

Aus dem Institut für Biochemie und Biologie, Fachgebiet Humanbiologie,
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Potsdam

DISSERTATION

"Körperbau, Körperzusammensetzung und Ernährungsgewohnheiten bei Erwachsenen in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht"

zur Erlangung des akademischen Grades

doctor rerum naturalium

(Dr. rer. nat.)

vorgelegt der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Potsdam

von

Ulrike Trippo

geb. am 29.05.1969 in Berlin

Dekan: Prof. Dr. R. Oberhänsli

Gutachter: Prof. Dr. H. Greil

Prof. Dr. G. Hauser

Prof. Dr. C. Niemitz

eingereicht: September 2000

Datum der Promotion: 07.12.2000

Inhaltsverzeichnis

I.	Abkürzungsverzeichnis	
II.	Abbildungsverzeichnis	
III.	Tabellenverzeichnis	
1.	Einleitung	1
2.	Zielstellung	7
3.	Probanden und Methodik	9
3.1.	Stichprobencharakterisierung	9
3.2.	Untersuchungsmethodik	10
3.2.1.	Durchführung der Untersuchungen	10
3.2.2.	Bestimmung von Körperbaumaßen	11
3.2.3.	Einschätzung der Körperzusammensetzung	16
3.2.3.1.	Bestimmung der Körpermasse	16
3.2.3.2.	Indizes zur Beurteilung von Körpermasse und Körperzusammensetzung	16
3.2.3.3.	Einschätzung von Gesamtkörperfett und Magermasse aus der subkutanen Fettschichtdicke	18
3.2.3.4.	Einschätzung von Gesamtkörperfett und Magermasse mittels bioelektrischer Impedanzanalyse	21
3.2.3.5.	Anthropometrische Bestimmung der Komponenten Fett-, Muskel-, Skelett- und Restmasse	24
3.2.4.	Lebensmittelverzehr und daraus berechnete Energie- und Nährstoffaufnahme	26
3.3.	Mathematisch-statistische Auswertung	26
4.	Ergebnisse	28
4.1.	Körperbaumaße	28
4.1.1.	Altersspezifik von Körperbaumaßen	28
4.1.1.1.	Längenmaße	28
4.1.1.2.	Umfangs-, Breiten- und Tiefenmaße	31
4.1.2.	Sexualdimorphismus von Körperbaumaßen	35
4.1.2.1.	Längenproportionen	36
4.1.2.2.	Umfangs-, Breiten- und Tiefenproportionen	37
4.2.	Körperzusammensetzung	40
4.2.1.	Körpermasse	40
4.2.1.1.	Altersspezifik der Körpermasse	40
4.2.1.2.	Geschlechtsspezifik der Körpermasse	41
4.2.2.	Gesamtkörperfettanteil und Magermasse	41
4.2.2.1.	Indizes zur Einschätzung von Körpermasse und Gesamtkörperfett	41
4.2.2.2.	Mittlere Fettschichtdicke und Hautfaltendicken	46

4.2.2.3.	Resistance und Reactance	49
4.2.2.4.	Ergebnisse zum Methodenvergleich aus der Hautfaltendickenmessung	51
4.2.2.5.	Ergebnisse zum Methodenvergleich aus der BIA	54
4.2.2.6.	Vergleich der Ergebnisse der verschiedenen Methoden zum Gesamtkörperfettanteil	57
4.2.2.7.	Altersspezifik von Gesamtkörperfettanteil und Magermasse	60
4.2.2.8.	Geschlechtsspezifik von Gesamtkörperfettanteil und Magermasse	62
4.2.3.	Parameter zur Einschätzung des Muskelanteils	64
4.2.3.1.	Altersspezifik der Parameter zur Einschätzung des Muskelanteils	64
4.2.3.2.	Geschlechtsspezifik der Parameter zur Einschätzung des Muskelanteils	64
4.2.4.	Parameter zur Einschätzung des Skelettanteils	65
4.2.4.1.	Altersspezifik der Parameter zur Einschätzung des Skelettanteils	65
4.2.4.2.	Geschlechtsspezifik der Parameter zur Einschätzung des Skelettanteils	65
4.2.5.	Restmasse	66
4.2.5.1.	Altersspezifik der Restmasse	67
4.2.5.2.	Geschlechtsspezifik der Restmasse	67
4.3.	Energie- und Nährstoffaufnahme	67
4.3.1.	Altersspezifik der Energie- und Nährstoffaufnahme	67
4.3.1.1.	Energieaufnahme	67
4.3.1.2.	Nährstoffaufnahme	68
4.3.2.	Geschlechtsspezifik der Energie- und Nährstoffaufnahme	72
4.3.2.1.	Energieaufnahme	72
4.3.2.2.	Nährstoffaufnahme	72
4.3.3.	Energieaufnahme im Vergleich zu ausgewählten Parametern des Ernährungszustandes	73
5.	Diskussion	75
5.1.	Körperbaumaße	75
5.1.1.	Längenmaße	75
5.1.2.	Umfangs-, Breiten- und Tiefenmaße	76
5.2.	Körperzusammensetzung	79
5.2.1.	Körpermasse	79
5.2.2.	Gesamtkörperfett und Magermasse	81
5.2.2.1.	Indizes zur Einschätzung von Körpermasse und Gesamtkörperfett	81
5.2.2.2.	Mittlere Fettschichtdicke und Hautfaltendicken	86
5.2.2.3.	Resistance und Reactance	86
5.2.2.4.	Diskussion zum Methodenvergleich aus der Hautfaltendickenmessung	87
5.2.2.5.	Diskussion zum Methodenvergleich aus der BIA	90
5.2.2.6.	Diskussion zu verschiedenen Methoden zur Einschätzung des Gesamtkörperfettanteils	93

5.2.2.7. Alters- und Geschlechtsspezifik von Gesamtkörperfettanteil und Magermasse	95
5.2.3. Vier-Komponenten-Modell von DRINKWATER und ROSS	96
5.2.3.1. Parameter zur Einschätzung des Muskelanteils	97
5.2.3.2. Parameter zur Einschätzung des Skelettanteils	98
5.2.3.3. Restmasse	99
5.3. Energie- und Nährstoffaufnahme	99
5.3.1. Energieaufnahme	100
5.3.2. Nährstoffaufnahme	101
5.3.3. Energieaufnahme im Vergleich zu ausgewählten Parametern des Ernährungszustandes	103
6. Zusammenfassung	105
IV. Literaturverzeichnis	
V. Anhang	

Abkürzungsverzeichnis

BEK	Brandenburger Ernährungs- und Krebsstudie
BIA	bioelektrische Impedanzanalyse
BMI	Body-Mass-Index
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
DEXA	Dual Energy X-ray Absorptiometry
DIfE	Deutsches Institut für Ernährungsforschung
GKF	Gesamtkörperfettanteil
R	Resistance
THI	Taille-Hüfte-Index
WHO	World Health Organization
Xc	Reactance

Methodische Hinweise zum Lesen der Abbildungen und Tabellen:

- In den Abbildungen wurden festgelegte Symbole zur Unterscheidung der Geschlechter verwendet:
 - in den Liniendiagrammen —▲— für Männer und —●— für Frauen,
 - Farbe blau für Männer und Farbe rot für Frauen.
- es wurden für eine Gruppe von Maßen für beide Geschlechter dieselbe Skalierung der Ordinate gewählt, damit die Unterschiede in der Höhe der Absolutwerte klar erkennbar werden. Beispielsweise sind die Längenmaße der Männer ebenso bis 190 cm skaliert, wie die der Frauen.
- In Verbunddiagrammen mit zwei Ordinaten wird durch die farbliche Gestaltung die Zugehörigkeit zur linken oder rechten Ordinate deutlich
- In den Tabellen erfolgte die Aufzählung der Maße nach der Höhe der Absolutbeträge, so dass Abbildungen und Tabellen einen ähnlichen Aufbau haben. Dabei wurde in absteigender Reihenfolge nach den Medianwerten der jungen Männer geordnet.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Anzahl der untersuchten Männer (blau) und Frauen (rot) pro Altersgruppe(mittleres Alter in Klammern)	9
Abb. 2: Messprotokoll für das klassisch-anthropometrische Untersuchungsprogramm	10
Abb. 3: Messpunkte zur Erfassung der Körperbaumaße (modifiziert nach GREIL 1989)	13
Abb. 4: Messung der Hautfaltendicke am Rücken (nach LOHMAN, ROCHE, MARTORELL 1991)	18
Abb. 5: Messpunkte zur Hautfaltendickenmessung (modifiziert nach ROSS und MARFELL-JONES 1982)	20
Abb. 6: Platzierung der Elektroden an Hand und Fuß (nach Werbematerialien der Firma DATA-Input)	22
Abb. 7: Durchführung einer bioelektrischen Impedanzmessung (nach Werbematerialien der Firma DATA-Input)	23
Abb. 8: Medianwerte der Längenmaße bei Männern	29
Abb. 9: Medianwerte der Längenmaße bei Frauen	30
Abb. 10: Medianwerte der Umfangsmaße bei Männern	31
Abb. 11: Medianwerte der Breiten- und Tiefenmaße bei Männern	32
Abb. 12: Medianwerte der Umfangsmaße bei Frauen	33
Abb. 13: Medianwerte der Breiten- und Tiefenmaße bei Frauen	34
Abb. 14: Medianwerte der relativen Längenmaße bei 18-24 Jahre alten Männern und Frauen	36
Abb. 15: Medianwerte der relativen Längenmaße bei 55-64 Jahre alten Männern und Frauen	37
Abb. 16: Medianwerte der relativen Umfangsmaße bei 18-24 Jahre alten Männern und Frauen	38
Abb. 17: Medianwerte der relativen Umfangsmaße bei 55-64 Jahre alten Männern und Frauen	38
Abb. 18: Medianwerte der relativen Breiten- und Tiefenmaße bei 18-24 Jahre alten Männern und Frauen	39
Abb. 19: Medianwerte der relativen Breiten- und Tiefenmaße bei 55-64 Jahre alten Männern und Frauen	40
Abb. 20: Medianwerte der Körpermasse bei Männern und Frauen	41
Abb. 21: Medianwerte von BMI, Broca-Index, Fettleibigkeits-Index (FI), Taille-Hüfte-Index (THI) und Fettverteilungs-Index bei Männern	44
Abb. 22: Medianwerte von BMI, Broca-Index, Fettleibigkeits-Index (FI), Taille-Hüfte-Index (THI) und Fettverteilungs-Index bei Frauen	45
Abb. 23: Medianwerte der mittleren Fettschichtdicke (MFD) und Rumpfhautfalten bei Männern	47

Abb. 24: Medianwerte der Extremitätenhautfalten bei Männern	47
Abb. 25: Medianwerte der mittleren Fettschichtdicke (MFD) und Rumpfhautfalten bei Frauen	47
Abb. 26: Medianwerte der Extremitätenhautfalten bei Frauen	47
Abb. 27: Medianwerte der mittleren Fettschichtdicke (MFD) und relativen Hautfaltendicken bei 18-24 Jahre alten Männern und Frauen	48
Abb. 28: Medianwerte der mittleren Fettschichtdicke (MFD) und relativen Hautfaltendicken bei 55-64 Jahre alten Männern und Frauen	49
Abb. 29: Medianwerte der Resistance (R) und Reactance (Xc) bei Männern (blau) und Frauen (rot)	50
Abb. 30: Medianwerte der relativen Resistance im Geschlechtervergleich	50
Abb. 31: Medianwerte der relativen Reactance im Geschlechtervergleich	51
Abb. 32: Medianwerte zum GKF bei Männern mit verschiedenen Formeln zur Hautfaltendickenmessung	52
Abb. 33: Medianwerte zum GKF bei Frauen mit verschiedenen Formeln zur Hautfaltendickenmessung	53
Abb. 34: Medianwerte zum GKF bei Männern mit verschiedenen Formeln zur BIA	56
Abb. 35: Medianwerte zum GKF bei Frauen mit verschiedenen Formeln zur BIA	57
Abb. 36: Differenz des Gesamtkörperfettanteils (ausgewählte Impedanzgleichung minus ausgewählte Hautfaltengleichung) aller untersuchten Männer und Frauen	58
Abb. 37: Medianwerte zum Gesamtkörperfettanteil bei Männern im Methodenvergleich	59
Abb. 38: Medianwerte zum Gesamtkörperfettanteil bei Frauen im Methodenvergleich	60
Abb. 39: Medianwerte zur Magermasse (LBM) bei Männern	62
Abb. 40: Medianwerte zur Magermasse (LBM) bei Frauen	62
Abb. 41: Medianwerte zum Gesamtkörperfettanteil bei 18-24 Jahre und 55-64 Jahre alten Männern und Frauen	63
Abb. 42: Medianwerte zur Magermasse bei 18-24 Jahre und 55-64 Jahre alten Männern und Frauen	63
Abb. 43: Medianwerte von Muskelmasse und Oberarmmuskelfläche (OAMF) bei Männern (blau) und Frauen (rot)	65
Abb. 44: Medianwerte von Skelettmass und Frame-Index bei Männern (blau) und Frauen (rot)	66
Abb. 45: Medianwerte der Restmasse bei Männern und Frauen	66
Abb. 46: Medianwerte der täglichen Nahrungsenergieaufnahme bei Männern und Frauen	68
Abb. 47: Medianwerte der Nährstoff- und Alkoholzufuhr bei Männern	69
Abb. 48: Medianwerte der relativen Nährstoff- und Alkoholzufuhr bei Männern	70
Abb. 49: Medianwerte der Nährstoff- und Alkoholzufuhr bei Frauen	71
Abb. 50: Medianwerte der relativen Nährstoff- und Alkoholzufuhr bei Frauen	71

