*Universität Ulm*

*Institut für Epidemiologie und Medizinische Biometrie*

*Institutsdirektor: Prof. Dr. med. Dietrich Rothenbacher*

# Methodenvergleich von Bioelektrischer Impedanz-Analyse und Dual Energy X-ray Absorptiometry zur Detektion von Körperfett und Übergewicht bei Probanden der Berliner Altersstudie II (BASE-II)

Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades der Medizin

der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm

vorgelegt von

Katharina Julia Wirth

geb. in Freudenstadt

Ulm 2012

| | |
|---|---|
| Amtierender Dekan: | Prof. Dr. Thomas Wirth |
| 1. Berichterstatter: | Prof. Dr. Gabriele Nagel |
| 2. Berichterstatter: | Prof. Dr. Elisabeth Steinhagen-Thiessen |
| Tag der Promotion: | 23.10.2014 |

# Inhaltsverzeichnis


| Kapitel | Seite |
|---|---|
| Abkürzungsverzeichnis | V |
| 1. Einleitung | 1 |
| 1.1 Prävalenz und Ursachen von erhöhtem Körperfett | 3 |
| 1.2 Gefahren von erhöhtem Körperfett | 5 |
| 1.3 Körperfett und Fettverteilungsmuster | 8 |
| 1.4 Körperkompartimente | 10 |
| 1.5 Körperanalysemethoden | 12 |
| 1.6 Blutwerte | 15 |
| 1.7 Problematik der Körperfettmessung im Alter | 18 |
| 1.8 Fragestellung | 19 |
| 2. Material und Methodik | 20 |
| 2.1 Die Berliner Altersstudie – BASE-I und BASE-II | 20 |
| 2.2 Probandencharakterisierung | 24 |
| 2.3 Anthropometrische Messungen | 24 |
| 2.4 DEXA-Messung | 28 |
| 2.5 BIA-Messung | 30 |
| 2.6 Laborwerte | 35 |
| 2.7 Statistische Analyse | 36 |
| 3. Ergebnisse | 38 |
| 3.1 Körperbaumaße | 39 |
| 3.2 Vergleich der Körperbaumaße | 50 |
| 3.3 BIA- und DEXA-Körperfettmessung | 52 |

3.4 Laborparameter 70

4. Diskussion 77

4.1 Anthropometrische Messungen 77

4.2 Ermitteltes Körperfett 81

4.3 BIA-DEXA Korrelationen und Vergleiche 84

4.4 Mögliche Einfluss- und Fehlerquellen 86

4.5 Blutwerte 90

4.6 Fazit 92

5. Zusammenfassung 93

6. Literaturverzeichnis 95

Anhang A: Abbildungsverzeichnis 110

Anhang B: Tabellenverzeichnis 114

Anhang C: Ergebnisse der Testung verschiedener Variablen auf Normalverteilung mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests 117

Anhang D: Korrelationsanalysen anthropometrischer Parameter in der gesamten Stichprobe und getrennt nach Kohorte oder Geschlecht 119

Anhang E: Korrelationsanalysen anthropometrischer Parameter getrennt nach Kohorte und Geschlecht 121

Anhang F: Korrelationsanalysen zwischen Laborparametern und ermitteltem Körperfett, BMI, WC, WHR und WHtR getrennt nach Kohorte und Geschlecht 122

Danksagung 124

Lebenslauf 125

# Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---|---|
| AGE | Arbeitsgruppe „Altern und gesellschaftliche Entwicklung“ |
| ATP III | Adult Treatment Panel III |
| BAI | Body Adiposity Index |
| BASE-I | Erste Berliner Altersstudie |
| BASE-II | Zweite Berliner Altersstudie |
| BCM | Body cell mass |
| BIA | Bioelektrische Impedanz Analyse |
| BMI | Body mass Index |
| CHO | Gesamtcholesterin |
| CVD | Cardio-vascular disease/kardiovaskuläre Erkrankungen |
| DEXA | Dual Energy X-ray Absorptiometry |
| DHEA | Dihydroepiandrosteron |
| DHEAS | Dihydroepiandrosteron-Sulfat |
| DM-Typ II | Diabetes mellitus Typ II |
| ECM | Extracellular mass |
| ECW | Extracellular water |
| EGZB | Evangelisches Geriatriezentrum Berlin |
| ESPEN | European Society for Clinical Nutrition and Metabolism |
| FM | Fett-Masse |
| FFM | Fettfreie-Masse |
| HDL | High-density Lipoprotein |
| HC | Hip circumference/Hüftumfang |
| ICD | Implantierbarer Cardioverter/Defibrillator |
| ICW | Intracellular water |
| IDF | International Diabetes Federation |

| | |
|---|---|
| IDL | Intermediate-density Lipoprotein |
| KF | Körperfett |
| KF(%) | Prozentuales Körperfett |
| KHK | Koronare Herzkrankheiten |
| KM | Knochenmasse |
| LBM | Lean body mass |
| LDL | Low-density Lipoprotein |
| Lp(a) | Lipoprotein(a) |
| LS(+) | Gruppe mit lipidsenkender Medikation |
| LS(-) | Gruppe ohne lipidsenkende Medikation |
| MM | Muskelmasse |
| MPI | Max-Planck-Institut |
| NCEP | National Centers for Environmental Prediction |
| R | Resistanz |
| SD | Sagittaler Diameter |
| SEE | Standard Error of Eviation = Standardfehler |
| SOEP | Sozio-ökonomisches Panel |
| TBW | Total body water |
| TG | Triglyzeride |
| TYM | Test Your Memory |
| VLDL | Very low-density Lipoprotein |
| WC | Waist circumference = Taillenumfang |
| WHO | World Health Organization |
| WHR | Waist to hip ratio = Taille-Hüft-Verhältnis |
| WHtR | Waist to height circumference = Taille-Körpergröße-Verhältnis |
| Xc | Reaktanz |

# 1. Einleitung

Die Alterspyramide ist durch den demografischen Wandel inzwischen zu einer Altersurne geworden (siehe Abbildung 1). Die Lebenserwartung und die Anzahl älterer Menschen in der Bevölkerung steigt in Europa seit Jahren stetig an, u.a. durch verbesserte Hygiene, Ernährung, einer besseren Gesundheitsversorgung und neuen medizinischen Erkenntnissen [116]. Dennoch findet die ältere Bevölkerung in der medizinischen Forschung noch immer zu wenig Beachtung.




Abbildung 1: Demografischer Wandel in Deutschland von 1960-2050
(Quelle: Berlin Institute for Development and Education, Juli 2009)

Zur Durchführung einer der ersten Studien im Bereich Altersforschung in Deutschland schlossen sich bereits 1989 in Berlin verschiedene Institutionen zusammen, um mehr über das Altern und das Leben im Alter herauszufinden. Die Forschungsgruppe Geriatrie der Charité, die Arbeitsgruppe „Altern und gesellschaftliche Entwicklung“ (=AGE) von der Akademie der Wissenschaften zu Berlin, das Max-Planck-Institut (MPI) für Molekulare Genetik, das Max Planck Institut für Bildungsforschung, das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung und zusätzliche externe Experten riefen die erste Berliner Altersstudie (BASE-I) ins Leben. BASE-I ist eine in dieser Form einzigartige Kooperations-Studie der Fachrichtungen Geriatrie, Soziologie, Innere Medizin, Psychologie und Psychiatrie. Sie ist eine multi- und interdisziplinär angelegte Quer- und

Längsschnittstudie, die sich mit dem Altern und den damit verbundenen gesundheitlichen, mentalen, psychischen und sozialen Veränderungen befasste [72].

Als Fort- und Weiterentwicklung wird seit 2009 die Zweite Berliner Altersstudie (BASE-II) durchgeführt. Sie richtet den Fokus auf andere Schwerpunkte als BASE-I (vgl. S.20-23) und setzt durch die zusätzliche Kohorte junger Probanden/-innen neue Akzente. Durch das interdisziplinär angelegte Design von BASE-II erhofft man sich ein besseres Verständnis für das Phänomen des individuellen Alterns, auch „Differential Aging" genannt. Es handelt sich dabei um die interindividuellen Unterschiede des gesundheitlichen und psychosozialen Zustandes älterer Menschen und um die Faktoren, die dabei eine wesentliche Rolle spielen. Zusätzlich erlaubt ein Vergleich mit den Datenerhebungen aus BASE-I eine Beurteilung darüber, inwiefern sich der Gesundheitszustand der Bevölkerung über einen Zeitraum von etwa zwei Jahrzehnten verändert hat.

Außerdem beinhaltet BASE-II neue Methoden und Aspekte und ist durch eine größere Probandenanzahl umfassender organisiert als die erste Berliner Altersstudie [13]. Zu diesen neuen Methoden zählen unter anderem die Körperfettbestimmung mittels Bioelektrische-Impedanz-Analyse (BIA) und Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA). Beide Methoden werden häufig zur Körperanalyse eingesetzt [16,31,45,69,78,100,119], meist allerdings an jungen und gesunden Erwachsenen. Da es mit dem Alter jedoch zu einer physiologischen Körperfettzunahme und -umverteilung kommt [40,124,134] ist eine Prüfung auf Validität bei älteren Menschen notwendig. Zudem sind die Ergebnisse aus BIA und DEXA oft unterschiedlich und es existieren kontroverse Schlussfolgerungen, welche Methode zur Über- oder Unterschätzung des Körperfetts neigt [16,45,69,119].

Erhöhtes Körperfett und damit oft assoziiertes Übergewicht, Adipositas und erhöhte Blutfettwerte, stellen ein ernstzunehmendes Gesundheitsrisiko dar [10,98,132]. Länderübergreifende Datenanalysen zeigten, dass die Prävalenz der Adipositas und die damit verbundenen Folgeerkrankungen in der Bevölkerung seit Jahren stetig ansteigen [10,17,98]. Adipositas ist bei den häufigsten Ursachen vermeidbarer Erkrankungen und Todesfällen hinter Nikotin- und Alkoholabusus auf Platz drei angelangt [52].

Statistische Auswertungen aus BASE-I belegten, dass Hyperlipidämie mit einer Prävalenz von 76,3 % bei den über 70-jährigen die häufigste Erkrankung ist, die zudem auch beim Schweregrad der Ausprägung auf Platz eins landete, d.h. viele ältere Menschen hatten extrem hohe Blutfettwerte [72]. Das persönliche Krankheitsempfinden nimmt Hyperlipidämie, Hypercholesterinämie und Fettleibigkeit auf Grund eines relativ geringen

Leidensdrucks im Anfangsstadium sehr lange nicht wahr [72]. Symptomatisch werden diese Risikofaktoren erst beim Auftreten von Folgeerkrankungen, wie z.B. arterieller Hypertonie, Arteriosklerose, Myokardinfarkt, Koronare Herzkrankheit oder Apoplex.

Dadurch kommt es zu einer großen Diskrepanz zwischen per Definition Erkrankten und medikamentös behandelten Kranken. So zeigte sich bei BASE-I, dass lediglich 11% aller an Hyperlipidämie Erkrankten medikamentös behandelt werden (Tabelle 1).

Tabelle 1: Bei der Ersten Berliner Altersstudie (BASE-I) ermittelte Diagnoseprävalenz mit Schweregrad und Medikationsstatus der Gesamtstichprobe, in Prozent
(nach Lindenberger et al., 2010)

| Krankheit | Diagnoseprävalenz | Schweregrad mittel bis schwer | | Medikation vorhanden |
|---|---|---|---|---|
| | | objektiv | subjektiv | |
| Hyperlipidämie | 78,9 % | 36,9 % | --- | 11,1 % |
| arterielle Hypertonie | 58,9 % | 18,4 % | 0,8 % | 34 % |
| Koronare Herzkrankheit | 45,4 % | 17,6 % | 10,4 % | 30,2 % |
| Zustand nach Myokardinfarkt | 28,5 % | 11,4 % | 0,4 % | 5,6 % |

Aufgrund der hohen Prävalenz und der Unterschätzung des Gesundheitsrisikos, das mit Hyperlipidämie und erhöhtem Körperfett einhergeht, ist eine für ältere Menschen valide Körperanalysemethode zur Abschätzung des Gesundheitszustandes essentiell. Nur bei einer frühzeitigen Diagnosestellung können rechtzeitig geeignete Therapiemaßnahmen ergriffen und Folgeerkrankungen herausgezögert oder sogar verhindert werden.

## 1.1 Prävalenz und Ursachen von erhöhtem Körperfett

Eine Gewichtszunahme erfolgt, wenn die Energiezufuhr den Gesamtenergiebedarf, zusammengesetzt aus Grundumsatz und Leistungsumsatz, übersteigt [98,112]. Übermäßige Energie wird in Form von Fettdepots gespeichert. Die Prävalenz der Adipositas hat sich in Industriestaaten seit 1980 verdreifacht [132]. Weltweit leiden 300 Millionen Menschen an

Übergewicht [98,132]. In Europa sind mittlerweile mehr als 50% der Menschen übergewichtig oder fettleibig [112]. Laut „International Association for the Study of Obesity“ liegt die deutsche Bevölkerung im europäischen Vergleich der prozentualen Anteile von Übergewichtigen und Adipösen an der Spitze (Abbildung 2) [52]. Die Gründe dafür sind multifaktoriell. Sowohl ein Wandel in den Lebensgewohnheiten, als auch auf dem Arbeitsmarkt mit mangelnder Bewegung und ungesünderer, hyperkalorischer Nahrung bedingen die pandemische Ausbreitung des Übergewichts [10,98,112].

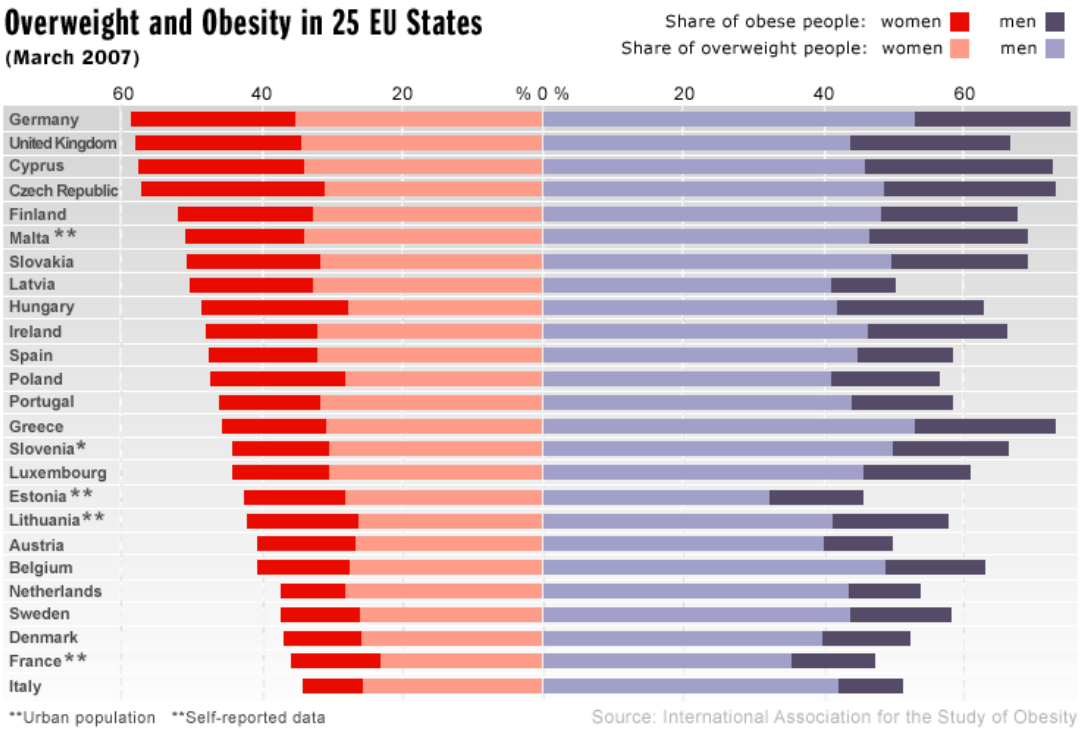



Abbildung 2: Prävalenz von Übergewicht und Adipositas (in %) in 25 europäischen Staaten (Quelle: International Association for the Study of Obesity)

Im Alter kommen noch weitere Faktoren hinzu, die übermäßiges Körperfett begünstigen:

1. Eine geringere physische Aktivität
2. Eine Abnahme der Stoffwechselleistungen des Körpers
3. Eine Körperfettumverteilung mit mehr abdominalem Körperfett

Es kommt zu einer Abnahme von physiologischen Körperfunktionen, der Fettfreien-Masse (FFM), dabei insbesondere der Muskelmasse (MM), und der Gelenkbeweglichkeit. Kompensatorisch erfolgt eine Zunahme der Fett-Masse (FM) [40,124,134]. Erkrankungen des Alters wie Osteoporose, Arthrose oder Sarkopenie sind mit Bewegungsmangel

assoziiert. Kraftverlust und Einschränkung der Beweglichkeit, die häufig mit Schmerzen einhergeht, führen somit zu einer Aktivitätsabnahme im Alter.

Die zusätzliche Abnahme der Stoffwechselleistungen des Körpers und die geringere Muskelmasse verursachen eine Verringerung des energetischen Grundumsatzes (siehe Tabelle 2) [2,129,134]. Eine einsetzende Fettumverteilung, die gekennzeichnet ist durch abnehmende subkutane und vermehrte viszerale und intramuskuläre Fettdepots fördert abdominale Adipositas und somit ein ungünstiges Körperfettprofil [134].

Tabelle 2: Durchschnittlicher Grundumsatz und Energiebedarf bei geringer körperlicher Aktivität (nach D-A-CH: Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr, 2000)

| Alter (in Jahren) | Durchschnittlicher Grundumsatz (kcal/Tag) | | Empfohlene Energiezufuhr (kcal/Tag) | |
|---|---|---|---|---|
| | m | w | m | w |
| 19-25 | 1820 | 1390 | 3000 | 2400 |
| 25-50 | 1740 | 1340 | 2900 | 2300 |
| 51-65 | 1580 | 1270 | 2500 | 2000 |
| > 65 | 1410 | 1170 | 2300 | 1800 |

m= Männer; w= Frauen; kcal= Kilokalorie

## 1.2 Gefahren von erhöhtem Körperfett und Übergewicht

Zu den offensichtlichen Komplikationen, die mit Übergewicht verbunden sind, zählen eine übermäßige Belastung der Gelenke und Dyspnoe. Zusätzlich kommen kardiovaskuläre und endokrinologische Folgeerkrankungen wie arterielle Hypertonie [50] und Diabetes mellitus Typ II (DM-Typ II) [129] hinzu. Hypertonie stellt einen der Hauptrisikofaktoren für die Entwicklung der Arteriosklerose und Koronarer Herzkrankheit (KHK) dar und geht, wie auch DM-Typ II mit einer reduzierten Lebenserwartung einher [104,129]. Vor allem Langzeitfolgen oder die Kombination unterschiedlicher Risikofaktoren, wie es beim Metabolischen Syndrom der Fall ist, sind mit einem hohen Gesundheitsrisiko verbunden. Das Metabolische Syndrom, bei dem Taillenumfang, Blutfettwerte, Blutzucker und Blutdruck eine wichtige Rolle spielen (siehe Tabelle 3), ist mit endokrinologischen und kardiovaskulären Komplikationen und Folgeerkrankungen assoziiert [87].

Weiterhin gilt ein Zusammenhang zwischen einem hohen Taillenumfang (waist circumference = WC) und der Entstehung einer Insulinresistenz als erwiesen [2,85,106]. Die 2007 erschienene IDEA-Studie konnte diesbezüglich ebenfalls eine Verbindung feststellen [6]. Die WC gilt demnach als besserer prädiktiver Marker des kardiovaskulären Risikos als der Body Mass Index (BMI) [6,36] und als guter Marker für andere Erkrankungsrisiken wie Insulinresistenz, DM-Typ II und Krebs [62,85]. Zusätzlich kommt es mit steigender WC bei gleichbleibendem BMI zu einem vermehrten Auftreten altersbedingter Depressionen [136]. In der Nurses' Health Study fand man heraus, dass bei erhöhter WC ein um den Faktor 2,7 erhöhtes Risiko auf Östrogen-Rezeptor-negative Mammakarzinome besteht [49].

Tabelle 3: Definition des metabolischen Syndroms (nach IDF, 2005)

| | Taillenumfang > 94 cm (m) | Taillenumfang > 80 cm (w) |
|---|---|---|
| + mindestens zwei dieser Faktoren | - Triglyzeride > 150 mg/dl<br>- HDL-Cholesterin < 50 mg/dl (w) / < 40 mg/dl (m)<br>- Blutdruck > 130/85 mmHg<br>- Nüchtern-Plasmaglucose > 100 mg/dl<br>oder Diabetes Mellitus-Typ-II | |

m=Männer; w=Frauen; HDL= high-density lipoprotein

Mit einer massiven low-density Lipoprotein (LDL)-Erhöhung in Kombination mit high-density Lipoprotein (HDL)-Erniedrigung ist vor allem die Arteriosklerose assoziiert. LDL wird von Makrophagen in der Gefäßwand aufgenommen, reichert sich in ihnen an und führt zu deren Umwandlung in sogenannte Schaumzellen. Diese sind für arteriosklerotische Veränderungen mitverantwortlich und begünstigen die Entstehung von Koronarer Herzkrankheit (KHK), Aneurysmen, peripheren Durchblutungsstörungen sowie das Auftreten von Herzinfarkten und Schlaganfällen [2,5,52,55,121].

Eine Erhöhung der Triglyzerid-Werte geht mit erhöhtem Arteriosklerose-, KHK- und Schlaganfall-Risiko einher [52,129]. Stark erhöhte Werte können eine akute Pankreatitis auslösen. Chronisch erhöhte Werte fördern außerdem die Ausbildung einer Fettleber, was zu Leberzirrhose und Leberzellkarzinomen führen kann [52].

Fett-, Kohlenhydrat- und somit energiereiche Nahrung verursachen große Blutzucker- und Insulinspiegelschwankungen. Mit der Menge der aufgenommenen Nahrung eines Menschen steigt auch die Insulinproduktion und -ausschüttung an. Bei ständig gesteigerter

Produktion und somit erhöhten Insulinspiegeln nimmt die Insulinrezeptorempfindlichkeit ab. Zusätzlich hemmen die bei Adipositas im Blutserum vermehrt vorkommenden freien Fettsäuren die Glucoseverwertung. Diese Mechanismen erhöhen das Risiko für die Entwicklung eines DM-Typ II [129].

Wichtig hierbei ist, dass die oben erwähnten Risiken auch für relativ normalgewichtige Personen mit pathologischen Körper- und Blutfettwerten gelten.

Tabelle 4: Mit Adipositas assoziierte Krankheiten (nach Adipositas-Fibel,1998 und Erster Österreichischer Adipositas Bericht 2006, 2006)

| | |
|---|---|
| Kardiovaskulär | arterielle Hypertonie<br>Koronare Herzkrankheit<br>Herzinsuffizienz |
| metabolisch/hormonell | Diabetes mellitus Typ-II<br>Dyslipidämien<br>Hyperurikämie |
| Bewegungsapparat | Arthrose<br>Wirbelsäulensyndrome |
| Gastrointestinales System | Cholelithiasis<br>Fettleber<br>Refluxösophagitis |
| Neoplasien | Erhöhtes Risiko auf Endometrium-, Mamma-, Colon-, Zervix-, Prostata-, Gallenblasenkarzinom |
| Respiratorisches System | Schlafapnoe |
| Blutgerinnung | Störung der Fibrinolyse<br>Hyperfibrinogenämie |

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass adipöse Menschen ein erhöhtes Risiko für die Entstehung kardiovaskulärer Erkrankungen (CVD), DM-Typ II, Dyslipidämien, Arthrosen, Arteriosklerose, Thrombosen und Karzinome haben [1,6,50,62,102,126,129]. In Anbetracht dessen, dass Erkrankungen des Herzkreislaufsystems die Haupttodesursache in Industriestaaten sind [104,116], zeigt sich die mit Fettleibigkeit einhergehende Gesundheitsgefährdung.

## 1.3 Körperfett und Fettverteilungsmuster

Es gibt unterschiedliche Typen von Fettgewebe, die sich anhand ihres Aufbaus und ihrer Funktion hin unterscheiden lassen. Weißes Fettgewebe bezeichnet man als univakuoläres Fettgewebe, da die Zellen zum Großteil aus einer einzigen, zentralen Fettvakuole bestehen [129]. Es dient vor allem als Speicher- und Baufett, hat mechanische Stütz- und Schutzfunktion und stellt einen Energie- und Wasserspeicher dar [80]. Erfolgt eine übermäßige Energiezufuhr, werden die Fettvakuolen mit Triglyzeriden gefüllt. Bei einem Energiemangel kommt es zur lipolytischen Entleerung dieser Speicher und zur Freisetzung von Fettsäuren ins Blut [76]. Braunes Fettgewebe hingegen wird als multivakuoläres Fettgewebe bezeichnet. Die ihm charakteristische gelb-bräunliche Färbung verdankt es den Zytochromen der zahlreichen Mitochondrien. Diese stellen den Reaktionsraum der Thermogenese dar, der Hauptaufgabe des braunen Fettgewebes [80]. Es handelt sich dabei um die Umwandlung von biochemisch gespeicherter Energie in Wärmeenergie. Aus diesem Grund wurde es lange Zeit nur in Neugeborenen vermutet, in denen es eine Möglichkeit zur zitterfreien Wärmebereitstellung darstellt [76,88]. Neue Studien zeigten allerdings auch bei Erwachsenen aktives, braunes Fettgewebe [25,88], das negativ mit dem BMI und positiv mit dem Grundumsatz [25] korrelierte.

Neben der Art des Gewebes ist vor allem auch die Lokalisation des Fettes von Bedeutung. Der subkutane Fettanteil macht beim gesunden Menschen ungefähr 50% [2] -70% [129] des Gesamtkörperfettes aus. Es isoliert den Körper nach außen hin vor Kälte, dient als Energiespeicher und ist somit sehr stoffwechselträge. Tiefer liegendes, viszerales Körperfett hingegen mobilisiert, teils wegen besserer Vaskularisierung und Innervierung, sehr schnell die in ihm gespeicherten Fettsäuren und sezerniert zudem Hormone, sogenannte Adipokine, ins Blut [3]. Das Adipokin-Profil in Übergewichtigen ist sehr ungünstig. Es kommt zu einer Erhöhung der hauptsächlich proinflammatorisch und prothrombotisch wirkenden, sowie eine Insulinresistenz fördernden Adipokine mit einer zusätzlichen Verminderung der anti-inflammatorisch wirkenden Adipokine [3].

Die heterogene Körperfettverteilung wird in zwei Typen eingeteilt: Eine gynoide, gluteo-femorale („Birnen-Typ“) und eine androide, bauchbetonte („Apfel-Typ“) Körperfett-lokalisation. Bei der gynoiden Verteilung liegen die Fettdepots eher peripher, d.h. im Bereich der Hüften und der Oberschenkel. Dieser Verteilungstyp gilt als stoffwechselträge und eher ungefährlich [75] und tritt häufiger bei Frauen als bei Männern auf [93,131]. Frauen besitzen zudem prozentual mehr Körperfett als Männer [2,40].

Dem gegenüber steht der androide Typ mit viel viszeralem Bauchfett, das sehr stoffwechselaktiv ist [2,50] und zusätzlich proinflammatorische Mediatoren ausschüttet, die weitere Komplikationen, wie Entzündungsreaktionen, Thrombosen und Arteriosklerose begünstigen [3,101]. Die Fettverteilung stellt einen vom Körpergewicht unabhängigen Risikofaktor für Insulinresistenz und KHK dar, der bei einer viszeralen Fettakkumulation mit einem deutlich höheren Risiko für zerebrovaskuläre Ereignise als bei peripheren Fettdepots einhergeht [129].

Tabelle 5: Unterschiede des viszeralen und subkutanen Fettgewebes
(nach Hauner H., 2006)

| | Viszerales Fettgewebe | Subkutanes Fettgewebe |
|---|---|---|
| Allgemein | | |
| Fettzellgröße | klein | groß |
| Innervierung | dicht | weniger dicht |
| Vaskularisierung | dicht | weniger dicht |
| Makrophageninfiltration | ausgeprägt | wenige |
| Stoffwechsel | | |
| Basale Lipolyse | + | + |
| Katecholamin-induzierte Lipolyse | + + | + |
| Sekretorische Funktion | | |
| Leptin | + | + + |
| IL-6 | + + | + |
| IL-8 | + + | + |
| Angiotensin II | + + | + |
| PAI-1 | + + | + |
| Adiponektin | + | + + |

IL= Interleukin; PAI=Plasminogenaktivatorinhibitoren

Das viszerale Fett lässt sich durch Messung des Taillenumfangs (waist circumference = WC) abschätzen. Das Taille-Hüft-Verhältnis (waist to hip ratio = WHR) berechnet sich aus dem Taillenumfang geteilt durch den Hüftumfang (hip cirumference = HC). Die WHR wird schon seit längerem zur Beurteilung der Fettverteilung herangezogen [2]. Daneben dienen auch das Taille-Größen-Verhältnis (waist to height ratio = WHtR), berechnet aus Taillenumfang geteilt durch Körpergröße, und der sagittale Diameter (Durchmesser vom Rücken bis zum Bauch) zur Einschätzung der Fettverteilung und zur Abschätzung von diversen Pathologien [108,115].

Ein neuer Parameter zur besseren Beurteilung des prozentualen Körperfetts soll der Body Adiposity Index (BAI) aus Hüftumfang (in cm) / Körpergröße (in m)$^{1.5}$ – 18 sein [12]. Er wurde anhand der „BetaGene“ Studie entwickelt und an der „Triglyceride and Cardiovascular Risk in African-Americans“ (TARA) Studie validiert, um eine bessere Aussage über das Körperfett machen zu können, als es mit dem BMI möglich ist [12].

Der BMI erlaubt lediglich eine Körper-Kategorisierung anhand der Gewichtsklasse, lässt aber keinerlei Rückschlüsse auf die eigentliche Körperzusammensetzung zu. Er neigt somit zu Fehlkategorisierungen, bei denen Personen als übergewichtig eingestuft werden, die zu viel Körpermasse haben (z.B. Muskelmasse bei Bodybuildern) oder als normalgewichtig klassifiziert, obwohl sie eine katabole Körperzusammensetzung aufweisen [98,107,108].

## 1.4 Körperkompartimente

Für die Unterteilung des Körpers in verschiedene Kompartimente gibt es unterschiedliche Ansätze. Welches Modell herangezogen wird, hängt von den jeweils untersuchten Parametern ab (siehe Abbildung 3).

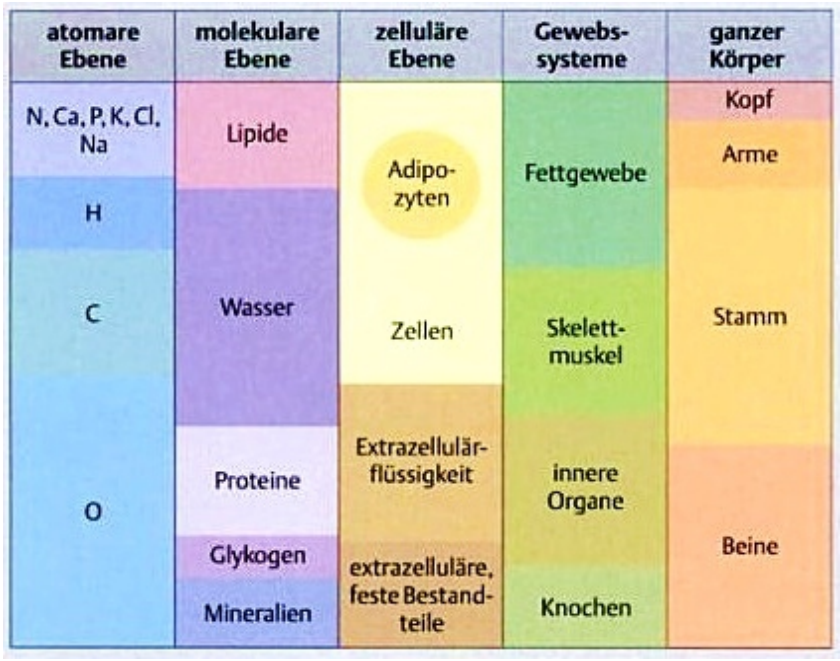
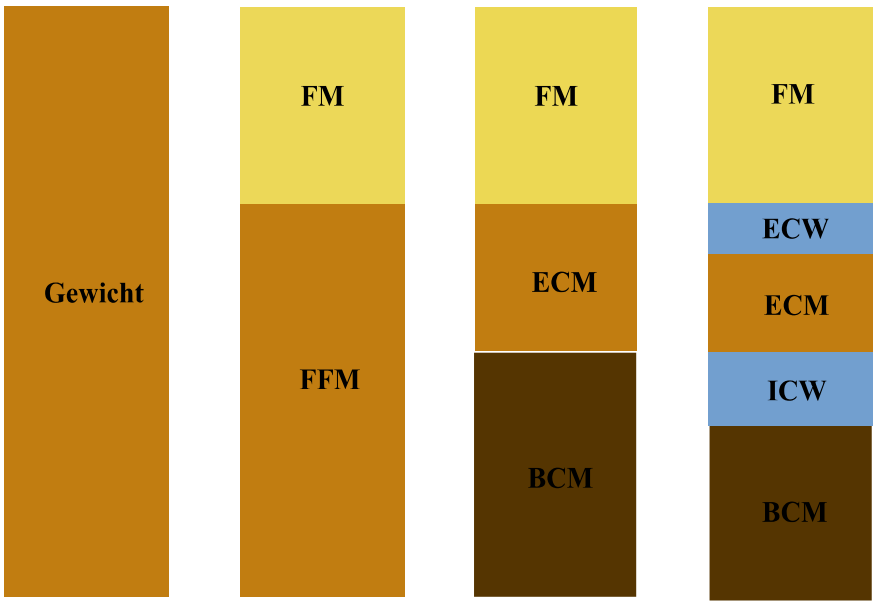



Abbildung 3: Fünf Ebenen zur Untersuchung der Körperzusammensetzung (nach Adam O., 2004)

Für die Körperfettmessung betrachtet man vor allem die molekulare, zelluläre und Gewebsebene. Der Körper wird dabei in unterschiedliche Kompartimente unterteilt (siehe

Abbildung 4). Für das einfachste Modell, das Ein-Kompartiment-Modell, wird lediglich das Körpergewicht ermittelt. Körpergröße und Körperform werden dabei außer Acht gelassen. Aus diesem Modell lassen sich keinerlei Rückschlüsse auf die Dichte oder die unterschiedlichen Anteile der Gewebearten ziehen. Das Zwei-Kompartiment-Modell geht schon etwas weiter und unterteilt den zu messenden Körper in Fettmasse (FM) bzw. Körperfett (KF) und fettfreie Magermasse (FFM). Das prozentuale Körperfett (KF(%)) stellt dabei den prozentualen Anteil der FM am gesamten Körpergewicht dar. Die FFM kann weiter unterteilt werden in eine sogenannte lean body mass (LBM), welche das Ganzkörperwasser (total body water = TBW), die Muskulatur, das ZNS und die Organe beinhaltet und in Knochenmasse (KM), welche das gesamte Skelettsystem darstellt. Das dritte Modell ist das Drei-Kompartiment-Modell. Es unterteilt die FFM zusätzlich in eine extrazelluläre Masse (ECM) und eine Körperzellmasse (body cell mass = BCM). Zu der ECM rechnet man vor allem die stoffwechselträgen Gewebe, wie Skelett- und Bindegewebe, wohingegen die stoffwechselakiven Gewebe wie die inneren Organe, Nervensystem, Muskelgewebe und Blutzellen zur BCM zählen. Obwohl dieses Modell schon sehr differenzierte Betrachtungen erlaubt, kann man noch keine Aussagen über die Verteilung des Körperwassers machen [2,26].




**FM=Fettmasse; FFM=fettfreie Masse; ECM=extracellular mass; BCM=body cell mass; ECW=extracellular water; ICW=intracellular water**

Abbildung 4: Körperkompartimente

Diese Möglichkeit liefert erst das zwischen extra- (ECW) und intrazellulärem Wasser (ICW) unterscheidende 3-Kompartiment-Modell. Mit dessen Hilfe lassen sich mögliche pathologische Veränderungen genauer differenzieren; z.B. kann ein sinkender BCM-Anteil eine Dehydratation oder einen Untergang von Körperzellen darstellen, was sich erst mit Hilfe des erweiterten 3-Kompartiment-Modells unterscheiden lässt [26].

## 1.5 Körperanalysemethoden

Unterteilen lassen sich Körperanalysemethoden in direkte, indirekte und doppelt indirekte Methoden (siehe Tabelle 6). [2] Zu den direkten Methoden zählen direkte Messungen der chemischen Bestandteile eines Körpers, weshalb sich diese Untersuchungen auch nur post-mortem durchführen lassen. Mit Hilfe der daraus gewonnen Daten lassen sich die Verhältnisse der einzelnen Gewebsanteile zueinander berechnen. Diese finden dann bei indirekten Methoden weitere Verwendung. So stellt selbst der Goldstandard, die Densitometrie, eine indirekte Methode dar, bei der ein konstanter Körperwassergehalt von 73% sowie unterschiedliche Gewebsdichten vorausgesetzt werden [2,26]. Zusätzlich gibt es doppelt-indirekte Methoden. Hierbei vergleicht man gemessene Werte mit statistisch erhobenen Daten aus indirekten Methoden. Je indirekter ein Messverfahren ist, umso mehr Annahmen fließen in die Auswertung mit ein. Da jede Annahme keine valide Messung, sondern eine Vermutung und ein Vergleich mit statistischen Werten darstellt, wird es mit steigender Indirektheit umso Störgrößen anfälliger. [2]

Tabelle 6: Körperanalysemethoden im Vergleich (nach Adam O., 2004)

| Direkte Methoden | Indirekte Methoden | Doppelt Indirekte Methoden |
|---|---|---|
| Post-mortem- Analysen | Densitometrie | Anthropometrie |
| | Dilutionsmethode | BIA |
| | Gesamtkörper-$40^{K}$ | |
| | CT/MRT | |
| | DEXA | |

CT=Computertomographie; MRT=Magnetresonanztomographie; DEXA= Dual Energy X-Ray Absorptiometry; BIA= Bioelektrische Impedanz Analyse

### 1.5.1 Densitometrie

Die Densitometrie oder auch hydrostatische Unterwasserwägung, die sich nach dem Zwei-Kompartiment-Modell richtet, stellt den Goldstandard der Körperfettmessung dar [24,26]. Bei dieser Methode wird der Körper ganz unter Wasser gedrückt, dabei wird gemessen, wie viel Volumen er verdrängt und wie schwer der Körper unter Wasser ist. Fett ist mit einer Dichte von 0,9 g/cm$^3$ leichter als Wasser, wohingegen Muskel- und Knochengewebe mit 1,1 g/cm$^3$ schwerer sind [107]. Daher lässt sich nach dem Archimedischen Prinzip durch das unterschiedliche Verdrängungs- und Auftriebsverhalten auf die Körperzusammensetzung schließen [2,26]. Zusätzlich müssen das Lungenrestvolumen und enterale Gase berücksichtigt werden, da sonst die Werte verfälscht werden. Diese Methode ist sehr aufwendig und findet deswegen meist nur noch in der Forschung Verwendung [26].

### 1.5.2 Dilutionsmethode

Bei dieser Methode handelt es sich um eine Verdünnungstechnik zur Bestimmung des TBW. Hierzu wird deuteriertes Wasser (Ersatz aller Wasserstoffatome durch Deuterium-Atome) oder ein anderer nicht-radioaktiver Tracer verabreicht und nach zwei Stunden dessen Konzentration im Urin oder Blut mittels Gaschromatographie gemessen. Aufgrund der gleichmäßigen Molekülverteilung kann man Rückschlüsse auf das TBW ziehen [2,26].

### 1.5.3 Gesamtkörperkalium $40^K$

Diese Messung dient ausschließlich der Berechnung der BCM. Kalium befindet sich im menschlichen Körper zu 98% in fettfreien Geweben. Kalium $40^K$ ist das natürlich entstehende radioaktive Isotop des Kaliums und kommt in einem konstanten Verhältnis (0,012%) zu diesem vor. Durch die Messung des Kalium $40^K$ in einer Ganzkörperzählkammer kann man die BCM berechnen [2,26].

### 1.5.4 Calipermessung

Zu den anthropometrischen Messungen zählt die Hautfalten- oder auch Calipermessung als doppelt-indirekte Methode. Hierbei wird mit einer geeichten Caliperzange an vordefinierten Stellen die Dicke des Unterhautfettgewebes gemessen. Die Ermittlung des Gesamtkörperfettes erfolgt durch Vergleiche der gemessenen Daten mit zuvor erhobenen empirischen Bezugsdaten und unter der Annahme eines konstanten Verhältnisses von subkutanem zu viszeralem Fett [2].

### 1.5.5 Bioelektrische-Impedanz-Analyse (BIA)

Bei der Bioelektrischen-Impedanz-Analyse wird über Hautelektroden geringer Wechselstrom durch den Körper geleitet und der Widerstand, auch Impedanz genannt, gemessen. Die einzelnen Körperkompartimente lassen sich anhand des unterschiedlichen elektrischen Leitungsverhaltens analysieren. Man unterscheidet zwischen einer phaseninsensitiven und einer phasensensitiven BIA. Letztere befähigt zur Unterteilung der FFM in BCM und ECM. Neuere BIA-Geräte sind multifrequent, d.h. sie messen den Widerstand bei unterschiedlichen Frequenzen und ermöglichen somit eine zusätzliche Gliederung der ECM in ECM und ECW, sowie der BCM in BCM und ICW [26].

### 1.5.6 Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA)

Häufige Verwendung findet auch die Dual Energy X-Ray Absorptiometry, kurz DEXA. Bei ihr werden Photonen zweier unterschiedlicher Energieniveaus emittiert, durch einen Körper geschickt und ihre jeweilige Abschwächung gemessen. Die Differenzierung in KM, FFM und FM erfolgt über das unterschiedliche Abschwächungsverhalten der Gewebe [68,95]. In der Klinik verwendet man die DEXA vor allem zur Bestimmung der Knochendichte und somit zur Risikoabschätzung der Osteoporose im Alter [68,70].

### 1.5.7 Sonstige

Ergänzend sind noch Infrarot-, Ultraschall-, sowie CT-Untersuchungen zu erwähnen. Alle beruhen auf dem Prinzip der Abschwächung, d.h. je nach Gewebezusammensetzung werden die Licht-, Schall- oder Gammastrahlen unterschiedlich abgeschwächt und mit Hilfe unterschiedlicher Programme daraus der Körperfettanteil berechnet. Auch mit Hilfe der Kernspintomografie (MRT) ist dies möglich [2,26,70].

Eine sehr verständliche Einführung in die unterschiedlichen Methoden findet sich auch unter http://nutrition.uvm.edu/bodycomp/

## 1.6 Blutwerte

Nahrungsfette bestehen zum Großteil aus Triglyzeriden (TG) und Cholesterin (CHO). Es handelt sich dabei um hydrophobe Moleküle, d.h. sie lassen sich im wässrigen Milieu nicht lösen. Zum Transport im Blutsystem benötigen sie deshalb Trägermoleküle. Diese Aufgabe übernehmen Lipoproteine (Lp). Lp sind komplexe, Mizellen ähnliche Makromoleküle mit einem hydrophoben Kern aus Cholesterin, Cholesterinestern und Triglyzeriden und einer hydrophilen Hülle aus Proteinanteilen und Apolipoproteinen (siehe Abbildung 5). Man kann Lp anhand ihrer Dichte und Zusammensetzung in Chylomikronen, very-low-density Lipoproteine (VLDL), low-density Lipoproteine (LDL), intermediate-density Lipoproteine (IDL) und high-density Lipoproteine (HDL) unterteilen (siehe Tabelle 7). Sie übernehmen je nach Typus unterschiedliche Transportvorgänge im Körper [55].

