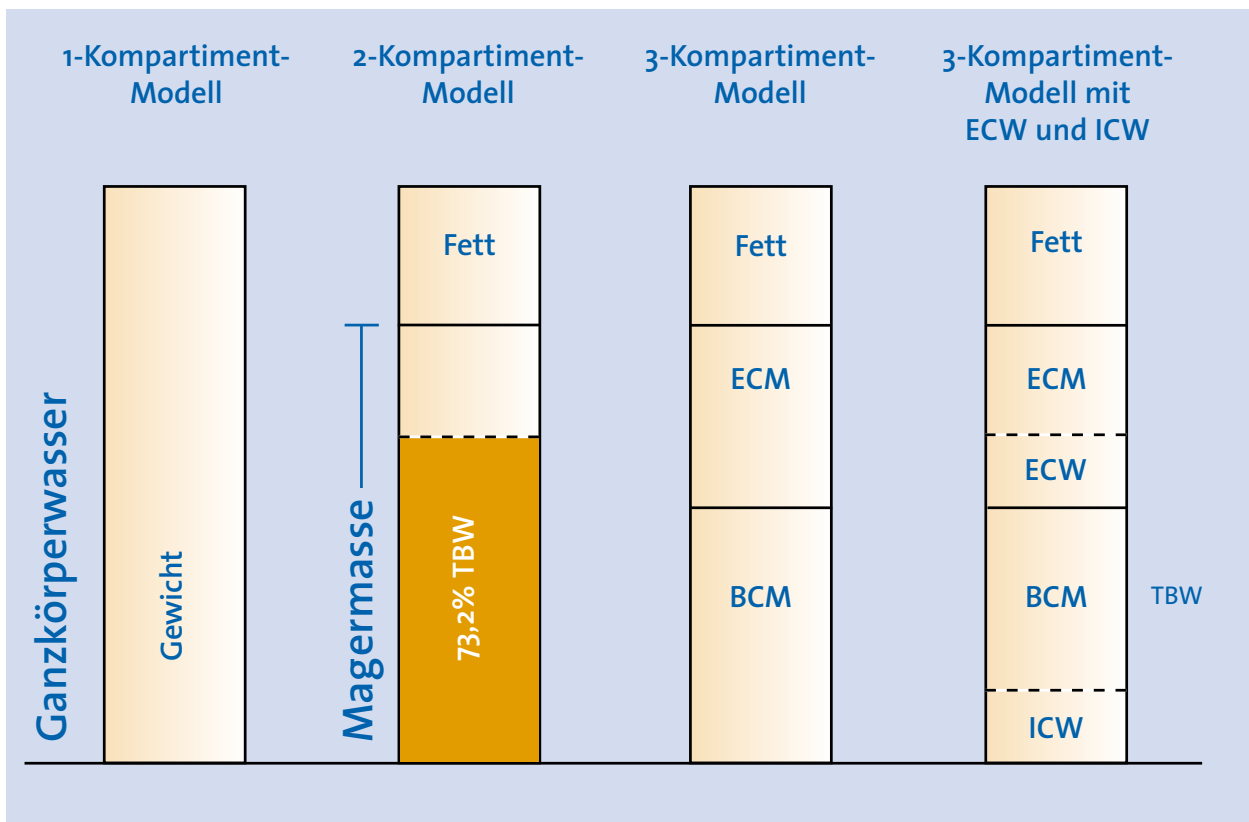


## F. DIE ERRECHNETEN GRÖSSEN DER B.I.A.



### 1. TOTAL BODY WATER TBW (GANZKÖRPERWASSER)

Bei der Impedanzmessung wird das in den Geweben enthaltene Elektrolytwasser sehr genau erfaßt. Oral aufgenommenes Wasser, welches noch nicht vom Körper resorbiert wurde, wird nicht gemessen, während i.v. applizierte Lösungen sofort erfaßt werden. Aszitesflüssigkeit wird nicht gemessen, da sie sich außerhalb des Gewebes der Magermasse befindet.

weitere Parameter notwendig: ein erhöhter ECM/BCM-Index und ein erniedrigter prozentualer Zellanteil sind Hinweise auf Wassereinlagerung.

