

# Zusammensetzung des Körpers. BMI-Werte fallen mit zunehmender Körpermasse höher aus, ob es sich dabei nun um Fett oder Muskeln handelt

## Zusammensetzung der Körpermasse: Einstufung und Bewertung

Die Körperzusammensetzung hat für viele von uns eine große praktische und funktionelle Bedeutung, für Wissenschaftler, Mediziner, aber auch für die Allgemeinheit. Sie kann besonders für Taucher verblüffende Auswirkungen haben, denn wir müssen unsere Tariergewichte beim Tauchen immer dann anpassen, wenn sich unsere Körperzusammensetzung verändert hat, und auch, wenn wir in Süß- und dann wieder in Salzwasser tauchen.

Eine unausgeglichene Zusammensetzung der Körpermasse kann sich darauf auswirken, inwieweit jemand den Erfordernissen des täglichen Berufslebens und seiner Freizeitaktivitäten gewachsen ist. Übermäßige Anteile von Körperfett werden mit einer erhöhten Anfälligkeit für Herz- und Gefäßerkrankungen, Bluthochdruck, Schlaganfall, Diabetes, orthopädischen Komplikationen und vielen anderen gesundheitsbedingten Problemen in Verbindung gebracht.

Es gibt viele verschiedene Methoden zur Einschätzung der Körperzusammensetzung, die Genauigkeit der Ergebnisse und die Kosten fallen sehr unterschiedlich aus. Dieser Artikel soll Ihnen Einblicke in die Vorzüge und Nachteile einiger der weit verbreiteten Techniken ermöglichen; er enthält zudem Empfehlungen zur Beurteilung der Werte.

## Body Mass Index

Der 'Body Mass Index' (BMI), seltener auch als Quételet-Index bekannt, ist der einfachste Maßstab zur Prognose der Körperzusammensetzung. Das Wort 'Prognose' wird hier bewusst verwendet, denn der BMI ist eigentlich überhaupt keine Messung der Körperzusammensetzung: Er ist lediglich ein Rechenwert, der mithilfe der Parameter Körpergröße und Körpermasse (Gewicht) ermittelt wird und mit dem Personen Kategorien der Belebtheit zugeordnet werden.

BMI-Prognosen sind für breit angelegte Studien sinnvoll, bei denen höher entwickelte Messmethoden nicht verfügbar sind, aber die Prognosen fallen auf das Individuum bezogen oftmals sehr ungenau aus. Die Annahme, dass erhöhte BMI-Werte ein größeres Maß an Belebtheit bedeuten, ist oftmals nicht stimmig: Ob die übermäßige Körpermasse nun aus Fett oder aus Muskeln besteht, der BMI-Wert wird in jedem Fall zunehmen. Personen mit gut entwickelter Muskelmasse werden bei dieser Methode also 'bestraft'.

BMI-Werte können leicht mithilfe eines Taschenrechners ermittelt werden. Der BMI wird in Kilogramm pro Quadratmeter gemessen ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ). Er wird berechnet, indem man das Körpergewicht in kg durch das Quadrat der Körpergröße in m teilt:

$$\text{BMI (in kg/m}^2\text{)} = \text{Gewicht (in kg)} \div \text{Körpergröße(in m)}^2$$

Die weiteren hier besprochenen Methoden werden verwendet, um die Körperzusammensetzung einschätzen zu können, insbesondere den prozentualen Fettanteil im Körper.

## Messung der Hautfaltendicke mittels Messschieber

Die Dicke von Hautfalten wurde lange Zeit als Indikator für den gesamten Fettanteil des Körpers