Chylomikronen transportieren die vom Dünndarm aufgenommenen Fette und Cholesterin über den Lymph- und Blutweg zu Fettzellen und zur Leber. VLDL-Partikel hingegen werden von der Leber produziert und dienen dem TG-Transport in die peripheren Gewebe. Auf dem Weg dahin werden ihnen durch Lipoprotein-Lipasen Triglyzeride entzogen und es formen sich über die Zwischenstufe der IDL schließlich die cholesterinreichen LDL-Partikel. Die Aufgabe der HDL-Partikel besteht darin überschüssiges Cholesterin zur Leber zurück zu transportieren [79].

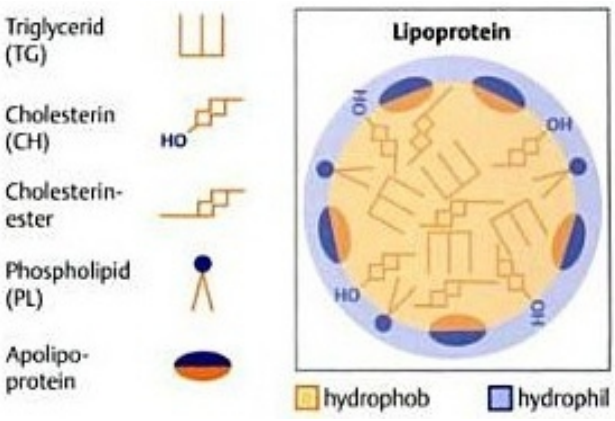



Abbildung 5 zeigt den schematischen Lipoproteinaufbau. Die blau gezeichnete hydrophile Hülle besteht aus hydrophilen Anteilen der Phospholipide, der Cholesterinmoleküle und der Apolipoproteine; der gelbe, hydrophobe Kern besteht aus Triglyzeriden, Cholesterinestern, und den hydrophoben Anteilen der Phospholipide, sowie der Cholesterin-Moleküle.

Abbildung 5: Lipoproteinaufbau (aus Pharmakologie und Toxikologie, Lüllmann 2006)

Tabelle 7: Eigenschaften von Lipoproteinen

| | Durchmesser (in nm) | Triglyzerid-Anteil (in %) | Cholesterin-Anteil (in %) |
|---|---|---|---|
| Chylomikronen | < 1000 | 90 | 5 |
| VLDL | 50 | 60 | 15 |
| LDL<br>Lipoprotein(a) | 21<br>25 | 10 | 42 |
| HDL | < 12 | 5 | 45 |

VLDL= very low-density Lipoproteine; LDL= low-density Lipoproteine; HDL= high-density Lipoproteine

Cholesterin ist für Menschen ein essentielles Lipid und wird sowohl endogen von der Leber produziert, als auch mit der Nahrung aufgenommen [55]. Es ist wichtiger Bestandteil von Zellmembranen und dient dem Körper als Ausgangsstoff der Steroid- und Gallensäuresynthese. Befindet sich zu viel Cholesterin im Körper wird es von sich in Gefäßwänden befindenen Makrophagen aufgenommen. Diese transformieren sich zu sogenannten Schaumzellen und begünstigen arteriosklerotische Veränderungen (siehe 1.2). Hierbei gilt vor allem das LDL als die Progredienz förderndes Lipoprotein, da es sich in der Peripherie anhäuft, wohingegen das HDL Cholesterin aus der Peripherie und dem Blut zur Leber abtransportiert und somit protektiv gegenüber Arteriosklerose wirkt [55].

Triglyzeride sind Hauptbestandteil der energiereichen Fettspeicher. Erfolgt eine erhöhte TG-Aufnahme, werden im Verlauf mehr VLDL-Partikel und somit auch LDL-Partikel gebildet.

Das Lipoprotein(a) (Lp(a)) gehört ebenfalls zu den low-density Lipoproteinen. Es ähnelt in Struktur und Aufbau dem LDL-Molekül. Seine genaue Funktion ist noch nicht geklärt [55]. Allerdings ist bekannt, dass Lp(a) die Fibrinolyse hemmt, sich in arteriosklerotischen Plaques anreichert und mit einem bis zu 3,5-fach höheren Arteriosklerose-Risiko verbunden ist [74].

Zur Lipid-Diagnostik werden im klinischen Alltag vor allem das Gesamtcholesterin, die Triglyzeride, das HDL- und LDL-Cholesterin, sowie das Lp(a) bestimmt. Die Richtwerte sind in Tabelle 16 (siehe Seite 35) zusammengefast.

Dihydroepiandrosteron (DHEA) ist ein Steroidhormon des Menschen, das sowohl in weibliches Estrogen, als auch in männliche Androgene umgewandelt werden kann. Seine Sulfatform (DHEAS) stellt dabei die hydrophile Transportform im Blut dar, wohingegen nur das lipophile DHEA intrazellulär in die Steroidhormone umgewandelt werden kann [4]. DHEA ist als Anti-Aging- oder „Jungbrunnenhormon“ bekannt geworden [4], da seine Serumkonzentration mit zunehmendem Alter stetig absinkt und es den Energieverbrauch der Zellen senkt [51]. Effekte, die an Ratten beobachtet wurden, wie sinkendes Körperfett, sinkendes Körpergewicht oder eine Abnahme in der Fettzellgröße und -anzahl [51] regten zu neuen Studien an, in denen eine DHEA-Supplementation als möglicher protektiver Faktor gegenüber viszeralen Bauchfetts erforscht wurde [48]. Ob sich eine natürlich höhere DHEAS-Konzentration im Serum präventiv vor viszeralen Fettakkumulationen auswirkt, wurde noch nicht untersucht.

## 1.7 Problematik der Körperfettmessung im Alter

Viele Körperanalysemethoden sind inzwischen in den klinischen Alltag integriert und an zahlreichen Studien überprüft worden. Verglichen dazu gibt es relativ wenige Referenzdaten und Studien über die Präzision der jeweiligen Methoden im Alter.

Ältere Menschen unterscheiden sich in vielen wichtigen Parametern von jungen Menschen. So ist die bei indirekten Methoden verwendete Annahme einer konstanten Hydratation und Dichte der FFM, bei älteren Menschen häufig nicht mehr zutreffend [40,109]. Veränderungen und Pathologien bei älteren, oft multimorbiden Patienten, wie z.B. Ödeme, Niereninsuffizienz, Osteoporose und medikamentöse Einflüsse auf den Wasser- und Elektrolythaushalt werden oft nicht berücksichtigt.

Zusätzlich deuten neuen Studienergebnisse [35] darauf hin, dass sich die BMI-Grenzen mit dem Alter nach oben verschieben und sich leichtes Übergewicht positiv auf die Überlebenswahrscheinlichkeit auswirkt. Dieses als obesity paradox bezeichnete Phänomen verdeutlicht den sich mit dem Alter verändernden Einfluss des Körperfettes.

Im Alter kommt es zu einer Veränderung in der Körperzusammensetzung mit Abnahme der fettfreien Körpermasse und der Muskelmasse mit kompensatorischer Zunahme der Fettmasse. Außerdem erfolgt eine Körperfett-Umverteilung zugunsten des abdominalen Fetts. Einige Körperanalysemethoden zeigten hierbei schon erhebliche Schwierigkeiten in der genauen Fettmassebestimmung [45,73,113,114,127].

Ein weiteres Problem ist, dass es noch keine cut-off points beim prozentualen Körperfettanteil im Alter gibt. So erstrecken sich die als noch physiologisch anzusehenden Grenzen von 24,6 KF(%) [69] - 30 KF(%) [119] bei Männern und von 32 KF(%) [69]-38% KF(%) bei Frauen. [8]

Einige Methoden sind sehr aufwendig und kompliziert durchzuführen, sind invasiv oder erfordern eine hohe Compliance und Mobilität, was bei älteren Menschen oft nicht mehr gewährleistet ist.

## 1.8 Fragestellung

Es gibt eine Vielzahl von möglichen Methoden, die zur Körperanalyse herangezogen werden können. BMI, BIA und DEXA haben längst ihren Einzug in den medizinischen Alltag gehalten und finden in vielen Studien Verwendung.

Die Referenzdaten beziehen sich dabei meist auf Probanden der mittleren Lebensspanne. Da es jedoch vor allem im Alter zu pathologischen Veränderungen der Körperzusammensetzung kommt, ist es wichtig die Validität dieser Methoden in einem älteren Probandenkollektiv zu überprüfen.

Es ist wichtig diese rechtzeitig zu erkennen, um frühstmöglich geeignete Präventions- und Therapiemaßnahmen ergreifen zu können.

Bei BASE-II erfolgen BIA-Messungen, DEXA-Messungen und anthropometrische Messungen (BMI-, Caliper- und Umfangsmessungen) zur Analyse der Körperzusammensetzung an jüngeren und älteren Probanden. Dies stellt eine einmalige Gelegenheit dar, die unterschiedlichen Messergebnisse miteinander zu vergleichen und die Methoden auf ihre Genauigkeit hin zu überprüfen.

Das primäre Ziel dieser Arbeit ist es, die im klinischen Alltag inzwischen häufig verwendeten Methoden zur Körperanalyse, BIA und DEXA, zu vergleichen. Es gilt herauszufinden, wie präzise beide Methoden das Körperfett insbesondere bei älteren Menschen bestimmen. Dazu wird untersucht, wie gut beide Methoden in der Körperfettmessung korrelieren. Zusätzlich soll geklärt werden, ob ein erhöter BMI oder Taillenumfang eine Auswirkung auf diese Korrelation oder die mögliche Diskrepanz beider Messergebnisse hin zeigt.

Es wird untersucht, welche Vor-, Nachteile und mögliche Fehlerquellen bei den Methoden auftreten können und wie gut sie die Fettverteilungsmuster, insbesondere das als schlecht angesehene viszerale Körperfett, detektieren können. Außerdem soll ein Vergleich zum einfach und schnell berechenbaren BMI analysieren, wie groß der zusätzliche Nutzen beider Methoden ist.

Sekundär soll der Frage nachgegangen werden, ob ein erhöhter Körperfettanteil zwangsläufig mit verschlechterten Blutfettwerten einhergeht und ob DHEA als möglicher protektiver Faktor von zu viel viszeralem Körperfett angesehen werden kann.

# 2. Methodik und Material

## 2.1 Die Berliner Altersstudie – BASE-I und BASE-II

Knapp 20 Jahre nach der ersten Berliner Altersstudie wird vom Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, dem Max-Planck-Institut für Molekulare Genetik, dem Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (Abteilung SOEP) und der Forschungsgruppe Geriatrie der Charité erneut eine Altersstudie durchgeführt. Die Zweite Berliner Altersstudie knüpft in einigen Aspekten an BASE-I an. Durch neue Methoden und neu gesetzte Schwerpunkte reicht BASE-II wissenschaftlich allerdings in vielerlei Hinsicht über BASE-I hinaus. Gemein haben beide Studien, dass sie mehr über das Altern und das Leben im Alter erfahren wollen. Der Fokus von BASE-I richtet sich auf hochbetagte Ältere, wohingegen BASE-II die teils physiologischen, teils pathologischen Veränderungen des Alterns und Faktoren, die zu interindividuellen unterschiedlichen Gesundheitszuständen im Alter führen, analysiert.

### 2.1.1 BASE-I

Das Ziel von BASE-I war eine interdisziplinär angelegte Untersuchung der Multimorbidität von älteren und hochbetagten Menschen. Insgesamt wurden 516 Probanden vom ehemaligen West-Berlin rekrutiert und über Jahre hinweg nachbeobachtet. Das Alter der Probanden lag bei 70 bis über 100 Jahren. [72]

Eine Zufallsstichprobe ermittelte initial 1.908 potentielle Probanden, allerdings nahmen nur 928 an der umfassenden Ersterhebung (1990-1993) teil. Diese beinhaltete 14 Sitzungen, in denen die Probanden anamnestisch, körperlich, psychologisch und psychiatrisch untersucht wurden. 516 Teilnehmer schlossen alle Intensivprotokolle ab und nahmen am längsschnittlich orientierten Studien-Design teil, das mit sechs Follow-up Untersuchungen bis 2009 fortgeführt wurde. Die Schichtung nach Alter und Geschlecht ermöglichte bessere Rückschlüsse auf die Gesellschaft zu ziehen und Geschlechter- bzw. Altersdifferenzen festzustellen.

Das querschnittliche Design diente dazu, einen momentanen Gesellschaftsquerschnitt der älteren Bevölkerung und ihres Lebens aufzeigen zu können. So erfasste man multi- und interdisziplinär die objektive und subjektive Gesundheit, Krankheiten, die Pharmako-therapie, den sozialen Hintergrund, Bildung, kognitive und physiologische Kapazitäten, die

Leistungsfähigkeit im Alter, sowie die psychische Verfassung der Teilnehmer und verglich sie miteinander.

Das längsschnittliche Design ermöglichte es, den individuellen Verlauf der einzelnen Personen über die Zeit hinweg verfolgen und Aussagen darüber machen zu können, welche Faktoren einen möglichen Einfluss auf ausgewählte Aspekte nahmen und wie sich einzelne Parameter veränderten.

### 2.1.2 BASE-II

Etwa 20 Jahre nach BASE-I begann 2009 die Zweite Berliner Altersstudie. Viele der bei BASE-I verwendeten Tests werden bei BASE-II ebenfalls durchgeführt [13]. Der Fokus bei BASE-II liegt vielmehr auf der Krankheitsentstehung und den individuellen Unterschieden der Gesundheit älterer Menschen. Hierfür werden die Probandenzahlen, sowie die Untersuchungs- und Altersvielfalt mit einer zusätzlichen jungen Kohorte (Probanden zwischen 20-35 Jahren) ergänzt. Die Stichprobe soll bis zum Abschluss der Studie 2200 Personen, 600 jüngere und 1600 ältere Teilnehmern/-innen, umfassen. Die Probanden/-innen sind allesamt Teilnehmer des international anerkannten Sozioökonomischen Panels (SOEP). Dabei handelt es sich um eine seit 1984 durchgeführte Wiederholungsbefragung über Bildung, Einkommen und Gesundheit von 12.000 Privathaushalten. Dadurch lassen sich die Forschungsergebnisse mit demografischen Hintergründen abgleichen und auf die Gesamtbevölkerung übertragen. Durch die zusätzliche Schichtung in Jung und Alt erhofft man sich mehr Aufschluss über altersbedingte Veränderungen und den schrittweisen Übergang in das Alter sowie prospektiv Einflüsse im jungen Erwachsenenalter auf Entwicklungsverläufe des Alterns zu erhalten.

Neben diesen Veränderungen der Probandenkohorte beinhaltet BASE-II weitreichendere Untersuchungen. Neue Methoden, die beim Erhebungszeitraum von BASE-I noch nicht zur Verfügung standen, fließen in die Untersuchungsvielfalt mit ein. Hierunter fallen neben genetischen Blutanalysen auch die Knochendichtemessung mittels Dual Energy X-Ray Absorptiometriy (DEXA) und Körperfettmessung mittels Bioelektrischer-Impedanz-Analyse (BIA). Die Untersuchung ist auf zwei Tage verteilt und umfasst jeweils vier Stunden.

#### 2.1.2.1 Erster Untersuchungstag

Der erste Untersuchungstag beinhaltet eine ärztliche Untersuchung mit einer allgemeinen Aufklärung über die Studie und einer umfassenden Anamnese (aktuell, biografisch, familiär, sozial). Es werden aktuelle und vergangene Krankheiten, Medikation, sozialer Status und soziales Umfeld dokumentiert. Anschließend erfolgt eine körperliche Untersuchung mit Inspektion des Probanden und Erfassung der Vitalparameter. Es werden Fragebögen ausgeteilt, die neben sozialem Umfeld das Ess-, Bewegungs- und Sexualverhalten erfassen. Desweiteren wird den Probanden ein Bewegungsgurt angepasst, der die folgenden sieben Tage getragen werden soll. Probanden der älteren Kohorte durchlaufen zusätzlich eine neuropsychologische Testung (neuropsychologisches Assessment, Mini-Mental Status Test, Geriatrische Depressionsskala), bei welcher sie auf Anzeichen von kognitiven Veränderungen, Demenz oder Depression untersucht werden [13].

#### 2.1.2.2 Zweiter Untersuchungstag

Am zweiten Termin, eine Woche später, wurden die Probanden nüchtern einbestellt und es erfolgten verschiedenste Untersuchungen (siehe Tabelle 8).

Nach Abgabe einer Urinprobe wurde von geschultem Personal insgesamt zwei mal Blut abgenommen (1. Nüchtern-Blut und 2. Zwei Stunden nach dem oralen Glukosetoleranz-Test) und an die kooperierenden Labore gesandt (siehe 2.6 Laborwerte). Anschließend erfolgten körperliche Untersuchungen, sensorische und motorische Tests, Fragebögen, sowie der Test Your Memory (TYM) - Test als Demenz-Screening Methode.

Tabelle 8: Untersuchungen zweiter Studientag bei Zweiter Berliner Altersstudie (BASE-II)

| | |
|---|---|
| Körperliche Untersuchung | - Urinprobe<br>- Blutentnahme<br>- oraler Glucosetoleranz-Test<br>- Ruhe-EKG<br>- Langzeit-EKG (2 h)<br>- Körperanalyse mittels BIA<br>- anthropometrische Messungen<br>↳ Calipermessung<br>↳ Körperumfangsmessungen<br>↳ Digitometrie<br>↳ Fotographie<br>- Pulsoximetrie<br>- Spirometrie<br>- Knochendichtemssung mittels DEXA |
| sensorische Tests | - Sehtest<br>- Hörtest |
| (Fein-) motorische Tests | - Grooved Peg Board Dexterity Test<br>- Electronic Tapping Test<br>- Geldzähltest nach Nikolaus<br>- Greifkraftmessung<br>- Handschriftprobe |
| Fragebögen | - Subjektiver Gesundheitszustand<br>- Subjektive Lebenszufriedenheit<br>- Hörfähigkeit<br>- Schlafempfinden<br>- körperliche Bewegung<br>- Ernährung |
| Demenz-Screening | - TYM Test |

EKG= Elektrokardiogramm; BIA= Bioelektrische Impedanz Analyse;
DEXA= Dual Energy X-Ray Absorptiometry; TYM= Test Your Memory

## 2.2 Probandencharakterisierung

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit wurden 600 Probanden für die Auswertung herangezogen. Die Teilnehmer waren alle europäischer Abstammung, so dass große ethnische Unterschiede ausgeschlossen werden können.

BIA-Messungen wurden ausschließlich an Probanden ohne Herzschrittmacher oder Implantierbarer Cardioverter/Defibrillator (ICD) durchgeführt, da deren Vorhandensein als Kontraindikation gelten.

Für die DEXA-Messung wurden schwangere oder stillende Probandinnen auf Grund der Strahlenbelastung ausgeschlossen.

Um eine präzise Analyse der Daten zu gewährleisten, wurden Probanden, die nur eine der beiden Messungen absolviert hatten oder bei denen die BIA-Messwerte nicht innerhalb der BIA-Einschlusskriterien (siehe 2.5 Einschlusskriterien) lagen, ausgeschlossen.

Nach Berücksichtigung aller Kriterien standen Daten von ***n*=498** Teilnehmern für die Analyse zur Verfügung.

Zusätzlich wurde darauf geachtet, die äußeren Rahmenbedingungen der Messungen (BIA: vollständig entleerte Harnblase, Hauttemperatur, Liegezeit, fettfreie und exakte Elektrodenanbringung; Anthropometrie: Messstellen; DEXA: exakte Positionierung der Probanden und Kalibrierung des Geräts) konstant zu halten.

## 2.3 Anthropometrische Messungen

Zu den anthropometrischen Messungen der BASE-II Studie zählten neben Größe- und Gewichtsbestimmung auch Körperumfangs- und Calipermessungen.

Zur Körpergrößen- und Gewichtsbestimmung (Körpergröße auf 0,1 cm genau; Körpergewicht auf 0,5 kg genau) wurden die Probanden in Unterwäsche bekleidet auf eine Präzisionsmessstation der Firma Seca (Modell Seca 764) gestellt. Anschließend wurden mit einem 1 cm breiten Maßband die Umfänge an vordefinierten Stellen gemessen. Dazu gehörten Handgelenke, Oberarme, der ex- und inspiratorische Brustumfang, Oberschenkel- und Unterschenkelumfang. Der Taillenumfang wurde genau in Mitte einer gedachten Linie zwischen unterem Rippenrand und höchster Stelle der Crista iliaca am stehenden Patienten

nach Expiration gemessen. Der Hüftumfang wurde ebenfalls in stehender Position auf Höhe der größten Breite am Trochanter major gemessen.

Der BMI wurde zur besseren Standardisierung ausschließlich aus den gemessenen Werten und nicht aus anamnestischen Angaben berechnet. Die BMI-Formel lautet:

$$\textit{Körpergewicht (in kg)/(Körpergröße (in m))}^2$$

Die Gewichtscharakterisierung der Probanden erfolgte mit Hilfe der WHO-Klassifikation und zusätzlich mit der Klassifikation nach ESPEN-Richtlinien (2000) für Menschen über 65 (siehe Tabelle 9).

Tabelle 9: Gewichtsklassifikation für europäische Erwachsene
(nach WHO 2008 und ESPEN 2000)

| Gewichtsklassifikation | Einteilung nach WHO, 2008 mit BMI ($kg/m^2$) | Einteilung nach ESPEN, 2000 mit BMI ($kg/m^2$) |
|---|---|---|
| Untergewicht | < 18,5 | < 20<br>(20-22 Risiko für Malnutrition) |
| Normalgewicht | 18,5-24,9 | 22-26,9 |
| Übergewicht | 25-29,9 | 27-29,9 |
| Adipositas Grad I | 30-34,9 | 30-34,9 |
| Adipositas Grad II | 35-39,9 | 35-39,9 |
| Adipositas Grad III | > 40 | > 40 |

BMI= Body Mass Index

Der Body Adiposity Index (BAI) wurde ebenfalls ausschließlich aus gemessenen Werten berechnet. Dazu diente die Formel:

$$\textit{Hüftumfang (in cm) / Größe (in m)}^{1.5} - 18 \textit{ [12]}$$

Eine Kategorisierung anhand des Körperfetts konnte lediglich für die jüngere Kohorte erfolgen, da es bis heute noch keine einheitliche Empfehlung für ältere Erwachsene gibt [39]. Die in Tabelle 10 aufgeführten Empfehlungen gelten für junge Erwachsene < 35 Jahren [2]. Bei der Beurteilung der Genauigkeit der Körperfettwerte richteten wir uns nach Lohman, der eine Abweichung von 4%-Punkten des Körperfettes als zumutbar befand [77].

Die Kategorisierung der Probanden anhand ihres Taillenumfangs erfolgte nach Kriterien des National Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (NCEP-ATP-III) und der International Diabetes Federation (IDF) (siehe Tabelle 11). Die Berechnung der WHR (WC in cm/HC in cm) [2,93] erfolgte ebenfalls ausschließlich aus gemessenen Werten geschulten Personals.

Tabelle 10: Kategorisierung anhand des Körperfetts (in %) von jungen Erwachsenen < 35 Jahren (Adam O., 2004)

| Klassifikation | Frauen | Männer |
|---|---|---|
| Normalbereich | 20-29,9 % | 10-19,9 % |
| Grenzwertig | 30-34,9 % | 20-24,9 % |
| Adipositas | 35-44,9 % | 25-34,9 % |
| Starke Adipositas | > 45 % | > 35 % |

Tabelle 11: Klassifikation des Taillenumfangs (nach IDF, 2005 und NCEP-ATP-III, 2001)

| Taillenumfang | w | m |
|---|---|---|
| Idealwert<br>erhöhtes Risiko<br>zentrale Adipositas | < 80 cm<br>80 – 88 cm<br>≥ 88 cm | < 94 cm<br>94 – 102 cm<br>≥ 102 cm |
| gute WHR | ≤ 0,80 | ≤ 0,95 |

w= Einteilungsgrenzen für Frauen; m= Einteilungsgrenzen für Männer; WHR= waist to hip ratio = Taillenumfang (cm) / Hüftumfang (cm)

Tabelle 12: Altersabhängige Waist to height ratio-Grenzen und Klassifikation (nach Sung et al., 2008)

| | Bis 40-jährige | Über 50-jährige | Klassifikation |
|---|---|---|---|
| WHtR-Grenzen | < ,40 | <,40 | Untergewicht |
| | ,40-,50 | ,40-,60 | Normalgewicht |
| | ,51-,56 | ,61-,66 | Übergewicht |
| | ,57-,68 | ,67-,78 | Adipositas |
| | >,68 | >,78 | Schwere Adipositas |

WHtR= Waist to height ratio = Taillenumfang (cm) / Körpergröße (cm)

Für die WHtR gibt es keine geschlechtsabhängigen, dafür aber altersabhängige cut-off-points, wovon die für diese Studie relevanten Werte in Tabelle 12 dargestellt sind. Der Index wurden aus den gemessenen Werten des Taillenumfang (in cm)/Körpergröße (in cm) berechnet.

Die Calipometrie erfolgte an vordefinierten Stellen mittels Holtain T/W Skinfold Caliper (siehe Abbildung 6). Dazu wurden Hautfalten über dem Musculus (M.) gastrocnemius, dem M. quadrizeps femoris, dem M. Bizeps brachii und dem M. trizeps brachii vermessen, sowie suprailiacal, abdominal, subscapular, midaxillär und pectoral. Zur prozentualen Körperfettberechnung wurde die Formel von Jackson & Pollock verwendet, die in Tabelle 13 dargestellt ist [93].



Abbildung 6: Skinfold Caliper von Holtain

Tabelle 13: Formel zur Körperfettberechnung aus 7-Hautfaltenmessung (nach Jackson & Pollock [57,59])

| | Frauen | Männer |
|---|---|---|
| 7-Hautfalten-Formel | ∑7HF = M. trizeps brachii + M. quadrizeps femoris + suprailiacale HF + subscapulare HF + abdominale HF + thoracale HF+ midaxilläre HF | |
| | (4,57/(1,0970 - (0,00046971*∑7HF) + (0,00000056*∑7HF$^2$) - (0,00012828*Alter))-4,142)*100 | (4,57/(1,112 - (0,00043499 * ∑7HF) + (0,00000055 * ∑7HF$^2$) - (0,00028826 * Alter))-4,142)*100 |

7-Hautfalten-Formel nach Jackson und Pollock; es wird zunächst die Summe aus den gemessenen Hautfaltendicken (in mm) aller 7 Körperstellen gebildet und diese dann in die geschlechterdifferenten Formeln zur Berechnung des prozentualen Körperfettanteils eingesetzt; HF=Hautfalten; ∑=Summe

## 2.4 DEXA-Messung

Die DEXA-Messung wurde durch ein Discovery®-Modell der Serie QDR von Hologic durchgeführt. Bei dieser Methode werden Photonen zweier unterschiedlicher Energieniveaus (laut Hologic-Herstellerangaben 48 keV und 89 keV) verwendet. Diese werden aus der Röntgenquelle im unteren Teil des C-Arms emittiert und mittles Detektor im oberen Teil des C-Arms aufgefangen und analysiert. Die anfallende Strahlenbelastung ist mit 5-7 µSv [68] sehr niedrig. Die natürliche, jährliche Strahlenbelastung beträgt in Deutschland etwa das 350-fache [19]. Für die Messung wurden die Probanden entkleidet sowie gebeten, den Schmuck abzulegen und sich auf dem DEXA-Tisch innerhalb der markierten Fläche zu positionieren (Abbildung 7).



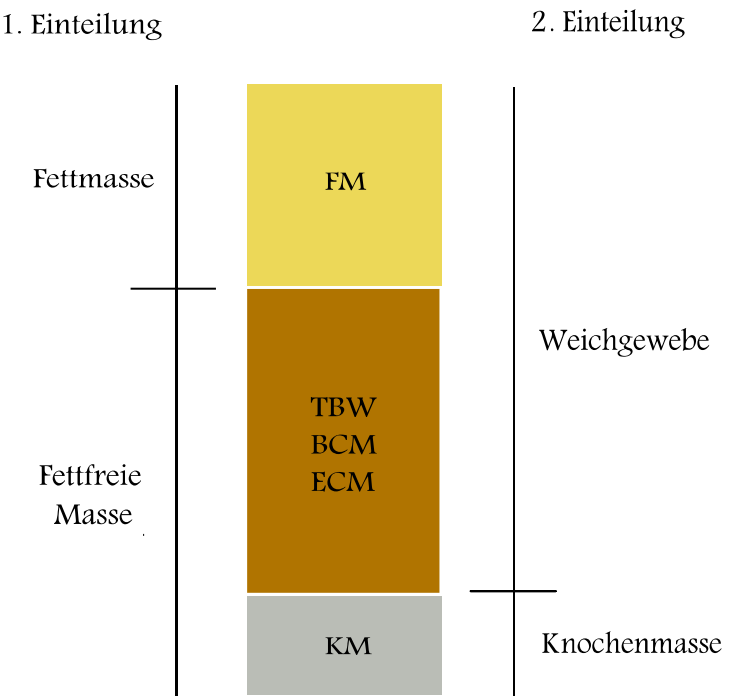

Abbildung 7: Messung mit Discovery® der Serie QDR von Hologic

Bei der DEXA-Messung wird der Körper in FM, FFM und Knochenmasse (KM), die einen Teil der FFM darstellt, unterteilt [68,95]. Verschiedene Gewebearten weisen jeweils eine andere Dichte und Zusammensetzung auf und schwächen die Photonenstrahlung daher unterschiedlich stark ab. Mit den daraus resultierenden Differenzmustern und den jeweils spezifischen Röntgenschwächungskoeffizienten (R-Werten) lässt sich das Fettgewebe von der Magermasse und vom Knochengewebe unterscheiden. Der R-Wert für Knochen liegt bei 2,8617, für Wasser bei 1,3572 und für Lipide bei 1,2058-1,2333 [95]. DEXA ermöglicht die Analyse dreier unterschiedlicher Körperkompartimente, obwohl sich bei einer Messung lediglich zwei Körperkomponenten voneinander abgrenzen lassen. Hierfür

ist eine Unterteilung des Körpers in zwei unterschiedliche Modelle (Abbildung 8) notwendig : 1. Fettmasse und Fettfreie-Masse

2. Knochenmasse und Weichgewebe

An knochenfreien Körperarealen wird dem 1. Modell folgend der prozentuale Anteil von Fett- zu Fettfreier-Masse ermittelt. Dieses Verhältnis gilt anschließend als gegebenes Zusammensetzungsverhältnis des Weichgewebes. Anschließend erfolgt an nicht knochenfreien Körperstellen mit Hilfe des 2. Modells die Berechnung der Knochen- und Weichgewebsmasse. Somit lässt sich ein Körper letztendlich in KM, FM und FFM differenzieren [68,95].




FM=Fettmasse; TBW=total body water; BCM=body cell mass; ECM=extracellular mass; KM=Knochenmasse

Abbildung 8: Einteilungsmodelle der Dual-Energy X-Ray (DEXA)-Methode

Ausgewertet und berechnet wurden die gemessenen Werte mit Hilfe der Hologic-APEX Softwareversion 3.0.1.

## 2.5 BIA-Messung

Verwendet wurde ein phasensensitives Multifrequenz BIA-Gerät der Firma Data Input GmbH aus der Reihe Nutriguard M-2000 (Abbildung 9). Es wurden drei Messungen mit jeweils 5, 50 und 100 kHz mit einem angelegten Strom von 0,8 mA durchgeführt.

Bei dieser Methode wird mit Hilfe geringen Wechselstroms die Körperzusammensetzung berechnet. Gemessen wird der elektrische Widerstand (Impedanz) eines Körpers gegenüber dem angelegten Strom. Gewebe mit wenig Flüssigkeit besitzen eine hohe Impedanz und sind nicht sehr leitfähig. Gewebe mit viel elektrolytreichem Körperwasser, wie z.B. Muskeln, leiten den Strom hingegen gut und besitzen somit eine geringe Impedanz. Die Impedanz besteht aus zwei Komponenten: Resistanz (R) und Reaktanz (Xc) (siehe Abbildung 10) [26,66].

Die Resistanz stellt den rein Ohm'schen Widerstand dar. Sie wird umso größer, je schlechter die Leitfähigkeit ist und ist deswegen umgekehrt proportional zum Gesamtkörperwasser [130]. Reaktanz ist der kapazitive Widerstand, der ein Kondensator Wechselstrom entgegensetzt. Im menschlichen Körper verhalten sich Zellen auf Grund der Lipiddoppelschicht ihrer Zellmembranen wie Kugel-Kondensatoren [26,107]. Somit liefert die gemessene Reaktanz Aufschluss über die vorhandene Körperzellmasse und ist direkt proportional zu dieser [130].

Die einzelnen Parameter berechnen sich laut Herstellerangaben aus:

- *TBW = Körpergröße$^2$/Resistanz * K1 (K1= Korrekturfaktor des Herstellers)*
- *FFM = TBW/0,73*
- *FM = Körpergewicht – FFM*

Der Phasenwinkel α, der bei phasensensitiven Messungen erfasst wird, kommt ebenfalls durch die Kondensator-Eigenschaft zu Stande [26]. Strom kann eine Zellmembran nicht einfach penetrieren. Zum Überwinden der Membranen muss zuerst Spannung erzeugt werden, was einen gewissen Zeitaufwand erfordert. Dadurch kommt es zu einer geringen zeitlichen Verschiebung des Spannungsmaximums gegenüber dem Strommaximum, wobei das Strommaximum dem Spannungsmaximum vorauseilt. Da Strom eine Sinusform beschreibt, wird diese Verschiebung in ° (Grad) angegeben. Bei 50kHz ist diese Verschiebung am höchsten. Diese Beziehungen zwischen R, Xc, α und der Frequenz wurden 1968 von Cole beschrieben und in grafischer Darstellung als Cole-Plot zusammengefasst (Abbildung 10).

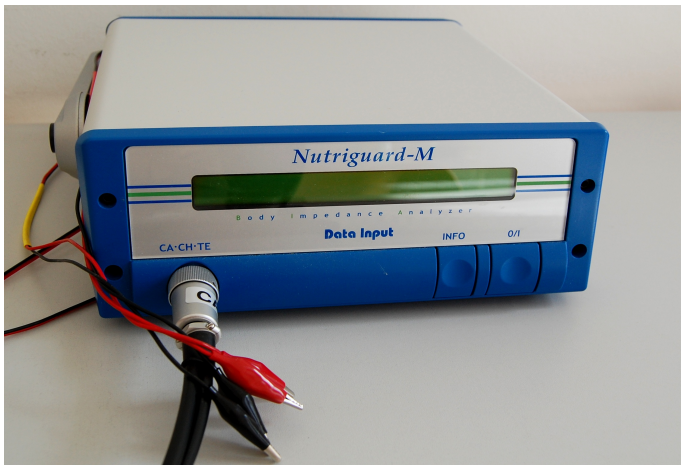



Abbildung 9: Nutriguard-M-2000 von Data-Input GmbH

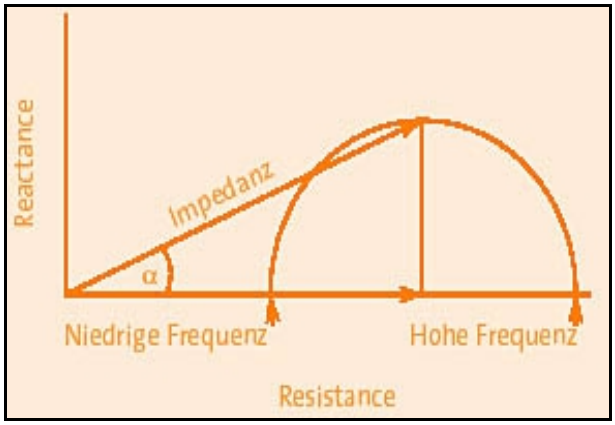



Abbildung 10 zeigt ein Cole-Plot. Auf der Abszisse aufgetragen befindet sich die Resistanz, auf der Ordinaten aufgetragen die Reaktanz; die Impedanz ergibt sich aus Resistanz + Reaktanz; der eingetragene Halbkreis beschreibt den Zusammenhang der Stromfrequenz mit der Größe des Phasenwinkels, der bei 50kHz (hier die Mitte des Halbkreises) am größten wird

Abbildung 10: „Cole-Plot: Vektoren der Impedanz“ (aus Data-Input, 2005) [26]

Der Phasenwinkel ist am aussagekräftigsten bei maximaler Reaktanz und ist direkt proportional zur Körperzellmasse. Er ist ein Maß für den Zustand der Zellen und somit für den Gesundheitszustand des Probanden. Er dient bei chronischen Erkrankungen, die mit Malnutrition einhergehen als prognostischer Marker [130]. Der Phasenwinkel ist unabhängig von anderen Messparametern wie Gewicht und Körpergröße, was ihn für messtechnische und andere Fehlerquellen weniger anfällig macht [130].

Die Art und Weise, wie der Strom durch den Körper fließt, hängt von der verwendeten Frequenz ab. Bei geringen Frequenzen (5kHz) wirken die Lipiddoppelschichten der Zellmembranen als Isolatoren, d.h. der Strom ist nicht in der Lage, in die Zelle einzudringen. Erfasst werden kann mit dieser Messung das extrazelluläre Wasser (ECW). Im mittleren Frequenzbereich (50 kHz) ist die Kondensatorleistung der Membranen am höchsten. Xc wird hier am größten und es erfolgt die größte Phasenverschiebung. Bei sehr

hohen Frequenzen hingegen geht der elektrische Strom ungehindert durch die Zellen und Zellmembranen hindurch (siehe Abbildung 11) [66,130].

Multifrequente und phasensensitive Messungen haben somit den Vorteil, dass sie mehr Körperkompartimente erfassen können und eine differenziertere Beurteilung des Gesundheitszustandes ermöglichen.

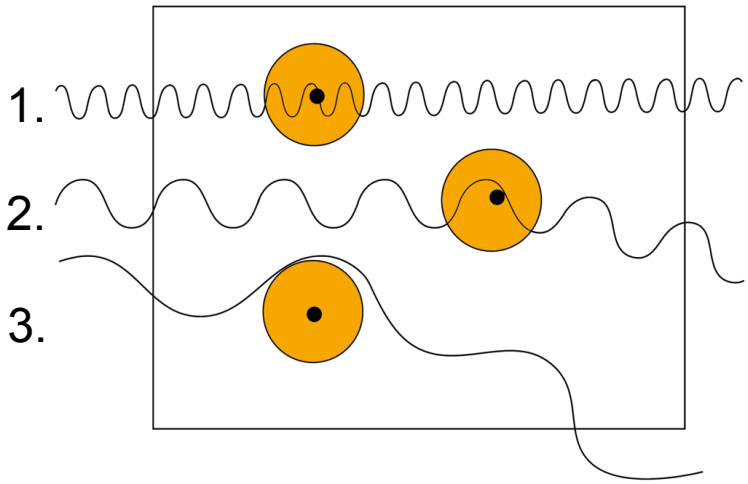



Abbildung 11 stellt Zellen (orange) mit Stromfluss (wellige Linien) unterschiedlicher Frequenz dar: 1. Stromfluss bei 100 kHz – die Zelle wird vollständig vom Strom durchdrungen; 2. Stromfluss bei 50 kHz – Reaktanz und die Ablenkung des Phasenwinkels sind am größten; 3. Stromfluss bei 5 kHz – der Strom kann die Zellmembran nicht durchdringen und fließt ausschließlich im extrazellulären Raum

Abbildung 11: Stromfluss bei verschiedenen Frequenzen (nach Data-Input, 2005) [26]

Zur Beurteilung des Gesundheitszustandes wird der ECM/BCM-Index herangezogen. Er stellt den Anteil der extrazellulären Masse im Vergleich zur intrazellulären Masse dar, welcher beim gesunden Menschen immer kleiner 1 sein sollte. Eine beginnende Malnutrition geht mit einer Abnahme der BCM und gleichzeitiger Zunahme der ECM einher, das heißt, der Index steigt an. Ein steigender Index kann durch katabole Prozesse der BCM oder durch Wassereinlagerungen in die ECM bedingt sein. Zur Beurteilung des Ernährungszustandes dienten die in Tabelle 14 aufgeführten Grenzen nach Data-Input [26].

Für die Messung wurden auf der ipsilateralen dominanten Körperseite (normalerweise rechts) jeweils zwei Elektroden an der Hand und am Fuß angebracht. Die stromleitende rote Elektrode befand sich dabei immer distal. Wichtig für eine genaue Messung ist, dass die Elektroden fettfrei, trocken und exakt geklebt werden [26,53]. Die Probanden wurden an den nötigen Stellen desinfiziert und die Elektroden nach Trocknung des Desinfektionsmittels einem Musterplan folgend angebracht (siehe Abbildung 12 und 13). Die rote Handelektrode lag proximal des Fingergrundgelenks des Zeige- und Mittelfingers, die schwarze Handelektrode distal einer gedachten Linie durch den Ulnakopf. Die

schwarzen Fußelektroden wurden distal einer gedachten Linie durch Innen- und Außenknöchel geklebt und die roten Fußelektroden proximal des Zehengrundgelenks des zweiten und dritten Zehs [26].

Tabelle 14: Beurteilung des Ernährungszustands anhand des Extracellular mass/Body cell Mass-Index (nach Data Input, 2005)

| ECM/BCM-Index | Beurteilung des Ernährungszustands |
|---|---|
| < 0,9 | Sehr guter Ernährungszustand |
| > 0,9 / < 1,0 | Guter Ernährungszustand |
| > 1,0 / < 1,1 | Befriedigender Ernährungszustand |
| > 1,1 / < 1,2 | Ausreichender Ernährungszustand |
| > 1,2 / < 1,3 | Mangelhafter Ernährungszustand |
| > 1,3 | Ungenügender/kataboler Ernährungszustand |

ECM= Extracellular mass; BCM= Body cell mass



Abbildung 12: Durchführung einer Bioelektrischen Impedanz Analyse (BIA)

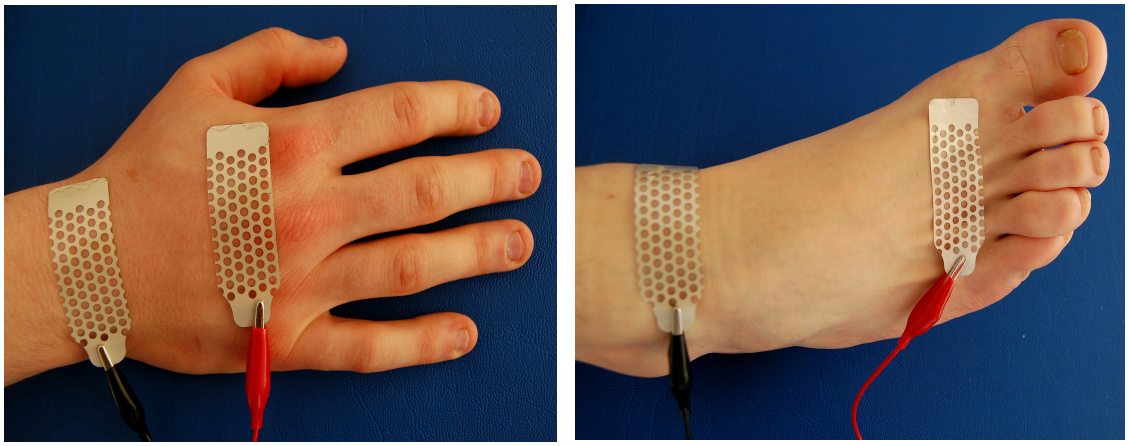


Abbildung 13: Korrekte Elektrodenanbringung bei Bioelektrischer Impedanz Analyse

Die BIA stellt eine doppelt indirekte Methode dar, das heißt die gemessenen Werte besitzen keine direkten theoretischen Bezüge zu den Körperkompartimenten [2,56]. Rückschlüsse auf die jeweilige Körperzusammensetzung ergeben sich aus mit Referenzdaten durchgeführten Korrelationsanalysen zu anderen Messmethoden. Darum ist die korrekte Ermittlung der Ressistanz- und Reaktanz-Werte von höchster Bedeutung. Die dafür wichtigen Bedingungen und möglichen Folgen bei Nicht-Einhaltung sind in Tabelle 15 zusammengefasst.

