

SEMINARARBEIT

in der Fachrichtung

Master of Computer Science

Thema:

Aufbau eines Expertensystems in einer medizinischen Anwendung

Eingereicht von:

Nils Bardenhagen
ms2725
Theodor-Rumpel-Weg 13a
22307 Hamburg
+49 (40) 87 08 59 90
ms2725@fh-wedel.de

Erarbeitet im:

2. Semester

Abgegeben am:

19.05.2005

Referent:

Prof. Dr. Sebastian Iwanowski
Feldstraße 143
22880 Wedel
+49 (41 03) 80 48 63
iw@fh-wedel.de

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	IV
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Ziel der Arbeit	3
1.3 Begriffsdefinition	4
1.3.1 „normal“	4
1.3.2 „normale Menschen“	4
2 Medizinischer Hintergrund	5
2.1 Körperkompartimente	5
2.2 Methoden zur Ermittlung der Körperkompartimente	7
2.3 Bioelektrische Impedanzanalyse	8
2.3.1 Theorie der bioelektrischen Impedanzanalyse	9
2.3.2 Quantitative Verfahren	9
2.3.3 Qualitative Verfahren	12
3 Wissensbasierte Systeme in der Medizin	15
3.1 Verwendung von Computern in der Medizin	15
3.2 Anforderungen	16
3.3 Methoden	16
3.3.1 Regelbasierte Systeme	17
3.3.2 case-based reasoning	17
3.3.3 Fuzzy-Expertensysteme	17
3.3.4 Neuronale Netze	18
3.4 Tools und Frameworks	20
4 Abschlussbetrachtung	22
Literaturverzeichnis	23

Abbildungsverzeichnis

1.1	Gewichtszunahme in den USA	2
2.1	Körperkompartimente	6
2.2	Wasserverteilung im Körper	6
2.3	Physikalischen Eigenschaften einer Zelle	10
2.4	BIA Berechnung	11
2.5	Biavector	13
2.6	Interpretation des Biavectors	14
3.1	Beispiele für Fuzzy-Mengen: Dreiecks-, Trapez- und Gaußfunktion	18
3.2	Neuronales Netz	19

Abkürzungsverzeichnis

BIA	Bioelektrische Impedanzanalyse
BCM	Aktive Körperzellmasse (Body Cell Mass)
BMI	Body Mass Index
CBR	case-based reasoning
ECM	Extracelluläre Masse
ECW	Extracelluläres Wasser
FFM	Fettfreie Masse
FM	Fettmasse
GUI	Graphical User Interface
HIV	Human Immunodeficiency Virus
ICW	Intracelluläres Wasser
JIFLI	Java Foreign Language Interface for Common Lisp
JOONE	Java Object Oriented Neural Engine
JPL	Bidirectional Prolog/Java interface
JSR	Java Specification Request
NCHS	National Center for Health Statistics
NN	Neuronales Netz
PA	Phasenwinkel
R_z	Resistanz
SQL	Structured Query Language
TBW	Gesamtkörperwasser (Total Body Water)
WEKA	Waikato Environment for Knowledge Analysis
X_c	Reaktanz
XPS	Expertensystem
Z	Impedanz

1 Einleitung

Diese Seminararbeit dient der Vorbereitung, Einarbeitung und Zieldefinition der von mir zu erstellenden Master Thesis. Sie beschäftigt sich mit der Erstellung eines wissensbasierten Systems¹ zur Unterstützung von Ärzten und Ernährungsberatern bei der Bewertung und Analyse der Körperzusammensetzung von Menschen.

In dem folgenden Kapitel Motivation wird erläutert aus welchen Gründen viele Menschen mit ihrer Körperzusammensetzung unzufrieden sind und diese daher optimieren möchten. Das Ziel der Master Thesis wird im Anschluss festgelegt und erforderliche Begriffe, auf die im Verlauf der Arbeit Bezug genommen wird, werden definiert.

Im Kapitel „Medizinischer Hintergrund“, welches den Schwerpunkt der Arbeit bildet, wird die Zusammensetzung des menschlichen Körpers erklärt und verschiedene Methoden vorgestellt, mit denen diese Zusammensetzung analysiert und bewertet werden kann. Besonders detailliert wird die bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) erläutert mit der die Komposition des Menschen sehr genau und kostengünstig bestimmbar ist.

Die Anforderungen an wissensbasierte Systeme in der Medizin werden in dem anschließenden Kapitel aufgestellt. Die Methoden dieser Systeme werden vorgestellt und ihre bisherige praktische Relevanz erläutert, in denen sie eingesetzt werden. Im letzten Teil dieses Kapitels werden Tools vorgestellt, die zur Erstellung von Prototypen oder bei der Implementierung des Systems zur Effizienzsteigerung einsetzbar sind.

1.1 Motivation

In den vergangenen Jahren sind die Menschen insbesondere in den Industrieländern immer schwerer aber nur wenig größer geworden (siehe Abbildung 1.1). Eine zunehmende Fettleibigkeit² der Bevölkerung ist in diesem Zusammenhang zu beobachten, die in einem Bericht des *National Center for Health Statistics* (NCHS) bestätigt wird. Einhergehend mit einer Gewichtszunahme ist eine Zunahme von Krankheiten zu beobachten, bei denen Übergewicht als Ursache anerkannt ist.

Zusätzlich zu einer allgemeinen Verschlechterung des subjektiven Wohlbefindens bei starkem Übergewicht entstehen bei stark übergewichtigen Menschen enorme Kosten für die Behandlung von Begleiterkrankungen wie zum Beispiel Diabetes Typ-2³ oder Herz-Kreislaufpro-

¹Im Folgenden werden die Begriffe Expertensystem und wissensbasiertes System synonym verwendet.

²O.V.: Die Amerikaner werden immer Dicker und größer. FAZ 2004-11-01.

³Der Typ-2-Diabetes wird auch als Altersdiabetes bezeichnet, da er meist erst im Erwachsenenalter beginnt.

bleme. Alleine die Behandlungskosten⁴ für Diabetes und deren Folgekrankheiten schätzt die Deutsche Diabetes Gesellschaft auf 15 bis 25 Milliarden Euro pro Jahr.

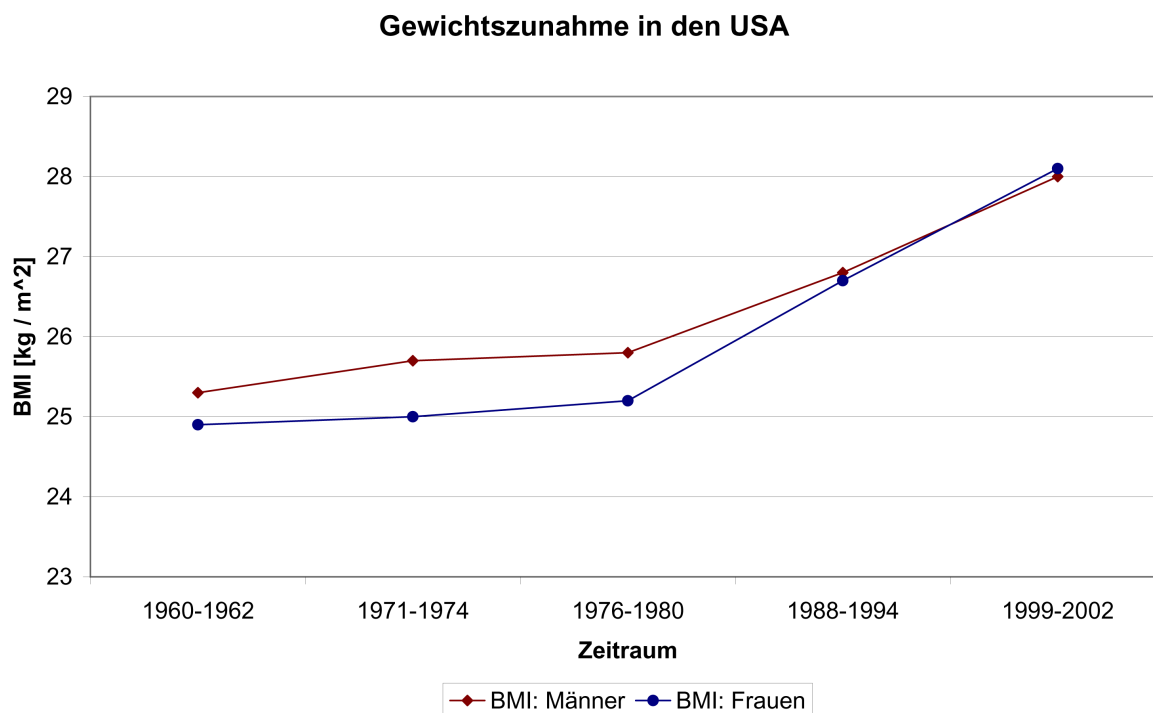


Abbildung 1.1: Gewichtszunahme in den USA

In Deutschland ist dennoch zu beobachten, dass viele Menschen sich ihres Übergewichtes bewusst sind und mit vielen verschiedenen Diäten versuchen ihr Gewicht zu reduzieren und damit ihre Lebensqualität zu steigern. Trotz Diät ist erkennbar, dass viele Menschen nur gering oder nicht nachhaltig abnehmen. Ein Grund dafür kann gesehen werden in einer fehlenden professionellen Unterstützung während der Gewichtsreduktion oder in der Verwendung einer nicht für den Patienten geeigneten Diät.