Abb. 51: Medianwerte der relativen Nahrungsenergieaufnahme der 18-24 Jahre alten Männer und Frauen	72
Abb. 52: Medianwerte von Nahrungsenergieaufnahme und BMI bei Männern	74
Abb. 53: Medianwerte von Nahrungsenergieaufnahme und Gesamtkörperfettanteil (GKF) bei Männern	74
Abb. 54 : Medianwerte von Nahrungsenergieaufnahme und BMI bei Frauen	74
Abb. 55: Medianwerte von Nahrungsenergieaufnahme und Gesamtkörperfettanteil (GKF) bei Frauen	74
Abb. 56: Relative Nährstoffaufnahme in Relation zu den Empfehlungen bei Männern	102
Abb. 57: Relative Nährstoffaufnahme in Relation zu den Empfehlungen bei Frauen	102

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Untersuchte Körperbaumaße und Messstreckendefinition	14
Tab. 2: Anzahl und prozentualer Anteil unter-, normal- und übergewichtiger Männer und Frauen nach dem BMI	42
Tab. 3: Anzahl und prozentualer Anteil der Männer und Frauen mit androider und gynoider Fettverteilung nach dem Taille-Hüfte-Index (THI)	43
Tab. 4: Hautfaltendickenmessung im Inter-Untersucher-Vergleich	52
Tab. 5: Korrelationsmatrix zum Gesamtkörperfettanteil nach verschiedenen Formeln bei Männern und Frauen	53
Tab. 6: BIA im Geräte- und Inter-Untersucher-Vergleich	54
Tab. 7: Gesamtkörperfettanteil nach verschiedenen Impedanzgleichungen am Beispiel einer Testperson	55

Die Tabellen I – XI befinden sich im Anhang

Tab. I: Übersicht über alle normal- und nicht normalverteilten Merkmale	
Tab. II: Untersuchte Längenmaße der Männer und Frauen nach Altersgruppen	
Tab. III: Untersuchte Umfangsmaße der Männer und Frauen nach Altersgruppen	
Tab. IV: Untersuchte Breiten- und Tiefenmaße der Männer und Frauen nach Altersgruppen	
Tab. V: Untersuchte Relativmaße (Körperbaumaß in % Körperhöhe) der 18-24 und 55-64 Jahre alten Männer und Frauen	
Tab. VI: Körpermasse und Indizes der Männer und Frauen nach Altersgruppen	
Tab. VII: Mittlere Fettschichtdicke, Hautfaltendicken, Resistance und Reactance der Männer und Frauen nach Altersgruppen	
Tab. VIII: Gesamtkörperfettanteil und Magermasse nach verschiedenen Formeln bei Männern und Frauen nach Altersgruppen	
Tab. IX: Muskel-, Skelett- und Restmasse, sowie Oberarmmuskelfläche und Frame-Index der Männer und Frauen nach Altersgruppen	
Tab. X: Untersuchte relative Parameter (Parameter in % Körpermasse) zur Körperzusammensetzung der 18-24 und 55-64 Jahre alten Männer und Frauen	
Tab. XI: Energie- und Grundnährstoffaufnahme der Männer und Frauen nach Altersgruppen (Absolut- und Relativwerte)	

1. Einleitung

Die Nahrungsaufnahme der Menschen wurde bis in die jüngste Vergangenheit durch die Bioverfügbarkeit pflanzlicher und tierischer Produkte limitiert. Perioden des Nahrungsüberflusses wechselten mit Perioden des Mangels. Für diese Ernährungsweise hat der Mensch im Laufe der Evolution Überlebensstrategien entwickelt. Eine solche Strategie ist die Fähigkeit unseres Körpers, zuviel aufgenommene Energie rasch in Form von Depotfett speichern zu können. In den zurückliegenden Jahrzehnten unterlagen die Lebensbedingungen in den Industrieländern in zweierlei Hinsicht einem entscheidenden Wandel. Zum einen wurde der Anteil an körperlicher Schwerstarbeit mehr und mehr von modernen Maschinen übernommen. Immer mehr Menschen verrichten ihre Berufstätigkeit überwiegend im Sitzen bei geringer körperlicher Belastung. Nicht nur im Arbeitsleben, auch in der Freizeit bewegt sich "der zivilisierte Mensch" im Allgemeinen zu wenig. Zum anderen ist das Angebot an Lebens- und Genussmitteln enorm umfangreich und preiswert geworden. In unserer Wohlstandsgesellschaft ist die Grundversorgung an Lebensmitteln auch bei gering verdienenden Bevölkerungsschichten gewährleistet. Durch die fehlende Abhängigkeit von der Bioverfügbarkeit der Nahrung entfallen die Perioden des Nahrungsmangels. Die ständige Angebotsvielfalt hat im Durchschnitt eine zu hohe Lebensmittelzufuhr und damit zu hohe Nahrungsenergieaufnahme zur Folge. Die Ernährung in Deutschland am Ende des 20. Jahrhunderts ist in der Grundtendenz gekennzeichnet durch eine Über- und Fehlernährung mit einem durchschnittlich zu hohen Fettverzehr, vor allem an tierischen Fetten mit ihrem hohen Anteil an gesättigten Fettsäuren und Cholesterin, zu hohem Alkoholkonsum sowie einer zu hohen Aufnahme an Zucker und zuckerhaltigen Lebensmitteln auf Kosten komplexer Kohlenhydrate (ERNÄHRUNGSBERICHT 1996, KLUTHE et al. 1999). Die weitverbreitete Über- und Fehlernährung und der Rückgang an körperlicher Bewegung stellen die Hauptursachen für Übergewicht und Adipositas dar. Adipositas, die über das normale Maß hinausgehende Akkumulation von Fettgewebe, spielt als Risikofaktor für Herz-Kreislauf- und Stoffwechselerkrankungen wie Hypertonie, Fettstoffwechselstörungen oder Diabetes sowie bestimmte Krebsarten eine ernstzunehmende Rolle (BERGMANN et al. 1989, HAUNER 1999). Die Begriffe Übergewicht und Adipositas werden oft synonym verwendet, obwohl Übergewicht wissenschaftlich gesehen kein Gewicht, sondern eine Masse ist und keine näheren Hinweise darüber gibt, welcher Anteil an der Körpermasse erhöht ist (HOFFMANN et al. 1985, BERGMANN et al. 1989). Übergewicht hat nicht nur auf die Lebensqualität, Leistungsfähigkeit und Gesundheit des Einzelnen negative Auswirkungen. Seine Behandlung und Folgeerkrankungen verursachen jährlich in Deutschland Gesamtkosten in Milliardenhöhe (SCHNEIDER 1996). Damit kommt der Prävention von Übergewicht und Adipositas eine große Bedeutung zu, was auch in der vorliegenden Arbeit einen Hauptschwerpunkt bildet. Der Ernährungszustand der deutschen Bevölkerung soll am Beispiel der Brandenburger Bevölkerung analysiert werden. Das Bundesland Brandenburg wurde ausgewählt, weil es im Nord-Süd-Gefälle gut im Durchschnitt der ostdeutschen Bevölkerung liegt (GREIL 1988).

Dabei geht es um Fragestellungen wie:

- Inwieweit ist die untersuchte Bevölkerung adipositasgefährdet?
- Welche Risikogruppen lassen sich erkennen?

Primäre Ursache für die Entstehung von Übergewicht und Adipositas ist eine den individuellen - von Geschlecht, Alter, körperlicher Betätigung und Konstitution abhängigen - Energiebedarf dauerhaft überschreitende Nahrungsenergiezufuhr. Das Resultat aus individueller Bedarfsdeckung an Nahrungsenergie und allen essentiellen Nährstoffen über einen bestimmten Zeitraum bezeichnet man als Ernährungszustand (JOHNSEN und SCHOLZ 1989). Der Ernährungszustand spiegelt sich nicht nur im gesundheitlichen Allgemeinzustand, in der Körpermasse und im metabolischen Status, sondern vor allem in der Zusammensetzung des Körpers wider.

Mit einer einzigen Kenngröße wie der Körpermasse, lässt sich der Ernährungszustand eines Individuums nicht ausreichend beschreiben (FISCHER und LEMBCKE 1991). Eine genauere Beurteilung erfolgt durch die Bewertung der Körpermasse in Relation zur Körperhöhe. Diese beiden Größen weisen eine alters- und geschlechtsspezifische Dynamik auf, die auch im Erwachsenenalter nicht beendet ist (GREIL 1993). Eine Möglichkeit zur Beschreibung des Körperhöhen-Körpermassen-Verhältnisses sind anthropometrische Indizes, eine andere Möglichkeit körperhöhenbezogene Normalgewichtstabellen. Bei den Normalgewichtstabellen reicht die Bandbreite von einfachen Tabellen, die unabhängig von Alter und Geschlecht eine bestimmte Spannbreite an Körpermasse pro Zentimeter Körperhöhe als normalgewichtig bezeichnen, bis hin zu geschlechts-, körperbautypspezifischen und altersjustierten Tabellen (METROPOLITAN LIFE INSURANCE COMPANY 1959, 1983, MÖHR und JOHNSEN 1972, GREIL 1998). Letztere berücksichtigen die natürliche körperbauliche Variabilität des Menschen und verweisen auf Zusammenhänge zwischen dem genetisch fixierten Körperbautyp und dem Ernährungszustand. Unter den Indizes zählt der Broca-Index zu den in der Medizin und Populärwissenschaft heute noch gebräuchlichen Parametern (BERGMANN 1985, HAUNER 1999). Hiernach beträgt das Normalgewicht eines Menschen so viele Kilogramm, wie er über 100 cm groß ist. Diese Faustregel ist bei Kindern und Jugendlichen nicht und bei Erwachsenen nur bedingt anwendbar (JOHNSEN und SCHOLZ 1989, GREIL 1993). Das Normalgewicht nach dem Broca-Index weist weder eine alters- noch eine geschlechtsspezifische Differenzierung auf. Der Body-Mass-Index [BMI = Körpermasse in kg / (Körperhöhe in m)²] ist ein von der WHO empfohlenes und international weitverbreitetes Maß zur Beurteilung des Ernährungszustandes (ROLLAND-CACHERA 1991, GREIL 1993, SCHUTZ 1999, COLE et al. 2000). Nach den neuesten Richtlinien der WHO werden Erwachsene mit einem BMI unter 18,5 als untergewichtig, zwischen 18,5 und 25 als normalgewichtig, zwischen 25 und 30 als übergewichtig und über 30 als fettsüchtig klassifiziert (WHO 1998). Diese allgemein übliche Einteilung lässt die Alters- und Geschlechtsabhängigkeit des BMI außer Acht. Geschlechtsspezifische Altersperzentilkurven für den BMI erlauben dagegen eine differenziertere Bewertung von Unter-, Normal- und Übergewicht (ROLLAND-CACHERA 1991, GREIL 1993, HEBEBRANDT et al. 1994).

Eine hohe Körpermasse, die nicht krankheitsbedingt ist, kann durch eine hohe Skelettrobustizität, eine stark entwickelte Muskulatur oder durch einen hohen Gesamtkörperfettanteil (GKF) verursacht werden. Gesundheitliche Risiken birgt jedoch nur ein erhöhter GKF (WOLFRAM 1980). Entscheidend für eine wissenschaftlich exakte Beurteilung von Übergewicht und Adipositas ist daher weniger das Körperhöhen-Körpermassen-Verhältnis, als das Körperfett-Körpermassen-Verhältnis.

Die prozentuale Zusammensetzung der Körpermasse aus einzelnen Komponenten, wie Fett, Muskulatur und Skelett bezeichnet man als Körperzusammensetzung. Der GKF ist der durch äußere Faktoren, wie die Ernährung, am stärksten beeinflussbare Anteil (GREIL 1993). Die Fettmasse besteht aus Struktur- und Depotfett, letzteres ist als subkutanes Fett unter der Haut und als viszerales Fett um die inneren Organe lokalisiert (ELMADFA und LEITZMANN 1990). Der GKF liegt nach MÖHR (1982) bei gesunden Männern zwischen 13 und 19% und bei gesunden Frauen zwischen 20 und 28% der Körpermasse. Der signifikant höhere GKF von Frauen ist einer der prägnantesten Unterschiede im Körperbau und in der Körperzusammensetzung im Geschlechtervergleich (GREIL 1993).