angesehen. Die Dicke der gefalteten Haut und des darunter liegenden Fettgewebes wird einfach mithilfe eines in der Hand gehaltenen Messschiebers (Caliper) gemessen (s. Fotos). Die Messungen an einer Reihe von Messpunkten werden in eine Regressionsgleichung eingegeben, mit der eine Schätzung des Körperfettanteils erfolgt. In der wissenschaftlichen Literatur findet man unzählige Messprotokolle, die zur Berechnung dieser Einschätzung zwei bis hin zu zwölf verschiedene Messpunkte benötigen. Die Genauigkeit der Schätzung ist am höchsten, wenn die untersuchte Person hinsichtlich ihres Körpertypus und der Fettverteilung der Personengruppe ähnelt, die zur Erstellung der Regressionsgleichung herangezogen wurde. Bei einzelnen Individuen kann die Genauigkeit dieser Prognose sehr unterschiedlich ausfallen, und eine Gleichung, die eine größere Anzahl Messpunkte erfordert, garantiert nicht unbedingt ein genaueres Ergebnis.

Die zuerst entwickelten Gleichungen dieser Art werden weiterhin verbreitet angewendet. Sie wurden mit großen Vergleichsgruppen ermittelt und scheinen gute Prognosewerte für Gruppeneinschätzungen zu liefern (bringen wie gesagt bei Einzelpersonen allerdings nicht unbedingt genaue Ergebnisse). Die am häufigsten verwendeten generalisierten Gleichungen liefern eine geschlechtsspezifische Prognose der Körperdichte (Jackson und Pollock, 1978; Jackson et al., 1980). Die ermittelten Dichtewerte werden zur Berechnung einer Zwei-Gewebe-Prognose der Körperzusammensetzung verwendet – fettfreie Masse und Fettmasse (das Zwei-Gewebe-Modell ist zwar anatomisch nicht korrekt, es ist aber einfach anzuwenden und produziert halbwegs plausible Ergebnisse). Eine als 'Gleichung nach Siri' bekannte Messmethode wird allgemein für hellhäutige Personen verwendet (Siri, 1956). Da nachgewiesen wurde, dass die fettfreie Masse von dunkelhäutigen Erwachsenen bedeutend dichter ist als die einer vergleichbaren Gruppe von hellhäutigen ( $1,113 \text{ g/cm}^3$  im Gegensatz zu  $1,100 \text{ g/cm}^3$ ), wurde für diese Personengruppe zuweilen eine entsprechend angepasste Gleichung, die Schutte-Gleichung, verwendet (Schutte et al., 1984).

### **Hydrodensitometrie**

Im Rahmen der Untersuchung von Angehörigen der U.S. Navy während des Zweiten Weltkriegs wurde – auf Basis des Zusammenhangs zwischen der über den Auftrieb in Wasser ermittelten Körperdichte und der Körperzusammensetzung – eine praktikable Methode entwickelt (Behnke et al., 1942), die anschließend zur vereinfachten Anwendung nochmals verfeinert wurde (Katch et al., 1967). Taucher könnten sympathisch finden, dass Dr. Albert Behnke als einer der Väter der modernen Tauchphysiologie und -medizin anerkannt ist. Berichten zufolge entwickelte er die hydrostatische Wiegemethode, da er verärgert über die Tatsache war, dass seine gut trainierten Taucher mit den damaligen Standardverfahren zur Gewichtsklassifizierung als übergewichtig eingestuft werden mussten.

Die Hydrodensitometrie beruht ebenfalls auf dem Zwei-Gewebe-Modell (fettfreie Masse und Fettmasse). Der jeweilige prozentuale Anteil wird auch hier anhand der durchschnittlichen Dichte des Körpers prognostiziert. Referenz für die Dichte (bezeichnet als 'spezifisches Gewicht', Gewicht pro Volumeneinheit) ist der Wert von destilliertem Wasser mit  $1,000 \text{ g/cm}^3$ .

Fett hat ein spezifisches Gewicht von etwa  $0,9 \text{ g/cm}^3$ , Muskelgewebe wiegt etwa  $1,1 \text{ g/cm}^3$ . Die Hauptschwierigkeit bei der Bestimmung der durchschnittlichen Gewebedichte einer Person ist die Verfälschung durch Gasmengen in Atemwegen und Verdauungstrakt. Diese Störquelle wird normalerweise reduziert, indem man die betreffende Person anweist, so tief wie möglich auszuatmen, bevor sie sich entspannt auf einer Wiegevorrichtung unter Wasser niederlässt. Um die Auftriebswirkung der verbleibenden Gasmenge berücksichtigen zu können, kann man das Residualvolumen der Lunge in einem separaten Testverfahren ermitteln (Wilmore et al., 1980). Bei der im Magen-Darm-Trakt eingeschlossenen Gasmenge geht man davon aus, dass sie nicht allzu groß ist; ihr Einfluss wird deshalb nur abschlägig in der Berechnung korrigiert.