Tabelle 15: Standardisierte Messbedingungen für die Bioelektrische Impedanz Analyse (nach Data-Input, 2005)

| zu beachten | Hintergrund |
|---|---|
| Proband sollte nüchtern sein oder mindestens 2 h nicht gegessen/getrunken haben | Veränderung des Elektrolyt- und Wasserhaushalts |
| Letzte sportliche Betätigung sollte mind. 12 h zurückliegen | Veränderung des Elektrolyt- und Wasserhaushalts |
| 24 h kein Alkoholkonsum | Veränderung des Elektrolyt- und Wasserhaushalts |
| Liegezeit von 10 min vor der Messung | Gleichmäßige Verteilung der Körperflüssigkeiten und Relaxation der Muskeln |
| Extremitäten sollten dieselbe Hauttemperatur haben | Beeinflusst den Hautwiderstand und somit den gemessenen Gesamtwiderstand |
| Extremitäten dürfen sich nicht berühren (Abwinkelung von 30-45°) | Falscher Stromfluss liefert falsche Messdaten |
| Richtige Platzierung der Elektroden (dominante Seite; Mindestabstand beider Elektroden 5 cm) | Falscher Stromfluss liefert falsche Messdaten |

Die Messung wurde nur an Probanden ohne ICD oder Herzschrittmacher durchgeführt. Für die Analyse wurden Probanden mit zu hoch gemessenem Hautwiderstand ausgeschlossen. Folgende Richtwerte galten als Einschlusskriterien:

*1. Xc (50kHz) = 8-14% des R-Werts (50 kHz)*
*2. R gesamt < 1300 Ohm*
*3. R-Wert (50 kHz): ♀ = 400-750 Ohm; ♂ = 350-650 Ohm*

Die Berechnung der Werte erfolgte mittels NutriPlus Softwareversion 5.1.

## 2.6 Laborwerte

Die verwendeten Blutwerte wurden aus der ersten Nüchtern-Blutentnahme gewonnen. Die Auswertung erfolgte in zwei Laboren: Die Labor 28 AG in Berlin ermittelte die Triglyzeride, das Gesamtcholesterin, den HDL- und LDL-Anteil, sowie den HDL/LDL-Quotienten; das Zentrallabor der Charité lieferte die Werte des Lipoprotein(a) und den DHEAS-Wert.

Die Richt- bzw. Risikowerte der jeweiligen Parameter sind in Tabelle 16 aufgeführt.

Tabelle 16: Klassifikation von Blutfettwerten (nach NCEP, 2002 [121])

| | optimal | mäßig erhöhtes Risiko / Übergangsbereich | stark erhöhtes Risiko |
|---|---|---|---|
| Triglyzeride | < 150 mg/dl | 150-200 mg/dl | > 200 mg/dl |
| Gesamtcholesterin | < 200 mg/dl | 200-240 mg/dl | > 240 mg/dl |
| LDL-Wert | < 100 mg/dl | 100-160mg/dl | > 160 mg/dl |
| HDL-Wert | > 60 mg/dl | 40-60 mg/dl | < 35 mg/dl (m)<br>< 45 mg/dl (w) |
| Lipoprotein(a) | < 30 mg/dl | - | > 30 mg/dl |
| LDL/HDL-Quotient | < 2,5 | 2,5 - 3,5 | > 3,5 |

m= Richtwert für Männer; w= Richtwert für Frauen; LDL= low-density Liporpotein, HDL= high-density Lipoprotein

## 2.7 Statistische Analyse

Die statistischen Auswertungen erfolgten durch das Statistikprogramm SPSS von IBM Statistics Version 18. Zur deskriptiven Beschreibung der Daten wurden je nach Bedarf die Anzahl der Teilnehmer (*n*), der Mittelwert (*MW*), die Standardabweichung (*SD*), der Standardfehler (SEE), der Medianwert (*Mdn*), sowie Maximum- (*Max*) und Minimumwerte (Min) ermittelt. Das Signifikanzniveau (=Irrtumswahrscheinlichkeit) wurde auf $p \leq 0{,}05$ festgelegt.

Die Überprüfung auf Normalverteilung erfolgte mittels Kolmogorov-Smirnov-Test. Mittels des Levene-Tests wurden die Daten auf Varianzhomogenität geprüft und entsprechend behandelt.

Mit Hilfe des Pearson- und des Spearman-Tests wurden die Daten auf Korrelationen hin überprüft und der *p*-Wert angegeben.

Für Differenzuntersuchungen der Korrelationen wurden Steiger's und Fisher's Z-Test verwendet. Zur weiteren Interpretation und grafischen Darstellung dieser Differenzen wurden Bland-Altman-Diagramme verwendet [82].

Für die Beurteilung der Korrelationsstärke galten folgende Werte:

$r \leq 0{,}2$ = keine statistische Bedeutung

$0{,}2 < r \leq 0{,}4$ = schwache Korrelation

$0{,}4 < r \leq 0{,}75$ = mittlere Korrelation

$r > 0{,}75$ = starke Korrelation

Die Effektstärke nach Bravais-Pearson diente als weiteres Maß zur Beurteilung der Wirkung eines Effekts. Aus dem t-Test wurde die Effektstärke nach $r=\sqrt{(t^2/(t + df)}$ ($t$=aus t-Test ermittelter *t*-Wert, *df*= Freiheitsgrade) berechnet und aus dem Mann-Whitney- und dem Wilcoxon Rangsummentest geschah dies mittels $r=\sqrt{(z/n)}$ ($z$=aus t-Test ermittelter Wert, $n$=Anzahl der Fälle)[32].

Für *r*-Werte galten folgende Grenzen [32]:

$r \leq 0{,}1$ = kein Effekt

$0{,}1 < r \leq 0{,}3$ = kleiner Effekt

$0{,}3 < r \leq 0{,}5$ = mittlerer Effekt

$r > 0{,}5$ = starker Effekt

Zum Vergleich einzelner Variablen miteinander wurden t-Test, $x^2$-Test, Regressionsanalysen, Wilcoxon-Rangsummentest und Mann-Whitney-U Test verwendet.

Zur grafischen Darstellung dienten Tabellen, Balkendiagramme, Histogramme und Box-Plots.

# 3. Ergebnisse

Die Daten wurden als gesamte Stichprobe, unterteilt nach Alterskohorte, nach Geschlecht und zusätzlich in jeder Alterskohorte nach Geschlecht getrennt untersucht. Die Ergebnisse des Tests auf Normalverteilung sind zur besseren Übersicht in Tabellenform in Anhang C aufgelistet.

Untersucht wurden insgesamt *n*= 498 Probanden. Die junge Kohorte zählte *n*=114 Probanden mit *n*=67 (58,8%) weiblichen (w) und *n*=47 (41,2%) männlichen (m) Teilnehmern. Das Durchschnittsalter lag bei *MW*=28,8 Jahren (w: *MW*=28,4, *SD*=2,98, *Min-Max*=23-34; m: *MW*=29,4, *SD*=3,21, *Min-Max*=24-37).

In der älteren Kohorte befanden sich *n*=264 (68,8%) weibliche und *n*=120 (31,2%) männliche Probanden. Das Durchschnittsalter lag hier bei *MW*=68,4 Jahren (w: *MW*= 67,8, *SD*=3,48, *Min-Max*=62-82; m: *MW*=69,7, *SD*=3,35, *Min-Max*=62-81) (siehe Tabelle 17). Die Personenstärkste Gruppe waren die 65-69 jährigen.

Tabelle 17: Probandenkollektiv der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II), unterteilt in unterschiedliche Altersgruppen

| | | Geschlecht | |
|---|---|---|---|
| | | männlich | weiblich |
| | | *n*= 167 | *n*= 331 |
| Altersgruppen | unter 30 jährige | 23 | 42 |
| | 30 - 37 jährige | 24 | 25 |
| | 60-64 jährige | 6 | 44 |
| | 65-69 jährige | 51 | 149 |
| | 70-74 jährige | 55 | 61 |
| | über 75 jährige | 8 | 10 |

*n*= Anzahl der Personen innerhalb des Analysezeitraums 2009-2011

# 3.1 Körperbaumaße

## 3.1.1 Größe, Gewicht und BMI

Die in Tabelle 18 aufgeführten Daten zeigen Körpergröße, Körpergewicht und BMI-Verteilung pro Kohorte und getrennt nach Geschlecht.

Tabelle 18: Körpergröße, Körpergewicht und Body Mass Index von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

| | | junge Kohorte | | ältere Kohorte | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | männlich | weiblich | männlich | weiblich |
| | | *n*= 47 | *n*= 67 | *n*= 120 | *n*= 264 |
| Körpergröße (in cm) | Mittelwert | 179,86 | 167,35 | 174,78 | 162,59 |
| | Standardabweichung | 5,99 | 5,67 | 6,52 | 6,11 |
| | Minimum | 162,80 | 155,40 | 157,90 | 145,80 |
| | Maximum | 198,00 | 183,20 | 192,40 | 178,20 |
| | Median | 180,00 | 167,60 | 174,95 | 162,80 |
| Körpergewicht (in kg) | Mittelwert | 75,92 | 63,26 | 84,36 | 70,16 |
| | Standardabweichung | 11,63 | 12,75 | 11,22 | 11,65 |
| | Minimum | 60,50 | 47,00 | 63,70 | 47,00 |
| | Maximum | 130,10 | 117,30 | 124,20 | 104,50 |
| | Median | 75,50 | 59,90 | 83,00 | 68,40 |
| BMI (in kg/m$^2$) | Mittelwert | 23,45 | 22,49 | 27,62 | 26,55 |
| | Standardabweichung | 3,00 | 3,62 | 3,42 | 4,24 |
| | Minimum | 16,58 | 17,85 | 20,90 | 19,10 |
| | Maximum | 33,19 | 35,22 | 40,54 | 39,85 |
| | Median | 23,50 | 21,64 | 27,41 | 26,06 |

*n*= Anzahl der Personen innerhalb des Analysezeitraums 2009-2011; junge Kohorte = Probanden im Alter von 23-37 Jahren; ältere Kohorte = Probanden im Alter von 62-82 Jahren

Das mittlere Körpergewicht war im Alter signifikant höher. Das galt sowohl für die männlichen, als auch für die weiblichen Teilnehmer ($p$<,001). Nach Analyse der gesamten Stichprobe ergab sich eine positive Korrelation des Körpergewichts mit dem Alter ($p$<,001), die auch nach Geschlechtertrennung noch vorhanden war ($p$<,001). Nach Aufteilung in die einzelnen Alterskohorten konnte allerdings keine signifikante Korrelation mehr festgestellt werden.

Die Körpergröße war, wie erwartet, bei Männern signifikant höher als bei Frauen. Abhängig vom Alter zeigte sich, dass die Körpergröße sowohl bei Frauen, als auch bei Männern in der älteren Kohorte signifikant geringer war ($p$<,001).

Zusätzlich ergab sich eine negative Korrelation zwischen Alter und Körpergröße, die auch nach Aufteilung in die einzelnen Geschlechter noch vorhanden war ($p$<,001).

Betrachtete man den mittleren BMI, so war dieser bei der älteren Kohorte deutlich höher als bei der jüngeren Kohorte ($p$<,001). Auch zwischen den Geschlechtern konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Männer besaßen einen deutlich höheren mittleren BMI ($p$<,02). Nach Aufteilung in die jeweiligen Kohorten zeigte sich diese Differenz nur noch bei Männern der älteren Kohorte ($p$<,01). Dieser Unterschied blieb auch noch nach geschlechterdifferenzierter Analyse der jeweiligen Kohorten erhalten. So war der mittlere BMI der jungen männlichen Kohorte deutlich geringer im Vergleich zur älteren Kohorte ($p$<,001), ebenso verhielt es sich bei Frauen ($p$<,001). In den einzelnen Kohorten gab es keinen signifikanten BMI-Anstieg mit dem Alter.

Im Alter war ein deutlicher Anstieg des prozentualen Anteils der Personen mit Übergewicht oder Adipositas (BMI ≥ 25) erkennbar. Mit Hilfe des $x^2$-Tests konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den Kohorten festgestellt werden. Dies galt für männliche und weibliche Probanden ($p$<,001). Zur besseren Veranschaulichung der Werte-Differenzen dienen die Abbildungen 14, 15 und 16.

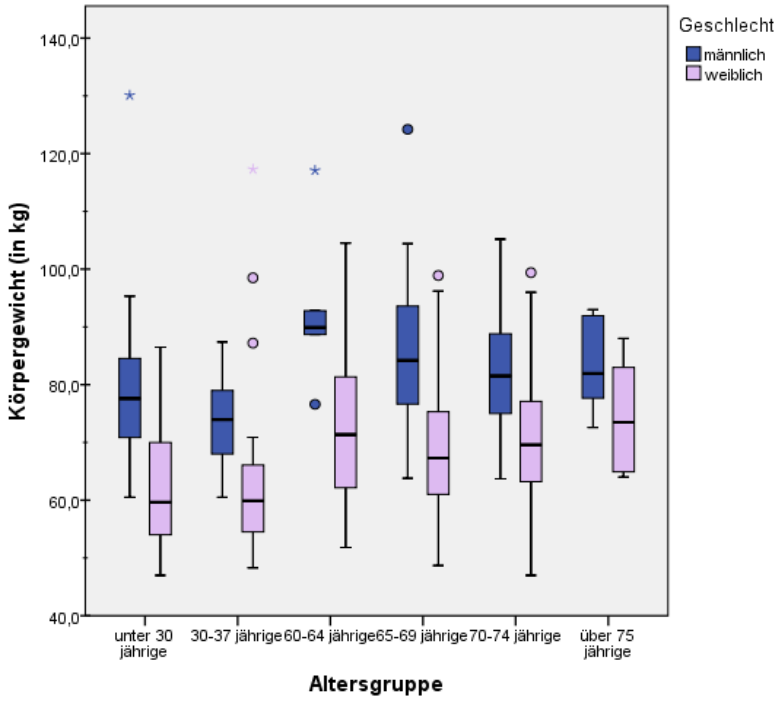



Abbildung 14: Mittleres Körpergewicht (in kg) von Probanden der Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011)

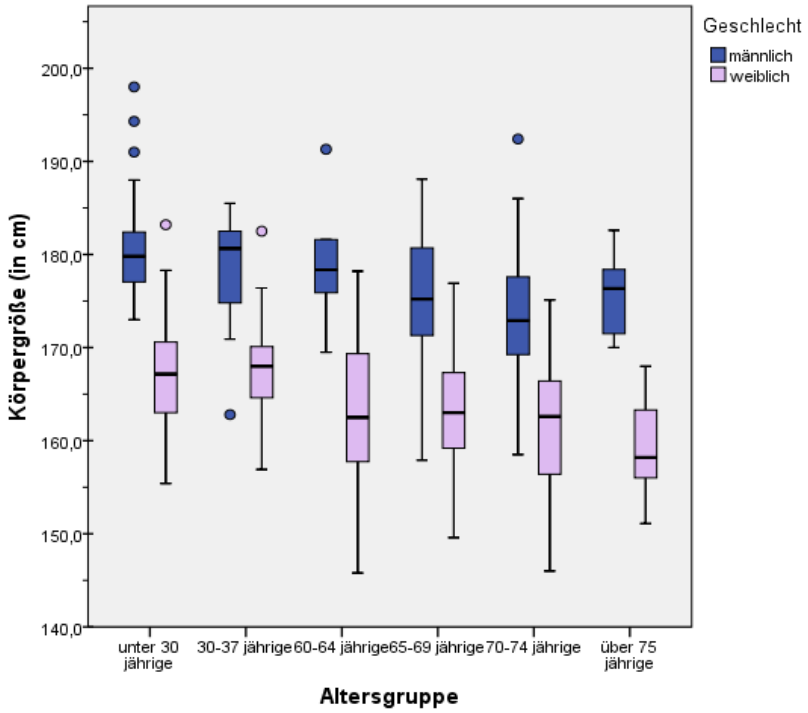



Abbildung 15: Mittlere Körpergröße (in cm) von Probanden der Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011)

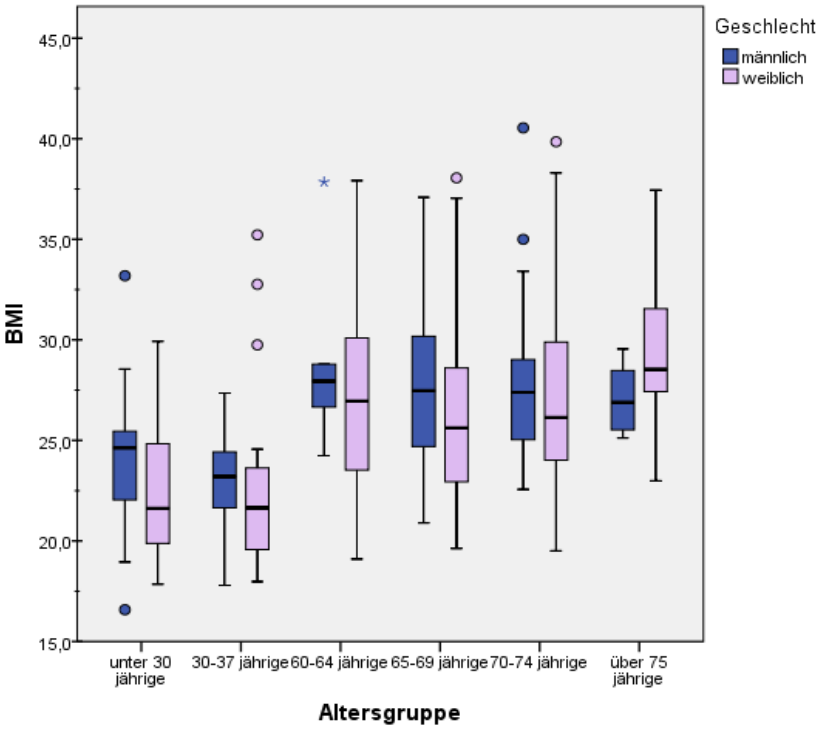



Abbildung 16: Mittlerer Body Mass Index (BMI) von Probanden der Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011)

In Abbildung 17 ist der jeweilige prozentuale Anteil der BMI-Gruppen (eingeteilt nach WHO, 2005) innerhalb der einzelnen Altersgruppen dargestellt. Die Zunahme des Anteils übergewichtiger Personen in den älteren Kohorten ist deutlich zu erkennen.

17 a)

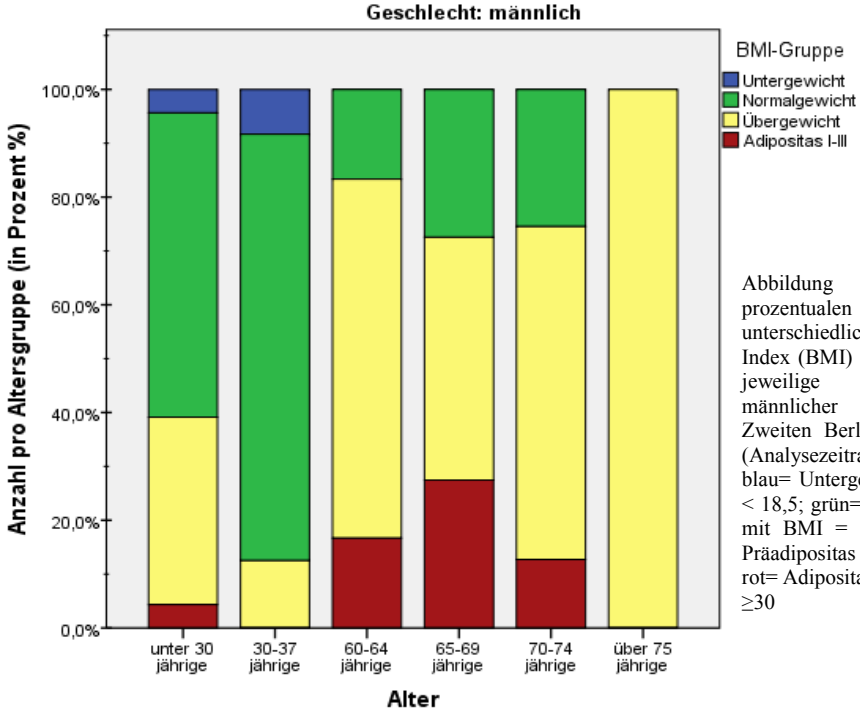



Abbildung 17 zeigt die prozentualen Anteile der unterschiedlichen Body Mass Index (BMI) -Gruppen für die jeweilige Altersgruppe männlicher Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011); blau= Untergewicht mit BMI < 18,5; grün= Normal-gewicht mit BMI = 18.5-24.9; gelb= Präadipositas mit BMI ≥ 25; rot= Adipositas I-III mit BMI ≥30

17 b)

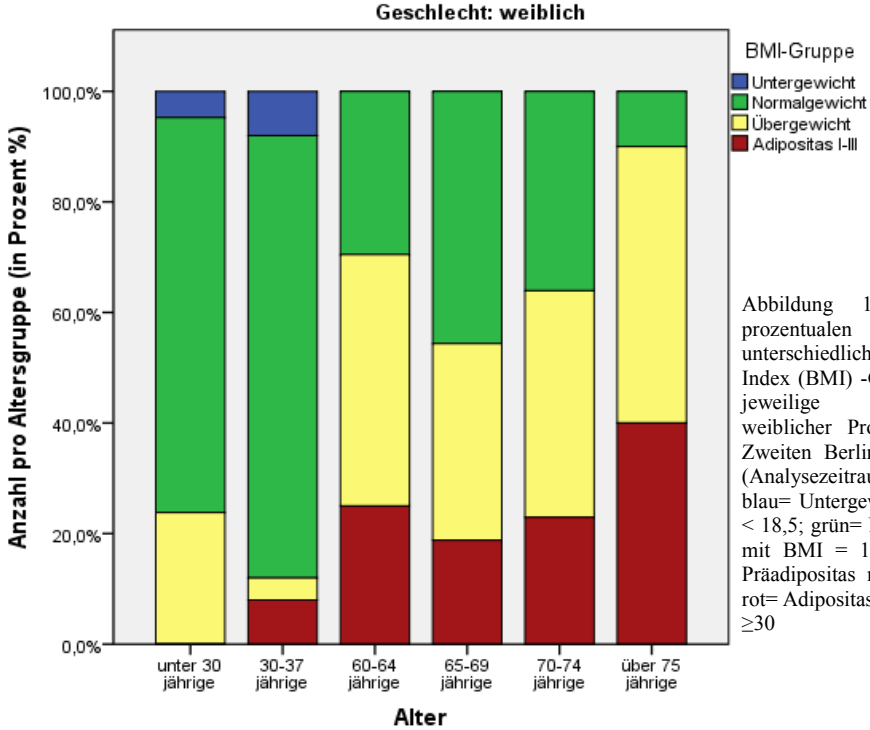



Abbildung 17 zeigt die prozentualen Anteile der unterschiedlichen Body Mass Index (BMI) -Gruppen für die jeweilige Altersgruppe weiblicher Probandinnen der Zweiten Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011); blau= Untergewicht mit BMI < 18,5; grün= Normal-gewicht mit BMI = 18.5-24.9; gelb= Präadipositas mit BMI ≥ 25; rot= Adipositas I-III mit BMI ≥30

Abbildung 17 a) + b): Body Mass Index (BMI) - Gruppenanteil (in %) männlicher Probanden (a) und weiblicher Probandinnnen (b) der Zweiten Berliner Altersstudie in jeweiliger Altersgruppe

Kategorisierte man die älteren Probanden nach ESPEN-Richtlinien, so zeigte sich im Vergleich zur WHO-Einteilung eine klare Abnahme in der Kategorie „Präadipositas“ und eine Zunahme in der Kategorie „Normal-“ und „Untergewicht“ (siehe Tabelle 19). Die prozentuale Anzahl von übergewichtigen oder adipösen Personen fiel somit bei Männern von 75,4 % auf 56,1 % und bei Frauen von 58,2 % auf 40 %. Es gab signifikant mehr Männer mit erhöhtem BMI als Frauen (p<,05).

Tabelle 19: Prozentualer Anteil von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (≥ 65 Jahre) innerhalb der einzelnen BMI-Gruppen (Einteilung nach WHO- und ESPEN-Richtlinien)

| | Geschlecht | |
|---|---|---|
| Gewichtsklassifikation (nach WHO- und ESPEN-Richtlinien) | männlich (*n*= 114) | weiblich (*n*= 220) |
| | Anzahl (in %) innerhalb der einzelnen Gruppen | Anzahl (in %) innerhalb der einzelnen Gruppen |
| Untergewicht | ,0% (2,6%) | ,0% (14,5%) |
| Normalgewicht | 24,6% (41,2%) | 41,8% (45,5%) |
| Präadipositas | 57,0% (37,7%) | 37,3% (19,1 %) |
| Adipositas Grad I | 14,9% | 17,3% |
| Adipositas Grad II | 2,6% | 3,6% |
| Adipositas Grad III | ,9% | ,0% |

*n*= Anzahl der Personen innerhalb des Analysezeitraums 2009-2011; junge Kohorte = Probanden im Alter von 23-37 Jahren; ältere Kohorte = Probanden im Alter von 62-82 Jahren; dargestellt sind die einzelnen Body mass Index Klassifikationen von Probanden 65 Jahre und älter nach unterschiedlichen Richtlinien: Die schwarz geschrieben Werte entsprechen der WHO-Klassifikation (Stand 2008); die rot geschrieben Zahlen entsprechen den ESPEN-Richtlinien für BMI-Klassifikation von Menschen über 65 Jahre (2000)

## 3.1.2 Taillenumfang, Hüftumfang, WHR, WHtR

### 3.1.2.1 Taillenumfang (WC)

Die Taillenumfangswerte sind in Tabelle 20 getrennt nach Kohorte und Geschlecht aufgeführt.

Es ergab sich ein signifikant höherer WC-Wert für die ältere Kohorte (*p*<,001). Dieser Effekt zeigte sich bei Männern signifikant stärker als bei Frauen (*p*<,05).

Betrachtet man die WC-Werte getrennt nach Geschlecht, hatten Männer einen signifikant höheren Taillenumfang, sowohl in der jungen, als auch in der älteren Kohorte (*p*<,001).

Tabelle 20: Taillenumfang von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

| | | junge Kohorte | | ältere Kohorte | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | männlich | weiblich | männlich | weiblich |
| | | *n*= 47 | *n*= 67 | *n*= 120 | *n*= 264 |
| Taillenumfang | Mittelwert | 84,93 | 77,52 | 101,86 | 91,52 |
| | Standardabweichung | 9,47 | 10,53 | 10,16 | 11,86 |
| | Minimum | 56,00 | 63,30 | 53,50 | 53,50 |
| | Maximum | 115,00 | 116,00 | 133,50 | 125,00 |
| | Median | 85,00 | 75,00 | 101,10 | 92,00 |

*n*= Anzahl der Personen innerhalb des Analysezeitraums 2009-2011; junge Kohorte = Probanden im Alter von 23-37 Jahren; ältere Kohorte = Probanden im Alter von 62-82 Jahren;

Tabelle 21: Taillenumfang (WC)-Risikogruppeneinteilung von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

| | | | junge Kohorte | | ältere Kohorte | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | männlich | weiblich | männlich | weiblich |
| | | | *n*=47 | *n*=67 | *n*=120 | *n*=264 |
| WC-Risiko-Gruppen | Risiko-Gruppe-I | Anzahl | 41 | 44 | 19 | 43 |
| | | Anzahl (in %) | 87,2% | 65,7% | 15,8% | 16,3% |
| | Risiko-Gruppe-II | Anzahl | 4 | 11 | 45 | 59 |
| | | Anzahl (in %) | 8,5% | 16,4% | 37,5% | 22,3% |
| | Risiko-Gruppe-III | Anzahl | 2 | 12 | 56 | 162 |
| | | Anzahl (in %) | 4,3% | 17,9% | 46,7% | 61,4% |

*n*= Anzahl der Personen innerhalb des Analysezeitraums 2009-2011; junge Kohorte = Probanden im Alter von 23-37 Jahren; ältere Kohorte = Probanden im Alter von 62-82 Jahren; dargestellt sind unterschiedliche Taillenumfangs-Risiko-Gruppen mit dem jeweils darin enthaltenen prozentualen kohortengetrennten Geschlechteranteil; für die Risiko-Gruppen galten die nach der International Diabetes Federation (IDF), 2005 und des National Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (NCEP-ATP-III), 2001 geltende Grenzen: Risiko-Gruppe-I= m: WC<94 cm; w: WC<80 cm; Risiko-Gruppe-II= m: WC= 94-102 cm; w: WC= 80-88 cm; Risiko-Gruppe-III= m: WC>102 cm; w: WC>88 cm; Risiko-Gruppe-I stellt einen guten Taillenumfang ohne erhöhtes Risiko auf kardiovaskuläre Erkrankungen dar, Risiko-Gruppe-II bedeutet ein leicht erhöhtes Risiko und Risiko-Gruppe-III stellt ein stark erhöhtes Risiko dar.

Tabelle 21 zeigt die nach Kohorte und Geschlecht getrennte Einteilung in die geschlechterdifferenzierten WC-Risiko-Gruppen. Es ergab sich von Jung zu Alt ein deutlicher Zuwachs in den höheren Risiko-Gruppen ($p$<,001). Dieser Effekt trat bei beiden Geschlechtern auf und war bei Männern signifikant stärker ausgeprägt als bei Frauen ($p$<,01). Obwohl Männer einen höheren mittleren WC-Wert aufwiesen, fielen, aufgrund unterschiedlicher Einteilungsgrenzen für Männer und Frauen, signifikant mehr Frauen in

die höheren Risikogruppen ($p$<,001). Dies galt für die junge ($p$<,01), wie auch für die ältere Kohorte ($p$<,05). Vor allem für die höchste Risiko-Gruppe-III konnte ein deutlich höherer Frauenanteil ausgemacht werden, sowohl bei der jungen ($p$<,03) als auch bei der älteren Kohorte ($p$<,01). Die prozentuale Zunahme in den WC-Risiko-Gruppen ist für Männer in Abbildung 18 a) und für Frauen in Abbildung 18 b) veranschaulicht.

18 a)

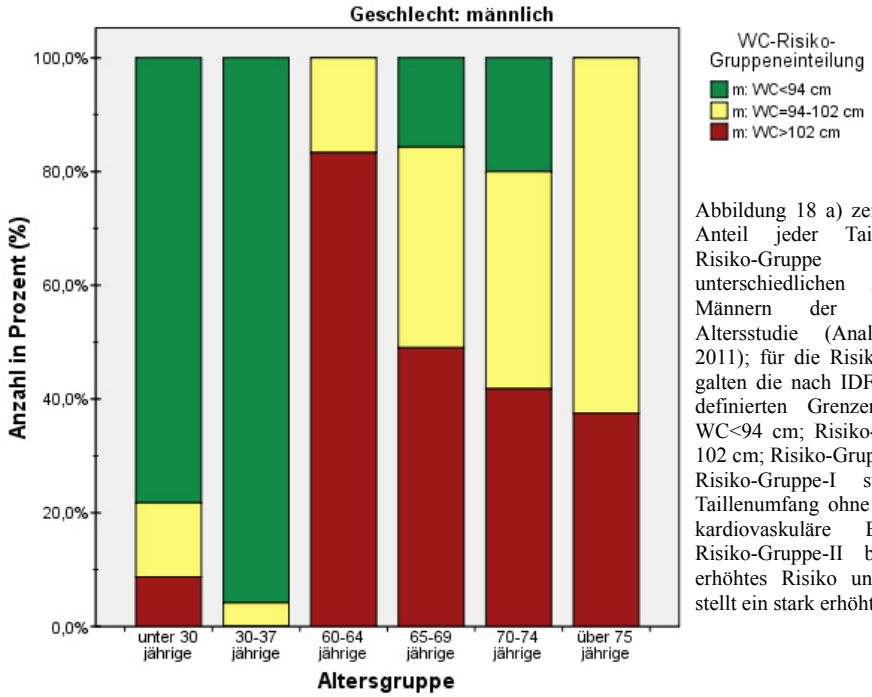



Abbildung 18 a) zeigt den prozentualen Anteil jeder Taillenumfang (WC)-Risiko-Gruppe innerhalb der unterschiedlichen Alterskohorten bei Männern der Zweiten Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011); für die Risiko-Gruppeneinteilung galten die nach IDF und NCEP-ATP-III definierten Grenzen: Risiko-Gruppe-I: WC<94 cm; Risiko-Gruppe-II: WC=94-102 cm; Risiko-Gruppe-III: WC>102 cm; Risiko-Gruppe-I stellt einen guten Taillenumfang ohne erhöhtes Risiko auf kardiovaskuläre Erkrankungen dar, Risiko-Gruppe-II bedeutet ein leicht erhöhtes Risiko und Risiko-Gruppe-III stellt ein stark erhöhtes Risiko dar.

18 b)

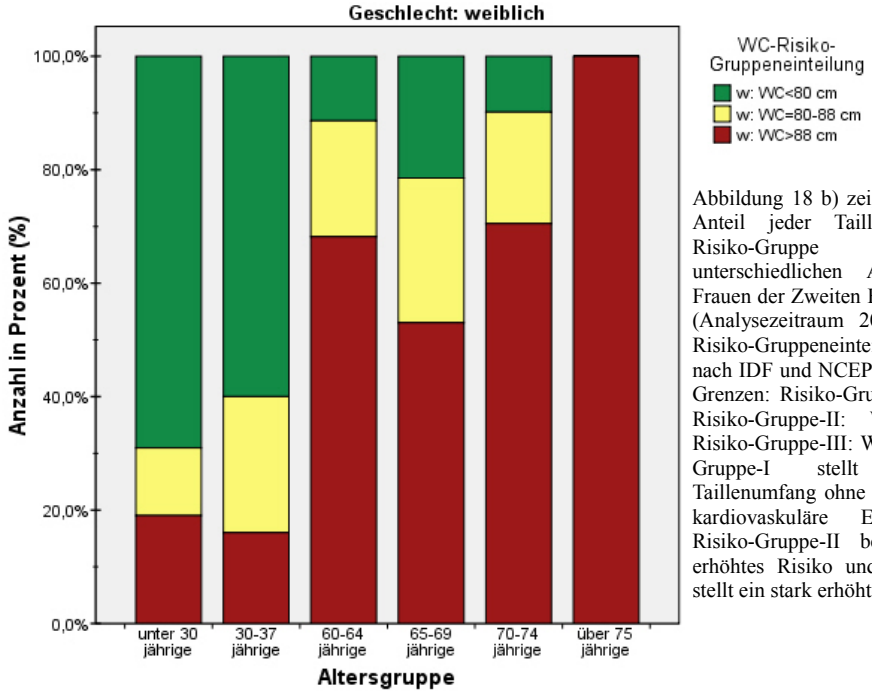



Abbildung 18 b) zeigt den prozentualen Anteil jeder Taillenumfangs (WC)-Risiko-Gruppe innerhalb der unterschiedlichen Alterskohorten bei Frauen der Zweiten Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011); für die Risiko-Gruppeneinteilung galten die nach IDF und NCEP-ATP-III definierten Grenzen: Risiko-Gruppe-I: WC<80 cm; Risiko-Gruppe-II: WC= 80-88 cm; Risiko-Gruppe-III: WC>88 cm; Risiko-Gruppe-I stellt einen guten Taillenumfang ohne erhöhtes Risiko auf kardiovaskuläre Erkrankungen dar, Risiko-Gruppe-II bedeutet ein leicht erhöhtes Risiko und Risiko-Gruppe-III stellt ein stark erhöhtes Risiko dar.

Abbildung 18 a) und b): Prozentualer Anteil der Taillenumfangs (WC)-Risiko-Gruppen bei Männer (a) und Frauen (b) der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II) in unterschiedlichen Altersgruppen

### 3.1.2.2 Hüftumfang (HU)

Die ermittelten Werte sind getrennt nach Kohorte und Geschlecht in Tabelle 22 aufgeführt.

Die Werte unterscheiden sich signifikant zwischen den Kohorten mit niedrigeren Werten der Jüngeren ($p$<,001) und zwischen den Geschlechtern mit niedrigeren Werten bei Männern ($p$<,02).

Nach Aufteilung in die jeweiligen Alterskohorten konnte jedoch kein signifikanter Geschlechterunterschied mehr festgestellt werden. Für beide Geschlechter ergab sich allerdings ein deutlich höherer Hüftumfang bei der älteren Kohorte ($p$<,001).

Tabelle 22: Hüftumfang von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

| | | junge Kohorte | | ältere Kohorte | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | männlich | weiblich | männlich | weiblich |
| | | *n*= 47 | *n*= 67 | *n*= 120 | *n*= 264 |
| Hüftumfang | Mittelwert | 91,10 | 92,14 | 98,45 | 101,57 |
| | Standardabweichung | 6,42 | 9,51 | 12,37 | 11,29 |
| | Minimum | 77,50 | 77,00 | 48,00 | 50,90 |
| | Maximum | 116,00 | 132,50 | 124,40 | 170,00 |
| | Median | 90,00 | 89,90 | 99,00 | 101,00 |

*n*= Anzahl der Personen innerhalb des Analysezeitraums 2009-2011; junge Kohorte = Probanden im Alter von 23-37 Jahren; ältere Kohorte = Probanden im Alter von 62-82 Jahren

### 3.1.2.3 WHR und WHtR

Männer hatten deutlich höhere Werte als Frauen, sowohl bei der jüngeren, als auch bei der älteren Kohorte (Tabelle 23). Dieser Effekt war bei der jüngeren Kohorte noch stärker ausgeprägt als bei der älteren Kohorte ($r_j$=,59 vs. $r_a$=,43).

Aufgrund geschlechterdifferenter Einteilungsgrenzen befanden sich nach Einteilung in die WHR-Gruppen (nach IDF, 2005 und NCEP-ATP-III, 2001, siehe Methodenteil) allerdings mehr Frauen als Männer in der Höchstrisiko-Gruppe ($p$<,001). Nach Aufteilung in die Kohorten galt dies allerdings nur noch für die jüngere Kohorte. Bei der älteren Kohorte konnte kein geschlechtsspezifischer Unterschied mehr festgestellt werden.

Zudem konnte man feststellen, dass der prozentuale Anteil in der Höchst-WHR-Gruppe bei der älteren Kohorte deutlich höher ist als bei der jungen Kohorte ($p$<,001). Dieser Anstieg in der schlechten WHR-Gruppe war bei Männern stärker ($p$<,001) (siehe Abbildung 19).

Es zeigte sich sowohl bei Frauen als auch bei Männern eine deutlich höhere WHtR bei der älteren Kohorte (Tabelle 23). Die mittlere WHtR der Männer war im Vergleich zu der von Frauen höher, sowohl bei der jungen als auch bei den alten Kohorte.

Nach Einteilung in die unterschiedlichen Gewichtsklassifikationen gab es auch hier einen signifikanten Anstieg in den höheren Risikogruppen, wenn man die Werte der jungen Kohorte mit denen der älteren Kohorte vergleicht ($p<,01$) (siehe Abbildung 20). Allerdings ist die Effektstärke sehr gering, was bedeutet, dass es nicht allzu starke Unterschiede sind ($p<,05$). Zwischen den Geschlechtern gab es keine signifikante Differenz.