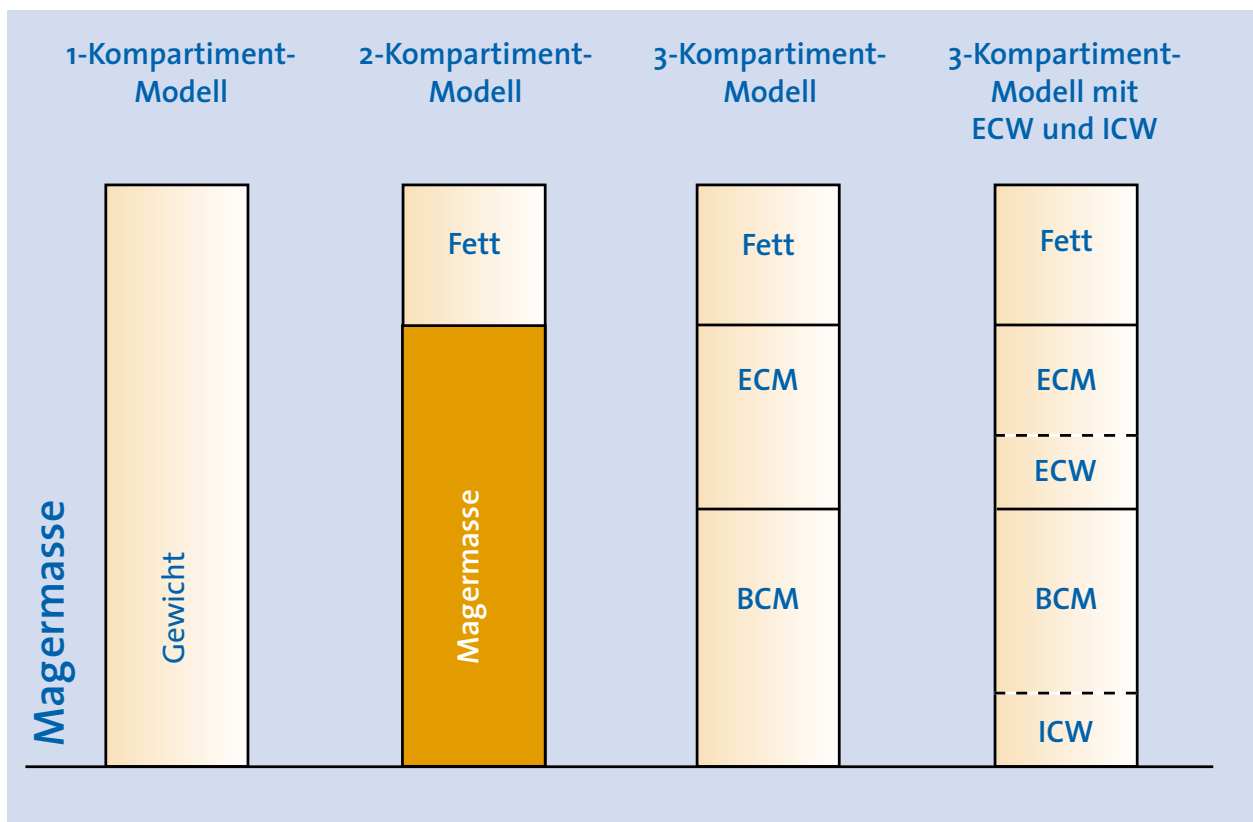
<b>Normalwert Frauen:</b>	50 - 60 %
<b>Normalwert Männer:</b>	55 - 65 %
<b>Sehr muskulös:</b>	70 - 80 %
<b>Adipös:</b>	45 - 50 %

Verteilung des TBW

Extrazellulär: 43 % des TBW (Lymphe, interstitiell, transzellulär, Plasma)

Intrazellulär: 57 % des TBW

Die Menge des Körperwassers eines Organismus wird in erster Linie über die Körperzellmasse BCM und damit primär über die Muskelmenge determiniert. Zur Erkennung von eingelagertem Wasser sind



## 2. LEAN BODY MASS LBM (MAGERMASSE)

Die Magermasse LBM stellt die fettfreie Masse des Körpers da. Im wesentlichen wird die Magermasse von der Muskulatur, den Organen, dem Skelettsystem und dem ZNS gebildet. Die morphologisch sehr unterschiedlichen Organsysteme sind funktionell identisch aufgebaut und bestehen aus Zellen, in denen Stoffwechsellarbeit und Syntheseleistungen durchgeführt werden, sowie aus extrazellulärer Flüssigkeit und Matrixsubstanz, mit deren Hilfe der Substrattransport und Stoffaustausch stattfindet.