Aus der Differenz von Körpermasse und Fettgewebe definiert sich die Komponente Magermasse (lean body mass), der Muskel- und Skelettanteil zugeordnet werden (SCHUTZ 1999). Die Annahme eines Zwei-Komponenten-Modells aus Fettmasse und Magermasse ist zwar eine starke Vereinfachung, aber für medizinische und humanbiologische Fragestellungen ein sehr nützliches Konzept (SCHUTZ 1999). Die Magermasse leistet den größten Teil der metabolischen Arbeit und ist damit maßgeblich am Energieumsatz des Körpers beteiligt. Sie kann weiter in die extrazelluläre Masse und die Körperzellmasse unterteilt werden (Drei-Komponenten-Modell). Eine weitere Aufteilung in Knochenmineralien, Muskelproteine und den Wasseranteil einzelner Komponenten wird durch Multi-Komponenten-Modelle beschrieben und durch moderne Technologien genau messbar gemacht (LOHMANN 1992, HAUNER 1999).

Zur Bestimmung der Körperzusammensetzung, speziell des Körperfettanteils finden verschiedene Verfahren Anwendung (z. B. STROH 1995, HEYWARD und STOLARCZYK 1996, ROCHE et al. 1996). Eine präzise und international als Standardverfahren angesehene Methode ist die Hydrodensitometrie oder Unterwasserwägung (FIDANZA 1991, LOHMANN 1992). Die densitometrische Messung beruht auf der Bestimmung der unterschiedlichen Dichten von Magermasse und Fettmasse. Die Dichte eines Körpers lässt sich nach dem Archimedes-Prinzip der Wasserverdrängung mit Hilfe einer Unterwasserwaage bestimmen, wobei das Volumen des Körpers der Differenz zwischen der Körpermasse im Trockenen und der Körpermasse unter Wasser entspricht (ELMADFA und LEITZMANN 1990). Zu den neueren Techniken, die eine sehr genaue und detaillierte Einschätzung der Körperzusammensetzung erlauben, zählen Dual Energy X-ray Absorptiometry (DEXA) und Computertomographie. Sie ermöglichen unter anderem die Beurteilung der regionalen Fettverteilung. Die Strahlenbelastung, die zwar bei der DEXA sehr gering ist, muss als einschränkender Faktor angeführt werden (SCHUTZ 1999). Die genannten Methoden sind technisch sehr aufwendig, nur mit Fachpersonal durchführbar, teuer und stellen eine relativ große Belastung

für die Versuchsperson dar. Sie sind damit nicht geeignet, in Felduntersuchungen den Status einer Bevölkerung einzuschätzen (FIDANZA 1991, SCHUTZ 1999). Eine effektive Adipositasprävention beginnt jedoch mit der Erhebung des aktuellen Ernährungszustands der Bevölkerung, um die Variabilität zu erfassen und Risikogruppen zu erkennen. Zu diesem Zweck benötigt man große, möglichst repräsentative Stichproben, die mit hinreichend genauen Feldmethoden untersucht werden. Gerade hier, bei der Genauigkeit der Feldmethoden zur Bestimmung des GKF, liegen die Schwierigkeiten (HOFFMANN et al. 1985, FISCHER und LEMBCKE 1991, STROH 1995). Eine klassische Feldmethode zur Bestimmung des GKF ist die Hautfaltendickenmessung. Bei der Hautfaltendickenmessung wird die Stärke des subkutanen Fettgewebes an definierten Messpunkten mit Hilfe eines Kalipers bestimmt, um Dicke und Verteilungsmuster der subkutanen Fettschicht zu erfassen. Auf der Grundlage einer engen Korrelation zwischen Unterhautfettgewebe und GKF wurden verschiedene multiple Regressionsgleichungen zur Einschätzung der Körperzusammensetzung veröffentlicht (z. B. DURNIN und WOMERSLEY 1974, JACKSON und POLLOCK 1978, JACKSON et al. 1980, JOHNSEN und SCHOLZ 1989). Die Grenzen dieser anthropometrischen Methode liegen darin, dass die Korrelation zwischen dem subkutanen Fett und dem GKF individuell unterschiedlich stark ausgeprägt sein kann (SCHUTZ 1999). Des Weiteren wird die Messung der Hautfaltendicke mit zunehmender Adipositas erschwert (STROH 1995). In der Literatur werden große Inter-Untersucher-Unterschiede als Fehlerquelle bei Hautfaltendickenmessungen diskutiert (FISCHER und LEMBCKE 1991, STROH 1995). Ein grundsätzlich anderes Messprinzip wird bei der bioelektrischen Impedanzanalyse (BIA) angewandt. Die BIA ist eine elektrische Widerstandsmessung im Körper. Über je zwei Hautelektroden an Hand und Fuß wird ein schwacher hochfrequenter Wechselstrom angelegt. Der Strom wird durch die im Körperwasser gelösten Elektrolyte geleitet. Die Fettmasse setzt dem Strom einen hohen Widerstand entgegen, während die Magermasse aufgrund ihres hohen und konstanten Wasseranteils von 73,2% ein guter Leiter ist (ROCHE et al. 1996). Bei der BIA ist das Einhalten bestimmter Standardbedingungen Voraussetzung für reproduzierbare Ergebnisse (siehe Kapitel 3.2.3.4.). Die Genauigkeit der BIA ist in der internationalen Literatur nicht unumstritten (ELIA 1993, HAN et al. 1996, KUSSMAUL et al. 1996, GUALDI-RUSSO et al. 1997). LUKASKI et al. (1985) verglichen densitometrische mit impedanzanalytischen Daten und erhielten dabei sehr enge Korrelationen. Nach GUALDI-RUSSO et al. (1997) ist, unter der Voraussetzung einer qualifizierten Beherrschung der anthropometrischen Messtechnik, die Zuverlässigkeit von Hautfaltendickenmessungen höher als die der BIA. Hautfaltendickenmessung und BIA sind schnell und einfach durchführbar, relativ preiswert, die Geräte sind transportabel und die Messungen können beliebig oft wiederholt werden.

Die Beurteilung der Körperzusammensetzung aus klassischen Körpermaßen, ohne weitere technische Hilfsmittel, war für Anthropologen schon immer ein wichtiger Forschungsschwerpunkt (MATIEGKA 1921, PARÍZKOVÁ 1977, DRINKWATER und ROSS 1980). Vor dem Hintergrund, dass moderne Methoden eine immer detailliertere Bestimmung der

Körperzusammensetzung im Labor ermöglichen, gewinnen Feldmethoden, die auch Muskulatur- und Knochenanteil einschätzen können, an Bedeutung.

Nicht nur die Menge an Körperfett, auch die Art der Fettverteilung ist entscheidend für die gesundheitlichen Risiken. Die typisch männliche (androide) Fettverteilung ist gekennzeichnet durch eine verstärkte Ablagerung von Fettzellen im Abdominalbereich als viszerales Fett. Eine Akkumulation von Fettgewebe in der Hüft- und Oberschenkelregion entspricht dem typisch weiblichen (gynoiden oder gluteal-femorale) Fettverteilungsmuster (HAUNER 1999). Letzteres ist mit einem geringeren Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Stoffwechselstörungen verbunden, als die androide Fettverteilung (HAUNER 1987). Neben schon genannten Labormethoden, wie DEXA und Computertomographie (KIRCHENGAST et al. 1997) können anthropometrische Parameter, wie das Verhältnis von Taillen- zu Hüftumfang (Waist-Hip-Ratio) zur Klassifikation des Fettverteilungsmusters herangezogen werden (HAUNER 1999).

Die Einzelmaße zur Beschreibung von Körperbau und Körperzusammensetzung unterliegen einer großen natürlichen Variationsbreite. Die korrelativen Zusammenhänge zwischen den Maßen entsprechen den unterschiedlichen möglichen gesunden Wuchstendenzen, die auch als Körperbautypen bezeichnet werden. Jeder Mensch kann aufgrund seiner Körpermaße innerhalb einer Variationsreihe von einem klein-breitwüchsigen (pyknomorphen) Typ zu einem hoch-schlankwüchsigen (leptomorphen) Typ eingeordnet werden. Untersuchungen z. B. von JOHNSEN (1993) oder GREIL (1997) belegen klare Zusammenhänge zwischen anthropometrisch erfassten Körperbautypen und deren Körperzusammensetzung: So besitzen normalgewichtige Pyknomorphe im Vergleich zu normalgewichtigen Leptomorphen im Durchschnitt einen signifikant höheren GKF. Bei der Beurteilung der individuellen Körpermasse sollte daher der Körperbautyp berücksichtigt werden.

Körpermaße, Körperbau und Körperzusammensetzung unterliegen auch nach Abschluss des körperlichen Längenwachstums individuellen altersspezifischen Veränderungen. Die Körpermasse nimmt bei beiden Geschlechtern im Durchschnitt mit dem Lebensalter zu und sinkt, einhergehend mit den Rückbildungsprozessen im Greisenalter und der altersabhängigen Abnahme der Kalorienzufuhr, im Mittel wieder ab (GREIL 1993, HAUNER 1999). Nach der für die neuen deutschen Bundesländer repräsentativen Querschnittstudie von GREIL (1988, 1993) steigt die Körpermasse im Mittel bei den ostdeutschen Männern bis zum Alter von etwa 45 Jahren und bei den ostdeutschen Frauen bis zum Alter von 55 Jahren signifikant an und nimmt im weiteren Altersverlauf allmählich ab. Durch die altersbedingte Abnahme der Körperhöhe verschieben sich Parameter zur Beurteilung des Ernährungszustands wie der BMI mit zunehmendem Alter immer häufiger in den Bereich des Übergewichts (GREIL und MÖHR 1996). Dabei liegen kaum Zahlen vor, in welchem Maße sich der mit gesundheitlichen Risiken behaftete Körperfettanteil adäquat erhöht. Es sind weiterhin wenige Publikationen zum Einfluss der veränderten Lebens- und Ernährungsbedingungen in den neuen Bundesländern nach 1989 auf die Entwicklung von Körpermasse und Adipositasrisiko bekannt.

Eine der prägnantesten Altersveränderungen in der Körperzusammensetzung ist der Verlust an Magermasse, der durch eine relative Zunahme des GKF kompensiert wird (SCHUTZ 1999). Der Gesamtkörperwasseranteil ist bei älteren Menschen geringer, was wiederum mit der Zunahme des wasserarmen Fettgewebes zusammenhängt (ELMADFA und LEITZMANN 1990). Auch die Fettverteilung verändert sich mit zunehmendem Alter dahingehend, dass eine Umverteilung der Fettdepots in Richtung Körperstamm und damit eine Zunahme des gesundheitsgefährdeten androiden Typus zu verzeichnen ist (HAUNER 1999).

Die genannten Veränderungen sind ihrem komplexen Zusammenhang bisher kaum untersucht. Die vorliegenden Untersuchungen sollen einen wissenschaftlichen Beitrag zur Beurteilung des Ernährungszustandes unter Berücksichtigung von Körperbau, Körperzusammensetzung und Ernährung in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht leisten.

2. Zielstellung

Die vorliegende Arbeit ist eine aktuelle Dokumentation von Körperbau, Körperzusammensetzung und Ernährung mit dem Ziel, einen Beitrag zur Entwicklung wissenschaftlich fundierter und handhabbarer Kriterien zur Beurteilung der individuellen Körpermasse zu leisten. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt auf der Erfassung und Beurteilung der normalen alters- und geschlechtsspezifischen körperbaulichen Variabilität, der detaillierten Bestimmung der Körperzusammensetzung ohne Laboraufwand und der Einschätzung der Energie- und Nährstoffaufnahme unter den aktuellen Lebensbedingungen in Deutschland.

Der Körperbau wird mit Hilfe eines 31 Längen-, Breiten-, Tiefen- und Umfangsmaße sowie 11 Hautfaltendicken umfassenden anthropometrischen Untersuchungsprogramms beschrieben. Diese Körperbaumaße werden nicht nur zur Charakterisierung der Dimensionen und Proportionen unseres Körpers eingesetzt, sondern können darüber hinaus zur Beurteilung von Körperzusammensetzung und Körperbautypen herangezogen werden.

Die Einschätzung der Körperzusammensetzung kann mit vielen Methoden, denen unterschiedliche Messprinzipien zugrunde liegen, erfolgen. Techniken, die international als Referenzmethoden angesehen sind, wie die Hydrodensitometrie oder DEXA, können nur im Labor durchgeführt werden und eignen sich nicht für Felduntersuchungen (FIDANZA 1991, BIESALSKI et al. 1999). Aus diesem Grund kommen in der vorliegenden Arbeit zur Einschätzung des GKF zwei Untersuchungsmethoden aus der Feldforschung, die Hautfaltendickenmessung und die Bioimpedanzanalyse, zur Anwendung. Eine kritische Betrachtung nicht nur der Mess-, sondern auch der Berechnungsmethodik, sowie die Auswahl der geeignetsten Berechnungsmethode ist Bestandteil der Untersuchungen zur Körperzusammensetzung. Mit den gestiegenen technischen Möglichkeiten zur Erforschung der Körperzusammensetzung sind klassische Techniken, wie die Anthropometrie, zu Unrecht in den Hintergrund geraten. Die detaillierte Berechnung der Körperzusammensetzung mit einem Vier-Komponenten-Modell nach DRINKWATER und ROSS (1980) auf der Grundlage des umfangreichen anthropometrischen Untersuchungsprogramms ist eine für ambulante Untersuchungen geeignete Methode. An den untersuchten Testpersonen soll geprüft werden, inwieweit sie der Genauigkeit wissenschaftlicher Fragestellungen genügt.

