



MASTERARBEIT

Titel der Masterarbeit

„Evaluierung diverser Methoden zur Messung der
Körperzusammensetzung bei Adipösen“

verfasst von

Daniela Riedl, Bakk.,Bakk.

angestrebter akademischer Grad

Master of Science (MSc)

Wien, 2014

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 066 838

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Masterstudium Ernährungswissenschaften

Betreut von:

Ass.-Prof. Mag. Dr. Petra Rust

Inhalt

1. Einleitung und Fragestellung.....	4
1.2. Fragestellung	5
2. Literaturteil.....	6
2.1. Klassifizierung des Körpergewichts	7
2.2. Körperzusammensetzung.....	11
2.3. Methoden zur Erfassung der Körperkompartimente	14
2.3.1. Air-displacement-plethysmography (BOD POD)	15
2.3.1.1. physikalische Grundlagen	16
2.3.1.2. Die BOD-POD-Messung	18
2.3.2. Bioimpedanzanalyse (BIA).....	18
2.3.2.1. physikalische Grundlagen.....	19
2.4. Bestimmung der Körperzusammensetzung bei Adipösen.....	20
2.4.1. Limitationen der BIA	21
2.4.2. Limitationen des BOD POD.....	23
2.5. Bestimmung der Körperzusammensetzung bei Gewichtsverlust an Adipösen	25
2.6. Berechnung der Körperzusammensetzung.....	27
2.6.1. Formeln für FFM und TBW an Adipösen.....	28
3. Material und Methoden.....	32
3.1. Kollektivbeschreibung	32
3.2. Messparameter und -verfahren.....	35
4. Ergebnisse und Diskussion	36
4.1. Ergebnisse der BMI-, BIA- und BOD POD Messungen der Gesamtstichprobe. 36	
4.1.1. Fettmasse in Abhängigkeit vom Geschlecht.....	39
4.1.2. Zusammenfassung Abhängigkeit vom Geschlecht.....	44
4.1.3. Körperfettmasse in Abhängigkeit vom Alter	45
4.1.4. Zusammenfassung Abhängigkeit von den Alterskategorien.....	52
4.1.5. Körperfettmasse in Abhängigkeiten vom BMI	53
4.1.6. Zusammenfassung Körperfettmasse in Abhängigkeit vom BMI.....	59
4.2.2. Zusammenfassung der Berechnung der fettfreien Masse getrennt dargestellt nach Geschlecht	63
4.2.4. Zusammenfassung der Berechnung der fettfreien Masse getrennt dargestellt nach Alterskategorien bei Frauen	67

4.2.5. Berechnung der fettfreien Masse getrennt dargestellt nach Alterskategorien bei Männern	67
4.2.6. Zusammenfassung der Berechnung der fettfreien Masse getrennt dargestellt nach Alterskategorien bei Männern.....	70
4.2.7. Berechnung der fettfreien Masse getrennt dargestellt nach BMI Kategorien bei Frauen.....	70
4.2.8. Zusammenfassung der Berechnung der fettfreien Masse getrennt dargestellt nach BMI Kategorien bei Frauen	74
4.2.9. Berechnung der fettfreien Masse getrennt dargestellt nach BMI-Kategorien bei Männern	74
4.2.10. Zusammenfassung der Berechnung der fettfreien Masse getrennt dargestellt nach BMI-Kategorien bei Männern.....	76
4.3. Dreifaktorielle Varianzanalyse.....	77
5. Schlussbetrachtung	79
6. Zusammenfassung	82
7. Literatur.....	84
8. Tabellenverzeichnis.....	90
9. Abbildungsverzeichnis	91

1. Einleitung und Fragestellung

Als Adipositas oder Fettsucht bezeichnet man eine über das normale Maß hinausgehende Akkumulation von Fettgewebe. Zuerst nimmt dabei das Volumen der Adipozyten (Fettzellen) zu. Bleibt die Energiebilanz anhaltend positiv, können zusätzliche Adipozyten aus Vorläuferzellen gebildet werden. Da die in den Adipozyten deponierten Triglyceride ständig umgesetzt werden, kommt es zu einer Erhöhung aller Komponenten des Lipidstoffwechsels. Daraus resultiert eine Hyperlipoproteinämie und Hyperinsulinämie, was eine periphere Insulinresistenz zur Folge haben kann. Die androide Form der Adipositas führt häufiger zu Folgeerkrankungen, da das viszerale Fettgewebe am Bauch besonders hohe Umsatzraten zeigt. Erkrankungen, welche häufig mit Adipositas assoziiert sind, sind Hypertonie, Typ-2-Diabetes, koronare Herzkrankheiten, Herzinsuffizienz, Mamma- und Kolonkarzinom sowie orthopädische und psychosoziale Probleme [BIESALSKI und GRIMM, 2011].

Der Adipositas liegt immer eine lang andauernde oder rezidivierende positive Energiebilanz zugrunde. Sowohl Energiezufuhr als auch Energieverbrauch werden durch exogene Faktoren beeinflusst. Wird die Zufuhr durch Geschmack, Erziehung, Umfeld bei den Mahlzeiten, Psyche, Portionsgrößen beeinflusst, so hängt der Verbrauch von körperlicher Aktivität in Beruf und Freizeit ab. Es gibt jedoch für beide Seiten auch genetische Determinanten, die sich sowohl für das Essverhalten als auch für Hunger-/Sättigungsregulation und die Effizienz zellulärer Energieproduktion nachweisen lassen [BIESALSKI und GRIMM, 2011].

Aufgrund von Studien geht man davon aus, dass die Entstehung von Adipositas zu mindestens 40% erblich determiniert ist. Es wurden bis heute bereits über 127 Gene identifiziert, die mit zahlreichen adipositasbedingten Phänomenen assoziiert sein sollen [BISCHOFF und BETZ, 2010].

1.2. Fragestellung

Eine Folge dieser demografischen Entwicklung ist die Notwendigkeit von einfachen Methoden zur Bestimmung der Körperzusammensetzung von Schwer-Adipösen, um die Effizienz diverser Behandlungsprogramme zu evaluieren. Es gibt eine Vielzahl an Messmethoden, doch welche sich am besten für die Bestimmung der Körperzusammensetzung an Schwer-Adipösen eignet, ist umstritten.

Es gibt mehrere Faktoren, welche die valide Anwendung der BIA bei Schwer-Adipösen limitieren: die Annahme eines konstanten Hydrationsstatus, die Körpergeometrie und die Körperwasserverteilung.

Es wurden zahlreiche Formeln an unterschiedlichen Populationen entwickelt, um die verschiedenen Kompartimente zu berechnen, welche sich auf andere Populationen oder z.B. bestimmte Patientengruppen aufgrund von verschiedenen Einflussfaktoren nur eingeschränkt übertragen lassen. BIA-Formeln, die an gesunden schlanken Probanden entwickelt wurden, führen zu einer Unterschätzung der Fettmasse und Überschätzung der fettfreien Masse von Adipösen [PIRLICH und NORMAN, 2010].

Primäres Ziel dieser Untersuchung ist daher eine heterogene Stichprobe von Adipösen bezüglich folgender Merkmale

- Geschlecht
- Alter
- BMI

in Subgruppen einzuteilen und Zusammenhänge zu finden, welchen Einfluss diese Variablen auf die Unterschätzung der Fettmasse durch BIA haben. Zur Annäherung dieses Ziels werden für die jeweiligen Subgruppen die folgenden Hypothesen untersucht:

Steigt mit steigender Fettmasse das Gesamtkörperwasser an?

Steigt die Unterschätzung der Fettmasse durch BIA mit steigendem BMI?

Das sekundäre Ziel ist die Bewertung zweier Formeln zur Berechnung der fettfreien Masse bei Schwerst-Adipösen. Auch bei dieser Analyse wird eine Einteilung in Geschlecht, Alter und BMI vorgenommen.

2. Literaturteil

In den letzten Jahrzehnten hat die Häufigkeit von Übergewicht und Adipositas nicht nur in Österreich, sondern weltweit zugenommen.

Der Österreichische Ernährungsbericht 2012 ergab anhand der Körpermessungen an 251 Frauen und 168 Männern im Alter zwischen 18 bis 64 Jahren, dass Übergewicht mit 40 % der Erwachsenen (52% der Männer und 28% der Frauen) weit verbreitet ist, wobei 12 % davon (15% der Männer und knapp 10% der Frauen) adipös sind. Vergleicht man diese Daten mit jenen des Ernährungsberichts 2008, lässt sich ein Anstieg der Prävalenz verzeichnen (Übergewicht 2008: 31%, Adipositas 2008: 11%). Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass es sich im Ernährungsbericht 2008 um Daten aus Selbstangaben handelt, weshalb ein Vergleich der Prävalenzen von Übergewicht und Adipositas nur bedingt möglich ist [ELMADFA et.al., 2012]. Schätzungen des WHO-Regionalbüros für Europa zufolge verdoppelte sich die weltweite Prävalenz an Adipositas zwischen 1980 und 2008. Demnach sind 50% der Männer und Frauen in der Europäischen Region der WHO übergewichtig sowie 23 % der Frauen und 20% der Männer adipös. Basierend auf den letzten Schätzungen in der Europäischen Union sind 30-70% übergewichtig und 10-30% adipös [WHO, 2013b].

Im Jahr 2008 waren 35% aller Erwachsenen über 20 Jahre übergewichtig (BMI ≥ 25 kg/m²). Die weltweite Prävalenz an Adipositas hat sich nahezu verdoppelt zwischen 1980 und 2008. Im Jahr 2008 waren weltweit 10% der Männer und 14% der Frauen adipös, verglichen mit 5% der Männer und 8% der Frauen im Jahr 1980. Schätzungsweise waren 205 Millionen Männer und 297 Millionen Frauen über 20 adipös – in Summe eine halbe Milliarde Erwachsener weltweit.

Die Prävalenz an Übergewicht und Adipositas ist am höchsten in der WHO Region Amerikas (62% übergewichtig, 26% adipös) und am niedrigsten in der WHO Region Südostasiens (14% übergewichtig, 3% adipös). In der WHO Region Europas, des östlichen Mittelmeerraums oder Amerikas waren 50% übergewichtig, die Hälfte davon adipös. In allen WHO Regionen sind Frauen häufiger adipös als Männer. Besonders in den WHO Regionen Afrikas, Südostasiens und der WHO Region des östlichen Mittelmeerraums war die Prävalenz von Adipositas bei Frauen doppelt so hoch wie bei Männern [WHO, 2013c].

Schätzungen der Körperzusammensetzung von Übergewichtigen und Adipösen werden jedoch selten durchgeführt und die Diagnose erfolgt oft lediglich durch Anwendung des BMIs [DONINI, 2013]. Auch die WHO empfiehlt, den BMI zur Klassifikation von Übergewicht und Adipositas [WHO, 2013a].

2.1. Klassifizierung des Körpergewichts

Der BMI errechnet sich aus dem Körpergewicht in Kilogramm geteilt durch die Körpergröße in Metern zum Quadrat ($BMI = KG[kg] / (Größe[m])^2$). Laut Klassifizierung des BMI nach WHO-Kriterien, wird Übergewicht dabei ab einem BMI von 25 kg/m^2 und Adipositas ab einem BMI von 30 kg/m^2 definiert (Tabelle 1).

Tabelle 1: Einteilung des Körpergewichts nach BMI laut WHO-Kriterien [Quelle: WHO, 2013a]

Klassifizierung BMI	(kg/m^2)
Untergewicht	< 18,5
Normalgewicht	18,5 – 24,9
Übergewicht	≥ 25
Prä-Adipositas	25,00 – 29,99
Adipositas	≥ 30
Adipositas Grad I	30 – 34,9

Adipositas Grad II	35 – 39,9
Adipositas Grad III	> 40

Da der BMI mit einem Korrelationskoeffizienten zwischen 0,7 und 0,8 (berechnet aus der Körperdichte) gut mit dem Körperfettgehalt korreliert, ist er ein gutes Maß für die Klassifikation von Übergewicht [ELMADFA und LEITZMANN,2004]. Die Korrelation des BMI zur Fettmasse ist bei Übergewicht und Adipositas stärker ausgeprägt, als bei Normal- oder Untergewicht. Bei jüngeren Menschen besteht ebenfalls eine bessere Korrelation als bei Älteren, bei denen die Muskelmasse zugunsten der Fettmasse abnimmt [MÜLLER et. al, 2003].

Allerdings differenziert der BMI nicht zwischen stoffwechselaktiver Zellmasse und Fettmasse. So können normalgewichtige Adipöse, also Personen deren Fettmasse trotz normalem BMI erhöht ist, nicht identifiziert werden [DONINI et.al., 2013].

Umgekehrt kann es auch bei Personen mit hohem Anteil an Muskelmasse oder Personen mit Sarkopenie (Muskelschwund) durch die alleinige Beurteilung mittels BMI zu Fehleinschätzungen kommen [BISCHOFF und BETZ, 2010]. Dass die alleinige Beurteilung des Gesundheitsrisikos durch den BMI kritisch zu betrachten ist, zeigt eine kürzlich erschienene Metaanalyse von 97 prospektiven Studien mit über 2,88 Millionen Teilnehmern. Im Vergleich zu Normalgewichtigen ergab sich bei Übergewichtigen und Personen mit Adipositas Grad I ein Risiko-Quotient für die Gesamtsterblichkeit von 0,94 (95%-CI: 0,91-0,96) bzw. 0,95 (95%-CI: 0,99-1,01). Das heißt, Personen mit Adipositas Grad I hatten kein statistisch signifikant höheres Mortalitätsrisiko und Übergewichtige sogar ein statistisch signifikant niedrigeres Mortalitätsrisiko im Vergleich zu Normalgewichtigen [FLEGAL et.al, 2013]. Umgekehrt sollte aber die Tatsache nicht außer Acht gelassen werden, dass in dieser Metaanalyse höhergradige Formen der Adipositas mit einem erhöhten Mortalitätsrisiko verbunden waren. Bei der Risikoabschätzung wurde ausschließlich der BMI herangezogen, die Fettverteilung sowie der Anteil an viszeralem Fett wurden nicht berücksichtigt. Ein weiterer

Kritikpunkt ist, dass bei Normalgewichtigen nicht zwischen Personen unterschieden wurde, die aufgrund einer Erkrankung unerwünschte Gewichtsverluste hatten. Anzuzweifeln ist auch, ob die Beschränkung auf die Gesamtmortalität als Output Parameter sinnvoll ist. Die Autoren unterteilten weiters die Probanden, um Berechnungen für Senioren ≥ 65 Jahre durchzuführen. Dabei waren die verschiedenen Grade der Adipositas nicht mit einem erhöhten Risiko-Quotienten assoziiert. Rust und Hoffman [2013] konstatieren, dass sich diese Beobachtung mit vielen Befunden aus der Literatur deckt, in denen von einer Rechtsverschiebung der J-Kurven-ähnlichen Beziehung zwischen Mortalität und BMI im Alter berichtet wird.

Da bei dieser Altersgruppe höhere BMI – Werte mit einem geringeren Mortalitätsrisiko verbunden sind, wurden die Cut-Off Werte für Personen über 65 Jahren adaptiert. Dabei spricht man unter einem BMI von 24 kg/m^2 von Untergewicht, zwischen einem BMI von 24 kg/m^2 und $29,99 \text{ kg/m}^2$ von Normalgewicht und ab einem BMI von 30 kg/m^2 von Übergewicht [NRC, 1989]. Eine Übertragung dieser Werte auf Jugendliche wäre jedoch angesichts der steigenden Zahlen an Adipositas in dieser Altersgruppe unsinnig, da die Reduktion des Mortalitätsrisikos nur kurzfristig wäre und der BMI ohnehin im Laufe des Lebens ansteigt [RUST und HOFFMAN, 2013].

Wenngleich das „obesity paradox“ für eine bestimmte Personengruppe dennoch existiert: Es ist das Phänomen, welches bei PatientInnen mit Erkrankungen wie terminaler Niereninsuffizienz, COPD, HIV, rheumatischer Arthritis, Leberzirrhose und kardiovaskulären Erkrankungen beobachtet wurde. Diese haben einen Vorteil in der Überlebensrate, wenn sie einen höheren BMI haben. Werden prospektive Studien so zusammengefasst, dass der Einfluss von Krankheiten auf unerwünschten Gewichtsverlust als Störgrößen eliminiert wird, ergibt sich meist ein BMI zwischen $20\text{-}24,9 \text{ kg/m}^2$ als der Wert mit der geringsten Mortalitätsrate [DE GONZALES et. al., 2010].

Doch der BMI ist keine verlässliche diagnostische Methode, da er weder die Fettmasse noch fettfreie Körpermasse oder das Gesamtkörperwasser beurteilen kann. Eine aktuelle klinische Studie kam zu dem Ergebnis, dass der BMI Personen mit einer Fettmasse von $> 25\%$ und $>30\%$ nur selten als adipös iden-

tifizieren kann. In der Studie unterschätzte der BMI - verglichen mit direkten Messungen der Fettmasse durch DEXA - signifikant die Prävalenz von Adipositas [DONINI et.al., 2013]. Ein im Jahr 2010 veröffentlichtes systematisches Review und Metaanalyse von Studien, welche die Leistung des BMI zur Detektion von Adipositas bewertete, kam zu dem Ergebnis, dass die üblicherweise verwendeten BMI Cut-Off Werte zur Diagnose von Adipositas zwar hohe Spezifität, aber geringe Sensitivität aufweisen, um Adipositas zu identifizieren, da sie die Hälfte der Personen mit erhöhtem Körperfett nicht identifizierten [OKORODUDU et. al., 2010; vgl. ELMADFA et.al., 2012]

Zur genaueren Beschreibung der Adipositas empfiehlt sich daher die Bestimmung des Fettverteilungsmusters, da vor allem die abdominale Adipositas mit einem erhöhten Gesundheitsrisiko einhergeht [LEAN et. al., 1995]. Messungen der Fettverteilung wie Hüftumfang und sagittal abdominaler Umfang korrelieren stärker mit Risikofaktoren für kardiovaskuläre Erkrankungen und Diabetes als der BMI. Dies zeigte eine Studie, für welche die Daten der NHANES III Studie mit 10.969 Frauen und Männern unterschiedlicher Ethnizität herangezogen wurden [ZHU et.al., 2005]. Diese Unterschiede sind jedoch oft nur gering. So wurden in einer Studie der BMI, Hüftumfang, WHR und Kombinationen dieser Messmethoden in Bezug auf ihre Fähigkeit evaluiert, Individuen mit späterem Diabetes zu identifizieren. Dazu wurden Daten von 12.814 schwarzen und weißen Frauen und Männern zwischen 45-64 Jahren herangezogen. Nach 9 Jahren follow-up zeigte sich, dass die drei anthropometrischen Größen annähernd die gleiche Fähigkeit hatten, um Diabetes vorherzusagen [STEVENS et. al., 2001]. Präzise Messungen der Adipositas durch beispielsweise DEXA ermöglichen jedoch nicht zwingend spezifischere und bessere Aussagen über Zusammenhänge zu Erkrankungen. Dies zeigt eine Studie, welche Messungen durch DEXA mit anthropometrischen Messungen (BMI, Hüftumfang, WHR) bezüglich der Vorhersage von Insulinempfindlichkeit verglich. Es zeigte sich, dass DEXA-Messungen den Informationen durch einfachere Messungen wie BMI und Hüftumfang annähernd glichen, diese jedoch nicht ergänzten. [SIERRA-JOHNSON, 2004]. Für eine große Studienpopulation sind außerdem

Durchführbarkeit und Kosten wichtig. Anthropometrische Messmethoden korrelieren stark miteinander, was beispielsweise in den nicht-veröffentlichten Daten der ARIC Studie (Atherosclerosis Risk in Communities) [zit. In STEVENS et.al, 2008] gezeigt werden konnte. Demnach korrelierte der BMI stark mit dem Hüft- und Taillenumfang ($r=0.90$ bzw. 0.88). Die Korrelation von BMI mit WHR lag bei einem Korrelationskoeffizienten von $0,43$, mit der subscapularen Hautfalte bei 0.75 und mit der Trizeps - Hautfalte bei 0.62 . Vor diesem Hintergrund stehen sich die zusätzlichen Kosten für eine genauere Messung oft nicht für den Aufwand. Auch die „public health message“ an die Öffentlichkeit muss einfach sein, um effektiv zu sein, weshalb bei der Wahl der Messmethode oft die Einfachheit der Übersetzung Vorrang hat [STEVENS et. al., 2008]. Ab einem BMI von $>35 \text{ kg/m}^2$ ist eine Messung des Taillenumfangs jedoch unnötig. Einerseits deshalb, da ab diesem BMI das Komplikationsrisiko unabhängig von der Fettverteilung erhöht ist, und andererseits ist davon auszugehen, dass hier der kritische Taillenumfang in den meisten Fällen weit überschritten ist [BISCHOFF und BETZ, 2010].

2.2. Körperzusammensetzung

Es gibt unterschiedliche Modelle zur Bestimmung der Körperzusammensetzung, auf deren Grundlage sich verschiedene Kompartimente definieren lassen [PIRLICH und NORMAN, 2010]. Beim Ein-Kompartiment-Modell dient das Körpergewicht als indirekte Beurteilungsgrundlage der Körperzusammensetzung und seiner Energiereserven. Beim Zwei-Kompartiment-Modell wird das Körpergewicht in Gesamtkörperfett und fettarme (~fettfreie) Körpermasse geteilt [EL-MADFA, 2004]. In der Praxis wird die FFM häufig synonym mit der mageren bzw. fettarmen Körpermasse (LBM = lean body mass) verwendet. Die LBM wird dabei aus der Differenz zwischen dem Körpergewicht und dem Fettgewebe berechnet. Da auch die Zellen der stoffwechselaktiven Körpermasse einen geringen Fettgehalt z.B. in den Zellmembranen aufweisen, ist sie nicht mit der FFM identisch. Der Unterschied zwischen FFM und LBM ist jedoch sehr gering, weshalb er in der Praxis vernachlässigt wird [LEITZMANN et. al., 2003]. Da die direkte Messung des Körperfetts schwierig ist, bestimmt man die fettfreie Masse

und errechnet das Körperfett indirekt aus der Differenz zwischen Körpergewicht und fettfreier Masse. Das erste und häufigste Zwei-Kompartiment-Modell basiert auf der Messung der Gesamtkörperdichte. Die häufigste Methode ist die Hydrodensitometrie oder Unterwasserwägung. Auch ^{40}K -Zählung und Isotopen Verdünnungsmethode zählen zu den Zwei-Kompartiment-Modellen [ELLIS, 2000].

Das Dreikompartiment-Modell unterteilt die fettfreie Masse in extrazelluläre Masse und aktive Körperzellmasse. Unter aktiver Körperzellmasse versteht man die Summe aller sauerstoffverbrauchenden, kaliumreichen, glukoseoxidierenden und arbeitenden Zellen. Die Bestimmung dieser Kompartimente ermöglichen röntgenanalytische Verfahren wie die Dual Energy X-Ray (DEXA) und impedanzanalytische Verfahren, wie die bioelektrische Impedanzanalyse [BOLANOWSKI und NILSSON, 2001]. Weiters unterscheidet man zwei verschiedene Vier-Kompartiment-Modelle. Das Körpergewicht wird im ersten Modell in Fett, Wasser, Protein und Knochenmineralien bzw. Aschegehalt eingeteilt. Im zweiten Modell wird das Körpergewicht in Fett, Nichtmuskel-Masse, Muskulatur und Skelett geteilt [ELMADFA, 2004]. Dabei ist das erstere Modell der Goldstandard zur Bestimmung der Körperzusammensetzung. 4-Kompartiment-Modelle sind allerdings nur Forschungszwecken vorbehalten, da für diese Bestimmung mehrere Methoden nötig sind, die zeitaufwendig und teuer sind. Besser geeignet für die klinische Praxis sind einfachere Methoden, die eine Betrachtung im Zwei- bzw. Drei-Kompartiment-Modell ermöglichen [PIRLICH und NORMAN, 2010].

- Körperwasser

Das größte Kompartiment des Körpers ist das Gesamtkörperwasser oder Total Body Water (TBW) [WANG et. al., 1999]. Es macht 60% des menschlichen erwachsenen Körpers aus [ELMADFA, 2004]. Das Gesamtkörperwasser lässt sich in zwei Hauptkompartimente unterteilen, die miteinander im Gleichgewicht stehen und sich intrazellulär bzw. extrazellulär befinden. Dabei umfasst der extrazelluläre Raum alle Flüssigkeiten, die sich außerhalb der Zellen befinden (Plasma, Lymphe, Liquor, etc.) und kann wiederum in interstitiellen Raum und

Plasmavolumen unterteilt werden. Er ist das verbindende Medium zwischen der Zelle und den Organen (Lunge, Niere, Gastrointestinaltrakt), die dem Stoffaustausch mit der Umwelt dienen. Das Volumen der intrazellulären Flüssigkeit kann nicht direkt gemessen werden, sondern wird aus der Differenz des Gesamtkörperwassers minus extrazellulärer Flüssigkeit errechnet [ELMADFA und LEITZMANN, 2004]. Über 60% des Gesamtkörperwassers befindet sich in den Zellen (intrazelluläre Flüssigkeit), der Rest außerhalb (extrazelluläre Flüssigkeit) [ELMADFA, 2004]. In der fettfreien Masse befindet sich der größte Teil des Körperwassers und dient dort als Ausscheidungs- und Transportmittel für Stoffwechselprodukte und zur Regulation von Temperatur und Zellvolumina [WANG et. al., 1999].

- Fettfreie Masse

Die Fettfreie Masse besteht aus Wasser, Protein und Mineralien und kann aufgrund des hohen Gehalts an Wasser (73,2%) auch indirekt über den Wassergehalt bestimmt werden. Wie bereits erwähnt, wird die „lean body mass“ in der Praxis oft mit der fettfreien Masse gleichgesetzt, obwohl sie einen geringen Anteil an Fett, die Strukturlipide, enthält (Männer ca. 2-3%, Frauen ca. 5-8%) [ELMADFA und LEITZMANN, 2004].

- Fettmasse

Das Gesamtkörperfett besteht aus einem geringen Anteil an Strukturfett (Bestandteile von Zellmembranen und Zellorganellen) und Depotfett, wobei die Hälfte des Depotfettes aus subkutanem Fettgewebe besteht [HUTH und KLUTHE, 1995]. Der Normalbereich des Fettanteils liegt bei Männern zwischen 10-20% und bei Frauen zwischen 20-30% [ELMADFA, 2004]. Bei Übergewicht ist ein Anstieg des Fettanteils auf bis zu 70% der Körpermasse möglich [HUTH und KLUTHE, 1995].

Es stehen eine Reihe von Methoden zur Abschätzung des individuellen Körperfettanteils zur Verfügung. Zu den einfacheren Methoden zählen die Messung der Hautfaltendicke, die Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) sowie

Ultraschalluntersuchungen. Aufwändiger sind z.B. DEXA, Densitometrie und Magnetresonanztomografie [Deutsche Adipositasgesellschaft, 2012]. In Tabelle 2 findet sich die Einteilung des Körperfettanteils (%) bei Erwachsenen nach Lohmann et.al. [1997].