Nach Pace und Rathburn (1945) hat die Magermasse einen Wassergehalt von 73%. Die Magermasse wird daher aus dem berechneten Körperwasser abgeleitet auf der Grundlage:

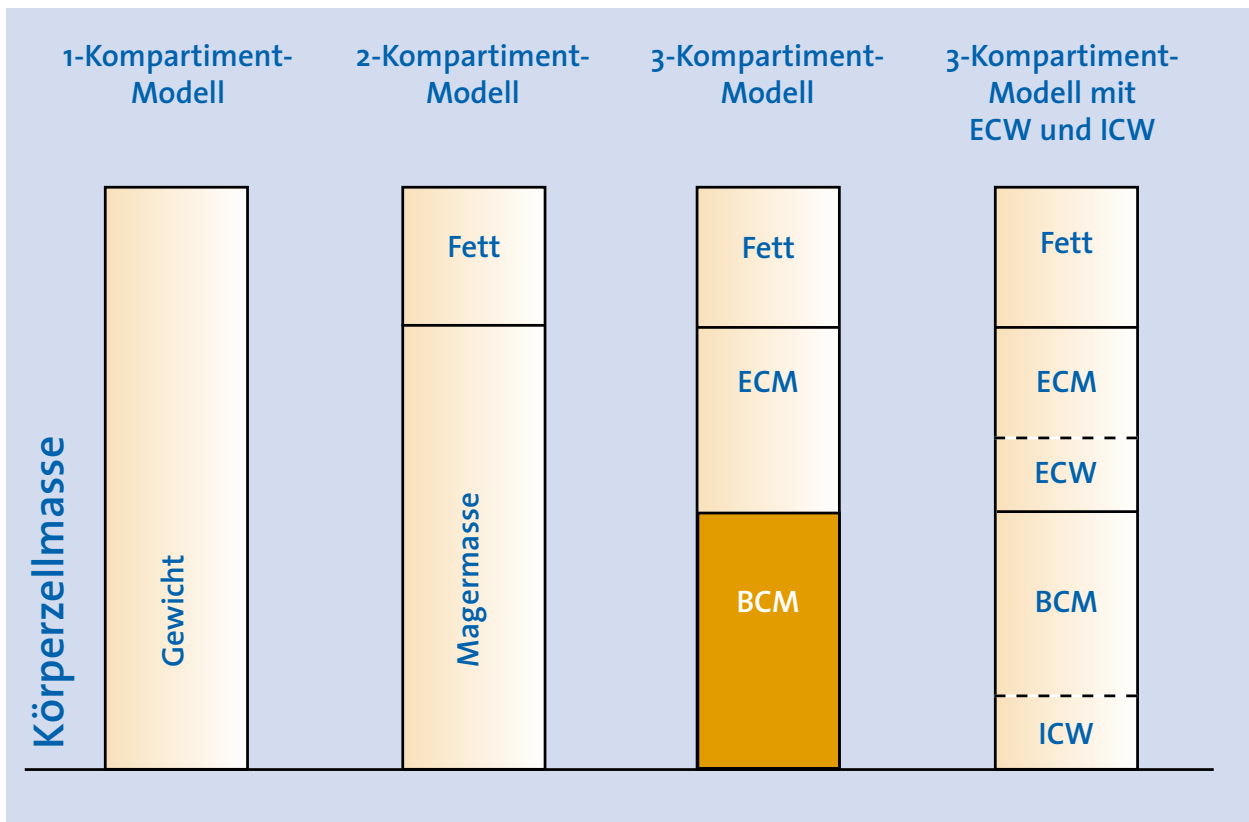
$$\text{LBM} = \frac{\text{TBW}}{0,73}$$

Bei dieser Kalkulation geht man von einem konstanten Hydrierungswert der Magermasse aus, was bei einer gesunden, homogenen Population auch zu-

trifft. Der Wassergehalt kann aber variieren; so wurden zum Beispiel Werte zwischen 85% bei Anasarka und 67% bei Exsikkose gemessen (Shizgal 1981). Kinder haben ebenfalls einen höheren prozentualen Wassergehalt.

Bei pathologischem Hydratationsgrad der Magermasse kann es zu abweichenden Berechnungen für die Folgeparameter Magermasse, Körperzellmasse und Extrazelluläre Masse kommen. Das kompliziert die Beurteilung der BIA-Messung zum Beispiel bei Ödem- und Intensivpatienten. In diesen Fällen sollte man sich stets auch die Original-Messwerte für Resistance, Reactance und Phasenwinkel ansehen.

Die beiden Komponenten der Magermasse heißen Zellmasse BCM (Motor des Organismus) und extrazelluläre Masse ECM (Stützgewebe und Transport).



