

CHARITÉ
UNIVERSITÄTSMEDIZIN BERLIN

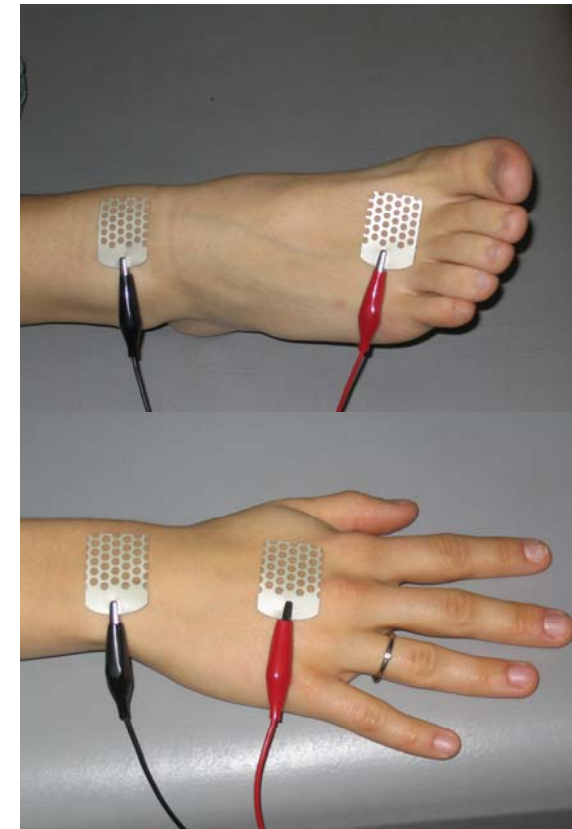
**Bioelektrische
Impedanz-Analyse
(BIA)**

Dr. rer. nat. Luzia Valentini
Medizinische Klinik für
Gastroenterologie,
Hepatologie und Endokrinologie

Vortragsschwerpunkte

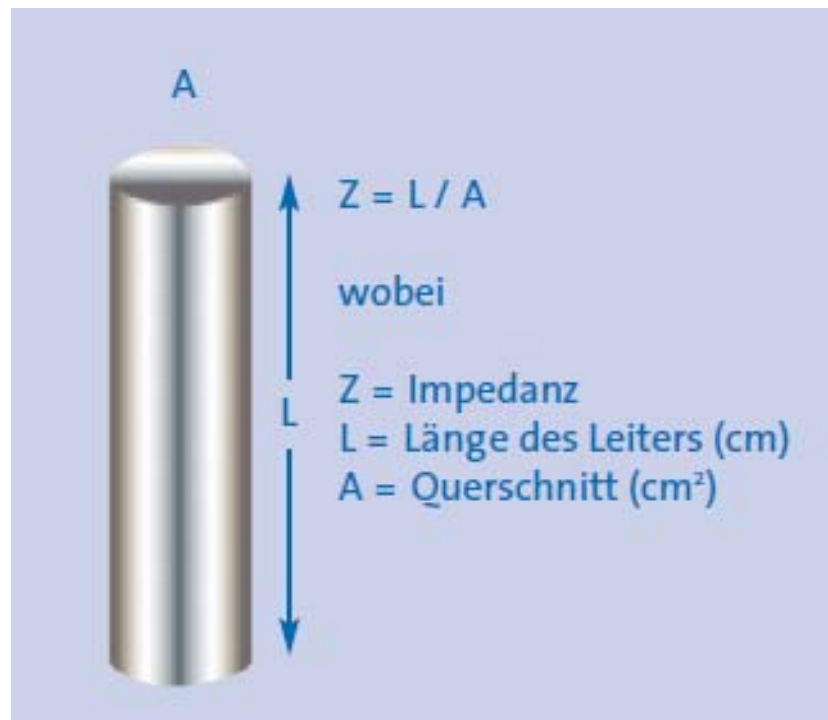
- 1) Limitationen der Methodentheorie mit Konsequenzen.
- 2) Wie berechnet die Gerätesoftware aus welchen Rohwerten welche Körperkompartimente?
- 3) Welche Ergebnis-Parameter sind auch bei Menschen mit Hydratationsstörungen verwendbar?

BIA: Einfache Durchführung....



...schwierige theoretische Grundlagen

1. Impedanz (Z) ist abhängig von Länge (L) und Querschnitt (A) des Leiters



2. Das Volumen eines Zylinders wird aus Länge mal Querschnitt berechnet

$$V = L \times A$$

3. Berechnung eines Zylinderinhaltes durch Kenntnis der Länge und der Impedanz Z

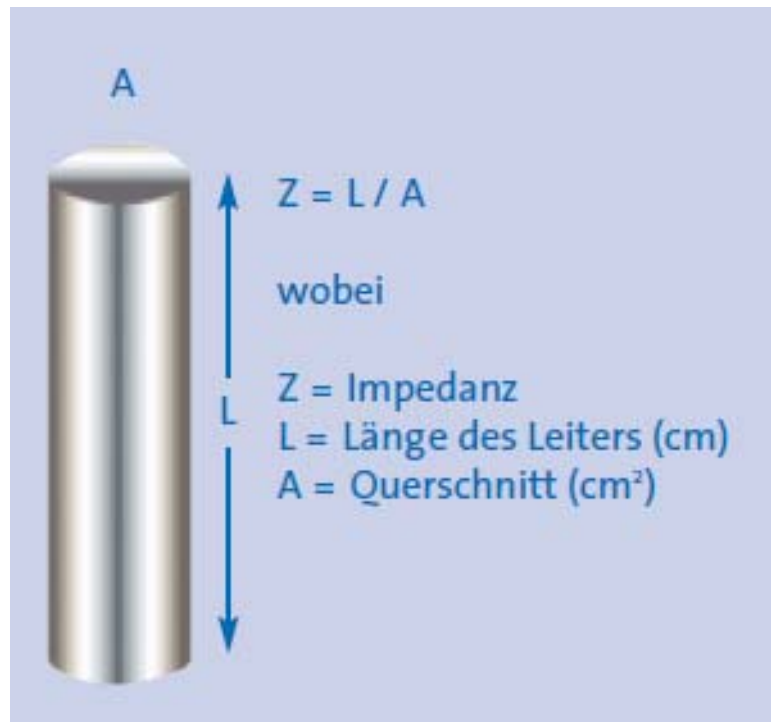
- a) $Z = L/A$ umformen in $A = L/Z$
- b) $A = L/Z$ einsetzen in $V = L \times A$
- c) $V = L^2/Z$