Zur Erfassung der Energie- und Nährstoffaufnahme werden häufig Wiegemethoden, das 24-Stunden-Protokoll oder Fragebogenmethoden angewandt (SICHERT et al. 1984, ELMADFA und LEITZMANN 1990). In der durchgeführten Studie wird die Energie- und Nährstoffaufnahme mit Hilfe eines wissenschaftlichen, vom Deutschen Institut für Ernährungsforschung entwickelten, Fragebogens zum Lebensmittelverzehr erfasst (BOEING et al. 1995, BOHLSCHEID-THOMAS et al. 1997 a-c). Dabei sollen wesentliche Zusammenhänge zwischen der Nahrungsenergiezufuhr und der Körpermasse sowie der Körperzusammensetzung aufgedeckt werden. Es gehört nicht zur Zielstellung dieser Arbeit, den Verzehr einzelner

Lebensmittel und Lebensmittelgruppen, sowie die Mineralstoff- und Vitaminversorgung zu untersuchen.

Die Veränderungen von Körpermaßen, Körperzusammensetzung und Ernährung lassen sich am besten im Längsschnitt darstellen, da dann der Einfluss äußerer Faktoren, wie der säkularen Akzeleration, gering gehalten werden kann. Aufgrund der Länge des zu untersuchenden Zeitabschnittes ist eine Längsschnittstudie im Rahmen einer Dissertation jedoch nicht durchführbar. Daher fiel die Entscheidung für eine Querschnittstudie, welche die Möglichkeit bietet, in vergleichsweise kurzer Zeit eine große Anzahl an Probanden verschiedener Altersgruppen zu rekrutieren.

3. Probanden und Methodik

3.1. Stichprobencharakterisierung

Die Veränderungen von Körperbau, Körperzusammensetzung und Ernährung im Altersverlauf werden an zwei gut vergleichbaren altersdifferenten Probandengruppen im Erwachsenenalter untersucht. Im Vorfeld wurde ein Mindeststichprobenumfang von 596 Testpersonen errechnet (SACHS 1992). Von den insgesamt untersuchten 708 gesunden Probanden sind 99 Männer und 112 Frauen in der Altersgruppe von 18 bis 24 Jahren sowie 210 Männer im Alter von 40 bis 64 Jahren und 287 Frauen im Alter von 35 bis 64 Jahren (Abb. 1). Für die Darstellung des Altersverlaufs werden die älteren Erwachsenen in Zehnjahresgruppen eingeteilt. Die Alterseinteilung erfolgt nach Ganzjahresgruppen. So umfasst beispielsweise die Altersgruppe 45-54 Jahre alle Personen im Alter von 45 Jahren 0 Monaten und 0 Tagen an bis zum Alter von 54 Jahren 11 Monaten und 30 Tagen.

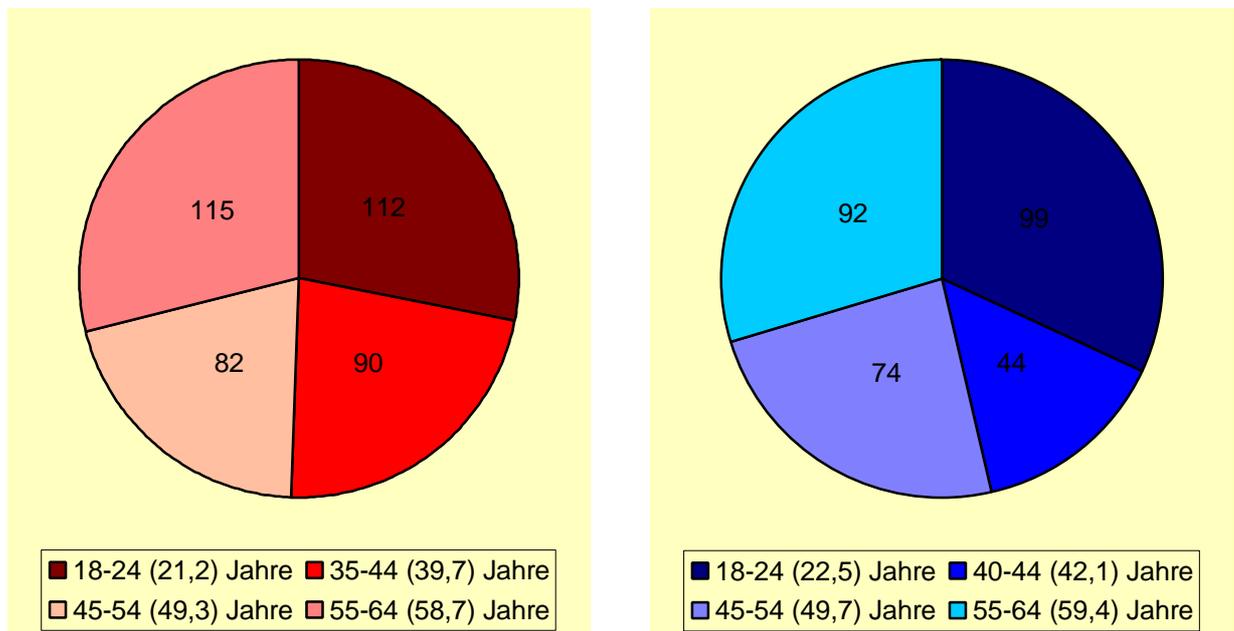


Abbildung 1: Anzahl der untersuchten Männer (blau) und Frauen (rot) pro Altersgruppe (mittleres Alter in Klammern)

Die 211 jüngeren Erwachsenen sind Studenten und Studentinnen der Universität Potsdam aus verschiedenen Fachbereichen. Sie wurden im Zeitraum von Mai 1996 bis Mai 1997 untersucht (TRIPPO und GREIL 1998, TRIPPO und KLIPSTEIN-GROBUSCH 1998).

Die älteren Erwachsenen konnten in Zusammenarbeit mit der "Brandenburger Ernährungs- und Krebsstudie (BEK)" des Deutschen Institutes für Ernährungsforschung gewonnen werden. Die BEK-Studie hat zum Ziel, Zusammenhänge zwischen Ernährung und dem Auftreten von Krebs, sowie anderen chronischen Erkrankungen aufzuzeigen (BOEING et al. 1995, VOSS et al. 1995). Für diese prospektive Kohortenstudie wurden im Zeitraum von 1994 bis 1998 annähernd 30000 gesunde Probanden aus der Region Potsdam untersucht. Im Zufallsver-

fahren wurden Männer im Alter von 40-64 Jahren und Frauen im Alter von 35-64 Jahren aus den Einwohnermeldeämtern ermittelt und angeschrieben. Die Beteiligungsrate lag im Erhebungszeitraum bei circa 35% (BOEING et al. 1995).

Die in dieser Arbeit vorgestellten Probanden nahmen in der Zeit von November 1995 bis August 1996 an der BEK-Studie teil. Aus diesem Probandengut wurden alle Personen der Tätigkeitsgruppen "Schwerarbeiter, körperlich anstrengende Tätigkeit" und "Schwerstarbeiter, schwere körperliche Arbeit" ausgeschlossen, um die Vergleichbarkeit hinsichtlich der körperlichen Belastung mit der Studentenpopulation zu gewährleisten.

Die Durchführung aller Untersuchungen und Befragungen erfolgte auf freiwilliger Basis. Sie wurden vom Datenschutzbeauftragten des Landes Brandenburg genehmigt. Alle Teilnehmer erklärten sich schriftlich mit den Messungen einverstanden.

3.2. Untersuchungsmethodik

3.2.1. Durchführung der Untersuchungen

Die Untersuchungen umfassen folgende Teilbereiche:

- klassisch-anthropometrisches Untersuchungsprogramm mit 42 Körpermaßen (Abb. 2),
- bioelektrische Impedanzanalyse,
- Fragebogen zu den Ernährungsgewohnheiten (Anlage 1).

Meßprotokoll				
Pr.-nummer		Geschlecht		
GEK-nummer		Geburtsdatum		
Uhrzeit		Untersuchungsdatum		
letzte Mahlzeit		Bemerkungen		
Alkohol				
Längen- u. Breitenmaße (cm)				
Abdominaldurchm. lieg.		Brustkorbbreite		
Abdominaldurchm. steh.		Beckenbreite		
Körpermasse (kg)		Brustkorbtiefe		
Körperhöhe		Oberarmlänge		
Kinnhöhe		Ellenbogenbreite		
Suprasternalhöhe		Kniebreite		
Darmbeinstachelhöhe		Stammlänge		
Schulterbreite		Rumpflänge		
Umfänge (cm)				
Halsumfang		Brustkorbumfang		
Oberarmumfang in Ruhe		Tailenumfang		
Oberarmumfang ansp.		Hüftumfang		
gr. Unterarmumfang		gr. O-schenkelumfang		
Handgelenkumfang		mit. O-schenkelumfang		
Handumfang		gr. U-schenkelumfang		
mesoel. Brustumfang		kl. U-schenkelumfang		
horiz. Brustumfang				
Hautfalten (mm)				
Kinn		supraspinal		
Bizeps		Bauch		
Trizeps		Oberschenkel		
Rücken		Knie		
Brust		Wade		
Hoite				
Bioelektrische Impedanzmessung				
Frequenz	1 KHz	5 KHz	50 KHz	100 KHz
R (Ohm)				
Xc (Ohm)				
S				
RH (Ohm)				
RF (Ohm)				
Phasenwinkel				

Abbildung 2: Messprotokoll für das klassisch-anthropometrische Untersuchungsprogramm

Zur Vorbereitung auf die Messserie und Schulung des sicheren Umgangs mit den Messinstrumenten wurde ein Pilotprojekt an 20 Probanden einschließlich Mehrfachmessungen an ein und derselben Testperson durchgeführt.

Da mit der BIA an unserem Institut noch keine Untersuchungen vorlagen, konnten die Erfahrungen des Deutschen Instituts für Ernährungsforschung bezüglich der Messmethodik genutzt werden. Dabei wurde der Bioimpedanzanalyser mit 3 weiteren Geräten seiner Art verglichen. Mit dem Ziel der Erhöhung der Reproduzierbarkeit wurden bei diesem Erfahrungsaustausch Mehrfachmessungen an 4 Testpersonen durch zwei Untersucherinnen durchgeführt (siehe Kapitel 4.2.2.5.).

Aus organisatorischen Gründen begann die Messserie im November 1995 mit den älteren Erwachsenen. Diese kamen ins BEK-Studienzentrum und wurden um die zusätzliche Teilnahme an den vorliegenden Messungen gebeten. Zu Beginn jeder Untersuchung wurden einige persönliche Daten erfasst. Die Körpermessungen begannen mit der bioelektrischen Impedanzanalyse. Das anthropometrische Programm wurde nach der im Messprotokoll angegebenen Reihenfolge durchgeführt: Zuerst erfolgte die Bestimmung der Körpermasse, anschließend der Längen- und Breitenmaße im Stehen, dann der Sitzmaße, der Umfänge und zum Schluss der Hautfaltendicken (Abb. 2). Der Ernährungsfragebogen wurde bei den älteren Erwachsenen bereits im Rahmen der BEK-Studie ausgefüllt, korrigiert und ausgewertet. Die Gesamtdauer aller Untersuchungen und Befragungen an einer Person betrug 50 bis 60 Minuten. Bei den Studenten und Studentinnen vergrößerte sich der organisatorische und zeitliche Aufwand durch die zusätzliche Bearbeitung der Ernährungsfragebögen. Bei der Gewinnung der Probanden wurden die Ernährungsfragebögen verteilt. Die Studenten brachten den ausgefüllten Fragebogen zum Messtermin mit. Nach der Durchsicht auf Vollständigkeit wurde in derselben Reihenfolge wie bei den älteren Erwachsenen fortgefahren.

Am Ende der Untersuchungen erhielt jeder Proband eine persönliche Computerauswertung zur Einschätzung seiner Körpermasse, seines Körperbaus und seiner Körperzusammensetzung. Die entsprechende Software wurde in unserem Institut, Fachgebiet Humanbiologie der Universität Potsdam, entwickelt (Anlage 2). Zur Erstellung einer individuellen Ernährungsauswertung für die Teilnehmer konnten Computerprogramme des Deutschen Instituts für Ernährungsforschung genutzt werden (Anlage 3).

Sämtliche anthropometrischen Untersuchungen wurden nach den unter 3.2.2. beschriebenen Messvorschriften am nahezu unbedeckten Körper vorgenommen. Die Männer trugen eine Unter- oder Badehose, die Frauen Slip und Büstenhalter.