Eine Beurteilung der Körperzusammensetzung (Wasser, Muskelmasse, Fett) kann nur von erfahrenen Ärzten oder Ernährungsberatern mit Hilfe von verschiedenen Messmethoden durchgeführt werden. So kann eine falsche Ernährung während der Gewichtsreduktion rechtzeitig erkannt und korrigiert werden. Eine kontinuierliche Analyse der Körperzusammensetzung kann den Krankheitsverlauf zahlreicher Krankheiten wie HIV, Krebs oder Anorexia nervosa⁵ verbessern. Dies ist durch eine wiederholte Kontrolle und Optimierung der Körperzusammensetzung erzielbar.

Es mehren sich jedoch Fälle bei stark übergewichtigen Jugendlichen.

⁴FRITZEN, FLORENTINE: Diabetes. F.A.Z. 107 2005-05-10.

⁵Magersucht

1.2 Ziel der Arbeit

Das Ziel der Master Thesis ist die Unterstützung von Ernährungsberatern und Ärzten bei der Erstellung einer Diagnose eines Patienten, der abnehmen, zunehmen oder seinen Ernährungszustand verbessern möchte. Mit Hilfe der bioelektrischen Impedanzanalyse (siehe Kapitel 2.3), einer elektrischen Widerstandsmessung, ist eine Bestimmung der Körperzusammensetzung schnell und kostengünstig durchführbar. Dies ist ein Grund für die Existenz zahlreicher Software Anwendungen, welche die gemessenen Widerstände und weitere Parameter eines Menschen abfragen und anschließend die Körperzusammensetzung bestimmen. Dieses Verfahren wird von sehr vielen Ärzten und Ernährungsberatern unter anderem bei der Kontrolle der Gewichtsreduktion angewendet. Ferner wird dieses Verfahren, wie in Kapitel 2.3 beschrieben, bei vielen verschiedenen klinischen Fragestellungen angewendet.

Die Unterstützungsleistung des zu erstellenden wissensbasierten Systems besteht in der Klassifikation der Patienten in mehrere Gruppen (zum Beispiel: gut ernährte (Sportler), mangelernährte und adipöse Menschen). Die erforderliche Anzahl der Gruppen ist im Rahmen der Master Thesis festzulegen. Bei der ersten Messung eines Patienten wird dieser mittels eines geeigneten Algorithmus einer oder mehreren Klassen zugeordnet. Der Anwender des Systems wird so bei der Bewertung der Körperzusammensetzung unterstützt und trainiert.

Der zu entwickelnde Klassifikationsalgorithmus ist so zu konzipieren, dass er in eine existierende, objektorientierte Delphi Anwendung integriert werden kann. Das Fernziel der Beratungsunterstützung, welches nicht Bestandteil der Master Thesis ist, ist bei Übergewichtigen in Abhängigkeit von ihrer Körperzusammensetzung und weiteren Parametern zu ermitteln, wie viel Kilogramm diese innerhalb einer Woche realistisch abnehmen können.

1.3 Begriffsdefinition

Wichtige Begriffe werden in diesem Kapitel definiert, auf die in der Seminararbeit Bezug genommen wird.

1.3.1 „normal“

Grenzwerte bei medizinischen Messwerten werden in der Regel mittels statistischer Untersuchungen oder zum Beispiel als Abweichung vom Durchschnitt bestimmt. Es ist daher unerlässlich den Begriff „normal“ in Bezug auf verschiedene Messgrößen zu definieren.

Ein Messwert wird als „normal“ bezeichnet, wenn dieser Wert sich im $1,96\sigma$ Konfidenzintervall der betrachteten Bevölkerung bezüglich der zu bewertenden Messgröße befindet.

1.3.2 „normale Menschen“

In der Medizin existieren mehrere Definitionen⁶ für den Begriff „normale Menschen“. Eine eigene Definition zur Objektivierung und Einordnung von Menschen in eine Nominalskala mit den Merkmalen „normal“ und „abnormal“ notwendig für diese Arbeit ist.

Als „normal“ gelten Menschen, die bezüglich deren betrachteten Messgrößen normal sind.

⁶MARKTL, W.: Die Bedeutung des Begriffs „normal“. Forsch Komplementärmed Klass Naturheilkd, 8 2001.

2 Medizinischer Hintergrund

Der medizinische Hintergrund, der zum Nachvollziehen der Problemstellung und der vorgeschlagenen Lösungsvorschläge notwendig ist, wird in diesem Kapitel erläutert. Begonnen wird mit einer Beschreibung der Zusammensetzung des menschlichen Körpers aus verschiedenen Kompartimenten (zum Beispiel Wasser und Fett). Im Anschluss werden Messmethoden vorgestellt, mit denen die Körperzusammensetzung ermittelt werden kann. Abschließend wird die weit verbreitete bioelektrische Impedanzanalyse (BIA), die in vielen Anwendungsgebieten erfolgreich zur Körperkompartimentbestimmung eingesetzt wird, inklusive ihrer Vorteile und Nachteile ausführlich beschrieben.

2.1 Körperkompartimente

Es existieren vier verschiedene Körperkompartimentmodelle¹ (vgl. Abbildung 2.1), die im Folgenden charakterisiert werden. Das Verständnis und die Auswertung dieser Modelle sind zur Beurteilung der Zusammensetzung des menschlichen Körpers erforderlich.

1-Kompartiment-Modell: Dieses Modell enthält nur ein Kompartiment: das Gewicht. Das Körpergewicht ist einfach und exakt mit einer Personenwaage zu ermitteln. Es existiert keine Möglichkeit die Zusammensetzung des Körpers detaillierter zu analysieren und zu bewerten.

2-Kompartiment-Modell: Dieses Modell unterteilt den Organismus in Körperfett (FM) und fettfreie Masse² (FFM). Bei Messungen in diesem Modell wird ein Kompartiment direkt bestimmt und das andere als Differenz zum Körpergewicht berechnet.

3-Kompartiment-Modell: Dieses Modell erweitert das 2-Kompartiment-Modell durch Unterteilung der FFM in Körperzellmasse (BCM) und extracelluläre Masse (ECM).

3-Kompartiment-Modell mit ICW und ECW: Es wird zusätzlich zum 3-Kompartiment-Modell eine Ausweisung der Bestandteile des Körperwassers eingeführt. Diese Bestandteile (vgl. Abbildung 2.2 und 2.3) sind das innercelluläre Wasser (ICW), das sich innerhalb der Zellen befindet und das extracelluläre Wasser (ECW), das sich außerhalb der Zellen befindet.

¹FISCHER, H. / LEMBKE, B.: Die Anwendung der bioelektrischen Impedanzanalyse (BIA) zur Beurteilung der Körperzusammensetzung und des Ernährungszustandes. Innere Medizin Aktuell, 18 1991.

²auch bezeichnet als Magermasse (lean body mass)