### 3. BODY CELL MASS BCM (KÖRPERZELLMASSE)

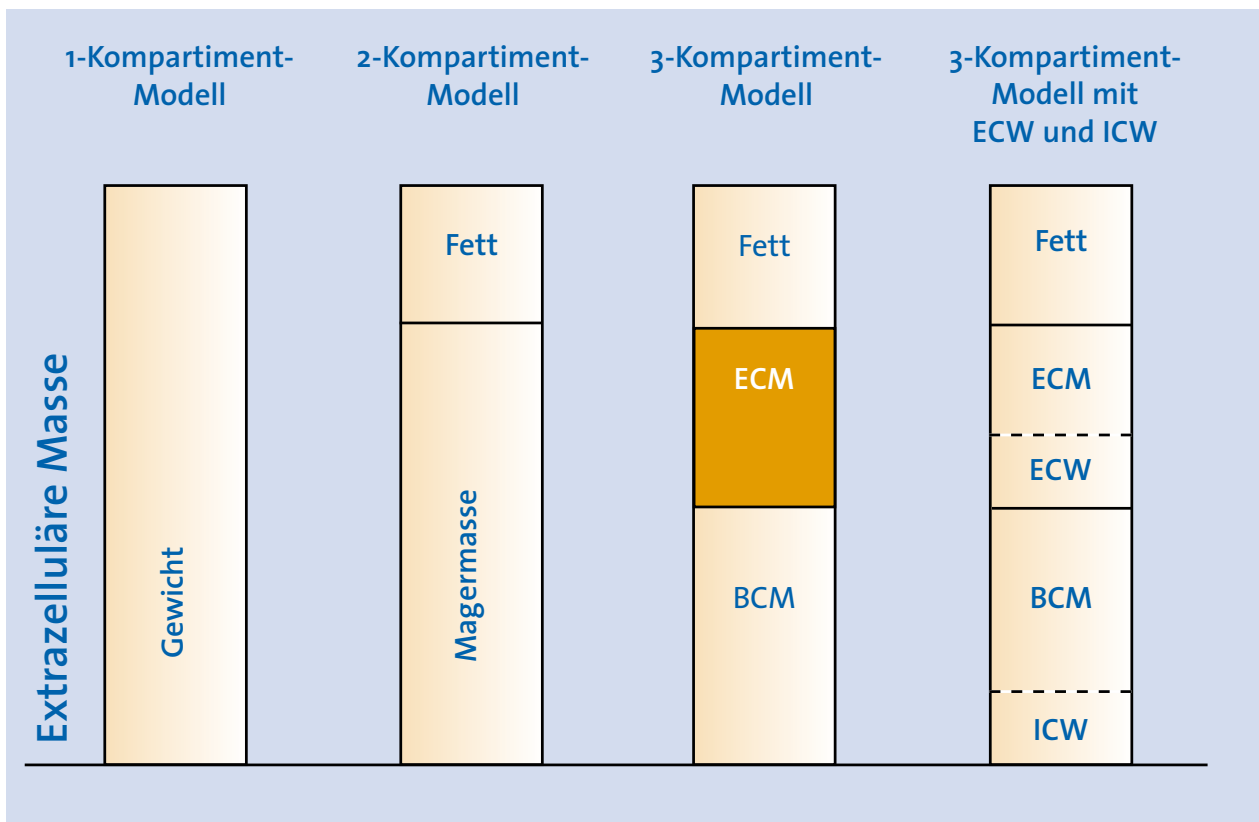
Die Körperzellmasse ist die Summe aller aktiv am Stoffwechsel beteiligten Zellen. Sie ist kein anatomisches, sondern ein funktionell definiertes Kompartiment und besteht vor allem aus den Zellen der Muskulatur und der inneren Organe. Jedes Gewebe des menschlichen Organismus enthält einen Teil der BCM. Bindegewebe mit wenig Fibrozyten hat nur einen geringen Anteil an der Gesamt-BCM, während die zellreiche Muskulatur die Hauptmasse der BCM stellt.

Die Adipozyten werden wegen ihres geringen Energiestoffwechsels nicht zur BCM gerechnet, sondern bilden als Summe ein eigenes Kompartiment.

Die BCM umfasst folgende Gewebetypen: die Zellen der Skelettmuskulatur, des Herzmuskels, der glatten Muskulatur, der inneren Organe, des Gastrointestinaltraktes, des Blutes, der Drüsen und des Nervensystems. Die BCM ist die zentrale Größe bei der Beurteilung des Ernährungszustandes eines Patienten, da sämtliche Stoffwechsellarbeiten des Organismus innerhalb der Zellen der BCM geleistet werden.