3.2.2. Bestimmung von Körperbaumaßen

Eine eindeutig definierte Messmethodik ist die Grundvoraussetzung für die Gewinnung reproduzierbarer anthropometrischer Ergebnisse. Daher wurden sämtliche Messungen von der Autorin selbst nach international standardisierten Messvorschriften durchgeführt (KNUSSMANN 1988). Es wurden stets dieselben Qualitätsmessgeräte der Firma Siber Hegner & Co AG eingesetzt.

Körpermaße werden aus Gründen der Vergleichbarkeit in definierten Grundhaltungen im Stehen oder Sitzen bestimmt (MARTIN/SALLER 1957, FLÜGEL et al. 1986). Bei beiden Grundhaltungen ist die Orientierung des Kopfes in der Ohr-Augen-Ebene wichtig. Die Grundhaltung im Stehen ist eine aufrechte, straffe, aber nicht maximal gestreckte Körperhaltung. Die Körperlast ist auf beide Füße gleichmäßig verteilt, die Fersen sind geschlossen, die Fußspitzen divergieren leicht, Becken und Wirbelsäule sind aufgerichtet, aber nicht überstreckt. Die Schultern werden locker und gerade gehalten und die Arme hängen gestreckt an den Seiten des Körpers herab (FLÜGEL et al. 1986, KNUSSMANN 1988). Bei der Grundhaltung im Sitzen befinden sich die Oberschenkel parallel zueinander bis zu den Kniekehlen auf einer nicht deformierbaren horizontalen Sitzfläche. Der Proband sitzt mit voll aufgerichtetem Becken, gestreckter Wirbelsäule und lockerem Schultergürtel auf dieser Fläche (FLÜGEL et al. 1986).

An jedem Teilnehmer wurden die Körpermasse, 15 Längen-, Breiten- und Tiefenmaße, 15 Umfangsmaße und 11 Hautfaltendicken gemessen (Tab. 1). Die Messstellen zu den Hautfaltendicken werden unter 3.2.3.3. ausführlich behandelt. Bei der Auswahl des anthropometrischen Untersuchungsprogramms wurde darauf geachtet, mit möglichst wenigen Körpermaßen eine möglichst genaue Aussage

- zur Kennzeichnung der Körperdimensionen und –proportionen,
- zur Körperzusammensetzung und
- zur Beurteilung von Körperbautypen zu ermöglichen.

Dimensions- und Proportionsmaße dienen der Kennzeichnung der Körperteile (Kopf, Rumpf, obere und untere Extremitäten) in ihrer Längen-, Breiten- und Tiefendimension.

Zur Beurteilung der Körperzusammensetzung wurden neben der Messung der Hautfaltendicke an 11 Messstellen, die eine Berechnung des GKF mit diversen Formeln ermöglicht, Maße zur Kennzeichnung der Fettverteilung, sowie Maße zur Einschätzung der Muskulatur (Oberarmmuskelfläche) und der Skelettrobustizität (Frame-Index) untersucht. Einen besonderen Stellenwert nimmt das Modell von DRINKWATER und ROSS (1980) ein, das die Fett-, Muskel-, Skelett- und Restmasse allein auf der Grundlage anthropometrischer Daten berechnet.

Das Untersuchungsprogramm ermöglicht grundsätzlich eine Körperbautypbestimmung nach dem Somatotyping von CARTER und HEATH (1990), nach dem Metrik-Index von GREIL (GREIL 1988, GREIL und MÖHR 1996) sowie dem Frame-Index nach FRISANCHO (1990). Allerdings würde eine ausführliche körperbautypologische Bearbeitung den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Die Daten wurden bereits unter körperbautypologischem Aspekt ausgewertet und mehrfach publiziert (TRIPPO und GREIL 1998, TRIPPO und KLIPSTEIN-GROBUSCH 1998, TRIPPO 1998).

Für die untersuchten Messstrecken dienen folgende Messpunkte als definierte Bezugspunkte (FLÜGEL et al. 1986, KNUSSMANN 1988, GREIL 1989): *Abdominale* (Bauchpunkt), *Akromiale* (Schulterpunkt), *Bizepale* (vorderer Oberarmpunkt), *Cervicale* (Halswirbelpunkt), *Coxale* (Hüftpunkt), *Gnathion* (unterer Kinnpunkt), *Humerale laterale* (seitlicher Oberarmpunkt),

Humerale mediale (innerer Oberarmpunkt), *Iliocristale* (seitlicher Darmbeinkammpunkt), *Iliospinale anterius* (vorderer Darmbeinstachelpunkt), *Merion laterale* (seitlicher Kniepunkt), *Merion mediale* (innerer Kniepunkt), *Mesosternale* (mittlerer Brustbeinpunkt), *Metacarpale radiale* (Zeigefingergrundgelenkspunkt), *Metacarpale ulnare* (Kleinfingergrundgelenkspunkt), *Olekranon* (Ellenbogenpunkt), *Radiale* (Speichenköpfchenpunkt) *Radioulnare proximale* (rumpfnaher Unterarmpunkt), *Scapulare* (unterer Schulterblattpunkt), *Stylien radiale* (innerer Handgelenkspunkt) *Stylien ulnare* (äußerer Handgelenkspunkt), *Sublaryngale* (vorderer Halspunkt) *Suprasternale* (oberer Brustbeinpunkt) *Thelion* (Brustpunkt, Brustwarzenpunkt), *Transversoabdominale* (seitlicher Taillenpunkt) *Xyphiale* (unterer Brustbeinpunkt), *Vertex* (Scheitelpunkt).

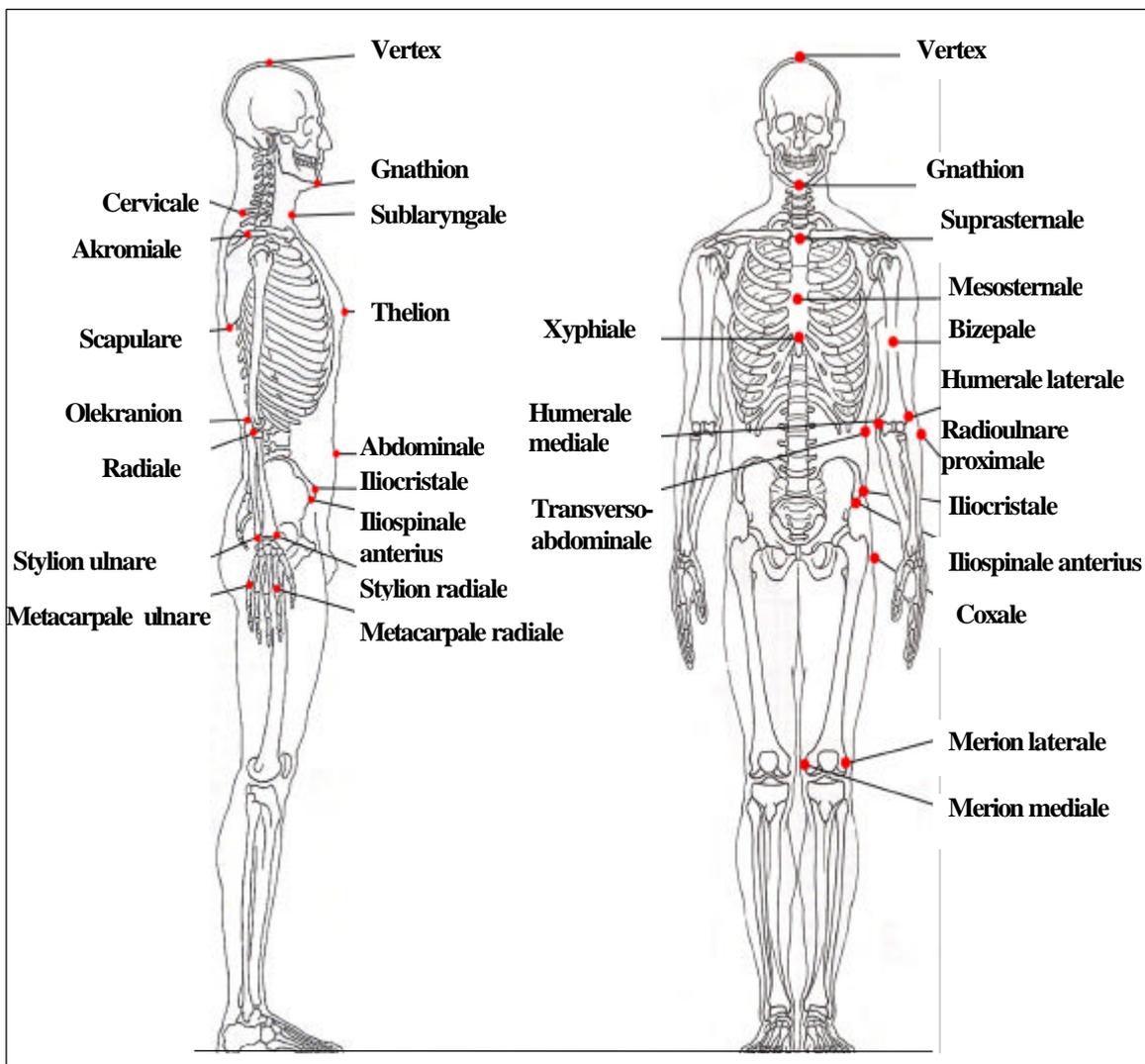


Abbildung 3: Messpunkte zur Erfassung der Körperbaumaße

In Tabelle 1 werden alle Messstrecken kurz definiert und unter Angabe der Quelle, der Messinstrumente und der verwendeten Abkürzung zusammengefasst. Das Maß Abdominaldurchmesser im Stehen wurde neu eingeführt.

Abk.	Körpermaß	Meßstrecke	Meßinstrument	Autor mit Seite (Nr. nach MARTIN)
KM	Körpermasse		Personenwaage	KNUSSMANN S. 272 (71)
	Längenmaße			(1988)
KPH	Körperhöhe	Standfläche - Vertex	Anthropometer	KNUSSMANN S.259 (1)
KIH	Kinnhöhe	Standfläche - Gnathion	Anthropometer	KNUSSMANN S.260 (3)
BBH	Brustbeinhöhe	Standfläche - Suprasternale	Anthropometer	KNUSSMANN S.260 (4)
DBH	Darmbeinstachelhöhe	Standfläche - Iliospinale anterius	Anthropometer	KNUSSMANN S.261 (13)
OAL	Oberarmlänge	Akromiale - Radiale	Tasterzirkel, groß	KNUSSMANN S.266 (47)
STL	Stammlänge	Sitzfläche - Vertex	Anthropometer	KNUSSMANN S.262 (23)
RL	Rumpflänge	Sitzfläche - Cervicale	Anthropometer	GREIL (1989) S.144 Nr.199
	Umfänge			
HSU	Halsumfang	senkrecht zur Halsachse verlaufender Umfang in Höhe des Sublaryngale	Maßband	KNUSSMANN S. 271 (63)
OAUR	Oberarmumfang, in Ruhe	größter Umfang in Höhe des Bizepale bei nichtangespannter Muskulatur	Maßband	KNUSSMANN S. 271 (65)
OAU	Oberarmumfang, anspannt	größter Umfang in Höhe des Bizepale bei angespannter Muskulatur	Maßband	KNUSSMANN S. 271 (65/1)
UAU	Unterarmumfang, größter	größter Umfang in Höhe des Radioulnare proximale	Maßband	KNUSSMANN S. 271 (66)
HGU	Handgelenkumfang	kleinster Umfang in Höhe der Styli ulnare u. radiale	Maßband	KNUSSMANN S. 272 (67a)
HDU	Handumfang	Umfang in Höhe der Metacarpalia radiale und ulnare	Maßband	KNUSSMANN S. 272 (67/2)
BUM	Brustumfang, mesosternal	horizontaler Umfang in Höhe des Mesosternale	Maßband	KNUSSMANN S. 270 (61)
BUH	Brustumfang, horizontal	horizontaler Umfang in Höhe des Thelion	Maßband	GREIL (1989) S.141 Nr.85
BKU	Brustkorbumfang	horizontaler Umfang in Höhe des Xyphiale	Maßband	GREIL (1989) S.141 Nr. 87
TU	Taillenumfang	kleinster Umfang in Höhe des Transversoabdominale	Maßband	KNUSSMANN S. 270 (62)
HUEU	Hüftumfang	größter Umfang in Höhe des Coxale	Maßband	KNUSSMANN S. 271 (64)
OSU	Oberschenkelumfang, größter	maximaler Umfang um den Oberschenkel	Maßband	KNUSSMANN S. 272 (68)
OSUM	Oberschenkelumfang, Mitte	horizontaler Umfang in der Mitte zwischen Leistenfalte und Kniescheibe	Maßband	KAHN (1996) S.961
USUG	Unterschenkelumfang, größter	maximaler Umfang um die Wade	Maßband	KNUSSMANN S.272 (69)
USUK	Unterschenkelumfang, kleinster	minimaler Umfang um die Wade	Maßband	KNUSSMANN S. 272 (70)