Tabelle 2: Einteilung des Körperfettanteils [Quelle: Lohmann et.al. 1997]

Geschlecht und Alter	Empfohlene Körperfettanteile (%)				
	NE ^a	Niedrig	Mittel	Hoch	Adipositas
Männer					
18–34 Jahre	<8	8	13	22	>22
35–55 Jahre	<10	10	18	25	>25
56+ Jahre	<10	10	16	23	>23
Frauen					
18–34 Jahre	<20	20	28	35	>35
35–55 Jahre	<25	25	32	38	>38
56+ Jahre	<25	25	30	35	>35

^aNE= nicht empfohlen

2.3. Methoden zur Erfassung der Körperkompartimente

Tabelle 3: Methoden zur Erfassung der Körperkompartimente [Quelle: PIRLICH und NORMAN, 2010]]

Methoden	Zielgrößen	Präzision*	Aufwand (apparativ oder zeitlich)	Kosten
Anthropometrie	FM, Fettverteilung, Muskelmasse	Niedrig	Niedrig	Sehr Niedrig
BIA, BIS	TBW (FFM und FM), BCM, Phasenwinkel	Hoch	Niedrig	Niedrig
Kreatinin Höhenindex	Muskelmasse	Niedrig	Mittel	Niedrig
Densitometrie (ADP, Hydrodensitometrie)	Fettmasse (→ FFM)	Hoch	Hoch	Hoch
DEXA	FM, Knochenmineralgehalt, Weichteilmagermasse, Knochen-dichte	Hoch	Hoch	Hoch

Dilutionsmethoden	TBW(→ FFM und FM) bei Deuterium oder Tritium ECW (→ ICW) bei Natriumbromid	Hoch	Hoch	Mittel
⁴⁰ Kalium-Zählung	BCM (→ FFM und FM)	Hoch	Hoch	Sehr Hoch
Neutronenaktivierung	Kalzium, Natrium, Chlor, Phosphor, Stickstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlenstoff	Hoch	Hoch	Sehr Hoch
Magnetresonanztomografie	Fettgewebe, Fettgewebsverteilung (z.B. viszerales Fett)	Hoch	Hoch	Sehr Hoch

*Präzision: Variationskoeffizient < 3% = hoch; VK > 5% = niedrig

Traditionelle Methoden zur Messung der Körperzusammensetzung von Nicht-Adipösen erweisen sich oft als unpassend für Schwer-Adipöse. Beispielsweise übersteigen diese die Gewichtsgrenzen der Instrumente und passen nicht in die Messkammer bei DEXA und In-Vivo-Neutronen-Aktivierungsanalyse. Auch Densitometrie, welche auf Standardannahmen der FFM-Hydratation (0,738) und Dichte (1,1 g/ml) basieren, sind möglicherweise für diese Population ungeeignet, da extrem Adipöse erhöhtes Extrazellulärwasser aufweisen [Das et. al., 2003].

2.3.1. Air-displacement-plethysmography (BOD POD)

Mitte der 1990er Jahre wurde der BOD POD als neues Gerät basierend auf der Plethysmographie zur Messung der Körperzusammensetzung entwickelt [DEMPSTER und AITKENS, 1995]. Air-displacement plethysmography bietet zahlreiche Vorteile gegenüber anderen Referenzmethoden: schnelles, bequemes, automatisches, nicht-invasives und sicheres Messverfahren sowie Untersuchungsmöglichkeit von verschiedenen Personengruppen wie Kindern, Adipösen, Älteren und behinderten Personen [FIELDS et.al., 2002].

2.3.1.1. physikalische Grundlagen

Plethysmographie misst das Körpervolumen mithilfe des Boyle'schen-Gesetzes des Druck/Volumen Zusammenhangs. Demnach ist das Körpervolumen ident mit der Volumenreduktion, die in der Kammer entsteht, wenn die Person unter isothermalen Bedingungen eintritt, unter Beibehaltung einer konstanten Temperatur [FRISARD et. al., 2005]. Das heißt, das Volumen eines Objekts wird indirekt gemessen, indem das Volumen an Luft gemessen wird, welches in einer geschlossenen Kammer verdrängt wird (Plethymograph) [FIELDS et. al., 2002].

Die Luft in der Kammer wird durch Anwendung der Gasgesetze gemessen. Das Boylsche Gasgesetz sagt aus, dass bei konstanter Temperatur das Volumen (V) und der Druck (P) invers korrelieren:

$$P_1/P_2 = V_2/V_1$$

Das BOD POD System beinhaltet den BOD POD Plethysmograph, eine elektronische Waage, Kalibriergewichte und Zylinder, Computer und Software. Der BOD POD wird in zwei Kammern geteilt:

Eine Testkammer (für den Probanden) und eine Referenzkammer.

Die anfänglichen Volumina dieser Kammern sind 450 bzw. 300 Liter. Eine Membran schwingt zwischen diesen Kammern und erzeugt sinusförmige Volumenstörungen, welche proportional zum Ausmaß aber umgekehrt im Vorzeichen sind. Die Störungen resultieren in sehr geringen Druckänderungen innerhalb der Kammer, welche durch Druckwandler überwacht werden. Der Druck wird bei der Frequenz der Oszillation (3Hz) analysiert. Durch das Verhältnis der Drücke wird das Volumen der Testkammer gemessen. Im Gegensatz zu früheren Airdisplacement Plethymographen ist es nicht mehr notwendig, Messungen unter isothermalen Bedingungen im BOD POD durchzuführen [FIELDS et. al, 2002]. Es ist im Übrigen unmöglich, eine konstante Temperatur während der Messung aufrechtzuerhalten [FRISARD et. al., 2005]. Stattdessen komprimiert und expandiert sich die Luft in der Kammer adiabatisch (sie gewinnt und verliert

Wärme während Kompression und Expansion). In diesem Fall bedient sich der BOD POD der Gesetzmäßigkeit nach Poisson, welche die Druck-Volums Beziehung unter adiabatischen Umständen beschreibt:

$$P_1/P_2 = (V_2/V_1)^\gamma$$

γ ist dabei das Verhältnis der spezifischen Wärme des Gases bei konstantem Druck zu dem bei konstantem Volumen und ist ident mit 1.4 der Luft. Obwohl Messungen des Körpervolumens im BOD POD meist unter adiabatischen Bedingungen erfolgen, verbleibt ein Luftvolumen unter isothermalen Bedingungen, welches berücksichtigt werden muss [FIELDS et. al, 2002]. Denn bei kleinen Druckveränderungen wird das isothermale Luftvolumen zu 40% mehr komprimiert als adiabatisches Luftvolumen. Die größten Quellen isothermaler Luft sind: Lunge, Haut- oder Haarnähe und Kleidung. Isothermale Luft von Kleidung und Haar werden durch Tragen eines enganliegenden Badeanzuges und Badehaube des Probanden minimiert [FRISARD et. al., 2005]. Der durchschnittliche Anteil der Luft in den Lungen während des normalem Atmens, das thoracic gas volume (V_{TG}) wird nach einer Vorgehensweise, die in Fields et.al. [2003] detailliert erklärt wird und auf die hier nicht näher eingegangen wird, berechnet. V_{TG} kann aber auch vorhergesagt werden.

Letztendlich kann der Effekt von isothermaler Luft nahe der Hautoberfläche durch Berechnung eines Oberflächen Artefakts (surface area artifact (SAA)) geschätzt werden. Das SAA wird automatisch durch die BOD POD Software berechnet als:

$$SAA (L) = k (L/cm^2) \times BSA (cm^2)$$

Wobei k eine Konstante (empirisch abgeleitet vom Hersteller) und BSA (body surface area) eine Körperoberfläche ist, welche von Körpergewicht und -höhe unter Verwendung der Formel von DuBois and DuBois berechnet wird.

Das SAA beträgt typischerweise - 1.0 L bei Erwachsenen und ist negativ, weil es ein offensichtlich negatives Volumen repräsentiert, welches durch isothermale Luftzwischenräume nahe der Hautoberfläche produziert wird [FIELDS et. al., 2002].

2.3.1.2. Die BOD-POD-Messung

Die Messung des Körpervolumens besteht aus 3 Schritten.

1. Zu Beginn erfolgt der 2-Punkt Kalibrierungsprozess: Zuerst mit der leeren Kammer für eine Nullmessung und dann mit einem Kalibrierungszylinder (50L) um einen Bereich festzulegen (Dauer: 50 s jede Messung).
2. Das Volumen des Probanden in der Kammer wird gemessen (Dauer: 50 s). An diesem Punkt ist das gemessene Körpervolumen „raw“ ($V_{b_{raw}}$), das heißt, es wurde noch nicht für V_{TG} und SAA korrigiert.

Dieser Schritt wird dann wiederholt, um die Übereinstimmung zu prüfen. Falls diese $V_{b_{raw}}$ Messungen innerhalb 0,2% oder 150mL liegen, welche auch immer größer sind, werden die Werte gemittelt. Wenn nicht, muss eine dritte $V_{b_{raw}}$ Messung durchgeführt werden und die zwei Werte, welche näher und innerhalb der Kriterien liegen, werden gemittelt. Wenn die Umgebungsbedingungen stabil sind und das Subjekt ruhig atmet, stimmen die zwei Messungen meist mit den vordefinierten Kriterien überein. Situationen, welche Nicht-Übereinstimmung bedingen sind: verändernde Umweltbedingungen (Druckänderungen im Raum durch Öffnen und Schließen der Türen) oder irreguläres Atmen des Probanden (Gähnen, trockene Kehle, oder Atem anhalten).

3. V_{TG} wird gemessen [FIELDS et. al., 2002].

2.3.2. Bioimpedanzanalyse (BIA)

Bereits im 19. Jahrhundert wurden die Grundlagen der Methode beschrieben. Die BIA wurde jedoch erst nach 1980 eingeführt [PIRLICH und NORMAN, 2010]. Es handelt sich dabei um eine schnelle, sichere und einfache Technik, um die Körperzusammensetzung im Feld und im klinischen Setting zu messen. Das Gerät ist relativ klein und einfach zu transportieren. Es ist auch billiger als andere Methoden wie DEXA oder TOBEC (total body electrical conductivity) [FISCHER und LEMBCKE, 1991]. Die Methode ist inzwischen weit über den klinischen Ansatz hinaus verbreitet und findet sogar als Bestandteil von Haus-

haltswaagen eine methodisch fragwürdige Anwendung zur Fettmassebestimmung [PIRLICH und NORMAN, 2010]. Die Genauigkeit wurde durch die Entwicklung von Geräten verbessert, welche den Widerstand bei mehreren Frequenzen messen, den sogenannten Multifrequenz-Impedanzanalytoren [Data Input, 2014]. Vor allem zur Optimierung der Erfassung des extrazellulären Flüssigkeitskompartiments wurde neben der Monofrequenzmessung bei 50 kHz auch die sog. Multifrequenz-BIA (MF-BIA) und die BIA-Spektroskopie (BIS) mit Messungen bei multiplen Frequenzen propagiert. Ob sich jedoch der technische Mehraufwand lohnt und eine höhere klinische Aussagekraft bedingt, ist zurzeit noch nicht abschließend zu beurteilen [PIRLICH und NORMAN, 2010]. Eine Studie, welche die relative Validität und Präzision der Bioelektrischen Impedanzanalyse (BIA) zur Messung der Fettmasse bei Gewichtsabnahme übergewichtiger und adipöser Patientinnen im Vergleich zu den Referenzmethoden Air-Displacement-Plethysmografie (ADP) und Dual-X-ray-Absorptiometrie (DEXA) untersuchte, kam zu dem Ergebnis, dass BIA und ADP eine vergleichbare Präzision für die Erfassung der Fettmasse (2 vs. 2,2%) bzw. fettfreien Masse (1,7 vs. 1,8%) hatte [GOELE et.al., 2008].

2.3.2.1. physikalische Grundlagen

Die Methode der Bioelektrischen Impedanzanalyse beruht auf der Messung des elektrischen Widerstands des menschlichen Körpers [Data Input, 2014]. In einem elektrischen Wechselstromfeld mit konstanter Stromstärke ist die Impedanz Z der Ohm'sche Gesamtwiderstand. Dieser wird üblicherweise über je zwei Hautelektroden an Hand und Fuß erzeugt [PIRLICH und NORMAN, 2010]. Vor dem Hintergrund, dass das Elektrolytwasser des menschlichen Körpers ein guter Leiter für den elektrischen Strom ist, können aus dem gemessenen Wasserwiderstand das Körperwasser, die Fettmasse und die Magermasse (fettfreie Masse) bestimmt werden [Data Input, 2014]. Die Impedanz setzt sich aus zwei Teilwiderständen, der Resistanz (R) und der Reaktanz (X_c) zusammen [PIRLICH und NORMAN, 2010]. Resistance ist der Widerstand eines biologischen Leiters gegen einen Wechselstrom [BAUMGARTNER et. al. 1988]. Elektrische

Leiter sind intrazelluläre und extrazelluläre Flüssigkeiten, sowie Elektrolyte [LUKASKI et.al., 1985]. Reactance ist der kapazitative Widerstand, produziert durch Zellmembranen und Gewebeschnittstellen [BAUMGARTNER et. al., 1988]. Da der Strom nur durch das ionenhaltige Körperwasser geleitet wird, lässt sich aus der gemessenen Resistanz das Volumen V des Körperwassers mit folgender Formel berechnen: $V = p \times L^2/R$, wobei p der spezifische Widerstand des Leiters und L die Länge des Leiters ist [PIRLICH und NORMAN, 2010]. Lukaski et.al. [1985] konstatierte, dass Reaktanz einen vernachlässigbaren Effekt im Verhältnis zu Resistance (R) hat, weshalb er nur Resistance (R) verwendet, um die Impedanz (Z) zu schätzen. Unter Annahme eines konstanten Hydrationsgrades oder über spezifische Algorithmen lässt sich aus dem Körperwasser die fettfreie Masse errechnen. Die Fettmasse (welche selbst durch die BIA nicht erfasst wird, da Fett ein elektrischer Isolator ist) errechnet sich aus der Differenz der fettfreien Masse zum Körpergewicht. Zur Bestimmung der Körperzellmasse (BCM) werden Reaktanz und der Phasenwinkel herangezogen. Die Extrazelluläre Masse (ECM) lässt sich aus der Differenz der BCM zur FFM errechnen. Das Verhältnis von ECM zu BCW wird als wichtiges Maß für Hydrationsstörungen und als früher Marker einer katabolen Stoffwechsellage verwendet. Üblicherweise erfolgt die Anwendung bei einer Wechselstromfrequenz von 50kHz und 800 μ A. Wichtig für die Qualität der Messung ist eine Standardisierung der Messbedingungen die u. a. Körperlage, Liegezeit vor der Messung, Raumtemperatur, Zeit zur letzten Nahrungsaufnahme und sportlicher Betätigung sowie Elektrodenbeschaffenheit berücksichtigt. [PIRLICH und NORMAN, 2010].

2.4. Bestimmung der Körperzusammensetzung bei Adipösen

Eine aktuelle klinische Studie widmete sich dem Ziel, die Determinanten der Körperzusammensetzung an übergewichtigen und adipösen Personen zu verifizieren und ein neues Modell für die Schätzung der Fettmasse dieser Personen zu liefern. Insgesamt beteiligten sich daran 103 übergewichtige und adipöse Personen, davon 74 Frauen im Alter von 41.5 ± 10 Jahren und 29

Männer im Alter von 43.8 ± 8 Jahren. Eine multidimensionale Evaluation einschließlich der Beurteilung der Körperzusammensetzung mit DEXA, Anthropometrie (Körpergröße und -gewicht; Hautfaltendickemessungen; Hüft-, Taillen-, Arm-, und Wadenumfang), BIA und biochemischen Parametern wurde durchgeführt. Das Ergebnis zeigte, dass der BMI nicht der primäre Prädiktor für die Fettmasse, welche durch DEXA gemessen wurde, darstellt und geht somit konform mit den oben dargelegten Ergebnissen. Die Fettmasse, gemessen durch BIA und der Hüftumfang zeigten eine bessere Assoziation zu der mit DEXA gemessenen Fettmasse. Ist DEXA aufgrund der Kosten nicht das Mittel der Wahl, eignet sich laut Studienautoren zur Bestimmung von klinischen Merkmalen adipöser Patienten die BIA in Kombination mit anderen Biomarkern, besonders des Leptinspiegels. Die Limitationen der Studie liegen laut Angaben der Studienautoren darin, dass es sich dabei um eine Querschnittsstudie handelt, sowie dass eine eingeschränkte Populationsgruppe untersucht wurde. Die Ergebnisse sollten für andere Alters- und BMI-Kategorien verifiziert werden [DONINI et. al., 2013].

Ein im Jahr 2005 veröffentlichtes Review, dessen Ziel es war, eine zuverlässige Methode zur Messung der Körperzusammensetzung bei schwer Adipösen zu finden, kam zu der Erkenntnis, dass es sehr wenig Forschung zu diesem Thema gibt. Die Autoren empfehlen jedoch ein Modell welches BOD POD-Messung (um die Körperdichte zu messen) und BIA-Messung (um das Körperwasser zu messen) kombiniert, da diese exakt und einfach durchzuführen sind [DAS et.al., 2005].

2.4.1. Limitationen der BIA

Ein systematisches Review, welches Validität, Änderungssensitivität, Reliabilität und Messfehler der BIA für die Messung des prozentuellen Körperfetts bei Kindern und jungen Erwachsenen bewertete, zeigte, dass die BIA eine praktische Methode ist, um das prozentuelle Körperfett zu schätzen, jedoch waren Validität und Messfehler nicht zufriedenstellend [TALMA et. al, 2013].

Wie schon erwähnt, wird die valide Anwendung der BIA bei Schwer-Adipösen durch mehrere Faktoren limitiert: Die Annahme eines konstanten Hydrationsstatus, die Körpergeometrie sowie die Verteilung des Körperwassers [DONINI et.al., 2013]

Zu einem ähnlichen Ergebnis kam eine Studie durchgeführt an 591 Personen deren Ziel es war, den Effekt von Geschlecht und Adipositas auf die Unterschiede im Körperfettanteil, berechnet durch BIA-Daten und DEXA zu bestimmen. Dabei war das mittlere Körperfett, berechnet durch BIA-Daten, signifikant geringer als jenes gemessen durch DEXA. BIA überschätzte das Körperfett um 3,03% wenn es < 15% bei Männern lag und überschätzte es bei Frauen um 4,40%, wenn das Körperfett < 25% war. Die BIA unterschätzte das prozentuelle Körperfett um 4,32% bei Männern wenn das Körperfett >25% lag und unterschätzte es um 2.71% bei Frauen, wenn es > 33% war [SUN et. al., 2005].

Dass die Unterschätzung des prozentuellen Körperfetts durch BIA beim männlichen Geschlecht höher ist, zeigt auch eine Studie an 27 adipösen Kindern und Jugendlichen zwischen 6 und 18 Jahren in Wien. Dabei wurde das prozentuelle Körperfett mit BIA und DEXA gemessen. Mit BIA betrug es im Mittel $34,86 \pm 7,08\%$ und mit DEXA $39,75 \pm 5,63\%$. Die Unterschiede änderten sich nicht mit Alter oder prozentuellem Körperfett, jedoch beim Geschlecht: Die Unterschätzung des prozentuellen Körperfetts durch BIA war im Vergleich zu DEXA bei Jungen dreimal so hoch wie bei Mädchen [EISENKLÖBL et.al., 2001].

In einer Studie, bei welcher der Körperfettgehalt anhand von sechs Methoden an übergewichtigen (durchschnittlicher BMI: $31,1\text{kg/m}^2$) und schlanken (durchschnittlicher BMI: $20,6\text{ kg/m}^2$) Frauen untersucht wurde, zeigte sich, dass die BIA in beiden Gruppen den Körperfettgehalt im Gegensatz zur Referenzmethode der Unterwasserwiegung unterschätzte. Bei Schlanken, die laut UWW 25,4% Fett hatten, wurde die Fettmasse auf 24,7% durch BIA geschätzt und bei den Übergewichtigen statt 42,4% auf 39,6% unterschätzt [McNEILL et.al., 1991].

Eine Querschnittstudie an 136 adipösen Frauen im Alter von 48.1 ± 7.7 Jahren und einem BMI von $30.4 \pm 2.9 \text{ kg/m}^2$ verglich die Schätzungen der Gesamtkörperfettmasse sowie der Fettmasse des Rumpfes zwischen BIA und DEXA. Die BIA unterschätzte dabei beides. Die Diskrepanz stieg mit dem Grad an Adipositas, was zur Annahme führt, dass die Genauigkeit der BIA durch Adipositas negativ beeinflusst wird [NEOVIUS et. al, 2006].

In einer Studie mit 83 schwer adipösen Frauen und 36 schwer adipösen Männern im Alter von $41,6 \pm 11,6$ Jahren, wurde das Körperfett durch BIA und BOD POD geschätzt. Durch Anwendung der üblichen BIA-Gleichung wurde das Körperfett bei Frauen überschätzt (1,3 kg) und bei Männern unterschätzt (5,6 kg) [HORIE et. al., 2008].

Aus den angeführten Studien lässt sich ableiten, dass die BIA das Körperfett bei Adipösen unterschätzt, bei schwer adipösen Frauen in einem Fall überschätzt. Bei Männern war die Unterschätzung in drei Studien höher als bei Frauen. Bei Schlanken wurde das Körperfett durch die BIA im Gegensatz zur Unterwasserwiegung unterschätzt, bei DEXA als Referenzmethode jedoch überschätzt.

2.4.2. Limitationen des BOD POD

In einem 2001 erschienenen Review wurden Studien, welche zwischen Dezember 1995 und August 2001 erschienen sind und Ergebnisse, die den BOD POD mit anderen Referenzmethoden verglichen, untersucht. Demnach zeigte sich im Durchschnitt der Studien, dass sich die Messungen des Fettanteils durch den BOD POD von jenen durch Unterwasserwiegung nur um 1% unterscheiden, dasselbe gilt auch für DEXA. Studien, welche die Körperfettmessungen des BOD PODs mit jenen durch Multikompartiment-Modellen verglichen zeigten eine durchschnittliche Unterschätzung von 2-3% durch den BOD POD. Größere Unterschiede (4-1,9% zu Unterwasserwiegung sowie 3-1,7% zu DEXA) führen die Autoren auf Laborausüstung, Studiendesign und Eigenschaften der Probanden zurück. Die Autoren schließen daraus dass der

BOD POD eine zuverlässige und valide Technik ist, welche schnell und einfach die Körperzusammensetzung in einer großen Bandbreite an Personen beurteilen kann, einschließlich jener die oft schwierig zu messen sind wie Ältere, Kinder und Adipöse. Einige Quellen an Variation zwischen BOD POD und anderen Referenzmethoden bleiben aber ungeklärt und sollten systematisch untersucht werden [FIELDS et. al., 2002].

Eine weitere Studie untersuchte Schätzungen des prozentuellen Körperfetts, gemessen durch den BOD POD und Unterwasserwiegen an 95 Erwachsenen, davon 27 Männer und 68 Frauen im Alter zwischen 18-52 Jahren. Außerdem wurden Unterschiede zwischen den beiden Methoden innerhalb von untergewichtigen, normal- und übergewichtigen Personen evaluiert. Die Daten zeigten eine signifikante Überschätzung des prozentuellen Körperfettanteils gemessen durch den BOD POD im Gegensatz zu Unterwasserwiegen bei Untergewichtigen, aber keinen Unterschied bei Normal- oder Übergewichtigen [VESCOVI et.al., 2001].

Zu einem ähnlichen Ergebnis kam auch eine im Jahr 2005 veröffentlichte Studie. Ziel war es, die Körperdichte, gemessen durch den BOD POD sowie mit Hilfe der Unterwasserwiegen, bei Normalgewichtigen, Übergewichtigen und Schwer-Adipösen zu vergleichen. Insgesamt beteiligten sich daran 123 Personen, 89 Männer und 34 Frauen im Alter von durchschnittlich 46 ± 16.9 Jahren und einem durchschnittlichen BMI von $31.5 \pm 7.3 \text{ kg/m}^2$. Dabei herrschte eine starke Korrelation zwischen der gemessenen Körperdichte mit einem Korrelationskoeffizienten von 0.94. Auch das prozentuelle Körperfett, gemessen durch BOD POD und UWW, korrelierte mit einem Korrelationskoeffizienten von 0.94 stark [GINDE et. al., 2005].

Der BOD POD erweist sich somit als zuverlässige Methode bei Normal- und Übergewichtigen und weniger valide für untergewichtige Individuen.

2.5. Bestimmung der Körperzusammensetzung bei Gewichtsverlust an Adipösen

Um die Nützlichkeit von Anthropometrie und BIA für Veränderungen der Fettmasse während moderatem Gewichtsverlust zu schätzen, wurde 2009 eine Studie durchgeführt. Dafür wurden die Veränderungen in der Fettmasse an 34 übergewichtigen Erwachsenen (24 Frauen und 10 Männern) nach 12 Wochen Gewichtsverlust durch DEXA und BIA gemessen. BMI und Körpergewicht korrelierten mit dem Körperfett und dem Fett am Rumpf während des Gewichtsverlusts. Hüftumfang korrelierte mit Rumpffett bei Männern und Frauen. Verglichen mit DEXA, unterschätzte BIA die Veränderungen des Körperfetts bei Männern signifikant um 8,8 kg und überschätzte es bei Frauen signifikant um 2,1 kg. Demnach eignen sich BMI, Körpergewicht und Hüftumfang besser als BIA, um Veränderungen des Gesamtkörperfetts und des Fetts am Rumpf während moderaten Gewichtsverlusts zu schätzen [ASLAM et. al., 2009].

Eine im Jahr 2005 publizierte Studie an 56 gesunden, übergewichtigen Personen (34 Frauen und 22 Männern) mit einem durchschnittlichen BMI von $33,3 \pm 2,9 \text{ kg/m}^2$, welche die Genauigkeit der Messung der Körperzusammensetzung von BOD POD und BIA mit DEXA verglich, kam zu einem anderen Ergebnis. Demnach unterschätzte die BIA das prozentuelle Körperfett ($42.4 \pm 5.8\%$) zwar vor der sechs Wochen andauernden Gewichtsabnahme im Vergleich zum BOD POD, wohingegen der BOD POD es überschätzte (Siri = $51.7 \pm 6.9\%$; Brozek = $48.5 \pm 6.5\%$). Aber die Korrelationskoeffizienten, um die Veränderung der Körperzusammensetzung zu detektieren, waren zwischen DEXA und den beiden anderen Methoden hoch. Die BOD POD Messungen korrelierte etwas stärker (Brozek: $r^2 = 0.63$, Siri: $r^2 = 0,65$) als die BIA Messungen (tetrapolar BIA: $r^2=0.57$; Tanita: $r^2 = 0.61$). Die Autoren schlossen demnach, dass alle Methoden sensitiv genug waren, um Veränderungen der Körperzusammensetzung während Gewichtsverlust detektieren zu können [FRISARD et.al., 2005].

Die NUGENOB (nutrient-gene interactions in human obesity) Studie, welche im Jahr 2011 erschienen ist, untersuchte ebenfalls die Genauigkeit der BIA im Gegensatz zur DEXA, um Veränderungen in der Körperzusammensetzung während moderatem Gewichtsverlusts an adipösen Personen zu zeigen. An den 131 adipösen Frauen im Alter zwischen 20-50 Jahren und mit einem durchschnittlichen BMI von 33.8 kg/m^2 wurde zu Beginn, sowie nach 10 Wochen Gewichtsreduktion Fettmasse und fettfreie Masse durch BIA und DEXA gemessen. Zu Beginn überschätzte die BIA die fettfreie Masse signifikant um 1-3 kg und unterschätzte die Fettmasse signifikant im Vergleich zu DEXA um $\pm 7 - 8.5 \text{ kg}$. Die Unterschiede in der Veränderung der Körperzusammensetzung waren zwar nicht signifikant, aber der Unterschied betrug $\pm 3.7 - 4.6 \text{ kg}$. Die Autoren schließen daher, dass BMI, Körpergewicht und Hüftumfang einfachere und genauere Schätzungen von relativen Veränderungen im Gesamt- und Stammfett während moderatem Gewichtsverlust bei Erwachsenen liefern als die BIA [VERDICH et.al, 2011].

Die Ergebnisse der Studien zur Bestimmung der Körperzusammensetzung bei Gewichtsverlust lassen sich wie folgt zusammenfassen: In einer Studie unterschätzte die BIA Veränderungen des Körperfetts bei Männern signifikant und überschätzte sie bei Frauen signifikant. In zwei der Studien unterschätzte die BIA die Fettmasse vor der Gewichtsabnahme. Der BOD POD überschätzte den Fettanteil in einer Studie. Die BOD POD Messungen korrelierten aber etwas stärker als die BIA Messungen um die Veränderung der Körperzusammensetzung zu detektieren.