Die BCM ist auch die Regelgröße des Energieverbrauchs und bestimmt den Kalorienbedarf des Organismus. Neben dem Betriebsstoffwechsel umfasst die Arbeitsleistung der BCM den Baustoffwechsel zum Erhalt der Zellstrukturen und die Synthesaufgaben für die ECM, wie z.B. die Bildung von Bindegewebsfasern, Knochen- und Knorpelsubstanzen, Transportproteinen und Enzymen.

Die Körperzellmasse des Organismus ist eine Teilkomponente der Magermasse. Für die individuell vorhandene BCM spielen genetische Faktoren (Konstitutionstyp), Lebensalter und Trainingszustand eine Rolle. Jugendliche mit starker körperlicher Aktivität (z.B. Leistungssportler) trainieren Ihre Muskulatur in der Reifungsphase des Organismus. Häufig findet man bei diesen Personen zeitlebens einen höheren Anteil von Körperzellmasse in der Magermasse (persistierende Hypertrophie der Muskelzellen). Bei Leistungssportlern kann die BCM bis zu 60% der Magermasse betragen. Die Körperzellmasse ist auch abhängig vom Lebensalter. Bei Kindern



und Jugendlichen ist die Zellmasse des Organismus noch nicht ausgereift. Der Anteil der Zellmasse in der Magermasse ist meistens kleiner als 50%. Erst nach Abschluss des Längenwachstums differenzieren sich die Muskelzellen endgültig. Erwachsene mit normalem Ernährungszustand haben mehr als 50% BCM in der Magermasse. Im hohen Lebensalter verringert sich die BCM meist durch körperliche Inaktivität, oft bis auf 45-40%. Bei körperlich aktiven älteren Menschen bleibt die BCM jedoch weitgehend erhalten. Normalwerte für die Körperzellmasse lassen sich über den Anteil der Zellmasse in der Magermasse definieren. Im Altersbereich von 18 - 75 Jahren sollten Männer ca. 53 - 59%, Frauen ca. 50 - 56% BCM in der Magermasse haben (Idealwerte). Betrachtet man die einfachen Messmethoden zur Bestimmung der Körperzusammensetzung, so kommt zur validen Bestimmung der BCM nur die phasensensitive B.I.A. in Betracht.

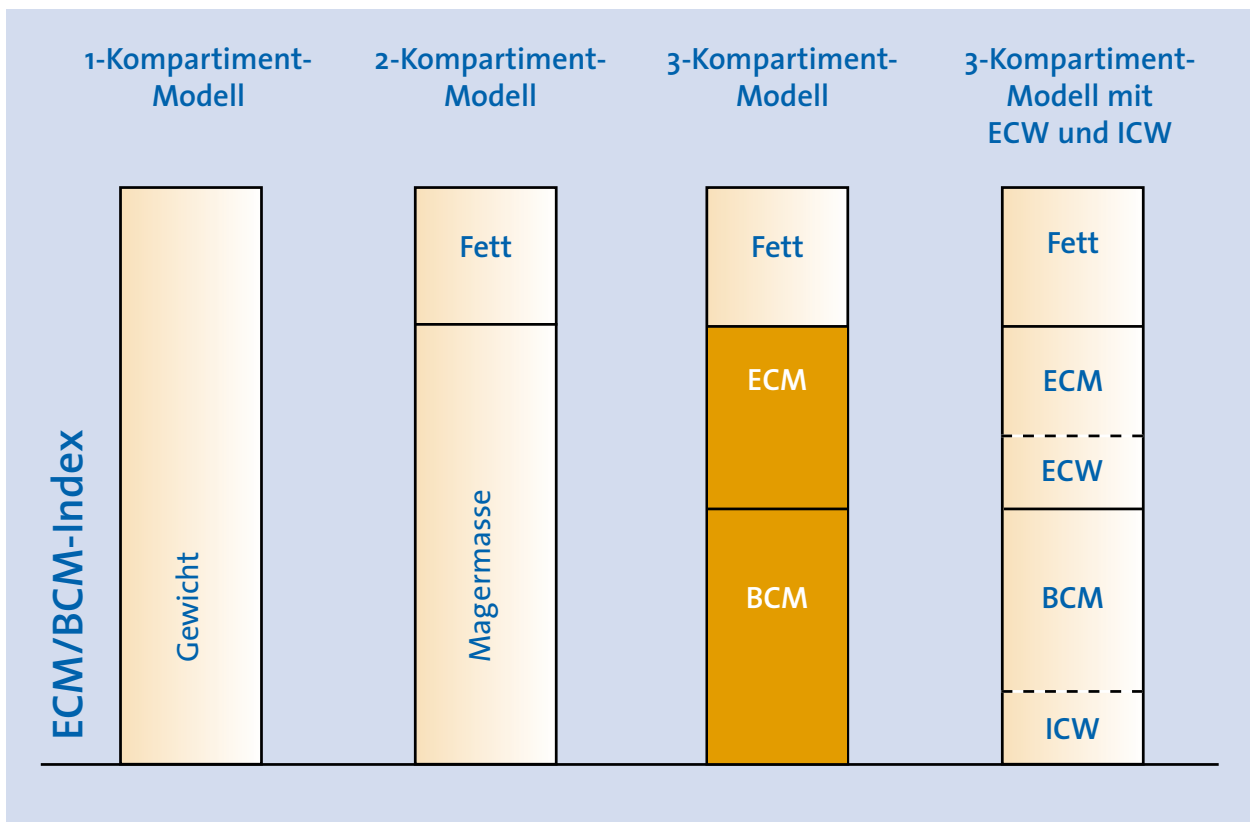
Die Erhaltung der BCM ist die zentrale Aufgabe bei allen Formen der Ernährungstherapie. Auch bei