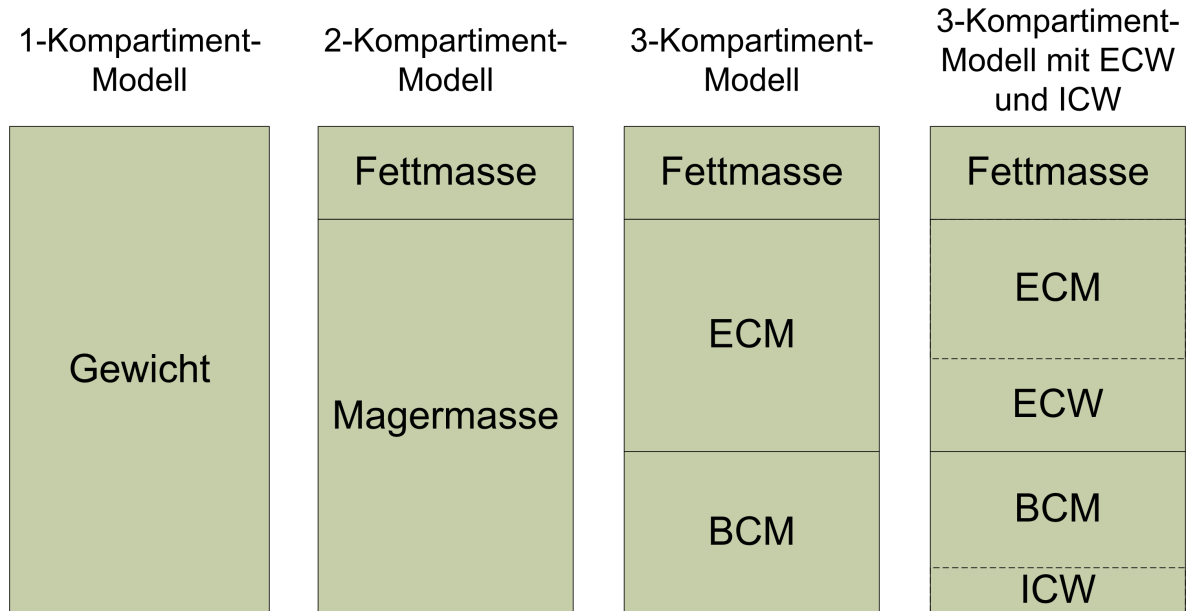


Abbildung 2.1: Körperkompartimente

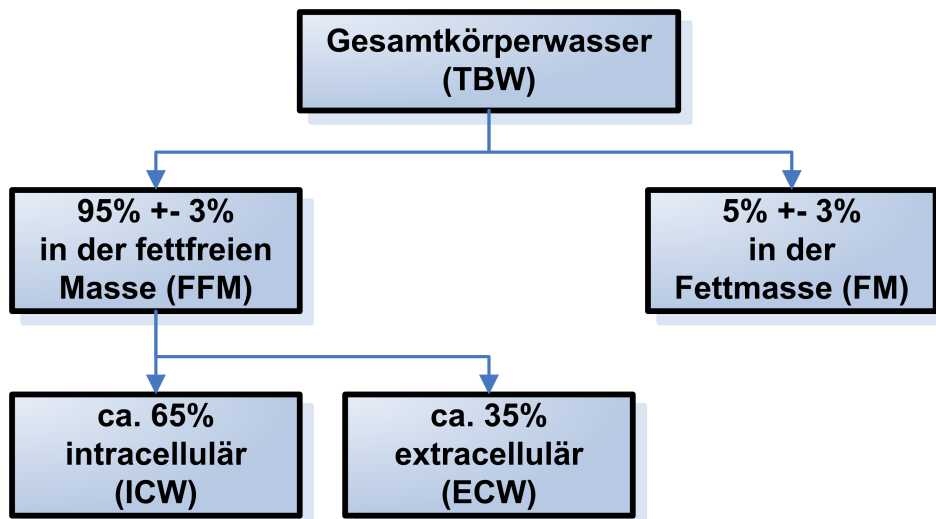


Abbildung 2.2: Wasserverteilung im Körper

2.2 Methoden zur Ermittlung der Körperkompartimente

Verschiedene Methoden existieren, mit denen die Körperzusammensetzung von Menschen bestimmt werden kann. Die am häufigsten verwendeten Methoden sind:

Anthropometrie: Messung der Hautfaldendicke an ausgewählten Stellen und Rückschluss auf den Fettgehalt des Körpers.

Densitometrie: Das hydrostatische Wiegen beruht auf den Dichteunterschieden von Fett ($0,9g/cm^3$) und fettfreier Masse ($1,1g/cm^3$). Nach einer Dichtebestimmung des Körpers (Volumenbestimmung durch Wasserverdrängung) können die Kompartimente berechnet werden.

Dilution: Verdünnung des Körperwassers mit radioaktiven oder stabilen Isotopen. Als Isotope werden Tritium, Deuterium oder ^{18}O -markiertes Wasser zur Bestimmung des Gesamtkörperwassers (TBW) verwendet. Multiplikation mit dem Faktor 0,732 ergibt, bei normalen Menschen, die fettfreie Masse.

Bioelektrische Impedanzmessung: Diese Methode beruht auf einer elektrischen Widerstandsmessung (siehe Kapitel 2.3).

Nachfolgend wird die bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) näher beschrieben, weil diese Methode³

- bei allen Patienten⁴ anwendbar ist.
- die Ergebnisse sofort ohne (zeit-)aufwendige Laboruntersuchungen zur Interpretation zur Verfügung stellt.
- portabel ist.
- einfach zu handhaben ist und damit nur einen geringen Trainingsaufwand für das durchführende Personal erfordert.
- Wiederholungsmessungen und kontinuierliche Messungen unterstützt⁵ werden.
- nur geringe Kosten verursacht.
- in der vorhandenen Anwendung zur Analyse der Körperkompartimente erfolgreich eingesetzt wird.

³KUSHNER, ROBERT F / U.A.: Is the impedance index significant in predicting total body water? Am J Clin Nutr, 56 1992.

⁴Sogar Menschen mit implantiertem Defibrilator können gefahrlos gemessen werden.

⁵Dies ist Möglich, weil durch die Messung die Wasserverteilung und die Elektrolytwasserzusammensetzung nicht beeinflusst wird.

Die anderen aufgeführten Methoden werden aus folgenden Gründen nur selten eingesetzt:

- ungenauer (zum Beispiel Anthropometrie)
- nicht an allen Patienten durchgeführt werden (zum Beispiel Isotopenmarkierung)
- die Auswertung viel Zeit erfordert
- die Auswertung sehr hohe Kosten verursacht

2.3 Bioelektrische Impedanzanalyse

Die bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) wird seit 1960 erfolgreich zur Bestimmung des Gesamtkörperwassers (TBW) eingesetzt. Seit den 90er Jahren der vergangenen Jahrhunderts wird diese Methode auch erfolgreich in der Ernährungsberatung eingesetzt:

„Mit der BIA wird in der diagnostischen Beurteilung des Ernährungszustandes eine wichtige Lücke geschlossen und eine wesentliche Bereicherung auf den Gebieten der parenteralen⁶, enteralen⁷ und adjuvanten⁸ Ernährungstherapie erreicht.“⁹

Einige ausgewählte Anwendungsgebiete¹⁰ bei der die BIA mit Erfolg eingesetzt wird sind:

Sport: Kontrolle und Optimierung von Trainingsprogrammen¹¹ insbesondere durch die Überwachung des Hydratationszustandes und der Körperzellmasse (Muskelmasse).

Intensivtherapie und Reanimation: Kontrolle der Hydratation^{12,13} und der Körperzellmasse; Überwachung bei künstlicher Ernährung; Pre- und Postüberwachung von transplantierten Patienten¹⁴

Nephrologie und Dialyse: Trockengewichtsdefinition zur Dialyseeinstellung; Vermeidung von Proteinmangelernährung bei Dialysepatienten.

Kardiologie: Einstellung und Verlaufskontrolle einer Diuretikatherapie¹⁵.

⁶Bedeutung: „Unter Umgehung des Darmes“ (von lat. para=neben, griech. Enteron=Darm). Damit ist die Verabreichung von Medikamenten unter Umgehung des Darmes gemeint.

⁷über den Verdauungstrakt

⁸die Wirkung zusätzlich unterstützend, ergänzend

⁹FISCHER, H. / LEMBKE, B.: Die Anwendung der bioelektrischen Impedanzanalyse (BIA) zur Beurteilung der Körperzusammensetzung und des Ernährungszustandes. Innere Medizin Aktuell, 18 1991.

¹⁰O.V.: Klinische Anwendungsgebiete der BIA. Internet, Abruf: 2005-04-27 (URL: <http://www.akern.com/scienzadeu/campi>).

¹¹Zum Beispiel italienische Fussballnationalmannschaft, deutsche Volleyballnationalmannschaft

¹²Wasserhaushalt der Körpers

¹³u. a. im UK Eppendorf, Hamburg

¹⁴Durchgeführt u. a. im Deutschen Herzzentrum Berlin.

¹⁵Diuretika sind Arzneimittel, die eine erhöhte Ausscheidung von Natrium-, Chlorid- und Bicarbonat-Ionen sowie (indirekt) von Wasser bewirken. Dadurch wird das Plasmavolumen gesenkt und Stauungssymptome verbessert sich.

Ernährungsberatung: In Beratungszentren für Diätetik und Diabetes wird die BIA zur Optimierung und Einstellung einer Ernährungstherapie verwendet.

Onkologie , HIV: Identifizierung von Unterernährung bei Tumor- und HIV-Patienten mit dem Ziel der Erhaltung der Körperzellmasse, so dass das subjektive Wohlbefinden der Patienten durch gezielte Ernährung gesteigert wird.

2.3.1 Theorie der bioelektrischen Impedanzanalyse

Die BIA ist eine elektrische Widerstandsmessung¹⁶ in einem organischen Körper, in dem bei einer vereinfachten Betrachtungsweise (siehe Abbildung 2.3) die extra- und intrazellulären Flüssigkeitskompartimente als Widerstände und die Zellmembranen als Kondensatoren wirken. Dies hat zur Folge, dass die Reaktanz des gesamten Organismus wesentlich von der Zellmasse bestimmt wird. Mit vier Elektroden wird ein homogenes elektrisches Feld mit konstanter Stromstärke (300 bis 600 μ Ampere) und einer Frequenz von 50kHz erzeugt. Aufgrund der Frequenzabhängigkeit der Impedanz wurden in den letzten Jahren Multifrequenzmessungen durchgeführt, die eine exaktere Bestimmung der Kompartimente erlauben sollten. Diese Vermutung hat sich kürzlich als nicht zutreffend herausgestellt¹⁷.