Zudem darf der Einfluss der Ethnizität auf diese Zusammenhänge nicht außer Acht gelassen werden, soll hier jedoch nur eingeschränkt erwähnt bleiben. In einer im Jahr 2013 veröffentlichten Studie wurde dies anhand 80 südasiatischer Männer und Frauen (42,5% davon waren weiblich) mit einem durchschnittlichen Alter von $27,78 \pm 10,49$ Jahren und einem BMI von durchschnittlich $22,68 \pm 3,51 \text{ kg/m}^2$ untersucht. Analysiert wurde die Korrelation des Körperfetts zwischen der Messung mit BIA sowie der Messung mit BOD POD. Ebenfalls untersucht wurde die Korrelation des Körperfetts, welches durch einfache

anthropometrische Messungen bestimmt wurde, mit dem Körperfett gemessen durch BOD POD. Dabei korrelierte das Körperfett gemessen durch BIA mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,83 stark mit jenem des BOD PODs, wobei die BIA das Körperfett mit 4,3% unterschätzte. Die stärkste Korrelation der einfachen anthropometrischen Messungen mit dem BOD POD zeigte der „body adiposity index“ mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,74 und die geringste Korrelation mit dem BOD POD zeigte der Taillen-Hüft-Umfang mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,33. Deutlich war, dass die Korrelationen zwischen Ergebnissen des BOD PODs mit anderen Messungen des Körperfetts am stärksten bei Personen mit einem BMI von über 21kg/m² war [KALRA et. al., 2013].

2.6. Berechnung der Körperzusammensetzung

Regressionsgleichungen für indirekte Messverfahren werden erstellt, indem das indirekte Messverfahren, als auch eine Referenzmethode, welche die wahren Ergebnisse liefert, an einer ausreichend großen Studienpopulation angewendet werden. Diese Regressionsgleichungen lassen sich anhand unterschiedlicher statistischer Verfahren, wie z. B. der multiplen Regressionsanalyse entwickeln, die neben den Messwerten des indirekten Messverfahrens auch andere Parameter wie Alter und Geschlecht nützen, um die gewünschte Zielgröße zu berechnen. Angestrebt wird dabei, dass die Zielgröße, welche mit der neuen Gleichung berechnet wurde, bestmöglich der Zielgröße aus der verwendeten Referenzmethode gleicht. Mithilfe einer weiteren unabhängigen Studienpopulation wird die entwickelte Regressionsgleichung auf Allgemeingültigkeit geprüft. Mit der neu entwickelten Gleichung kann gearbeitet werden, wenn deren Ergebnisse mit jenen der Referenzmethode für die unabhängige Studienpopulation übereinstimmt [SUN et. al 2003; PETERSON et. al 2003].

2.6.1. Formeln für FFM und TBW an Adipösen

Der Ganzkörper-BIA Ansatz für die Schätzung von Adipositas und Körperfett basiert auf empirischen Beziehungen, die zahlreiche Forscher aufgestellt haben. Gleichungen zur Vorhersage basierend auf BIA wurden an Kindern, Jugendlichen, Erwachsenen und Älteren - bevorzugt in der weißen Bevölkerung und in geringem Ausmaß an Asiaten, Schwarzen und Native Americans – durchgeführt [HOUTKOOOPER et. al., 1996].

In zahlreichen Validierungsstudien wurden exzellente empirische Beziehungen zwischen TBW, FFM oder prozentuellem Körperfett und BIA-Messergebnissen gefunden. Der Resistance Index (Ht^2/R) sagte die Körperzusammensetzung dabei am besten vorher. Die Genauigkeit für die Vorhersage von TBW, FFM oder prozentuellem Körperfett wurde verbessert, wenn Körpergewicht, Alter und Geschlecht miteinbezogen wurden. Bei Verlaufsuntersuchungen konnten jedoch keine Veränderungen der fettfreien Masse unter 1-2kg dokumentiert werden [HOUTKOOOPER et. al., 1996]

Die Regressionskoeffizienten (b) für Wirkungsvariablen für TBW und FFM variierten innerhalb der Studien, was ein Hinweis darauf war, dass der spezifische elektrische Widerstand nicht konstant ist und sein Schätzer b stichprobenspezifisch ist. Diese Variabilität resultiert aus vier Quellen:

1. Stichprobenfehler aufgrund von Variationen in der Schätzung von Regressionskoeffizienten einer Stichprobe.
2. Messfehler
3. Limitierung in der Genauigkeit der criterion method (Messung der FFM und prozentualer FFM, hauptsächlich durch Densitometrie und Hydrometrie)
4. Unterschiede im spezifischen elektrischen Widerstand (ρ) verschiedener Quellen in verschiedenen Populationen [HOUTKOOOPER et. al., 1996].

Das durch BIA gemessene Gesamtkörperwasser wurde in der Studie von Kushner [KUSHNER et. al., 1986] direkt mit der Isotopen-Verdünnungsmethode verglichen. Dabei wurden geschlechts-spezifische Gleichungen durch multiple

Regressionsanalysen an 10 adipösen und 10 nicht-adipösen Frauen und Männern entwickelt. Anschließend wurden die Gleichungen an einer heterogenen Gruppe von sechs Männern und zwölf Frauen getestet. Die geschlechtsspezifischen Gleichungen sagten das TBW mit guten Korrelationskoeffizienten (Männer: $r=0,96$; Frauen: $r=0,93$) und geringem Standardfehler voraus. Obwohl befunden wurde, dass die Variablen Körpergewicht, -größe und Geschlecht signifikante unabhängige Prädiktoren des TBW sind, verbesserte das Hinzufügen dieser den Korrelationskoeffizienten oder den Standardfehler nicht:

$$\text{TBW Frauen: } 0,382 \text{ Ht}^2/\text{R} + 0,105 \text{ Wt} + 8,315 \quad \text{R} = 0,988 \text{ SEE} = 1.658$$

$$\text{TBW Männer: } 0,396 \text{ Ht}^2/\text{R} + 0,143 \text{ Wt} + 8,399 \quad \text{R}^2 = 0,975 \text{ SEE} = 0,884$$

Dabei war die unabhängige Variable ht^2/R der signifikanteste unabhängige Prädiktor für TBW, gemessen durch die Referenzmethode. Hätten Körpergewicht und -größe größeres statistisches Gewicht als der Resistance Term, wäre BIA als Prädiktor für die Körperzusammensetzung bei Personengruppen wie Athleten, schwer unter- oder übergewichtigen Patienten ungeeignet. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Studie nur aus einer kleinen Probandenzahl besteht. Segal et. al [SEGAL et.al., 1988] führte eine Studie durch, um die BIA Methode zu kreuzvalidieren, indem der Zusammenhang zwischen BIA und densitometrisch bestimmter FFM an einer großen Probandenzahl, welche im Alter und Körperfettanteil stark variieren, untersucht wurde. Die fettfreie Körpermasse wurde dabei an 1567 Personen zwischen 17-62 Jahren mit 3-56% Körperfett gemessen. Es wurden dabei jeweils dieselben Prädiktorvariablen verwendet, welche sich durch schrittweise Regressionsverfahren ergaben: R, ht^2 , wt, Alter und Geschlecht. Für den Zweck der Kreuzvalidierung wurden die Probanden in zwei Gruppen geteilt und diese wiederum in Normalgewichtige und Adipöse (Frauen < 30% Körperfett, Männer <20%). Die Verwendung dieser fettmasse-spezifischen Gleichungen verbesserte die Genauigkeit für die Vorhersage der fettfreien Körpermasse: Die Korrelationskoeffizienten stiegen und reichten dabei von 0,907-0,952 und der Standardfehler sank auf 1,97-3,03. Es konnte gezeigt werden, dass sich die

fettfreie Masse von Adipösen, welche durch Anwendung der Gleichung für Normalgewichtige vorhergesagt wurde, signifikant von der densitometrisch bestimmten fettfreien Masse unterschied und umgekehrt. Bei Anwendung von nicht-fettmasse-spezifischen Gleichungen an Adipösen wurde die FFM signifikant überschätzt. Als möglicher Grund wurde erhöhtes Extrazellulärwasser angegeben, welches mit dem Wassergehalt des Fettgewebes zusammenhängt. Doch dieser Effekt betrifft auch die Validität der Referenzmethode, der Hydrodensitometrie: Erhöhte Hydratation beeinträchtigt zwar nicht Unterwasserwiegung, jedoch die Wägung am Land. Die Hydrodensitometrie ist somit nicht fehlerfrei und hat eine maximale Genauigkeit von 2,5% Körperfett. Diese Ergebnisse bestätigten, dass die Genauigkeit für die Vorhersage der FFM durch geschlechts- und fettmasse-spezifische Gleichungen verbessert werden kann.

- Männer (Fettanteil $\geq 20\%$):

$$\text{FFM} = 0,0008858 \times (\text{ht}^2) - 0,02999 \times \text{R} + 0,42688 \times \text{KG} - 0,07002 \times \text{Alter} + 14,52435$$

- Frauen (Fettanteil $\geq 30\%$):

$$\text{FFM} = 0,00091186 \times (\text{ht}^2) - 0,01466 \times \text{R} + 0,2999 \times \text{KG} - 0,07012 \times \text{Alter} + 9,37938$$

wobei: FFM: fat free mass, TBW: total body water, ht: Körpergröße (cm), R: Resistance(Ohm) bei 50 kHz, KG: Körpergewicht (kg)

Die praktische Anwendung der fettmasse-spezifischen Gleichung ist jedoch auch kritisch zu betrachten, da man bereits vorher Kenntnisse des Körperfettgehalts haben müsste. Bei offensichtlich adipösen oder schlanken Personen ist die Anwendung der Gleichung klar. Schwierig wird jedoch die Kategorisierung bei Personen, die weder dick noch schlank sind. Hier sollte Anthropometrie als Screening-Methode verwendet werden [SEGAL et. al.,

1988]. In der vorliegenden Arbeit werden das Gesamtkörperwasser nach der Kushner-Formel und die fettfreie Masse nach der Segal-Formel bestimmt.

Eine Querschnittsstudie an 159 kaukasischen, morbid adipösen Personen, davon 78% Frauen und einem durchschnittlichen Alter von $43,5 \pm 11,8$ Jahren mit einem BMI von $45,6 \pm 4,9 \text{ kg/m}^2$ wurde durchgeführt, um mit Hilfe von physikalischen Parametern und BIA Parametern Gleichungen für die Berechnung von fettfreier Masse und Fettmasse von morbid Adipösen zu generieren. Die ersten 110 Probanden wurden der „modell buildig cohort“ (Gruppe 1) zugeteilt und die restlichen 49 kamen in die „model validation cohort“ (Gruppe 2). DEXA galt als Referenzmethode. Um eine neue prädiktive Gleichung zu entwickeln, wurde basierend auf Gruppe 1 schrittweise eine multivariate lineare Regressionsanalyse durchgeführt. Zu diesem Zweck wurden Geschlecht, Alter, Körpergewicht, ht^2/R und Hüft- oder Taillenumfang als unabhängige Prädiktoren von FM oder FFM, welche durch DEXA gemessen wurden, angesehen. Die Gleichungen, die von Gruppe 1 erhalten wurden, wurden in Gruppe 2 getestet und es wurde keine Senkung der Vorhersage beobachtet. Die prädiktive Gleichung, welche durch stufenweise multivariate lineare Regressionen hervorging lautet:

$$\text{BIA-FFM (kg)} = 18.240 - [4.395 * \text{gender (male = 1, female = 2)}] + [0.137 * \text{weight (kg)}] + [5,865.274 * \text{height}^2 / \text{impedance (m}^2 / \text{ohms)}].$$

Die Variablen des Modells (Geschlecht, Körpergewicht, ht^2/R) erklärten zu 89,4% die Varianz zur FFM gemessen mittels DEXA, die ht^2/R zu 86,3%. Weder Alter noch Hüftumfang waren signifikante Prädiktoren für die FFM gemessen durch DEXA. Bei Anwendung der neuen Gleichung an Gruppe 2 betrug der Korrelationskoeffizient 0,893. Mit der neuen Gleichung war der Unterschied zwischen der DEXA-FFM und BIA-FFM nicht signifikant und betrug 0,180 kg. Die Autoren schließen daraus, dass die neuen Gleichungen, welche von den physikalischen Parametern und BIA-Parametern abgeleitet wurden, genaue Schätzungen von Körperzusammensetzung morbid Adipöser liefern [JIMENEZ et.al., 2012].

3. Material und Methoden

3.1. Kollektivbeschreibung

Das in dieser Arbeit charakterisierte Patientenkollektiv setzt sich aus insgesamt 93 übergewichtigen Personen zusammen, die im Rahmen einer Interventionsstudie im Zeitraum von 1. Juni 2010 bis 10. April 2013 im Psychosomatischen Zentrum Eggenburg behandelt wurden. Zielsetzung dieser Interventionsstudie mit einem Prä-Post Design war, die Vorteile eines Adipositas-Therapie-Programms (Schwereelos-Programm) Eggenburg gegenüber einer Wartelistenkontrollgruppe zu untersuchen. Dazu wurden die unten stehenden Parameter zu Beginn und am Ende der stationären Phase, sowie an zwei Nachbetreuungsterminen im Abstand von drei Monaten und in einem Follow-up nach einem Jahr bestimmt.

Daraus ergeben sich fünf unterschiedliche Erhebungszeitpunkte: t1 markiert den Beginn des stationären Aufenthalts und t2 das Ende des durchschnittlich 83 Tage lang andauernden stationären Aufenthalts. Die Erhebungszeitpunkte t3, t4 und t5 stellen die 1-Tages-Nachbetreuung im 3-Monats-Rhythmus dar. Die Kontrollgruppe wurde zu den Erhebungszeitpunkten t1 und t2 in einem Abstand von 3 Monaten untersucht, ein Zeitraum, der dem stationären Aufenthalt der Interventionsgruppe entspricht.

Die folgenden Daten über Einschluss- und Ausschlusskriterien sowie Messparameter- und verfahren stammen aus der Dissertation von Sandra Gnauer [2014].

Einschlusskriterien Interventionsgruppe:

- BMI \geq 30 kg/m²
- Psychische Komorbiditäten (Klassifikation nach ICD-10 Kriterien) Achse I und II (Cluster B,C)
- ausreichende Mobilität zur Teilnahme am Bewegungsprogramm
- Bereitschaft zur Teilnahme am Schwereelosprogramm mit allen Bestandteilen

- Therapiedauer von 12 Wochen (mindestens 8 Wochen)
- ausreichendes Sprachverständnis

Einschlusskriterien Kontrollgruppe:

- BMI ≥ 30 kg/m²
- Psychische Komorbiditäten (Klassifikation nach ICD-10 Kriterien) Achse I und II (Cluster B,C)
- ausreichende Mobilität
- ausreichendes Sprachverständnis
- keine Schwerelos-Interventionen bzw. andere Abnehm-Programme!
- Bereitschaft zu einem Kontrolltermin in 3 Monaten

Ausschlusskriterien:

- F1 Psychische Verhaltensstörungen durch psychotrope Substanzen
- F2 Schizophrenie, schizotype, wahnhafte Störungen (Ausnahme: remittiert)
- F3 Affektive Störungen, wenn psychotische Symptome (Ausnahme: remittiert)
- F50.2, F50.3 Bulimia nervosa
- F50.5 Erbrechen bei anderen psychischen Störungen
- DSM-IV: Cluster-A-Persönlichkeitsstörungen: F60.0 Paranoide Persönlichkeitsstörung, F60.1 Schizoide Persönlichkeitsstörung
- DSM-IV: Cluster-B - Persönlichkeitsstörungen (Antisoziale Persönlichkeitsstörung: F60.2 Dissoziale Persönlichkeitsstörung:
- F61.0 kombinierte Persönlichkeitsstörung mit paranoiden, schizoiden oder dissozialen Anteilen
- F71, F72 mittelgradige und schwere Intelligenzminderung
- Zustand nach MCI, schwergradige Herzinsuffizienz (NYHA III/IV), therapier-efraktäre Herzrhythmusstörungen
- Diabetes Mellitus Typ I, Niereninsuffizienz

- Schwergradige COPD oder Asthma bronchiale
- Tumorerkrankungen
- Schwergradige hormonelle Störungen
- Regelmäßige höher dosierte Medikation mit Einfluss auf Appetitsteigerung, Gewichtszunahme bzw. -abnahme (Corticosteroide, SHD- Hormone, Diuretika), die innerhalb der letzten 3 Monate eingenommen wurden
- gleichzeitige Teilnahme an einer anderen Studie
- Schwangerschaft oder Laktation (veränderter Hormonstatus)
- wenn zu t1 Einschlusskriterien nicht erfüllt werden

Die medikamentöse Therapie (insbesondere mit gewichtsmodifizierten Effekt) wurde über die letzten drei Monate erhoben und während der stationären Phase kontrolliert.

Diese Einschlusskriterien erfüllten 79 Personen der Interventionsgruppe zu 100%. 30 Personen stellten die Kontrollgruppe dar, die jedoch in der folgenden Analyse nicht weiter berücksichtigt wird. Für die vorliegende Analyse wurden die gemessenen Parameter der 93 Personen in der Interventionsgruppe herangezogen.

3.2. Messparameter und -verfahren

Tabelle 4: Messparameter- und verfahren

Parameter	Verfahren
Anthropometrische Parameter: - Körpergewicht, Körpergröße -> BMI, BU - Körperzusammensetzung - Grundumsatz/Leistungsumsatz	Waage, Massband, BMI, BIA, Bod Pod, Fitmate, SenseWear
Serumchemische Parameter: Blutfette, HbA1c, CRP, ...	Serumchemie
Somatische Begleiterkrankungen (Metabolisches Syndrom, Diabetes, KHK, Schmerzsyndrome)	Klinische und apparative Diagnostik
Ernährungsspezifische Parameter: - Ernährungsverhalten - Lebensmittelauswahl - Energieaufnahme	FEV, SOD (modifiziert), AD-EVA SOD, DISHES Recall (SOD), DISHES
Bewegungsspezifische Parameter: - Bewegungsverhalten - Leistungsfähigkeit - Energieverbrauch	Schlank ohne Diät Fragebogen -SOD (modifiziert), IPAQ, Walk / Step Test, Protokoll (SOD), SenseWear
Psychische Symptombelastung:	SCL-90-R, SF-36, IIP-D
Psychische/psychosomatische Begleiterkrankungen	SKID II
psychologische Parameter „Verhalten“	STAXI, TAS-26 KIMS, FFA, ERI Ferus, Interview

4. Ergebnisse und Diskussion

Der erste Teil der Auswertung beinhaltet für jeden Unterpunkt eine deskriptive Statistik, um einen Gesamtüberblick der analysierten Daten zu liefern und Vergleiche der Subgruppen anzustellen. Anschließend werden jeweils zwei Korrelationen zur Beantwortung der zwei Hypothesen berechnet.

4.1. Ergebnisse der BMI-, BIA- und BOD POD Messungen der Gesamtstichprobe

Die Verteilung von Alter, sowie die Werte für den BMI bei der Aufnahme und Entlassung ergeben sich wie folgt.

Tabelle 5: Alters- und BMI-Verteilung

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard- abweichung
Alter (Jahre)	93	18,0	67,0	41,7	13,33
BMI (kg/m²) Aufnahme	93	30,0	85,7	46,8	10,56
BMI (kg/m²) Entlassung	93	28,8	81,8	44,3	10,16

Anhand der Differenz zwischen den mittleren Werten des BMIs bei der Aufnahme und bei der Entlassung ist deutlich zu sehen, dass der BMI im Laufe der Behandlung um durchschnittlich 2,5 kg/m² abgenommen hat.

Tabelle 6: Geschlechterverteilung

Geschlecht	Häufigkeit	Prozent
männlich	20	21,5
weiblich	73	78,5
Gesamt	93	100

Die hier untersuchte Gesamtstichprobe setzt sich aus einer heterogenen Gruppe von insgesamt 93 Probanden zusammen, davon 20 Männer und 73 Frauen. Die BOD POD Messung wurde zu drei verschiedenen Zeitpunkten durchgeführt und die BIA Messung zu fünf verschiedenen Zeitpunkten. Zum Zweck einer größeren Datenanzahl und zur besseren Vergleichbarkeit wurden die Werte von drei Messzeitpunkten (t1, t2, t5) als eigenständige Werte betrachtet.

Insgesamt gab es von den 93 Personen bei 47 Personen zu keinem Zeitpunkt eine gültige BOD POD Messung, bei 8 Personen lagen Messungen zu einem Zeitpunkt vor, bei 32 Personen lagen Messungen zu zwei Zeitpunkten vor und bei 6 Personen lagen Messungen zu allen drei Zeitpunkten vor.

Zum Zeitpunkt t1 (Beginn des stationären Aufenthalts) gab es 46 gültige BOD POD Messungen, 47 waren ungültig. Zum Zeitpunkt t2 (Ende des stationären Aufenthalts) gab es 38 gültige BOD POD Messungen, 55 waren ungültig. Zum Zeitpunkt t5 (1-Tages-Nachbetreuung nach 9 Monaten) gab es nur 6 gültige BOD POD Messungen, 87 waren ungültig. Daraus ergeben sich insgesamt 90 gültige und 189 ungültige BOD POD Messungen von den insgesamt 279 Messungen.

Bei der BIA Messung gab es von den drei Zeitpunkten t1, t2, t5 lediglich Ausfälle zum Zeitpunkt t5: Hier waren 37 Messungen gültig und 56 ungültig.

Um einen Vergleich zwischen den Messergebnissen für die Fettmasse und fettfreie Masse durch BOD POD und BIA herzustellen, ist es jedoch erforderlich,

dass sowohl BIA- als auch BOD POD Messungen einer Person zum selben Zeitpunkt vorliegen. Da es keinen Fall gab, bei dem zwar eine gültige BOD POD-Messung vorlag, aber keine gültige BIA Messung, ergeben sich für die vorliegende statistische Auswertung entsprechend den gültigen 90 BOD POD Messungen 90 gültige Messwerte.

Für die statistische Analyse muss berücksichtigt werden, dass insgesamt von 6 Personen jeweils drei Messwerte vorliegen – das heißt ein und dieselbe Person liefert 3 eigenständige Messwerte - nur zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Bei 32 Personen liefert jeder jeweils zwei Messwerte zu unterschiedlichen Zeitpunkten.

Die statistischen Größen Mittelwert, Standardabweichung, Minimum und Maximum zur Beschreibung der Ergebnisse der BIA sowie der BOD-POD Messung der gültigen 90 gemessenen Werte sind in Tabelle 7 zusammengefasst.

Tabelle 7: Charakteristika der durchschnittlichen Messwerte der Messzeitpunkte t1, t2, t5

Deskriptive Statistik					
	N	Mini- mum	Maxi- mum	Mittelwert	Standardab- weichung
Alter (Jahre)	90	18	67	40,84	13,139
BMI (kg/m²)	90	29	54	41,35	5,809
FM (kg) durch BIA	90	28	83	52,24	12,102
FM (kg) durch BOD POD	90	30	85	56,33	13,130
FM (%) durch BIA	90	23	56	43,42	7,047
FM (%) durch BOD POD	90	27	58	47,05	7,252
FFM (kg) durch BIA	90	49	104	68,26	13,872
FFM (kg) durch BOD POD	90	44	94	62,99	12,146
TBW (L) durch BIA	90	36	76	49,96	10,158

Der Mittelwert der Fettmasse in kg geschätzt durch BIA ist mit 52,24 kg geringer als der des BOD PODs mit 56,33 kg. Das Gleiche gilt dementsprechend für die Fettmasse in Prozent – 43,42% laut BIA und 47,05% laut BOD POD. Das heißt, durch BIA wird die Fettmasse unterschätzt. Dies wird durch Abbildung 1 veranschaulicht.

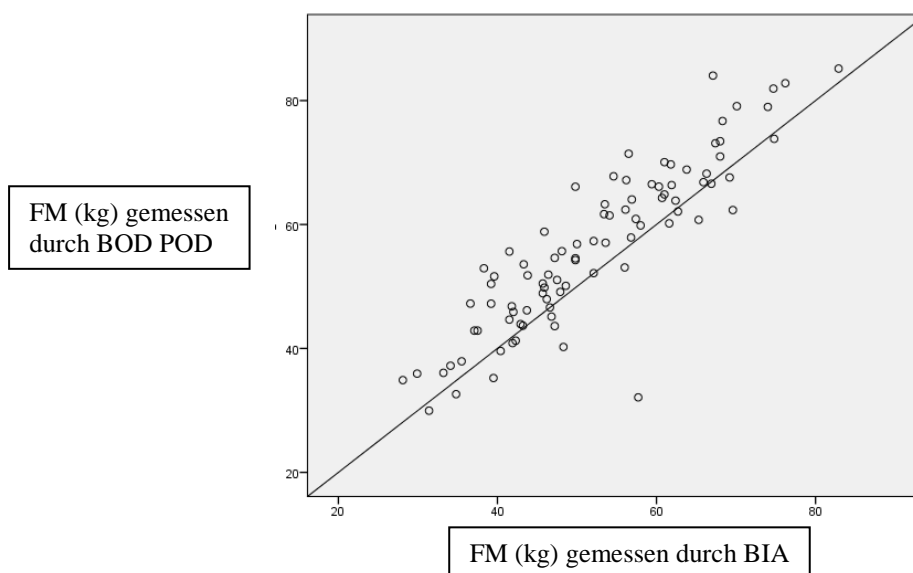


Abbildung 1: Korrelation zwischen FM gemessen durch BIA und BOD POD

Um Zusammenhänge zu finden, welchen Einfluss Geschlecht, Alter und BMI auf die Unterschätzung der Fettmasse durch BIA haben, werden die vorliegenden Daten getrennt nach Geschlecht, Alterskategorien, sowie BMI-Kategorien analysiert.

4.1.1. Fettmasse in Abhängigkeit vom Geschlecht

Zunächst erfolgt eine Einteilung nach dem Geschlecht, wobei zwei Gruppen gebildet werden, die in Bezug auf Alter sowie der BMI-, BOD POD- und BIA-Ergebnisse verglichen werden. Die Daten finden sich in Tabelle 8.

Tabelle 8: Vergleich von Mittelwerten (MW), Standardabweichungen (SD) und Konfidenzintervallen (KI) von Alter, BMI, FM, FFM, TBW nach Geschlecht

	Gesamt MW ± SD	KI	Frauen MW ± SD	KI	Männer MW ± SD	KI
Alter (Jahre)	40,84 ± 13,14	38,09 - 43,60	42,22 ± 13,01	38,99- 45,44	37,28 ± 13,06	31,89- 42,67
BMI (kg/m²)	41,35 ± 5,81	40,13 - 42,57	41,4 ± 6,33	39,47- 43,00	41,23 ± 4,27	39,83- 43,00
FM durch BIA (kg)	52,24 ± 12,10	49,71 - 54,78	53,94 ± 12,42	50,86- 57,02	47,83 ± 10,19	43,63- 52,04
FM durch BP (kg)	56,33 ± 13,13	53,58 - 59,08	56,55 ± 13,64	53,17- 59,93	55,75 ± 11,96	50,81- 60,68
FM (%) durch BIA	43,42 ± 7,05	41,95 - 44,90	46,58 ± 4,72	45,41- 47,75	35,20 ± 5,21	33,05- 37,35
FM (%) durch BP	47,05 ± 7,25	45,53 - 48,57	49,14 ± 6,47	47,53- 50,74	41,61 ± 6,38	38,98- 44,25
FFM durch BIA (kg)	68,26 ± 13,87	65,35 - 71,16	60,98 ± 6,54	59,35- 62,60	87,19 ± 9,09	83,44- 90,94
FFM durch BOD POD (kg)	62,99 ± 12,15	60,45 - 65,54	57,44 ± 8,04	55,45- 59,43	77,43 ± 8,59	73,88- 80,98
TBW durch BIA (L)	49,96 ± 10,16	47,83 - 52,09	44,63 ± 4,79	43,44- 45,82	63,82 ± 6,66	61,08- 66,57

FM = Fettmasse, FFM = fettfreie Masse, TBW = Total body water

Aus der deskriptiven Analyse ist ersichtlich, dass die Männer in der Gesamtstichprobe mit durchschnittlich 37 Jahren jünger sind als die Gruppe der Frauen mit rund 42 Jahren.