↓

$$\text{Wassergehalt} = \frac{\text{Körperlänge}^2}{\text{Impedanz } Z}$$

$$\text{Impedanz-Index: TBW} = \frac{Ht^2}{Z}$$

Leider, die Theorie, sie hinkt...



Wichtige Voraussetzungen für dieses Modell fehlen im Menschen:

- 1) Einheitliche Eigenwiderstände der Gewebe im Körper
- 2) Konstante Leiterkonfiguration

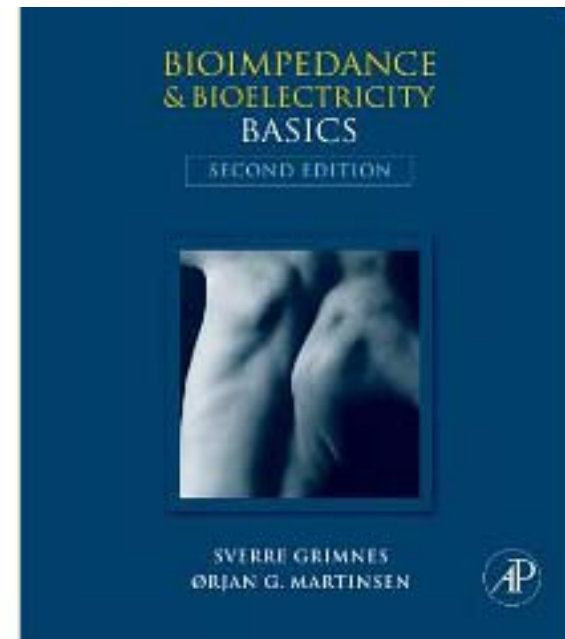
Grimnes S, Martinsen OG, Academic Press, 2008

NIH statement on BIA in BC measurement. Am J Clin Nutr. 1996;64(suppl):524S-32

Ist der Mensch wirklich ein reiner Ionenleiter?

Bis jetzt unklar:

- Sind lebende Gewebe wirklich ein **reine Ionenleiter**?
- Oder gibt es **lokale elektronische**
- **oder Halbleitermechanismen**?



Aus: Grimmes S, Martinsen OG, Bioimpedance and Bioelectricity Basic, 2008

Dennoch: Gute Präzision bei Gesunden

Vorhersagefehler für

Ganzkörperwasser	3 - 8	%
Magermasse	3.5 - 6	%

Gute Reproduzierbarkeit bei Gesunden

VC für intraindividuelle Resistanzmessung

innerhalb eine Tages	1 - 2 %
täglich / wöchentlich	2 - 3.5 %

Lösung über Regressionsformeln

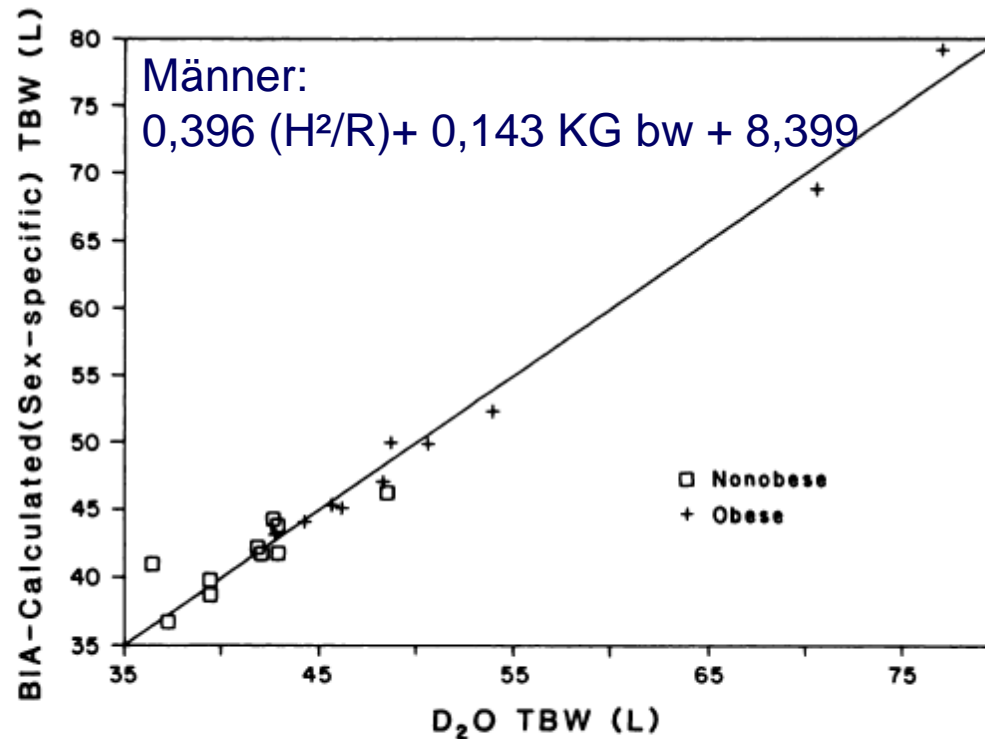


FIG 1. Bioelectrical impedance analysis (BIA)-calculated, sex-specific equation for predicted total body water (TBW) compared to the measured D₂O dilution space for nonobese and obese males. Line of identity is indicated. $R = 0.988$, $SEE = 1.658 \text{ L}$.

