

1 KÖRPERZUSAMMENSETZUNG

Die Untersuchung der Körperzusammensetzung kann einen groben Überblick über die Nährstoff-versorgung eines Menschen liefern, indem sie akute und chronische Formen von Fehlernährung aufzeigt. Sie kommt etwa bei der Untersuchung krebserkrankter Menschen zur Anwendung, in medizinischen Einrichtungen in der Dritten Welt oder zu Forschungszwecken in Ernährungsstudien.

Anthropometrie = die Vermessung des Menschen:
altgriech. „anthropos“ = Mensch
altgriech. „metron“ = Maß

Die Lehre von der Vermessung des menschlichen Körpers heißt **Anthropometrie**. Sie umfasst äußere Merkmale wie Länge oder Umfang von Körperteilen. Ein weiteres Maß ist das Körpergewicht, das – in Kombination mit der Körpergröße – wesentliche Schlüsse über den Gesundheitszustand zulässt. Denn auch extremes Über- oder Untergewicht werden als Krankheit angesehen.

Mit der Zeit sind zur klassischen Anthropometrie immer mehr Messgrößen hinzugekommen, deren Bestimmung zum Teil eine moderne technische Ausrüstung erfordern. Zur Ermittlung der Körperzusammensetzung werden folgende Faktoren untersucht:

- Körpergewicht
- Körpergröße
- Taillenumfang
- Bauchumfang
- Hüftumfang
- Body Mass Index (BMI)
- Waist to Hip Ratio (WHR)
- Körperfett
- Körperwasser
- Intra-/Extrazellulärwasser
- Proteingehalt
- Knochenmineralien
- Muskelmasse
- Magermasse u. a.

Die genaueste Aussage über den Gesundheitszustand erhält man, wenn möglichst viele dieser Faktoren bekannt sind.

Das 4-Kompartiment-Modell

Nach diesem gängigen Modell setzt sich das Körpergewicht aus den vier Komponenten Fett, Wasser, Protein und Knochenmineralien zusammen. Bei einem schlanken, 70 kg schweren Mann würde die Verteilung in etwa so aussehen:

Fett	12 kg
Wasser	42 kg
Proteine	12 kg
Mineralstoffe	4 kg

(Quelle: Elmadfa 2004)

Analysen der Körperzusammensetzung werden bei Verdacht auf Fehl- oder Mangelernährung oder bei Verdacht auf eine Erkrankung durchgeführt. Am häufigsten werden das Körpergewicht, das Körperfett und der Wassergehalt erfasst.

Erkrankungen, die sich auf den Proteinanteil des Körpers auswirken, sind Stoffwechselkrankheiten, Krebs oder Tumore. Auch bei Entzündungen und nach Operationen kann der Körperproteinanteil sinken. In diesen Fällen ist eine Analyse wichtig, um die Mängel mit einer angepassten Diät ausgleichen zu können. Auch die Mineralstoffversorgung wird nur bei Verdacht auf bestimmte Krankheiten oder – stichprobenartig – zur Feststellung des Ernährungszustandes der Bevölkerung überprüft.

Auf die Messgrößen Körperfett und Körperwasser wird im Folgenden näher eingegangen.

1.1 Körperfett

Speicherfett wird in der Fachliteratur meist als **Depotfett** bezeichnet.

Ein wesentlicher Faktor zur Abschätzung des Gesundheits- und Ernährungszustandes ist das Körperfett. Es macht beim normalgewichtigen Erwachsenen in der Regel ca. 16 % des Körpergewichts aus. Ein zu niedriger Fettanteil kann die Gesundheit ebenso bedrohen wie ein zu hoher. Starkes Übergewicht (Fettleibigkeit, Adipositas) und starkes Untergewicht gelten demnach als Krankheiten.

Man unterscheidet zwei Arten von Körperfett:

- Das **Speicherfett** dient als Energiespeicher. Es wird im Unterhautbindegewebe von Bauch, Hüften, Oberschenkel angelagert. Aus diesem Grund bietet es auch einen gewissen Schutz vor Wärmeverlust.
- Das **Baufett** hingegen befindet sich im Körperinneren. Es fungiert zB als Lückenfüller und „Stoßdämpfer“, indem es Organe umkleidet (Nierenkapsel, Augapfel, Wange), aber auch an Fersen und Handballen. Es wird beim gewöhnlichen Fasten nicht abgebaut, erst bei drastischem, gefährlichem Untergewicht.