Für die Hydrodensitometrie gelten diverse Einschränkungen, und einige Faktoren müssen geschätzt werden; dennoch gilt sie allgemein als Standardreferenz für die Prognose der Körperzusammensetzung, insbesondere bei der Evaluation neuer Verfahren. Die wesentliche Schwierigkeit dieser Technik liegt darin, dass die Probanden über genügend innere Ruhe verfügen müssen, um mit entleerter Lunge und dem Kopf vollständig unter Wasser entspannt bleiben zu können. Um den Probanden das Ausatmen zu ersparen, wurden Alternativmethoden entwickelt, die allerdings nicht so häufig zur Anwendung kommen.

### **Air Displacement Plethysmography**

In den vergangenen Jahren gewann eine trockene Messmethode zunehmend Popularität, die von der Technik der Hydrodensitometrie abgeleitet ist. Die 'Air Displacement Plethysmography' (ADP) wird mithilfe einer Messkammer namens 'Bod Pod' (Life Measurements Instruments, Concord, Kalifornien, USA) durchgeführt; dabei entfällt das Untertauchen und das vorherige Ausatmen der Probanden. Ermittelt wird auch hier die durchschnittliche Körperdichte.

Und das funktioniert so: Die Person sitzt ruhig in einer trockenen, computerbestückten Kammer, in der Körpergewicht und -volumen präzise gemessen werden. Die durchschnittliche Körperdichte wird berechnet, fettfreie Masse und Fettmasse werden wie bei den hydrostatischen Messungen prognostiziert. Die Differenzen zwischen hydrostatischer Messung und ADP-Messung fallen bei verschiedenen Personengruppen unterschiedlich groß aus, und die Ergebnisse bei Einzelpersonen können stark variieren (Collins et al., 2004), aber die ADP hat den Vorteil der leichteren Anwendbarkeit. Dies ist insbesondere für Personen von Bedeutung, die Schwierigkeiten haben, sich unter Wasser nach dem vollständigen Ausatmen zu entspannen. Für Personen mit Klaustrophobie kann die ADP aber immer noch eine Herausforderung darstellen.

### **Bioelektrische Impedanzanalyse**

Die Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) ist die eindeutig bequemste Methode zur Prognose der Körperzusammensetzung. Das Messgerät sieht möglicherweise wie eine Badezimmerwaage oder ein kleiner Kasten mit zwei Handgriffen aus. Das Funktionsprinzip ist relativ einfach. Der menschliche Körper leitet den elektrischen Strom. Bei der BIA geht man davon aus, dass die Leitfähigkeit magerer Gewebemasse höher ausfällt als die von Fettmasse.

Das Gerät benötigt zwei Kontaktpunkte am Körper, die einen bestimmten Abstand voneinander haben (typischerweise zwei Fußlängen oder zwei Handbreiten). Ein elektrisches Signal von extrem schwacher Energie und hoher Frequenz (von der Person nicht wahrnehmbar) wird von einem Kontaktpunkt zum anderen gesendet. Aus der Geschwindigkeit, mit der der Strom durch den Körper gelangt, kann man auf die relativen Prozentanteile von fettfreier Masse und Fettmasse schließen.