Reduktionsdiäten sollte der BCM-Verlust keinesfalls mehr als 20% der BCM betragen, da eine BCM-Reduktion – wenn überhaupt – wesentlich langsamer vom Körper kompensiert wird als z.B. eine Reduktion des Körperfettes. Eine Reduktion der Körperzellmasse in der B.I.A.-Analyse kann durch echten Substanzverlust der Körperzellmasse, aber auch durch temporären intrazellulären Wasserverlust entstehen. Um einen echten BCM-Verlust handelt es sich dann, wenn gleichzeitig

- der Phasenwinkel sinkt
- die Reaktanz sinkt und/oder
- die Zelldichte in % sinkt

#### 4. EXTRA CELLULAR MASS ECM (EXTRAZELLULÄRE MASSE)

Der Teil der Magermasse außerhalb der Zellen der BCM wird als Extrazelluläre Masse bezeichnet. Feste Bestandteile der ECM sind die bindegewebigen Strukturen: Collagen, Elastin, Haut, Sehnen, Faszien



## 5. ECM / BCM-INDEX

und Knochen. Der flüssige Anteil besteht aus Plasma, interstitiellem und transzellulärem Wasser. Als transzelluläres Wasser bezeichnet man Flüssigkeiten in Körperhöhlen. Dazu zählt zum Beispiel der Liquor spinalis oder der Inhalt des gastrointestinalen Lumen. Unphysiologische transzelluläre Flüssigkeit kommt als Pleura- oder Perikarderguss oder als Aszites vor.

Transzelluläres Wasser kann von der BIA-Messung aus methodischen Gründen nicht erfaßt werden. Das liegt daran, daß ca. 95% des gemessenen elektrischen Widerstandes in den Extremitäten entstehen. Der Torso geht mit nur ca. 5% Widerstandsanteil in die Berechnung des Körperwassers ein. Da zum Beispiel ein Aszites von ca 5 Litern den Widerstand des Torso um nur wenige Ohm ändert, wird der Gesamtwiderstand praktisch gar nicht beeinflusst. Anzumerken ist hier noch, daß Gewichtsänderungen, die ohne Widerstandsänderung einhergehen, normalerweise durch Änderungen der Fettmasse bedingt sind. Gewichtszunahmen durch Aszites oder Schwangerschaft werden daher bei BIA-Messungen als Änderungen der Fettmasse berechnet.