Die BIA-Messgeräte ermitteln die Widerstände Reaktanz (X_c = kapazitiver Anteil) und Resistanz (R_z = induktiver Anteil). Aus diesen Messwerten wird über die Gleichungen 2.1 und 2.2 die Impedanz (Z = Wechselstromwiderstand) und der Phasenwinkel ermittelt. Einfache Auswertungen¹⁸ können Anhand der Reaktanz, die proportional zur Körperzellmasse wächst, und der Resistanz, die sich proportional zum extra- und intrazellulären Wasser verhält, durchgeführt werden.

$$Z = \sqrt{X_c^2 + R_z^2} \quad (2.1)$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{X_c}{R_z}\right) \quad (2.2)$$

2.3.2 Quantitative Verfahren

Mit quantitativen Verfahren der BIA wird das Ziel verfolgt auf Grundlage der gemessenen elektrischen Widerstände (Resistenz und Reaktanz) sowie dem Alter, der Körperlänge und des

¹⁶PIRLICH, M. / PLAUTH, M. / LOCHS H.: Bioelektrische Impedanzanalyse: Fehlerquellen und methodische Grenzen bei der klinischen Anwendung zur Analyse der Körperzusammensetzung. Aktuelle Ernährungsmedizin, 24 1999.

¹⁷PICCOLI, ANTONIO / U. A.: Equivalence of information from single versus multiple frequency bioimpedance vector analysis in hemodialysis. Kidney International, 67 2005.

¹⁸PIRLICH, M. / PLAUTH, M. / LOCHS H.: Bioelektrische Impedanzanalyse: Fehlerquellen und methodische Grenzen bei der klinischen Anwendung zur Analyse der Körperzusammensetzung. Aktuelle Ernährungsmedizin, 24 1999.

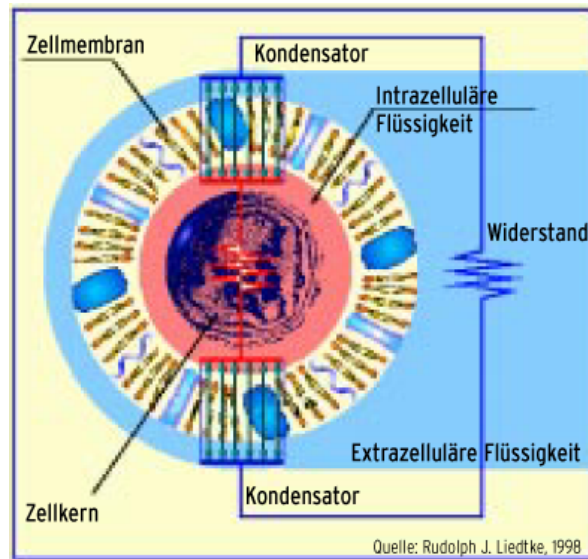


Abbildung 2.3: Physikalischen Eigenschaften einer Zelle

Geschlechtes der Person deren Körperzusammensetzung zu schätzen und zu bewerten. Dieses ist mit Hilfe von zahlreichen Annahmen möglich, die jedoch nur für normale Menschen (siehe Kapitel 1.3.2) zutreffen. Eine Bewertung der Ernährungssituation von abnormalen Menschen ist mit dem in Kapitel 2.3.3 beschriebenen Verfahren durchführbar.

Die Berechnung der Körperkompartimente beruht auf der Annahme¹⁹, dass der menschliche Körper als Zylinder mit einer Länge ht und einem einheitlichen Querschnitt A betrachtet wird. Damit lässt sich die Resistanz nach Formel 2.3 (wobei p der spezifische Widerstand des Leiters ist) berechnen und das Volumen des leitenden Mediums nach Gleichung 2.4 ableiten.

$$R = p * \frac{ht}{A} \quad (2.3)$$

$$V = p * \frac{ht^2}{R} \quad (2.4)$$

Die Berechnung der Körperkompartimente wird wie in Abbildung 2.4 dargestellt durchgeführt. Als erstes wird mittels einer Funktion mit den Parametern Alter, Geschlecht, Gewicht, Resistanz und Reaktanz das Gesamtkörperwasser (TBW) ermittelt. Die Grundlage hierfür ist, dass der Impedanzindex $\frac{ht^2}{R}$ signifikant^{20,21} ist für die Bestimmung des TBW.

¹⁹PIRLICH, M. / PLAUTH, M. / LOCHS H.: Bioelektrische Impedanzanalyse: Fehlerquellen und methodische Grenzen bei der klinischen Anwendung zur Analyse der Körperzusammensetzung. Aktuelle Ernährungsmedizin, 24 1999.

²⁰Dieser Index erklärt zudem 99% der Varianz des TBW.

²¹KUSHNER, ROBERT F / U.A.: Is the impedance index significant in predicting total body water? Am J Clin Nutr, 56 1992; PIRLICH, M. / PLAUTH, M. / LOCHS H.: Bioelektrische Impedanzanalyse: Fehlerquellen und methodische Grenzen bei der klinischen Anwendung zur Analyse der Körperzusammensetzung. Aktuelle Ernährungsmedizin, 24 1999.

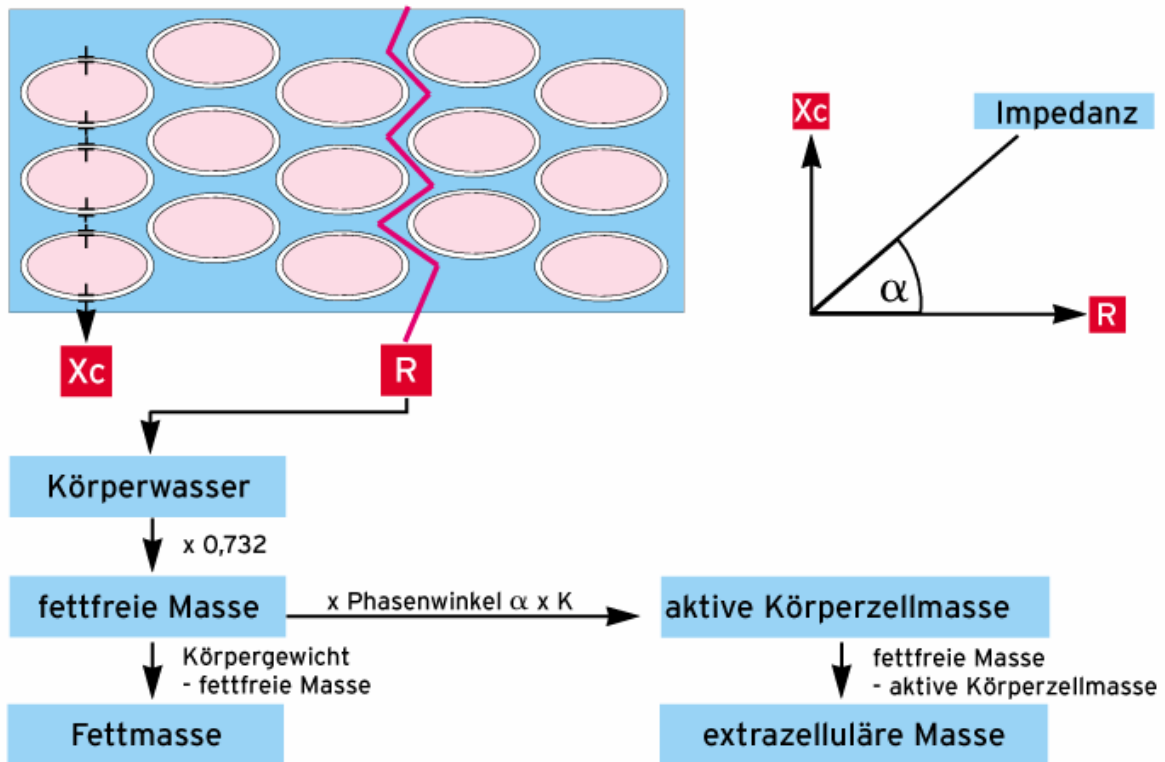


Abbildung 2.4: BIA Berechnung

Anschließend wird mittels eines als konstanten Faktors die Fettfreien Masse (FFM) bestimmt (Gleichung 2.5). Die Fettmasse kann mit der Gleichung 2.6 aus der zuvor berechneten FFM bestimmt werden. Des Weiteren kann ausgehend von der FFM die Körperzellmasse (BCM) (Gleichung 2.7) und die Extracelluläre Masse (ECM) (Gleichung 2.8) berechnet werden.

$$FFM = TBW * 0,732 \quad (2.5)$$

$$FM = Gewicht - FFM \quad (2.6)$$

$$BCM = FFM * \alpha * Konstante \quad (2.7)$$

$$ECM = FFM - BCM \quad (2.8)$$

Es ist zu beachten, dass Fehler bei der Impedanzmessung oder zusätzlich zu berücksichtigender Faktoren (Größe, Gewicht, Hydratationsgrad der FFM) sich im Mehrkompartimentmodell potenzieren²² können. Die Hydratation der FFM ist nur bei normalen Menschen

²²PIRLICH, M. / PLAUTH, M. / LOCHS H.: Bioelektrische Impedanzanalyse: Fehlerquellen und methodische

konstant ist (Faktor 0,732), weil Krankheiten zu einer hochsignifikanten Abweichung dieser Konstante führen. Trotz dieser Limitierung wurden seit der richtungsweisenden Veröffentlichung von Lukaski²³, die obigen Formeln zum Abschätzen der Körperkompartimente unter Berücksichtigung von Alter²⁴, Geschlecht, ethnischer Herkunft und Grunderkrankung (zum Beispiel Adipositas oder HIV²⁵) immer weiter verfeinert, so dass heute eine Vielzahl an verschiedenen Formeln²⁶ existieren, die zur Bestimmung der Körperzusammensetzung angewendet werden.