Adipositas
= krankhaftes, starkes Übergewicht = Fettleibigkeit

Stark übergewichtige Menschen werden als „adipös“ bezeichnet.

Der Körperfettgehalt lässt sich nur schwer direkt bestimmen. Deswegen verwendet man andere, leicht zu bestimmende Faktoren, die eng mit dem Körperfettanteil eines Menschen zusammenhängen:

1.1.1 Body Mass Index

Der **Body Mass Index** („Körpermasse-Index“), kurz **BMI**, ist eine gängige Methode, um grob abzuschätzen, ob eine Person über-, normal- oder untergewichtig ist. Beim Rückschluss von Größe und Gewicht auf die Fettverteilung geht man von der Annahme aus, dass ein erhöhtes Körpergewicht durch einen erhöhten Körperfettanteil zustande kommt.

Dabei handelt es sich nur um einen groben Richtwert, da weder Statur, Alter oder Geschlecht noch die individuelle Bemuskelung berücksichtigt werden. Für bestimmte Personengruppen ist der BMI nicht oder nur in spezieller Form anwendbar. In der üblichen Form (wie oben beschrieben) ist er nur für Erwachsene zwischen 18 und 65 Jahren aussagekräftig, für Kinder, Schwangere oder alte Menschen gibt es eigene Richtwerte. Der BMI kann anhand von Körpergewicht und Körpergröße sehr einfach errechnet werden:

$$\text{BMI} = \frac{\text{Körpergewicht [kg]}}{\text{Körpergröße in Metern zum Quadrat [m}^2\text{]}}$$

Zum Beispiel eine 1,64 m große Frau, die 69 kg wiegt:

$$\text{BMI} = \frac{69 \text{ kg}}{1,64 \times 1,64 \text{ m}} = 25,7 \text{ kg/m}^2$$

Mit einem BMI von 25,7 ist diese Frau etwas übergewichtig (vgl. Tabelle).

ÖGE-Infos zum BMI:



ikon.at/ERL1



Mithilfe einer BMI-Tabelle kann man den BMI auch grafisch ermitteln. Er ergibt sich aus dem Schnittpunkt von Körpergröße (x-Achse) und Körpergewicht (y-Achse):

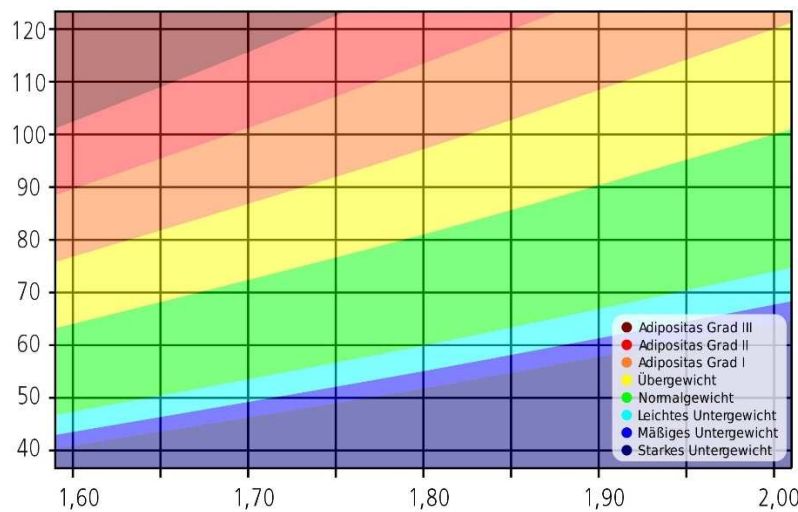


Abb. 1: Der Body Mass Index¹ (X-Achse = Körpergröße in Meter, Y-Achse = Körpergewicht in Kilogramm)

Für den BMI gelten folgende Richtwerte:

Klassifikation	BMI [kg/m ²]
starkes Untergewicht	< 16
mäßiges Untergewicht	16 – 16,9
leichtes Untergewicht	17 – 18,5
Normalgewicht	18,5 – 24,9
Präadipositas = Übergewicht	25 – 29,9
Adipositas I	30 – 34,9
Adipositas II	35 – 39,9
Adipositas III	ab 40

Tab. 1: BMI bei Unter-, Normal- und Übergewicht (Quelle: ÖGE/WHO)

Studien haben gezeigt, dass bei einem bestimmten BMI – je nach Alter und Geschlecht – Lebenserwartung und Lebensqualität am höchsten sind. Dieser Wert wird als „wünschenswerter BMI“ bezeichnet.

Jahre	BMI [kg/m ²]	
	Frauen	Männer
19 – 24	19,5	21,4
25 – 34	23,2	21,6
35 – 44	23,4	22,9
45 – 54	25,2	25,8
55 – 64	26,0	26,0
> 64	27,3	26,6

Tab. 2: Wünschenswerter BMI je nach Alter und Geschlecht (Quelle: ÖGE/WHO)

Bei Menschen, die intensives Krafttraining (Bodybuilding) betreiben, sind die Ergebnisse verfälscht, weil die antrainierte Muskelmasse ein höheres Körpergewicht zur Folge hat. Ihr BMI kann dadurch im übergewichtigen Bereich liegen, obwohl es sich um Muskeln statt Fett handelt.

¹ Quelle: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BodyMassIndex.svg>, bearbeitet durch Gerit Fischer

BMI bei Kindern:



ikon.at/ERL2

Bei **Kindern und Jugendlichen** unterliegt der BMI im Verlauf des Wachstums starken Schwankungen: ZB zeigen Mädchen zwischen dem 11. und 16. Lebensjahr einen höheren BMI als Buben. Später kommt es zu einer Umkehrung. Für Menschen im Wachstum verwendet man daher spezielle Tabellen (sogenannte Perzentilenkurven): Hierbei gilt ein Kind dann als adipös (fettleibig), wenn es einen höheren BMI aufweist als 90 % aller Kinder gleichen Geschlechts und Alters. Diese Perzentilenkurven wurden anhand von Größen- und Gewichtsangaben von insgesamt über 34.000 Kindern ermittelt und regelmäßig überwacht.

1.1.2 Normalgewicht nach Broca

Das **Normalgewicht** nach Broca (auch „Sollgewicht nach Broca“) dient ebenfalls der Einschätzung, ob ein Mensch normalgewichtig ist. Es gilt inzwischen als veraltet, ist jedoch in der Bevölkerung noch einigermaßen bekannt und beliebt. Man errechnet das Broca-Normalgewicht, indem man von der Körpergröße (in cm) die Zahl 100 abzieht. Das Broca-Normalgewicht stuft kleine Menschen zu oft und große Menschen zu selten als übergewichtig ein. Für Kinder und Jugendliche ist es besonders schlecht geeignet.

Das **Broca-Idealgewicht** lässt statistisch gesehen die längste Lebensdauer erwarten. Es wird vom Normalgewicht abgeleitet, indem man bei Männern 5 – 10 % und bei Frauen 10 – 15 % abzieht.

Der **Broca-Index** gibt an, wie weit das Körpergewicht vom Sollgewicht abweicht. Bei einem Broca-Index von 1 entspricht das Körpergewicht dem Sollgewicht.



$$\text{Broca-Normalgewicht} = \text{Körpergröße [cm]} - 100$$

Das Normalgewicht einer 165 cm großen Frau nach Broca ist demnach 65 kg:

$$\text{Normalgewicht} = 165 - 100 = 65 \text{ kg}$$



$$\begin{aligned} \text{Broca-Idealgewicht} &= \text{Normalgewicht} - 5 \text{ bis } 10 \% \text{ bei Männern} \\ &= \text{Normalgewicht} - 10 \text{ bis } 15 \% \text{ bei Frauen} \end{aligned}$$