Breiten- und Tiefenmaße				
SBA	biakromiale Schulterbreite	Akromiale - Akromiale	Tasterzirkel, groß	KNUSSMANN S. 263 (35)
BKB	Brustkorbbreite	maximale Breite in Höhe des Xyphiale	Tasterzirkel, groß	KNUSSMANN S.264 (36)
BKT	Brustkorbtiefe	Xyphiale - Dornfortsatzspitze des in einer Horizontalebene gelegenen Brustwirbels	Tasterzirkel, groß	KNUSSMANN S. 264 (37)
BEB	Beckenbreite	Iliocristale - Iliocristale	Tasterzirkel, groß	KNUSSMANN S.264 (40)
ADL	Abdominaldurchmesser, liegend	Liegefläche - Abdominale	Anthropometer, halb	KAHN (1996) S.961
ADS	Abdominaldurchmesser, stehend	Dornf.spitze des in einer Horizontalebene gelegenen Lendenwirbels - Abdominale	Tasterzirkel, groß	neu eingeführt
EBB	Ellenbogenbreite	Humerale mediale - Humere laterale	Tasterzirkel, klein	KNUSSMANN S. 267 (52)
KB	Kniebreite	Merion mediale - Merion laterale	Tasterzirkel, klein	KNUSSMANN S. 269 (59)
Hautfaltendicken				
		siehe auch Kapitel 3.2.3.3.		
HFKI	Hautfalte Kinn	unterhalb des Mundbodens	Kaliper	KNUSSMANN S. 274 (72b)
HFBI	Hautfalte Bizeps	über dem Musculus biceps brachii	Kaliper	JOHNSEN (1990) S. 395
HFTR	Hautfalte Trizeps	über dem Musculus triceps brachii	Kaliper	KNUSSMANN S.274 (72a)
HFR	Hautfalte Rücken	schräg unterhalb der Scapula	Kaliper	KNUSSMANN S. 273 (72d)
HFBR	Hautfalte Brust	in Höhe des Xyphiale	Kaliper	JOHNSEN (1990) S. 395
HFH	Hautfalte Hüfte	direkt oberhalb des Beckenkammes	Kaliper	KNUSSMANN S. 274 (72g)
HFSU	Hautfalte supraspinal	5-7 cm schräg über der Crista iliaca	Kaliper	ROSS u.M.-Jones (1982)
HFBA	Hautfalte Bauch	5 cm seitlich des Umbilicus	Kaliper	KNUSSMANN S. 274 (72f)
HFOS	Hautfalte Oberschenkel	in der Mitte des Oberschenkels	Kaliper	KNUSSMANN S. 274 (72i)
HFKN	Hautfalte Knie	dicht vor der Kniescheibe	Kaliper	JOHNSEN (1990) S. 395
HFWA	Hautfalte Wade	in Höhe des größten Unterschenkelumfanges	Kaliper	KNUSSMANN S. 274 (72j)
abgeleitete Maße				
KOH	ganze Kopfhöhe	Differenz Körperhöhe - Kinnhöhe		KNUSSMANN S. 247 (16)
HSL	vordere Halslänge	Differenz Kinnhöhe - Brustbeinhöhe		KNUSSMANN S. 263 (29a)
BLP	projektivische Beinlänge	Differenz Körperhöhe - Stammlänge		KNUSSMANN S. 268 (53/4)

Tabelle 1: Untersuchte Körperbaumaße und Meßstreckendefinitionen

3.2.3. Einschätzung der Körperzusammensetzung

“Eine exakte Bestimmung der Körperzusammensetzung scheint einleuchtend und unmöglich zugleich. Einleuchtend deshalb, weil im Labor nahezu alle biologischen Substanzen analysiert werden können; unmöglich, da die Zerteilung des lebenden menschlichen Körpers nicht durchführbar ist, die Leiche aber bereits Veränderungen aufweist...”

(ELMADFA und LEITZMANN 1990, S. 20)

Zur Beurteilung von GKF und Magermasse sollen die in dieser Arbeit angewandten Methoden der Hautfaltendickenmessung und der bioelektrischen Impedanzanalyse vorgestellt werden. Weiterhin wird die Körperzusammensetzung auf der Grundlage eines Vier-Komponentenmodells aus Fett-, Muskel-, Skelett- und Restmasse nach DRINKWATER und ROSS (1980) berechnet.

3.2.3.1. Bestimmung der Körpermasse

Die Körpermasse, die als „gemessene Größe“ zu den Körperbaumaßen zählt, ist Ausgangspunkt für die Körperzusammensetzung. Da sie rein inhaltlich die Komponenten der Körperzusammensetzung zu einem Ganzen zusammenfügt, erfolgt ihre Behandlung im Ergebnis- und Diskussionsteil an dieser Stelle.

3.2.3.2. Indizes zur Beurteilung von Körpermasse und Körperzusammensetzung

Relativmaße

Relativmaße sind Indizes, die als Bezugsebene die Körperhöhe verwenden. Sie werden in der Anthropologie häufig zur Analyse von Proportionsunterschieden im Körperbau herangezogen (FLÜGEL et al. 1986).

*Relativmaß = beliebiges Maß (cm) * 100 / Körperhöhe (cm).*

Body-Mass-Index

Der Body-Mass-Index (BMI) ist ein von der WHO zur Einschätzung des Ernährungszustandes empfohlenes und international häufig verwandtes Maß (HOFFMANN et al. 1988, BERGMANN et al. 1989, FIDANZA 1991, JONES und NORGAN 1994, GREIL und MÖHR 1996, WHO 1998). Er ist definiert nach der Formel:

BMI (kg/m²) = Körpermasse (kg) / [Körperhöhe (m)]².

Broca-Index

Der Broca-Index gilt als Faustregel für ein sogenanntes Normalgewicht oder wünschenswertes Gewicht. Dieses Normalgewicht entspricht der Körperhöhe in Zentimetern über 100, ausgedrückt in Kilogramm (KNUSSMANN 1988, GREIL 1993).

Fettleibigkeits-Index

Der Fettleibigkeits-Index nach ABDEL-MALEK et al. (1985) wird zur Schätzung des GKF herangezogen. Die Indexwerte liefern nach KNUSSMANN (1988) die bestmögliche Schätzung des GKF auf der Grundlage von Körpermasse und Körperhöhe.

Der Fettleibigkeits-Index wird geschlechtsspezifisch berechnet:

$$GKF (\%) = k * \text{Körpermasse (kg)}^{1,2} / \text{Körperhöhe (cm)}^{3,3}$$

$$k \text{ für Frauen} = 4 * 10^6 \quad k \text{ für Männer} = 3 * 10^6.$$

Fettverteilungs-Index

Der Fettverteilungs-Index widerspiegelt das Verhältnis der Verteilung des subkutanen Fettgewebes von den Extremitäten zum Rumpf. Die Idee, das Verhältnis von zentralem zu peripherem Fettanteil über Hautfalten zu bestimmen, wurde bei DESPRÉS et al. (1991) und LOHMANN (1992) aufgegriffen.

$$\text{Fettverteilungs-Index} = \frac{\text{Extremitätenhautfalten (Trizeps, Bizeps, Oberschenkel, Knie, Wade)}}{\text{Rumpfhautfalten (Rücken, Brust, Bauch, Hüfte, supraspinal)}}$$

mittlere Fettschichtdicke

Die mittlere Fettschichtdicke wurde nach der einfachen Formel berechnet:

$$\text{mittlere Fettschichtdicke (mm)} = [\text{Summe aller 11 Hautfalten (mm)} / 11] / 2$$

Verallgemeinert gilt bei einer ausreichend großen Anzahl an Hautfalten:

$$\text{mittlere Fettschichtdicke (mm)} = [\text{Summe aller gemessenen Hautfalten (mm)} / \text{Anzahl der Hautfalten}] / 2$$

Taille-Hüfte-Index

Der Taille-Hüfte-Index, in der internationalen Literatur als Waist-Hip-Ratio bekannt, dient der Einschätzung des Fettverteilungsmusters und damit der Erkennung des mit einem höheren Gesundheitsrisiko belasteten abdominalen Fettgewebes (FIDANZA 1991, JONES und NORGAN 1994, KROKE et al. 1998).

$$\text{Taille-Hüfte-Index} = \frac{\text{Taillenumfang (cm)}}{\text{Hüftumfang (cm)}}$$

Oberarmmuskelfläche

Nach HEYMSFIELD et al. (1982) und FRISANCHO (1990) ist die Oberarmmuskelfläche ein Marker für die Muskelmasse. Nach diesem Modell werden der Oberarm und seine Bestandteile vereinfacht als Zylinder dargestellt. Die Fläche der Oberarmmuskulatur wird, unter Einbeziehung einer geschlechtsspezifischen Konstante C für die Fläche des Oberarmknochens, wie folgt berechnet (HEYMSFIELD et al. 1982):

$$\text{Oberarmmuskelfläche (cm}^2\text{)} = [\text{Oberarmumfang (cm)} - (\text{Hautfalte Trizeps (cm)} * p)]^2 / (4 * p) - C$$

$$C \text{ für Frauen} = 6,5 \text{ cm}^2 \quad C \text{ für Männer} = 10,0 \text{ cm}^2$$

Frame-Index

Der Frame-Index nach FRISANCHO (1990) dient zur Beurteilung der Skelettrobustizität auf der Grundlage der Messung der Ellenbogenbreite (Epikondylenbreite des Humerus). Dahinter steht das Konzept, dass mit einer hohen Skelettrobustizität bei einer gegebenen Körperhöhe eine hohe Magermasse verknüpft ist. (FRISANCHO 1990, JOHNES und NORGAN 1994).

Der Frame-Index wird nach folgender Gleichung berechnet (FRISANCHO 1990):

$$\text{Frame-Index} = [\text{Ellenbogenbreite (mm)} / \text{Körperhöhe (cm)}] * 100.$$

3.2.3.3. Einschätzung von Gesamtkörperfett und Magermasse aus der subkutanen Fettschichtdicke

Messgerät

Die Messung des Unterhautfettgewebes kann mit verschiedenen standardisierten Hautfaltendickenmessern (Kaliper) erfolgen. Zwei bewegliche Messschenkel schließen sich um die zu messende Hautfalte, wobei sich die beweglichen oder abgerundeten Enden parallel zur Auflagefläche stellen. Unabhängig vom Öffnungswinkel der Messschenkel wird ein konstanter Messdruck von 10 g/mm² ausgeübt (KNUSSMANN 1988).

Für die vorliegenden Messungen wurde ein geeichtes Lange-Kaliper der Firma Beta Technology Incorporated (Cambridge, Maryland) eingesetzt. Der Messbereich reicht von 0-60 mm bei einer Ablesegenauigkeit von 1 mm.

Prinzip

Aus der Messung der subkutanen Fettschichtdicke aus Hautfaltendickenmessungen an definierten Messpunkten ist die Einschätzung des GKF und der Magermasse möglich. Dabei wird eine doppelte Schicht aus Haut und subkutanem Fettgewebe von der Muskulatur abgehoben und die Dicke der entstandenen Hautfalte bestimmt. Die miterfasste Haut spielt praktisch keine Rolle, da ihre Variabilität vergleichsweise gering ist (KNUSSMANN 1988). Der GKF kann aufgrund der hohen Korrelation mit dem Unterhautfettgewebe über multiple Regressionsgleichungen berechnet werden (JOHNSEN und SCHOLZ 1989, ELMADFA und LEITZMANN 1990, HEYWARD und STOLARCZYK 1996).

Bei der Hautfaltendickenmessung wird von einem Zwei-Komponenten-Modell der Körperzusammensetzung ausgegangen. Es wird zwischen Fettmasse und Magermasse unterschieden (FISCHER und LEMBCKE 1991, STROH 1995).

Durchführung der Messungen

Die Hautfaltendicken wurden, wie alle anderen Körpermaße, am unbekleideten Körper auf der rechten Körperseite gemessen. Mit dem Daumen und Zeigefinger der linken Hand wurde die Haut und das darunter liegende Fettgewebe fest gegriffen und abgehoben. Der Hautfaltendickenmesser wurde mit der rechten Hand etwa 1 cm unterhalb der abgehobenen Hautfalte angesetzt. Auf eine parallele Faltenabhebung und Haltung des Messgerätes wurde geachtet (FLÜGEL et al. 1986). Innerhalb von 2 Sekunden nach Ansetzen des Messinstrumentes wurde der Wert abgelesen (ROSS und MARFELL-JONES 1982, KNUSSMANN 1988).