Der BMI ist in dieser Stichprobe bei Frauen mit durchschnittlich $41,40 \text{ kg/m}^2$ annähernd gleich hoch wie bei Männern mit $41,23 \text{ kg/m}^2$. Anhand der Standardabweichung ist jedoch ersichtlich, dass die Streuung bei Frauen größer ist als bei Männern.

Der durchschnittliche Wert der Fettmasse in Kilogramm geschätzt durch den BOD POD beträgt bei beiden Geschlechtern rund 56 kg. Der geschätzte Wert der Fettmasse durch BIA beträgt bei Frauen 53,94 kg und bei Männern rund 47,83 kg. Laut BIA haben Frauen im Schnitt einen höheren Fettanteil. Anhand der Standardabweichungen ist ersichtlich, dass die Werte für die Fettmasse sehr stark streuen. Bei Frauen stärker, als bei Männern. Dies gilt gleichermaßen für den Fettanteil sowohl für BIA- als auch BOD POD Werte. Anhand der Konfidenzintervalle, welche sich nicht schneiden, ist ersichtlich, dass die Unterschiede zwischen Männern und Frauen im Fettanteil signifikant sind. Die durchschnittlichen Werte für die fettfreie Masse sind bei Männern höher. Dieser Umstand zeigt sich auch an der Tatsache, dass Männer im Schnitt einen höheren Wert für Körperwasser in Litern haben.

Weiters ist erkennbar, dass sich die Unterschätzung der durchschnittlichen Werte für die Fettmasse durch BIA in beiden Geschlechtern findet, wobei die Unterschätzung bei Männern stärker ist, was sich mit den Literaturergebnissen deckt [vgl. SUN et.al., 2005; vgl. EISENKLÖBL et.al., 2001; vgl. HORIE et.al., 2008]. Der Unterschied der durchschnittlichen Fettmasse in Kilogramm zwischen Messungen mit BIA und BOD POD beträgt bei Männern 7,92 kg und bei Frauen nur 2,61 kg. Dieser Sachverhalt wird durch die Streudiagramme (Abb. 2) bestätigt. Es ist jedoch zu beachten, dass in der vorliegenden Stichprobe viel weniger Messwerte für Männer vorliegen als für Frauen (25 Messwerte für Männer, im Gegensatz zu 65 bei Frauen). Somit ergeben sich ungenauere Schätzungen, was in einer höheren Varianz resultiert.

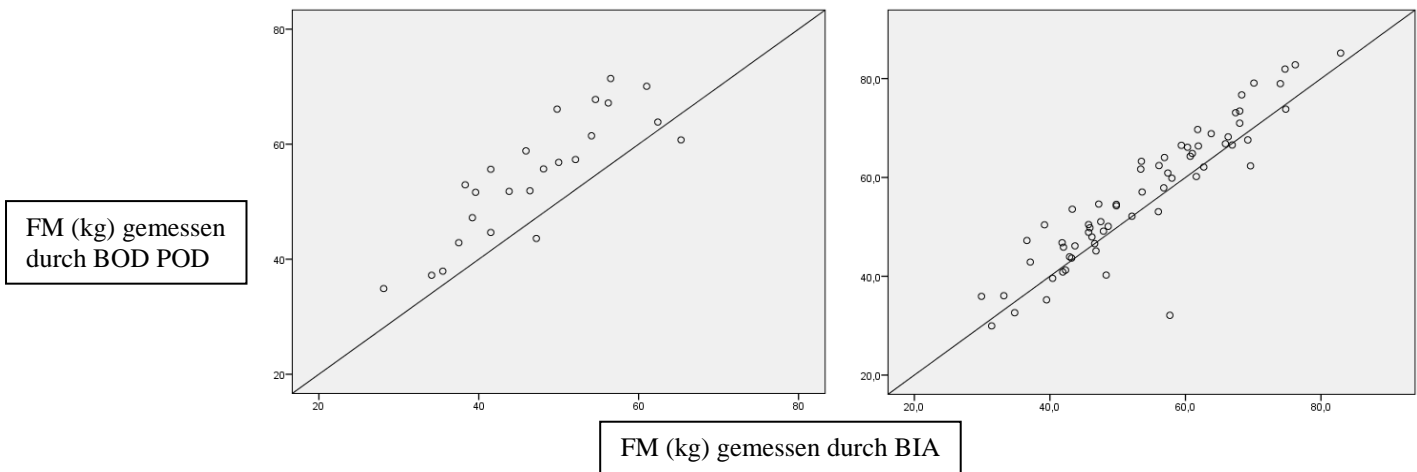


Abbildung 2: FM gemessen durch BIA und BOD POD getrennt dargestellt nach Geschlecht (Männer links, Frauen rechts)

Um zu untersuchen, ob sich hier die Hypothese, je höher die Fettmasse, desto höher das Gesamtkörperwasser und somit die fettfreie Masse, bestätigen lässt, werden nun die Korrelationen zwischen der Fettmasse und dem Gesamtkörperwasser (bzw. der fettfreien Masse, welche sich bei BIA aus dem Gesamtkörperwasser errechnet) getrennt nach Geschlechtern berechnet.

Tabelle 9: Korrelation Fettmasse (FM) und Gesamtkörperwasser (TBW) getrennt dargestellt nach Geschlecht

		Männer		Frauen	
		TBW (L)	FM (kg)	TBW (L)	FM (kg)
TBW (L)	Korrelation nach Pearson	1	0,085	1	,660**
	Signifikanz (2-seitig)		0,686		0
	N	25	25	65	65
FM (kg)	Korrelation nach Pearson	0,085	1	,660**	1
	Signifikanz (2-seitig)	0,686		0	
	N	25	25	65	65

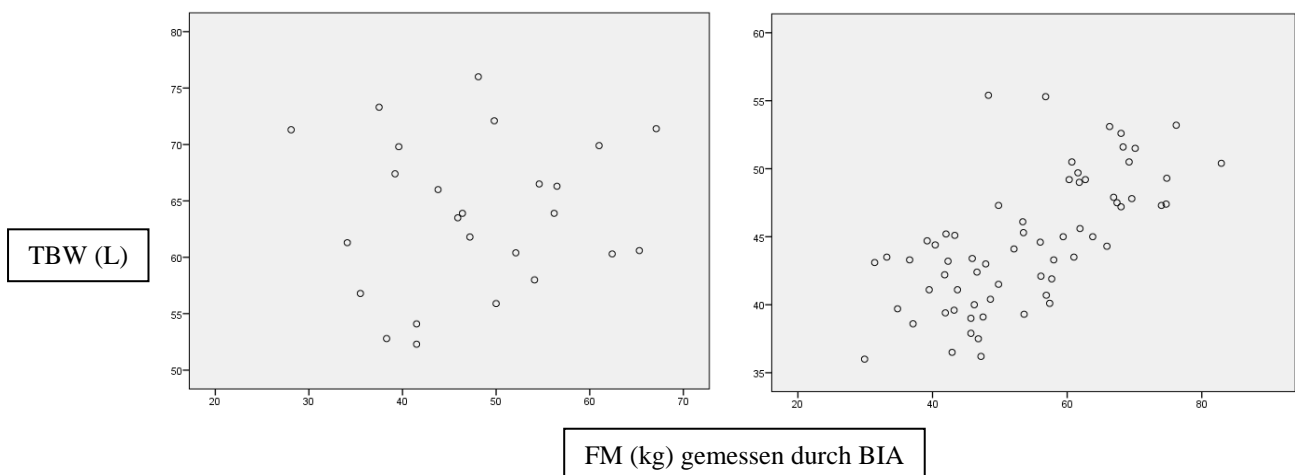


Abbildung 3: Scatterplot TBW und FM getrennt dargestellt nach Geschlecht (Männer links, Frauen rechts)

Bei Männern ist die Korrelation zwischen Fettmasse und Gesamtkörperwasser auf dem Niveau von 0,01 nicht signifikant. Der niedrige Korrelationskoeffizient von 0,085 lässt erahnen, dass es sich um keinen linearen Zusammenhang handelt. Am Scatterplot ist ebenfalls kein linearer oder andersartiger Zusammenhang erkennbar.

Bei Frauen liegt ein positiver Zusammenhang zwischen der Fettmasse und Gesamtkörperwasser vor, mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,660. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 signifikant. Am Scatterplot lässt sich ein Zusammenhang in Richtung linear erkennen.

Um die Hypothese, je höher der BMI, desto stärker die Unterschätzung der Fettmasse, zu prüfen, werden die Korrelationen zwischen dem BMI und der Unterschätzung der Fettmasse durch BIA getrennt nach Geschlechtern berechnet. Dabei wurde als Maß für die Unterschätzung als neue Variable die Differenz zwischen Fettmasse geschätzt durch BOD POD und BIA herangezogen.

Tabelle 10: Korrelation zwischen BMI und Unterschätzung der Fettmasse getrennt dargestellt nach Geschlecht

		Männer		Frauen	
		BMI (kg/m ²)	Unter-schätzung der FM (kg)	BMI (kg/m ²)	Unter-schätzung der FM (kg)
BMI (kg/m²)	Korrelation nach Pearson	1	,430*	1	,126
	Signifikanz (2-seitig)		,032		,318
	N	25	25	65	65
Unter-schätzung der FM (kg)	Korrelation nach Pearson	,430*	1	,126	1
	Signifikanz (2-seitig)	032		,318	
	N	25	25	65	65

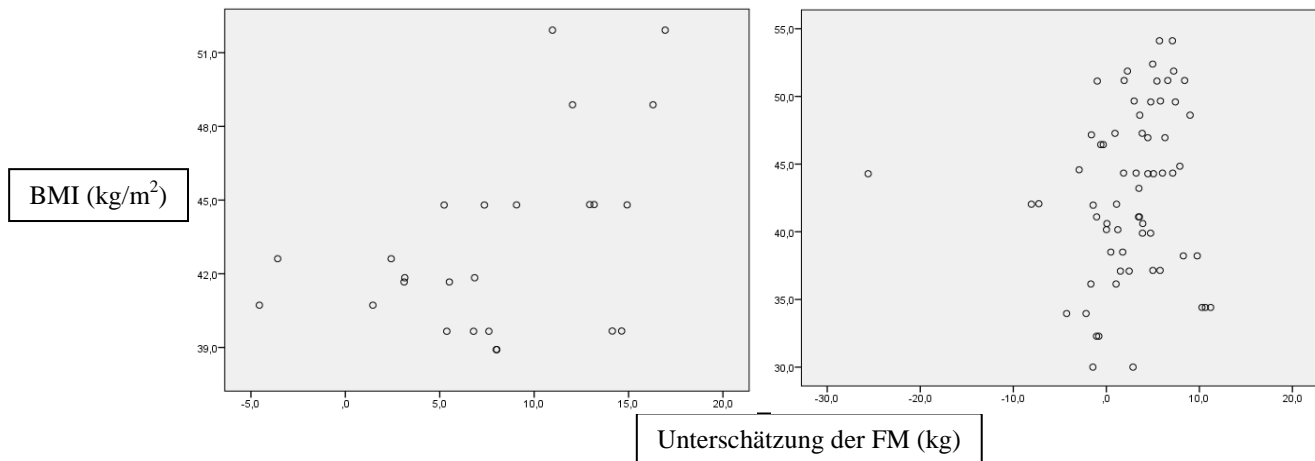


Abbildung 4: Scatterplot BMI und Unterschätzung der FM durch BIA getrennt dargestellt nach Geschlecht (Männer links, Frauen rechts)

Bei Männern herrscht eine signifikante Korrelation zwischen dem BMI und der Unterschätzung der Fettmasse ($[FM \text{ durch BOD POD}] - [FM \text{ durch BIA}]$) durch BIA auf dem Niveau von 0,05. Es liegt ein starker positiver Zusammenhang vor mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,430. Am Scatterplot ist jedoch kein linearer oder andersartiger Zusammenhang erkennbar.

Bei Frauen herrscht keine signifikante Korrelation zwischen dem BMI und der Unterschätzung der Fettmasse durch BIA. Es herrscht ein leicht positiver Zusammenhang mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,126. Am Scatterplot ist ein Zusammenhang ähnlich einer Geraden parallel zur Y-Achse erkennbar. Man könnte daraus ableiten, dass bei Frauen bei steigendem BMI die Unterschätzung annähernd gleich bleibt.

4.1.2. Zusammenfassung Abhängigkeit vom Geschlecht

Aus den vorliegenden Daten lassen sich folgende Zusammenhänge ableiten:

Es zeigte sich, dass bei Männern weniger und Frauen mehr, die Hypothese, je höher die Fettmasse, desto höher das Gesamtkörperwasser und somit die fettfreie Masse, verifiziert werden kann, da in beiden Fällen ein positiver Zusammenhang zwischen den Variablen FM und TBW herrschte. Der Zusammenhang ist bei Frauen eindeutiger. Die Hypothese, je höher der BMI, desto höher die

Unterschätzung der Fettmasse konnte für beide Geschlechter nicht verifiziert werden. Bei Frauen scheint eher der Zusammenhang möglich, dass mit steigendem BMI die Unterschätzung gleich bleibt.

Vergleicht man die durchschnittlichen Werte für die Körperzusammensetzung zwischen Männern und Frauen, so ergibt sich folgendes Bild: Die durchschnittlichen Werte für die Fettmasse sind in dieser Stichprobe Schwer-Adipöser bei Frauen höher als bei Männern. Frauen und Männer haben annähernd gleichen durchschnittlichen BMI. Die durchschnittliche fettfreie Masse ist bei Männern höher als bei Frauen, Gleiches gilt für das Gesamtkörperwasser. Die Unterschätzung der Fettmasse durch BIA ist bei Männern höher, trotz niedrigerer durchschnittlicher Fettmasse. Der Zusammenhang zwischen BMI und Unterschätzung lässt sich hier nicht eindeutig festmachen, da der BMI bei Frauen nur sehr geringfügig höher ist. Er würde daher mit der zweiten Hypothese nicht übereinstimmen, wonach ein höherer BMI eine stärkere Unterschätzung bedingt, da Frauen zwar einen durchschnittlich höheren BMI haben, jedoch die Unterschätzung im Mittel bei Männern höher ist. Nicht übereinstimmend mit der Hypothese, dass mit höherer Fettmasse das Gesamtkörperwasser steigt, ist die Tatsache, dass Männer, welche eine durchschnittlich geringere Fettmasse als Frauen haben, einen höheren durchschnittlichen Gesamtkörperwasseranteil haben.

Gründe für diese Abweichungen könnten die geschlechtsspezifische Körperzusammensetzung sein, wonach Frauen generell eine höhere Fettmasse aufweisen als Männer. Ein weiterer Grund könnten die geringen Messwerte für Männer sein, als auch die starke Streuung der Werte für die Fettmasse.

4.1.3. Körperfettmasse in Abhängigkeit vom Alter

Da die Personen in der Gesamtstichprobe zwischen 18-67 Jahre alt sind, wurde die standardisierte Einteilung der Altersklassen: 18-24, 25-50 und 51-64 Jahre, anlehnend an den Österreichischen Ernährungsbericht 2012 [Elmadfa et.al, 2012] für die vorliegende Arbeit modifiziert auf die Altersklassen 18-24 = Kategorie 1, 25-50 = Kategorie 2 und 51-67 = Kategorie 3.

Tabelle 11: Vergleich von Mittelwerten (MW), Standardabweichungen (SD) und Konfidenzintervallen (KI) von BMI, FM, FFM, TBW nach Alterskategorien (ALTKAT)

	MW ALTKAT 1 ± SD	KI	MW ALTKAT 2 ± SD	KI	MW ALTKAT 3 ± SD	KI
BMI (kg/m²)	40,18 ± 4,62	37,62 - 42,74	42,83 ± 5,95	41,17- 44,48	38,78 ± 5,23	36,50 - 41,07
FM (kg) durch BIA	51,49 ± 13,74	43,88 - 59,10	54,68 ± 12,03	51,33 - 58,02	47,24 ± 9,82	43,00 - 51,49
FM (kg) durch BP	55,39 ± 13,79	47,75 - 63,02	58,42 ± 13,85	54,56 - 62,28	52,22 ± 10,15	47,83 - 56,61
FM (%) durch BIA	43,27 ± 7,49	39,13 - 47,42	43,99 ± 7,25	41,97 - 46,01	42,24 ± 6,42	39,46 - 45,01
FM (%) durch BP	47,11 ± 7,25	43,10 - 51,13	47,23 ± 7,92	45,02 - 49,43	46,60 ± 5,81	44,08 - 49,11
FFM (kg) durch BIA	66,51 ± 9,80	61,09 - 71,94	70,02 ± 14,56	65,96 - 74,07	65,41 ± 14,42	59,18 - 71,65
FFM (kg) durch BP	61,32 ± 8,86	56,42 - 66,23	64,86 ± 12,95	61,25 - 68,46	59,88 ± 11,74	54,80 - 64,95
TBW (L) durch BIA	48,67 ± 7,16	44,71 - 52,64	51,25 ± 10,66	48,28 - 54,22	47,89 ± 10,57	43,32 - 52,46

Der mittlere BMI sowie die mittlere Fettmasse ist in der Altersgruppe der 25-50-Jährigen, also der Alterskategorie 2 (ALTKAT 2) am höchsten und in der Altersgruppe der 51-67-Jährigen, also ALTKAT 3, am niedrigsten. Die Alterskategorien 2 und 3 unterscheiden sich bezüglich des BMI signifikant voneinander. Die Streuung der Fettmasse ist in Alterskategorie 1 durch Schätzung der BIA und in Alterskategorie 2 durch Schätzung des BOD PODs am höchsten. Der durchschnittliche Wert für die fettfreie Masse ist bei den 51-67-Jährigen geringfügig niedriger, als bei den Jüngeren. Die höchste Streuung liegt in Alterskategorie 2 vor. Der Mittelwert der fettfreien Masse, sowie das Gesamtkörperwasser sind in

der Gruppe mit dem höchsten Fettanteil, also der 25-50-Jährigen (ALKAT 2), am höchsten. Am größten ist hierbei die Unterschätzung der Fettmasse durch BIA bei den 51-67-Jährigen mit rund 5 kg Unterschied zwischen der Fettmasse gemessen durch BOD POD und BIA. Am geringsten ist der Unterschied bei den 25-50-Jährigen mit 3,7 kg. Dies wird durch die Streudiagramme (Abb. 5-7) veranschaulicht.

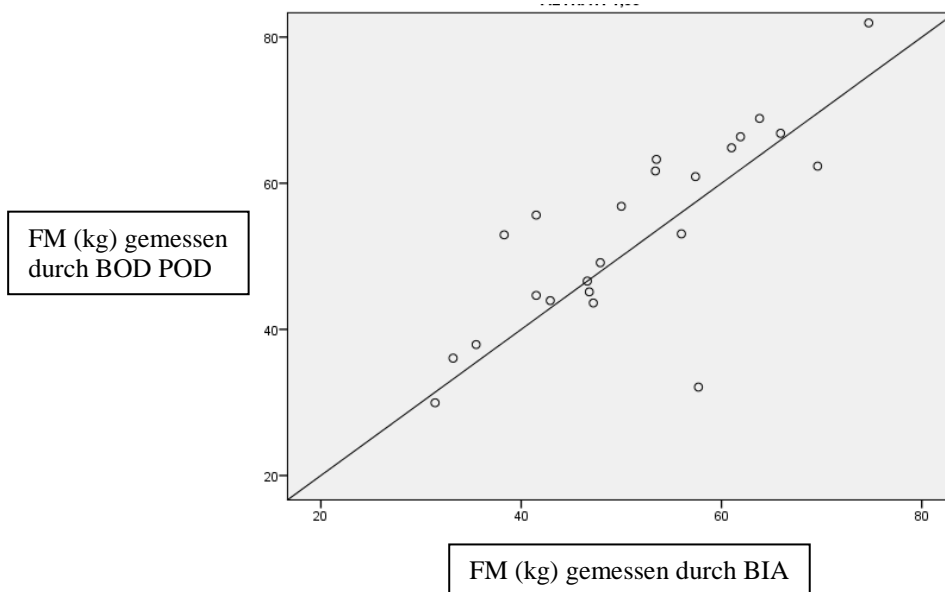


Abbildung 5: FM gemessen durch BIA und BOD POD bei den 18-24-Jährigen (ALTKAT 1)

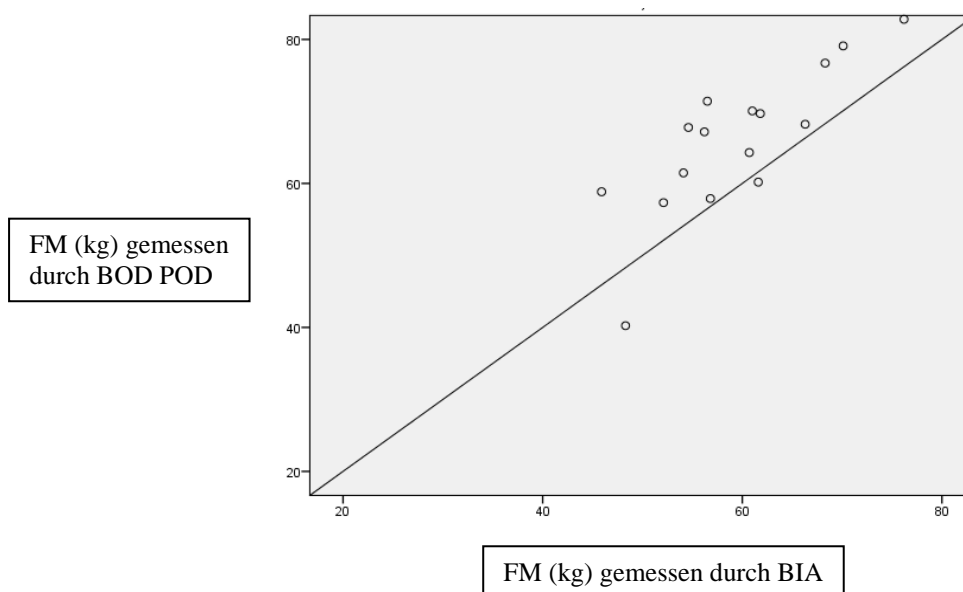


Abbildung 6: FM gemessen durch BIA und BOD POD bei den 25-50-Jährigen (ALTKAT 2)

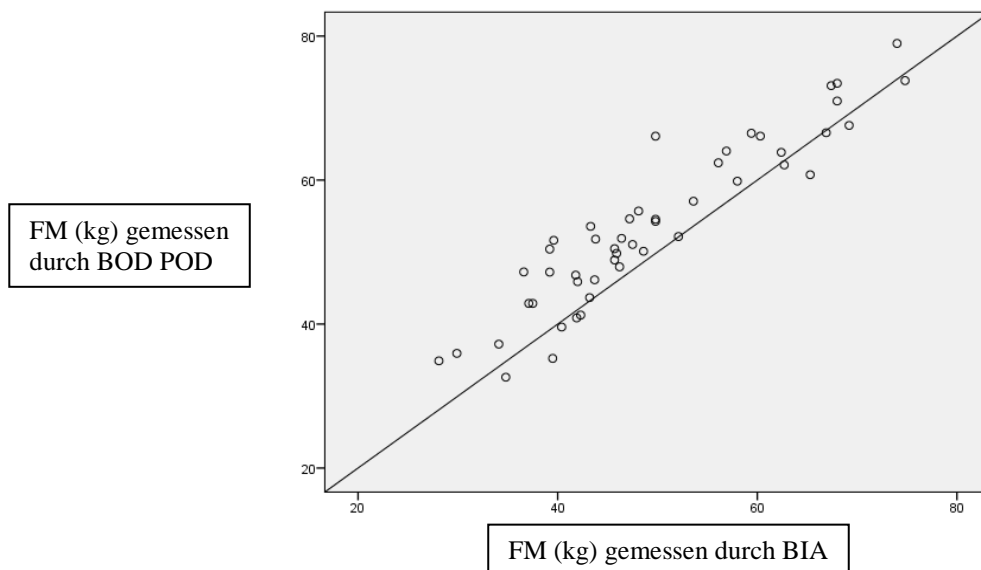


Abbildung 7: FM gemessen durch BIA und BOD POD bei den 51-67-Jährigen (ALTKAT 3)

Um zu untersuchen ob sich hier die Hypothese, je höher die Fettmasse, desto höher das Gesamtkörperwasser und somit die fettfreie Masse, bestätigen lässt, werden nun die Korrelationen zwischen der Fettmasse und dem Gesamtkörperwasser (bzw. der fettfreien Masse, welche sich bei BIA aus dem Gesamtkörperwasser errechnet) getrennt nach Altersgruppen berechnet.

Tabelle 12: Korrelation TBW und FM getrennt dargestellt nach Altersgruppen

		18-24-Jährige		25-50-Jährige		51-67-Jährige	
		TBW (L)	FM (kg)	TBW (L)	FM (kg)	TBW (L)	FM (kg)
TBW (L)	Korrelation nach Pearson	1	-,099	1	,020	1	,053
	Signifikanz (2-seitig)		,725		,886		,810
	N	15	15	52	52	23	23
FM (kg)	Korrelation nach Pearson	-,099	1	,020	1	,053	1
	Signifikanz (2-seitig)	,725		,886		,810	
	N	15	15	52	52	23	23

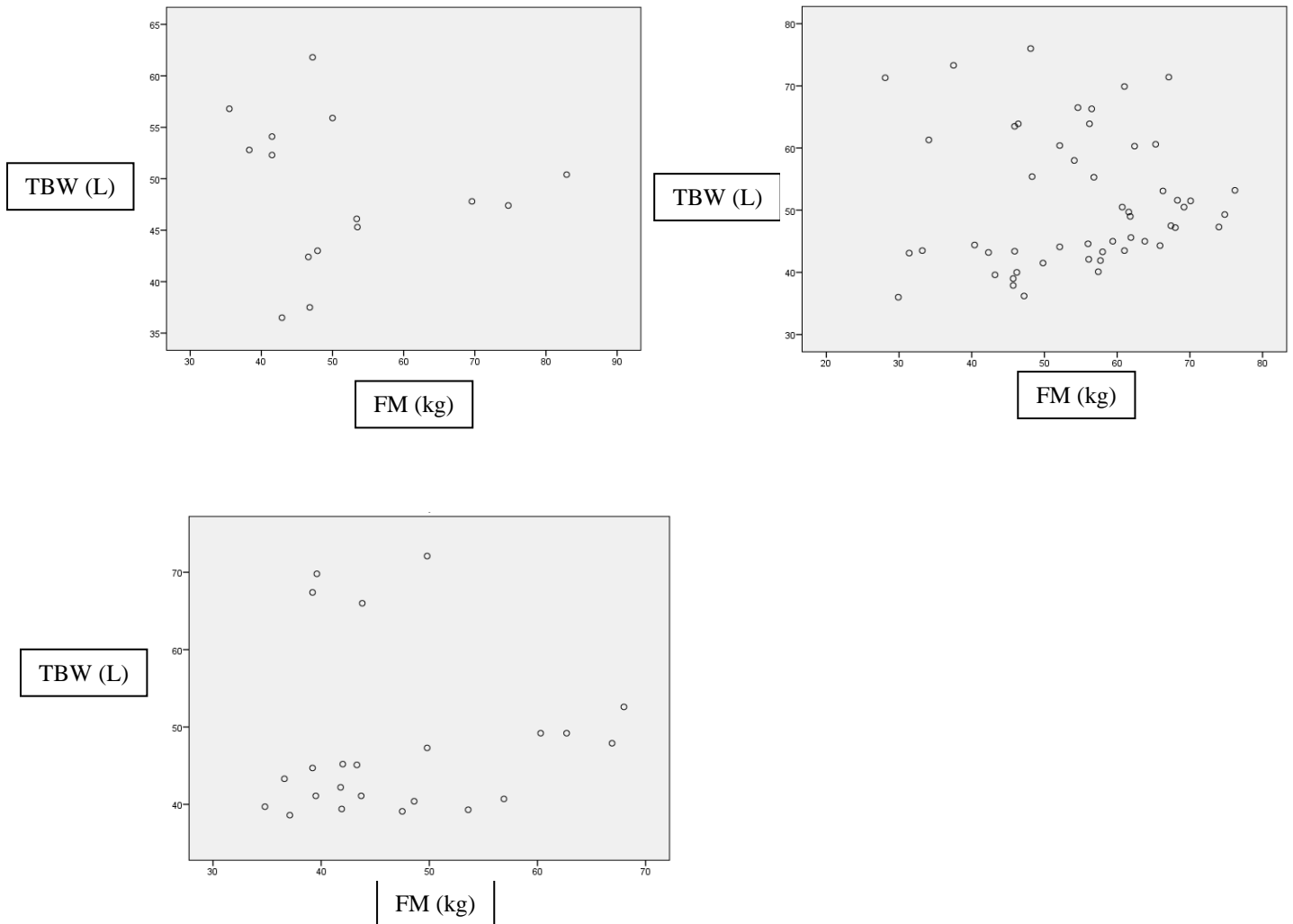


Abbildung 8: Scatterplot TBW und FM nach Alterskategorien getrennt dargestellt (ALTKAT1 links oben, ALTKAT2 rechts oben, ALTKAT3 unten)

Bei den 18-24-Jährigen ist die Korrelation zwischen dem Gesamtkörperwasser und der Fettmasse negativ mit einem Korrelationskoeffizienten von $-0,099$. Aufgrund der geringen Wertemenge ist eine Aussage über den Zusammenhang schwierig. Mit Ausnahme der sechs Ausreißer nach oben, könnte man jedoch von einem positiven Zusammenhang in Richtung linear sprechen.