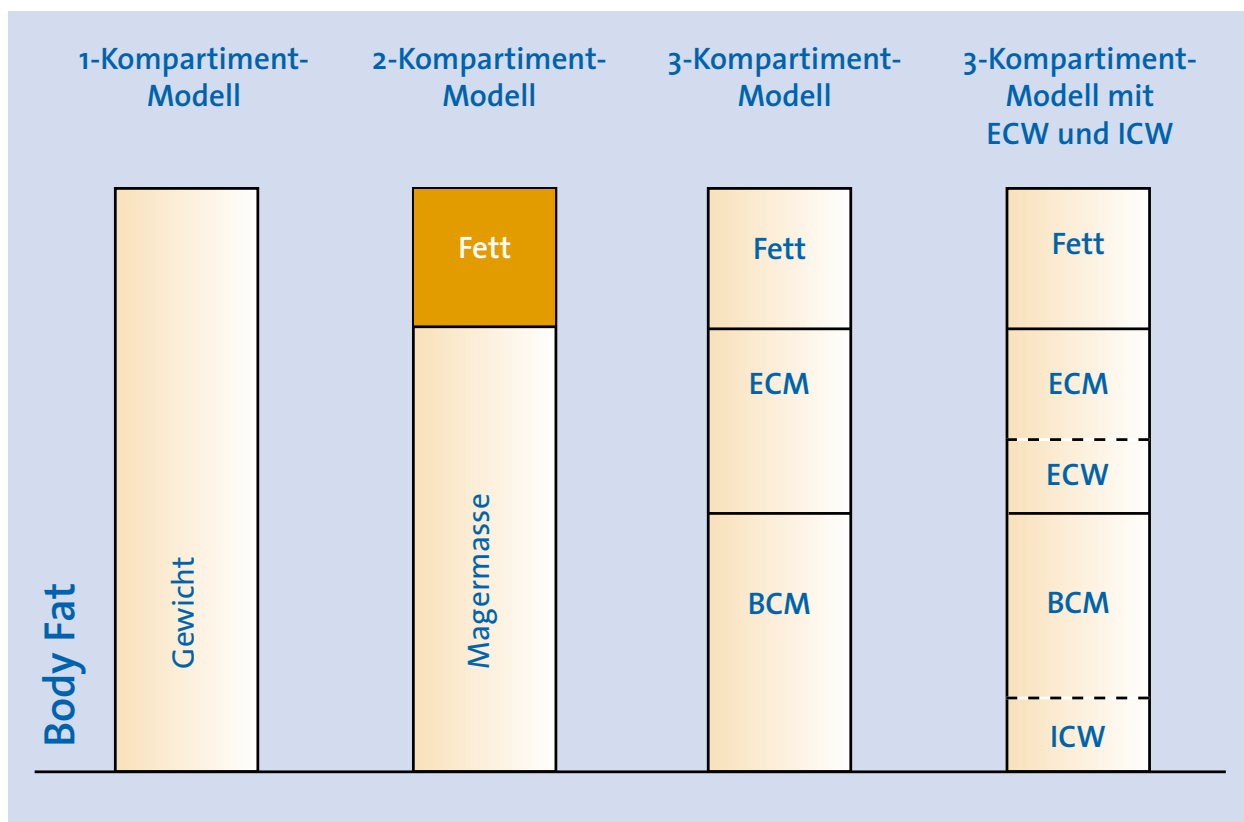
Der ECM/BCM-Index ist der zweitwichtigste Parameter zur Beurteilung des Ernährungszustandes. Beim Gesunden ist die Body Cell Mass BCM stets deutlich größer als die Extrazelluläre Masse ECM, so daß der Index kleiner 1 beträgt.

Im Frühstadium der Malnutrition ist eine BCM-Abnahme bei gleichzeitiger Vergrößerung des Extrazellulärtraumes charakteristisch; Magermasse und Gewicht können dabei konstant bleiben. Der steigende ECM/BCM-Index macht dann frühzeitig auf eine Verschlechterung des Ernährungszustandes aufmerksam.

Ein ansteigender ECM/BCM Index kann 3 Ursachen haben:

### a. KATABOLIE DER BCM:

bei katabolen Veränderungen jedweder Genese kommt es zur Reduktion der Body Cell Mass. Der Körper lagert dann kompensatorisch Wasser im Extrazellulärtraum ein, um das Ganzkörperwasser konstant zu halten.



#### b. WASSEREINLAGERUNG IN DER ECM DURCH HYPERINSULINISMUS:

bei chronischem Hyperinsulinismus und beim metabolischen Syndrom kommt es zur Natrium- und Wasserretention vorwiegend im Extrazellulärraum.

#### c. WASSEREINLAGERUNGEN IN DER ECM ANDERER GENESE:

Wassereinlagerungen in der ECM können auch ohne Gewichtsveränderungen einhergehen, z.B. bei gleichzeitigen Wasserverlusten oder bei katabolen Prozessen in der BCM. Der ECM/BCM-Index ist dann der empfindlichste Parameter.

### 6. BODY FAT BF (KÖRPERFETT)

Körperfett hat eine Dichte von  $0,9 \text{ g/cm}^3$ . Das Fett wirkt als Isolator für Wechselstrom. Fettzellen besitzen nicht die typischen Eigenschaften der Zellen der BCM (Körperzellmasse) und haben daher auch kaum kapazitiven Widerstand (Reactance). Die Fettmasse wird aus der Gewichts Differenz von Magermasse und Körpergewicht berechnet.