19 a)

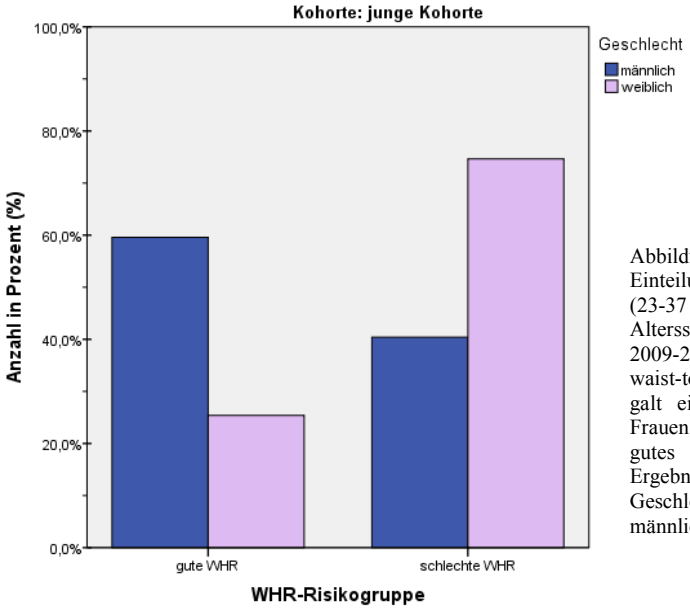



Abbildung 19 a) zeigt die Einteilung der jüngeren Kohorte (23-37 Jahre) der Zweiten Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011) in gute und schlechte waist-to-hip-ratio (WHR); dabei galt eine WHR von ≤ 0,8 für Frauen und ≤ 0,95 für Männer als gutes Taille-Hüft-Verhältnis; die Ergebnisse sind getrennt nach Geschlecht abgebildet (blau = männlich, rosa = weiblich)

19 b)

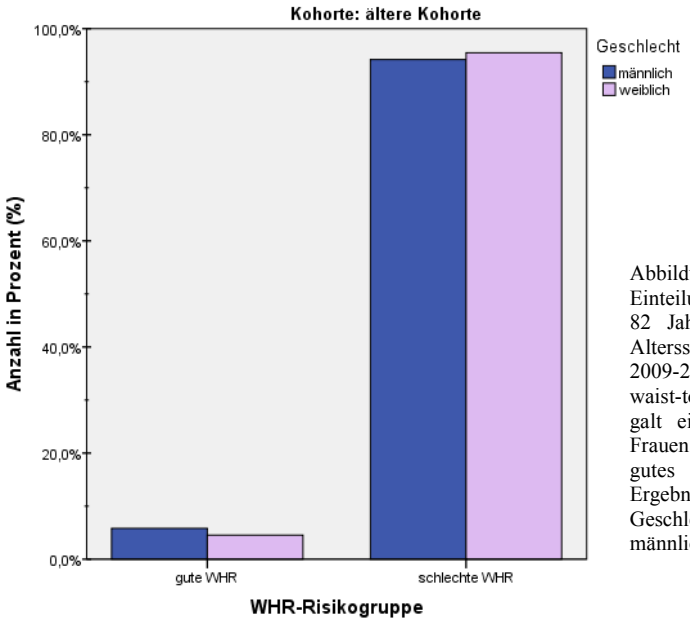



Abbildung 19 b) zeigt die Einteilung der älteren Kohorte (62-82 Jahre) der Zweiten Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011) in gute und schlechte waist-to-hip-ratio (WHR); dabei galt eine WHR von ≤ 0,8 für Frauen und ≤ 0,95 für Männer als gutes Taille-Hüft-Verhältnis; die Ergebnisse sind getrennt nach Geschlecht abgebildet (blau = männlich, rosa = weiblich)

Abbildung 19 a) + b): Waist-to-hip-ratio (WHR)-Risikoeinteilung von junger (a) und alter Kohorte (b) der Zweiten Berliner Altersstudie

20 a)

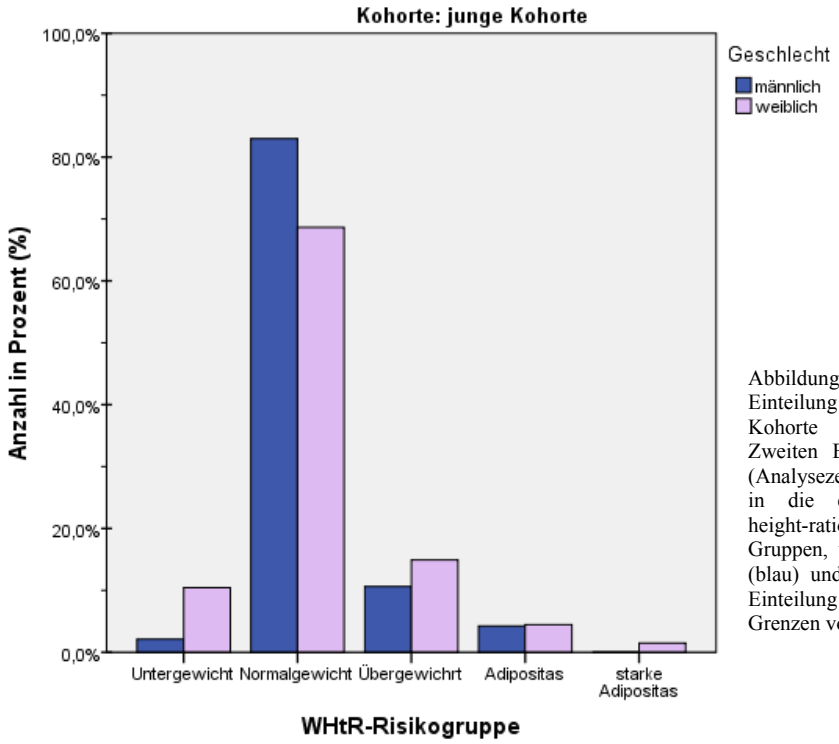



Abbildung 20 a) zeigt die Einteilung der jüngeren Kohorte (23-37 Jahre) der Zweiten Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011) in die einzelnen waist-to-height-ratio (WHtR) – Risiko-Gruppen, unterteilt in Männer (blau) und Frauen (rosa); die Einteilung erfolgte nach Grenzen von Sung et al., 2008

20 b)

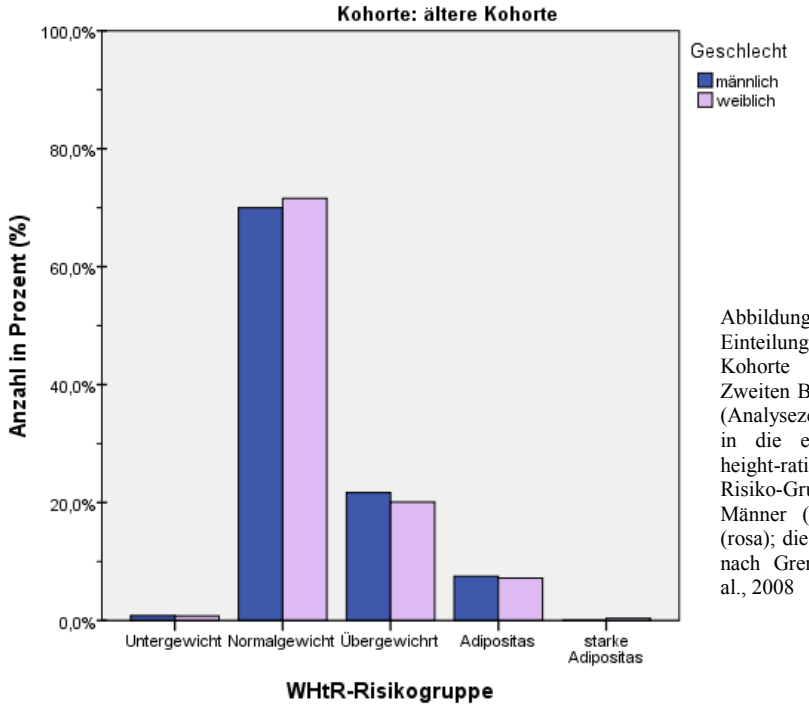



Abbildung 20 b) zeigt die Einteilung der älteren Kohorte (62-82 Jahre) der Zweiten Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011) in die einzelnen waist-to-height-ratio (WHtR) – Risiko-Gruppen, unterteilt in Männer (blau) und Frauen (rosa); die Einteilung erfolgte nach Grenzen von Sung et al., 2008

Abbildung 20 a) + b): Waist-to-height-ratio (WHtR)-Risikogruppeneinteilung von junger (a) und alter Kohorte (b) der Zweiten Berliner Altersstudie

Tabelle 23: Waist-to-hip ratio (WHR)- und waist-to-height-ratio (WHtR)-Werte von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

| | | junge Kohorte | | ältere Kohorte | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | männlich | weiblich | männlich | weiblich |
| | | *n*= 47 | *n*= 67 | *n*= 120 | *n*= 264 |
| WHR | Mittelwert | ,955 | ,841 | 1,050 | ,911 |
| | Standardabweichung | ,122 | ,067 | ,176 | ,135 |
| | Minimum | ,784 | ,703 | ,894 | ,490 |
| | Maximum | 1,679 | 1,011 | 2,038 | 2,220 |
| | Median | ,937 | ,838 | 1,022 | ,902 |
| WHtR | Mittelwert | ,48 | ,46 | ,58 | ,56 |
| | Standardabweichung | ,05 | ,06 | ,06 | ,07 |
| | Minimum | ,39 | ,36 | ,30 | ,33 |
| | Maximum | ,60 | ,64 | ,77 | ,78 |
| | Median | ,48 | ,45 | ,58 | ,57 |

*n*= Anzahl der Personen innerhalb des Analysezeitraums 2009-2011; junge Kohorte = Probanden im Alter von 23-37 Jahren; ältere Kohorte = Probanden im Alter von 62-82 Jahren; WHR = Waist-to-hip-ratio/ Taille-Hüft-Verhältnis; WhtR = Waist-to-height-ratio/Taille-Körpergröße-Verhältnis

### 3.1.3 Calipometrie und Body Adiposity Index

Aus der an vordefinierten Stellen gemessenen Hautfaltendicke wurde zur Berechnung des Körperfettanteils jeweils der Mittelwert aus beiden Körperseiten gebildet und zur Berechnung verwendet. Das ermittelte Körperfett ist in Tabelle 24 getrennt nach Kohorte und Geschlecht aufgelistet.

Nach Ausschluss von 34 Fällen, in denen einzelne Körperstellen nicht messbar waren oder die Messung verweigert wurde und somit eine Berechnung des Körperfetts nicht möglich war, berechneten wir den Körperfettanteil der restlichen 464 Fälle (m=158; w=306).

Tabelle 24: Aus Calipermessung berechnetes Körperfett (in %) von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

| | | junge Kohorte | | ältere Kohorte | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | männlich | weiblich | männlich | weiblich |
| | | *n*= 43 | *n*= 61 | *n*= 115 | *n*= 245 |
| aus 7-Hautfaltenformel berechnetes prozentuales Körperfett | Mittelwert | 18,88 | 25,53 | 25,77 | 31,96 |
| | Standardabweichung | 5,41 | 5,21 | 4,25 | 5,53 |
| | Minimum | 7,46 | 12,18 | 16,06 | 16,39 |
| | Maximum | 29,81 | 38,31 | 33,86 | 47,18 |
| | Median | 19,53 | 25,57 | 26,15 | 32,87 |

*n*= Anzahl der Personen innerhalb des Analysezeitraums 2009-2011; junge Kohorte = Probanden im Alter von 23-37 Jahren; ältere Kohorte = Probanden im Alter von 62-82 Jahren; berechnet mit 7 Hautfaltenformel von Jackson & Pollock

Die ältere Kohorte hatte einen signifikant höheren Körperfettanteil ($p$<,001). Dieser Effekt zeigte sich bei Männern stärker ausgeprägt als bei Frauen ($r_{Männer}$=.69 vs. $r_{Frauen}$=.48).

Wie vermutet, gab es beim prozentualen Körperfett eine signifikante Differenz zwischen den Geschlechtern. So hatten Frauen deutlich höhere Körperfettwerte ($p$<,001), was bei der jungen Kohorte noch stärker ausgeprägt war als bei der alten Kohorte ($p$<,001).

Untersuchte man die gesamte Stichprobe, so ergab sich eine positive Korrelation des berechneten Körperfetts mit dem Alter ($p$<,001). Innerhalb der einzelnen Alterskohorten galt dies allerdings nicht mehr.

Die aus dem BAI ermittelten Werte zeigten ebenfalls deutlich höhere Körperfettwerte für die ältere Kohorte und nach Geschlechtertrennung, höhere Werte für weibliche Probandinnen ($p$<,001) (Tabelle 25). Es konnte ebenfalls eine positive Korrelation der ermittelten Körperfettwerte mit dem Alter festgestellt werden. ($p$<,001)

Tabelle 25: Aus Body Adiposity Index ermitteltes prozentuales Körperfett bei Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

| | | junge Kohorte | | ältere Kohorte | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | männlich | weiblich | männlich | weiblich |
| | | *n*= 47 | *n*= 67 | *n*= 120 | *n*= 264 |
| aus Body Adiposity Index (BAI) berechnetes Körperfett (in %) | Mittelwert | 19,5 | 24,6 | 24,7 | 31,0 |
| | Standardabweichung | 3,6 | 3,7 | 5,7 | 6,0 |
| | Minimum | 5,2 | 17,5 | 3,4 | 5,6 |
| | Maximum | 26,8 | 35,7 | 42,6 | 62,5 |
| | Median | 20,1 | 24,3 | 25,3 | 30,8 |

*n*= Anzahl der Personen innerhalb des Analysezeitraums 2009-2011; junge Kohorte = Probanden im Alter von 23-37 Jahren; ältere Kohorte = Probanden im Alter von 62-82 Jahren

Vergleicht man die mittleren Körperfettwerte aus Calipometrie mit denen mittels BAI berechneten, fällt auf, dass es nur eine geringe Abweichung in den Ergebnissen gibt (Caliper-BAI → $M_{junge\ Männer}$=-1,0; $M_{junge\ Frauen}$=1,4; $M_{alte\ Männer}$=1,5; $M_{alte\ Frauen}$=1,4).

## 3.2 Vergleich der Körperbaumaße

Die WC korrelierte sehr stark mit dem BMI und zwar bei beiden Geschlechtern ($p$<,001). Eine höhere Korrelation für ein bestimmtes Geschlecht oder eine bestimmte Kohorte konnte nicht festgestellt werden (vgl. dazu Anhang D).

Nach Einteilung in die WC-Risikogruppen nahm diese Korrelation bei beiden Kohorten und Geschlechtern ab. Es konnte nur noch eine mittlere Korrelation bei der älteren und sogar nur noch eine schwache Korrelation bei der jungen Kohorte nachgewiesen werden ($p$<,001).

Vergleicht man die WC-Risikogruppen-BMI-Korrelationen der jungen Kohorte mit denen der älteren Kohorte, so ergab sich eine signifikant stärkere Korrelation bei den Älteren ($p$<,01), was auch nach geschlechtsdifferenzierter Analyse bei Männern und Frauen noch signifikant war ($p$<,05).

Ebenso ergab sich ein positiver Zusammenhang zwischen BMI und Hüftumfang ($p$<,001). Diese Korrelation war bei der alten Kohorte deutlich stärker als bei der jungen Kohorte ($p$<,05). Zwischen den Geschlechtern gab es keinen signifikanten Unterschied der Korrelationen.

Für die WHR ergab sich ebenfalls eine positive Korrelation zum BMI ($p$<,001), die jedoch deutlich geringer ausfiel als die vorherigen Korrelationen (vgl. dazu Anhang D). Unterteilt man die Gesamtstichprobe in Jung und Alt, nahm die Korrelation noch weiter ab. Eine leicht höhere Korrelation ergab sich für die geschlechtergetrennte Analyse.

Bei den WHR-Risikoeinteilungen fand sich ein signifikant höherer BMI für die schlechte WHR Gruppe ($p$<,001). Dieser Unterschied verlor jedoch nach Unterteilung in die einzelnen Kohorten seine Signifikanz. Untersuchte man die Geschlechter getrennt, so zeigte sich sowohl für Männer ($p$<,001), als auch für Frauen ($p$<,001) wieder ein signifikanter Unterschied des BMI zwischen der guten und der schlechten WHR-Gruppe. Dieser Effekt war bei Männern stärker als bei Frauen ($p$<,01).

Die WHtR wies eine sehr hohe Korrelation zum BMI auf (p<,001), die auch nach Einteilung in die Alterskohorten noch ähnlich hoch blieb (p<,001). Auch nach Geschlechtertrennung war die Korrelation bei beiden Geschlechtern sehr stark (p<,001). Die Korrelation der WHtR-Gruppen mit dem BMI war zwar geringer (p<,001), aber dennoch hoch (vgl. Anhang D).

Betrachtet man den Aspekt, dass WHR= WC/HU, korrelieren WC und WHR geringer miteinander als erwartet. Es zeigte sich nur eine mittlere Korrelation ($p$<,001). Verglichen dazu korrelierten WHtR und WC sehr gut und signifikant stärker miteinander ($p$<,01). WHR und WHtR zeigten eine mittlere Korrelation ($p$<,001).

## 3.3 BIA- und DEXA-Körperfettmessung

### 3.3.1 BIA-Körperfettmessung

Die BIA-Werte sind in der gesamten Stichprobe, sowie nach Unterteilung in Geschlecht und Kohorte normalverteilt (siehe Anhang C). In Tabelle 26 sind die ermittelten prozentualen Körperfettwerte (KF(%)) aufgelistet.

Wie erwartet, zeigte sich ein signifikanter Unterschied der Körperfettwerte zwischen den Geschlechtern. So hatten Männer einen deutlich geringeren Körperfettanteil als Frauen ($p$<,001). Dieser Unterschied war bei beiden Kohorten ähnlich groß. Es zeigte sich ein deutlicher Anstieg des KF(%) von Jung zu Alt. Unterteilt man die Daten nach Geschlecht, erhielt man sowohl für Männer, als auch für Frauen eine signifikante Zunahme des mittleren KF(%)-Werts mit dem Alter ($p$<,001). Diese Zunahme war bei Männern und Frauen ähnlich stark ausgeprägt.

Tabelle 26: Aus Bioelektrischer Impedanz Analyse (BIA) ermitteltes Körperfett (in %) von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

| | | junge Kohorte | | ältere Kohorte | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | männlich | weiblich | männlich | weiblich |
| | | *n*= 47 | *n*= 67 | *n*= 120 | *n*= 264 |
| BIA-Körperfett in Prozent (%) | Mittelwert | 15,8 | 24,6 | 21,9 | 31,0 |
| | Standardabweichung | 6,3 | 7,2 | 5,3 | 6,8 |
| | Minimum | 1,1 | 9,1 | 6,6 | 11,9 |
| | Maximum | 29,7 | 43,4 | 37,3 | 46,2 |
| | Median | 14,8 | 24,3 | 22,3 | 31,4 |

*n*= Anzahl der Personen innerhalb des Analysezeitraums 2009-2011; junge Kohorte = Probanden im Alter von 23-37 Jahren; ältere Kohorte = Probanden im Alter von 62-82 Jahren; BIA= Bioelektrische Impedanz Analyse

In Bezug auf das Alter konnte somit eine schwache, positive Korrelation festgestellt werden ($p$<,001). Innerhalb der einzelnen Alterskohorten ergaben sich allerdings negative Korrelationen. Diese war bei beiden Kohorten zwar signifikant, allerdings sehr schwach (jung: $r$=-,20, $p$<.04; alt: $r$=-,15, $p$<,003).

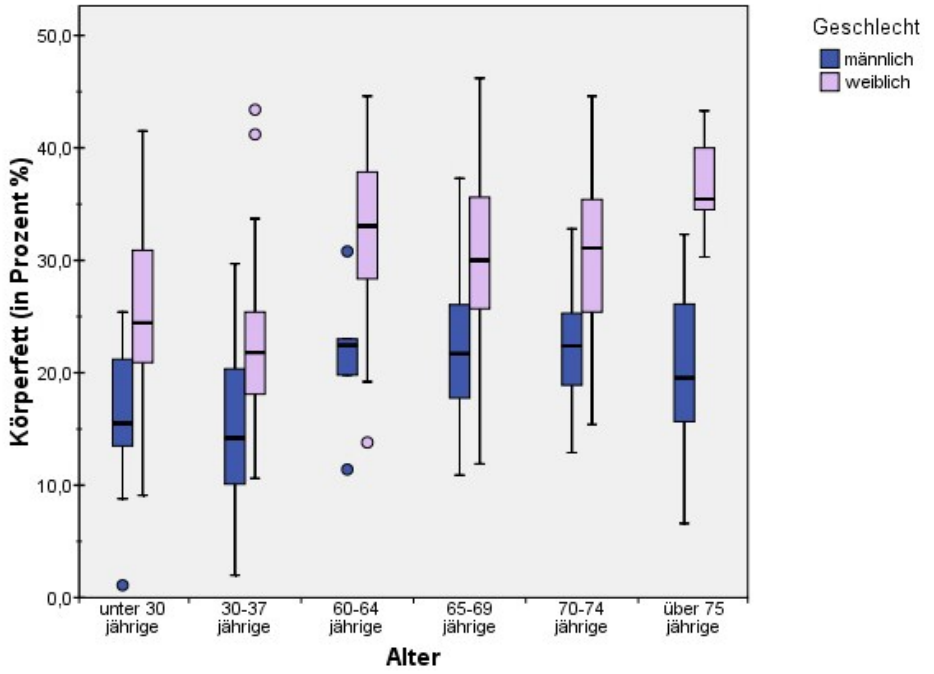



Abbildung 21: Aus Bioelektrischer Impedanz Analyse (BIA) ermittelter Körperfettanteil (in %) von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011)

Es zeigte sich wie zu erwarten eine negative Korrelation des ermittelten Körperfetts mit dem Phasenwinkel α ($p$<,001.), die sich zwischen den einzelnen Frequenzen nicht signifikant unterschied. Die mittlere fettfreie Magermasse war bei der jungen Kohorte signifikant höher als bei der älteren Kohorte ($p$<,001). Das galt sowohl für Männer, als auch für Frauen.

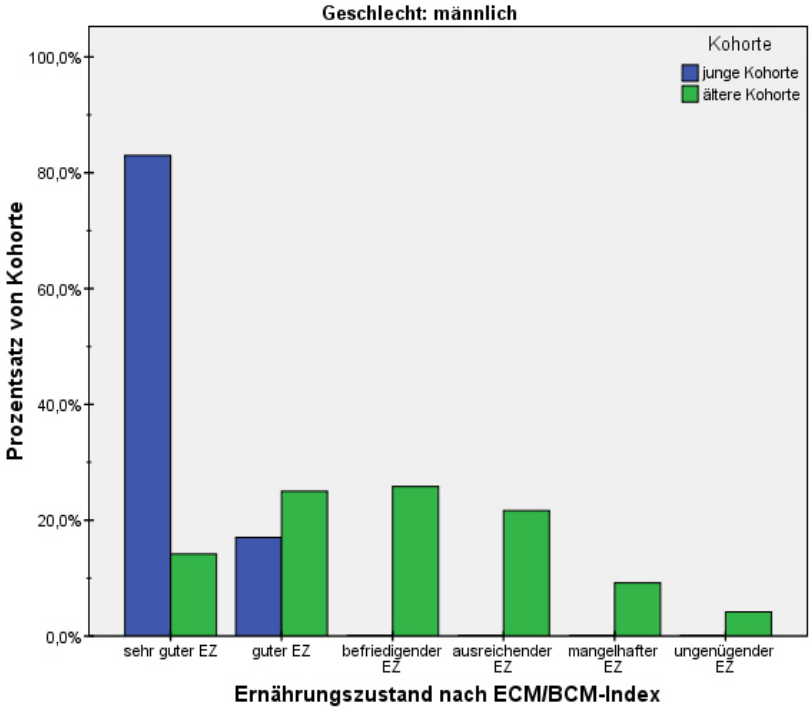
Das ermittelte Körperwasser unterschied sich bei der jungen Kohorte (*MW*=39,41, *SD*=7,78) nicht erheblich von dem der alten Kohorte (*MW*=39,04, *SD*=7,35). Allerdings zeigte sich bei den Werten eine deutliche Geschlechterdifferenz mit wesentlich höheren Werten bei Männern im Vergleich zu Frauen ($p$<,001).

Der ECM/BCM-Index fiel bei der älteren Kohorte (*MW*=1,00, *SD*=,13) signifikant höher aus, als bei der jungen Kohorte (*MW*=,83, *SD*=,10). Zusätzlich ergab sich eine signifikante Geschlechterdifferenz, bei der Frauen einen höheren und somit schlechteren mittleren Wert aufwiesen, als Männer ($p$<,01).

Betrachtet man die unterschiedlichen Ernährungszustände, sind signifikant mehr alte Menschen als junge in den schlechteren Ernährungszustands-Gruppen (p<,001). Dieser Anstieg von Jung zu Alt war bei den männlichen Teilnehmern signifikant höher, als bei den weiblichen Teilnehmern ($p$<,01) (siehe Abbildung 22).

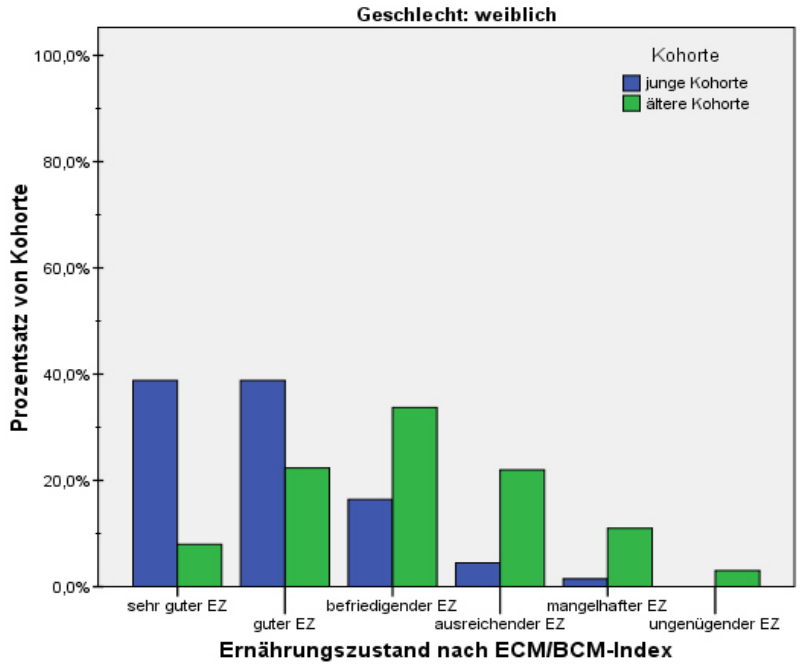
Trotz des stärkeren Anstiegs bei Männern befinden sich dennoch signifikant mehr Frauen in den schlechteren Ernährungszustands-Gruppen ($p$<,001). Diese Geschlechterdifferenz galt nach Aufteilung in die Kohorten allerdings nur noch für die junge Kohorte. Bei der älteren Kohorte konnte kein signifikanter Geschlechterunterschied mehr festgestellt werden.

22 a)




In Abbildung 22 a) ist die Beurteilung des Ernährungszustands anhand des Extra cellular mass / Body cell mass (ECM/BCM) - Index für männliche Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (Analyse-zeitraum 2009-2011) dargestellt; die y-Achse zeigt dabei den Prozentsatz der jungen, 24-37 jährigen Kohorte (blau) und der älteren, 62-81 jährigen Köhorte (grün) an.

22 b)




In Abbildung 22 b) ist die Beurteilung des Ernährungszustands anhand des Extra cellular mass / Body cell mass (ECM/BCM) - Index für weibliche Probandinnen der Zweiten Berliner Altersstudie (Analyse-zeitraum 2009-2011) dargestellt; die y-Achse zeigt dabei den Prozentsatz der jungen, 23-34 jährigen Kohorte (blau) und der älteren, 62-82 jährigen Köhorte (grün) an.

Abbildung 22 a) und b): Ernährungszustand nach Extracellular mass/Body cell mass (ECM/BCM)-Index Einteilung bei Männer (a) und Frauen (b) der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

### 3.3.2 DEXA-Körperfettmessung

Die DEXA-Werte sind in der gesamten Stichprobe, sowie nach Unterteilung in Geschlecht und Kohorte normalverteilt (siehe Anhang C). Die ermittelten KF-Werte sind nach Kohorte und Geschlecht getrennt in Tabelle 27 aufgelistet.

Tabelle 27: Dual Energy X-Ray ermitteltes Körperfett (in %) von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

| | | junge Kohorte | | ältere Kohorte | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | männlich | weiblich | männlich | weiblich |
| | | *n*= 47 | *n*= 67 | *n*= 120 | *n*= 264 |
| DEXA-Körperfett in Prozent (%) | Mittelwert | 23,34 | 32,99 | 29,49 | 39,23 |
| | Standardabweichung | 5,87 | 6,02 | 5,14 | 6,05 |
| | Minimum | 10,13 | 23,91 | 18,89 | 22,42 |
| | Maximum | 38,52 | 51,08 | 43,77 | 50,88 |
| | Median | 23,25 | 32,19 | 29,03 | 39,79 |

*n*= Anzahl der Personen innerhalb des Analysezeitraums 2009-2011; junge Kohorte = Probanden im Alter von 23-37 Jahren; ältere Kohorte = Probanden im Alter von 62-82 Jahren; DEXA= Dual Energy X-Ray Absorptiometry

Die DEXA-Messungen zeigten, ebenso wie die vorherigen anderen KF-Messungen, einen signifikanten Unterschied beim Körperfettanteil zwischen jung und alt ($p$<,001). Dies galt für beide Geschlechter ($p$<,001).

Wie auch bei den anderen Methoden hatten Frauen signifikant höhere Werte als Männer ($p$<,001). Dieser Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Probanden/-innen war in beiden Kohorten ungefähr gleich groß.

Betrachtete man die Gesamtstichprobe, so konnte eine schwach positive Korrelation der DEXA-Körperfettwerte mit dem Alter aufgezeigt werden, die nach Geschlechteraufteilung bei Männern signifikant höher war als bei Frauen ($p$<,05).

Bei der mittels DEXA-Messung ermittelten mittleren Magermasse konnte kein signifikanter Unterschied zwischen der jungen Kohorte und der alten Kohorte festgestellt werden ($p$>,05). Erst nach geschlechtsdifferenzierter Betrachtung fand sich ein signifikanter Unterschied von Jung zu Alt sowohl bei Männern ($p$<,01), als auch bei Frauen ($p$<,001).

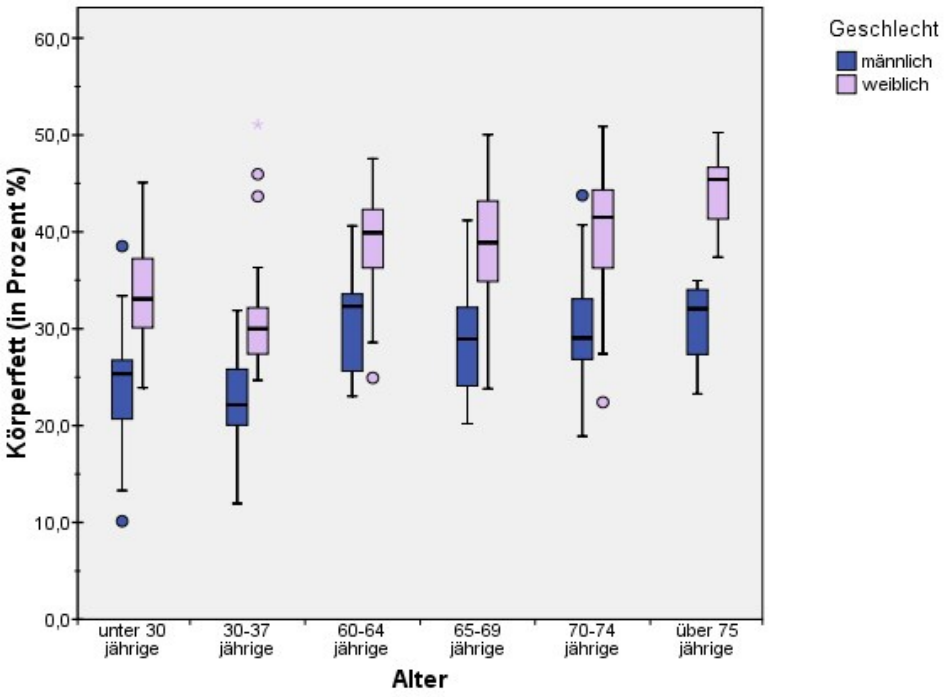



Abbildung 23: Dual Energy X-Ray (DEXA) ermittelter Körperfettanteil (in %) von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011)

### 3.3.3 BIA- und DEXA-Messungen im Vergleich

Einfache Korrelationsanalysen von BIA und DEXA wiesen eine sehr starke Korrelation auf ($r$= ,86, $p$<,001), die bei beiden Kohorten ungefähr gleich groß war. Zwischen den Geschlechtern zeigte sich für Frauen eine signifikant höhere Korrelation der beiden Messmethoden ($p$<,01). Der *SEE* der Regressionsgeraden lag in der Gesamtstichprobe bei 4,1 ($SEE_M$= 4,2 vs. $SEE_F$=3,7). Aufgetrennt nach Kohorte und Geschlecht zeigte sich bei der jungen Kohorte ein deutlicher Unterschied mit einer größeren SEE für Männer als für Frauen ($SEE_M$= 4,5 vs. $SEE_F$=3,0). In der älteren Kohorte konnte kein so deutlicher Unterschied zwischen den Geschlechtern ausgemacht werden ($SEE_M$= 4,01 vs. $SEE_F$=3,82).

Bei optischer Betrachtung der Bland-Altman-Plots (Abbildung 24) fällt bereits auf, dass das mit der DEXA-Methode ermittelte prozentuale Körperfett (*MW=34,54*) in fast allen Fällen höher lag als das mit der BIA-Methode gemessene (*MW*=26,52), da die BIA-DEXA-Differenz meist <0 war. Mit Hilfe des t-Tests konnte ein signifikanter, relativ hoher Unterschied zwischen den Methoden bestätigt werden ($p$<,001*)*. Mit Hilfe des Wilcoxon Rangsummen-Tests zeigte sich, dass in 486 Fällen die DEXA-KF-Werte höher als die BIA-KF-Werte lagen ($p$<,001*)*. Verglich man die intraindividuellen Werte beider Methoden miteinander, so ergab sich eine mittlere Differenz der prozentualen Körperfettwerte von

*MW*=8,21 (*SD*=4,01, *Mdn*=8,02, *Min.-Max*=,08 – 25,26). Es gab keinen Unterschied der mittleren Differenzen zwischen den Kohorten oder zwischen den Geschlechtern.

Diese große Differenzspannweite und die mittlere Abweichung der Werte beider Methoden ist aus den Bland-Altman-Plots gut ersichtlich.

24 a)

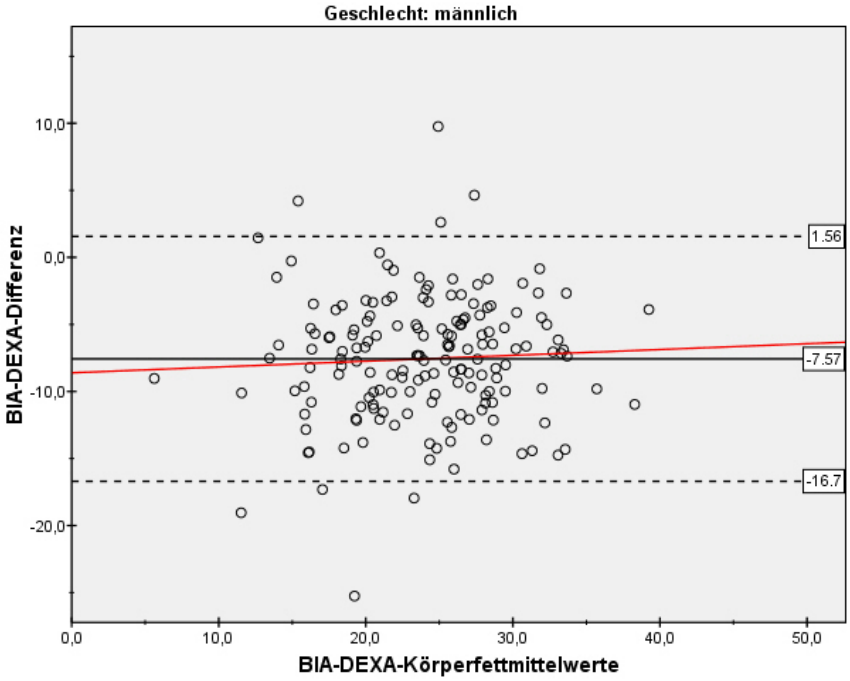



Abbildung 24 a) zeigt ein Bland-Altman-Diagramm der Fettkörperdifferenzen aus Bioelektrischer Impedanz Analyse (BIA) – Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA) bei Männern der Zweiten Berliner Altersstudie (Analyse-zeitraum 2009-2011); die durchgezogene Linie stellt dabei den Mittelwert der Differenzen dar; die gestrichelten Linien jeweils 1,96 x Standardabweichung der Differenzen; die rote Linie stellt die Ausgleichsgerade der Werte dar.

24 b)

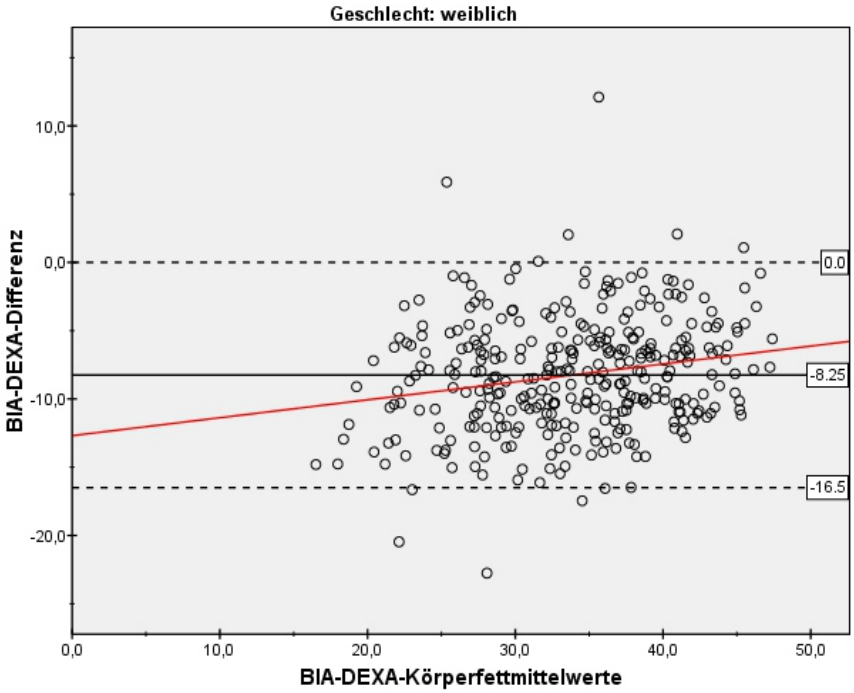



Abbildung 24 b) zeigt ein Bland-Altman-Diagramm der Fettkörperdifferenzen aus Bioelektrischer Impedanz Analyse (BIA) – Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA) bei Frauen der Zweiten Berliner Altersstudie (Analyse-zeitraum 2009-2011); die durchgezogene Linie stellt dabei den Mittelwert der Differenzen dar; die gestrichelten Linien jeweils 1,96 x Standardabweichung der Differenzen; die rote Linie stellt die Ausgleichsgerade der Werte dar.

Abbildung 24 a) und b): Bland-Altman-Diagramm der Fettkörperdifferenzen aus Bioelektrischer Impedanz Analyse (BIA) – Dual Energy X-Ray (DEXA) männlicher (a) und weiblicher (b) Probanden/innen der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

Nach Kategorisierung der Differenzwerte, bei der eine Differenz < 4% der ermittelten Körperfettwerte als maximal akzeptable Abweichung angesehen wurde, ergaben sich die in Abbildung 25 dargestellten Werte. Lediglich 15,9 % der Messungen wiesen nur eine geringe oder akzeptable Abweichung in den ermittelten Körperfettwerten auf. Das bedeutet, dass bei 84,1 % der Messvergleiche die Differenz mehr als 4 % betrug. Bei der Hälfte (50,6 %) aller Messungen betrug die Differenz sogar mehr als 8 % und bei knapp einem Fünftel (18,3 %) der Messungen traten extreme Abweichungen von über 12 % auf.

25 a)

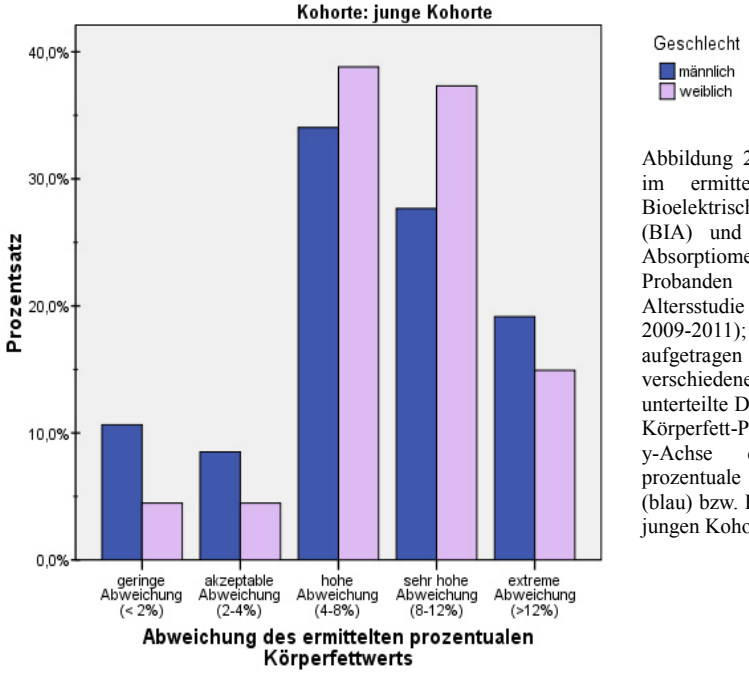



Abbildung 25 a) zeigt Differenzen im ermittelten Körperfett aus Bioelektrischer Impedanz Analyse (BIA) und Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA) von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011); auf der x-Achse aufgetragen sind die in verschiedene Abweichungsgrade unterteilte Differenzen, gemessen in Körperfett-Prozentpunkten; auf der y-Achse dargestellt ist der prozentuale Anteil aller Probanden (blau) bzw. Probandinnen (rosa) der jungen Kohorte.(23-37 Jahre)

25 b)

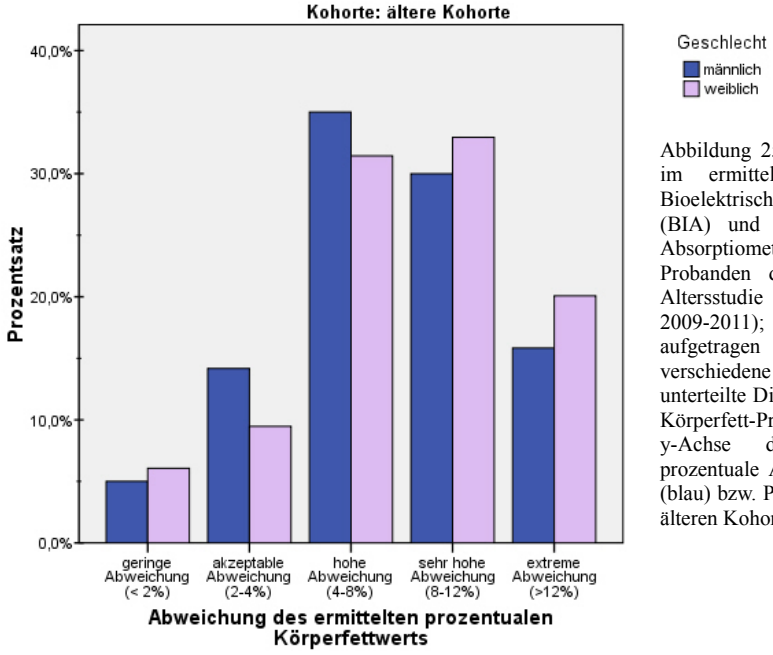



Abbildung 25 b) zeigt Differenzen im ermittelten Körperfett aus Bioelektrischer Impedanz Analyse (BIA) und Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA) von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011); auf der x-Achse aufgetragen sind die in verschiedene Abweichungsgrade unterteilte Differenzen, gemessen in Körperfett-Prozentpunkten; auf der y-Achse dargestellt ist der prozentuale Anteil aller Probanden (blau) bzw. Probandinnen (rosa) der älteren Kohorte.(62-82 Jahre)

Abbildung 25 a) + b): Körperfettdifferenzen aus Bioelektrische Impedanz Analyse (BIA) – Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA) beim prozentualen Körperfett der jungen (a) und alten Kohorte (b) der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

Es ergab sich eine signifikant negative Korrelation der BIA-DEXA-Differenzen mit den BIA-DEXA-Körperfettmittelwerten, d.h. mit steigendem KF(%) nimmt die Differenz beider Methoden leicht ab ($p$<,03). Nach geschlechterdifferenzierter Analyse zeigte sich, dass dieser Effekt lediglich bei Frauen auftrat ($p$<,001). Bei Männern konnte keine Signifikanz mehr festgestellt werden ($p$>,35). Nach Unterteilung in die einzelnen Kohorten zeigte sich für junge Frauen eine negative Korrelation von $r$ =-,36, $p$<,003 und für ältere Frauen eine von $r$ =-,21, $p$<,001.

### 3.3.4 BIA- und DEXA-Werte im Vergleich zu anderen Parametern

Die unterschiedlich starken Korrelationen von BIA und DEXA zu anderen anthropometrischen Parametern sind in Tabelle 28 veranschaulicht dargestellt und in Anhang D und E getrennt nach Kohorte, nach Geschlecht, sowie nach Kohorte und Geschlecht mit Zahlenwerten aufgeführt.

Tabelle 28: Korrelationsstärke der Bioelektrischen Impedanz Analyse (BIA)- und Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA) zu unterschiedlichen anthropometrischen Parametern bei Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

| anthropometrische Parameter | | | BMI | WC | HC | WHR | WHtR | Caliper-Körperfett | BAI | DEXA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BIA | junge Kohorte | m | + | + | 0 | 0 | + | 0 | 0 | + |
| | | w | ++ | + | + | 0 | + | + | + | ++ |
| | alte Kohorte | m | + | + | + | 0 | + | 0 | 0 | + |
| | | w | ++ | + | + | 0 | + | + | + | ++ |
| DEXA | junge Kohorte | m | + | + | + | 0 | + | + | 0 | |
| | | w | ++ | + | + | 0 | + | + | + | |
| | alte Kohorte | m | + | + | + | 0 | + | + | + | |
| | | w | ++ | + | + | 0 | + | + | + | |

BIA = Bioelektrische Impedanz Analyse; DEXA= Dual Energy X-ray Absorptiometry; m= männliche Probanden; w= weibliche Probandinnen; BMI= Body mass Index; WC= Taillenumfang; HC= Hüftumfang; WHR= Taille-Hüft-Verhältnis; WHtR= Taille-Körpergröße-Verhältnis; BAI= Body Adiposity Index; **0**= keine oder schwache Korrelation mit Korrelationskoeffizient r < 0,4; + = mittlere Korrelation mit 0,4 < Korrelationskoeffizient r < 0,75; ++= starke Korrelation mit Korrelationskoeffizient r ≥ 0,75; Analysezeitraum 2009-2011

### 3.3.4.1 BIA-/DEXA-Werte-Vergleich zum BMI

Verglich man die ermittelten BIA-KF-Werte mit dem errechneten BMI, so zeigte sich ein signifikanter Unterschied der Korrelationen zwischen den Geschlechtern mit einer höheren Korrelation bei Frauen ($p$<,01). Bei den DEXA-KF-Werten ergab sich ein ähnliches Bild. Die weiblichen DEXA-KF-Werte korrelierten ebenfalls besser mit dem BMI ($p$<,01).