Diese zahlreichen Optimierungen²⁷ beruhen dennoch auf der oben beschriebenen Abschätzung der Körperkompartimente und weisen zusätzlich zu den Annahmen zum Teile relativ große Standardabweichungen²⁸ (ca. 1,5kg TBW) auf, so dass diese Formeln nur bedingt für eine Klassifizierung (siehe Kapitel 1.2) eingesetzt werden können.

2.3.3 Qualitative Verfahren

Mit dem Biavector®^{29,30,31} (siehe Abbildung 2.5 und 2.6), einem qualitativen Bewertungsverfahren, ist eine qualitative Bewertung des Flüssigkeitshaushalts und des Ernährungszustandes (Menge der Körperzellmasse) auch bei abnormalen Menschen durchführbar.

Der Biavector® stellt die Normalverteilung der bioelektrischen Widerstände Resistanz und Reaktanz in der europäischen Bevölkerung graphisch dar (siehe Abbildungen 2.5 und 2.6). Diese Widerstände werden durch die Körperlänge dividiert und die so berechneten Punkte werden in einem orthogonalen Koordinatensystem aufgetragen. Zur Bewertung des Impedanzvektors werden drei Konfidenzintervalle^{32,33}, die statistisch 50%, 75% und 95% Personen aus

Grenzen bei der klinischen Anwendung zur Analyse der Körperzusammensetzung. Aktuelle Ernährungsmedizin, 24 1999.

²³LUKASKI, HC / BOLONCHUK, WW: Estimation of Body fluid volumes using tetrapolar bioelectrical impedance measurements. Aviat. Space Environ. Med. 59 1988.

²⁴WABISCH, MARTIN / U. A.: Body composition in 5-18-year-old obese children and adolescents before and after weight reduction as assessed by deuterium dilution and bioelectrical impedance analysis. Am J Clin Nutr, 64 1996.

²⁵WANKE, CHRISTINE / POLSKY, BRUCE / KOTLER DONALD: Guidelines for Using Body Composition Measurement in Patients with Human Immunodeficiency Virus Infection. AIDS patient care and STDs, 16 2002.

²⁶VAN LOAN, MARTA D.: Bioelectrical Impedance Analysis to Determine Fat-Free Mass, Total Body Water and Body Fat. Sports Medicine, 10 1990.

²⁷PIRLICH, M. / PLAUTH, M. / LOCHS H.: Bioelektrische Impedanzanalyse: Fehlerquellen und methodische Grenzen bei der klinischen Anwendung zur Analyse der Körperzusammensetzung. Aktuelle Ernährungsmedizin, 24 1999.

²⁸KUSHNER, ROBERT F / U.A.: Is the impedance index significant in predicting total body water? Am J Clin Nutr, 56 1992.

²⁹auch unter dem Namen *RXc graph* bekannt

³⁰PICCOLI, ANTONIO / U. A.: A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: The RXc graph. Kidney International, 46 1994.

³¹O.V.: Biavector®. Internet, Abruf: 2005-04-25 (URL: <http://www.akern.com/scienzadeu/biavector>).

³²PICCOLI, ANTONIO / U. A.: Normal Values (15-85yr). Am J. Clin. Nutr. 61 1995.

³³DE PALO, TOMMAS / U. A.: Normal Values of the Bioelectrical Impedance Vector in Childhood and Puberty. Nutrition, 16 2000.

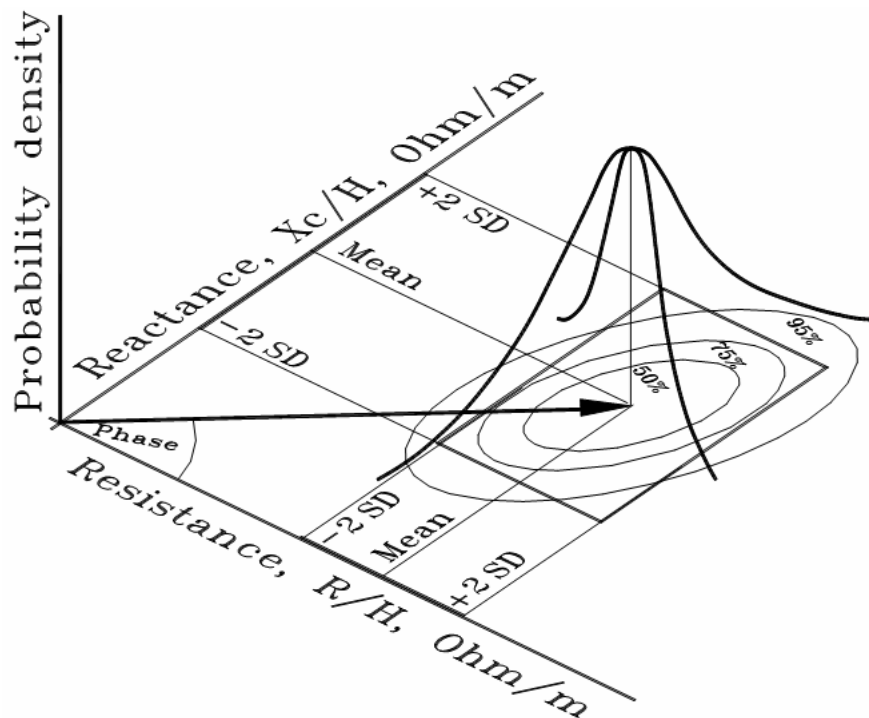


Abbildung 2.5: Biavector

der gesunden, mitteleuropäischen Population enthalten, in das Koordinatensystem eingetragen (siehe Abbildung 2.5).

Mit Unterstützung des Biavectors®-Diagramms ist eine qualitative Bewertung^{34,35} der Hydratation und der Körperzellmasse, wie im Folgenden skizziert, von geschultem Personal durchführbar.

- Die Bewertung der Hydratation erfolgt in Richtung der Längsachse. Die 75% Toleranzellipse ist der Grenzbereich zwischen Normalhydratation und stark abweichenden Hydratationsveränderungen.
- Bei akuten Hydratationschwankungen (Stunden bis Tage) ohne Veränderungen der Zellmasse verkürzt³⁶ oder verlängert³⁷ sich der Impedanzvektor entlang der Längsachse der Toleranzellipsen.
- Kurze Vektoren, die ein Anzeichen für Anorexie sind, wandern bei Veränderung der Gewebehidratriation wenig. Im Gegensatz dazu sind normale und lange Vektoren (zum Beispiel bei Dehydrierung) starken Veränderungen ausgesetzt.

³⁴PICCOLI, ANTONIO / U. A.: A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: The RXc graph. *Kidney International*, 46 1994.

³⁵O.V.: Biavector®. Internet, Abruf: 2005-04-25 (URL: <http://www.akern.com/scienzadeu/biavector>).

³⁶Hyperhydratation

³⁷Dehydrierung

- Vektoren von Personen mit normalem bis erhöhtem Anteil an Körperzellmasse³⁸ befinden sich im linken Bereich der Ellipsen. Hingegen sind Vektoren mit gleicher Länge, die in den rechten Ellipsenbereich fallen, ein Kennzeichen für schlecht ernährte Personen (wenig Körperzellmasse).
- Kombinierte Veränderungen (Tage bis Monate) der Hydratation und der Struktur der Gewebe sind assoziiert mit einer Verschiebung des Vektors entlang der Hauptrichtungen (der Längs - und der Mittelachse).
- Ausschließlich orthogonale Variationen (nur X_c oder nur R_z Veränderung) sind ein Kennzeichen für Messfehler oder eine stark abnormale Körperzusammensetzung.
- Eine Veränderung der Fettmasse führt, aufgrund der Isolationseigenschaft der Fettmasse, erst ab einer Differenz von circa 10kg zu einer signifikanten Veränderung des Impedanzvektors.

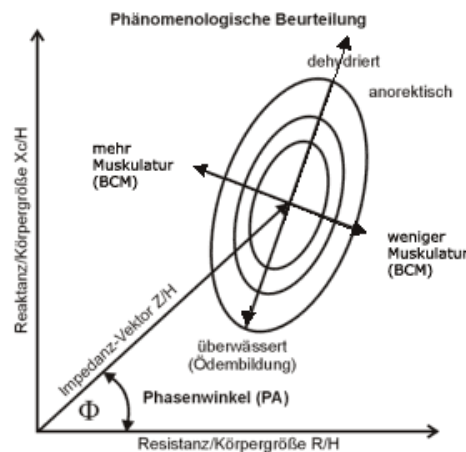


Abbildung 2.6: Interpretation des Biavectors

³⁸gut ernährte Personen

3 Wissensbasierte Systeme in der Medizin

Ausgehend von der Beschreibung der Bedeutung des Rechnereinsatzes in der Medizin die Anforderungen an ein medizinisches Expertensystem zur Analyseunterstützung der Körperzusammensetzung erläutert. Anschließend werden wissensbasierte Methoden vorgestellt, die bereits erfolgreich in der Medizin eingesetzt werden und daher bei der Implementierung des zu erstellenden Systems verwendet werden können. Abschließend werden Tools und Frameworks vorgestellt, mit der die Rohdaten analysiert, Methoden implementiert oder die Auswahl der zu implementierten Methode im Rahmen des Prototyping durchführbar ist.