Bei den 25-50-Jährigen liegt eine schwach positive Korrelation zwischen dem Gesamtkörperwasser und der Fettmasse mit einem Korrelationskoeffizienten von $0,020$ vor. Am Scatterplot ist ein Zusammenhang ähnlich eines umgekehrten Cs erkennbar. Das heißt, die höchsten durchschnittlichen Werte für die Fettmasse liegen im Bereich eines (im Vergleich zu den anderen Werten

dieser Gruppe) mittleren Gesamtkörperwassers, während bei niedriger Fettmasse sehr hohe oder sehr niedrige Bereiche für das Gesamtkörperwasser möglich sind.

Zwischen der Fettmasse und dem Gesamtkörperwasser bei den 51-67-Jährigen herrscht mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,053 ein schwach positiver Zusammenhang. Die Korrelation ist nicht signifikant. Am Scatterplot ist ersichtlich, dass man mit Ausnahme der vier Ausreißer nach oben von einem positiven linearen Zusammenhang sprechen könnte.

Um die Hypothese je höher der BMI desto stärker die Unterschätzung der Fettmasse zu prüfen, werden die Korrelationen zwischen BMI und der Unterschätzung der Fettmasse durch BIA getrennt nach Altersgruppen berechnet. Dabei wurde als Maß für die Unterschätzung als neue Variable die Differenz zwischen Fettmasse geschätzt durch BOD POD und BIA herangezogen.

Tabelle 13: Korrelation BMI und Unterschätzung der Fettmasse getrennt dargestellt nach Alterskategorien

		ALTKAT1		ALTKAT2		ALTKAT3	
		BMI (kg/m ²)	Unter-schätzung der FM (kg)	BMI (kg/m ²)	Unter-schätzung der FM (kg)	BMI (kg/m ²)	Unter-schätzung der FM (kg)
BMI (kg/m²)	Korrelati-on nach Pearson	1	-,083	1	,289*	1	,114
	Signifi-kanz (2-seitig)		,768		,038		,605
	N	15	15	52	52	23	23
Unter-schätzung der FM (kg)	Korrelati-on nach Pearson	-,083	1	,289*	1	,114	1
	Signifi-kanz (2-seitig)	,768		,038		,605	
	N	15	15	52	52	23	23

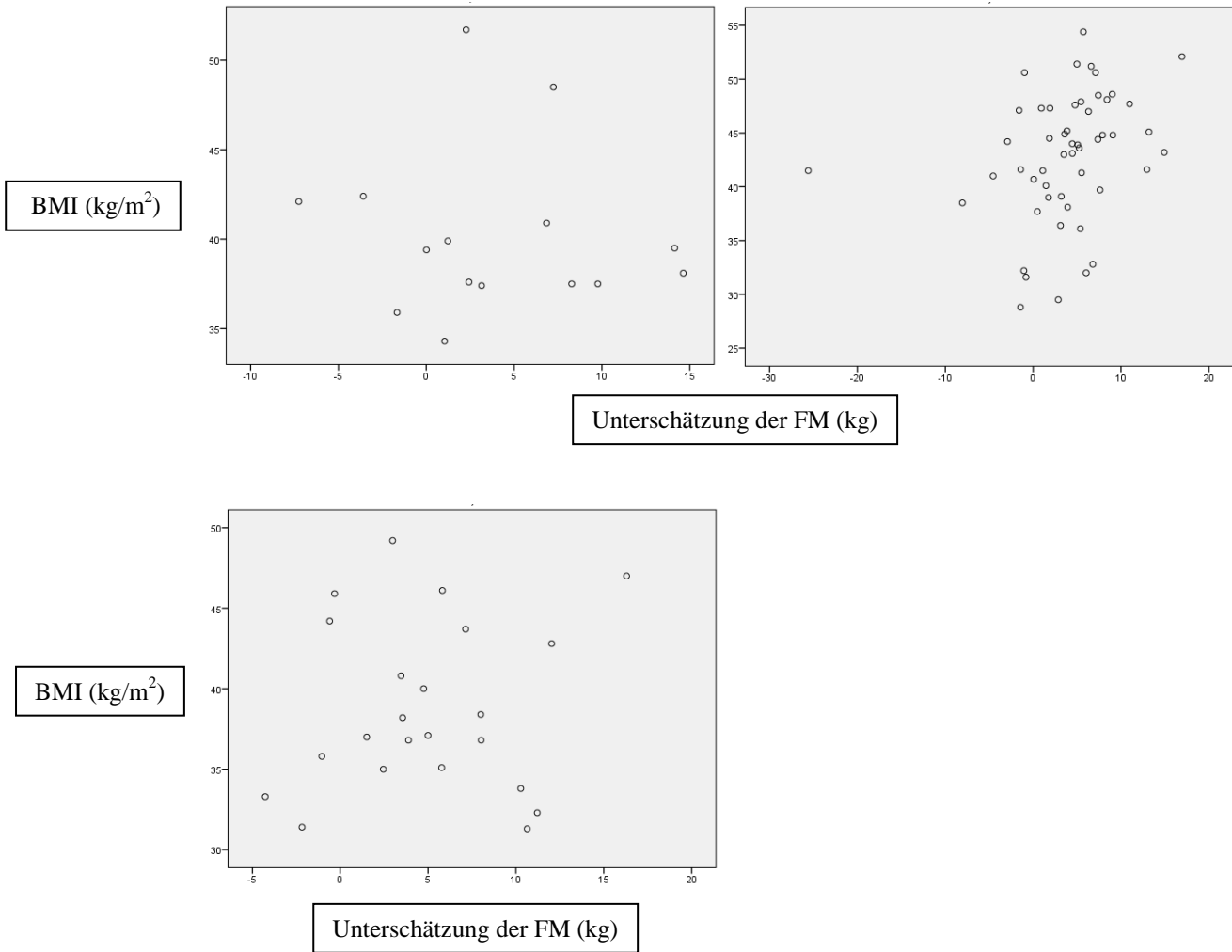


Abbildung 9: Scatterplot Unterschätzung der Fettmasse und BMI getrennt dargestellt nach Alterskategorien (ALTKAT 1 links oben, ALTKAT 2 rechts oben, ALTKAT 3 unten).

In der Gruppe der 18-24-Jährigen korreliert der BMI negativ mit der Unterschätzung der Fettmasse durch BIA. Mit einem Korrelationskoeffizienten von $-0,083$ ist dieser Zusammenhang eher schwach und auch nicht signifikant. Dass kein linearer oder anderer Zusammenhang herrscht, zeigt auch das Streudiagramm.

In der Alterskategorie 2, der 25-50-Jährigen, liegt eine positive Korrelation mit einem Korrelationskoeffizienten von $0,289$ vor. Die Korrelation ist signifikant. Das Streudiagramm zeigt, dass es einen Zusammenhang gibt, der parallel zur Y-Achse verläuft. Das heißt, mit steigendem BMI bleibt die Unterschätzung gleich. Dies war bereits bei den Frauen ersichtlich.

Bei den 51-67-Jährigen liegt ein positiver Zusammenhang mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,114 vor. Die Korrelation ist nicht signifikant. Der Scatterplot weist darauf hin, dass es keinen linearen oder anderen eindeutigen Zusammenhang gibt.

4.1.4. Zusammenfassung Abhängigkeit von den Alterskategorien

Zusammenfassend lässt sich aus den vorliegenden Daten folgender Zusammenhang ableiten:

Es zeigte sich, dass sich die Hypothese, je höher die Fettmasse, desto höher das Gesamtkörperwasser und somit die fettfreie Masse, nur bedingt verifizieren lässt, da in allen Fällen ein geringer bis kein Zusammenhang zwischen den Variablen FM und TBW herrschte. In der Gruppe der 25-50-Jährigen scheint ein Zusammenhang in Richtung eines „umgekehrten Cs“ vorzuliegen, während in den beiden anderen Altersgruppen ein Zusammenhang in Richtung linear erkennbar ist.

Für die Hypothese, je höher der BMI, desto höher die Unterschätzung der Fettmasse durch BIA wurde mit Ausnahme von den 25-50-Jährigen kein eindeutiger Zusammenhang gefunden.

Betrachtet man jedoch die durchschnittlichen Werte für die Körperzusammensetzung zwischen den Alterskategorien, so lässt sich Folgendes ableiten:

Die Altersgruppe der 25-50-Jährigen weist den höchsten BMI und gleichzeitig die höchste Fettmasse auf. Diese Altersgruppe weist auch die höchste FFM sowie das höchste TBW auf. Das heißt, die Hypothese, je höher der BMI, desto höher das TBW und die FFM lässt sich hierbei bestätigen.

Im Gegensatz dazu weist die Altersgruppe der 51-67-Jährigen den niedrigsten BMI, die niedrigste Fettmasse und den niedrigsten Anteil an Gesamtkörperwasser auf.

Die geringste Unterschätzung der Fettmasse durch die BIA Messung gegenüber dem BOD POD weist jedoch die Altersgruppe der 25-50-Jährigen auf. Die höchste Unterschätzung der Fettmasse durch die BIA Messung liegt in der Altersgruppe der 51-67-Jährigen vor. Auffällig ist dabei, dass wieder in der Grup-

pe mit der höchsten Fettmasse diese am wenigsten unterschätzt wird, und in der Gruppe mit der geringsten Fettmasse, diese am meisten unterschätzt wird.

4.1.5. Körperfettmasse in Abhängigkeit vom BMI

Da das Minimum des BMIs zu den Zeitpunkten t1, t2 und t5 in der Gesamtstichprobe im Mittel 29 kg/m^2 und das Maximum 54 kg/m^2 beträgt, erfolgte folgende Einteilung:

Tabelle 14: Einteilung BMI-Kategorien in Adipositasgraden

Adipositas Grad I: $29 - 34,9 \text{ kg/m}^2$
Adipositas Grad II: $35 - 39,9 \text{ kg/m}^2$
Adipositas Grad III: $40 - 54 \text{ kg/m}^2$

Tabelle 15: Vergleich von Mittelwerten (MW), Standardabweichungen (SD) und Konfidenzintervallen (KI) von Alter, FM, FFM, TBW nach Adipositasgraden (AG)

	MW AG 1 ± SD	CI	MW AG 2 ± SD	CI	MW AG 3 ± SD	CI
Alter (Jahre)	46,08 ± 12,04	38,43-53,73	40,88 ± 17,30	33,90-47,87	39,62 ± 10,74	36,63-42,60
FM (kg) durch BIA	36,80 ± 5,27	33,45-40,15	43,83 ± 5,02	41,80-49,86	60,02 ± 9,14	57,47-62,56
FM (kg) durch BP	40,06 ± 7,38	35,37-44,75	47,93 ± 6,41	45,34-50,52	64,28 ± 10,30	61,42-67,15
FM (%) durch BIA	38,02 ± 5,72	34,39-41,65	40,08 ± 6,59	37,42-42,75	46,34 ± 6,09	44,64-48,03
FM (%) durch BP	41,44 ± 7,22	36,86-64,03	43,93 ± 6,63	41,25-46,61	49,90 ± 6,19	48,18-51,62
FFM (kg) durch BIA	60,57 ± 12,32	52,74-68,39	67,14 ± 15,64	60,82-73,46	70,59 ± 12,77	67,03-74,14
FFM (kg) durch BP	57,10 ± 11,69	49,67-64,52	62,42 ± 14,26	56,66-68,18	64,64 ± 10,83	61,63-67,65

TBW (L) durch BIA	44,33 ± 9,02	38,59- 50,06	49,14 ± 11,46	44,52- 53,77	51,67 ± 9,35	49,07- 54,27
------------------------------	--------------	-----------------	---------------	-----------------	--------------	-----------------

Wie nicht anders zu erwarten, ist die mittlere Fettmasse sowohl durch Schätzungen mit BIA als auch BOD POD in der Gruppe mit Adipositas Grad III am höchsten. Auch der mittlere Wert für die fettfreie Masse und das Gesamtkörperwasser ist in der Gruppe mit dem höchsten Fettanteil am höchsten. Die Fettmasse geschätzt durch BIA und BOD POD unterscheidet sich zwischen allen drei BMI-Kategorien signifikant, da sich die Konfidenzintervalle nicht schneiden. Am niedrigsten sind Fettmasse, fettfreie Masse und Gesamtkörperwasser in der Gruppe mit Adipositas Grad I.

Die Fettmasse wird in allen BMI-Kategorien durch BIA unterschätzt, am höchsten ist die Unterschätzung mit 4,26 kg in der Gruppe mit Adipositas Grad III, am niedrigsten in der Gruppe mit Adipositas Grad I. Dies wird auch durch die Streudiagramme veranschaulicht. In Streudiagramm 1 halten sich die Werte für Unter- und Überschätzung annähernd die Waage, während in Streudiagramm 2 und 3 fast alle Werte unterschätzt werden.

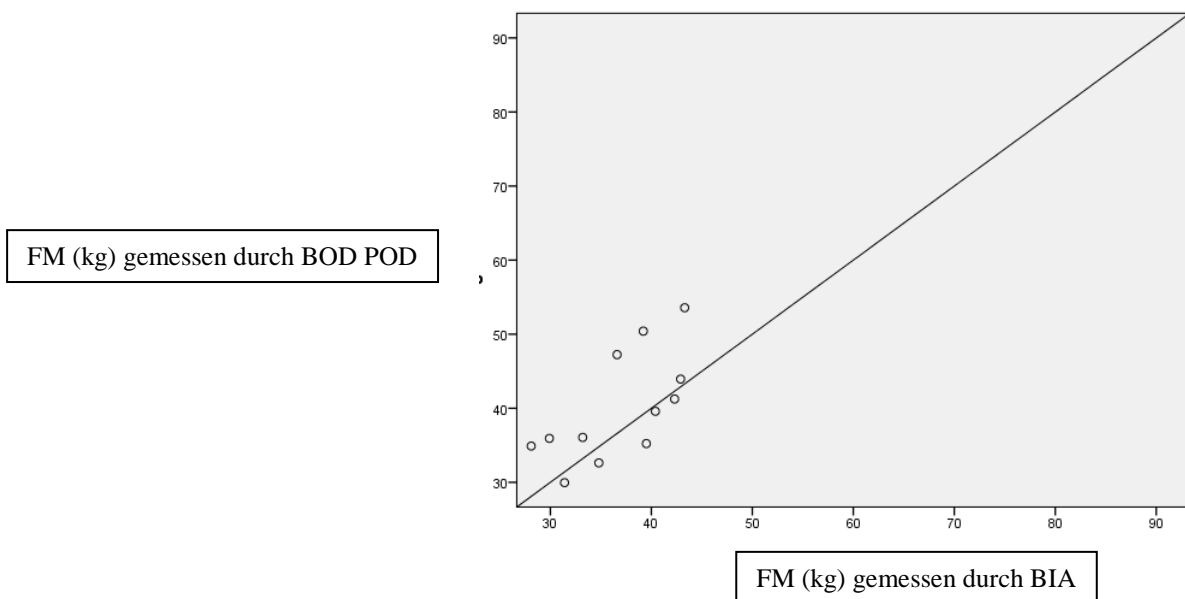


Abbildung 10: FM gemessen durch BIA und BOD POD in der Gruppe mit Adipositasgrad I

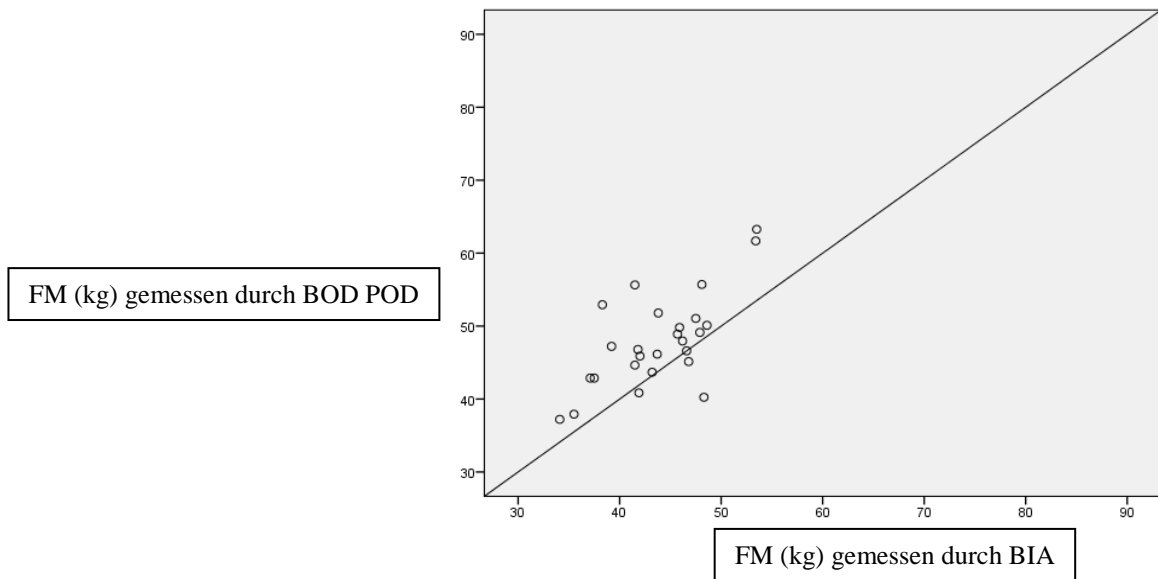


Abbildung 11: FM gemessen durch BIA und BOD POD in der Gruppe mit Adipositasgrad II

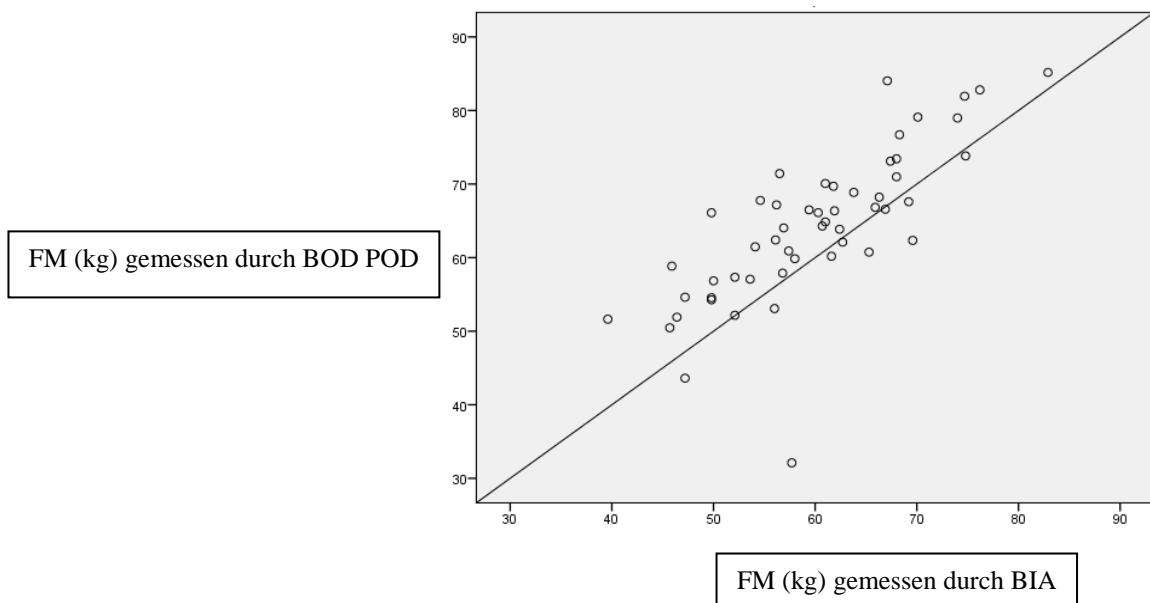


Abbildung 12: FM gemessen durch BIA und BOD POD in der Gruppe mit Adipositasgrad III

Um zu untersuchen ob sich die Hypothese, je höher die Fettmasse, desto höher das Gesamtkörperwasser und somit die fettfreie Masse, bestätigen lässt, werden nun die Korrelationen zwischen der Fettmasse und dem Gesamtkörperwasser (bzw. der fettfreien Masse, welche sich bei BIA aus dem Gesamtkörperwasser errechnet) getrennt nach Adipositasgraden berechnet.

Tabelle 16: Korrelation zwischen FM und TBW getrennt dargestellt nach Adipositasgraden

		Adipositasgrad I		Adipositasgrad II		Adipositasgrad III	
		TBW (L)	FM (kg)	TBW (L)	FM (kg)	TBW (L)	FM (kg)
TBW (L)	Korrelation nach Pearson	1	-,411	1	-,330	1	-,159
	Signifikanz (2-seitig)		,185		,100		,261
	N	12	12	26	26	52	52
FM (kg)	Korrelation nach Pearson	-,411	1	-,330	1	-,159	1
	Signifikanz (2-seitig)	,185		,100		,261	
	N	12	12	26	26	52	52

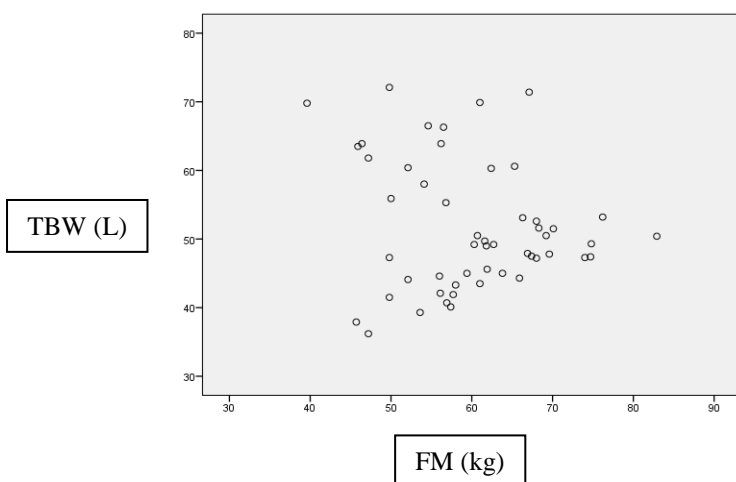
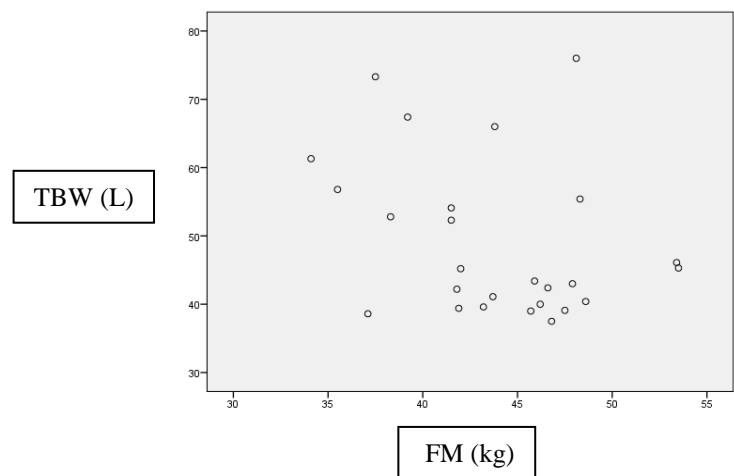
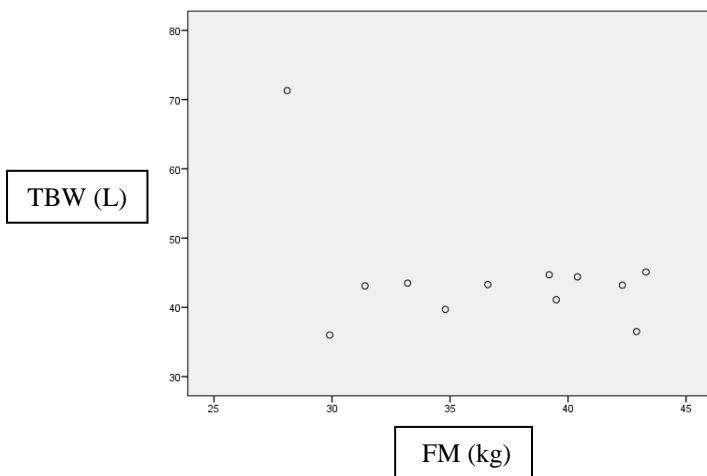


Abbildung 13: Scatterplot TBW und FM im Vergleich getrennt dargestellt nach Adipositasgraden (links oben AG I, rechts oben AG II, unten AG III)

Die Korrelation zwischen Fettmasse und Gesamtkörperwasser ist in der Gruppe mit Adipositasgrad I stark negativ mit einem Korrelationskoeffizienten von -0,411. Die Korrelation ist nicht signifikant. Da es sich jedoch um eine geringe Wertemenge handelt, ist eine Aussage über den Zusammenhang schwierig. Mit Ausnahme eines Ausreißers, scheint der Zusammenhang ähnlich einer Geraden parallel zur X-Achse zu verlaufen. Das heißt, bei Adipositasgrad I ändert sich das Gesamtkörperwasser nicht mit der Höhe der Fettmasse.

In der Gruppe mit Adipositasgrad II liegt eine starke negative Korrelation mit einem Korrelationskoeffizienten von -0,330 vor. Dieser ist nicht signifikant. Am Scatterplot ist ersichtlich, dass der Zusammenhang in Richtung negativen linearen Zusammenhang geht. Das heißt mit steigender Fettmasse, sinkt das Gesamtkörperwasser.

In der Gruppe mit Adipositasgrad III liegt ein eher schwacher negativer Zusammenhang mit einem Korrelationskoeffizienten von -0,159 vor. Die Korrelation ist nicht signifikant. Am Scatterplot ist zu sehen, dass es sich um keinen linearen Zusammenhang handelt. Am ehesten gleicht der Zusammenhang einem „umgekehrten C“, das heißt, die höchsten durchschnittlichen Werte für die Fettmasse liegen im Bereich eines mittleren Gesamtkörperwassers, während sehr hohe oder sehr niedrige Werte für das Gesamtkörperwasser bei niedrigerer Fettmasse möglich sind.

Um die Hypothese, je höher die Fettmasse, desto stärker die Unterschätzung der Fettmasse zu prüfen, werden die Korrelationen zwischen der Fettmasse (geschätzt durch BIA) und der Unterschätzung der Fettmasse durch BIA getrennt nach BMI-Kategorien berechnet. Dabei wurde als Maß für die Unterschätzung als neue Variable die Differenz zwischen Fettmasse geschätzt durch Bod Pod und BIA herangezogen.