Steiger's Z Test zeigte eine signifikant stärkere Korrelation der BIA-KF-Werte mit dem BMI als dies bei den DEXA-KF-Werten der Fall war ($p$<,05).

In Tabelle 29 sind die mit beiden Methoden ermittelten, mittleren Körperfettwerte innerhalb der einzelnen BMI-Gruppen widergegeben. Auffallend dabei waren die relativ hohen DEXA-KF-Werte, selbst in den Unter- und Normalgewicht-BMI-Gruppen.

Abbildung 26 und 27 zeigt die junge Kohorte, die mittels ermittelter Körperfettwerte in unterschiedliche Körperfettgruppen (siehe Tabelle 10, S.26) eingeteilt worden ist. Dabei fiel auf, dass die DEXA Methode (Abbildung 26) häufiger höhere Körperfettwerte identifizierte als dies der BMI oder auch die mittels BIA-Messung ermittelten Werte vermuten liesen. Bei den aus der BIA-Methode ermittelten Werten hingegen erfolgte oft eine Klassifizierung in eine geringere Gewichtsstufe (Abbildung 27).

Tabelle 29: Mittelwerte des ermittelten Körperfetts aus Bioelektrischer Impedanz Analyse und Dual Energy X-Ray Absorptiometry in der jeweiligen Body Mass Index-Gruppe bei Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

| BMI | junge Kohorte | | | | ältere Kohorte | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | männlich | | weiblich | | männlich | | weiblich | |
| | BIA | DEXA | BIA | DEXA | BIA | DEXA | BIA | DEXA |
| < 18,5 | 3,2 (3) | 15,9 (3) | 14,5 (4) | 26,4 (4) | . | . | . | . |
| 18,5-24,9 | 15,4 (32) | 22,1 (32) | 22,7 (50) | 31,4 (50) | 17,9 (29) | 25,4 (29) | 25,4 (105) | 34,4 (105) |
| 25-29,9 | 19,5 (11) | 28,2 (11) | 33,8 (11) | 39,6 (11) | 21,9 (69) | 29,8 (69) | 32,4 (102) | 40,7 (102) |
| 30-34,9 | 24,7 (1) | 33,0 (1) | 41,2 (1) | 45,9 (1) | 26,2 (17) | 31,9 (17) | 38,3 (48) | 44,9 (48) |
| 35-39,9 | . | . | 43,4 (1) | 51,1 (1) | 30,1 (4) | 40,7 (4) | 41,8 (9) | 47,9 (9) |
| > 40 | . | . | . | . | 32,8 (1) | 43,8 (1) | . | . |

BMI= Body Mass Index; BIA= Bioelektrische Impedanz Analyse; DEXA= Dual Energy X-Ray Absorptiometry; Angegeben ist jeweils der berechnete Mittelwert aus den ermittelten Körperfettwerten beider Methoden; in Klammern dahinter steht jeweils die Anzahl *n* der zur BMI-Gruppe gehörenden Personen im Analysezeitraums 2009-2011; junge Kohorte = Probanden im Alter von 23-37 Jahren; ältere Kohorte = Probanden im Alter von 62-82 Jahren

26 a)

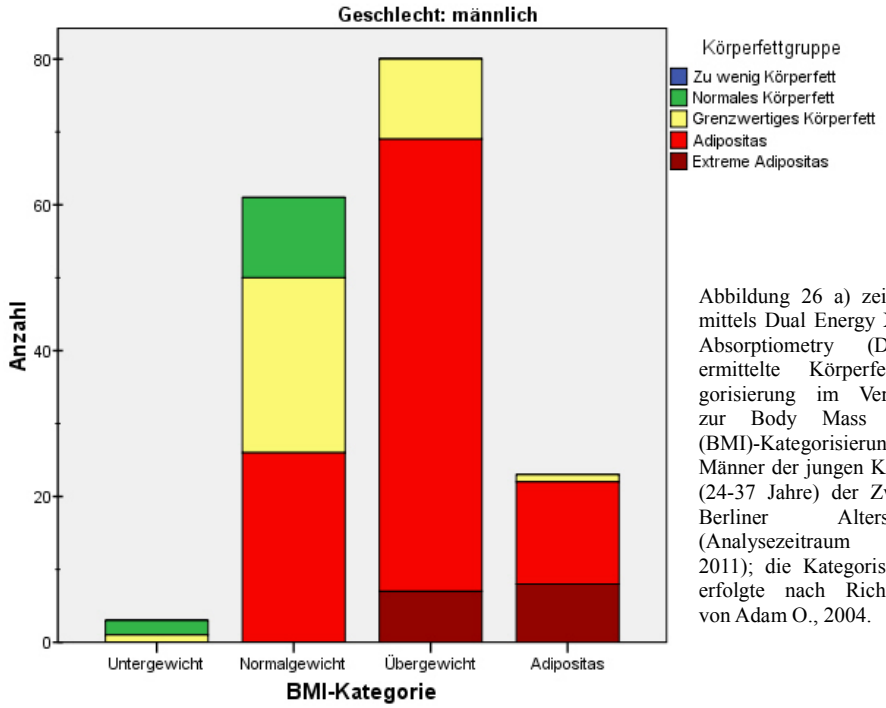



Abbildung 26 a) zeigt die mittels Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA) ermittelte Körperfettkategorisierung im Vergleich zur Body Mass Index (BMI)-Kategorisierung bei Männer der jungen Kohorte (24-37 Jahre) der Zweiten Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011); die Kategorisierung erfolgte nach Richtlinien von Adam O., 2004.

26 b)

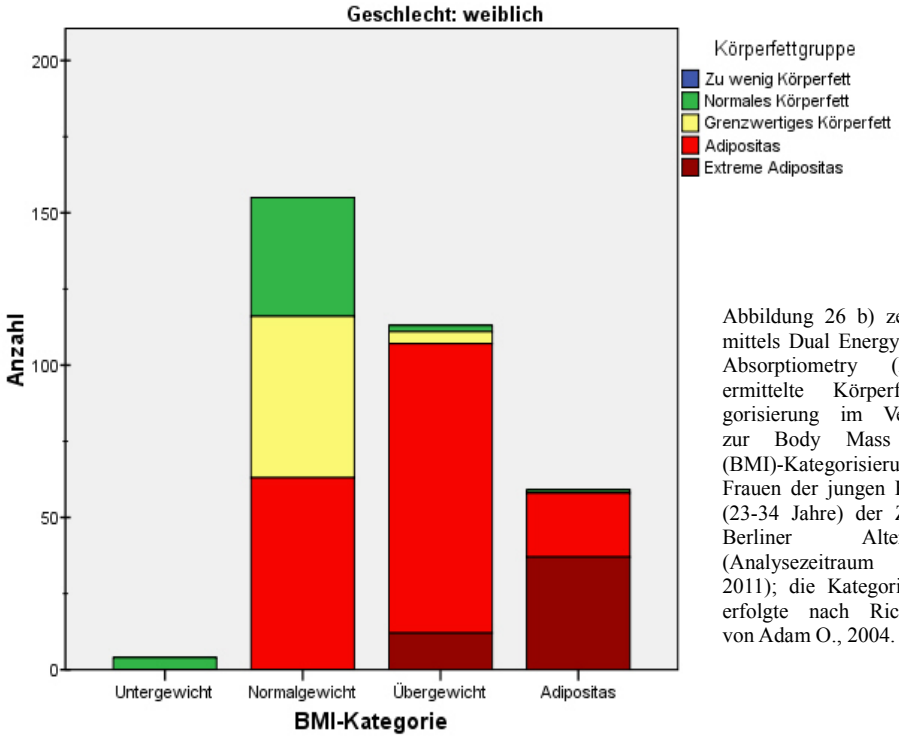



Abbildung 26 b) zeigt die mittels Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA) ermittelte Körperfettkategorisierung im Vergleich zur Body Mass Index (BMI)-Kategorisierung bei Frauen der jungen Kohorte (23-34 Jahre) der Zweiten Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011); die Kategorisierung erfolgte nach Richtlinien von Adam O., 2004.

Abbildung 26 a) + b): Body Mass Index (BMI)-Gruppen im Vergleich zur Kategorisierung aus Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA) ermittelten Körperfettwerten bei Männer (a) und Frauen (b) der jungen Kohorte der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

27 a)

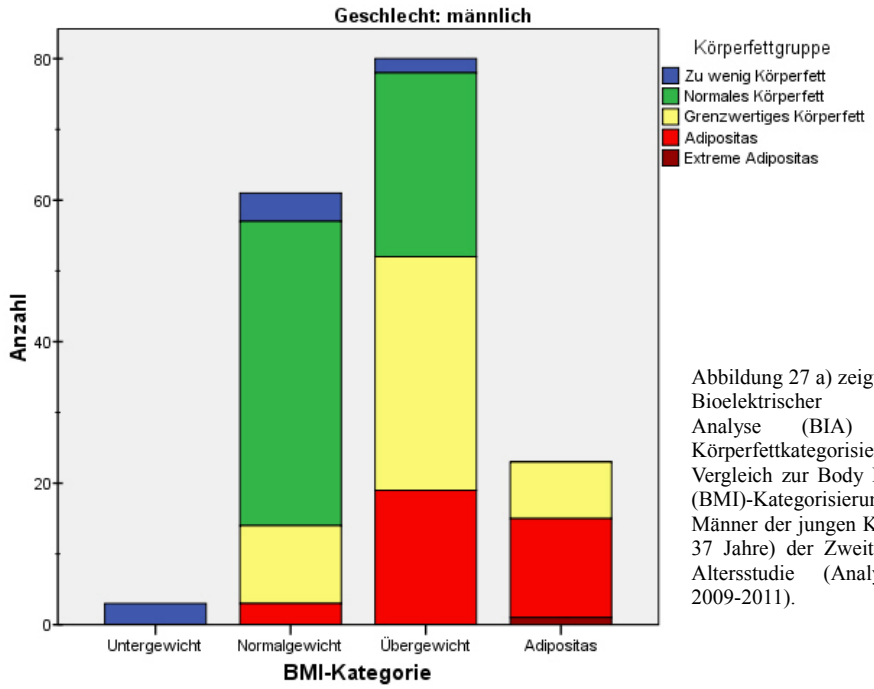



Abbildung 27 a) zeigt die mittels Bioelektrischer Impedanz Analyse (BIA) ermittelte Körperfettkategorisierung im Vergleich zur Body Mass Index (BMI)-Kategorisierung bei Männer der jungen Kohorte (24-37 Jahre) der Zweiten Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011).

27 b)

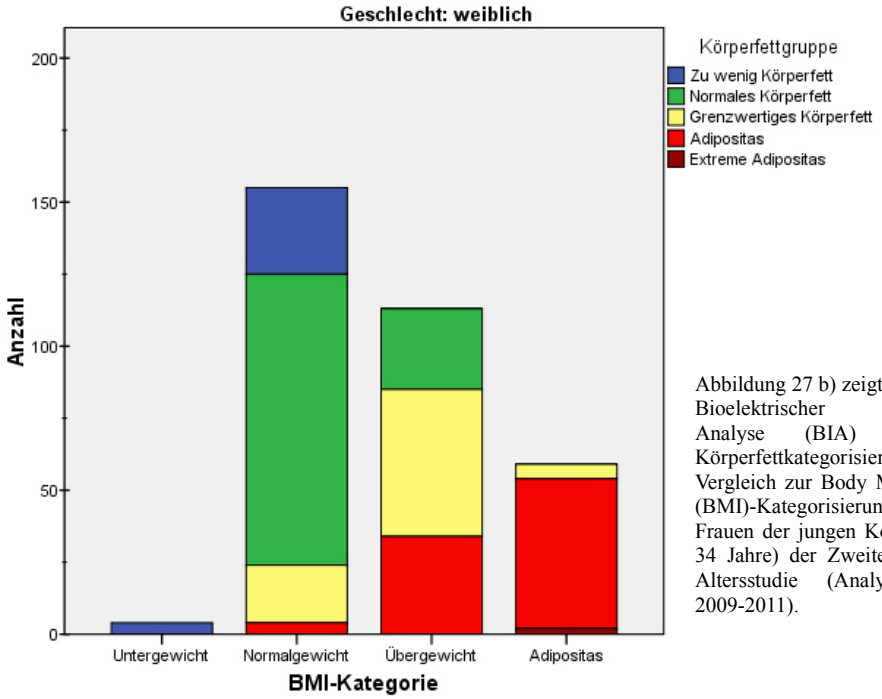



Abbildung 27 b) zeigt die mittels Bioelektrischer Impedanz Analyse (BIA) ermittelte Körperfettkategorisierung im Vergleich zur Body Mass Index (BMI)-Kategorisierung bei Frauen der jungen Kohorte (23-34 Jahre) der Zweiten Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011).

Abbildung 27 a) + b): Körperfettkategorisierung mittels Body Mass Index (BMI) im Vergleich zur Kategorisierung aus Bioelektrischer Impedanz Analyse (BIA) ermittelten Körperfettwerten bei Männer (a) und Frauen (b) der jungen Kohorte der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

Eine statistische Analyse hinsichtlich der Sensitivität bei der Einteilung anhand der unterschiedlich ermittelten Körperfettwerte in Bezug auf die einzelnen BMI-Gruppen zeigte eine deutlich höhere Sensitivität für die mittels BIA-Messung eingeteilten Probanden/-innen. Die Gesamtsensitivität betrug hierbei 64,0 %. Bei der Einteilung mittels DEXA-Methode bestimmten Körperfettwerten konnte nur eine Gesamtsensitivität von 28,9 % berechnet werden. In Tablle 30 ist eine Übersicht über alle BMI-Gruppen dargestellt, aus der ersichtlich wird, dass die DEXA-Methode besonders bei der Adipositas-Gruppe eine hohe, bei den anderen Gruppen jedoch eine sehr geringe Sensitivität aufweist. Laut BMI-Kategorisierung gehörte nur ein Mann und zwei Frauen zur Adipositas-Gruppe, wohingegen bei der mit DEXA-Werten klassifizierten Körperfetteinteilung 21 Männer und 22 Frauen dazu gerechnet wurden.

Tabelle 30: Sensitivität der Körperfett-Kategorisierung mittels Bioelektrischer Impedanz Analyse (BIA) und Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA) ermittelten Körperfettwerten (in %) der jungen Kohorte der Zweiten Berliner Altersstudie, bezogen auf die Body Mass Index (BMI)-Kategorisierung

| | | Kategorisierung mittels BIA-Methode erhaltenen Werten | | Kategorisierung mittels DEXA-Methode erhaltenen Werten | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | männlich (*n*=47) | weiblich (*n*=67) | männlich (*n*=47) | weiblich (*n*=67) |
| BMI-Gruppe | Untergewicht | 100 % (3) | 100 % (4) | 0 % (3) | 0 % (4) |
| | Normalgewicht | 68,8 % (32) | 53,3 % (50) | 31,3 % (32) | 36,0 % (50) |
| | Präadipositas | 36,4 % (11) | 54,5 % (11) | 18,2 % (11) | 0 % (11) |
| | Adipositas | 0 % (1) | 100 % (2) | 100 % (1) | 100 % (2) |
| Gesamtsensitivität | | 61,7 % | 57,1 % | 27,7 % | 29,9 % |

*n*= Anzahl der Personen innerhalb des Analysezeitraums 2009-2011; junge Kohorte = Probanden im Alter von 23-37 Jahren; ; BIA= Bioelektrische Impedanz Analyse; DEXA= Dual Energy X-Ray Absorptiometry; BMI= Body Mass Index; die in Klammern angegebene Zahlen entsprechen der Personenanzahl in der jeweiligen BMI-Gruppe

### 3.3.4.2 BIA-/DEXA-Werte-Vergleich mit dem Taillenumfang

Ein Vergleich der ermittelten BIA-Werte mit den gemessenen WC-Werten zeigte eine positive Korrelation ($p<,001$). Diese ist bei Frauen signifikant stärker als bei Männern ($p<,05$). Die DEXA-KF-Werte korrelierten ebenfalls positiv mit den gemessenen WC-

Werten ($p<,001$). Ein signifikanter Geschlechterunterschied konnte nicht nachgewiesen werden.

Steiger's Z ergab eine signifikant höhere Korrelation der BIA-KF-Werte zur WC als die DEXA-KF-Werte ($p<,05$). Nach Geschlechteraufteilung verhielten sich die Korrelationen allerdings gegensätzlich. So ergab sich für Männer eine signifikant stärkere Korrelation zu den DEXA-KF-Werten ($p<,01$), wohingegen Frauen eine signifikant bessere Korrelation zu den BIA-KF-Werten aufwiesen ($p<,05$). Bei hohen Taillenwerten zeigte sich bei jungen Frauen eine signifikant stärkere Korrelation der BIA-KF-Werte zur WC und zum BMI als bei niedrigen Taillenwerten.
(BMI-BIA-KF(%)-Korrelation junger Frauen: $r_{\text{WC-Risiko-Gruppe-1}} = ,65$ vs. $r_{\text{WC-Risiko-Gruppe 3}} = ,95$, WC-BIA-KF(%)-Korrelation junger Frauen: $r_{\text{WC-Risiko-Gruppe 1}} = ,28$ vs. $r_{\text{WC-Risiko-Gruppe 3}} = ,63$; $p<,05$). Ein ähnliches Verhalten konnte auch bei älteren Frauen beobachtet werden, allerdings war die Zunahme der Korrelationen dort nicht signifikant.

#### 3.3.4.3 BIA-/DEXA-Werte-Vergleich mit dem Hüftumfang

Es ergab sich sowohl für die mittels BIA als auch für die mittels DEXA ermittelten KF-Werte eine signifikante Korrelation mit dem gemessenen Hüftumfang ($p<,01$), welche bei der älteren Kohorte signifikant höher war als bei der jüngeren Kohorte. Auch zwischen den Geschlechtern gab es einen signifikanten Unterschied in den Korrelationen mit einer besseren Korrelation bei Frauen ($p<,05$.)

#### 3.3.4.4 BIA-/DEXA-Werte-Vergleich zur WHR

Bei den BIA-KF-Werten ergab sich erst nach Aufteilung der Geschlechter eine signifikante positive Korrelation mit der WHR, die für beide Geschlechter annähernd gleich war ($p<,001$). Aufgeteilt in die einzelnen Kohorten ergab sich eine schwach negative Korrelation der KF-Werte mit der WHR ($p<,01$).

Die DEXA-KF-Werte zeigten ebenfalls erst nach Aufteilung der Geschlechter eine signifikante Korrelation. Diese war für beide Geschlechter positiv und bei Männern signifikant stärker als bei Frauen ($p<,01$). Untersucht man die Korrelation der DEXA-KF-Werte mit der WHR getrennt nach Kohorte, so ergab sich eine negative Korrelation in beiden Kohorten ($p<,001$).

### 3.3.4.5 BIA-/DEXA-Werte-Vergleich zur Hautfaltenmessung und BAI

Es ergab sich eine signifikant stärkere Korrelation für die DEXA-KF-Werte mit den berechneten Körperfettwerten aus der Calipermessung oder dem BAI im Vergleich zu den BIA-KF-Werten ($p$<,01). Die Differenzen zum mittels BIA und DEXA ermittelten KF(%) sind in Tabelle 31 aufgelistet. Es zeigte sich eine durchgehend negative Differenz der BIA-Werte, was für niedriger berechnete KF(%)-Werte mittels BIA steht, wohingegen die Differenz zu DEXA Werten positiv war, die DEXA-Messung demnach höhere KF(%)-Werte ermittelte.

Tabelle 31: Differenzen der ermittelten, mittleren Körperfettwerte (in %) von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II) im Vergleich

| | junge Kohorte | | | | ältere Kohorte | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | männlich | | weiblich | | männlich | | weiblich | |
| | *MW* | gültige *n* | *MW* | gültige *n* | *MW* | gültige *n* | *MW* | gültige *n* |
| BIA-Caliper-Differenz | -3,0 | 43 | -1,9 | 61 | -4,1 | 115 | -1,4 | 245 |
| DEXA-Caliper-Differenz | 4,5 | 43 | 6,7 | 61 | 3,4 | 115 | 6,8 | 245 |
| BIA-BAI-Differenz | -3,7 | 47 | ,0 | 66 | -2,8 | 120 | ,0 | 263 |
| DEXA-BAI-Differenz | 3,9 | 47 | 8,5 | 66 | 4,8 | 120 | 8,2 | 263 |
| Caliper-BAI-Differenz | -1,0 | 43 | 1,4 | 61 | 1,5 | 115 | 1,4 | 245 |

*MW*= Mittelwert; gültige *n*= Anzahl der Personen innerhalb des Analysezeitraums 2009-2011; junge Kohorte = Probanden im Alter von 23-37 Jahren; ältere Kohorte = Probanden im Alter von 62-82 Jahren; BIA=Bioelektrische Impedanz Analyse; DEXA= Dual energy X-Ray Absorptiometry; BAI= Body Adiposity Index;

Es ergab sich eine positive Korrelation zwischen BMI und BIA-Calipometrie- bzw. zwischen BIA-BAI-Differenz ($p$<.001), d.h. die negative Differenz von BIA zur Calipometrie und zum BAI nahm mit steigendem BMI ab (siehe Tabelle 32). Bei Frauen war diese Differenz ab einem BMI von 28,7 (verglichen mit der Calipometrie; Abbildung 28) bzw. 25,7 (verglichen mit dem BAI; Abbildung 29) sogar positiv. Bei mit DEXA ermitteltem KF(%) stieg die Differenz zur Calipometrie und zum BAI ermittelten KF(%) mit steigendem BMI ebenfalls an ($p$<.01).

Ein Vergleich der Korrelationen miteinander zeigte eine signifikant stärkere Korrelation der BIA-Caliper und BIA-BAI-Differenzen zum BMI, als die DEXA-Caliper- bzw. DEXA-BAI-Differenzen zum BMI ($p$<,01). Bei der jüngeren Kohorte ergab sich zwischen BMI und BIA-BAI- bzw. DEXA-BAI-Differenz eine signifikant stärkere Korrelation im Vergleich zur älteren Kohorte ($p$<,01). Mit steigender WC konnte ebenfalls eine positive

Korrelation zur BIA-Caliper- bzw. BIA-BAI-Differenz festgestellt werden, allerdings ausschließlich bei Frauen. Die Korrelation war signifikant geringer als die zum BMI ($p$<,01). Eine Positivierung der BIA-Caliper-Differenz trat bei Frauen ab einer WC von 107,1 cm ein.

Tabelle 32: Differenzen der ermittelten, mittleren Körperfettwerte (in %) von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie in Abhängigkeit von Taillenumfang bzw. Body Mass Index-Gruppe (angegeben in % Körperfett)

| | | BIA-Caliper-Differenz | | DEXA-Caliper-Differenz | | BIA-BAI-Differenz | | DEXA-BAI-Differnez | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | m | w | m | w | m | w | m | w |
| | | MW | MW | MW | MW | MW | MW | MW | MW |
| WC-Risiko-Gruppe | I | -3,2 | -2,0 | 3,7 | 7,5 | -3,9 | -1,6 | 3,0 | 7,8 |
| | II | -5,3 | -3,8 | 2,9 | 4,3 | -3,2 | -1,4 | 5,1 | 6,9 |
| | III | -3,2 | -,2 | 4,4 | 7,5 | -2,0 | 1,4 | 5,6 | 9,1 |
| BMI | < 18,5 | -12,0 | -7,0 | 2,6 | 5,0 | -11,8 | -5,4 | 1,0 | 6,6 |
| | 18,5-24,9 | -3,8 | -2,8 | 3,3 | 6,1 | -3,6 | -1,4 | 3,5 | 7,6 |
| | 25-29,9 | -4,1 | -1,1 | 3,9 | 6,9 | -2,3 | 1,2 | 5,7 | 9,3 |
| | 30-34,9 | -2,6 | 1,6 | 3,0 | 8,3 | -2,1 | 2,4 | 3,8 | 9,0 |
| | 35-39,9 | ,1 | 5,4 | 11,1 | 11,6 | -5,0 | -1,1 | 5,7 | 5,1 |
| | > 40 | . | . | . | . | -9,8 | . | 1,1 | . |

m= männliche Probanden; w= weibliche Probandinnen; MW=Mittelwert; BMI= Body Mass Index; WC= Taillenumfang; BIA=Bioelektrische Impedanz Analyse; DEXA= Dual energy X-Ray Absorptiometry; BAI= Body Adiposity Index; WC-Risiko-Gruppe eingeteilt nach IDF und NCEP-ATP-III definierten Grenzen: Risiko-Gruppe-I: Taillenumfang < 94 cm (m), bzw < 80 cm (w); Risiko-Gruppe-II: WC= 94-102 cm (m), bzw. 80-88 cm (w); Risiko-Gruppe-III: WC > 102cm (m), bzw. > 88 cm (w); Analysezeitraum 2009-2011

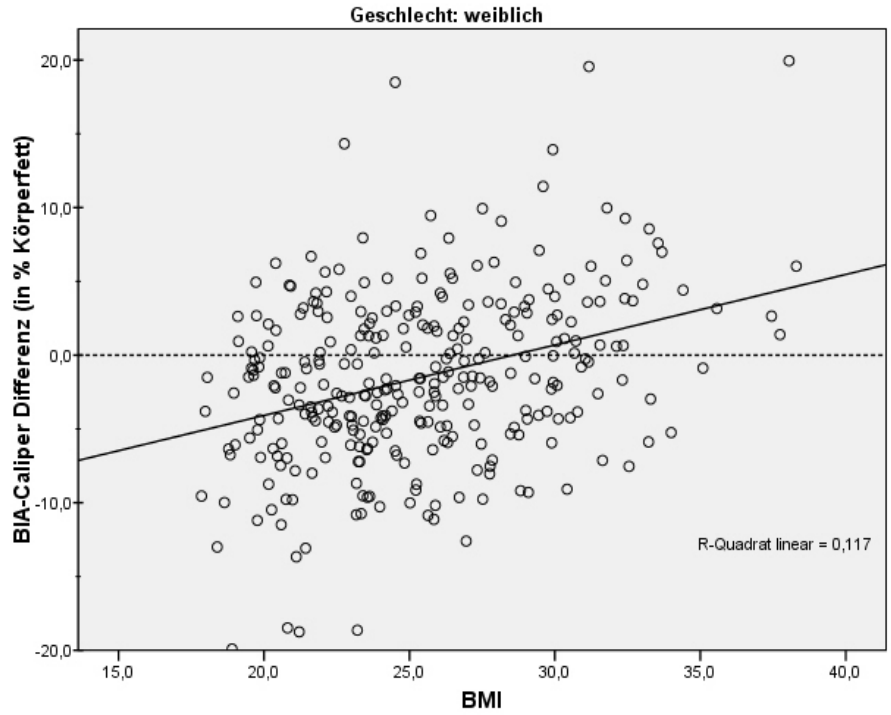



Abbildung 28 zeigt das Streudiagramm der Differenzen aus Bioelektrischer Impedanz Analyse (BIA) und Calipermessung ermittelten Körperfettwerten bei Frauen der Zweiten Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011), bezogen auf den Body mass Index (BMI); die eingezeichnete Gerade stellt die Ausgleichsgerade dar.

Abbildung 28: Differenzen aus Bioelektrischer Impedanz Analyse und Calipermessung ermittelten Körperfettwerten weiblicher Probandinnen der Zweiten Berliner Altersstudie in Abhängigkeit vom Body Mass Index

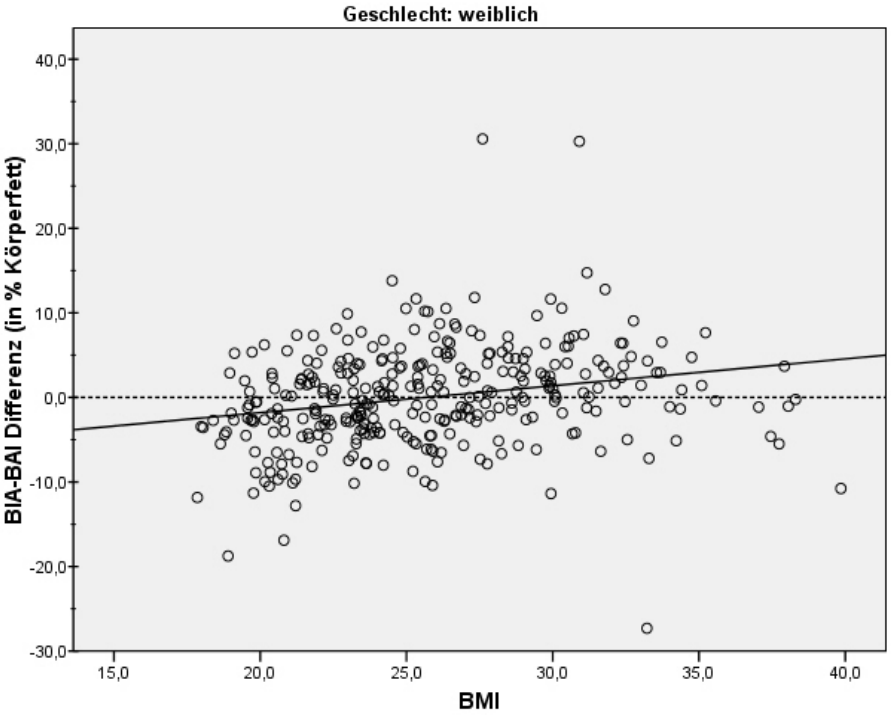



Abbildung 29 zeigt das Streudiagramm der Differenzen aus Bioelektrischer Impedanz Analyse (BIA) und Body Adiposity Index (BAI) ermittelten Körperfettwerten bei Frauen der Zweiten Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011), bezogen auf den Body mass Index (BMI); die eingezeichnete Gerade stellt die Ausgleichsgerade dar.

Abbildung 29: Differenzen aus Bioelektrischer Impedanz Analyse und Body Adiposity Index ermittelten Körperfettwerten weiblicher Probandinnen der Zweiten Berliner Altersstudie in Abhängigkeit vom Body Mass Index

### 3.3.4.6 Vergleich der BIA-DEXA-Wertedifferenz zu anthropometrischen Daten

Die mittlere Abnahme der BIA-DEXA-Differenz fand sich bei Frauen nicht nur mit steigendem Körperfett, sondern auch mit steigendem BMI ($p$<,01) (Abbildung 30) und steigendem Taillenumfang ($p$<,05) (Abbildung 31). Betrachtet man die Werte-Differenz bezogen auf die WHR und die WHtR, ergab sich nur für ältere Frauen sowohl für die WHR, als auch für die WHtR eine negative Korrelation ($p$<,03).

30 a)

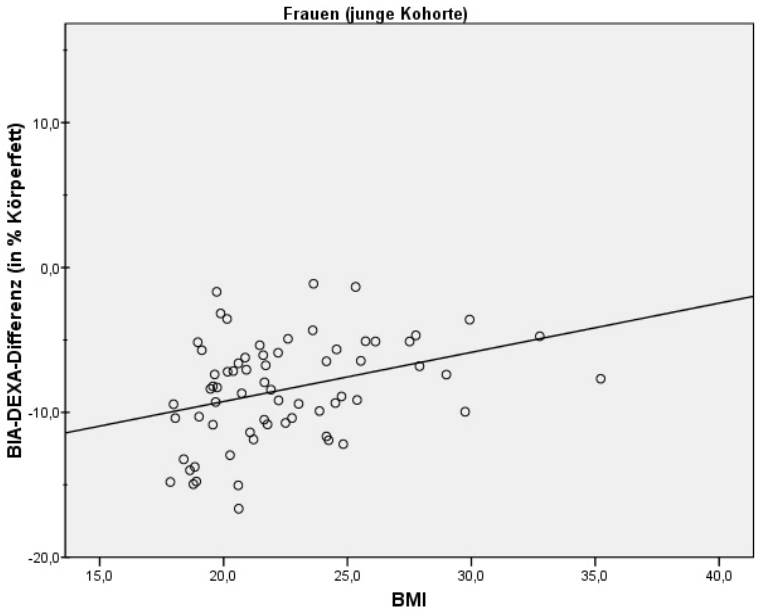



Abbildung 30 a) zeigt ein Streudiagramm der Differenzen aus Bioelektrischer Impedanz Analyse (BIA) und Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA) ermittelten Körperfettwerten bei Frauen der jungen Kohorte (23-34 Jahre) der Zweiten Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011) bezogen auf den Body mass Index (BMI); die eingezeichnete Gerade stellt die Ausgleichsgerade dar.

30 b)

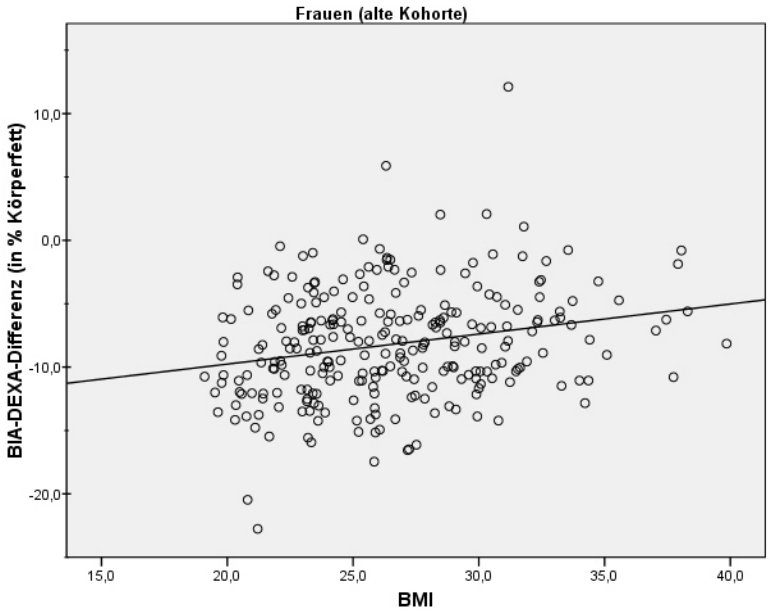



Abbildung 30 b) zeigt ein Streudiagramm der Differenzen aus Bioelektrischer Impedanz Analyse (BIA) und Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA) ermittelten Körperfettwerten bei Frauen der älteren Kohorte (62-82 Jahre) der Zweiten Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011) bezogen auf den Body mass Index (BMI); die eingezeichnete Gerade stellt die Ausgleichsgerade dar.

Abbildung 30 a) + b): Differenzen bei Bioelektrischer Impedanz Analyse und Dual Energy X-Ray Absorptiometry ermittelten Körperfettwerten in Abhängigkeit des Body Mass Index bei Frauen der jungen (a) und der alten Kohorte (b) der Zweiten Berliner Altersstudie

31 a)

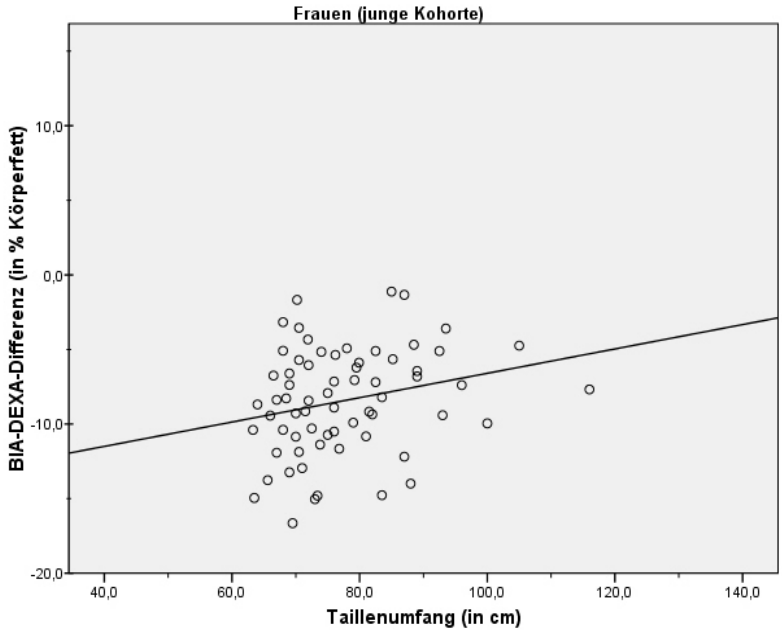



Abbildung 31 a) zeigt ein Streudiagramm der Differenzen aus Bioelektrischer Impedanz Analyse (BIA) und Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA) ermittelten Körper-fettwerten bei Frauen der jungen Kohorte (23-34 Jahre) der Zweiten Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011) in Abhängigkeit vom Taillenumfang; die eingezeichnete Gerade stellt die Ausgleichsgerade dar.

31 b)

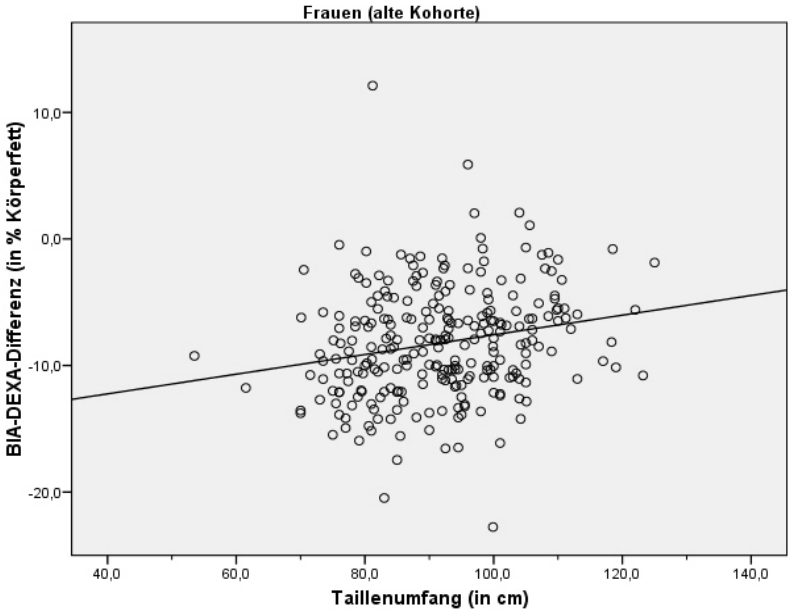



Abbildung 31 b) zeigt ein Streudiagramm der Differenzen aus Bioelektrischer Impedanz Analyse (BIA) und Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA) ermittelten Körper-fettwerten bei Frauen der älteren Kohorte (62-82 Jahre) der Zweiten Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011) in Abhängigkeit vom Taillenumfang; die eingezeichnete Gerade stellt die Ausgleichsgerade dar.

Abbildung 31 a) + b): Differenzen bei Bioelektrischer Impedanz Analyse und Dual Energy X-Ray Absorptiometry ermittelten Körperfettwerten in Abhängigkeit des Taillenumfangs bei Frauen der jungen (a) und der alten Kohorte (b) der Zweiten Berliner Altersstudie

Betrachtet man die ermittelten mittleren Körperfettwerte beider Methoden in jeweils einer Niedrig-Risiko-Gruppe des BMI und der WC und vergleicht diese mit den mittleren Werten der jeweils Höchst-Risiko-Gruppen, so fällt auf, dass sowohl beim BMI als auch bei der WC der Anstieg im mittleren Körperfett bei der BIA-Methode stärker ausfiel als bei der DEXA.

## 3.4 Laborparameter

### 3.4.1 Blutfettwerte

Nach Ausschluss von 72 Probanden/-innen, bei denen der Medikamentenstatus nur unzureichend erfasst werden konnte oder keine laborchemischen Resultate vorlagen, erfolgte eine, den medikamentösen Hintergrund berücksichtigende, differenzierte Analyse der Blutfettwerte. Es folgte eine Unterteilung in Lipidsenker einnehmende (LS(+)) und keine Lipidsenker einnehmende Probanden/innen (LS(-)).

65 Probanden/-innen (m=29, w=36) der älteren Kohorte (19,8% dieser Kohorte), nahmen Medikamente auf Grund einer Hyperlipidämie ein, wie z.B. Statine oder Cholesterinresorptionshemmer. Dies wurde in den nachfolgenden Analysen berücksichtigt, d.h. diese Probanden/innen wurden beim Werte-Vergleich der jungen zur alten Kohorte ausgeschlossen. In Tabelle 33 sind die Mittelwerte der nach Geschlechtern getrennten Kohorten aufgeführt.

Tabelle 33: Mittlere Blutwerte von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie, nach Ausschluss von Probanden mit Lipidsenkereinnahme

| | junge Kohorte | | | | ältere Kohorte | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | männlich (*n*=42) | | weiblich (*n*=55) | | männlich (*n*=83) | | weiblich (*n*=181) | |
| | *MW* | *SD* | *MW* | *SD* | *MW* | *SD* | *MW* | *SD* |
| Gesamtcholesterin (in mg/dl) | 174 | 29 | 173 | 29 | 206 | 36 | 233 | 36 |
| Triglyzerid (in mg/dl) | 98 | 53 | 78 | 39 | 114 | 60 | 99 | 44 |
| HDL (in mg/dl) | 49 | 14 | 65 | 15 | 53 | 12 | 70 | 16 |
| LDL (in mg/dl) | 106 | 26 | 93 | 25 | 129 | 32 | 144 | 33 |
| Lipoprotein a (in mg/dl) | 18 | 22 | 19 | 24 | 20 | 29 | 27 | 31 |
| DHEAS (in ymol/l) | 8,1 | 2,8 | 4,6 | 2,4 | 2,8 | 1,5 | 2,0 | 1,21 |

*n*= Anzahl der Personen innerhalb des Analysezeitraums 2009-2011; junge Kohorte = Probanden im Alter von 23-37 Jahren; ältere Kohorte = Probanden im Alter von 62-82 Jahren; *MW*= Mittelwert, *SD*= Standardabweichung; HDL= High Density Liporpotein; LDL=Low Density Lipoprotein; DHEAS= Dihydroepiandrosteron-Sulfat

Bei beiden Geschlechtern konnte ein signifikanter Unterschied der Gesamtcholesterin-, LDL- und DHEAS-Konzentrationen von Jung zu Alt festgestellt werden ($p$<,001). Bei Frauen konnte zusätzlich ein signifikanter Unterschied von Jung zu Alt in den Triglyzerid-, den HDL- und den Lipoprotein(a)-Werten festgestellt werden ($p$<,05). Dabei hatte jeweils die ältere Kohorte prognostisch schlechtere Werte als die junge Kohorte. Eine Ausnahme stellte der HDL-Wert dar, der bei älteren Probandinnen höher war als bei jüngeren.

Die Zunahme der Cholesterinwerte war bei Frauen von der jungen zur alten Kohorte signifikant stärker ausgeprägt als bei Männern ($p$<,01) (Abbildung 32).