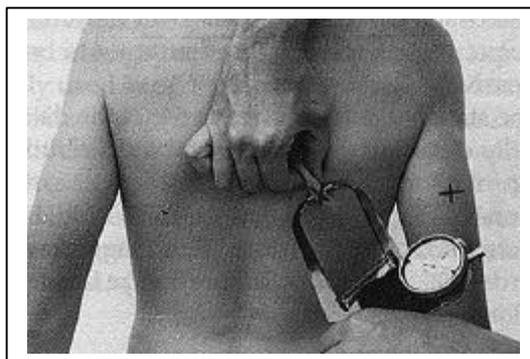


Abbildung 4: Messung der Hautfaltendicke am Rücken

Die Messstellen zur Hautfaltendickenmessung werden ausführlich beschrieben, da schon geringfügige Abweichungen zu großen Fehlern führen können (FIDANZA 1991). Die Hautfaltendicke wurde an folgenden Messpunkten bestimmt:

- Kinn, *submental*: Hautfalte in der Medianebene in der Mitte unterhalb des Mundbodens bei Kopfhaltung in Ohr-Augen-Ebene; Hautfaltenabhebung längs der Körperachse (KNUSSMANN 1988 S. 274, JOHNSEN 1990, S. 395),
- Bizeps: Hautfalte auf der ventralen Seite des Oberarms über dem *Musculus biceps brachii*; Hautfaltenabhebung parallel zur Längsachse des Oberarmes (JOHNSEN 1990, S.395),
- Trizeps, *brachial*: Hautfalte auf der dorsalen Seite des Oberarms über dem *Musculus triceps brachii* in der Mitte zwischen *Akromiale* und *Olekranon*; Hautfaltenabhebung parallel zur Längsachse des Oberarms (KNUSSMANN 1988, S. 273),
- Rücken, *subscapular*: Hautfalte direkt unterhalb der unteren Spitze der *Scapula* bei hängendem Arm; Hautfaltenabhebung schräg zur Längsachse des Körpers (KNUSSMANN 1988, S.274),
- Brust: Hautfalte an der vorderen Axillarlinie in Höhe der 7. Rippe; Hautfaltenabhebung parallel zum Rippenverlauf (JOHNSEN 1990, S. 395),
- Bauch, *abdominal*: Hautfalte in der Mitte der Verbindungslinie *Umbilicus-Crista iliaca*; 5 cm vom *Umbilicus* entfernt; Hautfaltenabhebung im Verlauf der genannten Linie (KNUSSMANN 1988, S. 274),
- Hüfte, *coxal*: Hautfalte auf der seitlichen Axillarlinie direkt oberhalb des Beckenkammes; Hautfaltenabhebung parallel zur Längsachse des Körpers (KNUSSMANN S. 274, JOHNSEN 1990, S. 395),
- supraspinal: Hautfalte etwa 5-7 cm schräg oberhalb der *Crista iliaca* auf einer gedachten Linie zur Achselhöhle; Hautfaltenabhebung medial nach unten in einem Winkel von 45° (ROSS und MARFELL-JONES 1982, S. 85), entspricht nach CARTER und HEATH (1990) der Hautfalte *suprailiacal*,
- Oberschenkel, *femoral*: Hautfalte auf der Vorderseite des Oberschenkels in der Mitte zwischen Leiste und Oberrand der Kniescheibe; Messung am sitzenden Probanden; Hautfaltenabhebung parallel zur Längsachse des Beines (KNUSSMANN 1988, S. 274),
- Knie: Hautfalte dicht vor der Kniescheibe; Messung am sitzenden Probanden; Hautfaltenabhebung parallel zur Längsachse des Beines (JOHNSEN 1990, S. 395),
- Wade, *sural*: Hautfalte in Höhe des größten Unterschenkelumfanges auf der Rückseite der Wade; Messung am sitzenden Probanden; es ist darauf zu achten, dass keine Muskulatur miterfasst wird; Hautfaltenabhebung parallel zur Längsachse des Beines (KNUSSMANN 1988, S. 274).

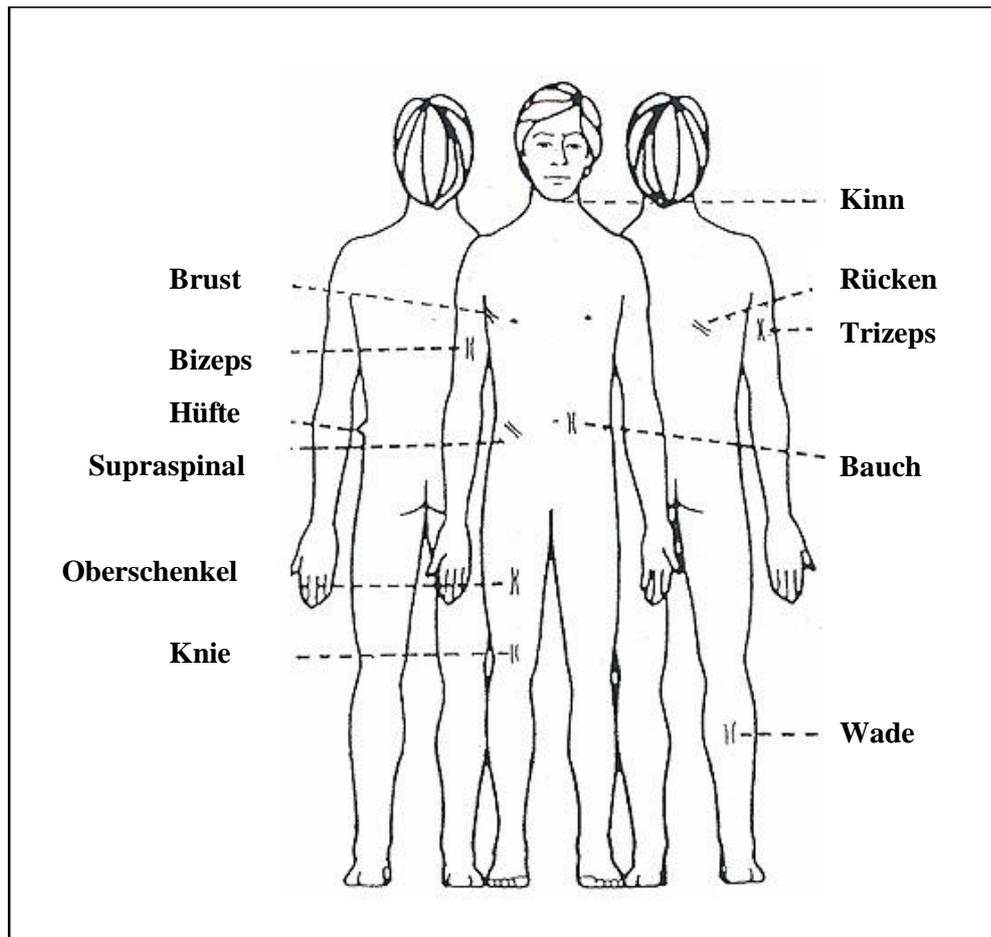


Abbildung 5: Messpunkte zur Hautfaltendickenmessung

Berechnungsgrundlagen

Grundlage für die Aufstellung einer Regressionsgleichung ist die Kalibrierung an einer Standardmethode zur Bestimmung des GKF. Die im Zusammenhang mit der Hautfaltendickenmessung am häufigsten angewandte Referenzmethode ist die Unterwasserwägung (Hydrodensitometrie) mit Restluftbestimmung (DURNIN und WOMERSLEY 1974, JACKSON et al. 1980, JOHNSEN und SCHOLZ 1989).

Die höchsten Korrelationskoeffizienten bei der Berechnung des GKF erzielt man erwartungsgemäß mit einer möglichst hohen Anzahl an Hautfalten (PARÍZKOVÁ 1977). Bei Reduktion auf eine Anzahl von 3-4 Hautfalten wird jedoch schon eine für die Praxis ausreichende Genauigkeit erreicht (JACKSON und POLLOCK 1978, JOHNSEN und SCHOLZ 1989, FIDANZA 1991). Um die verschiedenen Fettverteilungsmuster zu berücksichtigen, sollten mindestens eine Hautfalte an den Extremitäten (z. B. Trizeps) und eine Hautfalte am Rumpf (z.B. Rücken) in die Berechnung aufgenommen werden (NORGAN 1991).

Zur Berechnung der Körperzusammensetzung aus Hautfaltendickenmessungen stehen eine große Anzahl an Formeln zur Verfügung (z. B. SLOAN 1962 und 1967, MÖHR und JOHNSEN 1972, DURNIN und WOMERSLEY 1974, PARÍZKOVÁ 1977, JACKSON und POLLOCK 1978, JACKSON et al. 1980, JOHNSEN 1990). Zur Bestimmung des GKF wurden in der vorliegenden

Arbeit drei densitometrisch geeichte Regressionsgleichungen zur Hautfaltendicke miteinander verglichen (Formeln siehe Anlage 4). Die Gleichung von DURNIN UND WOMERSLEY (1974) mit 4 Hautfalten ist eine der international am häufigsten angewandten Berechnungsformeln für Erwachsene (FIDANZA 1991, NORGAN 1991). Die Gleichungen von JOHNSEN (zit. nach TRIPPO und GREIL 1998) mit 10 Hautfalten und JOHNSEN (1990) mit 3 Hautfalten finden in Deutschland allgemeine Anwendung.

Die Magermasse wird wie folgt definiert (SCHUTZ 1999):

Magermasse = Körpermasse – Fettgewebe.

3.2.3.4. Einschätzung von Gesamtkörperfett und Magermasse mittels bioelektrischer Impedanzanalyse

Messgerät

Die Messungen erfolgten mit einem Multifrequenz-Body-Composition-Analyser BIA 2000-M der Firma DATA-Input (Frankfurt/M., Deutschland). Das Gerät ist auf die Messung der Impedanz bei den Frequenzen 1, 5, 50 und 100 kHz ausgelegt.

Messprinzip

Die BIA beruht auf der Messung des elektrischen Widerstandes, den ein Körper dem elektrischen Strom entgegensetzt. Der elektrische Strom wird, nach Anlegen einer Spannung, durch die im Körperwasser gelösten Elektrolyte geleitet. Die Fettmasse setzt dem Strom einen hohen Widerstand entgegen, während die Magermasse aufgrund ihres hohen Wasseranteils ein guter Leiter ist (FISCHER und LEMBCKE 1991, HEYWARD und STOLARCZYK 1996).

Die Impedanz Z wird als komplexer elektrischer Widerstand eines Wechselstromkreises verstanden. Sie setzt sich aus der Resistance R (ohmscher Widerstand) und der Reactance X_c (kapazitiver Blindwiderstand) zusammen. Die Resistance ist der reine Widerstand des Leiters gegen den Wechselstrom und ist umgekehrt proportional zum Gesamtkörperwassergehalt. Die Reactance wird durch den Widerstand der Zellmembranen, die wie Minikondensatoren wirken, charakterisiert. Sie ist somit ein Maß für die Körperzellmasse (STROH 1995, HEYWARD und STOLARCZYK 1996, KUSSMAUL et al. 1996).

Zur Unterscheidung von Resistance und Reactance sind moderne BIA-Messgeräte mit einer phasensensitiven Elektronik ausgestattet. Durch die Kondensatoreigenschaften der Zellmembranen entsteht im biologischen Wechselstromkreis eine Phasenverschiebung von Strom- und Spannungsmaximum. Diese Verschiebung wird in Grad gemessen und als Phasenwinkel ϕ bezeichnet (ROCHE et al. 1996).

Bei niedrigen Frequenzen (1 bis 5 kHz) ist die Bestimmung des extrazellulären Wassers möglich, da der Strom nur durch die extrazellulären Räume fließt und die Zellmembranen nicht durchdringen kann (DEURENBERG und SCHOUTEN 1992, THOMAS et al. 1992, HEYWARD und STOLARCZYK 1996). Bei höheren Frequenzen (≥ 50 kHz) passiert der Strom die Zellmembranen und ermöglicht somit die Bestimmung des Gesamtkörperwassers (LUKASKI 1989, DEURENBERG und SCHOUTEN 1992).

Bei der BIA wird die Körperzusammensetzung mit einem Drei-Komponenten-Modell erklärt, das den Organismus in die Anteile Körperfett, Körperzellmasse und extrazelluläre Masse einteilt.

Körperzellmasse und extrazelluläre Masse bilden zusammen die Magermasse (FISCHER und LEMBCKE 1991, STROH 1995).

Durchführung der Messungen

Die Messung der bioelektrischen Impedanz erfolgte auf einer Ärzteliege in entspannter horizontaler Lage auf dem Rücken. Arme und Beine des Probanden waren vom Körper abgespreizt, so dass die Arme keinen Körperkontakt hatten und die Schenkel einander nicht berührten (THOMAS et al. 1992, STROH 1995). Auf dem rechten Hand- und Fußrücken der Testperson wurden je zwei selbstklebende Hautelektroden befestigt. Es wurde darauf geachtet, dass Hand und Fuß unbekleidet waren und die Haut sauber, trocken und warm war, um eine optimale Haftung mit den Elektroden zu garantieren. Auf die richtige Platzierung der Elektroden entsprechend der Anleitung des Herstellers und der Literatur wurde besonderer Wert gelegt (Gebrauchsanleitung BIA 2000-M, HEYWARD und STOLARCZYK 1996):

Hand: Die Messelektrode wurde auf der Rückseite der rechten Hand, in der Mitte zwischen den distalen Condylen von Radius und Ulna befestigt.

Die Signalelektrode wurde auf dem Handrücken mit der Hauptfläche über dem weichen Gewebe zwischen dem zweiten und dritten Mittelhandknochen angebracht.