Tabelle 17: Korrelation FM und Unterschätzung der FM getrennt dargestellt nach Adipositasgraden

		Adipositasgrad I		Adipositasgrad II		Adipositasgrad III	
		Unterschätzung der FM (kg)	FM (kg)	Unterschätzung der FM (kg)	FM (kg)	Unterschätzung der FM (kg)	FM (kg)
Unterschätzung der FM (kg)	Korrelation nach Pearson	1	,702*	1	,633**	1	,488**
	Signifikanz (2-seitig)		,011		,001		,000
	N	12	12	26	26	52	52
FM (kg)	Korrelation nach Pearson	,702*	1	,633**	1	,488**	1
	Signifikanz (2-seitig)	,011		,001		,000	
	N	12	12	26	26	52	52

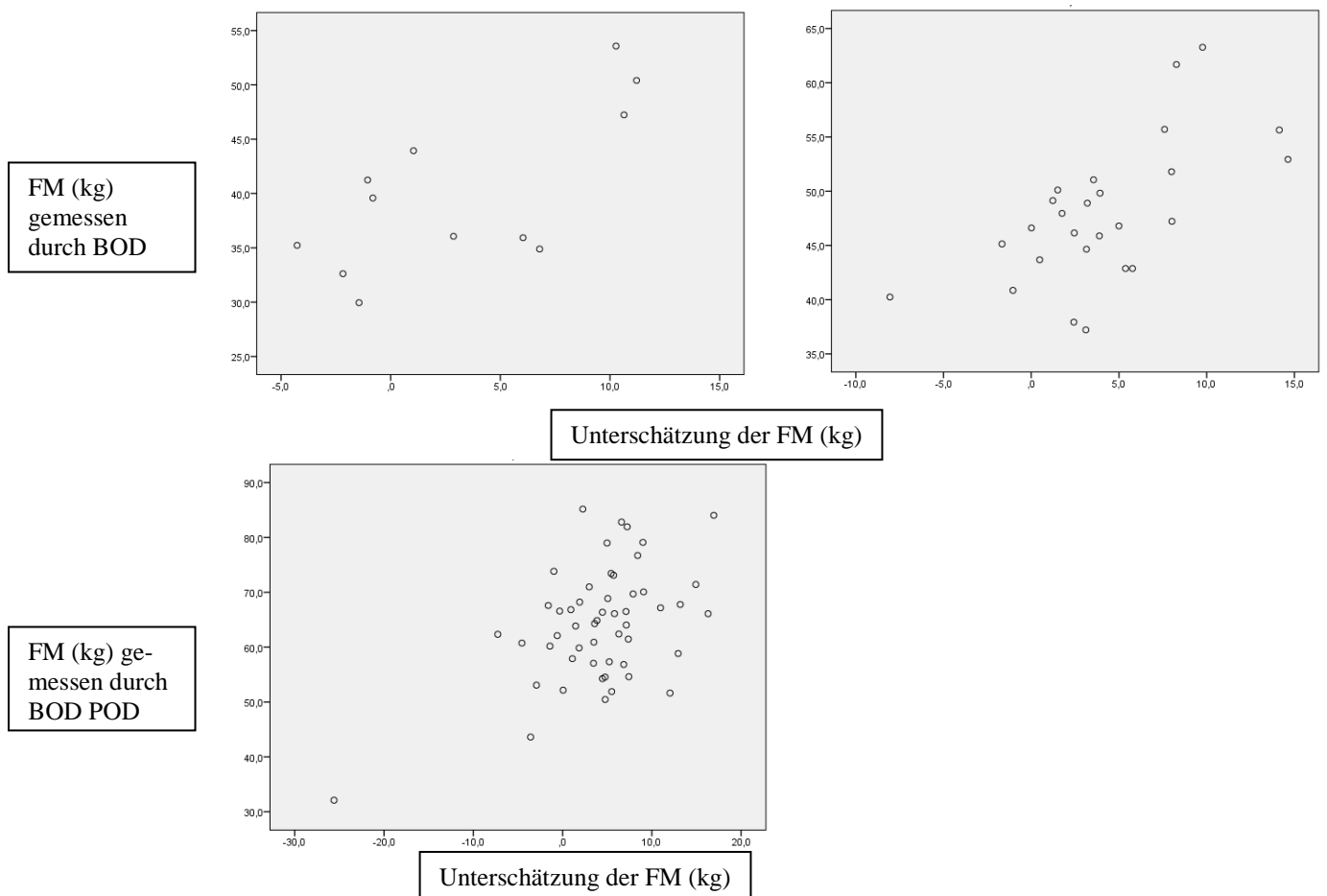


Abbildung 14: Scatterplot Vergleich der Unterschätzung der Fettmasse und FM getrennt dargestellt nach Adipositasgraden (links oben AG I, rechts oben AG II, unten AG III)

In der Gruppe mit Adipositasgrad I herrscht eine starke positive Korrelation mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,702. Die Korrelation ist signifikant auf dem Niveau von 0,05. Aufgrund der geringen Wertemenge in dieser BMI-Kategorie lässt sich am Scatterplot nur schwierig ein Zusammenhang erkennen.

In der Gruppe mit Adipositasgrad II herrscht ebenfalls eine starke positive Korrelation mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,633. Die Korrelation ist signifikant auf dem Niveau von 0,01. Am Scatterplot lässt sich ein positiver Zusammenhang erkennen, der in Richtung linear geht. Das heißt je höher die Fettmasse, desto höher die Unterschätzung der Fettmasse.

Zwischen der Fettmasse geschätzt durch den BOD POD und der Unterschätzung der Fettmasse durch BIA herrscht in der Gruppe mit Adipositasgrad III eine starke positive Korrelation mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,488. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 signifikant. Am Scatterplot ist erkennbar dass es einen Ausreißer gibt. Ansonsten gleicht das Bild einer Punktwolke.

4.1.6. Zusammenfassung Körperfettmasse in Abhängigkeit vom BMI

Zusammenfassend lässt sich aus den vorliegenden Daten folgender Zusammenhang ableiten:

Es zeigte sich, dass die Hypothese, je höher die Fettmasse, desto höher das Gesamtkörperwasser und somit die fettfreie Masse, nicht verifiziert werden kann, eher das Gegenteil ist der Fall, da in allen Fällen ein negativer Zusammenhang zwischen den Variablen FM und TBW herrschte. Besonders bei Adipositasgrad II konnte ein negativer linearer Zusammenhang gezeigt werden. Bei Adipositasgrad I gilt, dass sich das Gesamtkörperwasser nicht mit der Höhe der Fettmasse ändert. Bei Adipositasgrad III haben niedrigere Fettmasse sowohl hohe als auch niedrige Werte für das Gesamtkörperwasser, und die

höchsten Werte für die Fettmasse liegen im Bereich von mittlerem Gesamtkörperwasser.

Die Hypothese, je höher die Fettmasse, desto höher die Unterschätzung der Fettmasse zeigte zwar in allen Adipositasgraden einen positiver Zusammenhang, doch nur in der Gruppe mit Adipositasgrad II war dieser auch linear.

Die Analyse der Mittelwerte für die Fettmasse und fettfreie Masse sowie das Gesamtkörperwasser ergibt, dass sich der Zusammenhang, je höher die Fettmasse, desto höher die fettfreie Masse und somit das Gesamtkörperwasser verifizieren lässt, da diese Werte in der Gruppe mit Adipositasgrad III am höchsten sind. Auch die Unterschätzung der Fettmasse durch BIA ist in dieser Gruppe am höchsten.

4.2. Korrelation der fettfreien Masse berechnet durch die „Segal-“ und „Jiménez-“ Formel mit Werten des BOD POD

Für die vorliegende Analyse gilt der BOD POD als Referenzmethode. Die Werte für die fettfreie Masse geschätzt durch den BOD POD werden mit den mittels Segal- und Jimenez-Formel berechneten Werten verglichen.

4.2.1. Berechnung der fettfreien Masse getrennt dargestellt nach Geschlecht

Durch Einsetzen der erhobenen Werte für Körpergröße (cm^2), Widerstand(Ω), Körpergewicht (kg) sowie Alter in die geschlechtsspezifischen Gleichungen nach Segal erhält man Werte für die fettfreie Masse in Kilogramm. Dasselbe geschieht durch Einsetzen der erhobenen Werte Körpergewicht (kg), Körpergröße/Widerstand (m^2/Ω) und Alter in die Formel nach Jiménez. Nun wird durch Berechnung der Korrelationen unter Heranziehen der gemessenen Werte anhand des BOD PODs untersucht, welche der beiden Formeln sich für die Berechnung der fettfreien Masse besser eignet.

Tabelle 18: Korrelation der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel und Ergebnissen der BOD POD -Messungen; Frauen insgesamt

		BOD POD FFM (kg)	Segal FFM (kg)	Jimenez FFM (kg)
BOD POD FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	1	,694**	,707**
	Signifikanz (2-seitig)		0	0
	N	65	65	65
Segal FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	,694**	1	,915**
	Signifikanz (2-seitig)	0		0
	N	65	65	65
Jimenez FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	,707**	,915**	1
	Signifikanz (2-seitig)	0	0	
	N	65	65	65

** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

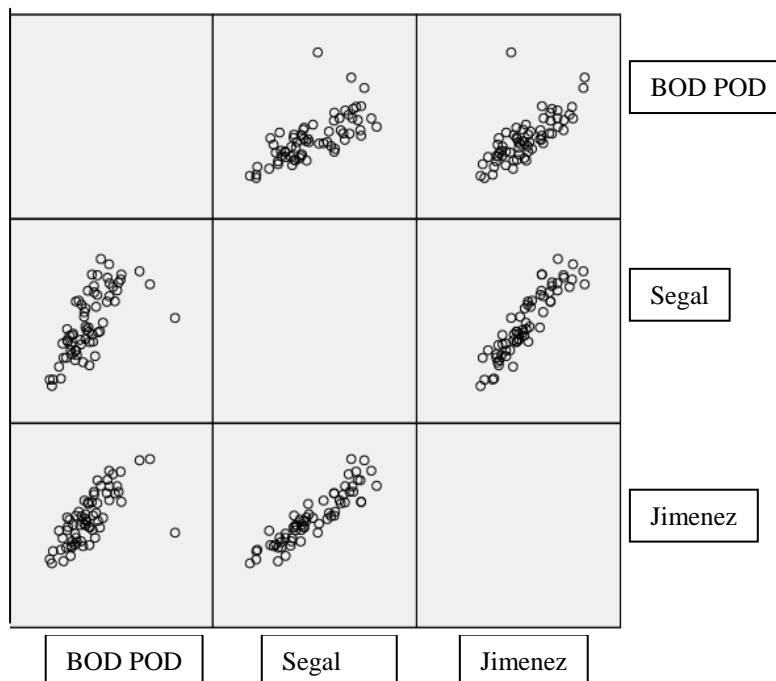


Abbildung 15: Scatterplot der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel verglichen mit BOD POD -Ergebnissen; Frauen insgesamt

Segal-Formel, sowie durch die Jiménez-Formel, und der gemessenen Magermasse durch den BOD POD signifikant auf dem Niveau 0,01. Am stärksten korrelieren die Magermasse gemessen durch den BOD POD und die berechnete Magermasse durch die Jiménez-Formel mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,707. Anhand des Scatterplots ist ersichtlich, dass die Korrelation in Richtung eines linearen Zusammenhangs geht.

Tabelle 19: Korrelation der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel und Ergebnissen der BOD POD -Messungen; Männer insgesamt

Korrelationen		Segal FFM (kg)	Jimenez FFM (kg)	BOD POD FFM (kg)
Segal FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	1	,856**	,660**
	Signifikanz (2-seitig)		0	0
	N	25	25	25
Jimenez FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	,856**	1	,833**
	Signifikanz (2-seitig)	0		0
	N	25	25	25
BOD POD FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	,660**	,833**	1
	Signifikanz (2-seitig)	0	0	
	N	25	25	25

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

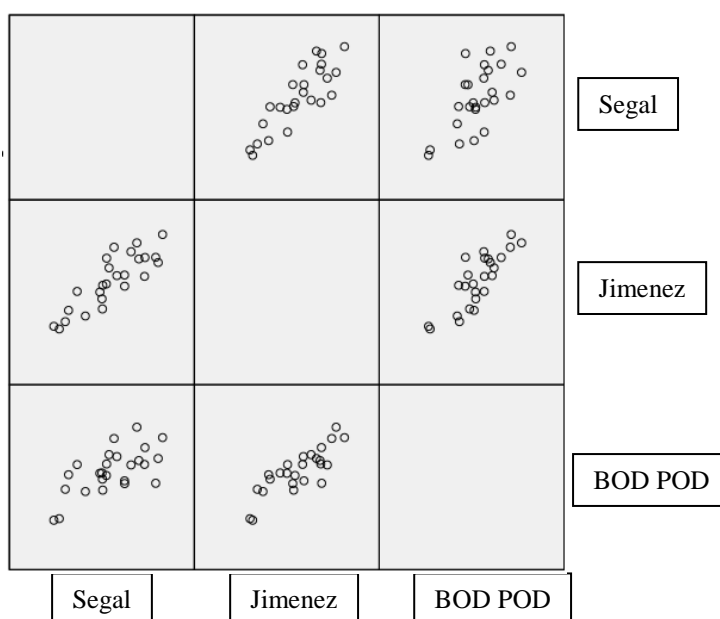


Abbildung 16: Scatterplot der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel verglichen mit BOD POD Ergebnissen; Männer insgesamt

Bei Männern korrelieren die geschätzten Werte für die Magermasse durch den BOD POD mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,856 besser mit den berechneten Werten durch die Jiménez-Formel als durch die Segal-Formel. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 signifikant. Wie im Scatterplot zu sehen ist, geht die Korrelation in Richtung eines linearen Zusammenhangs.

4.2.2. Zusammenfassung der Berechnung der fettfreien Masse getrennt dargestellt nach Geschlecht

Bei Frauen als auch bei Männern korrelieren die Werte gemessen durch den BOD POD mit den berechneten Werten durch die Jiménez-Formel am stärksten miteinander.

4.2.3. Berechnung der fettfreien Masse getrennt dargestellt nach Alterskategorien bei Frauen

Die erhobenen Werte wurden hierfür zunächst in die geschlechtsspezifischen Gleichungen eingesetzt. Anschließend wurden die gemessenen Werte durch den BOD POD sowie die berechneten Werte nach Alterskategorien eingeteilt und in Korrelation gesetzt, um zu untersuchen, welche der beiden Formeln sich für die Berechnung der fettfreien Masse in jeder Altersgruppe bei Frauen besser eignet.

Tabelle 20: Korrelation der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel und Ergebnissen der Bod Pod-Messungen; 18-24-jährige Frauen

		BOD POD	Segal FFM	Jimenez FFM
		(kg)	(kg)	(kg)
BOD POD FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	1	,705*	,731*
	Signifikanz (2-seitig)		0,034	0,025
	N	9	9	9
Segal FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	,705*	1	,968**
	Signifikanz (2-seitig)	0,034		0
	N	9	9	9
Jimenez FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	,731*	,968**	1

	Signifikanz (2-seitig)	0,025	0	
	N	9	9	9
*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.				

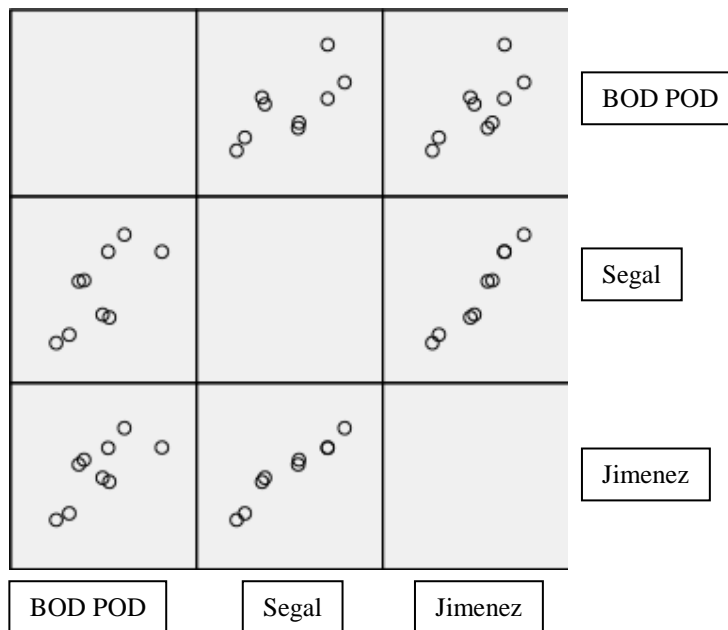


Abbildung 17: Scatterplot der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel verglichen mit BOD POD-Ergebnissen; 18-24-jährige Frauen

Bei Frauen zwischen 18-24 Jahren liegt zwischen der fettfreien Masse, gemessen durch den BOD POD, sowie berechnet durch die Jiménez-Formel und der Segal-Formel eine hohe Korrelation vor. Die Korrelationen sind auf dem Niveau von 0,05 signifikant. Am stärksten ist der Zusammenhang zwischen dem gemessenen Wert durch den BOD POD und dem berechneten Wert durch die Jiménez-Formel mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,731. Aufgrund der geringen Wertemenge von 9 Messwerten ist eine Aussage über den Zusammenhang jedoch schwierig.

Tabelle 21: Korrelation der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel und Ergebnissen der Bod Pod-Messungen; 25-50-jährige Frauen

Korrelationen					
		BOD POD FFM (kg)	Segal FFM (kg)	FFM	Jimenez FFM (kg)
BOD POD FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	1	,696**		,689**
	Signifikanz (2-seitig)		0		0
	N	37	37		37
Segal FFM	Korrelation nach Pearson	,696**	1		,943**

(kg)	Signifikanz (2-seitig)	0		0
	N	37	37	37
Jimenez FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	,689**	,943**	1
	Signifikanz (2-seitig)	0	0	
	N	37	37	37

** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

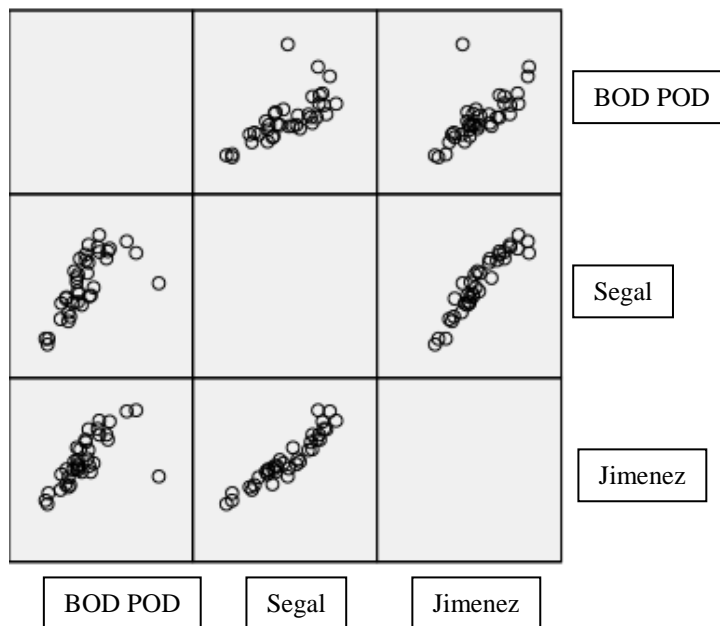


Abbildung 18: Scatterplot der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel verglichen mit BOD POD-Ergebnissen; 25-50-jährige Frauen

Bei Frauen zwischen 25-50 Jahren liegt zwischen der fettfreien Masse, gemessen durch den BOD POD, sowie berechnet durch die Jiménez-Formel und der Segal-Formel eine hohe Korrelation vor. Die Korrelationen sind auf dem Niveau von 0,01 signifikant. Am stärksten ist der Zusammenhang zwischen dem gemessenen Wert durch den BOD POD und dem berechneten Wert durch die Segal-Formel mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,696.

Tabelle 22: Korrelation der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel und Ergebnissen der BOD POD-Messungen; 51-67-jährige Frauen

		BOD POD FFM (kg)	Segal FFM (kg)	Jimenez FFM (kg)
BOD POD FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	1	,741**	,719**
	Signifikanz (2-seitig)		0	0,001
	N	19	19	19
Segal FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	,741**	1	,920**

	Signifikanz (2-seitig)	0		0
	N	19	19	19
Jimenez FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	,719**	,920**	1
	Signifikanz (2-seitig)	0,001	0	
	N	19	19	19

** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

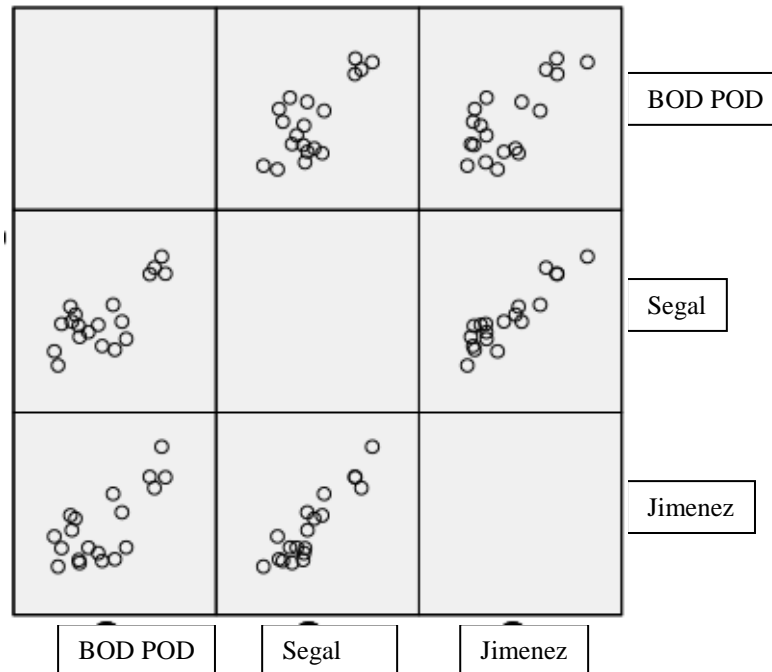


Abbildung 19: Scatterplot der fettfreien Masse errechnet mittels Segal und Jimenez-Formel verglichen mit BOD POD-Ergebnissen; 51-67-jährige Frauen

Auch bei Frauen zwischen 51-67 Jahren liegt eine hohe Korrelation zwischen der fettfreien Masse, gemessen durch den BOD POD, und den berechneten Werten durch die Jiménez-Formel und die Segal-Formel mit einem Korrelationskoeffizienten von mindestens 0,719 vor. Die Korrelationen sind auf dem Niveau von 0,01 signifikant. Am stärksten ist in dieser Altersgruppe der Zusammenhang zwischen den gemessenen Werten durch den BOD POD und den berechneten Werten durch die Segal-Formel mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,741. Am Scatterplot ist ersichtlich, dass die Korrelation in Richtung eines linearen Zusammenhangs geht.

4.2.4. Zusammenfassung der Berechnung der fettfreien Masse getrennt dargestellt nach Alterskategorien bei Frauen

Mit Ausnahme der 18-24-jährigen Frauen liefert jeweils die berechnete fettfreie Masse mit der Segal-Formel höhere Korrelationen mit den Bod Pod Werten.

4.2.5. Berechnung der fettfreien Masse getrennt dargestellt nach Alterskategorien bei Männern

Tabelle 23: Korrelation der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel und Ergebnissen der Bod Pod-Messungen; 18-24-jährige Männer

Korrelationen		BOD POD FFM (kg)	Segal FFM (kg)	Jimenez FFM (kg)
BOD FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	1	,887*	0,729
	Signifikanz (2-seitig)		0,019	0,1
	N	6	6	6
Segal FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	,887*	1	,841*
	Signifikanz (2-seitig)	0,019		0,036
	N	6	6	6
Jimenez FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	0,729	,841*	1
	Signifikanz (2-seitig)	0,1	0,036	
	N	6	6	6

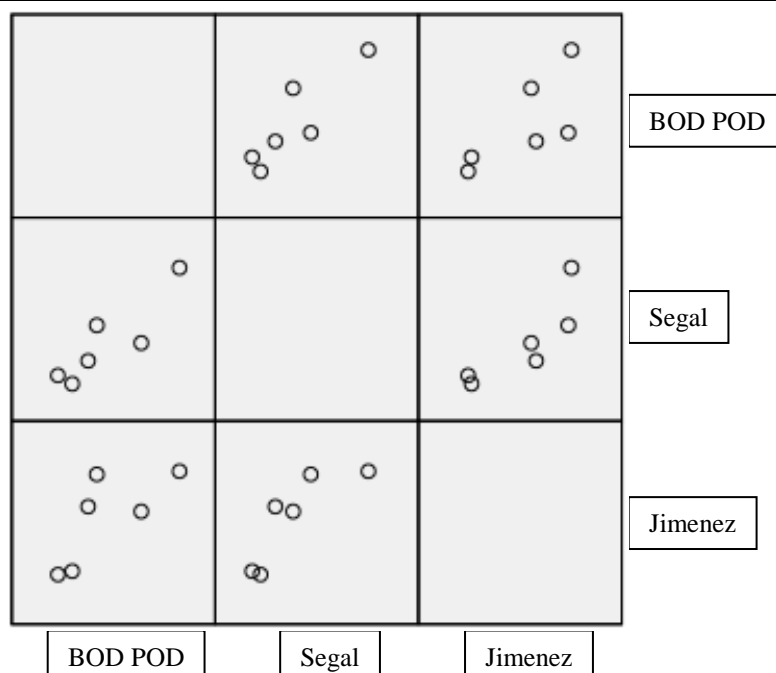


Abbildung 20: Scatterplot der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel verglichen mit BOD POD-Ergebnissen; 18-24-jährige Männer

Bei Männern zwischen 18-24 Jahren liegt ausschließlich zwischen dem gemessenen Wert durch die Segal-Formel eine signifikante Korrelation auf dem Niveau von 0,01 vor. Mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,887 ist der Zusammenhang mit dem berechneten Wert durch die Segal-Formel und dem gemessenen Wert durch den BOD POD am höchsten, jedoch ist auch hier eine Aussage über den Zusammenhang schwierig, da es sich nur um sechs Messwerten handelt.

Tabelle 24: Korrelation der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel und Ergebnissen der Bod Pod-Messungen; 25-50-jährige Männer

Korrelationen		BOD POD FFM (kg)	Segal FFM (kg)	Jimenez FFM (kg)
BOD POD FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	1	,726**	0,37
	Signifikanz (2-seitig)		0,002	0,174
	N	15	15	15
Segal FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	,726**	1	,752**
	Signifikanz (2-seitig)	0,002		0,001
	N	15	15	15
Jimenez FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	0,37	,752**	1
	Signifikanz (2-seitig)	0,174	0,001	
	N	15	15	15

** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

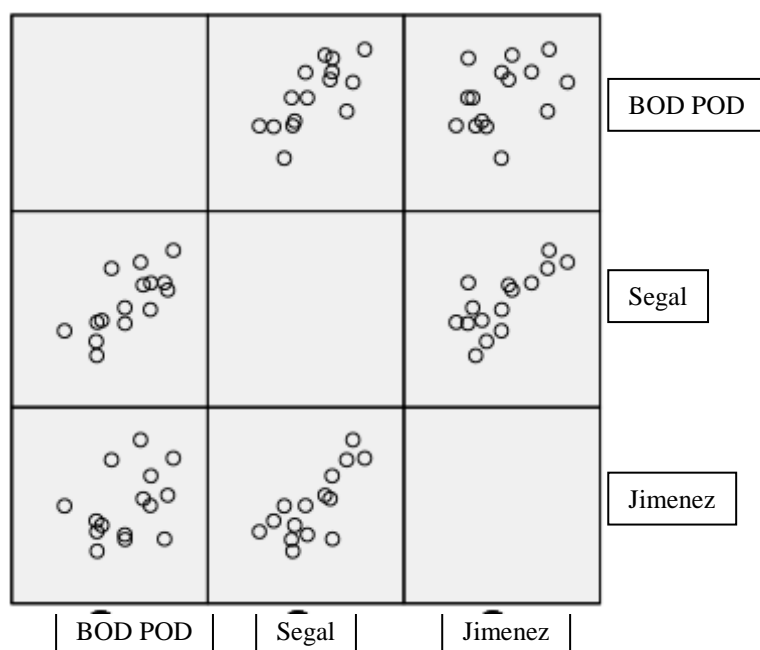


Abbildung 21: Scatterplot der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel verglichen mit BOD POD-Ergebnissen; 25-50-jährige Männer

Bei Männern zwischen 25-50 Jahren liegt ausschließlich mit dem berechneten Werten durch die Segal-Formel und den gemessenen Werten durch den BOD-POD eine signifikante Korrelation auf dem Niveau von 0,01 vor. Mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,726 korrelieren diese Werte am stärksten miteinander. Wie im Scatterplot ersichtlich ist, geht der Zusammenhang in Richtung eines linearen Zusammenhangs.