Kushner RF, Schoeller DA, Am J Clin Nutr, 1986

Die Rohwerte

Impedanz (Z):

Wechselstromwiderstand der aus der realen Komponente R und der imaginären Komponente Xc besteht.

$$Z^2 = R^2 + Xc^2$$

Resistanz (R) (beim Menschen ca. 90% von Z):

Reale Komponente von Z; entspricht dem Ohm'schen Widerstand des elektrolythaltigen Gesamtkörperwassers.

Reaktanz (Xc) (beim Menschen ca. 10% von Z):

Imaginäre Komponente von Z ; kapazitiver Widerstand, der durch die Kondensatoreigenschaften der Zellmembranen entsteht.

Phasenwinkel wird meist berechnet

March 15, 1938.

S. BAGNO

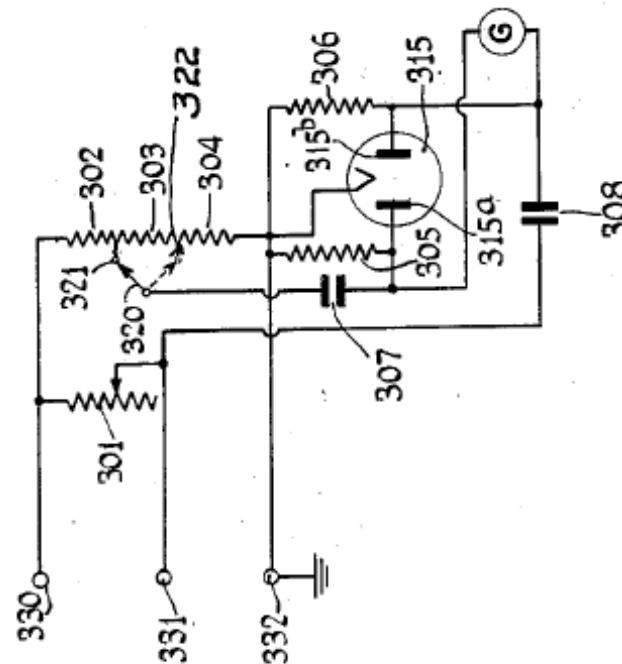
2,111,135

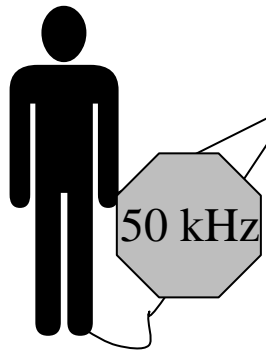
APPARATUS AND METHOD FOR DETERMINING IMPEDANCE ANGLES

Filed March 1, 1935

2 Sheets-Sheet 2

Fig. 4.





Resistanz R

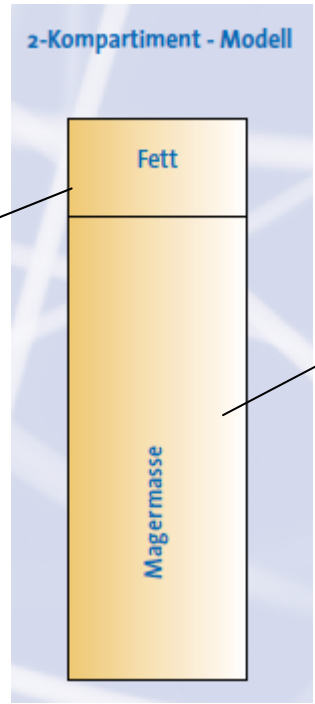
Gesamtkörperwasser (TBW)

$$M: 0,396 \times (Ht^2/R) + 0,143 \times KG^* + 8,399$$

$$F: 0,382 \times (Ht^2/R) + 0,105 \times KG^* + 8,315$$

Magermasse (LBM)

$$LBM = TBW / 0,732$$



Fettmasse (FM)

$$FM = KG^* - LBM$$

* KG = Körpergewicht

Table 6.2 Comparison of Frequencies Used With Frequencies Measured in Published Studies of Multifrequency Bioelectrical Impedance

Author, year	Frequencies measured (kHz)	N	Frequencies used in models
Segal et al. 1991	5, 50, 100	36	Only a single frequency used with stature and weight
Van Loan and Mayclin 1992	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 15, 20, 27, 37, 50, 64, 90, 100, 122, 167, 224, 300, 400, 548, 740, 1,000, 1,348	60	Only a single frequency used with stature, weight, and sex
Deurenberg and Schouten 1992	1, 5, 10, 15, 20, 25, 50, 75, 100, 250, 750, 1,000, 1,250, 1,350	12	Only a single frequency used with stature
Hannan et al. 1994	5, 50, 100, 500, 1,000	43	One or two frequencies used with stature and weight
Sergi et al. 1994	1, 50	40	Only a single frequency used with stature, weight, sex, and health status
van Marken Lichtenbelt et al. 1994	1, 50, 100, 400	29	Four frequencies used with stature, sex, age, and BMI
Visser et al. 1995	1, 5, 50, 100, 250, 500, 1,000, 1,350	117	Only a single frequency used with stature, weight, sex, and age
Deurenberg et al. 1996	0, 1, 5, 50, 100, 250, 500, ∞	48	Four frequencies used with stature and weight