3.1 Verwendung von Computern in der Medizin

Computer werden heutzutage vielseitig in der Medizin eingesetzt. Sei es in der Unterstützung administrativer Aufgaben oder in der Integration in moderne medizinische Systeme (zum Beispiel Computertomographie). Bereits seit den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts werden rechnerbasierte Systeme¹ entwickelt und verwendet, die den behandelnden Arzt bei der Erstellung der Diagnose und / oder bei der Auswahl einer entsprechenden Therapie unterstützen.

Ein Großteil der Ärzte stand und steht den Expertensystemen aus verschiedenen Gründen ablehnend oder kritisch gegenüber. Die Gründe sind sowohl in der Benutzerführung der Systeme, die zum Teil wenig intuitiv und benutzerfreundlich ist, als auch in den nicht erfüllten Erwartungen dieser Systeme zu suchen. Eine weitere Ursache für die Ablehnung der Expertensysteme ist die befürchtete Bevormundung der Ärzte durch den Computer.

Wissensbasierten Anwendungen verfolgen das Ziel Aussagen aufgrund von Daten zu treffen, die das System verarbeiten kann und die diesem mitgeteilt wurden. Ein Arzt hingegen verfügt über die Möglichkeit während der Untersuchung weitere Parameter, wie zum Beispiel subjektive Beobachtungen oder die allgemeine gesundheitliche Verfassung des Patienten, in seine Diagnose zu integrieren. Vor dem Hintergrund seiner medizinischen Erfahrung trifft der behandelnde Arzt ein Diagnosen oder Therapieempfehlungen, die einem automatisierten Verfahren überlegen sein müssten. Dennoch konnte bereits im Jahr 1972 in einer Studie² an der Universitätsklinik von Leeds nachgewiesen werden, dass Expertensysteme bei der Erstellung einer Diagnose erfahrenen Ärzten überlegen sein können. In dieser Studie wurde die Diagnoseerstellung für Fälle des akuten Bauchschmerzes eines probabilistischen Systems mit der

¹ARLT, B. / U. A.: *Telematik im Gesundheitswesen*. Frankfurt: Mabuse-Verlag, 2003.

²DE DOMBAL, F. T. / U. A.: Acute Abdominal Pain. Brit. Med. J. 2 1972.

Diagnose erfahrener Ärzte verglichen. Die Korrektheit der Diagnosen betrug bei den Ärzten 79,7% und bei dem Expertensystem 91,1%.

Der Einsatz von medizinischen Expertensystemen bei der Entscheidungsfindung des behandelnden Arztes kann daher eine hilfreiche Unterstützung darstellen sofern nachgewiesen wurde, dass dieses System valide Diagnosen mit einer hinreichenden Genauigkeit liefert. Des Weiteren zeigt diese Untersuchung, dass Menschen nur bedingt in der Lage sind komplexe statistische Zusammenhänge korrekt zu interpretieren und hierbei auf die Unterstützung von Rechnern angewiesen sind.

3.2 Anforderungen

Die Anforderungen an das zu erstellende medizinische Expertensystem sind vielfältig. Für die Akzeptanz³ des Systems ist der Aufbau der Oberfläche (GUI) und Art wie die Daten in das System einzugeben sind sehr wichtig. Dem Benutzer des Systems ist Erlernen von Programmiersprachen wie PROLOG, Structured Query Language (SQL) zur Bedienung des Systems nicht zuzumuten. Es sind aus diesem Grund benutzerfreundliche Oberflächen zu erstellen, die intuitiv vom dafür vorgesehenen Personal zu bedienen sind. Die wichtigste Anforderung ist eine sehr hohe Genauigkeit bei der Erstellung der Diagnosen beziehungsweise bei der Klassifizierung der Patienten. Eine weitere wichtige Anforderung ist die Lernfähigkeit⁴ des Systems, so dass die Genauigkeit und damit die Qualität des Systems mit einer zunehmenden Anzahl von Fällen optimiert wird.

Diese Anforderungen und weitere noch zu definierende Anforderungen können in der Master Thesis zur Bewertung der Verfahren und zur Auswahl der Methode berücksichtigt werden, die bei der Implementierung des Systems verwendet wird.

3.3 Methoden

Es existieren verschiedene Arten von wissensbasierten Systemen⁵, die in der Medizin bereits erfolgreich zur Diagnoseerstellung und Klassifikation eingesetzt werden. Die wichtigsten Methoden werden im Folgenden vorgestellt. Eine ausführlichere Beschreibung, Bewertung und Auswahl der Methoden erfolgt in der Master Thesis. Es werden auch Kombinationen dieser Methoden, die als Hybridverfahren bezeichnet werden, erfolgreich eingesetzt⁶.

³MOORE, G. WILLIAM: Medical expert system user interface. Artificial Intelligence in Medicine, 3 1991.

⁴FRINGS, D. / U. A.: Scoresysteme: Anwendung und Fallstricke. Internet, Abruf: 2005-04-20 (URL: <http://www.icu-sepsis.de/berichte01.htm>).

⁵LIAO, SHU-HSIEN: Expert system methodologies and applications - a decade review from 1995 to 2004. Expert Systems with Applications, 28 2005.

⁶REATEGUI, E. B. / CAMPBELL, J. A. / LEAO B. F.: Combining a neural network with case-based reasoning in a diagnostic system. Artificial Intelligence in Medicine, 9 1997.

3.3.1 Regelbasierte Systeme

Ein regelbasiertes System enthält in der Wissensbasis Informationen, die zuvor von einem Experten in dieses System eingegeben wurden. Diese Informationen, die in Form von Regeln (IF-THEN) eingegeben werden, können verwendet werden, um Operationen auf den zu analysierenden Daten durchzuführen und eine Lösung des Problems zu erhalten.

Wichtige Vertreter dieser Gruppe sind zum Beispiel Entscheidungsbäume oder Scorecard-systeme. Diese werden zur Interpretation von DNA Histogrammen oder zur Beurteilung des Ausmaßes einer Sepsis⁷ (verwendetes System: APACHE-II) verwendet.

3.3.2 case-based reasoning

Die Idee dieser Methode ist Ergebnisse von bereits gelösten Problemen einer Problemklasse für die Lösung von neuen Problemen der gleichen Klasse zu verwenden. Die Beschreibung von gelösten Problemen (case) inklusive sämtlicher bekannten Parameter und der von Experten erstellten oder überprüften Lösung wird in einer Datenbank gespeichert. Wenn ein neues Problem dieser Problemklasse auftritt, wird in der Datenbasis ein bereits vorhandener Fall (case) mit den ähnlichsten Parametern gesucht und es wird die Lösung des in der Datenbasis gefundenen Problems dem neuen Problem als Lösung zugeordnet. Die medizinische Problemlösung von Ärzten entspricht⁸ dem Vorgehen dieser Methode. In der Regel werden neue Probleme durch Vergleich mit bekannten Krankheiten verglichen und ausgehend davon die Diagnose gebildet.

Die Hauptaufgabe bei der Erstellung eines derartigen Systems ist die Definition einer Ähnlichkeitsfunktion, die zum Suchen des ähnlichsten Datensatzes in der Datenbasis verwendet wird. Der größte und daher hier zu erwähnende Vorteil dieser Methode liegt in der allgemeinen Anwendbarkeit auf verschiedene Problemklassen.

3.3.3 Fuzzy-Expertensysteme

Fuzzy Expertensysteme⁹ beruhen auf der Fuzzy-Logik^{10,11}, die eine Verallgemeinerung der zweiwertigen Booleschen Logik darstellt. Diese Logik fußt auf der Fuzzy-Set-Theorie, die 1965 von L. A. Zadeh (Berkeley University) entwickelt wurde und auf den von Jan Lukasiewicz gelegten Grundlagen aufbaut. Im Gegensatz zu Mengen können Elemente von Fuzzy-Mengen teilweise in einer Menge enthalten sein und nicht vollständig oder gar nicht. Der Zugehörigkeitsgrad wird mit einer Zugehörigkeitsfunktion μ definiert, die jedem Element eine reelle

⁷Blutvergiftung

⁸MACURA, ROBERT T. / MACURA, KATARZYNA: Case-based reasoning: opportunities and applications in health care. *Artificial Intelligence in Medicine*, 9 1997.

⁹REIF, GERALD: *Moderne Aspekte der Wissensverarbeitung*. Diplomarbeit Technische Universität Graz, Institut für Informationsverarbeitung und Computergestützte neue Medien (IICM), Technische Universität Graz A-8010 Graz, 2000-01-20, [URL: http://www.iicm.edu/greif/thesis.html](http://www.iicm.edu/greif/thesis.html), Kapitel 7.

¹⁰O.V.: Fuzzy Logik. Wikipedia, Abruf: 2005-05-06 [URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Fuzzy-Logik](http://de.wikipedia.org/wiki/Fuzzy-Logik).