Die statistisch höchste Lebenserwartung hätte die 165 cm große Frau demnach mit knapp unter 60 kg:

$$\text{Idealgewicht} = 65 \text{ kg} - 10 \% = 58,5 \text{ kg}$$



$$\text{Broca-Index} = \frac{\text{Körpergewicht [kg]}}{\text{Broca-Sollgewicht [kg]}}$$

Eine Frau mit 72 kg Körpergewicht hat bei einem Broca-Sollgewicht von 65 kg einen Broca-Index von 1,1. Ihr Körpergewicht weicht in dem Fall folglich um 10 % vom Sollgewicht ab:

$$\text{Broca-Index} = \frac{72}{65} = 1,1$$

1.1.3 Fettverteilung

Waist to Hip Ratio (WHR)

Die Fettansammlung im Bauch- und Hüftbereich ist ein wichtiger Faktor in der Klassifizierung von Übergewicht. Das einfachste Maß ist der **Bauchumfang**, er gibt direkt die Menge an Bauchfett und das Ausmaß von Übergewicht wieder (Kap. 15.1 Übergewicht und Adipositas).

Die Fettverteilung variiert je nach Alter und Geschlecht: Bei Kindern ist das Speicherfett als zusammenhängende Fettschicht im Unterhautbindegewebe relativ gleichmäßig über den Körper verteilt. Bei übergewichtigen Frauen dominiert der „**Birnentyp**“ (Gesäß, Hüfte; gynoide Fettverteilung), bei übergewichtigen Männern der „**Apfeltyp**“ (Bauch; androide Fettverteilung). Während Fettspeicher an Gesäß und Hüfte kaum Stoffwechselaktivitäten zeigen, ist das Fettgewebe im Bauchraum des Apfeltyps stoffwechselaktiv und produziert Hormone. Mit dem Apfelpertyp werden mehrere Gesundheitsprobleme in Verbindung gebracht: Schlaganfall, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Typ-2-Diabetes u. a.

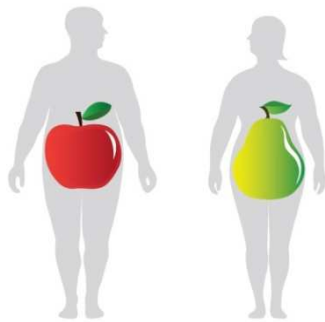


Abb. 2: Apfelpertyp – Birnentyp



$$\text{WHR (waist to hip ratio)} = \frac{\text{Bauchumfang}}{\text{Hüftumfang}}$$

Eine Person mit 86 cm Bauchumfang und 94 cm Hüftumfang hat eine WHR von 0,9:

$$\text{WHR} = \frac{86 \text{ cm}}{94 \text{ cm}} = 0,9$$

Für einen Mann liegt diese WHR in der Norm, da sie kleiner als 1 ist. Für eine Frau ist diese Zahl zu hoch und gilt als gesundheitsgefährdend.

1.2 Körperwasser

Das Gesamtkörperwasser wird auch als total body fluid = **TBF** oder total body water = **TBW** bezeichnet.

Den Großteil des Körpergewichts macht das Wasser aus. Der Wasseranteil sinkt im Laufe des Lebens von über 70 % zum Zeitpunkt der Geburt auf unter 50 % im Alter. Beim Erwachsenen beträgt er ca. 60 %. Während einer Schwangerschaft steigt der Wasseranteil im Körper um bis zu 8 Liter. Bei Übergewicht ist der Wassergehalt aufgrund des höheren Körperfettanteils prozentuell geringer als bei Normalgewicht.

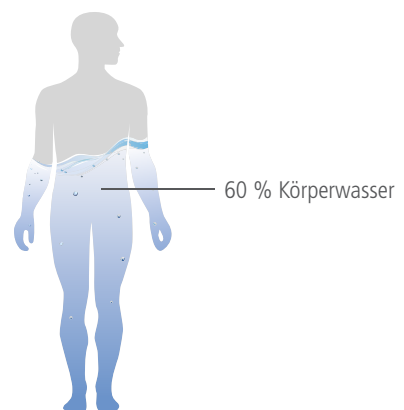


Abb. 3: Der Mensch besteht zu mind. 60 % aus Wasser

IZF = Intrazellulärflüssigkeit
(in den Zellen)
EZF = Extrazellulärflüssigkeit
(außerhalb der Zellen bzw. im Blut)

Rund zwei Drittel des Gesamtkörperwassers befinden sich im Intrazellulärraum, ein Drittel im Extrazellulärraum. Eine Abweichung von der Norm ist ein Hinweis auf eine gesundheitliche Störung: Sowohl ein zu hoher als auch ein zu niedriger Körperwasseranteil ist bedenklich, die Messung des Körperwassers ist daher in bestimmten Fällen eine wichtige Diagnosemethode.