Chumlea WC & Sun SS, 2005

Resistanz - Normalbereich

Frauen: $R = 400 - 750 \text{ Ohm}$

Männer: $R = 350 - 650 \text{ Ohm}$

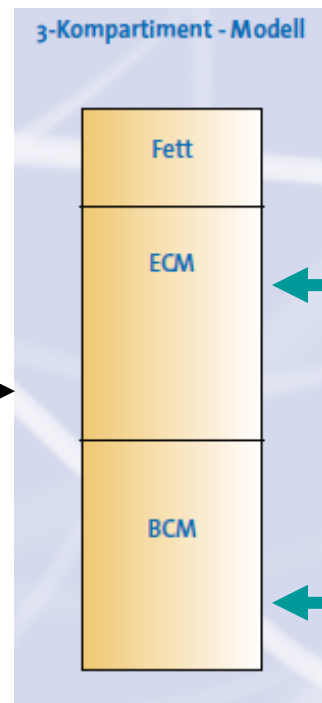
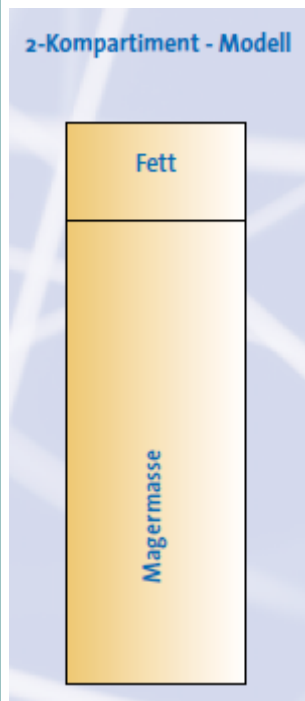
Werte darunter:

- Ödeme oder sehr große BCM

Werte darüber:

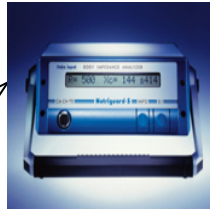
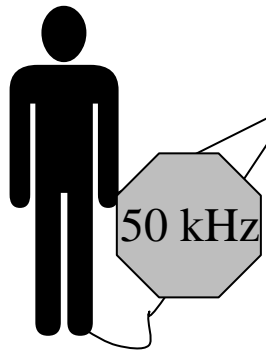
- sehr kleine BCM
- Elektrodenfehler

Körperzellmasse (BCM)



Extrazelluläre Masse
Interstitieller und transzellulärer
Raum, Knochen, Bindegewebe

Body Cell Mass
Summe aller sauerstoffoxidierten
Zellen



Resistanz R

Gesamtkörperwasser (TBW)

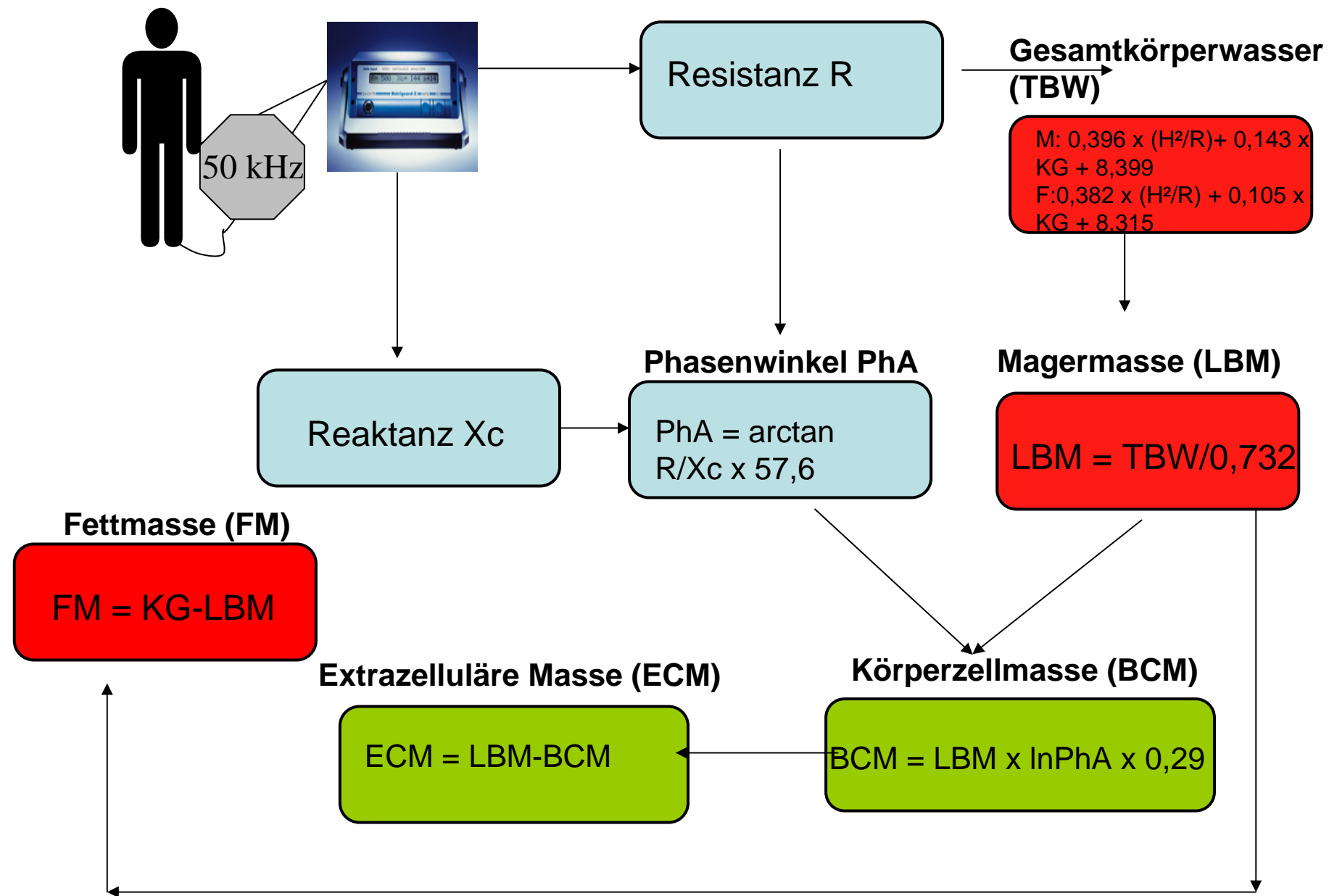
M: $0,396 \times (H^2/R) + 0,143 \times$
KG + 8,399
F: $0,382 \times (H^2/R) + 0,105 \times$
KG + 8,315