32 a)

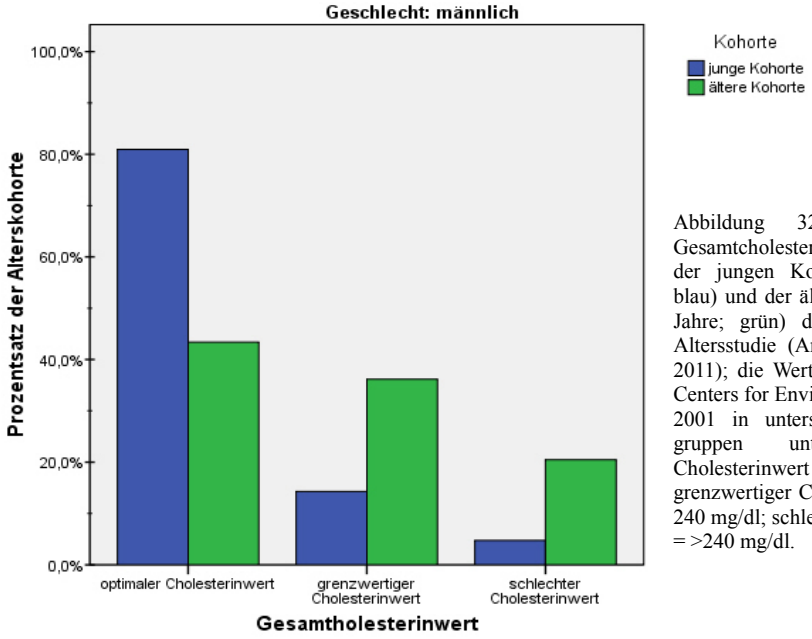



Abbildung 32 a) zeigt die Gesamtcholesterinwerte von Männern der jungen Kohorte (24-37 Jahre; blau) und der älteren Kohorte (62-81 Jahre; grün) der Zweiten Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011); die Werte sind nach National Centers for Environmental Prediction, 2001 in unterschiedliche Risiko-gruppen unterteilt: optimaler Cholesterinwert = < 200 mg/dl; grenzwertiger Cholesterinwert = 200-240 mg/dl; schlechter Cholesterinwert = >240 mg/dl.

32 b)

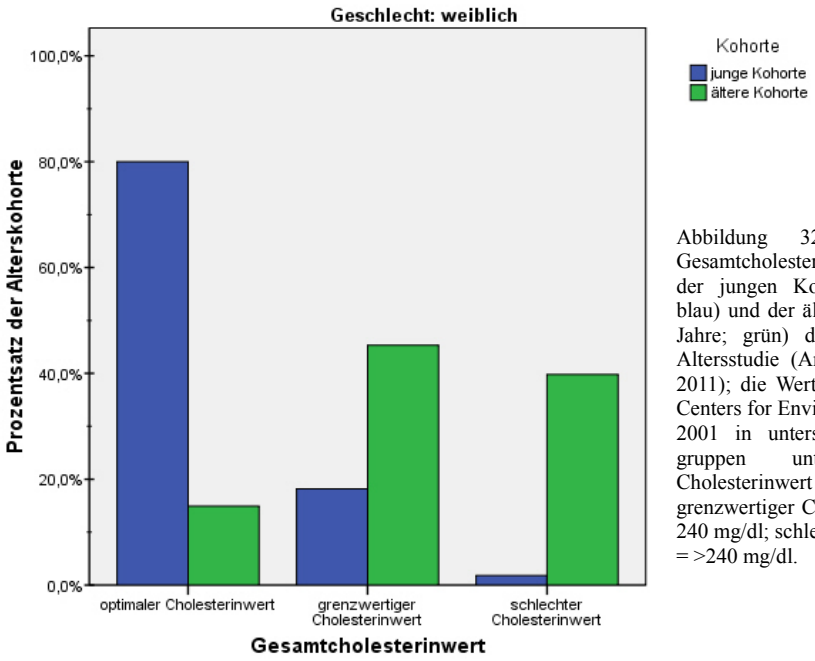



Abbildung 32 b) zeigt die Gesamtcholesterinwerte von Frauen der jungen Kohorte (23-34 Jahre; blau) und der älteren Kohorte (62-82 Jahre; grün) der Zweiten Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011); die Werte sind nach National Centers for Environmental Prediction, 2001 in unterschiedliche Risiko-gruppen unterteilt: optimaler Cholesterinwert = < 200 mg/dl; grenzwertiger Cholesterinwert = 200-240 mg/dl; schlechter Cholesterinwert = >240 mg/dl.

Abbildung 32 a) und b): Unterschied im mittleren Gesamtcholesterinwert bei jüngeren und älteren Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie bei Männer (a) und Frauen (b)

Ein Vergleich der Mittelwerte innerhalb der jeweiligen Alterskohorte zeigte, dass bei jungen Probanden/-innen die Frauen prognostisch bessere Werte besaßen. Männer hatten höhere mittlere LDL-, TG-, und LDL/HDL-Quotient-Werte ($p$<,05), wohingegen Frauen zusätzlich höhere HDL-Werte aufwiesen ($p$<,001). Innerhalb der älteren Kohorte fanden sich andere Verhältnisse. Hier zeigten Frauen höhere Gesamtcholesterin- und LDL-Werte ($p$<,001). Allerdings besaßen sie immer noch signifikant bessere HDL-Werte, was sich auch in einem positiveren LDL/HDL-Quotient-Wert niederschlug. Dieser war, wie auch in der jungen Kohorte, bei Männern höher und somit prognostisch schlechter ($p$<,001). Triglyzeride waren in der älteren Kohorte bei Männern ebenfalls höher ($p$<,05).

Teilte man die Probanden/-innen anhand der entsprechenden Blutwertrichtlinien in die unterschiedlichen Risikogruppen (siehe Tabelle 16, S.35) ein, so fiel auf, dass schon bei der jungen Kohorte ein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern hinsichtlich des HDL- und des LDL-Wertes bestand (Tabelle 34). So hatten Frauen einen höheren HDL- ($p$<,001) und zugleich niedrigeren LDL-Wert ($p$<,05) und somit auch einen besseren LDL/HDL-Quotienten als Männer ($p$<,01). Hinsichtlich der TG-, der Cholesterin- und der Lp(a) -Werte gab es keine signifikante Differenz.

Bei der älteren Kohorte sind die Ergebnisse ambivalent. Es zeigten sich deutlich mehr Frauen in einer schlechten Cholesterin-Gruppe als Männer ($p$<,001) und obwohl Frauen hinsichtlich des LDL-Werts ebenfalls signifikant schlechter eingestuft wurden ($p$<,001) hatten sie immer noch einen günstigeren LDL/HDL-Quotienten ($p$<,01) aufgrund eines höheren HDL-Werts ($p$<,001).

Beim Lp(a) zeigten sich sowohl in der jüngeren als auch in der älteren Kohorte mehr Männer als Frauen in der prognostisch besseren Lp(a)-Gruppe ($p$<,03).

Nach Einstufung der TG-Werte zeigte sich wiederum ein positiveres Ergebnis für die weiblichen Probandinnen ($p$<,03).

Tabelle 34: Anzahl von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie in den einzelnen Blutwertkategorien nach Ausschluss von Probanden mit Lipidsenkereinnahme

| | | junge Kohorte | | | | ältere Kohorte | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | männlich (*n*=42) | | weiblich (*n*=55) | | männlich (*n*=83) | | weiblich (*n*=181) | |
| Blutwert | Kategorisierung | *n* | *n* in % | *n* | *n* in % | *n* | *n* in % | *n* | *n* in % |
| TG | optimal | 39 | 92,9% | 53 | 96,4% | 65 | 78,3% | 161 | 89,0% |
| | grenzwertig | 0 | ,0% | 1 | 1,8% | 13 | 15,7% | 13 | 7,2% |
| | schlecht | 3 | 7,1% | 1 | 1,8% | 5 | 6,0% | 7 | 3,9% |
| Chol | optimal | 34 | 81,0% | 44 | 80,0% | 36 | 43,4% | 27 | 14,9% |
| | grenzwertig | 6 | 14,3% | 10 | 18,2% | 30 | 36,1% | 82 | 45,3% |
| | schlecht | 2 | 4,8% | 1 | 1,8% | 17 | 20,5% | 72 | 39,8% |
| HDL | optimal | 8 | 19,0% | 40 | 72,7% | 30 | 36,1% | 132 | 72,9% |
| | grenzwertig | 29 | 69,0% | 8 | 14,5% | 50 | 60,2% | 47 | 26,0% |
| | schlecht | 5 | 11,9% | 7 | 12,7% | 3 | 3,6% | 2 | 1,1% |
| LDL | optimal | 19 | 45,2% | 36 | 65,5% | 15 | 18,1% | 15 | 8,3% |
| | grenzwertig | 22 | 52,4% | 19 | 34,5% | 52 | 62,7% | 107 | 59,1% |
| | schlecht | 1 | 2,4% | 0 | ,0% | 16 | 19,3% | 59 | 32,6% |
| Lp(a) | optimal | 35 | 83,3% | 43 | 78,2% | 68 | 82,9% | 126 | 70,0% |
| | schlecht | 7 | 16,7% | 12 | 21,8% | 14 | 17,1% | 54 | 30,0% |
| LDL/HDL -Quotient | optimal | 26 | 61,9% | 48 | 87,3% | 43 | 51,8% | 121 | 66,9% |
| | grenzwertig | 11 | 26,2% | 7 | 12,7% | 27 | 32,5% | 51 | 28,2% |
| | schlecht | 5 | 11,9% | 0 | ,0% | 13 | 15,7% | 9 | 5,0% |

*n*= Anzahl der Personen innerhalb des Analysezeitraums 2009-2011; junge Kohorte = Probanden im Alter von 23-37 Jahren; ältere Kohorte = Probanden im Alter von 62-82 Jahren; TG= Triglyzerid; Chol=Gesamtcholesterinwert; HDL= high-density Lipoprotein-Wert; LDL= low-density Lipoprotein-Wert; Lp(a)= Lipoprotein(a)-Wert; die Einteilung erfolgte nach Kriterien des National Centers for Environmental Prediction (NCEP), 2001

## 3.4.2 Vergleich der Blutfettwerte untereinander

Für die Korrelationsanalysen wurden Probanden, die Lipidsenker einnehmen, ausgeschlossen, da sich eine solche Medikation in unterschiedlichem Maße auf die einzelnen Blutfettwerte ausüben kann und somit zur Verfälschung beitragen könnte. Die Korrelationskoeffizienten sind in Anhang F aufgeführt.

Die TG-Werte zeigten unterschiedlich starke, positive Korrelation zum ermittelten Körperfett. So korrelierten bei Männern beider Alterskohorten die TG-Werte vor allem mit DEXA ermitteltem Körperfett, wohingegen bei jungen Frauen die TG-KF(%)-Korrelation zu BIA-ermittelten KF(%)-Werten stärker ausgeprägt war. Eine positive Korrelation der TG-Werte konnte bei jungen Männern und älteren Frauen auch zum BMI festgestellt

werden. Andere anthropometrische Parameter, wie WC, WHR, WHtR und BAI korrelierten ausschließlich bei älteren Frauen signifikant mit den TG-Werten.

Der HDL-Wert zeigte bei beiden Geschlechtern negative Korrelationen mit verschiedenen Parametern. So war dieser bei jungen Männern vor allem mit der WC, dem BMI und der WHtR negativ korreliert ($p$<,05), bei jungen Frauen allerdings nur mit der WHR ($p$<,05). Ältere Männer zeigten ebenfalls eine negative Korrelation zwischen HDL-Werten und dem BMI, den WC-, den WHR-, sowie den WHtR-Werten ($p$<,05). Bei älteren Frauen korrelierte der HDL-Wert darüber hinaus auch negativ mit den ermittelten KF(%)-Werten aus BIA und DEXA (p<,01).

Eine signifikante Korrelation der LDL-Werte konnte lediglich bei jungen Männern festgestellt werden. Hierbei gab es einen positiven Zusammenhang zwischen LDL-Werten und WHR ($p$<,05).

Für das Gesamtcholesterin sowie für das Lp(a) konnte weder bei Männern noch bei Frauen eine signifikante Korrelation zu anthropometrischen Parametern festgestellt werden.

Die nachfolgenden Berechnungen stellen lediglich die ältere Kohorte dar, da ausschließlich ältere Probanden/innen eine lipidsenkende Medikation besaßen.

Tabelle 35: Mittlere Blutwerte der älteren Kohorte (62-82 Jahre) der Zweiten Berliner Altersstudie, getrennt nach Geschlecht und Lipidsenkereinnahme

| | ältere Kohorte | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | männlich | | | | weiblich | | | |
| | keine Lipidsenker ($n$=83) | | Lipidsenker ($n$=29) | | keine Lipidsenker ($n$=181) | | Lipidsenker ($n$=36) | |
| | *MW* | *SD* | *MW* | *SD* | *MW* | *SD* | *MW* | *SD* |
| Gesamtcholesterin (in mg/dl) | 206 | 36 | 183 | 39 | 233 | 36 | 206 | 47 |
| Triglyzeride (in mg/dl) | 114 | 60 | 122 | 92 | 99 | 44 | 111 | 44 |
| HDL (in mg/dl) | 53 | 12 | 52 | 10 | 70 | 16 | 63 | 12 |
| LDL (in mg/dl) | 129 | 32 | 106 | 30 | 144 | 33 | 121 | 40 |
| Lipoprotein a (in mg/dl) | 20 | 29 | 30 | 35 | 27 | 31 | 33 | 45 |
| DHEA-Sulfat (in ymol/l) | 2,8 | 1,5 | 2,5 | 1,3 | 2,0 | 1,2 | 1,4 | 0,8 |

$n$= Anzahl der Personen innerhalb des Analysezeitraums 2009-2011; ältere Kohorte = Probanden im Alter von 62-82 Jahren; *MW*= Mittelwert, SD= Standardabweichung; HDL= High-Density Liporpotein; LDL= Low-Density Lipoprotein; DHEA= Dihydroepiandrosteron

Es gab einen signifikanten Unterschied in den mittleren Gesamtcholesterin- und LDL-Werten zwischen der Gruppe, die zum Zeitpunkt der Untersuchung schon eine medikamentöse Lipidsenkerbehandlung erfuhr (LS(+)) und der Gruppe, die keinerlei Lipidsenker einnahm (LS(-)). So hatten LS(+), wie erwartet, niedrigere Gesamtcholesterin- und LDL-Werte, als die LS(-) (siehe Tabelle 35). Kein Unterschied bestand in den Lipoprotein(a)- und den TG-Werten.

Bei Frauen zeigte sich ein signifikant geringer HDL-Wert innerhalb der LS(+)-Gruppe ($p$<,02).

### 3.4.3 Dihydroepiandrosteron-Sulfat

Der DHEAS-Wert war bei Männern signifikant höher als bei Frauen ($p$<,001). Das galt sowohl bei der jungen als auch bei der alten Kohorte (siehe Tabelle 33).

Für das DHEAS konnte nach Geschlechter- und Altersdifferenzierung außer bei jungen Männern keine signifikante Korrelation zu einem anthropometrischen Parameter oder zum ermittelten KF(%) festgestellt werden (vgl. dazu Anhang F). Untersuchte man die Korrelation innerhalb der gesamten Stichprobe, konnte eine signifikante, aber sehr schwache negative Korrelation zwischen DHEAS und dem WC festgestellt werden, die nach Kohorten- und Geschlechter getrennter Analyse nicht mehr vorhanden war. Zur Messung auf mögliche DHEAS-Konzentrationsdifferenzen bei unterschiedlichen Taillenumfängen wurden die DHEAS-Konzentrationen bei unterschiedlichen WC-cutoff-points gemessen (1. m: WC= 102 cm, w: WC= 88cm; 2. m: WC= 94 cm, w: WC= 80 cm). Es konnte keine signifikante Wertedifferenz festgestellt werden. Eine Analyse hinsichtlich unterschiedlicher BMI-Gruppen zeigte ebenfalls keinerlei signifikante DHEAS-Konzentrationsunterschiede.

Untersuchte man die ältere Kohorte getrennt nach LS(+) und LS(-), so fand sich bei weiblichen Probandinnen eine niedrigere, mittlere DHEAS-Konzentration bei der LS(+)-Gruppe im Vergleich zur LS(-)-Gruppe, ($p$<,001) (siehe Tabelle 35).

Eine Korrelationsanalyse nach Differenzierung in LS(+) und LS(-) ergab bei LS(-)-Probanden/-innen eine schwache, aber signifikant negative Korrelation des DHEAS mit dem Gesamtcholesterin, dem Triglyzeridwert, dem LDL und dem HDL ($p$<,01). Nach Kohorten- und Geschlechteraufteilung fand sich eine negative Korrelation nur noch zum Triglyzeridwert bei älteren Männern ($p$<,03).

Bei den LS(+)-Probanden/-innen zeigte sich lediglich eine schwach negative Korrelation zum HDL ($p$<,03), die, nach Unterteilung in Kohorte und Geschlecht, nicht mehr signifikant war.

## 4.1 Anthropometrische Messungen

Die Analyse unserer Daten ergab eine signifikant geringere Körpergröße und ein signifikant höheres, mittleres Körpergewicht der älteren Kohorte im Vergleich zur jüngeren Kohorte. Beide Faktoren spiegeln sich auch in einer Zunahme des mittleren BMI und der mittleren WHtR mit dem Alter wider. Eine altersbedingte Veränderung zeigt sich auch in den Körperfettverteilungsmustern. So ergab sich eine höhere mittlere WC und HC sowie ein höherer, mittlerer Körperfettwert beim älteren Probandenkollektiv. Hieraus wird offensichtlich, dass es im Alter zu veränderten physikalischen und physiologischen Bedingungen bei der Körperfettmessung kommt und somit Daten von jüngeren Menschen nur bedingt als Referenzdatensatz für ältere Menschen dienen können.

### 4.1.1 WC, HC, WHR und WHtR

Bei der WC bestätigte sich die Annahme, dass Männer höhere Werte als Frauen aufweisen, was für die These spricht, dass Männer eher zu einer androiden Fettansammlung neigen [114]. Die männlichen WC-Werte lagen sowohl bei der jüngeren als auch bei der älteren Kohorte höher als die der weiblichen, was der Vermutung widerspricht, postmenopausale Frauen würden durch eine starke Zunahme des viszeralen Fettes ähnlich hohe WC-Werte wie Männer aufweisen [17]. Die Beobachtung von Pandey und Miklautsch [93], dass Männer eine stärkere Zunahme beim abdominalen Fett im Alter aufweisen, konnte hier ebenfalls bestätigt werden. So zeigte sich bei Männern im Mittel eine Differenz von 17 cm und bei Frauen nur eine Differenz von 14 cm.

Die Zunahme in den WC-Risiko Gruppen war bei Männern ebenfalls stärker ausgeprägt. Es befanden sich zwar mehr Frauen in der höchsten Risikogruppe, dennoch zeigte sich bei älteren Männern ein beinah 11-facher Anstieg im prozentualen Anteil der Höchstrisikogruppe im Vergleich zur jungen Kohorte. Bei älteren Frauen konnte, verglichen mit der jungen Kohorte, lediglich ein 3,4 facher Zuwachs ausgemacht werden. Diese Ergebnisse legen die Vermutung nahe, dass es vor allem bei Männern im Alter zu einer starken Vermehrung der abdominalen Fettdepots kommt.

Allerdings sind die WC-Werte des älteren Probandenkollektivs differenziert zu beurteilen, da es mit zunehmendem Alter zu einer physiologischen Körperfettumlagerung kommt.

Somit stellt ein höherer Taillenumfang nicht unbedingt eine krankhafte viszerale Fettakkumulation dar, sondern kann Teil der altersbedingten Körperfettumverteilung sein [62,123].

Bei relativ normalgewichtigen Personen gilt die WC inzwischen als besserer prädiktiver Marker zur Abschätzung des CVD-Risikos als der BMI [6]. Zudem stellt eine erhöhte WC einen Risikofaktor für DM-Typ II, Gicht, Brustkrebs, Gallensteine, Bluthochdruck und Arteriosklerose dar [62,93,107]. Sie zeigt eine sehr hohe Korrelation zum intra-abdominalen Fett [107,108] und beschreibt einen vom Gesamtgewicht unabhängigen Marker für vermehrte viszerale Fettdepots und einen unabhängigen Risikofaktor für Insulinresistenz und DM-Typ II [11]. Bigaard et al. [15] konnte zudem eine erhöhte Mortalität bei steigender WC nachweisen. So zeigte sich bei einer zehn prozentigen Zunahme der WC eine um den Faktor 1,3 höhere Sterblichkeit verglichen mit Gleichaltrigen. Anhand dieser Aussagen wird ersichtlich, dass die WC ein einfaches, kostengünstiges Maß zur Abschätzung des Gesundheitsrisikos bei abdominaler Fettansammlung ist, wie dies auch schon von anderen Autoren bekräftigt wurde [86,125].

Eine altersbedingte Körperfettumverteilung des Körperfetts in viszerale Fettdepots [123] zeigte sich bei uns auch in höheren WHR-Werten und dem starken Anstieg in der schlechten WHR-Gruppe bei älteren Probanden/-innen. Allerdings ergaben sich auch unerwartete Ergebnisse, indem deutlich mehr Frauen der jungen Kohorte in der schlechteren WHR-Gruppe waren als Männer. Dies steht in Widerspruch zu der These, dass Männer eher zu einer androiden Fettakkumulation neigen, wohingegen Frauen mehr periphere Fettdepots besitzen [93,131]. Die Verhältnisse zwischen den Geschlechtern glichen sich in der älteren Kohorte, mit über 95% der Probanden/-innen in der schlechten WHR-Gruppe, an. Hierbei zeigte sich erneut ein stärkerer Zuwachs in den höheren Risikogruppen für männliche Probanden. Die Korrelation zum BMI war mit $r_S$=,44 nur mittel stark ausgeprägt, wohingegen eine deutlich stärkere Korrelation zwischen WHR und WC bestand ($r_S$=,71). Zieht man in Betracht, dass die WC eine stärkere Korrelation zum viszeralen Fett hat [107], wird der vom BMI unabhängige Nutzen der WHR Berechnung deutlich. Goodman-Gruen und Barrett-Connor [43] stellten fest, dass die WHR bei Menschen > 80 Jahre eine sehr schlechte Korrelation zu diversen Körperfettparametern aufwies. Sie erhielten bei Männern mit unseren Ergebnissen vergleichbare Korrelationen zwischen WHR und BIA bzw. zwischen WHR und DEXA. Eine Geschlechterdifferenz in den Korrelationen zum ermittelten Körperfett konnte bei uns nicht nachgewiesen werden.

Die WHR besitzt einen Vorteil gegenüber dem BMI bei der Risikoabschätzung der CVD-Mortalität: Die WHR stellt einen unabhängigen Prädiktor für das Risiko auf die Entwicklung eines Nicht-Insulinabhängigen Diabetes mellitus dar [20] und ist mit einem höheren Risiko für die Entwicklung einer Hypertonie verbunden [93]. Da die WC jedoch höhere Korrelationen zum Körperfett zeigte [43] und sie der WHR bei der Abschätzung der viszeralen Fettakkumulation überlegen zu sein scheint [107], sollte die WHR eher als ergänzender, denn als andere Parameter ersetzender prädiktiver Marker angesehen werden.

Bei der WHtR zeigten sich nicht so starke Differenzen, weder von Jung zu Alt, noch von Männern zu Frauen. Es gab einen leichten Anstieg der mittleren WHtR im Alter, was einerseits auf die sinkende Körpergröße, andererseits auf die wachsende WC zurückgeführt werden kann.

Die WHtR zeigte eine starke Korrelation zum BMI ($r_P$=,86) und eine sehr starke Korrelation zur WC ($r_P$=,93), was darauf hindeutet, dass sie ein gutes Maß zur Abschätzung von Übergewicht und auch von exzessiven, lokalen Fettanreicherungen ist. Schneider et al [108] konnten zeigen, dass die WHtR ein besserer prädiktiver Marker bei der CVD-Mortalitätsabschätzung ist als die WHR oder die WC. Zusätzlich zeigte sich, dass die WHtR die höchste Korrelation zum metabolischen Syndrom aufwies [115].

### 4.1.2 BMI

Es zeigte sich, dass deutlich mehr Männer einen höheren BMI aufwiesen als Frauen. Bei Einteilung des BMI nach ESPEN-Richtlinien (siehe Tabelle 9, S. 25) war dieser Effekt noch stärker als bei Einteilung nach WHO-Richtlinien. Überraschend war, dass durch Einteilung nach ESPEN-Kriterien die Anzahl der übergewichtigen Personen um ungefähr 20 % bei beiden Geschlechtern abnahm. Dies spricht dafür, dass sich sehr viele ältere Menschen in diesem Übergangsbereich von Normal- zu Übergewicht befinden. Welche BMI-Klassifikation bei unserem Probandenprofil eher zur Anwendung kommen sollte, kann kontrovers diskutiert werden, da es sich bei unseren Probanden nicht um geriatrische Patienten, sondern um mobile, ältere Menschen handelte.

Der BMI ist ein international anerkanntes Maß zur Gewichtsklassifikation [2]. Sehr viele Richtlinien und Therapieansätze orientieren sich an BMI-Grenzen, da eine gute Korrelation

zum Körperfett und zu verschiedenen Krankheitsbildern festgestellt wurde [98,112,124,132].

Es ergab sich eine starke Korrelation zwischen BMI und WC ($r_P$=.83). Strandberg et al [117] konnte eine ähnlich starke Korrelation des BMI zur WC feststellen und argumentierte daher, dass der BMI ein guter Parameter zur Abschätzung des abdominellen Fettes sei.

Allerdings gerät der BMI, vor allem zur Beurteilung älterer Menschen, immer mehr in die Kritik. So stellt der BMI keinen direkten Bezug zum prozentualen Körperfett her. Ältere Menschen oder Frauen mit demselben BMI besitzen einen viel höheren Körperfettanteil als jüngere Menschen oder Männer [40,109]. Außerdem wird lediglich das Körpergewicht erfasst. Die einzelnen Körperkompartimente werden nicht in Relation zueinander gesetzt. Dadurch kommt es teilweise zu einer Fehlkategorisierung. Personen mit vermehrter FFM und MM (z.B. Bodybuilder) werden überklassifiziert, wohingegen Menschen mit einer verminderten FFM und Knochenmasse und kompensatorisch vermehrter FM fälschlicherweise als normalgewichtig eingestuft werden [34,107,108,123]. Zusätzlich kann der BMI keinerlei Aussagen über die Fettverteilung machen [107].

Insbesondere bei älteren Menschen haben diese Kritikpunkte Einfluss. Im Alter ändern sich auf Grund der physiologischen Körpergrößenabnahme und Körpergewichtszunahme sowohl Zähler als auch Nenner, was zu verminderter Genauigkeit des BMI führen kann. Hinzu kommt die physiologische Änderung der Körperzusammensetzung mit einer Abnahme der FFM, MM, KM und einer Zunahme der FM [40,124,134]. Diese physiologischen Alterungsprozesse können bis hin zur sogenannten sarkopenischen Adipositas führen. Dabei besitzen die Betroffenen einen weitgehend normalen BMI. Die vermehrte FM ersetzt die Muskelmasse vor allem in Form von intraabdominalen und ektopen Körperfettdepots [124,134]. Die eigentlich adipöse Körperzusammensetzung bleibt somit unentdeckt [8,40,134]. Mit Hilfe von präzisen Körperanalysemethoden lässt sich dieses Krankheitsbild einfach und schnell demaskieren [134].

Nebenbei gibt es neue Erkenntnisse, die zeigen, dass gerade ältere Menschen mit einem leicht erhöhten BMI eine geringere Mortalität aufweisen [35]. Bei diesem als „obesity paradox“ bezeichneten Phänomen geht „mildes Übergewicht“ mit einem BMI zwischen 25-30 kg/m$^2$ mit der höchsten Überlebensrate einher. Weitere Studien konnten belegen, dass selbst starkes Übergewicht (BMI> 30 kg/m²) eine verbesserte Überlebenschance bei Herzfehler- [135] oder Demenzpatienten [34] zeigt. Selbst nach Kategorisierung anhand der altersjustierten ESPEN-BMI-Einteilungen gelten diese Menschen als adipös. Dies legt

die Vermutung nahe, dass auch diese Richtlinie keine universellen Aussagen über den Gesundheitszustand älterer Menschen erlauben. Dies bestätigte auch Strandberg et al., indem er aufzeigte, dass es bei der Risikoabschätzung anhand des BMI auf die oft sehr heterogene, individuelle BMI-Historie während des gesamten Lebens ankommt [117].

Eine Beurteilung des BMI bei älteren Menschen hat somit oft eine geringere Aussagekraft als in jüngeren Lebensjahren. Eine Einteilung anhand des BMI entspricht im Alter oft nicht mehr dem tatsächlichen Risikoprofil [62,108,134].

## 4.2 Ermitteltes Körperfett

Die mittels Calipermessung ermittelte Körperfettmasse zeigte eine mittlere Korrelation zum BMI, zur WC, zur WHtR, zum BAI und zum mittels BIA ermittelten Körperfett, wohingegen eine starke Korrelation zum DEXA-Körperfett festgestellt werden konnte. Diese war nicht so hoch, wie bei van den Ham et al. [47] beschrieben, allerdings bestätigten sich seine Ergebnisse einer stärkeren Korrelation zwischen Calipometrie und DEXA. Unsere Ergebnisse stützen einerseits die Aussage, dass die Calipometrie besser mit dem Körperfett korreliert als der BMI [93], andererseits stehen sie im Widerspruch zu Rodríguez et al [103], der bei keiner der vielen Calipergleichungen eine starke Korrelation zum DEXA ermittelten KF ausmachen konnte. Die calipometrischen KF(%)-Werte korrelieren stärker mit DEXA ermittelten Werten als mit BIA ermittelen KF(%)-Werten. Allerdings zeigte sich bei unseren ermittelten KF(%)-Werten auch ein von van den Ham et al. [47] abweichendes Verhalten. Waren die DEXA-KF(%)-Werte ebenfalls geringer als die mittels Calipometrie ermittelten KF(%)-Werte, so lagen die BIA-KF(%)-Werte, im Gegensatz zu ihm, unterhalb derer der Calipometrie.

Der BAI hatte bei unserem Kollektiv die höchste Korrelation zum Alter, zur WC und zur WHtR. BAI und Calipometrie korrelierten lediglich mittelstark miteinander, zeigten allerdings eine sehr gute Übereinstimmung in den berechneten KF(%)-Mittelwerten mit einer mittleren Abweichung von gerade mal 1,3 % KF. Die ermittelte Korrelation vom BAI zum Körperfett war innerhalb der Gesamtstichprobe sehr gut und stärker mit dem DEXA ermittelten KF(%) korreliert ($r_{P\ BIA}$=,68, $r_{P\ DEXA}$=,73). Diese war jedoch geringer als bei Bergman et al [12] beschrieben ($r_P$=,73 vs $r_P$=,85). Auch konnten wir seine Aussage, der BAI sei möglicherweise ein besserer Index für Fettleibigkeit als der BMI, nur teilweise

zustimmen. War in der Gesamtstichoprobe die Korrelation vom BAI zum ermittelten KF(%) stärker als die des BMI zum KF(%), so zeigten sich nach Aufteilung in Kohorte und Geschlecht in den einzelnen Gruppen stärkere Korrelationen zum BMI als zum BAI. Korrelationen zur BIA sind in der Literatur leider noch keine beschrieben.

Konzentriert man sich auf die ermittelten KF(%)-Werte, so fiel eine geringere, mittlere Differenz der BIA-KF-Werte zu Caliper- oder BAI-KF-Werten auf (außer bei der Calipometrie an älteren Probanden), verglich man diese mit der Differnz zu den DEXA ermittelten Werten (vgl. Tabelle 29, S. 60). Richtet man den Fokus auf die BIA, könnten diese Ergebnisse auf eine Unterschätzung des KF(%) bei geringerem Körpergewicht und eine Relativierung mit besserer Präzision bei höherem Körpergewicht hindeuten. Bekräftigt wird diese Vermutung auch durch die Abnahme der Differenzen zwischen BIA- und Calipometrie-KF(%)-Werten bei steigendem BMI oder steigender WC bei Frauen. Die Ergebnisse von Sun et al. [119] sprachen allerdings für das Gegenteil und so formulierte er die Hypothese, die BIA tendiere zu einer Überschätzung des KF bei Untergewichtigen und einer Unterschätzung des KF bei Übergewichtigen. Die BIA stelle lediglich bei normal-gewichtigen Personen ein gutes Instrument zur Berechnung der FM dar. Betrachtet man die physikalischen Hintergründe der BIA, erscheint dies begründet. Der Torso trägt, verglichen mit den Extremitäten, nur wenig zur Gesamtimpedanz bei. Bei Übergewicht kommt es häufig zu einer vermehrten Fettakkumulation im Bauchbereich. Aufgrund der vergleichsweise schlanken Extremitäten erhält man somit eine, für die vorhandene Fettmasse zu niedrige Impedanz und die FM wird somit unterschätzt [107]. Dieser Umstand konnte in anderen Studien nachgewiesen werden, bei denen es zu einer Überschätzung der FFM und Unterschätzung der FM bei adipöseren Personen mittels BIA kam [14,97,127]. Eine mögliche Erklärung für die vermutete Unterschätzung der FM bei Menschen mit niedrigem BMI ist das Zusammenspiel von großer Körpergröße mit langen, dünnen Extremitäten. Beides führt zu einer Unterschätzung der Impedanz und somit auch zur Unterschätzung der FM. Die positive Korrelation zwischen BIA und BAI- bzw. Caliper-KF(%)-Werten mit steigendem BMI unterstütz diese Hypothese. Interessanter-weise war die Korrelation bei der jungen Kohorte höher als bei der älteren Kohorte, was ebenfalls diese Vermutung bekräftigt. So besitzen junge Menschen mehr Muskelmasse als ältere, was durch Proteinmangelernährung, gesteigerten Proteinabbau und verringerte Proteinbiosynthese im Alter zustande kommt [7]. Die bioelektrische Impedanz ist somit in jüngeren Jahren niedriger und könnte daher zu einer noch stärkeren Unterschätzung der FM bei jüngeren Menschen führen. Auch der Umstand, dass die mittleren KF-Werte der Caliper-Messungen im Schnitt höher lagen als die der BIA erhaltenen Werte, sprechen für

eine Unterschätzung der FM durch die BIA in unserer Studie. Andere Studien konnten zeigen, dass die Calipometrie, verglichen mit der BIA [47,110] oder Densitometrie [28], sonst eher zur Unterschätzung der FM tendiert.

Für die BIA Methode gibt es widerspüchliche Ergebnisse hinsichtlich ihrer Reliabilität und Validität bei der Körperfettmessung. Lukaski et al. [78] bescheinigte der BIA verglichen mit dem früheren Goldstandard der Körperanalyse, der Densitometrie, eine gute Übereinstimmung mit nur einem geringen *SEE* ($SEE_M$= 2,7 %, $SEE_F$= 3,1 %). Weitere Studien gelangten zu ähnlichen Schlussfolgerungen und bestätigten die BIA als eine valide und präzise Körperanalysemethode [21,38,56,78,91,100,133]. Andere Publikationen entdeckten größere Diskrepanzen zu Referenzmethoden, insbesondere bei älteren Menschen [28], eine fragwürdige Reliabilität der BIA [47] oder rieten sogar von der BIA als Körperanalysemethode ab [14].

Legt man den Fokus auf die DEXA und zieht die Erkenntnis dieser Studie mit ein, dass es bei den mittels DEXA ermittelten Körperfettwerten, verglichen mit dem BMI, deutlich zu einer Höherklassifizierung der Probanden/-innen kam, d.h. die Sensitivität außer bei Adipositas-BMI-Gruppen sehr gering war, deutet dies auf eine Überschätzung des KF(%) mittels DEXA hin.

Diese Vermutung wird zum Teil durch andere Studienergebnisse gestützt [23,41,99], die eine Überschätzung der FM mittels DEXA im Vergleich zu Referenzmethoden feststellen konnten. Clasey et al. [23] befand die DEXA bei der Berechnung des KF(%) sogar als unakzeptabel und rät von ihrem Einsatz bei Forschungsprojekten ab.

Demgegenüber stehen Studien, welche Ergebnisse an einem Probandenkolletiv mit breiter Altersspannweite [118], aber auch speziell bei älteren Menschen aufzeigen konnten [99,113,114], die genau das Gegenteil zeigten. Hierbei kam es jeweils zu einer Unterschätzung der FM und einer Überschätzung der FFM durch die DEXA-Methode. Snead et al [113] zeigte, dass die DEXA bei älteren Menschen einen deutlich geringeren, mittleren KF(%)-Gehalt errechnete als die Hydrodensitometrie und vermutete daher eine höhere Präzision der DEXA bei jüngeren Probanden. Unsere Daten konnten dies nicht bestätigen. Es gab keine signifikanten, altersabhängigen Veränderungen in der BIA-DEXA-Differenz.

Die DEXA, schon seit einger Zeit Goldstandard der Knochendichtemessung [64,70], findet inzwischen auch als Referenzmethode bei Körperanalysen immer stärkere Verwendung

[12,16,27,45,67,69,100]. Doch auch wenn einige Quellen die DEXA-Methode jetzt schon als neuen Goldstandard der Körperanalyse betrachten [17,33], finden andere Autoren dies verfrüht [128] oder raten sogar ganz davon ab [23,47,65,105].

## 4.3 BIA-DEXA Korrelationen und Vergleiche

Beide Methoden zeigten eine starke Korrelation zueinander ($r_P$= ,86), wie dies auch schon in anderen Studien aufgezeigt werden konnte [81,100,119]. Es gab eine deutliche Differenz zwischen den Geschlechtern. Sowohl bei jungen als auch bei älteren Frauen korrelierten die Ergebnisse deutlich stärker miteinander als bei Männern. Dieser Umstand könnte auf die unterschiedlichen mittleren Körperfettwerte und -verteilungen von Männern und Frauen zurückzuführen sein. Auch die oben schon erläuterte Abweichung der BIA bei langen Extremitäten könnte bei unserer Stichprobe eine weitere Ursache für diese Geschlechterdifferenz sein, da Männer signifikant größer waren. Allerdings gibt es in diesem Punkt sehr kontroverse Ergebnisse. Sun et al. [119] und Beeson et al. [9] stellten ebenfalls eine stärkere Korrelation beider Methoden bei Frauen fest, wohingegen Lupoli et al. [81] eine stärkere Korrelation bei Männern beschrieb. Lupolis Probandenkollektiv bestand allerdings aus untergewichtigen Männern und Frauen, was eine mögliche Erklärung für diesen Widerspruch darstellt.

Der *SEE* der Regressionsgeraden beider Methoden lag in unserer Gesamtstichprobe bei 4,1. Nach Geschlechtertrennung fand sich eine höhere Abweichung bei Männern ($SEE_M$= 4,2 vs. $SEE_F$= 3,7). Diese Ergebnisse decken sich mit denen von Rech et al. [100] und Segal et al. [111], die ebenfalls höhere *SEE* bei Männern fanden.

Überraschend war, dass die Korrelation von BIA-KF-Werten zum BMI, zur WC, zum HU, zur WHR und zur WHtR vor allem bei Frauen stärker war als die entsprechenden Korrelationen zu DEXA-KF-Werten. Hinzu kam, dass bei jüngeren Frauen eine stärkere Korrelation zwischen BIA-KF-Werten und BMI bzw. WC bei hohen Taillenwerten ermittelt werden konnte als bei geringen Taillenwerten. Diese Ergebnisse widersprechen erneut den Aussagen einer geringeren Präzision der BIA bei adipösen Personen [14,97,127].

Nach Kohorten und Geschlechter differenzierter Analyse zeigte die WC bei Männern eine stärkere Korrelation zu den DEXA ermittelten KF-Werten und bei Frauen eine stärkere Korrelation zu BIA-KF-Werten. Beim BMI zeigte sich ein ähnliches Muster. Dies deutet

auf eine präzisere viszerale Fettbestimmung bei Männern mittels DEXA- und bei Frauen mittels BIA-Methode hin. Eine mögliche Erklärung für eine schlechtere Korrelation der BIA-KF(%)-Werte bei Männern ist die größere, mittlere Körpergröße. Sind die Extremitäten, die einen größeren Anteil an der Impedanz darstellen, länger, könnte dies das reale Körperfett, das bei Männern eher android verteilt ist [114], unterschätzen. Dennoch gibt es Quellen, die der DEXA eine gute Präzision bei der viszeralen Fettbestimmung bescheinigen [114], andere hingegen fanden bei extremen Taillenumfängen eine Überschätzung und bei normalgewichtigen Personen eine Unterschätzung um bis zu acht Prozent des ermittelten, prozentualen, viszeralen Fetts und somit eine breite Varianz in den Ergebnissen [60].

Das Interesse bei einem Methodenvergleich liegt allerdings auf der Vergleichbarkeit der ermittelten Werte. Mit einer mittleren Differenz der BIA-DEXA-Werte von *M*= -8,21 lagen die ermittelten Körperfettwerte sehr weit auseinander, was im klinischen Alltag zu Fehlkategorisierungen und somit letzendlich auch zu fehlerhaften Behandlungen und Therapiemaßnahmen führen kann. Diese Differenz war höher als es in vergleichbaren Studien der Fall war [89]. Die Abweichungsrichtung von BIA und DEXA verhält sich dabei sehr kontrovers. Einige Studien stimmen mit unserem Ergebnis überein und belegen ebenfalls ein höher ermitteltes KF(%) mittels DEXA-Methode [9,69,89,91], andere Studien hingegen zeigten deutlich höhere KF(%)-Werte mittels BIA-Messung [9,65,118].

Auffallend bei unserer Studie war, dass 486 (95,2 %) der BIA-KF-Werte niedriger lagen als die DEXA-KF-Werte mit einer durchschnittlichen, sehr hohen Differenz von *M*= -8,21. Ein Einfluss auf die Höhe der Abweichung scheint der bei der BIA verwendete Messmodus zu haben. So zeigte sich bei Pateyjohns et al. [94] eine stärkere negative Abweichung der BIA ermittelten KF(%)-Werte verglichen zur DEXA, wenn ein multi-frequentes Gerät verwendet wurde im Vergleich zu single-frequenten Apparaten. Dies könnte eine mögliche Erklärung für die hohe Abweichung bei unseren Messungen darstellen, da wir ebenfalls multi-frequente Geräte verwendeten.

Bei Frauen kam es zu einer signifikanten Abnahme der Differenzen beider Methoden mit steigendem Körperfett, steigendem BMI und steigender WC. Dies deutet darauf hin, dass die Methoden bei höherer FM besser übereinstimmen. Schließt man die zuvor formulierte Vermutung mit ein, die BIA neige, vor allem bei geringerer FM, zu einer Unterschätzung des KF(%), zeigt dies eine mögliche Erklärung für diese Abnahme in den Differenzen. Der

Umstand, dass dies vor allem bei Frauen auftrat, könnte durch den Unterschied in der mittleren, prozentualen FM beider Geschlechter und der unterschiedlichen Fettverteilung bedingt sein. Bei Ling et al. [73] stieg die Überschätzung der FM mittels BIA mit zunehmendem KF an. Unsere Annahme von zu niedrigen BIA-Werten bei geringer FM mit eingeschlossen, könnte dies eine Erklärung für die Abnahme in den Differenzen darstellen. Allerdings gibt es auch hierzu Ergebnisse, die den unseren widersprechen. Leahy et al. [69] und Haapala et al. [45] konnten eine Zunahme in der Differenz zwischen BIA und DEXA mit steigender FM verzeichnen.