¹¹englisch: fuzzy = ungenau, verschwommen, unscharf

Zahl (aus dem Intervall $[0;1]$) zuordnet. Auf diesen Fuzzy-Mengen sind die bekannte Mengenoperationen wie zum Beispiel Vereinigung, Durchschnitt oder Komplement definiert.

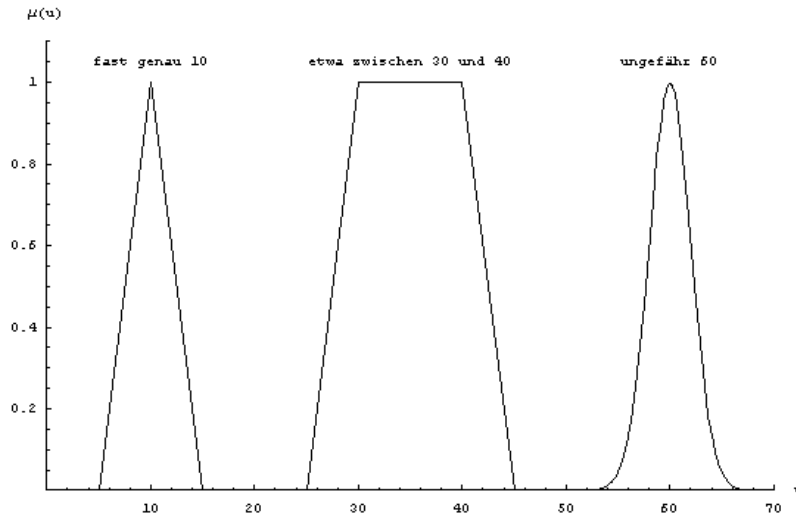


Abbildung 3.1: Beispiele für Fuzzy-Mengen: Dreiecks-, Trapez- und Gaußfunktion

Eine Zuordnung von linguistischen Begriffen wie „hoch“, „niedrig“, „kalt“ oder „warm“ zu unscharfen Fuzzy-Mengen wird durch diese Methode ermöglicht¹². Fuzzy-Mengen, die durch wenige Parameter beschreibbar sind eignen sich besonders gut zur rechnergestützten Verarbeitung. Dazu zählen Dreiecks-, Trapez- und Gauß-Funktionen (siehe Abbildung 3.1) sowie Kombinationen dieser Formen.

3.3.4 Neuronale Netze

Neuronale Netze¹³ repräsentieren die Information als ein Netzwerk von verbundenen Knoten. Diese Art der Verarbeitung von Daten ist dem Gehirn mit seinen verbundenen Neuronen nachempfunden worden.

Ein Neuronales Netz besteht aus drei Elementen¹⁴: einem Netzwerk, einer Aktivierungsregel und Lernregeln. Die Eigenschaften diese drei Elementarten werden im Folgenden skizziert.

Das Netzwerk besteht aus einer Menge von Knoten, die miteinander verbunden sind (siehe Abbildung 3.2). Direkt verknüpfte Knoten werden als Nachbarn bezeichnet. In Neuronalen Netzen, die zur Implementierung eines Diagnosesystem verwendet werden, repräsentiert jeder Knoten ein Symptom (input nodes), ein pathophysiologischen^{15,16} Zustand (hidden nodes)

¹²REIF, GERALD: *Moderne Aspekte der Wissensverarbeitung*. Diplomarbeit Technische Universität Graz, Institut für Informationsverarbeitung und Computergestützte neue Medien (IICM), Technische Universität Graz A-8010 Graz, 2000-01-20, (URL: <http://www.iicm.edu/greif/thesis.html>), Kapitel 7.

¹³auch bezeichnet als: neural models, neuromorphic systems, connectionist models, self-processing networks, parallel distributed processing systems and activation networks

¹⁴REGGIA, JAMES, A.: *Neural computation in medicine*. Artificial Intelligence in Medicine, 5 1993.

¹⁵Ursache warum etwas (Messwert, Aussehen, ...) abweichend vom Normalzustand ist.

¹⁶A. a. O., S. 144.

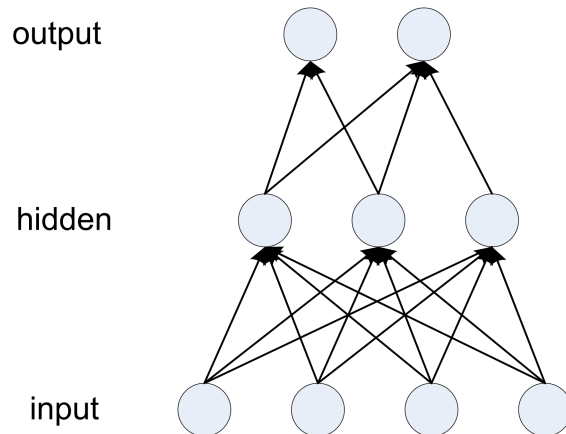


Abbildung 3.2: Neuronales Netz

oder eine Krankheit beziehungsweise eine Klasse (output nodes). Jeder Knoten n_i in dem Netzwerk besitzt ein Aktivierungsniveau $a_i(t)$, das zeitabhängig t ist und zu jedem Zeitpunkt allen Nachbarn mitgeteilt wird. Der Zustand des Netzwerks setzt sich zeitabhängig aus allen Aktivierungsniveaus der Knoten zusammen. Die Summe der Aktivierungsniveaus der Nachbarknoten $in_j(t)$ werden zu jedem Zeitpunkt t verwendet, um das eigene Aktivierungsniveau zu berechnen. Gewichte w_{ij} , welche die Stärke einer Verbindung zwischen zwei Knoten n_i und n_j angeben, werden als Langzeitgedächtnis des Systems bezeichnet, welches zeitabhängig sein kann.

Das zweite Element ist die Aktivierungsregel, die eine lokale Funktion jedes Knotens ist. Diese Funktion wird ausgewertet sobald ein Knoten sein Aktivierungsniveau aufgrund einer Veränderung der Eingabe von benachbarten Knoten aktualisiert. Es ist nicht selten, dass alle Knoten gleichzeitig ihr Aktivierungsniveau in Abhängigkeit von ihren Eingaben und ihrer Aktivierung ändern.

Die Lernregeln beziehen sich auf jede Änderung des Systems, die in einer Änderung des Verhaltens des Netzwerkes als Ergebnis der gesammelten Erfahrungen im Zeitablauf begründet sind. In den meisten Fällen beschreibt eine Lernregel eine lokale Funktion mit den Parametern Aktivierungsniveau der beiden verbundenen Knoten sowie dem Gewicht der betrachteten Verbindung. Diese Funktion beschreibt die Veränderung der Gewichte der Verbindungen im Zeitablauf. Eine Aktualisierung der Gewichte wird gleichzeitig durchgeführt jedoch ist die Häufigkeit der Aktualisierung nicht so groß wie bei der Aktualisierung des Aktivierungsniveaus der einzelnen Knoten. Es gibt zwei verbreitete Klassen von Lernmethoden¹⁷:

supervised: Ein Experte informiert das Neuronale Netz über die korrekte Klassifizierung während des Lernvorgangs.

unsupervised: Das Neuronale Netz wird nicht über die Korrektheit des von ihm generier-

¹⁷REGGIA, JAMES, A.: Neural computation in medicine. Artificial Intelligence in Medicine, 5 1993.

ten Outputs informiert. Diese Lernmethode wird daher verwendet, um statistische Regelmäßigkeiten in den Eingabedaten zu identifizieren.

Neuronale Netze werden seit über 20 Jahren erfolgreich bei verschiedenen Anwendungen^{18,19} in der Medizin wie zum Beispiel bei der automatisierten Diagnose (Klassifizierung) von Patienten und deren Einteilung in verschiedene, klinisch relevante Kategorien eingesetzt. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Festlegung der korrekten Medikamentendosierung bei verschiedenen Erkrankungen. Viele der mit Neuronalen Netzen erstellten Anwendungen liefern gleich gute oder sogar bessere Ergebnisse²⁰ als erfahrene Ärzte.

3.4 Tools und Frameworks

Es existieren verschiedene Arten von Tools und Frameworks, die zur Datenanalyse und Erstellung des wissensbasierten Systems verwendet werden können. Eine Auswahl und Bewertung der Tools und Frameworks ist Bestandteil der Master Thesis.

Bis in die 90er Jahre des vergangenen Jahrhunderts wurden fast ausschließlich die Sprachen PROLOG und LISP bei der Implementierung von Expertensystemen bevorzugt verwendet. Gründe hierfür sind die wiederholbare Anwendung von Resolution und Unifikation und somit zum Finden von Widersprüchen in einer Formelmengende oder das funktionale Programmierparadigma. In den letzten Jahren wurden diese Sprachen zunehmend von C oder JavaTM bei der Implementierung von Expertensystemen verdrängt. Es existieren inzwischen open-source Interfaces für Java *A bidirectional Prolog/Java interface*²¹ (JPL) und *A Java Foreign Language Interface for Common Lisp*²² (JIFLI), so dass die Vorteile in der Berechnung dieser Sprachen auch bei Java basierten Graphical User Interfaces genutzt werden können.

Für Mathematiksoftware wie Mathematica[®]²³ oder SPSS[®]²⁴ existieren Programmmodule (Packages), mit denen Neuronale Netze oder Entscheidungsbäume trainiert beziehungsweise erstellt, visualisiert und validiert werden können. Dies ermöglicht ein effizientes Prototyping und die Evaluierung der Verfahren vor der Implementierung.