Magermasse (LBM)

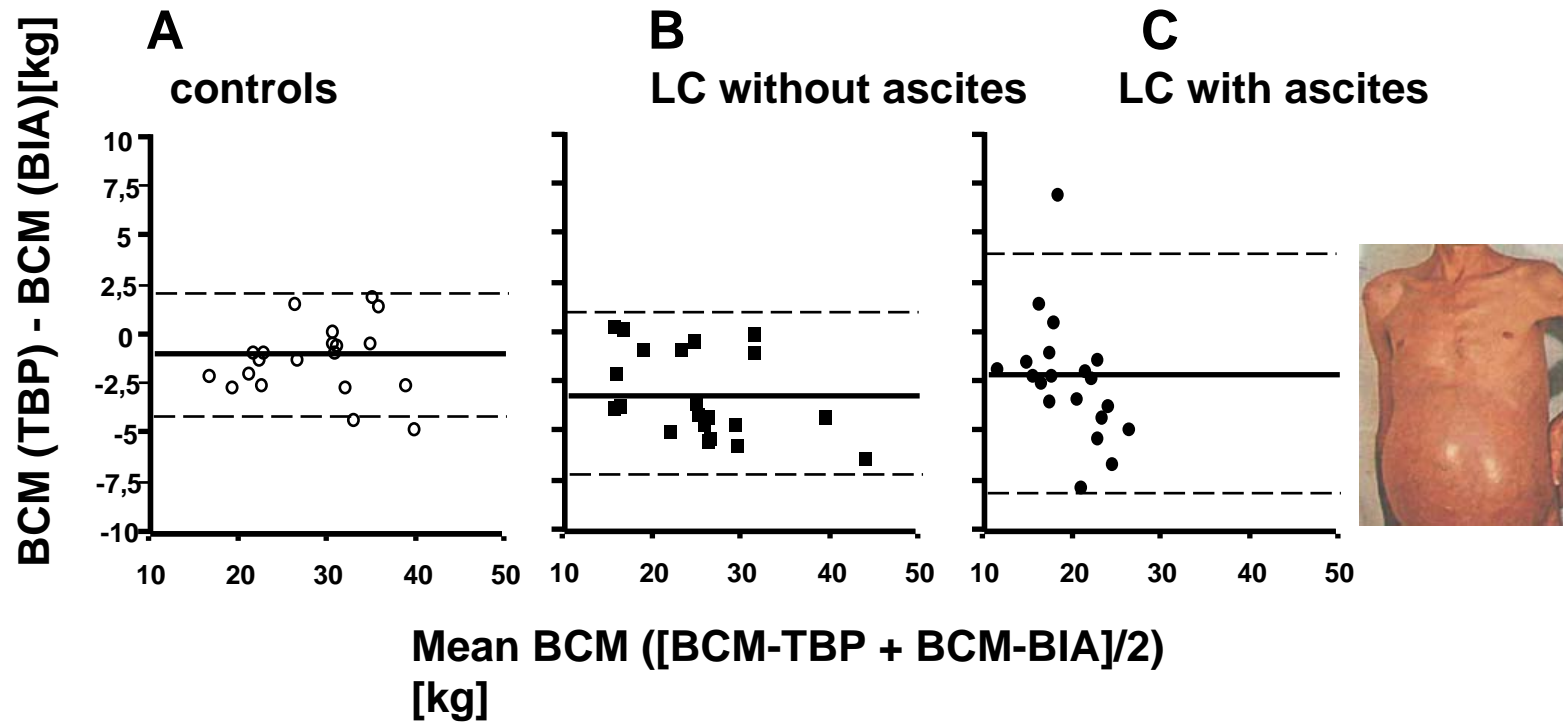
$LBM = TBW/0,732$

Fettmasse (FM)