Ein weiterer Punkt ist die unterschiedliche Kategorisierung beider Methoden verglichen mit dem BMI. Eine hohe Sensitivität der Methoden ist unabdingbar. Es zeigte sich, dass die DEXA zur Höherklassifizierung des BMI nach WHO Richtlinien neigte. Viele Probanden/-innen wurden als adipös oder sogar sehr adipös eingestuft. Da es nur für jüngere Personen eine entsprechende Körperfett-Klassifizierung gibt, konnten wir die Sensitivität bezogen auf den BMI auch nur an der jüngeren, kleineren Kohorte testen. Hierbei lag die Sensitivität der Körperfettkategorisierung mittels BIA ermittelter Werte bezogen auf die BMI-Gruppen deutlich über der mittels DEXA ermittelter Werte (BIA mit 64 % vs. DEXA mit 28,9 %). Eine korrekte Erfassung der FM und der FFM ist, insbesondere bei alten Menschen in Hinsicht auf das Vorhandensein einer Sarkopenie oder Malnutrition, von großer Bedeutung. Hierzu fanden sich leider keine Vergleichsdaten in der Literatur.

## 4.4 Mögliche Einfluss- und Fehlerquellen

Bei der WC-Messung kann es auf Grund fehlender, standardisierter Vorschriften über die Messdurchführung bzw. unzureichend geschulten Personals zu großen inter- und intra-Untersucherunterschieden kommen [18]. Daher ist eine Schulung von Untersuchern und vor allem Ärzten ratsam, damit gemessene Werte einer Person auch miteinander verglichen werden können und die untersuchte Person auch eine korrekte Beurteilung ihrer Körperanalyse bekommt.

Die Calipometrie erfordert ebenfalls geschultes Personal und ein präzises, standardisiertes Vorgehen, damit große intra- und inter-Untersucher Fehler vermieden werden [58,62]. Unterschiedliche Druckstärke, ein unterschiedlicher Messbereich oder auch unterschiedliche Hersteller sind Hauptfehlerquellen [93]. Außerdem gibt es unterschiedliche

Gleichungen zur Berechnung des prozentualen Fettanteils [103]. Eine andere denkbare Ursache für Messfehler stellt die Annahme eines konstanten Verhältnisses von subkutanem zu viszeralem Fett dar. Dies wird sehr widersprüchlich gehandhabt, da es große interindividuelle Unterschiede gibt [62,107]. Die Angaben, wieviel prozentuales subkutanes Fett ein Mensch besitzt, differieren zwischen 50 % [2] - 70 % [129]. Insbesondere bei älteren Menschen, die vermehrt viszerale und intramuskuläre Fettdepots [62,110,134] aufzeigen und bei denen sich der Hydratationszustand und die Elastizität der Haut von Jüngeren unterscheiden [22], kann es zu Abweichungen in den ermittelten Köfperfettwerten kommen.

Alle häufig verwendeten Methoden zur Körperfettbestimmung (Calipometrie, BIA, DEXA) beinhalten die Annahme, dass die FFM eine konstante Hydratation von 73 g/ml aufweist. Dies trifft jedoch nicht auf alle Menschen gleichermaßen zu. Es wird eine normale Varianz in der Hydratation von 67 % - 85 % angegeben [84]. Zusätzlich wird sehr muskulösen Menschen ein TBW von 70 - 80 % und sehr adipösen Menschen nur ein TBW-Anteil von 45 - 50 % bescheinigt [62]. Daneben kommt es mit steigendem Alter zu einer Abnahme der FFM-Hydratation [40,66]. Dies kann zu einem systematischen Fehler in der Berechnung der FM und der FFM führen.

Die Studienlage hinsichtlich der Messverfälschung durch eine Änderung der Hydratation ist bei beiden Methoden widersprüchlich. Es gibt Studienergebnisse, die sowohl bei der BIA [65] als auch bei der DEXA [65,96] eine Verfälschung der Ergebnisse durch einen veränderten Wasserhaushalt belegen, als auch Studienergebnisse, die keinen signifikanten Einfluss finden konnten [21,42].

Ein weiteres Problem bei der Kategorisierung nach prozentualem Körperfett ist, dass es bis heute keine einheitlichen Richtlinien dafür gibt. Für jüngere Menschen finden sich Richtlinien [2], für ältere Menschen gibt es jedoch lediglich Ratschläge. So galten bei der 1995 in New Mexiko durchgeführten Studie „Body composition in healthy Aging“ [8], in der ebenfalls ältere Menschen über 60 untersucht wurden, Probanden als übergewichtig, wenn sie oberhalb des Medians der Bezugsgruppe lagen. Dies stellt eine sehr willkürliche Einteilung dar. Ähnlich verfuhr auch Leahy [69]. Es wurden beliebige Grenzen anhand der Interpretation der Bland-Altman-Plots gewählt, die weder Mittelwert noch Median entsprachen. So differieren die in der Literatur angegebenen cut-off-points des prozentualen Körperfetts für Männer zwischen 24,6 % [69], 25 % [27], 27 % [8] bis hin zu

30 % [119]. Bei Frauen werden Werte von 32 % [69], 33 % [119], 35 % [27] und 38 % [8] genannt.

Bei der BIA-Messung gibt es eine Vielzahl von Faktoren, welche die Messergebnisse verfälschen können. Die Behauptung, die BIA-Methode sei eine einfache Methode, für die kein geschultes Personal benötigt werde [69], erscheint daher fehlerhaft.

Eine Abweichung in der Elektrodenplatzierung oder eine falsche Lagerung der Testperson kann einen Einfluss auf die gemessenen Widerstände und somit auch auf die Berechnung des Körperfetts haben; eine korrekte und standardisierte Anbringung der Elektroden ist eine wichtige Vorraussetzung für die Durchführung der BIA [26,29,56]. Lukaski et al. [78] zum Beispiel benuzte bei seiner Studie Elektrodengel zur Reduzierung des Hautwiderstandes, was eine mögliche Erklärung für seine geringen *SEE* sein könnte.

Zusätzlich gibt es weitere Faktoren, die zu Messfehlern führen können, wie z.B. sportliche Aktivität oder Nahrungsaufnahme vor der Messung [30] oder Messungen zu unterschiedlichen Tageszeiten [92]. Die BASE-II Probanden wurden auf diese Punkte hingewiesen und gebeten, sich an die in Tabelle 15 (Seite 34) genannten Vorgaben zu halten, allerdings waren sie nicht stationär vor Ort, so dass Incompliance eine mögliche Erklärung für einige Abweichungen darstellen könnte.

Auch der Umstand, dass die Studie sowohl im Winter als auch im Sommer durchgeführt wurde, wodurch eine einheitliche Körpertemperatur und eine einheitliche Hautleitfähigkeit nicht immer gewährleistet werden konnte, könnte eine mögliche Erklärung für Ausreißer bei der BIA-Messung sein. Eine Veränderung der Hauttemperatur kann zu einer Fehlberechnung des TBW und somit letztendlich auch des KF(%) führen [97]. Für die große mittlere Differenz zwischen BIA und DEXA stellt dies allerdings keine Erklärung dar, da sich die Ausreißer bei so vielen Probanden relativieren würden.

Für die BIA-Messung gibt es bis heute noch nicht allgemein gültige standardisierte Bedingungen [130]. Es gibt lediglich Empfehlungen für die Durchführung.

Zusätzlich gibt es eine Vielzahl von unterschiedlichen Regressionsgleichungen mit jeweils verschiedensten Parametern, die mit einbezogen werden [31,45,66]. Die Verwendung unterschiedlicher Gleichungen kann zu großen Diskrepanzen in den ermittelten Ergebnissen führen [31,81].

Ob die Verwendung unterschiedlicher Geräte von verschiedenen Herstellern ebenfalls die Messergebnisse verfälschen ist umstritten. Es gibt sowohl diese Hypothese bestätigende [90], als auch widerlegende Ergebnisse [29].

Bei der DEXA-Methode zeigte sich allerdings eine starke Differenz in den ermittelten KF-Werten, wenn Geräte unterschiedlicher Hersteller [63,66], unterschiedliche Softwareversionen [109,122] oder unterschiedliche Scan-Modi [23] verwendet wurden. So kam es in der berechneten Fettmasse zu einer Inter-Herstellerdifferenz von bis zu 10 %.

Zusätzlich können unterschiedliche Abstände zwischen Detektor und Messplattform durch den Effekt der sogenannten „beam magnification“ zu unterschiedlichen Messergebnissen führen [23,109].

Auch eine unterschiedliche Tiefe der zu durchdringenden Gewebe beeinflusst die ermittelten Werte. So zeigte sich eine Überschätzung der FM und der KM bei tieferen Geweben [68], die bei adipöseren Menschen unpräzisere Ergebnisse lieferte. Hinzu kommt, dass DEXA-Messungen bei adipösen oder auch sehr großen Menschen schwierig durch-zuführen ist. Neuere Geräte besitzen zwar eine gesteigerte Maximaltragelast der Untersuchungstische (Discovery®=204 kg [54]), allerdings ist eine Bedingung der DEXA-Messung, dass sich die Testpersonen in eine relativ schmale Begrenzung legen und diese nicht überschreiten soll, was bei adipöseren oder größeren Menschen oft nicht machbar ist. Die Problematik der Körperfettanalyse bei höheren Fettwerten wird auch ersichtlich, wenn man berücksichtigt, dass bei einem Ganzkörperscan ungefähr ⅓ der Pixel Knochenmasse enthalten. Das Verhältnis des Körperfetts bei diesem Anteil wird somit nur anhand der zuvor gescannten knochenfreien Areale geschätzt [68]. Diese Hintergründe stellen eine weitere denkbare Erklärung für die Abnahme der Körperfettdifferenzen aus BIA und DEXA mit steigendem Körperfett bzw. BMI dar.

Ein dauerhafter Untersucherfehler oder ein defektes bzw. nicht richtig kalibriertes Gerät kann für die große Differenz beider Methoden nicht verantwortlich sein. Es kamen verschiedene Untersucher zum Einsatz, das DEXA-Gerät wurde täglich kalibriert und es kamen zwei unterschiedliche BIA-Geräte zum Einsatz, so dass beide dieselbe Abweichung aufweisen müssten, damit eine solche dauerhafte Differenz zustande kommen kann.

## 4.5 Blutwerte

Es zeigte sich eine große Geschlechter- und auch Altersdifferenz in den Korrelationen zwischen Blutfettparametern und anthropometrischen Parametern bzw. Körperfettwerten. Vor allem für das Gesamtcholesterin und das LDL zeigten sich prognostisch schlechtere Werte der älteren Kohorte.

Bei den Gesamtcholesterin- und LDL-Werten zeigten sich nach Ausschluss der Probanden/-innen, die Lipidsenker einnahmen, immer noch bei ca. 1/5 der jungen Probanden/-innen (m= 23,1 %, w= 20,0 %) ein erhöhter Gesamtcholesterinwert. Bei der älteren Kohorte war dies sogar bei 56,4 % der Männer und bei 85,1 % der Frauen der Fall. Betrachtet man nur die LDL-Werte, die der primäre Ansatzpunkt bei einer Hypercholesterinämie-Therapie darstellen [44], zeigte sich eine noch deutlichere Untermedikation. In der jungen Kohorte wiesen 52,4 % der Männer und 34,5 % der Frauen grenzwertige LDL-Werte von 100-160 mg/dl auf. Bei der älteren Kohorte fielen in die grenzwertig oder zu hohen Gruppen sogar 81,9 % der Männer und 91,7 % der Frauen. Diese Werte bestätigen die schon in BASE-I [72] formulierte Vermutung, dass anfänglich symptomarme Erkrankungen, welches das subjektive Krankheitsempfinden lange nicht wahrnimmt, unterschätzt und nicht ernst genommen werden. Dies hat sich bis zur heutigen Zeit, in der die Gefahr von Hyperlipidämie längst bekannt und belegt ist [121], noch nicht geändert.

Die signifikant positive Korrelation zwischen TG- und KF(%)-Werten spricht für eine Verschlechterung der Blutfettwerte mit steigender FM. Der Umstand, dass sich vor allem bei älteren Frauen eine positive Korrelation zu anthropometrischen Parametern feststellen ließ, könnte in den unterschiedlichen prozentualen Körperfettwerten [2,40] von Frauen und Männern begründet sein.

Ein erniedigter HDL-Wert scheint ein für viszerales Körperfett sensitives Maß zu sein [129]. Dies zeigte sich bei uns bestätigt, da sowohl bei Männern, als auch bei Frauen eine negative Korrelation des HDL zu anthropometrischen Parametern inklusive der WC festgestellt werden konnte. Die Abnahme der Serumkonzentration des HDL mit steigender Körperfettmasse wird durch eine vermehrte Aufnahme des HDL ins überschüssige Fettgewebe begründet [2] und birgt ein gesundheitliches Risiko [83].

Überraschend waren die signifikant geringeren HDL-Werte bei Frauen der LS(+)-Gruppe. Statinen wird eine HDL-Wert erhöhende Wirkung bescheinigt [52]. Ein Grund für die geringeren HDL-Spiegel bei Probanden mit lipidsenkender Medikation könnten geringere

Ausgangslevel gewesen sein. Erfasst wurde lediglich das HDL-Level zum Abnahmezeitpunkt und nicht im Verlauf der Statintherapie.

Die DHEAS-Werte differierten bei unterschiedlichen WC-cutoff-points nicht signifikant. Es konnte in der Gesamtstichprobe zwar eine schwache Korrelation zwischen WC und DHEAS-Konzentrationen festgestellt werden, diese war nach Kohorten und Geschlechter getrennter Analyse allerdings nicht mehr signifikant. Dies spricht gegen die von Hansen et al. [48] für Ratten postulierte Aussage einer protektiven Funktion des DHEAS gegenüber viszeralen Fettdepots bei Menschen.

Untersucht wurde allerdings nur der momentane DHEAS-Status. Ob sich eine DHEAS-Supplementation positiv auf das viszerale Fett und die Fettumverteilung auswirkt, konnten wir bei dieser Studie nicht beurteilen. Bei Flynn et al. [37] zeigte sich bei dreimonatiger DHEAS-Supplementation in Menschen allerdings keine Veränderung der Körper-zusammensetzung. Lediglich eine Abnahme im Gesamtcholesterin, aber auch im HDL-Wert konnte entdeckt werden. Interessanterweise zeigte sich bei unseren Probanden/-innen mit höherer DHEAS-Konzentration ebenfalls eine signifikant negative Korrelation zu Gesamtcholesterin, Triglyzeriden, LDL und HDL. Auch wenn laut Moebus et al. [83] ein geringer HDL-Spiegel als Risikofaktor im Alter an Wichtigkeit verliert, so scheint die Schlussfolgerung einer positiven Wirkung des DHEAS dennoch voreilig.

Auffällig war auch der signifikant niedrigere DHEAS-Wert bei Probanden/-innen, die unter einer lipidsenkender Therapie standen. Kanat et al. [61] konnte ebenfalls eine signifikante Abnahme der Steroidhormone unter Statintherapie feststellen, die vom verabreichten Präparat abhängig war. Hall et al. [46] hingegen gelang zu dem Schluss, dass Lipidsenker keinen klinisch relevanten Effekt auf die DHEAS-Konzentration haben. In Anbetracht dessen, dass sich das Risiko für ein Rezidiv bei testosteronabhängigen Tumoren unter DHEAS-Gabe erhöht [71], ist eine genauere Risiko-Nutzen-Untersuchung dringend notwendig, da DHEAS vor allem in den USA frei verkäuflich als Nahrungsergänzungs-mittel gehandhabt wird [4].

## 4.6 Fazit

Ältere Probanden hatten sowohl prognostisch schlechtere Werte in anthropometrischen Messungen, Körperfettwerten, sowie in Blutwerten. Dies verdeutlicht, dass Altern mit einer Zunahme der Risikofaktoren für kardiovaskuläre und endokrinologische Erkrankungen einhergeht.

Die ermittelten Körperfettwerte aus BIA und DEXA ergaben eine sehr große Varianz. Ein Vergleich zu anthropometrischen Parametern und anderen Körperfett-Messmethoden bescheinigte eine gute Korrelation der ermittelten Werte miteinander. Auch BIA und DEXA korrelierten mit $r$= ,86 stark, dennoch zeigte sich eine große Differenz in den Werten mit einer mittleren Abweichung von $MW$= 8,21. Die Sensitivität beider Methoden hinsichtlich der Kategorisierung in unterschiedliche Körperfettgruppen im Vergleich zu BMI-Gruppen belegte eine deutlich bessere Sensitivität der BIA bei jungen Probanden. Obgleich die Körperfettkategorisierung älterer Menschen anhand des BMI kontrovers diskutiert wird, zeigte sich bei uns eine gute Korrelation zwischen BMI und ermittelter Körperfettmasse. So stellen der BMI und die WC für den klinischen Alltag einfachere und kostengünstigere Möglichkeiten dar, um das Risiko von erhöhtem Körperfett einschätzen zu können.

Es konnte kein signifikanter Unterschied der Dihydroepiandrosteron-Sulfat-Werte zwischen unterschiedlichen Taillenumfangs-Gruppen ausgemacht werden und damit auch kein a priori protektiver Effekt des Dihydroepiandrosterons vor viszeralen Fettdepots. Zusätzlich zeigte sich eine noch nicht untersuchte Abnahme des HDL-Werts bei steigenden DHEA-Konzentrationen. Für die restlichen Laborparameter lässt sich zusammenfassend sagen, dass eine erhöhte Fettmasse mit einem schlechteren Blutfettwert-Profil einherging. Dies veranschaulicht, dass eine zunehmende Fettmasse auch mit endokrinologischen Veränderungen einhergeht.

# 5. Zusammenfassung

Hinsichtlich der stetig älter werdenden, multimorbiden Bevölkerung und einer mit dem Altern einhergehenden Veränderung der Körperzusammensetzung sind besonders im geriatrischen Bereich valide Körperanalysemethoden gefragt, um Adipositas, Malnutrition und sarkopenische Adipositas im Alter erkennen und behandeln zu können.

Es gibt eine Vielzahl von Methoden zur Untersuchung der Körperzusammensetzung. Diese Dissertation untersuchte die Korrelation der Bioelektrischen Impedanz Analyse (BIA) und der Dual Energy X-Ray Absorptiometry untereinander und in Bezug zu anderen anthropometrischen Parametern, insbesondere zum Body Mass Index (BMI). Hierfür wurden Daten von 498 Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie untersucht. Durch den zweischichtigen Studienaufbau aus einer jüngeren Kohorte mit 23-37 und einer älteren Kohorte mit 62-82 jährigen Probanden konnten beide Methoden hinsichtlich ihrer Präzision und möglichen Abweichungen bei älterer Menschen untersucht werden.

Die Ergebnisse zeigten, dass obgleich guter Korrelationen der einzelnen Methoden untereinander die Varianz der Ergebnisse sehr groß war. Eine mittlere Differenz des aus BIA und DEXA ermitteltem prozentualen Körperfett von 8,21 ist für den klinischen Gebrauch zu hoch. Die Korrelationen von BIA- und DEXA-Werten zu diversen anthropometrischen Parametern stellten sich geschlechtsspezifisch unterschiedlich stark dar. Die Abnahme in der Differenz beider Methoden mit steigenem Körperfett, steigendem BMI und steigendem Taillenumfang bei Frauen verdeutlicht, dass eine Berücksichtigung des Geschlechts erforderlich ist und dass die Präzision beider Methoden von anthropometrischen Parametern beeinflusst wird. Abdominale Fettakkumulationen beeinflussen und verfälschen die Ergebnisse. Anstatt einer zuvor vermuteten stärkeren Abweichung beider Methoden bei erhöhtem Taillenumfang zeigte sich eine geringere Abweichung. Ein Vergleich beider Methoden zu anderen Köfperfettmessmethoden führte zu der Schlussfolgerung, dass die BIA insbesondere bei niedrigen BMI-Werten zur Unterschätzung der realen Fettmasse neigt, wohingegen die DEXA unabhängig vom BMI zu einer Überschätzung dieser neigt. Die Differenzen beider Methoden waren bei höheren Fettmassen, insbesondere bei Frauen, geringer.

Durch die vielfache Verwendung der DEXA in wissenschaftlichen Studien wurde sie in einigen Publikationen als neue Referenzmethode der Körperfettmessung gehandhabt. Trotz der vielfach belegten hohen Präzision und ihrer guten Reproduzierbarkeit erscheint dies

verfrüht. Die Vergleiche der BIA und DEXA ermittelten Körperfettwerte mit der BMI-Gruppeneinteilung der jüngeren Kohorte zeigten eine sehr starke Differenz. Die BIA erscheint als hilfreiche Messmethode um Aussagen über die Körperzusammensetzung treffen zu können. Weitere Validierungs- und Verbesserungsprozesse sollten durchgeführt werden, da die BIA, gerade im geriatrischen Bereich, eine sehr gute Möglichkeit zur einfachen und kostengünstigen Körperkompartimentmessung darstellt. Weitere Studien, standardisierte Richtlinien zur BIA-Durchführung und standardisierte, alters- und geschlechtsspezifische Formeln zur Berechnung des prozentualen Körperfetts sind jedoch essentiell, da diese Faktoren einen großen Einfluss auf die Messgenauigkeit ausüben.

Für beide Methoden gibt es sehr widersprüchliche Publikationen, die nach Analyse und mit Einbeziehung unserer Daten gegen eine Empfehlung einer der beiden Methoden als neuen Goldstandard zum jetzigen Zeitpunkt sprechen. Die Ergebnisse aus diesen indirekten bzw. doppelt indirekten Körperanalysemethoden sollten lediglich als grobe Orientierungshilfen für Diagnostik und Therapie gesehen werden. Beide Methoden stellen einen relativ einfachen und schnellen Weg zur Analyse der Körperzusammensetzung dar, die in Anbetracht der pandemischen Ausbreitung von Übergewicht und Fettleibigkeit weiter erforscht und validiert werden sollten.

# 6. Literaturverzeichnis


[1] Abu-Abid, S., Szold, A. und Klausner, J. 2002. Obesity and cancer. *Journal of Medicine* 33: 73-86 (2002).

[2] Schutz, Y., Noack, R., Biesalski, H. K., Hauner, H., Wahrburg, U., Assmann, G.:Grundlagen der Ernährung, Fette, Übergewicht im Erwachsenenalter, Hyperlipoproteinämie. In: Adam, O. (Hrsg.) Ernärungsmedizin: nach dem Curriculum Ernährungsmedizin der Bundesärztekammer, 2. überarb. und erw. Auflage, *Thieme,* Stuttgart, New York: 8-18, 21-23, 44-45, 79, 82-86, 246-252, 376-379 (1999).

[3] Ahima, R.S. und Osei, S.Y. 2008. Adipokines in obesity. *Frontiers of Hormone Research* 36: 182-197 (2008).

[4] Allolio, B. und Arlt, W. 2002. DHEA treatment: myth or reality? *Trends in Endocrinology and Metabolism* 13: 288-294 (2002).

[5] Assmann, G., Schulte, H., Cullen, P. und Seedorf, U. 2007. Assessing risk of myocardial infarction and stroke: new data from the Prospective Cardiovascular Münster (PROCAM) study. *European Journal of Clinical Investigation* 37: 925-932 (2007).

[6] Balkau, B., Deanfield, J.E., Despres, J., Bassand, J., Fox, K.A., Smith, S.C., Barter, P., Tan, C., Van Gaal, L., Wittchen, H., Massien, C. und Haffner, S.M. 2007. International Day for the Evaluation of Abdominal Obesity (IDEA): A Study of Waist Circumference, Cardiovascular Disease, and Diabetes Mellitus in 168 000 Primary Care Patients in 63 Countries. *Circulation* 116: 1942-1951 (2007).

[7] Bauer, J., Wirth, R., Volkert, D., Werner, H. und Sieber, C. 2008. Malnutrition, Sarkopenie und Kachexie im Alter - Von der Pathophysiologie zur Therapie. *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 133: 305-310 (2008).

[8] Baumgartner, R.N. 2000. Body composition in healthy aging. *Annals of the New York Academy of Sciences* 904: 437-448 (2000).

[9] Beeson, W.L., Batech, M., Schultz, E., Salto, L., Firek, A., Deleon, M., Balcazar, H. und Cordero-Macintyre, Z. 2010. Comparison of body composition by bioelectrical impedance analysis and dual-energy X-ray absorptiometry in Hispanic diabetics. *International Journal of Body Composition Research* 8: 45-50 (2010).

[10] Berghöfer, A., Pischon, T., Reinhold, T., Apovian, C.M., Sharma, A.M. und Willich, S.N. 2008. Obesity prevalence from a European perspective: a systematic review. *Biomedical Central Public Health* 8: 1-10 (2008).

[11] Bergman, R., Kim, S., Hsu, I., Catalano, K., Chiu, J., Kabir, M., Richey, J. und Ader, M. 2007. Abdominal Obesity: Role in the Pathophysiology of Metabolic Disease and Cardiovascular Risk. *The American Journal of Medicine* 120: 3-8 (2007).

[12] Bergman, R.N., Stefanovski, D., Buchanan, T.A., Sumner, A.E., Reynolds, J.C., Sebring, N.G., Xiang, A.H. und Watanabe, R.M. 2011. A better index of body adiposity. *Obesity* 19: 1083-1089 (2011).

[13] Berthold, H.K. und Steinhagen-Thiessen, E. 2009. Berliner Altersstudie II Operations- und Schulungsmanual. *Forschungsgruppe Geriatrie Charité internes Schulungsmanual:* 1-46 (2009).

[14] Beshyah, S.A., Freemantle, C., Thomas, E. und Johnston, D.G. 1995. Comparison of measurements of body composition by total body potassium, bioimpedance analysis, and dual-energy X-ray absorptiometry in hypopituitary adults before and during growth hormone treatment. *The American Journal of Clinical Nutrition* 61: 1186-1194 (1995).

[15] Bigaard, J., Frederiksen, K., Tjønneland, A., Thomsen, B.L., Overvad, K., Heitmann, B.L. und Sørensen, T.I.A. 2005. Waist circumference and body composition in relation to all-cause mortality in middle-aged men and women. *International Journal of Obesity* 29: 778-784 (2005).

[16] Bowden, R., Lanning, B., Doyle, E., Johnston, H., Nassar, E., Slonaker, B., Scanes, G. und Rasmussen, C. 2005. Comparison of Body Composition Measures to Dual Energy X Ray Absorptiometry. *Journal of Exercise Physiologyonline* 8: 1-9 (2005).

[17] Bray, G. 2007. The metabolic syndrome and obesity. *Humana Press,* Totowa: 3, 4, 10, 58 (2007).

[18] Browning, L.M., Mugridge, O., Dixon, A.K., Aitken, S.W., Prentice, A.M. und Jebb, S.A. 2011. Measuring Abdominal Adipose Tissue: Comparison of Simpler Methods with MRI. *Obesity Facts* 4: 9-15 (2011).

[19] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) 2011. Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung Jahresbericht 2009.

http://doris.bfs.de/jspui/bitstream/urn:nbn:de:0221-201103025410/3/JB_Umweltradioaktivitaet_2009.pdf: 15 (02.11.2011).

[20] Carey, V.J., Walters, E.E., Colditz, G.A., Solomon, C.G., Willett, W.C., Rosner, B.A., Speizer, F.E. und Manson, J.E. 1997. Body fat distribution and risk of non-insulin-dependent diabetes mellitus in women. The Nurses' Health Study. *American Journal of Epidemiology* 145: 614-619 (1997).

[21] Chertow, G.M., Lowrie, E.G., Wilmore, D.W., Gonzalez, J., Lew, N.L., Ling, J., Leboff, M.S., Gottlieb, M.N., Huang, W. und Zebrowski, B. 1995. Nutritional assessment with bioelectrical impedance analysis in maintenance hemodialysis patients. *Journal of the American Society of Nephrology* 6: 75-81 (1995).

[22] Chumlea, W.C. und Baumgartner, R.N. 1989. Status of anthropometry and body composition data in elderly subjects. *The American Journal of Clinical Nutrition* 50: 1158-1166 (1989).

[23] Clasey, J.L., Hartman, M.L., Kanaley, J., Wideman, L., Teates, C.D., Bouchard, C. und Weltman, A. 1997. Body composition by DEXA in older adults: accuracy and influence of scan mode. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 29: 560-567 (1997).

[24] Clasey, J.L., Kanaley, J.A., Wideman, L., Heymsfield, S.B., Teates, C.D., Gutgesell, M.E., Thorner, M.O., Hartman, M.L. und Weltman, A. 1999. Validity of methods of body composition assessment in young and older men and women. *Journal of Applied Physiology* 86: 1728-1738 (1999).

[25] Cypess, A.M., Lehman, S., Williams, G., Tal, I., Rodman, D., Goldfine, A.B., Kuo, F.C., Palmer, E.L., Tseng, Y., Doria, A., Kolodny, G.M. und Kahn, C.R. 2009. Identification and importance of brown adipose tissue in adult humans. *The New England Journal of Medicine* 360: 1509-1517 (2009).

[26] Data Input GmbH 2005. Das B.I.A.-Kompendium, 3. Ausg., *Data-Input GmbH*, Darmstadt: 1-70 (2009).

[27] Deurenberg, P., Andreoli, A., Borg, P., Kukkonen-Harjula, K., de Lorenzo, A., van Marken Lichtenbelt, W.D., Testolin, G., Vigano, R. und Vollaard, N. 2001. The validity of predicted body fat percentage from body mass index and from impedance in samples of five European populations. *European Journal of Clinical Nutrition* 55: 973-979 (2001).

[28] Deurenberg, P., van der Kooij, K., Evers, P. und Hulshof, T. 1990. Assessment of body composition by bioelectrical impedance in a population aged greater than 60 y. *The American Journal of Clinical Nutrition* 51: 3-6 (1990).

[29] Deurenberg, P., Westerterp, K.R. und Velthuis-Te Wierik, E.J. 1994. Between-laboratory comparison of densitometry and bio-electrical impedance measurements. *The British Journal of Nutrition* 71: 309-316 (1994).

[30] Deurenberg, P., Weststrate, J.A., Paymans, I. und van der Kooy, K. 1988. Factors affecting bioelectrical impedance measurements in humans. *European Journal of Clinical Nutrition* 42: 1017-1022 (1988).

[31] Dey, D.K. und Bosaeus, I. 2003. Comparison of bioelectrical impedance prediction equations for fat-free mass in a population-based sample of 75 y olds. *Nutrition*. 19: 858-864 (2003).

[32] Field, A. 2005. Discovering statistics using SPSS, 2. Aufl., *Sage Publications*, London, Thousand Oaks, New Delhi: 32, 294, 532 (2005).

[33] Fischer, M. 1993. Dual-photon and dual-energy X-ray absorptiometry for the measurement of total-body bone mineral and soft tissue composition. *European Journal of Nuclear Medicine* 20: 281-282 (1993).

[34] Fitzpatrick, A.L., Kuller, L.H., Lopez, O.L., Diehr, P., O'Meara, E.S., Longstreth, W.T. und Luchsinger, J.A. 2009. Midlife and late-life obesity and the risk of dementia: cardiovascular health study. *Archives of Neurology* 66: 336-342 (2009).

[35] Flegal, K.M. 2005. Excess Deaths Associated With Underweight, Overweight, and Obesity. *The Journal of the American Medical Association* 293: 1861-1867 (2005).

[36] Flint, A.J., Rexrode, K.M., Hu, F.B., Glynn, R.J., Caspard, H., Manson, J.E., Willett, W.C. und Rimm, E.B. 2010. Body mass index, waist circumference, and risk of coronary heart disease: a prospective study among men and women. *Obesity Research & Clinical Practice* 4: e171-e181 (2010).

[37] Flynn, M.A., Weaver-Osterholtz, D., Sharpe-Timms, K.L., Allen, S. und Krause, G. 1999. Dehydroepiandrosterone replacement in aging humans. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 84: 1527-1533 (1999).

[38] Fürstenberg, A. und Davenport, A. 2011. Comparison of multifrequency bioelectrical impedance analysis and dual-energy X-ray absorptiometry assessments

in outpatient hemodialysis patients. *American Journal of Kidney Diseases: The Official Journal of the National Kidney Foundation* 57: 123-129 (2011).

[39] Gallagher, D., Heymsfield, S.B., Heo, M., Jebb, S.A., Murgatroyd, P.R. und Sakamoto, Y. 2000. Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *The American Journal of Clinical Nutrition* 72: 694-701(2000).

[40] Gallagher, D., Visser, M., Sepúlveda, D., Pierson, R.N., Harris, T. und Heymsfield, S.B. 1996. How useful is body mass index for comparison of body fatness across age, sex, and ethnic groups? *American Journal of Epidemiology* 143: 228-239 (1996).

[41] Gately, P.J., Radley, D., Cooke, C.B., Carroll, S., Oldroyd, B., Truscott, J.G., Coward, W.A. und Wright, A. 2003. Comparison of body composition methods in overweight and obese children. *Journal of Applied Physiology* 95: 2039-2046 (2003).

[42] Going, S.B., Massett, M.P., Hall, M.C., Bare, L.A., Root, P.A., Williams, D.P. und Lohman, T.G. 1993. Detection of small changes in body composition by dual-energy x-ray absorptiometry. *The American Journal of Clinical Nutrition* 57: 845-850 (1993).

[43] Goodman-Gruen, D. und Barrett-Connor, E. 1996. Sex differences in measures of body fat and body fat distribution in the elderly. *American Journal of Epidemiology* 143: 898-906 (1996).

[44] Grundy, S.M., Cleeman, J.I., Merz, C.N.B., Brewer, H.B., Clark, L.T., Hunninghake, D.B., Pasternak, R.C., Smith, S.C. und Stone, N.J. 2004. Implications of recent clinical trials for the National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III Guidelines. *Journal of the American College of Cardiology* 44: 720-732 (2004).

[45] Haapala, I., Hirvonen, A., Niskanen, L., Uusitupa, M., Kroger, H., Alhava, E. und Nissinen, A. 2002. Anthropometry, bioelectrical impedance and dual-energy X-ray absorptiometry in the assessment of body composition in elderly Finnish women. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 22: 383-391 (2002).

[46] Hall, S.A., Page, S.T., Travison, T.G., Montgomery, R.B., Link, C.L. und McKinlay, J.B. 2007. Do statins affect androgen levels in men? Results from the Boston area community health survey. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention: A*

*Publication of the American Association for Cancer Research, Cosponsored by the American Society of Preventive Oncology* 16: 1587-1594 (2007).

[47] van den Ham, E.C., Kooman, J.P., Christiaans, M.H., Nieman, F.H., Van Kreel, B.K., Heidendal, G.A. und Van Hooff, J.P. 1999. Body composition in renal transplant patients: bioimpedance analysis compared to isotope dilution, dual energy X-ray absorptiometry, and anthropometry. *Journal of the American Society of Nephrology* 10: 1067-1079 (1999).

[48] Hansen, P.A., Han, D.H., Nolte, L.A., Chen, M. und Holloszy, J.O. 1997. DHEA protects against visceral obesity and muscle insulin resistance in rats fed a high-fat diet. *The American Journal of Physiology* 273: 1704-1708 (1997).

[49] Harris, H.R., Willett, W.C., Terry, K.L. und Michels, K.B. 2010. Body Fat Distribution and Risk of Premenopausal Breast Cancer in the Nurses' Health Study II. *Journal of the National Cancer Institute* 103: 273-278 (2010).

[50] Health Implications of Obesity. 1985. *NIH Consens Statement Online* 1985 Feb 11-13 [2011.11.23]; 5(9): 1-7.

[51] de Heredia, F.P., Cerezo, D., Zamora, S. und Garaulet, M. 2007. Effect of dehydroepiandrosterone on protein and fat digestibility, body protein and muscular composition in high-fat-diet-fed old rats. *British Journal of Nutrition* 97: 464-470 (2007).

[52] Herold, G: Lipidstoffwechselstörungen, Adipositas. In: Herold, G. (Hrsg) Innere Medizin, Ausg. 2011, *Gerd Herold,* Köln*:* 681-689, 690-693 (2011).

[53] Heyward, V., Wagner, D. 2004. Applied Body Composition Assessment, 2. Aufl, *Human Kinetics*, Champaign: 87-98 (2004).

[54] Hologic Incorporated. 2005. Hologic Osteoporosis Assessment: 1-6 (2005) http://www.hologic.com/data/File/pdf/S_161_QDRSPEC_US_04-07.pdf (08.11.2011)

[55] Horn, F., Lindenmeier, G., Moc, I., Grillhösl, C. Berghold, S., Schneider, N., Münster, B.: Stoffwechsel der Lipide, Das Blut. In: Biochemie des Menschen: das Lehrbuch für das Medizinstudium, 2. korr. Aufl., *Thieme,* Stuttgart: 148-156, 508-511 (2003).

[56] Houtkooper, L.B., Lohman, T.G., Going, S.B. und Howell, W.H. 1996. Why bioelectrical impedance analysis should be used for estimating adiposity. *The American Journal of Clinical Nutrition* 64: 436-448 (1996).

[57] Jackson, A.S. und Pollock, M.L. 2004. Generalized equations for predicting body density of men. 1978. *The British Journal of Nutrition* 91: 161-168 (2004).

[58] Jackson, A.S., Pollock, M.L., Graves, J.E. und Mahar, M.T. 1988. Reliability and validity of bioelectrical impedance in determining body composition. *Journal of Applied Physiology* 64: 529-534 (1988).

[59] Jackson, A.S., Pollock, M.L. und Ward, A. 1980. Generalized equations for predicting body density of women. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 12: 175-181 (1980).

[60] Jebb, S.A., Goldberg, G.R., Jennings, G. und Elia, M. 1995. Dual-energy X-ray absorptiometry measurements of body composition: effects of depth and tissue thickness, including comparisons with direct analysis. *Clinical Science* 88: 319-324 (1995).

[61] Kanat, M., Serin, E., Tunckale, A., Yildiz, O., Sahin, S., Bolayirli, M., Arinc, H., Dirican, A., Karagoz, Y., Altuntas, Y., Celebi, H. und Oguz, A. 2009. A multi-center, open label, crossover designed prospective study evaluating the effects of lipid lowering treatment on steroid synthesis in patients with Type 2 diabetes (MODEST Study). *Journal of Endocrinological Investigation*. 32: 852-856 (2009).

[62] Kiefer, I., Rieder, A., Rathmanner, T., Meidlinger, B., Baritsch, C., Lawrence, K., Dorner, T. und Kunze, M. 2006. Grundlage für zukünfitge Handlungsfelder: Kinder, Jugendliche und Erwachsene. In: *Verein Altern mit Zukunft (Hrsg.)* Erster Österreichischer Adipositasbericht 2006*:* 18, 26, 44-48, 102-103, 107-123, 197-200. (2006).

[63] Kistorp, C.N. und Svendsen, O.L. 1997. Body composition analysis by dual energy X-ray absorptiometry in female diabetics differ between manufacturers. *European Journal of Clinical Nutrition* 51: 449-454 (1997).

[64] Kohrt, W.M. 1995. Body composition by DXA: tried and true? *Medicine and Science in Sports and Exercise* 27: 1349-1353 (1995).

[65] Konings, C.J.A.M., Kooman, J.P., Schonck, M., van Kreel, B., Heidendal, G.A.K., Cheriex, E.C., van der Sande, F.M. und Leunissen, K.M.L. 2003. Influence of fluid

status on techniques used to assess body composition in peritoneal dialysis patients. *Peritoneal Dialysis International: Journal of the International Society for Peritoneal Dialysis* 23: 184-190 (2003).

[66] Kyle, U. 2004. Bioelectrical impedance analysis?part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition* 23: 1226-1243 (2004).

[67] Kyle, U., Bosaeus, I., Delorenzo, A., Deurenberg, P., Elia, M., Manuelgomez, J., Lilienthalheitmann, B., Kentsmith, L., Melchior, J. und Pirlich, M. 2004. Bioelectrical impedance analysis?part II: utilization in clinical practice. *Clinical Nutrition* 23: 1430-1453 (2004).

[68] Laskey, M.A. 1996. Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition. *Nutrition* 12: 45-51(1996).

[69] Leahy, S., O'Neill, C., Sohun, R. und Jakeman, P. 2011. A comparison of dual energy X-ray absorptiometry and bioelectrical impedance analysis to measure total and segmental body composition in healthy young adults. *European Journal of Applied Physiology 112:* 589-595 (2012).

[70] Lee, S.Y. und Gallagher, D. 2008. Assessment methods in human body composition. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* 11: 566-572 (2008).

[71] Lerchl, A., Jockenhövel, F. und Allolio, B. 2001. Hormone gegen das Altern - Möglichkeiten und Grenzen. *Deutsches Ärzteblatt* 98: 2041-2045 (2001).

[72] Lindenberger, U., Smith, J. und Mayer, K.U. 2010. Die Berliner Altersstudie, 3. erw Aufl., *Akademie Verlag,* Berlin: 25-34, 43, 176, 178-182, 186-187 (2010).

[73] Ling, C.H.Y., de Craen, A.J.M., Slagboom, P.E., Gunn, D.A., Stokkel, M.P.M., Westendorp, R.G.J. und Maier, A.B. 2011. Accuracy of direct segmental multi-frequency bioimpedance analysis in the assessment of total body and segmental body composition in middle-aged adult population. *Clinical Nutrition* 30: 610-615 (2011).

[74] Lippi, G., Franchini, M. und Targher, G. 2011. Screening and therapeutic management of lipoprotein(a) excess: Review of the epidemiological evidence, guidelines and recommendations. *Clinica Chimica Acta* 412: 797-801 (2011).

[75] Löffler, G. 1997. Pathophysiologie des Fettgewebes. *Deutsches Ärzteblatt.* 94: A-2003-2006 (1997).

[76] Löffler, G., Petrides, P.E., Heinrich, P.C. 2006. Biochemie und Pathobiochemie, 8.Aufl., *Springer*, Heidelberg: 516-530 (2006).

[77] Lohman, TG. 1992. Advances in body composition assessment. *Human Kinetics Publishers:* 1-150 (1992).

[78] Lukaski, H.C., Bolonchuk, W.W., Hall, C.B. und Siders, W.A. 1986. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *Journal of Applied Physiology* 60: 1327-1332 (1986).

[79] Lüllmann, H. 2006. Pharmakologie und Toxikologie Arzneimittelwirkungen verstehen - Medikamente gezielt einsetzen: ein Lehrbuch für Studierende der Medizin, der Pharmazie und der Biowissenschaften, 16. Aufl, *Thieme,* Stuttgart: 235-240 (2006).

[80] Lüllmann-Rauch, R. 2006. Taschenlehrbuch Histologie, 2. Aufl., *Thieme,* Stuttgart: 132-135 (2006).

[81] Lupoli, L., Sergi, G., Coin, A., Perissinotto, E., Volpato, S., Busetto, L., Inelmen, E.M.E.M. und Enzi, G. 2004. Body composition in underweight elderly subjects: reliability of bioelectrical impedance analysis. *Clinical Nutrition* 23: 1371-1380 (2004).

[82] Martin Bland, J. und Altman, D. 1986. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet* 327: 307-310 (1986).

[83] Moebus, S., Balijepalli, C., Losch, C., Gores, L., von Stritzky, B., Bramlage, P., Wasem, J. und Jockel, K. 2010. Age- and sex-specific prevalence and ten-year risk for cardiovascular disease of all 16 risk factor combinations of the metabolic syndrome - A cross-sectional study. *Cardiovascular Diabetology* 9: 34-46 (2010).

[84] Moore, F.D. und Boyden, C.M. 2006. Body cell mass and limits of hydration of the fat-free body: Their Relation to Estimated skeletal Weight*. *Annals of the New York Academy of Sciences* 110: 62-71 (2006).

[85] Müller, M. 2007. Ernährungsmedizinische Praxis Methoden, Prävention, Behandlung. *Springer,* Heidelberg: 43-44 (2007).

[86] National Institutes of Health 1998. Clinical guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults: The Evidence Report. *National Institues of Health Publication*: 14, 24 (1998).

