

Physiologische und physikalische Grundlagen der Impedanzanalyse

Der menschliche Körper ist von Natur aus ein elektrisch leitfähiges System. Die im Körperwasser gelösten Salze – Elektrolyte genannt - sind für diese Eigenschaft verantwortlich.

Aufgrund seiner Längenausdehnung kann der menschliche Körper in einem vereinfachten Modell mit einem Draht der Länge L und dem Kreisquerschnitt A verglichen werden, so dass sich die einfache physikalische Grundformel

$$R = r \frac{L}{A}$$

für die Berechnung eines Drahtwiderstandes mit dem spezifischen Widerstand ρ auf das elektrische Widerstandsverhalten des menschlichen Körpers übertragen lässt.

Benutzt man statt Gleichstrom Wechselstrom, so bezeichnet man den im Wechselstromkreis gegebenen Widerstand mit Z und erhält für die obige Grundformel

$$Z = r \frac{L}{A}$$

Nun setzt sich aber ein Wechselstromwiderstand aus dem so genannten Ohmschen, dem kapazitiven und dem induktiven Widerstand zusammen. Der Ohmsche Widerstand basiert auf den reinen Materialdaten, der kapazitive wird durch Kondensatorwirkung erzielt, da ein Kondensator in einem Wechselstromkreis keine echte Unterbrechung darstellt. Der induktive Widerstand wird durch das magnetische Verhalten von Spulen bestimmt. Ferner hat die Frequenz des Wechselstroms Einfluss auf den kapazitiven und induktiven Widerstand. Zusätzlich tritt eine Phasenverschiebung mit dem Phasenwinkel ϕ zwischen Strom und Spannung ein.

Eine Körperzelle lässt sich in einfacher Weise durch das Modell eines RC - Elementes repräsentieren, in dem ein Ohmscher Widerstand R1 mit einem Kondensator C parallel und dazu in Reihe ein weiterer Ohmscher Widerstand R2 geschaltet ist.

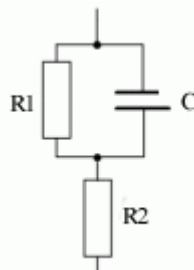


Abbildung 1 - Modell eines RC - Elementes

Setzt man dieses Modell auf das Zellgewebe fort, so entsteht durch Reihen- und Parallelschaltung ein Netz aus einer Vielzahl solcher Schaltelemente, von dem jeweils der Ohmsche und kapazitive Gesamtwiderstand zu bestimmen ist.

Mit der Impedanz - Analyse wird das Verhalten des menschlichen Körpers in seiner Leitfähigkeit für Wechselströme untersucht und der zugehörige Wechselstromwiderstand mit Bioelektrischer Impedanz Z bezeichnet.

Die Ohmschen Widerstände sind einerseits durch die elektrolytische Wirkung des gesamten Körperwassers gegeben und andererseits durch die elektrolytische Beschaffenheit der Zellen und ihrer Umgebung. Der kapazitive Widerstand wird durch die Zellmembranen selbst bestimmt.

In Formel 2 dient nun als Länge die Körpergröße L und das fettfreie Gewebe des Körpers als Querschnitt A, die Konstante ρ ist der spezifischen Widerstand dieses Gewebes.

Für die Bioelektrische Impedanz ergibt sich damit als Grundformel

$$Z = \rho \frac{L}{A}$$

Setzt man für das Volumen V des fettfreien Gewebes des menschlichen Körpers entsprechend dem zugrunde gelegten Modell die Zylindervolumenformel $V = A \cdot L$ an und stellt nach A um zu

$$A = \frac{V}{L}$$

so ergibt sich durch Einsetzen in Formel 3 weiter für die Bioelektrische Impedanz

$$Z = \rho \frac{L^2}{V}$$

Stellt man Formel 5 nach V um, erhält man

$$V = \rho \frac{L^2}{Z}$$

Mathematisch heißt das, dass wegen der Konstanten ρ das Körpervolumen V direkt proportional zu L^2/Z ist, und für das bioelektrische Verhalten des menschlichen Körpers, dass das Volumen des fettfreien Gewebes proportional zum Quotienten aus dem Quadrat der Körperlänge und der Impedanz Z ist.

Die Impedanzanalyse macht sich diesen Zusammenhang zu eigen, indem sie zur Körperlänge L das Widerstandsverhalten Z des menschlichen Körpers durch ein geeignetes Gerät bestimmt, um daraus auf das Volumen des fettfreien Gewebes und damit auf die Körperzusammensetzung nach Körperfett, Blut- und Gewebeflüssigkeit sowie Körperwasser zu schließen.

[Methodenvergleich zwischen Densitometrie, Infrarot-Reflektionsmessung und elektrischer Impedanzanalyse zur Bestimmung der Körperzusammensetzung](#)

[Impedanzanalyse - Methode - Anwendungsgebiete](#)

[EUSANA Impedanzanalyse-Messgerät \(BIA\)](#)

[Literatur zur elektrischen Impedanzanalyse](#)