Messung des Gesamtkörperwassers

H = Wasserstoff
(Hydrogenium)
O = Sauerstoff
(Oxygenium)

Das Gesamtkörperwasser wird indirekt mittels sogenannter Markersubstanzen (= Messsubstanzen) in der ausgeatmeten Luft bestimmt. Als Markersubstanzen dienen die Wasserstoffisotope Deuterium oder Tritium oder das Sauerstoffisotop ^{18}O .

Isotope des Wasserstoffs:
Deuterium = D = ^2H
Tritium = T = ^3H

Wasser

H_2O (H + H + O)

markiertes Wasser

D_2O (^2H + ^2H + O) / mit Deuterium

THO (^3H + H + O) / mit Tritium

H_2^{18}O (H + H + ^{18}O) / mit Sauerstoffisotop

Eine Lösung mit einer genau bekannten Menge an Markersubstanz wird getrunken oder injiziert. Die Substanz verteilt sich gleichmäßig im gesamten Körperwasser. Mit Hilfe eines Massenspektrometers wird im ausgeatmeten Atemwasserdampf die Konzentration der Markersubstanz gemessen und mit der Ausgangskonzentration in der Messlösung verglichen. Das Ausmaß der Verdünnung ermöglicht schließlich die Berechnung des Gesamtkörperwassers.



*Ein **Isotop** ist ein Atom, das in seinem Atomkern ein zusätzliches Neutron besitzt. Es hat zwar ein höheres atomares Gewicht, die chemischen Eigenschaften verändern sich jedoch nicht. Das höhere Gewicht wird durch eine kleine, hochgestellte Zahl vor dem Atomsymbol dargestellt. Isotope kommen in der Natur vor, werden aber auch künstlich hergestellt.*



V = Volumen der Körperflüssigkeit
Q = Quantität der Markersubstanz im Atemwasser
C = Konzentration der Markersubstanz in der Körperflüssigkeit

$$V = \frac{Q}{C}$$

Weitere Modelle zur Ermittlung der Körperzusammensetzung

- **Hautfaltendicke-Messung:** Genau definierte Körperstellen (Hautfalten an der Rückseite des Oberarmes, unter dem Schulterblatt und oberhalb des Darmbeinkammes werden mittels Kaliper gemessen. Ein Kaliper ist ein zangenähnlicher Messschieber mit integrierter Zentimeter- bzw. Zoll-Skala.
- **Körperdichte:** Körpergewicht/Volumen [KG/V] → Messung durch Wasserverdrängung
- **Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA):** Wasser leitet Strom, während sich Fett wie ein elektrischer Widerstand verhält. Mittels Elektroden an Händen und Füßen wird ein schwacher, nicht spürbarer Wechselstrom durch den ganzen Körper geleitet. Aus dem gemessenen Spannungsabfall sind Rückschlüsse auf Körperfett und Körperwasser sowie auf die Magermasse und die Zellmasse möglich. Die Berücksichtigung weiterer Faktoren – wie Alter, Geschlecht oder Körpergewicht – erhöht die Genauigkeit. Die Bioelektrische Impedanzanalyse wird zB im Rahmen des Österreichischen Ernährungsberichts (Kap. 14.1) eingesetzt.
- **Körperfettwaagen** funktionieren nach demselben Prinzip wie die BIA. Über die Fußsohlen wird elektrischer Strom durch den Körper geschickt, die Waage errechnet daraus den Körperfettanteil. Die Fehlerquoten sind jedoch sehr hoch.

Infos zur BIA:



ikon.at/ERL3