[87] National Cholesterol Education Program Expert Panel 2002. Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III) final report. *Circulation* 106: 3179, 3188-3190 (2002).

[88] Nedergaard, J., Bengtsson, T. und Cannon, B. 2007. Unexpected evidence for active brown adipose tissue in adult humans. *American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism* 293: 444-452 (2007).

[89] Nichols, J., Going, S., Loftin, M., Stewart, D., Nowicki, E. und Pickrel, J. 2006. Comparison of two bioelectrical impedance analysis instruments for determining body composition in adolescent girls. *International Journal of Body Composition Research* 4: 153-160(2006).

[90] Norgan, N. 2007. Laboratory and field measurements of body composition. *Public Health Nutrition* 8: 1108-1122 (2007).

[91] Oreopoulos, A., Kalantar-Zadeh, K., McAlister, F.A., Ezekowitz, J.A., Fonarow, G.C., Johnson, J.A., Norris, C.M. und Padwal, R.S. 2010. Comparison of direct body composition assessment methods in patients with chronic heart failure. *Journal of Cardiac Failure* 16: 867-872 (2010).

[92] Oshima, Y. und Shiga, T. 2006. Within-day variability of whole-body and segmental bioelectrical impedance in a standing position. *European Journal of Clinical Nutrition* 60: 938-941 (2006).

[93] Pandey, M. und Miklautsch, M. 2010. Body Composition- Taille-Hüft-Verhältnis und Hautfaltendicke. *Journal für Ernährungsmedizin* 12: 12-16 (2010).

[94] Pateyjohns, I.R., Brinkworth, G.D., Buckley, J.D., Noakes, M. und Clifton, P.M. 2006. Comparison of three bioelectrical impedance methods with DXA in overweight and obese men. *Obesity* 14: 2064-2070 (2006).

[95] Pietrobelli, A., Formica, C., Wang, Z. und Heymsfield, S.B. 1996. Dual-energy X-ray absorptiometry body composition model: review of physical concepts. *The American Journal of Physiology* 271: 941-951 (1996).

[96] Pietrobelli, A., Wang, Z., Formica, C. und Heymsfield, S.B. 1998. Dual-energy X-ray absorptiometry: fat estimation errors due to variation in soft tissue hydration. *The American Journal of Physiology* 274: 808-816 (1998).

[97] Pirlich, M., Krüger, A. und Lochs, H. 2000. BIA-Verlaufsuntersuchungen: Grenzen und Fehlermöglichkeiten. *Aktuelle Ernährungsmedizin* 25: 64-69 (2000).

[98] Racette, S.B., Deusinger, S.S. und Deusinger, R.H. 2003. Obesity: overview of prevalence, etiology, and treatment. *Physical Therapy* 83: 276-288 (2003).

[99] Ravaglia, G., Forti, P., Maioli, F., Boschi, F., Cicognani, A. und Gasbarrini, G. 1999. Measurement of body fat in healthy elderly men: a comparison of methods. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences* 54: 70-76 (1999).

[100] Rech, C.R., Cordeiro, B.A., Petroski, E.L. und Vasconcelos, F.A.G. 2008. Validation of bioelectrical impedance for the prediction of fat-free mass in Brazilian elderly subjects. *Arquivos Brasileiros De Endocrinologia E Metabologia* 52: 1163-1171(2008).

[101] Ridker, P.M. 2002. On evolutionary biology, inflammation, infection, and the causes of atherosclerosis. *Circulation* 105: 2-4 (2002).

[102] Rodriguez, C., Freedland, S.J., Deka, A., Jacobs, E.J., McCullough, M.L., Patel, A.V., Thun, M.J. und Calle, E.E. 2007. Body Mass Index, Weight Change, and Risk of Prostate Cancer in the Cancer Prevention Study II Nutrition Cohort. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention* 16: 63-69 (2007).

[103] Rodríguez, G., Moreno, L.A., Blay, M.G., Blay, V.A., Fleta, J., Sarría, A. und Bueno, M. 2005. Body fat measurement in adolescents: comparison of skinfold thickness equations with dual-energy X-ray absorptiometry. *European Journal of Clinical Nutrition* 59: 1158-1166 (2005).

[104] Roskamm, H., Neumann, F., Kalusche, D. und Bestehorn, H. 2004. Herzkrankheiten: Pathophysiologie, Diagnostik, Therapie, 5. Aufl., *Springer,* Berlin: 1120, 1174 (2004).

[105] Roubenoff, R., Kehayias, J.J., Dawson-Hughes, B. und Heymsfield, S.B. 1993. Use of dual-energy x-ray absorptiometry in body-composition studies: not yet a "gold standard". *The American Journal of Clinical Nutrition* 58: 589-591 (1993).

[106] Savgan-Gurol, E., Bredella, M., Russell, M., Mendes, N., Klibanski, A. und Misra, M. 2010. Waist to hip ratio and trunk to extremity fat (DXA) are better surrogates for IMCL and for visceral fat respectively than for subcutaneous fat in adolescent girls. *Nutrition & Metabolism* 7: 86-94 (2010).

[107] Schindler, K. und Ludvik, B. 2004. Assessment of body composition – methods and practical aspects. *Wiener Medizinische Wochenschrift* 154: 305-312 (2004).

[108] Schneider, H.J. u. a. 2010. The predictive value of different measures of obesity for incident cardiovascular events and mortality. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 95: 1777-1785 (2010).

[109] Schoeller, D.A., Tylavsky, F.A., Baer, D.J., Chumlea, W.C., Earthman, C.P., Fuerst, T., Harris, T.B., Heymsfield, S.B., Horlick, M., Lohman, T.G., Lukaski, H.C., Shepherd, J., Siervogel, R.M. und Borrud, L.G. 2005. QDR 4500A dual-energy X-ray absorptiometer underestimates fat mass in comparison with criterion methods in adults. *The American Journal of Clinical Nutrition* 81: 1018-1025 (2005).

[110] Schols, A.M., Wouters, E.F., Soeters, P.B. und Westerterp, K.R. 1991. Body composition by bioelectrical-impedance analysis compared with deuterium dilution and skinfold anthropometry in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *The American Journal of Clinical Nutrition* 53: 421-424 (1991).

[111] Segal, K.R., Van Loan, M., Fitzgerald, P.I., Hodgdon, J.A. und Van Itallie, T.B. 1988. Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: a four-site cross-validation study. *The American Journal of Clinical Nutrition* 47: 7-14 (1988).

[112] Seidell, J.C. und Flegal, K.M. 1997. Assessing obesity: classification and epidemiology. *British Medical Bulletin* 53: 238-252 (1997).

[113] Snead, D.B., Birge, S.J. und Kohrt, W.M. 1993. Age-related differences in body composition by hydrodensitometry and dual-energy X-ray absorptiometry. *Journal of Applied Physiology* 74: 770-775 (1993).

[114] Snijder, M.B., Visser, M., Dekker, J.M., Seidell, J.C., Fuerst, T., Tylavsky, F., Cauley, J., Lang, T., Nevitt, M. und Harris, T.B. 2002. The prediction of visceral fat by dual-energy X-ray absorptiometry in the elderly: a comparison with computed tomography and anthropometry. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity* 26: 984-993 (2002).

[115] Soto González, A., Bellido, D., Buño, M.M., Pértega, S., De Luis, D., Martínez-Olmos, M. und Vidal, O. 2007. Predictors of the metabolic syndrome and correlation with computed axial tomography. *Nutrition* 23: 36-45 (2007).

[116] Haustein, T., Mischke, J. 2011. Im Blickpunkt - Ältere Menschen in Deutschland und der Europäischen Union (EU). *Statistisches Bundesamt, Wiesbaden:* 69, 77 (2011).

[117] Strandberg, T.E., Strandberg, A.Y., Salomaa, V.V., Pitkala, K.H., Tilvis, R.S., Sirola, J. und Miettinen, T.A. 2009. Explaining the obesity paradox: cardiovascular risk, weight change, and mortality during long-term follow-up in men. *European Heart Journal* 30: 1720-1727 (2009).

[118] Strauss, B.J., Gibson, P.R., Stroud, D.B., Borovnicar, D.J., Xiong, D.W. und Keogh, J. 2000. Total body dual X-ray absorptiometry is a good measure of both fat mass and fat-free mass in liver cirrhosis compared to "gold-standard" techniques. Melbourne Liver Group. *Annals of the New York Academy of Sciences* 904: 55-62 (2000).

[119] Sun, G., French, C.R., Martin, G.R., Younghusband, B., Green, R.C., Xie, Y., Mathews, M., Barron, J.R., Fitzpatrick, D.G., Gulliver, W. und Zhang, H. 2005. Comparison of multifrequency bioelectrical impedance analysis with dual-energy X-ray absorptiometry for assessment of percentage body fat in a large, healthy population. *The American Journal of Clinical Nutrition* 81: 74-78 (2005).

[120] Sung, R.Y., So, H., Choi, K., Nelson, E.A., Li, A.M., Yin, J.A., Kwok, C.W., Ng, P. und Fok, T. 2008. Waist circumference and waist-to-height ratio of Hong Kong Chinese children. *Biomedical Center Public Health*. 8: 324 (2008).

[121] Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) 2002. Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III) final report. *Circulation* 106: 3143-3421 (2002).

[122] Van Loan, M.D., Keim, N.L., Berg, K. und Mayclin, P.L. 1995. Evaluation of body composition by dual energy x-ray absorptiometry and two different software packages. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 27: 587-591 (1995).

[123] Vasconcelos, F.D.A.G.D., Cordeiro, B.A., Rech, C.R. und Petroski, E.L. 2010. Sensitivity and specificity of the body mass index for the diagnosis of overweight/obesity in elderly. *Cadernos De Saúde Pública / Ministério Da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional De Saúde Pública* 26: 1519-1527 (2010).

[124] Villareal, D.T., Apovian, C.M., Kushner, R.F. und Klein, S. 2005. Obesity in older adults: technical review and position statement of the American Society for

Nutrition and NAASO, The Obesity Society. *The American Journal of Clinical Nutrition* 82: 923-934 (2005).

[125] Wang, J. 2003. Waist circumference: a simple, inexpensive, and reliable tool that should be included as part of physical examinations in the doctor's office. *The American Journal of Clinical Nutrition* 78: 902-903 (2003).

[126] Wang, Y., Jacobs, E.J., Patel, A.V., Rodríguez, C., McCullough, M.L., Thun, M.J. und Calle, E.E. 2008. A prospective study of waist circumference and body mass index in relation to colorectal cancer incidence. *Cancer Causes & Control* 19: 783-792 (2008).

[127] Ward, L.C., Dyer, J.M., Byrne, N.M., Sharpe, K.K. und Hills, A.P. 2007. Validation of a three-frequency bioimpedance spectroscopic method for body composition analysis. *Nutrition* 23: 657-664 (2007).

[128] Wellens, R., Chumlea, W.C., Guo, S., Roche, A.F., Reo, N.V. und Siervogel, R.M. 1994. Body composition in white adults by dual-energy x-ray absorptiometry, densitometry, and total body water. *The American Journal of Clinical Nutrition* 59: 547-555 (1994).

[129] Wirth, A. 1998. Adipositas-Fibel. *Springer,* Berlin: 46-48,55, 60-87 (1998).

[130] Wirth, R. 2006. Stellenwert der bioelektrischen impedanzanalyse im Ernährungsassessment geriatrischer Patienten. *European Journal of Geriatrics 8:* 96-99 (2006).

[131] World Health Organization. 2000. Obesity: preventing and managing the global epidemic: report of a WHO consultation. *World Health Organization,* Geneva: 8-11 (2000).

[132] World Health Organization. 2002. The world health report 2002 – Reducing Risks, Promoting Healthy Life. *World Health Organization,* Geneva: 23-24, 57, 60-61, 89, 161-163 (2002).

[133] Wu, Y.T., Nielsen, D.H., Cassady, S.L., Cook, J.S., Janz, K.F. und Hansen, J.R. 1993. Cross-validation of bioelectrical impedance analysis of body composition in children and adolescents. *Physical Therapy* 73: 320-328 (1993).

[134] Zamboni, M., Fantin, F. und Sepe, A. 2009. Sarkopenische Adipositas. *Schweizer Zeitschrift für Ernährungsmedizin* 04: 17-22 (2009).

[135] Zamora, E., Lupón, J., Urrutia, A. und Bayes-Genis, A. 2010. Obesity and Long-Term Prognosis in Heart Failure: the Paradox Persists. *Revista Española de Cardiología* 63: 1210-1211 (2010).

[136] Zaninotto, P., Pierce, M., Breeze, E., Oliveira, C.D. und Kumari, M. 2010. BMI and Waist Circumference as Predictors of Well-being in Older Adults: Findings From the English Longitudinal Study of Ageing. *Obesity* 18: 1981-1987 (2010).

# Anhang A: Abbildungsverzeichnis


Abb. 1 Demografischer Wandel in Deutschland von 1960-2050 (Quelle: Berlin Institute for Development and Education, Juli 2009)

Abb. 2 Prävalenz von Übergewicht und Adipositas (in %) in 25 europäischen Staaten (Quelle: International Association for the Study of Obesity)

Abb. 3 Fünf Ebenen zur Untersuchung der Körperzusammensetzung (nach Adam O., 2004)

Abb. 4 Körperkompartimente

Abb. 5 Lipoproteinaufbau (aus Pharmakologie und Toxikologie, Lüllmann 2006)

Abb. 6 Skinfold Caliper von Holtain

Abb. 7 Messung mit Discovery® der Serie QDR von Hologic

Abb. 8 Einteilungsmodelle der Dual-Energy X-Ray (DEXA)-Methode

Abb. 9 Nutriguard-M-2000 von Data-Input GmbH

Abb. 10 „Cole-Plot: Vektoren der Impedanz“ (aus Data-Input, 2005)

Abb. 11 Stromfluss bei verschiedenen Frequenzen (nach Data-Input, 2005)

Abb. 12 Durchführung einer Bioelektrischen Impedanz Analyse (BIA)

Abb. 13 orrekte Elektrodenanbringung bei Bioelektrischer Impedanz Analyse

Abb. 14 Mittleres Körpergewicht (in kg) von Probanden der Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011)

Abb. 15 Mittlere Körpergröße (in cm) von Probanden der Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011)

Abb. 16 Mittlerer Body Mass Index (BMI) von Probanden der Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011)

Abb. 17 a) Body Mass Index (BMI) - Gruppenanteil (in %) männlicher Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie in jeweiliger Altersgruppe

Abb. 17 b) Body Mass Index (BMI) - Gruppenanteil (in %) weiblicher Probandinnnen der Zweiten Berliner Altersstudie in jeweiliger Altersgruppe

Abb. 18 a) Prozentualer Anteil von Taillenumfangs (WC)-Risiko-Gruppen bei Männer der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II) in unterschiedlichen Altersgruppen

Abb. 18 b) Prozentualer Anteil der Taillenumfangs (WC)-Risiko-Gruppen bei Frauen der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II) in unterschiedlichen Altersgruppen

Abb. 19 a) Waist-to-hip-ratio (WHR)-Risikoeinteilung von junger Kohorte der Zweiten Berliner Altersstudie

Abb. 19 b) Waist-to-hip-ratio (WHR)-Risikoeinteilung von alter Kohorte der Zweiten Berliner Altersstudie

Abb. 20 a) Waist-to-height-ratio (WHtR)-Risikogruppeneinteilung von junger Kohorte der Zweiten Berliner Altersstudie

Abb. 20 b) Waist-to-height-ratio (WHtR)-Risikogruppeneinteilung von alter Kohorte der Zweiten Berliner Altersstudie

Abb. 21 Aus Bioelektrischer Impedanz Analyse (BIA) ermittelter Körperfettanteil (in %) von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011)

Abb. 22 a) Ernährungszustand nach Extracellular mass/Body cell mass (ECM/BCM)-Index Einteilung bei Männer der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

Abb. 22 b) Ernährungszustand nach Extracellular mass/Body cell mass (ECM/BCM)-Index Einteilung bei Frauen der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

Abb. 23 Dual Energy X-Ray (DEXA) ermittelter Körperfettanteil (in %) von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (Analysezeitraum 2009-2011)

Abb. 24 a) Bland-Altman-Diagramm der Fettkörperdifferenzen aus Bioelektrischer Impedanz Analyse (BIA) – Dual Energy X-Ray (DEXA) männlicher Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

Abb 24 b) Bland-Altman-Diagramm der Fettkörperdifferenzen aus Bioelektrischer Impedanz Analyse (BIA) – Dual Energy X-Ray (DEXA) weiblicher Probandinnen der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

Abb. 25 a) Körperfettdifferenzen aus Bioelektrische Impedanz Analyse (BIA) – Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA) beim prozentualen Körperfett der jungen Kohorte der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

Abb. 25 b) Körperfettdifferenzen aus Bioelektrische Impedanz Analyse (BIA) – Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA) beim prozentualen Körperfett der alten Kohorte der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

Abb. 26 a) Body Mass Index (BMI)-Gruppen im Vergleich zur Kategorisierung aus Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA) ermittelten Körperfettwerten bei Männer der jungen Kohorte der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

Abb. 26 b) Body Mass Index (BMI)-Gruppen im Vergleich zur Kategorisierung aus Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA) ermittelten Körperfettwerten bei Frauen der jungen Kohorte der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

Abb. 27 a) Körperfettkategorisierung mittels Body Mass Index (BMI) im Vergleich zur Kategorisierung aus Bioelektrischer Impedanz Analyse (BIA) ermittelten Körperfettwerten bei Männer der jungen Kohorte der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

Abb. 27 b) Körperfettkategorisierung mittels Body Mass Index (BMI) im Vergleich zur Kategorisierung aus Bioelektrischer Impedanz Analyse (BIA) ermittelten Körperfettwerten Frauen der jungen Kohorte der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

Abb. 28 Differenzen aus Bioelektrischer Impedanz Analyse und Calipermessung ermittelten Körperfettwerten weiblicher Probandinnen der Zweiten Berliner Altersstudie in Abhängigkeit vom Body Mass Index

Abb. 29 Differenzen aus Bioelektrischer Impedanz Analyse und Body Adiposity Index ermittelten Körperfettwerten weiblicher Probandinnen der Zweiten Berliner Altersstudie in Abhängigkeit vom Body Mass Index

Abb. 30 a) Differenzen bei Bioelektrischer Impedanz Analyse und Dual Energy X-Ray Absorptiometry ermittelten Körperfettwerten in Abhängigkeit des Body Mass Index bei Frauen der jungen Kohorte der Zweiten Berliner Altersstudie

Abb. 30 b) Differenzen bei Bioelektrischer Impedanz Analyse und Dual Energy X-Ray Absorptiometry ermittelten Körperfettwerten in Abhängigkeit des Body Mass Index bei Frauen der alten Kohorte der Zweiten Berliner Altersstudie

Abb. 31 a) Differenzen bei Bioelektrischer Impedanz Analyse und Dual Energy X-Ray Absorptiometry ermittelten Körperfettwerten in Abhängigkeit des Taillen-umfangs bei Frauen der jungen Kohorte der Zweiten Berliner Altersstudie

Abb. 31 b) Differenzen bei Bioelektrischer Impedanz Analyse und Dual Energy X-Ray Absorptiometry ermittelten Körperfettwerten in Abhängigkeit des Taillenumfangs bei Frauen der alten Kohorte der Zweiten Berliner Altersstudie

Abb. 32 a) Unterschied im mittleren Gesamtcholesterinwert bei jüngeren und älteren Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie bei Männer

Abb. 32 b) Unterschied im mittleren Gesamtcholesterinwert bei jüngeren und älteren Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie bei Frauen

# Anhang B: Tabellenverzeichnis


Tab. 1 Bei der Ersten Berliner Altersstudie (BASE-I) ermittelte Diagnoseprävalenz mit Schweregrad und Medikationsstatus der Gesamtstichprobe, in Prozent (nach Lindenberger et al., 2010)

Tab 2 Durchschnittlicher Grundumsatz und Energiebedarf bei geringer körperlicher Aktivität (nach D-A-CH: Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr,2000)

Tab. 3 Definition des metabolischen Syndroms (nach IDF, 2005)

Tab. 4 Mit Adipositas assoziierte Krankheiten (nach Adipositas-Fibel,1998 und Erster Österreichischer Adipositas Bericht 2006, 2006)

Tab. 5 Unterschiede des viszeralen und subkutanen Fettgewebes (nach Hauner H., 2006)

Tab. 6 Körperanalysemethoden im Vergleich (nach Adam O., 2004)

Tab. 7 Eigenschaften von Lipoproteinen

Tab. 8 Untersuchungen zweiter Studientag bei Zweiter Berliner Altersstudie (BASE-II)

Tab. 9 Gewichtsklassifikation für europäische Erwachsene (nach WHO 2008 und ESPEN 2000)

Tab. 10 Kategorisierung anhand des Körperfetts (in %) von jungen Erwachsenen < 35 Jahren (nach Adam O., 2004)

Tab. 11 Klassifikation des Taillenumfangs (nach IDF, 2005 und NCEP-ATP-III, 2001)

Tab. 12 Altersabhängige Waist to height ratio-Grenzen und Klassifikation (nach Sung et al., 2008)

Tab. 13 Formel zur Körperfettberechnung aus 7-Hautfaltenmessung (nach Jackson & Pollock)

Tab. 14 Beurteilung des Ernährungszustands anhand des Extracellular mass/Body cell Mass-Index (nach Data Input, 2005)

Tab. 15 Standardisierte Messbedingungen für die Bioelektrische Impedanz Analyse (nach Data-Input, 2005)

Tab. 16 Klassifikation von Blutfettwerten (nach NCEP, 2002)

Tab. 17 Probandenkollektiv der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II), unterteilt in unterschiedliche Altersgruppen

Tab. 18 Körpergröße, Körpergewicht und Body Mass Index von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

Tab. 19 Prozentualer Anteil von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (≥ 65 Jahre) innerhalb der einzelnen BMI-Gruppen (Einteilung nach WHO- und ESPEN-Richtlinien)

Tab. 20 Taillenumfang von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

Tab. 21 Taillenumfang (WC)-Risikogruppeneinteilung von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

Tab. 22 Hüftumfang von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

Tab. 23 Waist-to-hip ratio (WHR)- und waist-to-height-ratio (WHtR)-Werte von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

Tab. 24 Aus Calipermessung berechnetes Körperfett (in %) von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

Tab. 25 Aus Body Adiposity Index ermitteltes prozentuales Körperfett bei Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

Tab. 26 Aus Bioelektrischer Impedanz Analyse (BIA) ermitteltes Körperfett (in %) von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

Tab. 27 Dual Energy X-Ray ermitteltes Körperfett (in %) von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

Tab. 28 Korrelationsstärke der Bioelektrischen Impedanz Analyse (BIA)- und Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA) zu unterschiedlichen anthropometrischen Parametern bei Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

Tab. 29 Mittelwerte des ermittelten Körperfetts aus Bioelektrischer Impedanz Analyse und Dual Energy X-Ray Absorptiometry in der jeweiligen Body Mass Index-Gruppe bei Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II)

Tab. 30 Sensitivität der Körperfett-Kategorisierung mittels Bioelektrischer Impedanz Analyse (BIA) und Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA) ermittelten

Körperfettwerten (in %) der jungen Kohorte der Zweiten Berliner Altersstudie, bezogen auf die Body Mass Index (BMI)-Kategorisierung

Tab. 31 Differenzen der ermittelten, mittleren Körperfettwerte (in %) von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II) im Vergleich

Tab. 32 Differenzen der ermittelten, mittleren Körperfettwerte (in %) von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie in Abhängigkeit von Taillenumfang bzw. Body Mass Index-Gruppe (angegeben in % Körperfett)

Tab. 33 Mittlere Blutwerte von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie, nach Ausschluss von Probanden mit Lipidsenkereinnahme

Tab. 34 Anzahl von Probanden der Zweiten Berliner Altersstudie in den einzelnen Blutwertkategorien nach Ausschluss von Probanden mit Lipidsenkereinnahme

Tab. 35 Mittlere Blutwerte der älteren Kohorte (62-82 Jahre) der Zweiten Berliner Altersstudie, getrennt nach Geschlecht und Lipidsenkereinnahme

**Anhang C:** Ergebnisse der Testung verschiedener Variablen auf Normalverteilung mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests

| Variabel | | Gesamtstichprobe (*n*=498) | Kohorte | | Geschlecht | | Junge Kohorte | | Alte Kohorte | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | jung (*n*=114) | alt (*n*=384) | männlich (*n*=167) | weiblich (*n*=331) | männlich (*n*=47) | weiblich (*n*=67) | männlich (*n*=120) | weiblich (*n*=264) |
| Alter | | .000 | .256 | .007 | .000 | .000 | .744 | .572 | .090 | .013 |
| Körpergröße | | .396 | .883 | .645 | .805 | .830 | .420 | .977 | 1.00 | .925 |
| Körpergewicht | | .133 | .397 | .243 | .402 | .084 | .294 | .041 | .755 | .158 |
| BMI | | .207 | .732 | .496 | .593 | .046 | .814 | .202 | .483 | .109 |
| WC | | .748 | .719 | .395 | .896 | .548 | .535 | .248 | .494 | .664 |
| Hüftumfang | | .023 | .089 | .001 | .005 | .161 | .825 | .304 | .001 | .132 |
| WHR | | .000 | .180 | .000 | .000 | .000 | .003 | .937 | .000 | .000 |
| WHtR | | .815 | .533 | .859 | .846 | .283 | .552 | .339 | .277 | .236 |
| Caliper-Körperfett | | .484 | .846 | .572 | .230 | .095 | .628 | .883 | .475 | .134 |
| BIA | Körperfett (in Prozent) | .616 | .935 | .471 | .509 | .539 | .703 | .692 | .959 | .490 |
| | Magermasse (in Prozent) | .640 | .957 | .475 | .664 | .555 | .836 | .751 | .984 | .488 |
| | ECM/BCM-Index | .799 | .565 | .507 | .398 | .671 | .779 | .661 | .922 | .408 |
| | Phasenwinkel (50 kHz) | .016 | .888 | .033 | .459 | .081 | .887 | .908 | .565 | .024 |
| | Phasenwinkel (100 kHz) | .005 | .675 | .012 | .179 | .043 | .095 | .983 | .155 | .035 |
| DEXA | Körperfett (in Prozent) | .196 | .890 | .148 | .989 | .315 | .913 | .385 | .975 | .338 |
| | Magermasse (in Prozent) | .000 | .254 | .000 | .226 | .009 | .116 | .065 | .506 | .022 |
| BIA-DEXA-Mittelwert (KF in %) | | .275 | .551 | .238 | .747 | .326 | .763 | .283 | .839 | .628 |

**Fortsetzung - Anhang C:** Ergebnisse der Testung verschiedener Variablen auf Normalverteilung mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests

| Variabel | | Gesamtstichprobe (*n*=498) | Kohorte | | Geschlecht | | Junge Kohorte | | Alte Kohorte | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | jung (*n*=114) | alt (*n*=384) | männlich (*n*=167) | weiblich (*n*=331) | männlich (*n*=47) | weiblich (*n*=67) | männlich (*n*=120) | weiblich (*n*=264) |
| Labor-parameter | ApoA1 | .383 | .605 | .541 | .863 | .373 | .719 | .658 | .941 | .489 |
| | ApoB | .183 | .166 | .070 | .332 | .526 | .172 | .787 | .157 | .231 |
| | Cholesterin | .240 | .601 | .897 | .271 | .948 | .622 | .979 | .769 | .952 |
| | DHEA | .000 | .323 | .000 | .002 | .000 | .855 | .250 | .419 | .000 |
| | HDL | .304 | .887 | .284 | .760 | .349 | .937 | .451 | .617 | .483 |
| | LDL | .194 | .146 | .428 | .063 | .841 | .110 | .642 | .310 | .548 |
| | LDL/HDL-Quotient | .000 | .029 | .001 | .044 | .001 | .157 | .082 | .137 | .005 |
| | Lipoprotein a | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .004 | .000 | .000 | .000 |
| | Triglyzeride | .000 | .005 | .000 | .001 | .000 | .092 | .246 | .010 | .000 |
| BAI | Körperfett (in Prozent) | .107 | .719 | .030 | .060 | .625 | .654 | .834 | .005 | .292 |

*n= Anzahl der Personen; nicht normalverteilte Daten sind rot markiert*

**Anhang D:** Korrelationsanalysen anthropometrischer Parameter in der gesamten Stichprobe und getrennt nach Kohorte oder Geschlecht

| Variabel | | Gesamtstichprobe (*n*=498) | Kohorte | | Geschlecht | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | jung (*n*=114) | alt (*n*=384) | männlich (*n*=167) | weiblich (*n*=331) |
| Alter | Körpergewicht | .232 | --- | .141* | .194** | .217 |
| | Körpergröße | -.155 | --- | --- | -.398 | -.290 |
| | BMI | .362 | --- | .103** | .380 | .332 |
| | WC | .464 | --- | .230 | .451 | .429 |
| | Hüftumfang | .331 | --- | --- | .343 | .335 |
| | WHR | .363 | --- | .287 | .370 | .356 |
| | WHtR | .508 | --- | .192 | .520 | .480 |
| | Caliper-Körperfett (in %) | .271 | --- | --- | .421 | .368 |
| | BIA-Körperfett (in %) | .161 | -.195** | -.153* | 301 | .247 |
| | DEXA-Körperfett (in %) | .202 | --- | --- | 385 | .339 |
| | BAI-Körperfett (in %) | .326 | --- | --- | 455 | .441 |
| BMI | WC | .827 | .780 | .793 | .879 | .855 |
| | WHR | .437 | .381 | .354 | .537 | .460 |
| | WHtR | .856 | .780 | .841 | .878 | .860 |
| | Caliper-Körperfett (in %) | .521 | .309 | .435 | .631 | .710 |
| | BIA-Körperfett (in %) | .627 | .560 | .569 | .673 | .860 |
| | DEXA-Körperfett (in %) | .572 | .509 | .495 | .710 | .818 |
| | BAI-Körperfett (in %) | .624 | .427 | .570 | .755 | .823 |
| | BIA-DEXA-Differenz | .151 | ---- | -.147* | --- | -.222 |
| WC | WHR | .712 | .749 | .685 | .701 | .705 |
| | WHtR | .933 | .925 | .918 | .957 | .965 |
| | Caliper-Körperfett (in %) | .413 | --- | .275 | .676 | .694 |
| | BIA-Körperfett (in %) | .412 | .249* | .314 | .642 | .749 |
| | DEXA-Körperfett (in %) | .364 | .187** | .250 | .7.29 | .715 |
| | BAI-Körperfett (in %) | .420 | .213** | .305 | .650 | .659 |
| WHR | WHtR | .589 | .623 | .537 | .711 | .721 |
| | Caliper-Körperfett (in %) | --- | --- | -.201 | .405 | .391 |
| | BIA-Körperfett (in %) | --- | -.248* | -.197 | .455 | .402 |
| | DEXA-Körperfett (in %) | -.143** | -.320* | -.264 | .468 | .372 |
| | BAI-Körperfett (in %) | -.126* | -.369 | -.289 | .291 | .302 |

**Fortsetzung - Anhang D:** Korrelationsanalysen anthropometrischer Parameter in der gesamten Stichprobe und getrennt nach Kohorte oder Geschlecht

| Variabel | | Gesamtstichprobe (n=498) | Kohorte | | Geschlecht | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | jung (n=114) | alt (n=384) | männlich (n=167) | weiblich (n=331) |
| WHtR | Caliper-Körperfett (in %) | .559 | .345 | .436 | .674 | .678 |
| | BIA-Körperfett (in %) | .561 | .412 | .482 | .655 | .720 |
| | DEXA-Körperfett (in %) | .550 | .370 | .466 | .739 | .730 |
| | BAI-Körperfett (in %) | .625 | .458 | .537 | .715 | .737 |
| BAI-Körperfett (in %) | WHtR | .625 | .458 | .537 | .715 | .737 |
| | Caliper-Körperfett (in %) | .663 | .675 | .604 | .539 | .579 |
| | BIA-Körperfett (in %) | .676 | .663 | .623 | .461 | .619 |
| | DEXA-Körperfett (in%) | .729 | .707 | .685 | .573 | .667 |
| Caliper-Körperfett (in %) | BIA-Körperfett (in %) | .685 | .561 | .642 | .468 | .621 |
| | DEXA-Körperfett (in %) | .774 | .714 | .734 | .673 | .700 |
| BIA-Körperfett (in %) | DEXA-Körperfett (in %) | .857 | .856 | .872 | .711 | .823 |

*schwarz= Korrelation nach Pearson; rot=Korrelation nach Spearman; --- = keine signifikante Korrelation bei p>,05; * = p<,01; ** = p<,05; bei den anderen Korrelationen war p<,001*

**Anhang E:** Korrelationsanalysen anthropometrischer Parameter getrennt nach Kohorte und Geschlecht

| Variabel | | junge Kohorte | | alte Kohorte | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | männlich (n=47) | weiblich (n=67) | männlich (n=120) | weiblich (n=264) |
| BMI | WC | .824 | .780 | .785 | .824 |
| | HU | .564 | .654 | .765 | .805 |
| | WHR | .542 | --- | .311 | .390 |
| | WHtR | .853 | .741 | .814 | .845 |
| | BIA-Körperfett (in %) | .577 | .852 | .623 | .812 |
| | DEXA-Körperfett (in %) | .694 | .822 | .674 | .749 |
| WC | HU | .640 | .680 | .825 | .789 |
| | WHR | .678 | .690 | .499 | .659 |
| | WHtR | .936 | .967 | .932 | .958 |
| | BIA-Körperfett (in %) | .521 | .617 | .533 | .731 |
| | DEXA-Körperfett (in %) | .595 | .601 | .662 | .672 |
| HU | WHR | --- | --- | --- | .149** |
| | WHtR | .628 | .606 | .705 | .719 |
| | BIA-Körperfett (in %) | .362** | .591 | .498 | .732 |
| | DEXA-Körperfett (in %) | .490 | .560 | .621 | .698 |
| WHR | WHtR | .653 | .702 | .522 | .673 |
| | BIA-Körperfett (in %) | .288** | --- | .285* | .363 |
| | DEXA-Körperfett (in %) | .300** | --- | .260* | .312 |
| WHtR | BIA-Körperfett (in %) | .591 | .566 | .535 | .700 |
| | DEXA-Körperfett (in %) | .625 | .564 | .674 | .698 |
| Caliper-Körperfett (in %) | BAI-Körperfett (in %) | .554 | .386 | .433 | .506 |
| | BIA-Körperfett (in %) | --- | .460 | .309 | .567 |
| | DEXA-Körperfett (in %) | .669 | .507 | .514 | .663 |
| BAI-Körperfett (in %) | BIA-Körperfett (in %) | .372* | .602 | .347 | .560 |
| | DEXA-Körperfett (in %) | .394* | .648 | .513 | .608 |
| BIA-Körperfett (in %) | DEXA-Körperfett (in %) | .653 | .873 | .629 | .775 |

*schwarz= Korrelation nach Pearson; rot=Korrelation nach Spearman; --- = keine signifikante Korrelation bei p>,05; * = p<,01; ** = p<,05; bei den anderen Korrelationen war p<,001*

**Anhang F:** Korrelationsanalysen zwischen Laborparametern und ermitteltem Körperfett, BMI, WC, WHR und WHtR getrennt nach Kohorte und Geschlecht

| Variabel | | Junge Kohorte | | Alte Kohorte | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | männlich (*n*=43) | weiblich (*n*=58) | männlich (*n*=85) | weiblich (*n*=198) |
| BIA-Körperfett (in%) | CHOL | --- | --- | --- | --- |
| | DHEAS | --- | --- | --- | --- |
| | HDL | --- | --- | --- | -,285 |
| | LDL | --- | --- | --- | --- |
| | Lp(a) | --- | --- | --- | --- |
| | TG | --- | ,337** | --- | ,343 |
| DEXA-Körperfett (in %) | CHOL | --- | --- | --- | --- |
| | DHEAS | --- | --- | --- | --- |
| | HDL | --- | --- | --- | -,270 |
| | LDL | --- | --- | --- | --- |
| | Lp(a) | --- | ,265** | --- | --- |
| | TG | ,415* | --- | ,219** | ,350 |
| BMI | CHOL | --- | --- | --- | --- |
| | DHEAS | --- | --- | --- | --- |
| | HDL | -,375** | --- | -,279** | -,378 |
| | LDL | --- | --- | --- | --- |
| | Lp(a) | --- | --- | --- | --- |
| | TG | ,368** | --- | --- | ,393 |
| WC | CHOL | --- | --- | --- | --- |
| | DHEAS | --- | --- | --- | --- |
| | HDL | -,392* | --- | -,295* | -,426 |
| | LDL | --- | --- | --- | --- |
| | Lp(a) | --- | --- | --- | --- |
| | TG | --- | --- | --- | ,401 |

**Fortsetzung - Anhang F**: Korrelationsanalysen zwischen Laborparametern und ermitteltem Körperfett, BMI, WC, WHR und WHtR getrennt nach Kohorte und Geschlecht

| Variabel | | Junge Kohorte | | Alte Kohorte | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | männlich (*n*=43) | weiblich (*n*=58) | männlich (*n*=85) | weiblich (*n*=198) |
| WHR | CHOL | --- | --- | --- | --- |
| | DHEAS | -,357** | --- | --- | --- |
| | HDL | --- | -,289** | -,260** | -,244 |
| | LDL | ,328** | --- | --- | --- |
| | Lp(a) | -,328** | --- | --- | --- |
| | TG | --- | --- | --- | ,222* |
| WHtR | CHOL | --- | --- | --- | --- |
| | DHEAS | --- | --- | --- | --- |
| | HDL | -,429* | --- | -,307* | -,404 |
| | LDL | --- | --- | --- | --- |
| | Lp(a) | --- | --- | --- | --- |
| | TG | --- | --- | --- | ,403 |
| BAI | CHOL | --- | --- | --- | --- |
| | DHEAS | --- | --- | --- | --- |
| | HDL | --- | --- | --- | -,339 |
| | LDL | --- | --- | --- | --- |
| | Lp(a) | --- | --- | --- | --- |
| | TG | --- | --- | --- | ,387 |

*Analyse nach Ausschluss von Probanden mit lipidsenkender Medikation; schwarz= Korrelation nach Pearson; rot=Korrelation nach Spearman; --- = keine signifikante Korrelation bei p>,05; * = p<,01; ** = p<,05; bei den anderen Korrelationen war p<,001; n= Anzahl der Personenen, BIA= Bioelektrische Impedanzanalyse, DEXA= Dual Energy X-ray Absorptiometry, BMI= Body mass Index, WC= waist circumference, WHR= waist-to-hip ratio, WHtR= waist-to-height ratio, BAI=Body Adiposity Index, CHOL= Cholesterin, DHEAS= Dihydroepiandrosteron-Sulfat, HDL= High-density Lipoprotein, LDL= Low-density Lipoprotein, Lp(a)= Lipoprotein (a), TG= Triglyzeride*

# Danksagung

Beim Durchführen meiner Dissertation haben mich sehr vielen Menschen unterstützt, bei denen ich mich hiermit recht herzlich bedanken möchte:

Ein großes Dankeschön geht an meine Kollegen und Kolleginnen von BASE-II in Berlin. Nina, Victor, Jule, Julia, Valentin, Ali, Kismet, Fadel, Dominik und Mike, ihr habt mir meinen Berlin-Aufenthalt und die tägliche Arbeit versüßt, standet mir mit Rat unt Tat zur Seite und nur mit Hilfe Eurer objektiven Kritik konnte diese Dissertation überhaupt entstehen. Ein Dankeschön dafür und für die schöne Zeit.

Einen besonderen Dank möchte ich auch meinen Doktormüttern und Betreuerinnen aussprechen, Frau Dr. Eckardt und Frau Prof. Dr. Steinhagen-Thiessen in Berlin und Frau Prof. Dr. Nagel in Ulm. Durch meinen unkonventionellen Wunsch, die Dissertation an einem anderen Ort, wie dem Studienort anzufertigen, war das Vorhaben von vornherein mit mehr bürokratischem Aufwand als sonst verbunden. Dabei erfuhr ich viel Unterstützung von ihnen und sie sorgten mit wertvollen Ratschlägen für das Gelingen der Arbeit.

Des Weiteren möchte ich mich bei meiner Familie bedanken, ohne die das Medizinstudium und somit auch diese Doktorarbeit niemals möglich geworden wäre. Sie haben mich zu einem selbstbewussten, aufgeschlossenen und hinterfragenden Menschen erzogen und mir immer Rückendeckung gegeben.

Ein großer Dank geht auch an Cihan, da ich ohne ihn kein Medizinstudium begonnen hätte.

Zum Schluss möchte ich mich noch bei meinen Freunden und meinen WGs bedanken. Didi, Suzi, Stefan, Schilli 1 & 2, WG in Berlin - Phil, Gabi, Nacho - und WG in Ulm - Raimar, Cookie und Michi: Ohne Euer Vertrauen, Eure unterstützenden Worte und das allgemein durch und durch positive Lebensgefühl und die Ausgeglichenheit, die ich durch Euch empfinden darf, wäre diese Dissertation und das ganze Studium nicht zu Stande gekommen. Wenn man durch so einzigartige Menschen wie Euch Zuspruch erfährt, kann man im Leben alles erreichen - Danke dafür!

# Lebenslauf

## *Persönliche Daten*

| | |
|---|---|
| Name: | Katharina Wirth |
| Anschrift: | Zinglerstraße 55 |
| | 89077 Ulm |
| Telefon: | +49172/7634421 |
| E-mail: | katharina.j.wirth@googlemail.com |
| Geburtsdatum: | 3. Januar 1987, Freudenstadt |

## *Schulische Laufbahn*

| | |
|---|---|
| Hartranft-Grundschule Freudenstadt: | 1993-1997 |
| Kepler-Gymnasium Freudenstadt: | 1997- 2006 |
| Abschluss: | Abitur 2006 |
| Studium in der Universität Ulm: | Medizin; zur Zeit eingeschrieben im WS 12/13, 9.Fachsemester |

## *Praktische Tätigkeiten & Erfahrungen*

| | |
|---|---|
| seit Nov. 2011: | Werkstudentische Tätigkeiten bei der Probandenrekrutierung und Untersuchung innerhalb der ALS-Studie des Epidemiologischen Instituts der Universität Ulm |
| Sep. 2011: | Posterpräsentation der Dissertation beim Internationalen Kongress „Prevention and Intervention“ in Halle/Saale |

| | |
|---|---|
| Okt. '10-Juli '11: | Zwei Freisemester in Berlin zur Anfertigung der Dissertation und Arbeit innerhalb der Zweiten Berliner Altersstudie (BASE-II) in der Forschungsgruppe Geriatrie der Charité, Berlin |
| 2009: | Physiologie-Tutorin |
| 2008-2010: | Servicearbeit mi Coffee Fellows, Ulm |
| 2007-2010: | Diverse Arbeiten im Bereich Service und Promotion |
| 2007: | Ferienjob (4 Monate) in der Fa. Arburg, Loßburg |
| 2006-2012: | Diverse Praktika/Famulaturen im Krankenhaus (teils Bestandteil des Studiums, teils Eigeninteresse) |
| 2004-2006: | Diverse Praktika innerhalb Firmen der Metallverarbeitung und Seebelüftungsanlagen Herstellung |

## *Erworbene Fähigkeiten*

- Fahrerlaubnis der Klasse B
- gute Kenntnisse in Excel und SPSS
- Statistikkenntnisse
- Ehrgeiz, Offenheit, Freundlichkeit, Lernbereitschaft, Genauigkeit

## *Sprachen*

- englisch (flüssig)
- französisch (Grundkenntnisse)
- spanisch (Grundkenntnisse)