Das Gerät kann unter kontrollierten Bedingungen realistische Prognosen liefern, aber die Ergebnisse können durch den aktuellen Flüssigkeitshaushalt, Verschiebungen im Elektrolythaushalt und selbst durch eine kürzlich eingenommene Mahlzeit erheblich beeinflusst werden. Die Auswirkungen von Verschiebungen im Elektrolythaushalt werden deutlich, wenn Messungen direkt vor und nach einem dreißigminütigen Dauerlauf erfolgen. Einige Wissenschaftler haben die Aussagekraft von BIAMessungen stark angezweifelt (Gelbrich et al., 2005). Aber diese preiswerten und einfach zu bedienenden Geräte könnten trotz ihrer möglichen Ungenauigkeiten Verwendung finden. Sie sind für den Einsatz zuhause jederzeit verfügbar, und regelmäßige Messungen direkt nach dem Aufstehen können Entwicklungstendenzen plausibel aufzeigen.

### **Ultraschall**

Mithilfe von Ultraschall kann man die Körperzusammensetzung an exemplarischen Körperstellen messen.

Diese Methode ist komplexer und wurde auch nicht so umfassend getestet wie die anderen beschriebenen Techniken, kann aber bei adipösen Personen sinnvoll sein, bei denen andere Alternativen möglicherweise nicht praktikabel sind. Diese Methodik kann zudem angewandt werden, um den viszeralen Fettanteil [Fett um die inneren Organe herum], der ein Indikator für das Risiko einer Herz-Kreislauf- Erkrankung ist, einzuschätzen (Kim et al., 2004).

### **Dual-Röntgen-Absorptiometrie**

Bei der Dual-Röntgen-Absorptiometrie (engl. Dual-Energy X-ray Absorptiometry, DEXA) werden bei Ganzkörper- oder Teilkörperscans mithilfe von zwei Röntgenstrahlungen unterschiedlicher Energieniveaus Fett-, Muskel- und Knochenanteile ermittelt. Die DEXA hat einen Vorteil gegenüber den traditionellen Methoden der Hautdickemessung und der Hydrodensitometrie; bei der Prognose der fettfreien Masse und der Fettmasse wird die Knochendichte mit berücksichtigt (und somit der Messfehler des Zwei-Gewebe-Modells reduziert). Mit dieser Technik kann man zutreffende Prognosen der Körperdichte erstellen (Prior et al., 1997); dass sie außerhalb wissenschaftlicher Untersuchungen dennoch nicht zum Standard wurde, liegt an den hohen Kosten.

### **Magnetresonanztomografie**

Bei der Magnetresonanztomografie (MRT) werden mithilfe eines magnetischen Feldes bestimmte Atomkerne im Körper angeregt. Dadurch kann man hochauflösende Bilder von Körpergeweben erstellen, ohne den Menschen einer ionisierenden Strahlung auszusetzen. Menge und Verteilung von Fett im Körper kann damit exakt ermittelt werden (Ross et al., 2000). Die MRT ist eine risikofreie Methode, aufgrund der hohen Kosten für die Ausrüstung und die computerintensive Analytik kommt sie aber nur begrenzt zur Anwendung.

### **Interpretation der Prognoseergebnisse**

betreffend der Körperzusammensetzung BMI-Werte müssen mit einer gehörigen Portion gesundem Menschenverstand bewertet werden. Bei Einzelpersonen sollte dieser Wert als einfache Kontrollmethode angewandt werden, die nach gegebener Zeit wiederholt wird. Personen mit einem BMI-Wert außerhalb des erwünschten Bereichs oder mit Werten, die im Erwachsenenalter weiter ansteigen (ohne dass nennenswerte Muskelmasse hinzukommt), könnten von einer Überprüfung ihrer Ernährungs- und Bewegungsgewohnheiten profitieren.

Die Klassifizierung der BMI-Werte ist willkürlich und abhängig von der Ausprägung einer medizinischen Sichtweise. Die Einteilung, die vom 'U.S. National Heart, Lung and Blood Institute' (NHLB) und von der Weltgesundheitsorganisation (World Health Organization, WHO) 1998 anerkannt wurde, ist aktuell der meistverwandte internationale Standard ([s. Tabelle 1](#)).