$FM = KG - LBM$

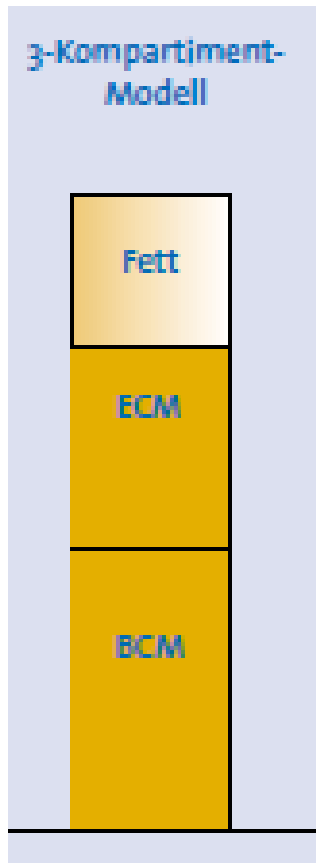


BCM Messungen bei Patienten mit Hyperhydratation



Pirlich et al. Hepatology 2000; 32: 1208

ECM/BCM Index



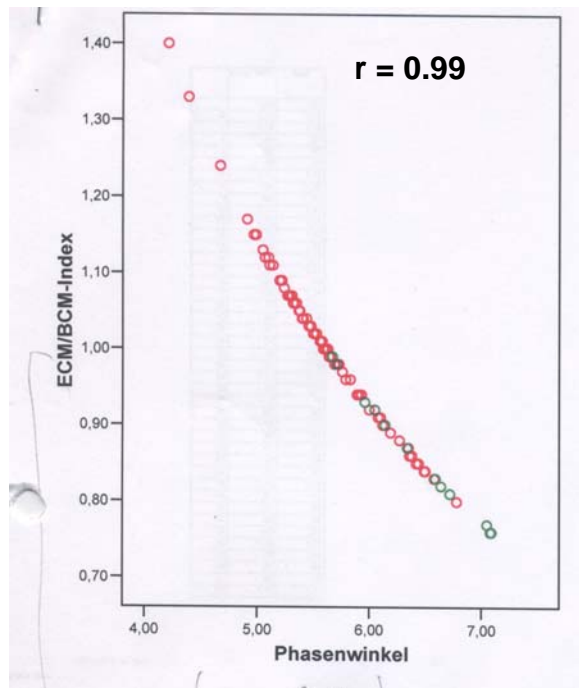
Bei Gesunden immer kleiner als 1

Erhöht bei katabolen Veränderungen
jedweder Genese oft in Verbindung mit
entzündlichen Prozessen

Maß der Krankheitsschwere

ECM/BCM Index und Phasenwinkel (PhA)

102 M. Crohn Patienten in Remission



ECM/BCM Index ist eine direkte Funktion des Phasenwinkels →

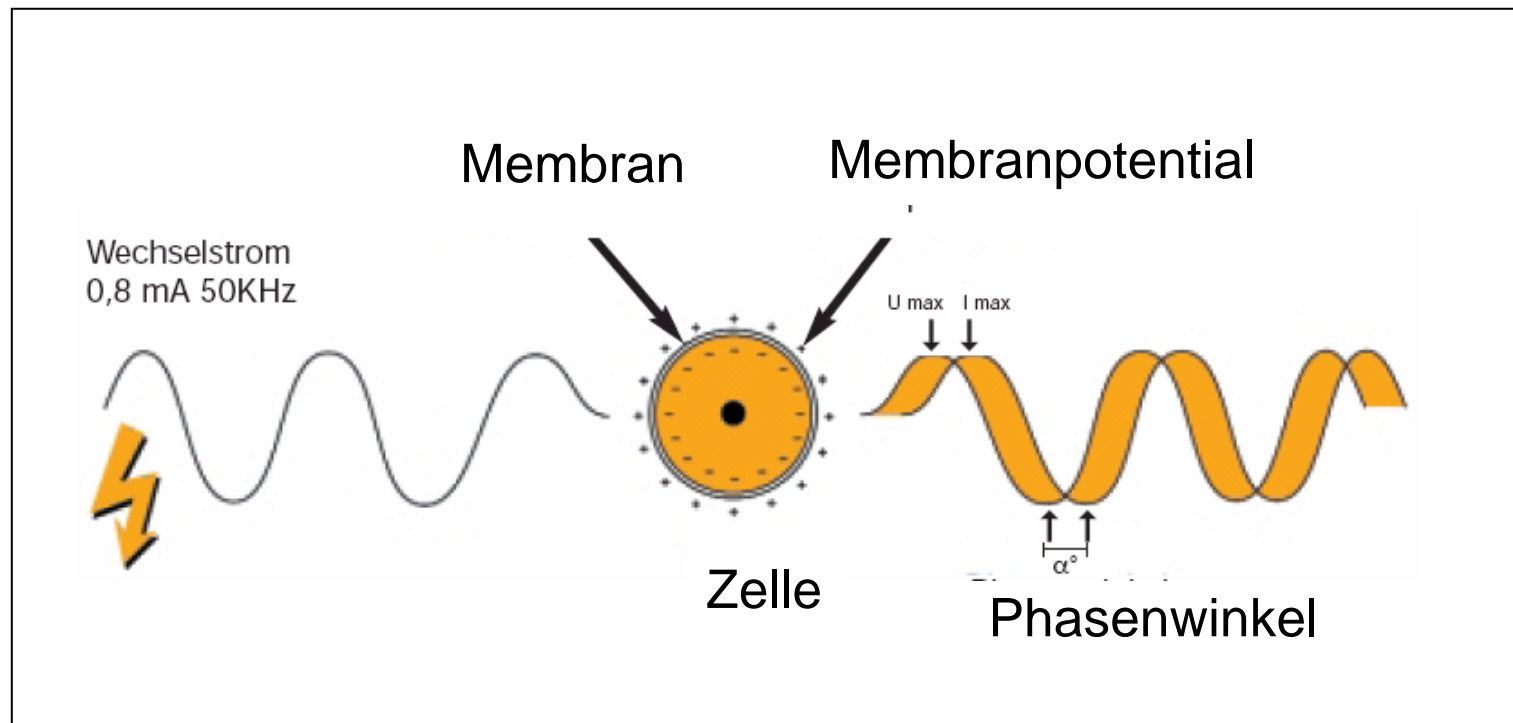
formelunabhängig!

$$\begin{aligned} \frac{ECM}{BCM} &= \frac{FTM - BCM}{BCM} = \\ &= \frac{FTM}{BCM} - \frac{BCM}{BCM} = \frac{FTM}{BCM} - 1 \\ &= \left(\frac{FTM}{FTM \times \ln PhA \times 0.29} \right) - 1 = \\ &= \frac{1}{\ln PhA \times 0.29} - 1 \end{aligned}$$

!