Das JavaTM basierte open-source Framework *Waikato Environment for Knowledge Analysis* (WEKA)²⁵ enthält eine Kollektion von verschiedenen (lernenden) Algorithmen für Datamining Aufgaben. Diese Algorithmen können direkt aus eigenen JavaTM Programmen aufgerufen werden. Des Weiteren enthält dieses Framework Tools für:

¹⁸REGGIA, JAMES, A.: Neural computation in medicine. Artificial Intelligence in Medicine, 5 1993.

¹⁹LIAO, SHU-HSIEN: Expert system methodologies and applications - a decade review from 1995 to 2004. Expert Systems with Applications, 28 2005.

²⁰REGGIA, JAMES, A.: Neural computation in medicine. Artificial Intelligence in Medicine, 5 1993.

²¹<http://www.swi-prolog.org>

²²<http://jfli.sourceforge.net>

²³www.wolfram.com/products/mathematica

²⁴www.spss.com

²⁵www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka

- Preprocessing
- Klassifikation
- Regressionsanalyse
- Clustering
- Visualisierung

Zusätzlich ist dieses Framework leicht um weitere Algorithmen zu erweitern. Eine Erweiterung sind zum Beispiel verschiedene Fuzzy-Methoden²⁶.

Ein weiteres Framework steht für die Implementierung von Neuronalen Netzen kostenlos als open-source zur Verfügung: *Java Object Oriented Neural Engine* (JOONE)²⁷. Dieses Framework ist zu 100% in JavaTM implementiert und so auf jeder Architektur einsetzbar. Neuronale Netze, die mit Joone erstellt wurden sind als Standalone Anwendungen ohne das Framework, mit dem das Neuronale Netz erstellt und trainiert wurde, lauffähig. Dieses Framework ist um neue Algorithmen oder Optimierungen erweiterbar.

Die zunehmende Anzahl und Bedeutung von Dataminingaufgaben veranlasste einige Firmen sich unter der Führung von Oracle einen Java Specification Request (JSR)²⁸ zu entwickeln, der mittlerweile den Status *Final Release* erreicht hat. Leider existiert noch keine Implementierung in J2SE 5.0, so dass die in der Spezifikation aufgeführten Algorithmen derzeit noch nicht eingesetzt werden können. Zu diesen Algorithmenklassen zählen:

- Klassifikations- und Regressionsbäume
- Neuronale Netze
- Wahrscheinlichkeitsbasierte Modelle wie der Bayes Algorithmus.

²⁶<http://www.5th-row.com/weka/wakka.php?wakka=Index>

²⁷<http://www.jooneworld.com>

²⁸HORNICK, MARK: *JavaTM Specification Request 73: JavaTM Data Mining (JDM)*. Band Final Specification Version 1.0, JSR-73 Expert Group, 2004-07-29.

4 Abschlussbetrachtung

In dieser Arbeit wurde die Notwendigkeit und der Bedarf eines wissensbasierten Systems zur Beratungsunterstützung in der Ernährungsberatung erläutert.

Es wurden verschiedene Methoden zur Bestimmung der Körperkompartimente vorgestellt und die bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) wurde wegen ihrer besonders guten Eignung zur Kompartimentanalyse ausführlicher behandelt. Hierbei wurden die Grenzen und Nachteile einer quantitativen Kompartimentbestimmung beschrieben und erklärt weshalb diese Methode im Gegensatz zu der beschriebenen qualitativen Methode nicht für eine Klassifizierung von Patienten einsetzbar ist. Es stehen für diese Methode eine ausreichende Anzahl an Messungen von normalen und abnormalen Patienten (über 50.000) zur Erstellung und Validierung des Expertensystems zur Verfügung.

Ferner wurden die Vorbehalte von Ärzten gegenüber computerunterstützter Diagnose dargelegt. Anhand eines Beispiels wurde die sehr gute Eignung zur Klassifizierung und Diagnoseerstellung mit einem Expertensystem aufgezeigt. Im weiteren Verlauf wurden Methoden vorgestellt, die bereits erfolgreich in wissensbasierten Systemen zur Klassifikation und Diagnoseerstellung eingesetzt wurden und werden und sich daher auch für die Umsetzung des Ziels der Master Thesis anbieten. Des Weiteren wurden Tools und Frameworks vorgestellt, die beim Prototyping und / oder in der Implementierung des zu erstellenden wissensbasierten Systems zu einer Effizienzsteigerung beitragen.

Literaturverzeichnis

- Arlt, B. / u. a.:** Telematik im Gesundheitswesen. Frankfurt: Mabuse-Verlag, 2003
- De Dombal, F. T. / u. a.:** Acute Abdominal Pain. Brit. Med. J. 2 1972, 9–13
- De Palo, Tommas / u. a.:** Normal Values of the Bioelectrical Impedance Vector in Childhood and Puberty. Nutrition, 16 2000, 417–424
- Fischer, H. / Lembke, B.:** Die Anwendung der bioelektrischen Impedanzanalyse (BIA) zur Beurteilung der Körperzusammensetzung und des Ernährungszustandes. Innere Medizin Aktuell, 18 1991, 13–16
- Frings, D. / u. a.:** Scoresysteme: Anwendung und Fallstricke. Internet, Abruf: 2005-04-20
(URL: <http://www.icu-sepsis.de/berichte01.htm>)
- Fritzen, Florentine:** Diabetes. F.A.Z. 107 2005-05-10, 11
- Hornick, Mark:** Java™Specification Request 73: Java™Data Mining (JDM). Band Final Specification Version 1.0, JSR-73 Expert Group, 2004-07-29
- Kushner, Robert F / u.a.:** Is the impedance index significant in predicting total body water? Am J Clin Nutr, 56 1992, 835–839
- Liao, Shu-Hsien:** Expert system methodologies and applications - a decade review from 1995 to 2004. Expert Systems with Applications, 28 2005, 93–103
- Lukaski, HC / Bolonchuk, WW:** Estimation of Body fluid volumes using tetrapolar bioelectrical impedance measurements. Aviat. Space Environ. Med. 59 1988, 1163–1169
- Macura, Robert T. / Macura, Katarzyna:** Case-based reasoning: opportunities and applications in health care. Artificial Intelligence in Medicine, 9 1997, 1–4
- Marktl, W.:** Die Bedeutung des Begriffs „normal“. Forsch Koplementärmed Klass Naturheilkd, 8 2001, 833–834
- Moore, G. William:** Medical expert system user interface. Artificial Intelligence in Medicine, 3 1991, 129–130
- o.V.:** Die Amerikaner werden immer Dicker und größer. FAZ 2004-11-01

- o.V.:** Biavector®. Internet, Abruf: 2005-04-25 (URL: <http://www.akern.com/scienzadeu/biavector>)
- o.V.:** Klinische Anwendungsgebiete der BIA. Internet, Abruf: 2005-04-27 (URL: <http://www.akern.com/scienzadeu/campi>)
- o.V.:** Fuzzy Logik. Wikipedia, Abruf: 2005-05-06 (URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Fuzzy-Logik>)
- Piccoli, Antonio / u. a.:** A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: The RXc graph. *Kidney International*, 46 1994, 534–539
- Piccoli, Antonio / u. a.:** Normal Values (15-85yr). *Am J. Clin. Nutr.* 61 1995, 269–270
- Piccoli, Antonio / u. a.:** Equivalence of information from single versus multiple frequency bioimpedance vector analysis in hemodialysis. *Kidney International*, 67 2005, 1–13
- Pirlich, M. / Plauth, M. / Lochs H.:** Bioelektrische Impedanzanalyse: Fehlerquellen und methodische Grenzen bei der klinischen Anwendung zur Analyse der Körperzusammensetzung. *Aktuelle Ernährungsmedizin*, 24 1999, 81–90
- Reategui, E. B. / Campbell, J. A. / Leao B. F.:** Combining a neural network with case-based reasoning in a diagnostic system. *Artificial Intelligence in Medicine*, 9 1997, 5–27
- Reggia, James, A.:** Neural computation in medicine. *Artificial Intelligence in Medicine*, 5 1993, 143–157
- Reif, Gerald:** Moderne Aspekte der Wissensverarbeitung. Diplomarbeit Technische Universität Graz, Institut für Informationsverarbeitung und Computergestützte neue Medien (IICM), Technische Universität Graz A-8010 Graz, 2000-01-20, (URL: <http://www.iicm.edu/greif/thesis.html>)
- Van Loan, Marta D.:** Bioelectrical Impedance Analysis to Determine Fat-Free Mass, Total Body Water and Body Fat. *Sports Medicine*, 10 1990, 205–217
- Wabisch, Martin / u. a.:** Body composition in 5-18-year-old obese children and adolescents before and after weight reduction as assessed by deuterium dilution and bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr*, 64 1996, 1–6
- Wanke, Christine / Polsky, Bruce / Kotler Donald:** Guidelines for Using Body Composition Measurement in Patients with Human Immunodeficiency Virus Infection. *AIDS patient care and STDs*, 16 2002, 375–388