Tabelle 25: Korrelation der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel und Ergebnissen der Bod Pod-Messungen; 51-67-jährige Männer

		BOD POD FFM (kg)	Segal FFM (kg)	Jimenez FFM (kg)
BOD POD FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	1	0,421	-0,417
	Signifikanz (2-seitig)		0,579	0,583
	N	4	4	4
Segal FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	0,421	1	-0,879
	Signifikanz (2-seitig)	0,579		0,121
	N	4	4	4
Jimenez FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	-0,417	-0,879	1
	Signifikanz (2-seitig)	0,583	0,121	
	N	4	4	4

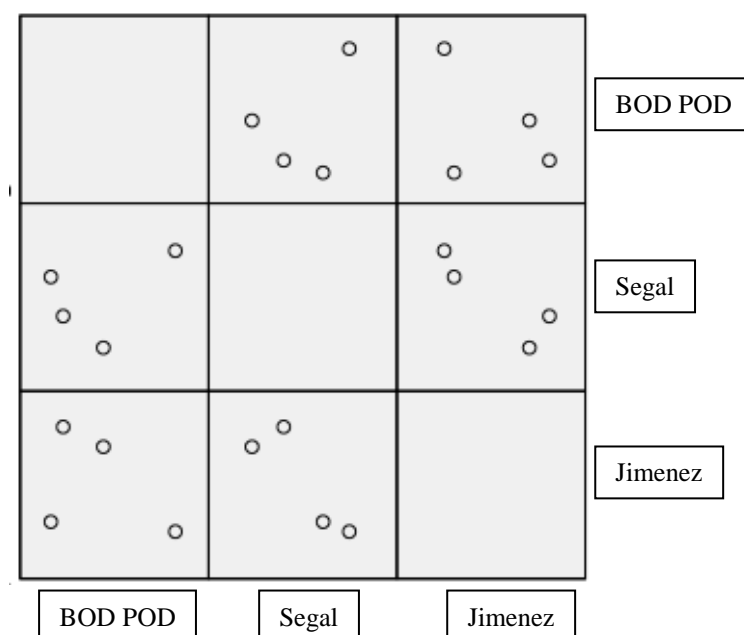


Abbildung 22: Scatterplot der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel verglichen mit BOD POD-Ergebnissen; 51-67-jährige Männer

Bei Männern zwischen 51-67 Jahren herrscht zwischen den berechneten und den gemessenen Werten für die fettfreie Masse kein signifikanter Zusammenhang. Ein negativer Zusammenhang herrscht zwischen den berechneten Werten durch die Jimenez-Formel und den gemessenen Werten durch den BOD POD. Ein positiver starker Zusammenhang mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,421 herrscht mit der Segal-Formel. Aufgrund der sehr geringen Anzahl von 4 Messwerten ist auch hier eine Aussage über den Zusammenhang schwierig zu treffen.

4.2.6. Zusammenfassung der Berechnung der fettfreien Masse getrennt dargestellt nach Alterskategorien bei Männern

In jeder Alterskategorie liegt generell ein stärkerer Zusammenhang mit der Segal-Formel vor, wobei die geringe Anzahl an Messwerten besonders bei den 51-67-jährigen und 18-24-jährigen Männern problematisch ist.

4.2.7. Berechnung der fettfreien Masse getrennt dargestellt nach BMI Kategorien bei Frauen

Die erhobenen Werte wurden hierfür zunächst in die geschlechtsspezifischen Gleichungen gesetzt. Anschließend wurden die gemessenen Werte durch den BOD POD sowie die berechneten Werte nach BMI-Kategorien eingeteilt und in Korrelation gesetzt, um zu untersuchen, welche der beiden Formeln sich in welcher Kategorie für die Berechnung der fettfreien Masse besser geeignet.

Tabelle 26: Korrelation der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel und Ergebnissen der Bod Pod-Messungen; Frauen Adipositasgrad I

			BOD POD FFM (kg)	Segal FFM (kg)	Jimenez FFM (kg)
BOD POD FFM (kg)	Korrelation nach Pearson		1	,424	,432
	Signifikanz (2-seitig)			,194	,184
	N		11	11	11
Segal FFM (kg)	Korrelation nach Pearson		,424	1	,907**

	Signifikanz (2-seitig)	,194		,000
	N	11	11	11
Jimenez FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	,432	,907**	1
	Signifikanz (2-seitig)	,184	,000	
	N	11	11	11

** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

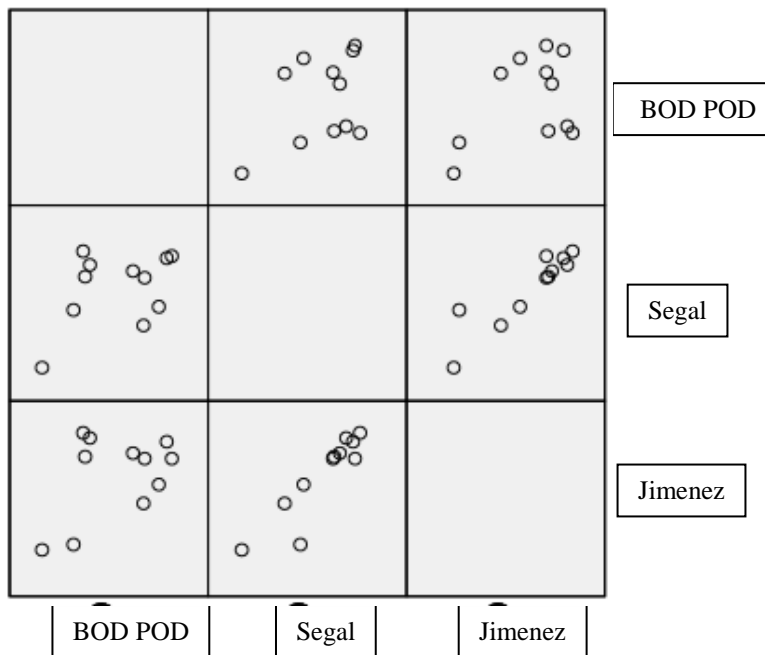


Abbildung 23: Scatterplot der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel verglichen mit BOD POD-Ergebnissen; Frauen Adipositasgrad I

Bei Frauen mit Adipositas Grad I korrelieren die berechneten und gemessenen Werte für die fettfreie Masse positiv miteinander. Am stärksten korrelieren hier die Werte berechnet durch die die Jimenez-Formel mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,432. Aufgrund der geringen Werteanzahl von 11 Messwerten ist eine Aussage über den Zusammenhang jedoch schwierig.

Tabelle 27: Korrelation der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel und Ergebnissen der Bod Pod-Messungen; Frauen Adipositasgrad II

Korrelationen		BOD POD FFM (kg)	Segal FFM (kg)	Jimenez FFM (kg)
BOD POD FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	1	,701**	,848**

	Signifikanz (2-seitig)		,002	,000
	N	17	17	17
Segal FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	,701**	1	,843**
	Signifikanz (2-seitig)	,002		,000
	N	17	17	17
Jimenez FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	,848**	,843**	1
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	
	N	17	17	17
**. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.				

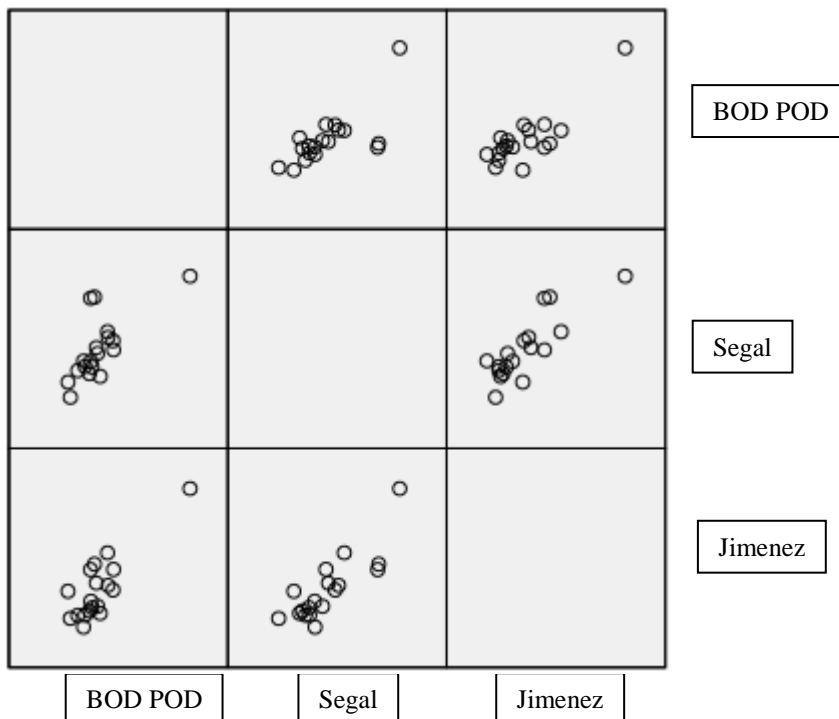


Abbildung 24: Scatterplot der fettfreien Masse errechnet mittels Segal und Jimenez-Formel verglichen mit BOD POD-Ergebnissen; Frauen Adipositasgrad II

Bei Frauen mit Adipositas Grad II ist der Zusammenhang zwischen der fettfreien Masse, welche durch die Jimenez-Formel berechnet wurde, und den gemessenen Werten durch den BOD POD am stärksten mit einem Korrelationskoeffizient von 0,848. Beide Korrelationen mit dem Bod Pod sind jedoch signifikant auf dem Niveau von 0,01.

Tabelle 28: Korrelation der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel und Ergebnissen der BOD POD-Messungen; Frauen Adipositasgrad III

		BOD POD	Segal	Jimenez
		FFM (kg)	FFM (kg)	FFM (kg)
BOD POD FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	1	,662**	,628**
	Signifikanz (2-seitig)		,000	,000
	N	37	37	37
Segal FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	,662**	1	,903**
	Signifikanz (2-seitig)	,000		,000
	N	37	37	37
Jimenez FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	,628**	,903**	1
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	
	N	37	37	37

** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

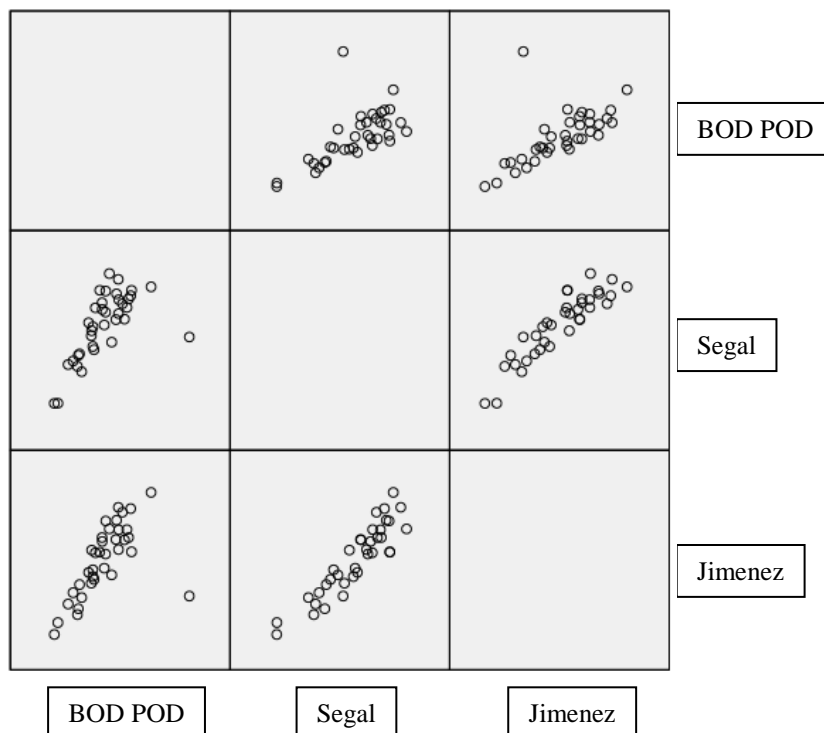


Abbildung 25: Scatterplot der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel verglichen mit BOD POD-Ergebnissen; Frauen Adipositasgrad III

Bei Frauen mit Adipositas Grad III herrscht zwischen den gemessenen Werten durch den BOD POD, sowie den berechneten Werten durch die Jiménez-Formel und die Segal-Formel eine signifikante Korrelation auf dem Niveau von

0,01. Am stärksten ist der Zusammenhang zwischen den berechneten Werten mit der Segal-Formel mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,662. Am Scatterplot ist erkennbar, dass die Korrelationen in Richtung eines linearen Zusammenhangs gehen.

4.2.8. Zusammenfassung der Berechnung der fettfreien Masse getrennt dargestellt nach BMI Kategorien bei Frauen

Bei Frauen, eingeteilt nach Adipositasgraden, hatte in der Gruppe mit Adipositasgrad III, welche anzahlmäßig die größte Gruppe darstellt, die Segal-Formel die höhere Korrelation. In den beiden unteren Kategorien mit weniger Messwerten, wies die Jimenez-Formel eine höhere Korrelation auf.

4.2.9. Berechnung der fettfreien Masse getrennt dargestellt nach BMI-Kategorien bei Männern

Tabelle 29: Korrelation der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel und Ergebnissen der Bod Pod-Messungen; Männer Adipositasgrad II

		BOD (FFM) kg	POD	Segal (kg)	FFM	Jimenez (kg)	FFM
BOD FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	1		,880**		,936**	
	Signifikanz (2-seitig)			,002		,000	
	N	9		9		9	
Segal (kg)	Korrelation nach Pearson	,880**		1		,975**	
	Signifikanz (2-seitig)	,002				,000	
	N	9		9		9	
Jimenez (kg)	Korrelation nach Pearson	,936**		,975**		1	
	Signifikanz (2-seitig)	,000		,000			
	N	9		9		9	
** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.							

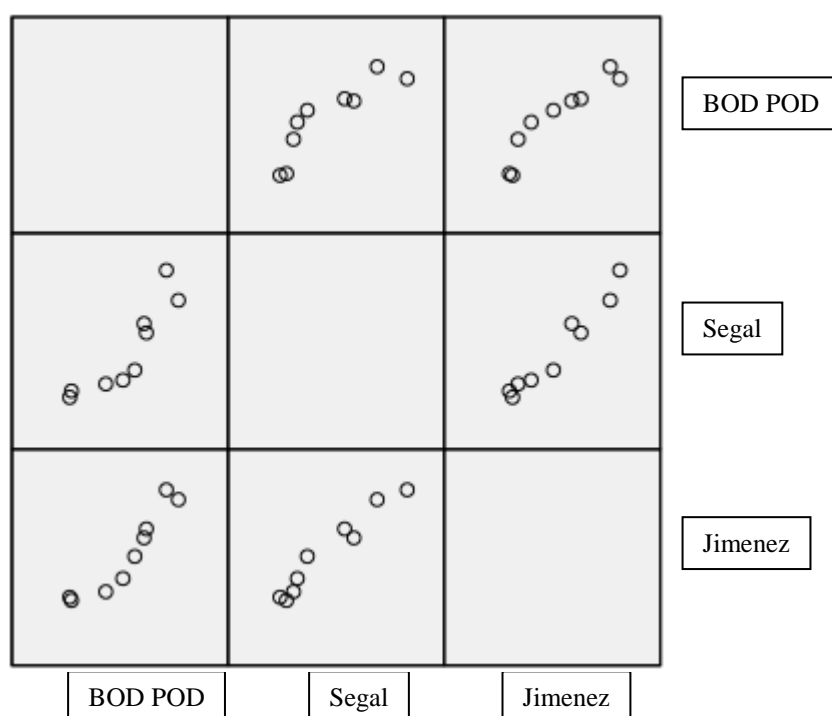


Abbildung 28: Scatterplot der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel verglichen mit BOD POD-Ergebnissen; Männer Adipositasgrad II

Bei Männern mit Adipositas Grad II korrelieren die mit dem BOD POD gemessenen Werte der Fettfreien Masse stark mit den berechneten Werten anhand der Jiménez-Formel und der Segal-Formel. Dies lässt sich aufgrund eines Korrelationskoeffizienten von mindestens 0,880 ableiten. Die Korrelationen sind jeweils auf dem Niveau von 0,01 signifikant. Am höchsten ist der Zusammenhang zwischen den gemessenen Werten durch den BOD POD und den berechneten Werten durch die Jiménez-Formel mit 0,936. Da es sich nur um 10 Messwerte handelt, ist eine Aussage über den Zusammenhang in dieser Gruppe schwierig.

Tabelle 30: Korrelation der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel und Ergebnissen der Bod Pod-Messungen; Männer Adipositasgrad III

			BOD POD FFM (kg)	Segal FFM (kg)	Jimenez FFM (kg)
BOD POD FFM (kg)	Korrelation nach Pearson		1	,557*	,642**
	Signifikanz (2-seitig)			,031	,010
	N		15	15	15
Segal FFM (kg)	Korrelation nach Pearson		,557*	1	,766**

	Signifikanz (2-seitig)	,031		,001
	N	15	15	15
Jimenez FFM (kg)	Korrelation nach Pearson	,642**	,766**	1
	Signifikanz (2-seitig)	,010	,001	
	N	15	15	15

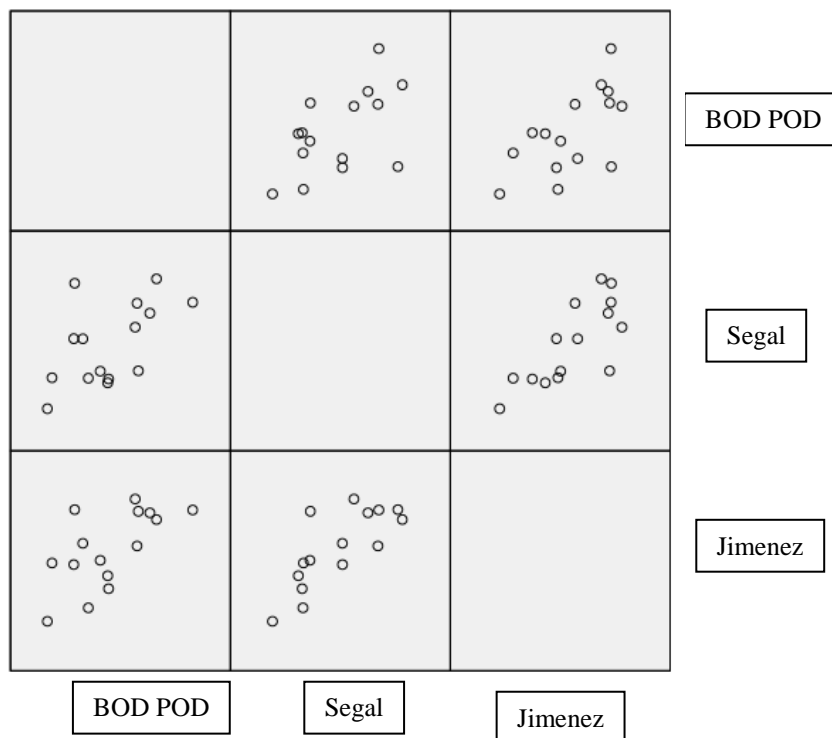


Abbildung 29: Scatterplot der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel verglichen mit BOD POD-Ergebnissen; Männer Adipositasgrad III

Mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,642 ist der Zusammenhang zwischen den gemessenen Werten durch den BOD POD und den berechneten Werten durch die Jiménez-Formel am stärksten. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 signifikant.

4.2.10. Zusammenfassung der Berechnung der fettfreien Masse getrennt dargestellt nach BMI-Kategorien bei Männern

Da es bei Männern nur eine Person mit Adipositasgrad I gibt, wurde diese Kategorie bei Männern nicht berücksichtigt. In den beiden anderen Adipositasgruppen wurde hingegen der stärkste Zusammenhang zwischen der Jimenez-Formel und dem Bod Pod gefunden.

4.3. Dreifaktorielle Varianzanalyse

Um mit einem Modell zu testen, welche der beiden Formeln sich für die Berechnung der fettfreien Masse bei Schwer-Adipösen eingeteilt nach Geschlecht, Alters- und BMI-Kategorien besser eignet, wurde eine dreifaktorielle Varianzanalyse gewählt. Es handelt sich dabei um ein Modell mit einer metrischen abhängigen Variable und den drei kategoriellen unabhängigen Variablen Geschlecht, Alterskategorie und BMI-Kategorie.

Für die abhängige Variable ergibt sich die Differenz der Beträge der Abstände der fettfreien Masse berechnet durch Segal- und Jimenez Formel von den Werten des Bod Pods. Ist dieser Wert positiv, so eignet sich die Jimenez-Formel besser, da die Abstände des Werts für die fettfreie Masse berechnet mit der Segal-Formel zum Bod Pod Wert zu groß wäre und umgekehrt.

$$AV = |FFM\%BP - FFM\%Segal| - |FFM\%BP - FFM\%Jimenez|$$

Wobei

FFM%BP... die fettfreie Masse in Prozent gemessen durch BOD POD

FFM%Segal... die fettfreie Masse berechnet durch die Segal Formel und umgerechnet in Prozent

FFM%Jimenez... die fettfreie Masse berechnet durch die Jimenez-Formel und umgerechnet in Prozent darstellt.

Zwischensubjektfaktoren

		N
	1,00	15
ALTKAT	2,00	52
	3,00	23
	1,00	12
BMIKAT	2,00	26
	3,00	52
	männlich	25
Geschlecht	weiblich	65

Tests der Zwischensubjekteffekte

Abhängige Variable: BP_{Segal}BP_{Jimenez}Prozent

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Korrigiertes Modell	432,538 ^a	15	28,836	3,508	,000
Konstanter Term	2,634	1	2,634	,320	,573
ALTKAT	72,647	2	36,324	4,419	,015
BMIKAT	3,174	2	1,587	,193	,825
Geschlecht	20,752	1	20,752	2,525	,116
ALTKAT * BMIKAT	13,166	4	3,291	,400	,808
ALTKAT * Geschlecht	2,349	2	1,175	,143	,867
BMIKAT * Geschlecht	16,029	2	8,015	,975	,382
ALTKAT * BMIKAT * Geschlecht	41,144	2	20,572	2,503	,089
Fehler	608,283	74	8,220		
Gesamt	1042,833	90			
Korrigierte Gesamtvariation	1040,821	89			

a. R-Quadrat = ,416 (korrigiertes R-Quadrat = ,297)

Um zu analysieren, welche Formel insgesamt besser ist, empfiehlt es sich zu prüfen, ob der konstante Term signifikant ist. Da der Konstante Term von 2,634 mit einem Signifikanzwert von $p < 0,573$ nicht signifikant ist, kann keine Aussage darüber getroffen werden, welche der Formeln sich für die Stichprobe insgesamt besser eignet.

Die Güte der beiden Formeln unterscheidet sich nicht innerhalb von Geschlecht und BMI-Kategorien, was an den Signifikanzwerten mit $p > 0,05$ beim F-Test abzulesen ist. Jedoch unterscheidet sich die Güte der Formeln zwischen den Alterskategorien, was an einem Signifikanzwert von $p < 0,015$ erkennbar ist. Demnach gibt es innerhalb der drei Altersgruppen einen Unterschied zwischen der Güte der Segal- und der Jimenez- Formel.

Daraus kann abgeleitet werden, dass das Alter eine Rolle bei der Berechnung der fettfreien Masse spielt. Der altersspezifische Unterschied lässt sich vermutlich auf die sich ändernde Körperzusammensetzung im Alter zurückführen. Die Qualität der Formeln ließe sich durch altersspezifische Formeln steigern bzw. durch Einbeziehung des Alters als Parameter bei der Jimenez Formel.

Betrachtet man die Koeffizienten des T-Tests, so zeigt sich, dass die Alterskategorie der 51-67-Jährigen auf den Wert von -2,580 zentriert wurde. In dieser Altersgruppe ist somit die Segal-Formel geeigneter, da die Beträge der Jimenez-Formel stärker vom BOD POD abweichen. Addiert man den Koeffizienten von den 18-24-Jährigen zu dem konstanten Term, erhält man einen positiven Koeffizienten. Deshalb eignet sich in dieser Altersgruppe die Jimenez Formel besser. Der Koeffizient der 25-50-Jährigen bleibt durch Addition des Wertes von 0,920 negativ und somit eignet sich in dieser Altersgruppe die Segal-Formel besser. Es gibt keine signifikanten Unterschiede zwischen den 18-24-Jährigen und 51-67-Jährigen, bzw. zwischen den 25-50-Jährigen und den 51-67-Jährigen, was durch die Signifikanzwerte von 0,134 bzw. 0,452 angezeigt wird.

5. Schlussbetrachtung

Viele Faktoren limitieren die valide Anwendung der BIA bei Schwer-Adipösen. Ein Faktor ist die Annahme eines konstanten Hydrationsgrads der fettfreien Masse. Ein steigender relativer Anteil des TBW und ein relativer Anstieg des Extrazellulärwassers resultieren in einer Unterschätzung des prozentuellen Körperfetts [DEURENBERG, 1996].

In der untersuchten Stichprobe konnten die Hypothesen, dass mit steigender Fettmasse das Gesamtkörperwasser steigt bzw. mit steigendem BMI (im Fall der Gruppe eingeteilt nach BMI-Kategorien war es die Fettmasse) die Unterschätzung der Fettmasse gemessen durch BIA steigt, nicht für alle analysierten Subgruppen verifiziert werden.

Demnach sind bei der Analyse getrennt nach Geschlecht die durchschnittlichen Werte für die Fettmasse sowie für den BMI bei Frauen höher als bei Männern, jedoch sind die durchschnittlichen Werte für die fettfreie Masse, Gesamtkörperwasser sowie die Unterschätzung der Fettmasse gemessen durch BIA bei Männern höher. Bei der Analyse nach Altersgruppen weist die Altersgruppe der 25-50-Jährigen den höchsten durchschnittlichen BMI, die höchste durchschnittliche Fettmasse sowie die höchste durchschnittliche fettfreie Masse und Gesamtkörperwasser auf. Die geringste Unterschätzung der Fettmasse gemessen durch BIA gegenüber dem BOD POD weist die Altersgruppe der 25-50-Jährigen auf. Die Betrachtung der unterschiedlichen Adipositasgrade zeigt, dass die durchschnittlichen Werte für die Fettmasse, fettfreie Masse, Gesamtkörperwasser sowie Unterschätzung der Fettmasse durch BIA in der Gruppe mit Adipositasgrad III am höchsten ist.

Für die Hypothese, je höher die Fettmasse, desto höher das Gesamtkörperwasser und somit die fettfreie Masse, konnten in sieben Subgruppen lineare bzw. Zusammenhänge anderer Art gefunden werden.