### 7. (%) ZELLANTEIL

BCM und ECM stehen morphologisch, funktionell und quantitativ in einem engen Verhältnis zueinander und bilden als Summe die Magermasse.

Der Zellanteil ist der prozentuale Anteil von Zellen der BCM innerhalb der Magermasse und damit ein Maß für den individuellen Ernährungszustand und Trainingszustand. Er ist ein guter Parameter zur Beurteilung der Qualität der Magermasse.

**Normalbereich Zellanteil Männer:** 53% - 59%

**Normalbereich Zellanteil Frauen:** 50% - 56%

Malnutrition oder extrazelluläre Überwässerung reduzieren den Zellanteil.

Liegt der individuelle Wert für den Zellanteil unterhalb des Grenzwertes und liegen keine sichtbaren Ödeme vor, ist dies ein Hinweis auf Malnutrition. Auch Patienten mit genetisch determinierten Erkrankungen, die mit Muskeldystrophie einhergehen, zeigen einen niedrigen Zellanteil.

Ein reduzierter Zellanteil ist für die Beurteilung einer Malnutrition von Bedeutung.

Bei Nahrungs- oder Nährstoffmangel mobilisiert der menschliche Organismus zur Glukosehomöostase intrazelluläres Protein und bildet daraus Zucker. Der intrazelluläre Proteinverlust führt zu einer Verkleinerung der Zellmasse. Gleichzeitig kommt es durch Abgabe des proteingebundenen intrazellulären Wassers zu einer Vergrößerung des Extrazellulär- raumes. Die Masse von BCM und ECM verändert sich in dieser Situation gegenläufig. Der Zellanteil fällt dabei überproportional ab.

Hohe körperliche Aktivität oder Leistungssport erhöht den Zellanteil. Menschen mit jahrelang andauernder hoher körperlicher Aktivität (besonders Leistungssport) haben einen hohen Zellanteil.

Wurde der Sport in sehr jungen Jahren begonnen, läßt sich der hohe Zellanteil selbst bei relativer Inaktivität zeitlebens nachweisen. Freizeitsport, der erst im Erwachsenenalter begonnen wurde, hat kaum eine Erhöhung des Zellanteiles zur Folge, bei Ausdauersport kommt es nur allmählich zu einem Anstieg.

## G. FALLBEISPIELE

Die folgenden Tipps sollen bei der methodischen und effizienten Analyse eines BIA-Befundes helfen:

### KÖRPERWASSER TBW

Als erstes sollte man sich den Wert des Körperwassers TBW ansehen. Die Menge des Körperwassers hängt wenig mit der Trinkmenge zusammen, wie die Patienten dies oft annehmen. Vielmehr hängt das TBW primär mit der Menge der Zellmasse BCM zusammen: eine hohe Muskelmasse bedingt eine hohe Wassermenge, während Menschen mit asthenischem Körperbau wenig Körperwasser haben. Beim metabolischen Syndrom sind meist etliche Liter TBW im Körper eingelagert. Bei peripheren Ödemen wird die in den Extremitäten eingelagerte Wassermenge auf den ganzen Körper hochgerechnet und dadurch das Körperwasser tendenziell zu hoch bestimmt.

Das Ganzkörperwasser wird aus dem bei 50 oder 100 kHz gemessenen Resistance-Wert R berechnet. 95 Prozent der Resistance entstehen in den Extremitäten, und nur 5 % der Resistance entstehen im Torso. Änderungen des Wassergehaltes des Torso ändern daher kaum den Resistance-Wert bzw. den berech-

neten Wasserwert des Körpers. Deshalb kann der Wassergehalt eines Aszites oder einer Schwangerschaft mit Hilfe der BIA nicht erfasst werden.

### DIE 2 ÜBERSICHTSPARAMETER

Es empfiehlt sich als nächstes die 2 wichtigsten Übersichtsparemeter anzusehen: den Phasenwinkel und den ECM/BCM-Index.

### PHASENWINKEL

Die Höhe des Phasenwinkels ermöglicht eine grundsätzliche Einteilung des Ernährungszustandes z. B. nach den Noten 1-6 gemäß Tabelle G1. Dabei kann auch die sportliche Aktivität und der Trainingszustand beurteilt werden.

Der Phasenwinkel entsteht durch die Kugelkondensator-Eigenschaften der Zellen der BCM. Gut ernährte Zellen oder trainierte Muskelzellen haben eine hohe Membranintegrität bzw. -dichte. Nährstoffe und Zellwasser werden im Zellinneren gespeichert und gehen nicht verloren. Solche „saftigen“ Zellen haben einen hohen Phasenwinkel. Schlecht