Phasenwinkel (PhA)

$$\text{PhA } (^\circ) = \arctan (X_c/R) * 57,297$$



Phasenwinkel und Mortalität

Erkrankung	Autoren/Jahr	↑ Mortalität
HIV	Ott et al., 1995	< 5.6°
HIV	Schwenk et al., 2000	< 5.3°
Kolorektal & Pankreas-CA	Gupta et al., 2004	< 5.57°
Lungen-CA	Toso et al., 2000	< 5.4°
Zirrhose	Selberg et al., 2002	< 5.4°
Hämodialyse	Maggiore et al., 1996	< 4.5°(m), < 4.2° (f)
Chron. NV	Bellizzi et al., 1998	< 3°
Peritoneal-D	Fein et al., 2002	< 6°
Syst. Sklerose	Krause et al, 2010	< 5°

Zusammenfassung

- Die BIA ist eine einfache, kostengünstige, rasch und am Krankenbett durchführbare Methode zur Analyse der Körperzusammensetzung
- Standardisierung der Messbedingungen ist für die Datenqualität unverzichtbar
- Trotz unklarer theoretischer Grundlagen, ist die BIA in der Lage (beim Gesunden) ausreichend genau die Körperzusammensetzung zu bestimmen
- Aufgrund der hohen Reproduzierbarkeit sind Impedanzmessungen grundsätzlich für Verlaufsmessungen geeignet
- Formelabhängig bleibt das große Handicap der BIA
- LBM und FM werden bei Hydratationsstörungen nicht valide errechnet.
- BCM ist auch bei Hydratationstörungen (limitiert) aussagekräftig.
- PhA und ECM/BCM Index sind formelunabhängig und haben prognostische Relevanz.



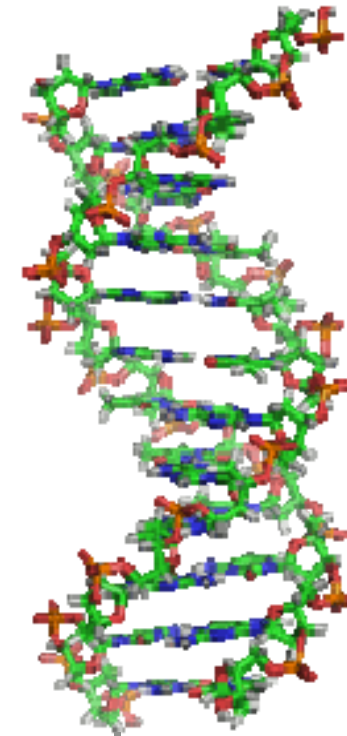
Man würde nicht auf die Idee kommen, Lebewesen in einem Teich zu untersuchen, indem man die Wassermenge misst...

***Antonio Talluri.
Pionier der BIA-Methodik***

Einsatz von DNA in der Nano-PC-Technologie

Als **DNA-**, **RNA-** oder allgemeiner auch **Biocomputer** werden Computer bezeichnet, die auf der Verwendung der Erbsubstanz DNA oder RNA als Speicher- und Verarbeitungsmedium beruhen.

Sie stellen einen Bereich der Bioelektronik dar.



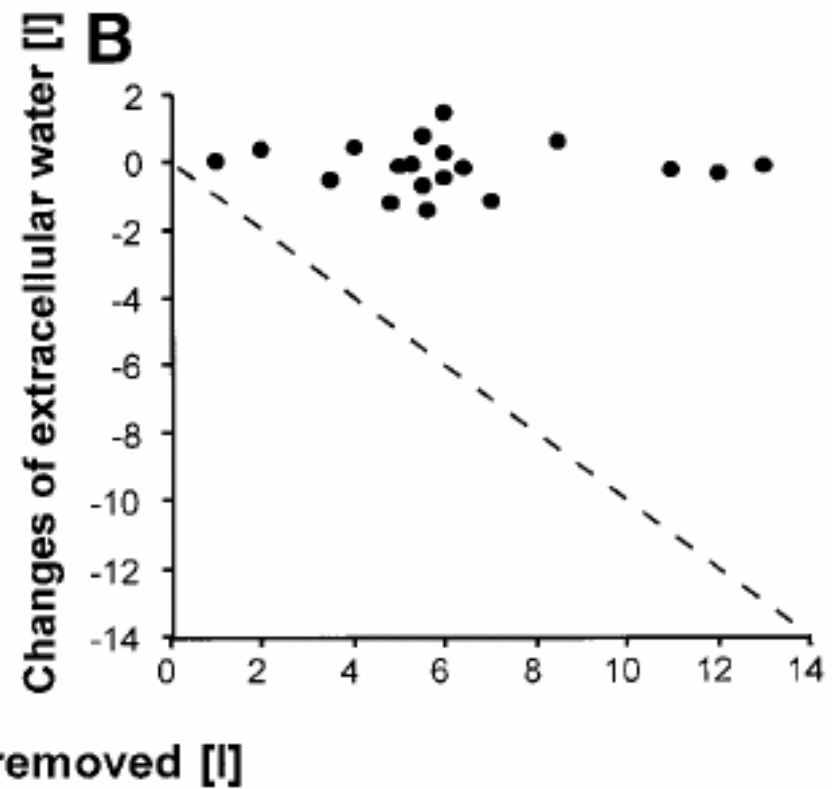
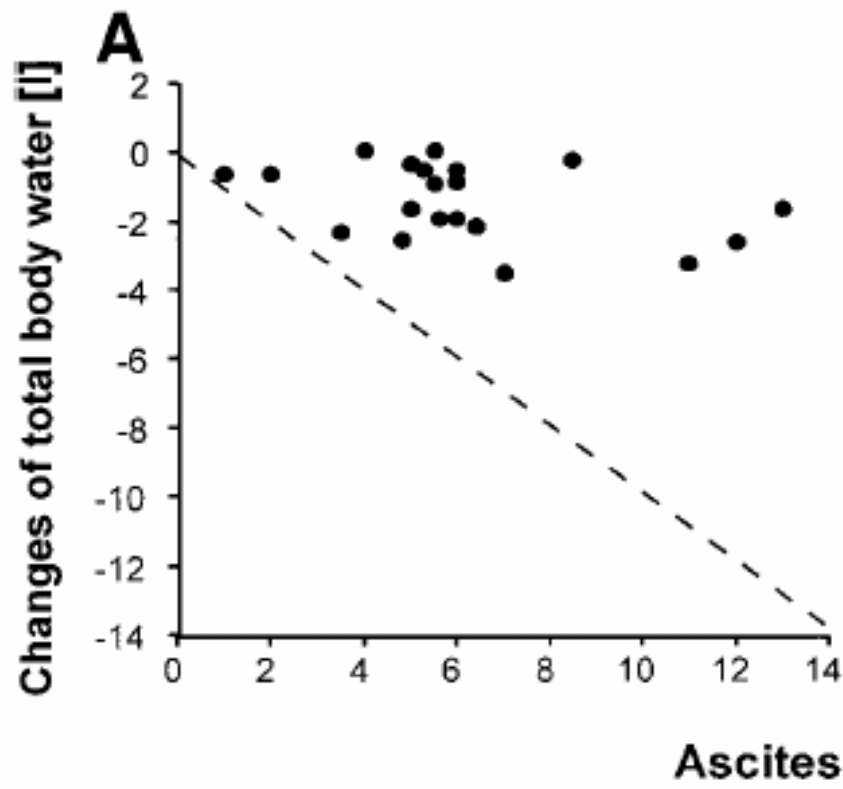
<http://de.wikipedia.org/wiki/DNA-Computer>

