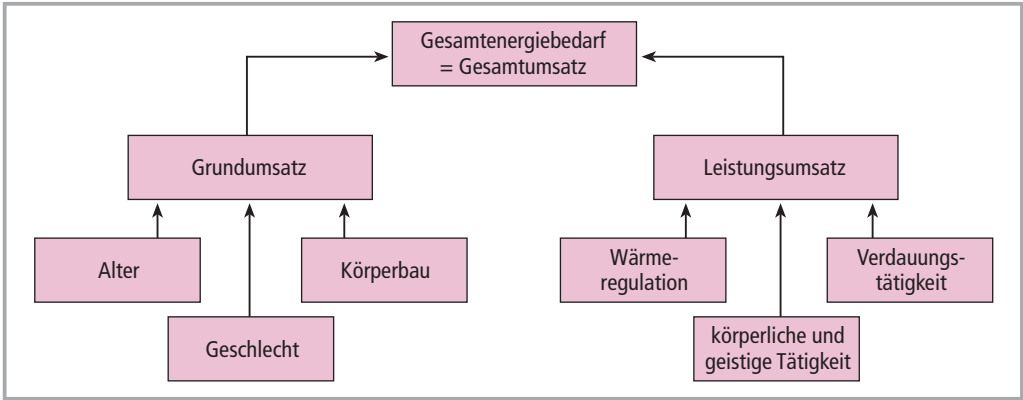


Abb. 31.1 Beeinflussungsfaktoren von Gesamt-, Grund- und Leistungsumsatz

Energieüberangebot das Problem des Übergewichts ergibt. Unterhalten wird dieses Problem häufig durch ein körperlich inaktives Freizeitmanagement.

31.2.3 Berechnung des Energiebedarfs

Zur Ermittlung des individuellen Energiebedarfs sind zwar aufwendige messtechnische Verfahren möglich, aber routinemäßig nicht nutzbar. Normalerweise wird der Bedarf nach Referenzwerten abgeschätzt. Diese Referenzwerte bezie-

hen sich auf das **Normalgewicht**. Das Normalgewicht lässt sich mit der Formel nach Broca berechnen:



Normalgewicht in kg = Körpergröße in cm minus 100

Eine günstigere Einschätzung des Normalgewichts bietet gesundheitsbezogen nach heutiger Sicht der **Body-Mass-Index (BMI)**. Dabei wird das Körpergewicht in Kilogramm im Verhältnis zum Quadrat der Körpergröße in Metern beurteilt.

Tab. 31.3 Body-Mass-Index bei Kindern (Quelle: Arbeitsgemeinschaft Adipositas i. Kindes- u. Jugendalter)

Alter	Normalgewicht		Übergewicht		Adipositas	
	Mädchen	Jungen	Mädchen	Jungen	Mädchen	Jungen
6	15,4	15,5	18,0	17,9	19,7	19,4
8	16,0	16,0	19,3	19,0	21,5	21,1
10	16,9	16,9	20,8	20,6	23,5	23,4
12	18,2	18,0	22,5	22,2	25,5	25,4
14	19,6	19,3	24,0	23,7	27,0	27,0
16	20,6	20,5	24,9	24,9	27,7	28,0