Die Klassifizierung von NHLB und WHO ist nicht unbedingt die einzig gültige Interpretation der Werte. Die Definition des 'Normalbereichs' ist strittig. Andere Verbände legten nahe, dass das unteren Ende der Kategorie 'Übergewicht' eher bei höhere BMI-Werten anzusiedeln sei. Eine typenreiche Bevölkerung mit einem einzigen gültigen Klassifizierungssystem und mit einem derart simplen und möglicherweise irreführenden Messwert wie dem BMI zu erfassen erweist sich als schwieriges Unterfangen.

Ergebnisse zum Körperfettgehalt müssen zudem mit Augenmaß interpretiert werden. Bei jeder Methode müssen die möglichen Fehlerquellen berücksichtigt werden. Prognosen auf der Basis von Hautdickenmessungen oder BIA sind am ehesten fehlerhaft. Prognosen auf der Basis einer Hydrodensitometrie oder den anderen hochtechnisierten Methoden sind allem Anschein nach schon genauer. Unabhängig von der verwendeten Technik ist es wichtig, immer die Gesundheit im Auge zu behalten. Unser menschliches Wesen offenbart sich einmal mehr, wenn wir uns unabhängig vom Wert

immer nur einen niedrigeren wünschen. Bedenken Sie, dass eine bestimmte Menge Körperfett unabdingbar ist, um gesund zu bleiben.

Es gibt eine ganze Reihe von Klassifizierungssystemen auf Basis des prozentualen Körperfettanteils. In einer Einteilung, die vom 'American Council on Exercise' [ACE] befürwortet wird, findet man sinnvolle Referenzbereiche (s. [Tabelle 2](#)). In anderen Einteilungen erhält man mit zunehmendem Alter größere Spielräume.

### Empfehlungen zur Fettreduzierung

Wenn es denn nötig wird, kann man überschüssiges Körperfett am besten mit einer Kombination aus Ernährungs- und Fitnessprogramm loswerden. Wenn man nur die Ernährung ändert, verliert man sowohl Fett- als auch Muskelmasse. Die sich in der Folge einer Muskelabnahme einstellende geringere Stoffwechselrate sorgt anschließend dafür, dass man schneller wieder zunimmt. Die Gewichtsreduzierung an sich sollte allgemein nicht vorderstes Ziel sein: Das Ziel lautet, das Verhältnis von magerem Gewebe zu Fettgewebe zu verbessern.

Personen, die an Programmen zur beträchtlichen Gewichtsreduzierung teilnehmen, sollten ihre Körperzusammensetzung regelmäßig überprüfen, um die Fortschritte zu überwachen. Die absoluten Werte sind dabei nicht so wichtig wie die Veränderung über die Zeit. Die absoluten Zahlen mögen nicht präzise sein, aber mit wiederholten Messungen kann man die Veränderung über die Zeit wirkungsvoll verfolgen, solange immer dieselben Verfahrensweisen und Berechnungen verwendet werden.

Jedes dieser Programme sollte auf eine Langzeitwirkung abzielen: Maßvolle Verbesserungsziele, gestützt von zahlreichen kleinen Kurzzeitzielen und einem mit der Gesundheit im Einklang stehenden Langzeitziel. Um die Langzeitbemühungen nicht zu gefährden, sollten keine Rückschläge gestattet sein.

**Tabelle 1: Klassifizierung von Übergewicht und Adipositas mittels Body Mass Index**

Kategorie	BMI (kg • m-2)
Untergewicht	<18.5
Normalgewicht	18.5 - <25.0
Übergewicht	25.0 - <30.0
Adipositas Grad I	30.0 - <35.0
Adipositas Grad II	35.0 - 40.0
Adipositas Grad III	>40.0

(US NHLB, 1998; WHO, 1998)

**Tabelle 2: Klassifizierung von Übergewicht und Adipositas mittels prozentualem Fettanteil**

Kategorie	Frauen (% Fett)	Männer (% Fett)
Mindestfettanteil	10-12	2-4
Athleten	14-20	6-13
Fitnessbereich	21-24	14-17
Akzeptabel	25-31	18-25
Adipositas	32+	25+