In der Gruppe der Frauen, sowie in den Altersgruppen der 18-24-Jährigen bzw. 51-67-Jährigen konnte ein positiver linearer Zusammenhang gefunden werden: Je höher die Fettmasse, desto höher das Gesamtkörperwasser. Bei den 25-50-Jährigen, sowie in der Gruppe mit Adipositasgrad III war ein Zusammenhang ähnlich einem umgekehrten C zu erkennen. Das heißt, Werte die im unteren Bereich der Fettmasse liegen, weisen sowohl niedrige als auch hohe Werte für Gesamtkörperwasser auf. In der Gruppe mit Adipositasgrad II konnte ein negativer linearer Zusammenhang gefunden werden, das heißt, hier gilt, je höher die Fettmasse, desto niedriger das Gesamtkörperwasser. In der Gruppe mit Adipositasgrad I konnte ein Zusammenhang parallel zur X-Achse gefunden werden.

Für die Hypothese je höher der BMI, desto höher die Unterschätzung der Fettmasse konnte in drei Fällen ein Zusammenhang gefunden werden: Bei Frauen lag ein Zusammenhang vor, der einer Geraden parallel zur Y-Achse

glich. Das heißt hier gilt anscheinend, dass bei steigendem BMI die Unterschätzung der Fettmasse gleich bleibt. Dasselbe gilt für die Gruppe der 25-50-Jährigen. In der Gruppe mit Adipositasgrad II konnte ein positiver linearer Zusammenhang konstatiert werden: Je höher die Fettmasse, desto höher die Unterschätzung der Fettmasse.

Um zu untersuchen, welche der beiden Formeln, Segal oder Jimenez, sich für die Berechnung der fettfreien Masse bei den schwer-adipösen Personen in dieser Stichprobe besser eignet, wurde die fettfreie Masse durch die Segal- bzw. Jimenez-Formel berechnet und anschließend analysiert, welche dieser Ergebnisse der fettfreien Masse stärker mit den Werten gemessen durch den BOD POD korrelierten. Anschließend wurden diese vermuteten Zusammenhänge mit einer dreifaktoriellen Varianzanalyse überprüft. Die Analyse der Korrelationen der Gesamtstichprobe eingeteilt nach Geschlecht ergibt, dass sowohl bei Männern als auch bei Frauen die fettfreie Masse berechnet mit der Jimenez Formel am stärksten mit der fettfreien Masse gemessen durch den BOD POD korreliert. Eingeteilt nach Altersgruppen zeigte häufiger die Segal-Formel eine höhere Korrelation. Mit Ausnahme bei 18-24-jährigen Frauen: Hier korrelierte die Jimenez-Formel besser. Berechnete man die Korrelationen in Abhängigkeit von BMI-Kategorien, so zeigte fast immer die Jimenez-Formel eine stärkere Korrelation. Jedoch bei Frauen mit Adipositasgrad III, korrelierte die Segal Formel besser mit den Werten für die fettfreie Masse des BOD PODs.

Dass in der Alterskategorie der 18-24-Jährigen die Jimenez-Formel geeigneter ist und sich in den anderen beiden Altersgruppen die Segal-Formel bewährt, wurde auch durch die dreifaktorielle Varianzanalyse bestätigt, jedoch in diesem Fall bei Männern und bei Frauen. Dass die Segal Formel in zwei Alterskategorien genauere Ergebnisse für die Zielgröße liefert, liegt vermutlich an der Tatsache, dass das Alter als Parameter in der Segal Formel hinzugezogen wird, in der Jimenez Formel jedoch nicht.

Die wesentlichen Outputs können so zusammengefasst werden, dass die BIA zur Bestimmung der Körperzusammensetzung an schwer Adipösen in dieser Stichprobe nur bedingt geeignet ist, da ein Vergleich von BIA und BOD POD Daten zeigte, dass die Fettmasse in allen Subgruppen durch BIA unterschätzt wurde. Die Anwendung spezifischer Formeln für Adipöse könnte diesem Effekt zwar Abhilfe schaffen, ein Vergleich der Fettmasse berechnet anhand zweier Formeln mit den Ergebnissen des Bod Pods lieferte jedoch keine eindeutige Aussage darüber, welche Formel geeigneter ist.

6. Zusammenfassung

Im Zuge des Adipositas-Therapie-Programmes am Psychosomatischen Zentrum Eggenburg wurde von 1. Juni 2010 bis 10. April 2013 die Veränderung der Körperzusammensetzung von Schwer-Adipösen dokumentiert. 93 Patienten mit einem durchschnittlichen BMI von $41,35 \pm 5,81 \text{ kg/m}^2$ wurden untersucht. Anhand dieser Daten wurde in der vorliegenden Arbeit mittels statistischer Methoden die Validität der BIA zur Messung der Körperzusammensetzung in dieser Stichprobe ermittelt.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Unterschätzung der Fettmasse durch BIA bei Männern, trotz geringerem BMI und geringerer Fettmasse am höchsten ist. Dies wird in der Literatur bestätigt. Ein Vergleich der Alterskategorien zeigt, dass die Gruppe der 51-67-Jährigen, welche die geringste durchschnittliche Fettmasse und den niedrigsten BMI haben, die höchste Unterschätzung aufweisen. In dieser Gruppe gilt außerdem der Zusammenhang, je höher die Fettmasse, desto höher das Gesamtkörperwasser. Vergleicht man die unterschiedlichen Adipositasgrade zeigte die Gruppe mit Adipositasgrad III, welche im Vergleich zu den anderen Gruppen den höchsten BMI und Fettmasse aufweist, die höchste Unterschätzung. In dieser Gruppe gilt, dass die Werte die im unteren Bereich der Fettmasse liegen sowohl niedrige als auch hohe Werte für

Gesamtkörperwasser bedingen können. Es ist jedoch zu beachten, dass es sich hier durchwegs um schwer-adipöse Personen handelt, weshalb ein Vergleich der Mittelwerte mit Normalgewichtigen viel deutlicher wäre.

Die Hypothesen, dass mit steigender Fettmasse das Gesamtkörperwasser steigt, sowie dass mit steigendem BMI die Unterschätzung der Fettmasse gemessen durch BIA steigt, konnte nicht für jede Untergruppe verifiziert werden. Zumal da Aussagen über den Zusammenhang aufgrund der geringen Größe der Gruppen schwierig waren.

Insgesamt lassen sich nur bedingt Aussagen darüber treffen, welchen Einfluss die Variablen Geschlecht, Alter und BMI auf die Unterschätzung der Fettmasse gemessen durch BIA haben.

Die Werte für die fettfreie Masse berechnet mit speziell für übergewichtige Personen entwickelten Formeln durch Segal und Jimenez korrelierten in dieser Stichprobe mit einem Korrelationskoeffizienten zwischen $r = 0,421-0,887$ bzw. $r = 0,370-0,642$ mit den Werten geschätzt durch den BOD POD. Laut der dreifaktoriellen Varianzanalyse gibt es weder einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Formeln insgesamt, noch hinsichtlich BMI-Kategorien. Formelspezifisch Unterschiede gibt es jedoch bezüglich Geschlecht und Alterskategorien. Interessant wäre in diesem Fall noch ein Vergleich mit Daten und einer Formel für Normalgewichtige.

Da es sich in der vorliegenden Arbeit um eine relativ kleine heterogene Gruppe Adipöser handelt, ist die Bewertung der Berechnung der fettfreien Masse mittels Segal- und Jimenez Formel schwierig. Die Ergebnisse sollten daher in prospektiven Studien mit größerer Probandenzahl weiter überprüft werden. Die Ergebnisse könnten für die Schätzung der Körperzusammensetzung Adipöser in Zukunft wichtig sein.

7. Literatur

Aslam M, Eckhauser A W, Dorminy C A, Dossett C M, Choi Leena, Buchowski M S: Assessing body fat changes during moderate weight loss with anthropometry and bioelectrical impedance. *Obesity Research & Clinical Practice* 2009; 3: 209-219.

Baumgartner RN, Chumlea CW, PhD; Roche AF: Bioelectric impedance phase angle and body composition. *Am J Clin Nutr* 1988 ; vol. 48 no. 1 16-23.

Biesalski H-K, Grimm P. Taschenatlas Ernährung. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2011.

Bischoff S C, Betz C: Übergewicht im Erwachsenenalter. In: Ernährungsmedizin (Biesalski HK, Bischoff SC, Puchstein C, Hsg.), Georg Thieme Verlag, Stuttgart; 2010.

Bolanowski M, Nilsson BE: Assessment of human body composition using dual-energy x-ray absorptiometry and bioelectrical impedance analysis. *Med Sci Monit.* 2001 Sep-Oct;7(5):1029-33.

Das K S, Roberts S B, Kehayias J J, Wang J, Hsu L K G, Shikora S A, Saltzman E, MCCrory M A: Body composition assessment in extreme obesity and after massive weight loss induced by gastric bypass surgery. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2003; 284: E 1080-E1088.

Das K S: Body composition measurement in severe obesity. *Clinical Nutrition and Metabolic Care* 2005; Volume 8, Issue 6: 602-606.

Data Input: Geräte, Software und Seminare zur Bioelektrischen Impedanz Analyse BIA. Internet: <http://www.data-input.de/bia/deutsch/startseite.php>. Stand: 15.7.2014.

De Gonzalez A B, Hartge P, Cerhan J R et.al.: Body-Mass Index and Mortality among 1.46 Million White Adults. N Engl J Med 2010; 363: 2211-9.

Dempster P, Aitkens S.: A new air displacement method for the determination of human body composition. Med Sci Sports Exerc. 1995 ;27(12):1692-7.

Deurenberg P: Limitations of the bioelectrical impedance method for the assessment of body fat in severe obesity. American Journal of Clinical Nutrition 1996; 64: 449-452.

Deutsche Adipositasgesellschaft: Leitlinien der Arbeitsgemeinschaft Adipositas im Kindes- und Jugendalter (AGA). München, Ulm 2012. Internet: http://www.adipositasgesellschaft.de/fileadmin/PDF/Leitlinien/AGA_S2_Leitlinie.pdf (Stand: 24.12.2013).

Donini M L, Poggiogalle E, Balzo V, Lubrano C, Faliva M, Opizzi A, Perna S, Pinto A, Rondanelli M: How to estimate fat mass in overweight and obese subjects. International Journal of Endocrinology 2013; 1-9.

Eisenkölbl J, Kartasurya M, Widhalm K: Underestimation of percentage fat mass measured by bioelectrical impedance analysis compared to dual energy X-ray absorptiometry method in obese children. European Journal of Clinical Nutrition 2001, 55(6):423-429.

Ellis K J: Human body composition: in vivo methods. Physiol Rev. 2000; 80(2):649-80.

Elmadfa I. Ernährungslehre. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 2004.

Elmadfa I, Hasenegger V, Wagner K et. al. (2012). Österreichischer Ernährungsbericht 2012. 1. Auflage, Wien.

Elmadfa I und Leitzmann C. Ernährung des Menschen; Eugen Ulmer Verlag; Stuttgart, 2004.

Fields A D, Goran M I, McCrory A M: Body-composition assessment via air-displacement plethysmography in adults and children: a review. *American Journal of Clinical Nutrition* 2002; 75: 453-467.

Fischer H, Lembcke B. Die Anwendung der bioelektrischen Impedanzanalyse (BIA) zur Beurteilung der Körperzusammensetzung und des Ernährungszustandes. *Innere Medizin Akutell* 1991, 18 (1/91), 13-17.

Flegal K M, Kit B K, Orpana H, Graubard B I: Association of all-cause mortality with overweight and obesity using standard body mass index categories: A systematic review and meta-analysis. *JAMA* 2013; 309:71-82.

Frisard M I, Greenway F L, DeLany J P: Comparison of Methods to Assess Body Composition Changes during a Period of Weight Loss. *Obesity Research* 2005; Vol. 13 No 5: 845-854.

Ginde S R, Geliebter A, Rubiano F, Silva A M, Wang J, Heshka S, Heymsfield S B: Air Displacement Plethysmography: Validation in Overweight and Obese Subjects. *Obesity Research* 2005; Vol. 13 No. 7: 1232–1237.

Gnauer S: Ernährungstherapie bei Adipositas per magna. Universität Wien 2014.

Goele K, A. Bösy-Westphal¹, E. Kossel², C. C. Glüer², M. Heller³, B. Rümcker¹, M. J. Müller¹: Relative Validity and Precision of Bioelectrical Impedance Analysis to Assess Changes in Body Composition During Weight Loss in Adipose Patients. *Aktuelle Ernährungsmedizin* 2008; 33(6): 284-290.

Horie LM, Barbosa-Silva MC, Torrinhas RS, De Mello MT, Cecconello I, Waitzberg DL. New body fat prediction equations for severely obese patients. *Clin Nutr.* 2008; 27:350–6.

Houtkooper L B, Lohman T G, Going S B, Howell W H: Why bioelectrical impedance analysis should be used for estimating adiposity. *Am J Clin Nutr* 1996; 64: 436-448.

Huth K, Kluthe R. *Lehrbuch der Ernährungstherapie*. Georg Thieme Verlag; Stuttgart, 1995.

Jiménez A, Omaña W, Flores L, Coves M J, Bellido D, Perea V, Vidal J: Prediction of Whole-Body and Segmental Body Composition by Bioelectrical Impedance in Morbidly Obese Subjects. *Obesity Surgery* 2012; Volume 22, Issue 4: 587-593.

Kalra S, Mercuri M, Anand SS: Measures of body fat in South Asian adults. *Nutrition & Diabetes* 2013; 3 e69: 1-5.

Kushner F R, Schoeller D A: Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition* 1986; 44: 417-424.

Lean M E J, Han T S, Morrison C E: Waist circumference as a measure for indicating need for weight management. *BMJ* 1995; 311:158-61.

Leitzmann C, Müller C, Michel P, Brehme U, Hahn A, Laube H: *Ernährung in Prävention und Therapie*. Hippokrates Verlag, Stuttgart, 2003; 3.

Lohmann TG, Houtkooper LG, Going SB: Body fat measurement goes hi-tech: not all are created equal. *ACSMS Health Fit J* 1 1997; 30-35.

Lukaski HC, Johnson PE, Bolonchuk WW, Lykken GI.: Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *Am J Clin Nutr.* 1985; 41(4):810-7.

Müller M, Mast M, Bosy-Westphal A, Danielzik S: Diagnostik und Epidemiologie. In: Übergewicht und Adipositas (Petermann, Pudiel Hrsg.). Göttingen: Hogrefe-Verlag, 2003.

National Research Council (NRC). Implications for Reducing Chronic Diseases Risk. The National Academies Press, Washington, DC, 1989.

Neovius M, Hemmingsson E, Freyschuss B, Udden J: Bioelectrical impedance underestimates total and truncal fatness in abdominally obese women. *Obesity* 2006; 14(10): 1731-1738.

McNeill G, Fowler P A, Maughan R J, McGaw B A, Fuller M F, Gvozdanovic D, Gvozdanovic S: Body fat in lean and overweight women estimated by six methods. *British Journal of Nutrition* 1991; 65: 95-103.

Okorodudu DO, Jumean MF, Montori VM, Romero-Corral A, Somers VK, Erwin PJ, Lopez-Jimenez F. Diagnostic performance of body mass index to identify obesity as defined by body adiposity: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Obesity* 2010; 34 (5): 791-799.

Peterson M J, Czerwinski S A, Siervogel R M: Development and validation of skinfold-thickness prediction equations with a 4-compartment model. *Am J Clin Nutr* 2003; 77(5):1186-91.

Pirlich M, Norman K. Bestimmung der Körperzusammensetzung. In: Ernährungsmedizin (Biesalski HK, Bischoff SC, Puchstein C, Hsg.), Georg Thieme Verlag, Stuttgart; 2010.

Rust P, Hoffmann G: Leben Übergewichtige wirklich länger? *Nutrition News* 2013; 2: 10-12.

Segal K R, Loan M V, Fitzgerald P I, Hodgdon J A, Itallie T B V: Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: a four-site cross-validation study. *Am J Clin Nutr* 1988; 47: 7-14.

Sierra-Johnson J, Johnson BD, Bailey KR, Turner ST. Relationships between-insulin sensitivity and measures of body fat in asymptomatic men and women. *Obes Res* 2004;12:2070–2077.

Stevens J, Couper D, Pankow J, Folsom A, Duncan B, Nieto F et. al.: Sensitivity and specificity of anthropometrics for the prediction of diabetes in a biracial cohort. *Obes Res* 2001; 9 : 696–705.

Stevens J, McClain JE, Truesdale KP: Selection of measures in epidemiologic studies of the consequences of obesity. *International Journal of Obesity* 2008; 32: 60-66.

Sun SS, Chumlea WC, Heymsfield SB, Lukaski HC, Schoeller D, Friedl K, Kuczmarski RJ, Flegal KM, Johnson CL, Hubbard VS.: Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *Am J Clin Nutr* 2003; 77(2):331-40.

Talma H, Chinapaw M J M, Bakker B, HiraSing R A, Terwee C B, Altenburg T M: Bioelectrical impedance analysis to estimate body composition in children and adolescents: a systematic review and evidence appraisal of validity, responsiveness, reliability and measurement error. *Obesity Reviews* 2013; Volume 14, Issue 11: 895–905.

Verdich C, Barbe P, Petersen M, Grau K, Ward L, Macdonald I, Sorensen T I A, Opert J M: Changes in body composition during weight loss in obese subjects in the NUGENOB study: Comparison of bioelectrical impedance vs. dual-energy X-ray absorptiometry. *Diabetes and Metabolism* 2011; 37: 222-229.

Vescovi J D, Zimmermann S I, Miller W C, Hildebrandt L, Hammer R L, Fernhall B: Evaluation of the BOD POD for estimating percentage body fat in a heterogeneous group of adult humans. *Eur J Appl Physiol* 2001; 85: 326-332.

Wang ZM, Deurenberg P, Wang W, Pietrobelli A, Baumgartner RN, Heymsfield SB: Hydration of fat-free body mass: review and critique of a classic body-composition constant. Am J Clin Nutr May 1999 vol. 69 no. 5 833-841.

WHO, Global Database on Body Mass Index: BMI classification. Internet: http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html. Stand: 30.11.2013a.

WHO, Regional Office for Europe: Data and Statistics. Internet: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/noncommunicable-diseases/obesity/data-and-statistics> Stand: 20.12.2013b.

WHO, Global Health Observatory (GHO): Mean Body Mass Index. Internet: http://www.who.int/gho/ncd/risk_factors/bmi_text/en/ Stand: 20.12.2013c.

Zhu S, Heymsfield SB, Toyoshima H, Wang Z, Pietrobelli A, Heshka S. Race-ethnicity-specific waist circumference cutoffs for identifying cardiovascular disease risk factors. Am J Clin Nutr 2005; 81: 409–415.

8. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einteilung des Körpergewichts nach BMI laut WHO-Kriterien [Quelle: WHO, 2013a]	7
Tabelle 2: Einteilung des Körperfettanteils [Quelle: Lohmann et.al. 1997].....	14
Tabelle 3: Methoden zur Erfassung der Körperkompartimente [Quelle: PIRLICH und NORMAN, 2010]]	14
Tabelle 4: Messparameter- und verfahren	35
Tabelle 5: Alters- und BMI-Verteilung	36
Tabelle 6: Geschlechterverteilung	37
Tabelle 7: Charakteristika der durchschnittlichen Messwerte der Messzeitpunkte t1, t2, t5	38
Tabelle 8: Vergleich von Mittelwerten (MW), Standardabweichungen (SD) und Konfidenzintervallen (KI) von Alter, BMI, FM, FFM, TBW nach Geschlecht.....	40
Tabelle 9: Korrelation Fettmasse (FM) und Gesamtkörperwasser (TBW) getrennt dargestellt nach Geschlecht	42
Tabelle 10: Korrelation zwischen BMI und Unterschätzung der Fettmasse getrennt dargestellt nach Geschlecht	43
Tabelle 11: Vergleich von Mittelwerten (MW), Standardabweichungen (SD) und Konfidenzintervallen (KI) von BMI, FM, FFM, TBW nach Alterskategorien (ALTKAT)	46
Tabelle 12: Korrelation TBW und FM getrennt dargestellt nach Altersgruppen	48
Tabelle 13: Korrelation BMI und Unterschätzung der Fettmasse getrennt dargestellt nach Alterskategorien	50
Tabelle 14: Einteilung BMI-Kategorien in Adipositasgraden.....	53
Tabelle 15: Vergleich von Mittelwerten (MW), Standardabweichungen (SD) und Konfidenzintervallen (KI) von Alter, FM, FFM, TBW nach Adipositasgraden (AG).....	53
Tabelle 16: Korrelation zwischen FM und TBW getrennt dargestellt nach Adipositasgraden	56

Tabelle 17: Korrelation FM und Unterschätzung der FM getrennt dargestellt nach Adipositasgraden	58
Tabelle 18: Korrelation der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel und Ergebnissen der BOD POD -Messungen; Frauen insgesamt.....	61
Tabelle 19: Korrelation der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel und Ergebnissen der BOD POD -Messungen; Männer insgesamt	62
Tabelle 20: Korrelation der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel und Ergebnissen der Bod Pod-Messungen; 18-24-jährige Frauen	63
Tabelle 21: Korrelation der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel und Ergebnissen der Bod Pod-Messungen; 25-50-jährige Frauen	64
Tabelle 22: Korrelation der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel und Ergebnissen der BOD POD-Messungen; 51-67-jährige Frauen.....	65
Tabelle 23: Korrelation der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel und Ergebnissen der Bod Pod-Messungen; 18-24-jährige Männer.....	67
Tabelle 24: Korrelation der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel und Ergebnissen der Bod Pod-Messungen; 25-50-jährige Männer.....	68
Tabelle 25: Korrelation der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel und Ergebnissen der Bod Pod-Messungen; 51-67-jährige Männer.....	69
Tabelle 26: Korrelation der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel und Ergebnissen der Bod Pod-Messungen; Frauen Adipositasgrad I.....	70
Tabelle 27: Korrelation der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel und Ergebnissen der Bod Pod-Messungen; Frauen Adipositasgrad II.....	71
Tabelle 28: Korrelation der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel und Ergebnissen der BOD POD-Messungen; Frauen Adipositasgrad III.....	73
Tabelle 29: Korrelation der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel und Ergebnissen der Bod Pod-Messungen; Männer Adipositasgrad II.....	74
Tabelle 30: Korrelation der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel und Ergebnissen der Bod Pod-Messungen; Männer Adipositasgrad III.....	75

9. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Korrelation zwischen FM gemessen durch BIA und BOD POD	39
Abbildung 2: FM gemessen durch BIA und BOD POD getrennt dargestellt nach Geschlecht (Männer links, Frauen rechts).....	42
Abbildung 3: Scatterplot TBW und FM getrennt dargestellt nach Geschlecht (Männer links, Frauen rechts).....	42
Abbildung 4: Scatterplot BMI und Unterschätzung der FM durch BIA getrennt dargestellt nach Geschlecht (Männer links, Frauen rechts).....	44
Abbildung 5: FM gemessen durch BIA und BOD POD bei den 18-24-Jährigen (ALTKAT 1).....	47
Abbildung 6: FM gemessen durch BIA und BOD POD bei den 25-50-Jährigen (ALTKAT 2).....	47
Abbildung 7: FM gemessen durch BIA und BOD POD bei den 51-67-Jährigen (ALTKAT 3).....	48
Abbildung 8: Scatterplot TBW und FM nach Alterskategorien getrennt dargestellt (ALTKAT1 links oben, ALTKAT2 rechts oben, ALTKAT3 unten).....	49
Abbildung 9: Scatterplot Unterschätzung der Fettmasse und BMI getrennt dargestellt nach Alterskategorien (ALTKAT 1 links oben, ALTKAT 2 rechts oben, ALTKAT 3 unten.....	51
Abbildung 10: FM gemessen durch BIA und BOD POD in der Gruppe mit Adipositasgrad I.....	54
Abbildung 11: FM gemessen durch BIA und BOD POD in der Gruppe mit Adipositasgrad II.....	55
Abbildung 12: FM gemessen durch BIA und BOD POD in der Gruppe mit Adipositasgrad III.....	55
Abbildung 13: Scatterplot TBW und FM im Vergleich getrennt dargestellt nach Adipositasgraden (links oben AG I, rechts oben AG II, unten AG III).....	56
Abbildung 14: Scatterplot Vergleich der Unterschätzung der Fettmasse und FM getrennt dargestellt nach Adipositasgraden (links oben AG I, rechts oben AG II, unten AG III).....	58
Abbildung 15: Scatterplot der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel verglichen mit BOD POD -Ergebnissen; Frauen insgesamt	61
Abbildung 16: Scatterplot der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel verglichen mit BOD POD Ergebnissen; Männer insgesamt	62

Abbildung 17: Scatterplot der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel verglichen mit BOD POD-Ergebnissen; 18-24-jährige Frauen.....	64
Abbildung 18: Scatterplot der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel verglichen mit BOD POD-Ergebnissen; 25-50-jährige Frauen.....	65
Abbildung 19: Scatterplot der fettfreien Masse errechnet mittels Segal und Jimenez-Formel verglichen mit BOD POD-Ergebnissen; 51-67-jährige Frauen.....	66
Abbildung 20: Scatterplot der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel verglichen mit BOD POD-Ergebnissen; 18-24-jährige Männer	67
Abbildung 21: Scatterplot der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel verglichen mit BOD POD-Ergebnissen; 25-50-jährige Männer	68
Abbildung 22: Scatterplot der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel verglichen mit BOD POD-Ergebnissen; 51-67-jährige Männer	69
Abbildung 23: Scatterplot der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel verglichen mit BOD POD-Ergebnissen; Frauen Adipositasgrad I.....	71
Abbildung 24: Scatterplot der fettfreien Masse errechnet mittels Segal und Jimenez-Formel verglichen mit BOD POD-Ergebnissen; Frauen Adipositasgrad II	72
Abbildung 25: Scatterplot der fettfreien Masse errechnet mittels Segal- und Jimenez-Formel verglichen mit BOD POD-Ergebnissen; Frauen Adipositasgrad III	73

ANGABEN ZUR PERSON

Riedl Daniela, Bakk.Bakk.

SCHUL- UND BERUFSBILDUNG

März 2012 – Heute
Voraussichtlicher
Abschluss: Juni 2014

Master of Science

Institut für Ernährungswissenschaften, Wien

- Spezialisierung: Public Health Nutrition
- Thema der Masterarbeit: Evaluierung diverser Methoden zur Messung der Körperzusammensetzung bei Adipösen

Oktober 2007 – Februar
2012

Bachelor of Science

Institut für Ernährungswissenschaften, Wien

Thema der Bachelorarbeit: Diabetes mellitus Typ 2 bei übergewichtigen Kindern

April 2010 – Juli 2010

Auslandssemester

Institut für Ernährungswissenschaften, Friedrich Schiller Universität Jena

Oktober 2006 – November
2009

Bakk. phil.

Institut für Publizistik- und Kommunikationswissenschaften, Wien

Spezialisierung: PRINT, TV, Kommunikationsforschung

Thema der Bakkalaureatsarbeit: Zeitungssterben durch E-Paper?

September 2002 – Mai
2006

BORG Matura
Bundesoberstufenrealgymnasium, Mistelbach
Matura am 29. Mai 2006 mit gutem Erfolg bestanden

BERUFSERFAHRUNG

Dezember 2012 – Dezember 2013
September 2011 - Jänner 2012

Bayer Austria
Mitarbeiterin in der Unternehmenskommunikation

August 2012 - September 2012 /
Juli 2011 - August 2011

Bayer Austria
Ferialpraktikantin in der Unternehmenskommunikation

Juli 2006 - August 2006

Bezirksblatt Mistelbach
Ferialpraktikum als Journalistin

SONSTIGE FÄHIGKEITEN

Sprachkenntnisse:

Deutsch: Muttersprache
Englisch: verhandlungssicher
Spanisch, Französisch, Tschechisch: Grundkenntnisse

Microsoft Office 2010, Adobe Photoshop, Adobe Illustrator, SPSS

Interessen:

Ausdauersport: zweimalige Teilnahme am Wachauer Halbmarathon,
Teilnahme am Vienna City Marathon 2014

Sprachen: Sprachreisen: Dublin, London, Barcelona