20 Patienten mit aszitisch dekompensierter LC

Pirlich et al., Hepatology, 2000

Gesamtkörperwasser

Extrazelluläres Wasser

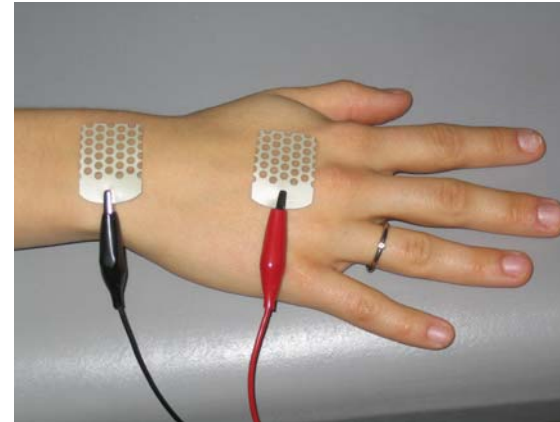
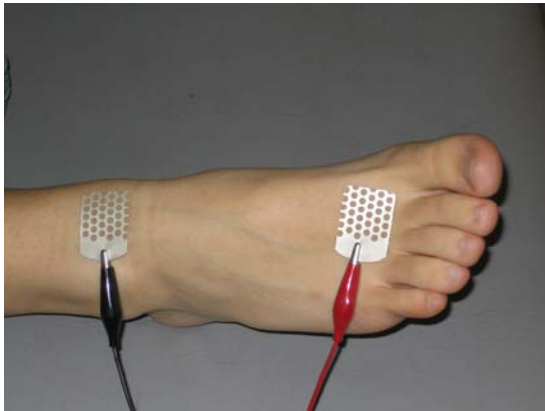


BIA: Eine einfache Methode zur Bestimmung der Körperzusammensetzung



- Nüchtern bzw. letzte Nahrungsaufnahme > 4h
- Horizontale Körperposition für ca. 10 min vor Messung
- Extremitäten sollen normale Temperatur haben
- Keine Metallgegenstände direkt am Körper
- Beine ca. 45° gespreizt
- Oberarme berühren Oberkörper nicht
- Messung auf der dominanten Körperhälfte

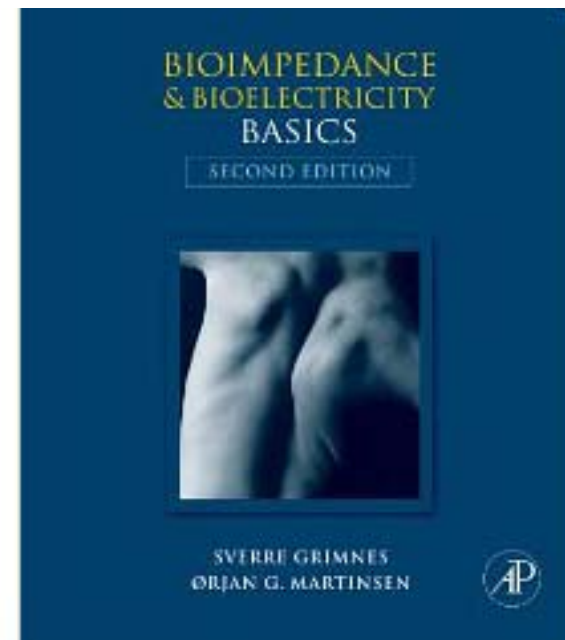
BIA – eine einfache Methode



- Reinigung der Haut mit Alkohol- oder Desinfektionstupfer.
- Verwendung von vom Gerätehersteller empfohlenen Elektroden.
- Exakte Platzierung der Elektroden (gerätespezifisch).
- Mindestabstand zwischen Elektronenpaar > 4 cm (Vermeidung von Induktionsphänomenen).
- Richtige Platzierung der Alligatorclips („black is back“).
- Elektrodenkabel sollen frei hängen (kein Kontakt zu Metallflächen, wie Bettrahmen)
- Während Messung Kontrolle des Hand- und Fusswiderstands ($50\text{kHz} < 300\ \Omega$).

Bis jetzt unbeantwortete Basisfragen

- Sind lebende Gewebe ein **reine Ionenleiter**?
- Gibt es **lokale elektronische - oder Halbleitermechanismen**?
- Was die Leitungsmechanismen, zum Beispiel im **keratinisierten Gewebe**, der **DNA** und **Myelin** sind?



Aus: Grimnes S, Martinsen OG, Bioimpedance and Bioelectricity Basic, 2008