Fuß: Die Messelektrode wurde in der Mitte des Fußgelenks auf Höhe einer Horizontallinie durch den Innenknöchel befestigt.

Die Signalelektrode wurde auf dem Fußrücken zwischen dem zweiten und dritten Mittelfußknochen mit der Hauptfläche über dem weichen Gewebe platziert.

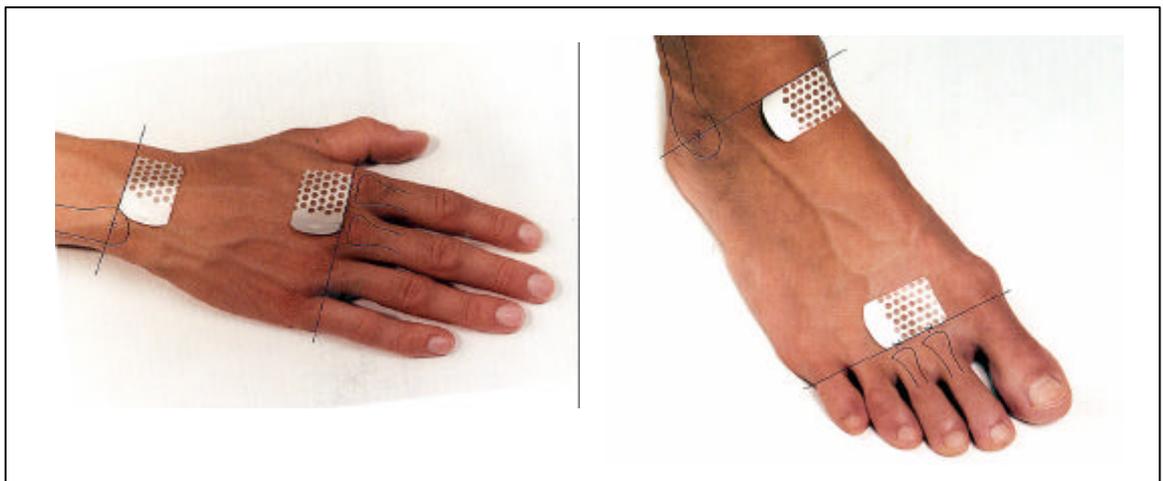


Abbildung 6 : Platzierung der Elektroden an Hand und Fuß

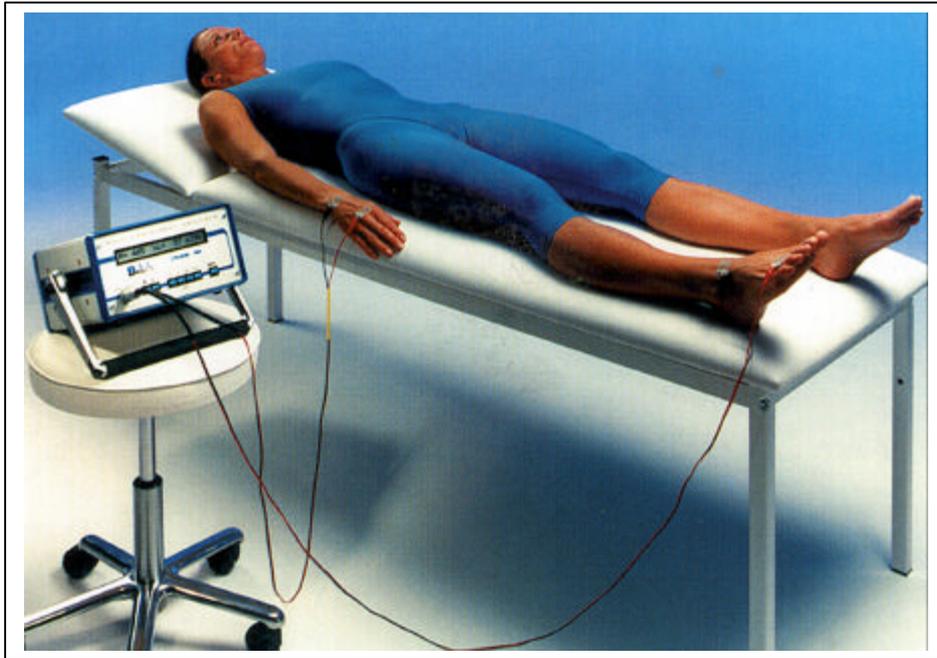


Abbildung 7 : Durchführung einer bioelektrischen Impedanzmessung

Zur Erzielung standardisierter Ergebnisse wird die Einhaltung folgender Bedingungen empfohlen (KUSHNER 1992, KUSSMAUL et al. 1996):

- die Messperson sollte 2-3 Stunden nüchtern sein,
- die letzte sportliche Betätigung sollte etwa 12 Stunden zurückliegen,
- der letzte Alkoholkonsum sollte möglichst 24 Stunden zurückliegen.

Berechnungsgrundlagen

Bei der Interpretation der Ergebnisse muss beachtet werden, dass mit der BIA lediglich die Resistance und Reactance direkt gemessen werden. Sämtliche Parameter der Körperzusammensetzung, wie Gesamtkörperwasser, Magermasse und Fettmasse beruhen auf rein statistischen Korrelationen und sind abgeleitete Größen. Die folgenden Gleichungen werden als allgemeines theoretisches Modell der BIA zu Grunde gelegt, obwohl es einige Schwierigkeiten bei der Anwendung dieses physikalischen Prinzips in einem so komplexen biologischen System wie dem menschlichen Körper gibt (HEYWARD und STOLARCZYK 1996):

- Widerstand eines stromdurchflossenen Leiters ist direkt proportional zu seiner Länge und umgekehrt proportional zu seiner Querschnittsfläche (Widerstandsgesetz, BROCKHAUS 1989),
- bei konstanter Frequenz kann die Impedanz (Z) als Funktion des spezifischen Widerstandes (ρ), der Fläche (A) und der Länge des Leiters (l) angesehen werden, Annahme Körper ist zylinderförmig (THOMAS et al. 1992, HEYWARD und STOLARCZYK 1996)

$$Z = r \cdot l / A,$$
- Multiplikation mit l / l und Umstellen nach Z ergibt $Z = r \cdot (l / l) \cdot (l / A),$
- da $A \cdot l = \text{Volumen (V)},$ ist $V = r \cdot l^2 / Z,$

- Länge l des stromdurchflossenen Leiters entspricht der Körperhöhe (FISCHER und LEMBCKE 1991), V ist das Volumen der stromleitenden Komponenten unseres Körpers, damit ist das Volumen des Gesamtkörperwassers direkt proportional zum Quadrat der Körperhöhe und indirekt proportional zur Impedanz (KUSHNER 1992, HEYWARD und STOLARCZYK 1996),
- aus dem Gesamtkörperwasser kann die Magermasse unter Annahme eines konstanten Wassergehaltes von 73,2% berechnet werden (ROCHE et al. 1996)

$$\text{Magermasse (kg)} = \text{Gesamtkörperwasser (l)} / 0,732,$$
- GKF ergibt sich aus der Differenz von Körpermasse und Magermasse

$$\text{GKF (\%)} = [\text{Körpermasse (kg)} - \text{Magermasse (kg)} / \text{Körpermasse (kg)}] * 100\%$$
(KUSSMAUL et al. 1996).

Die aus der Literatur bekannten Gleichungen zur Berechnung der Körperzusammensetzung sind meist populationsspezifisch und an verschiedenen Referenzmethoden geeicht. Zur Kalibrierung der BIA werden in erster Linie Isotopenverdünnungsmethoden zur Bestimmung des Gesamtkörperwassers (z. B. SCHOLS et al. 1991, FULLER et al. 1992), aber auch die Hydrodensitometrie (z. B. SEGAL et al. 1988, DEURENBERG et al. 1991) oder die Dual Energy X-ray Absorptiometry (z. B. ROUBENOFF et al. 1997) zur Bestimmung der Magermasse benutzt.

Der GKF wurde an der untersuchten Stichprobe mit den Gleichungen von KUSHNER und SCHOELLER (1986), LUKASKI (1989), HEITMANN (1990a) und DEURENBERG et al. (1991) bei einer Frequenz von 50 kHz berechnet (Formeln siehe Anlage 5). Die angegebenen Formeln wurden so gewählt, dass möglichst der untersuchte Altersbereich von 18 bis 64 Jahren eingeschlossen war und ein großer Stichprobenumfang untersucht wurde.

Die Ergebnisse wurden untereinander und mit dem aus Hautfalten errechneten GKF verglichen.

3.2.3.5. Anthropometrische Bestimmung der Komponenten Fett-, Muskel-, Skelett- und Restmasse

Ein Pionier auf dem Gebiet der Einschätzung der Körperzusammensetzung mit Hilfe der klassischen Anthropometrie war der tschechische Forscher J. MATIEGKA. In seiner bereits 1921 veröffentlichten Arbeit nahm er eine Unterteilung der Körpermasse in drei Hauptkomponenten vor: Die Fettmasse, die Muskelmasse, die Skelettmasse. MATIEGKA nahm an, dass die Fettmasse durch Hautfaltendicken, die Muskelmasse durch um Hautfaltendicken korrigierte Umfänge und die Skelettmasse durch Knochenbreiten erfassbar sei. Später wurde als vierte Komponente die Viszeral- oder Restmasse eingeführt, die den Anteil an inneren Organen umfasst (KNUSSMANN 1988).

Eine Weiterentwicklung von MATIEGKA's Berechnungen wurde 1980 von DRINKWATER und ROSS publiziert. In ihrer Arbeit "Anthropometric Fractionation of Body Mass" wurden die ursprünglichen Konstanten MATIEGKA's zur Berechnung der vier Teilmassen neu definiert, sowie die Messstrecken modifiziert. DRINKWATER und ROSS haben ein erweitertes Berechnungsmodell zur Bestimmung der Teilmassen eines Körpers mit Hilfe eines als „Phantom“ bezeichneten Unisex-Referenzmenschen entwickelt (siehe auch ROSS et al. 1981, ROSS und MARFELL-JONES 1982). Vom Phantom liegen auf der Grundlage von Leichensektionen Daten

über die Teilmassen vor. Das Modell beruht auf dem Prinzip, dass z-Transformationswerte von ausgewählten Maßen für Probanden oder -gruppen gebildet werden. Diese Maße repräsentieren die jeweilige Teilmasse, z. B. stehen verschiedene Breitenmaße für die Skelettmasse. Folgende Maße gelten als Prädiktorvariablen für die Teilmassen:

1. **Fettmasse** (Hautfalten Trizeps, Rücken, Bauch, Oberschenkel und Wade)
2. **Muskelmasse** (Oberarmumfang in Ruhe, größter Unterarmumfang, mesosternaler Brustumfang, größter Oberschenkelumfang und größter Unterschenkelumfang)
3. **Skelettmasse** (Ellenbogenbreite, Kniebreite, Handgelenkumfang und kleinster Unterschenkelumfang)
4. **Restmasse** (biakromiale Schulterbreite, Brustkorbbreite, Beckenbreite und Brustkorbtiefe)

Unter Nutzung der folgenden allgemeinen Formel werden die z-Werte erhalten:

$$z = 1 / s * (v * (170,18/h)^d - P)$$

z ist ein z-Transformationswert

v ist das jeweilige Maß

d ist eine dimensionale Konstante, d ist 1 für Längenmaße, 2 für Flächen und 3 für Massen und Volumina

h ist die gemessene Körperhöhe (einer Person oder Stichprobe)

P ist der Phantom-Wert für die Variable v

s ist die Standardabweichung für den Phantomwert von v

170,18 ist die konstante Körperhöhe des Phantoms.

In einem zweiten Schritt werden entsprechend der Abweichung der Probanden oder -gruppe vom Phantom die Teilmassen dieser Probanden bzw. -gruppen bestimmt. Dazu wird aus den erhaltenen z-Werten für die o.g. Maße ein Mittelwert \bar{z} gebildet und in folgende Formel zur Berechnung der entsprechenden Teilmasse eingesetzt:

$$M = (\bar{z} * s + P) / (170,18/h)^3$$

M ist eine Teilmasse, wie Fettmasse oder Skelettmasse

\bar{z} ist der mittlere Phantom z-Wert für die jeweilige Masse

P ist der Phantomwert für die Teilmasse

s ist die Standardabweichung des Phantom für die Teilmasse

h ist die gemessene Körperhöhe (einer Person oder Stichprobe)

170,18 ist die konstante Körperhöhe des Phantoms

Aus der Literatur sind der Autorin keine weiteren Arbeiten bekannt, die sich dieser Thematik annähernd ausführlich widmen. Wenn auch beispielsweise der Index der Oberarmmuskelfläche über die Entwicklung der Muskulatur und der Frame-Index über die Skelettrobestizität Auskunft geben, sagen diese Parameter nichts über die Muskel- bzw. Skelettmasse aus (HEYMSFIELD et al. 1982, FRISANCHO 1990).

3.2.4. Lebensmittelverzehr und daraus berechnete Energie- und Nährstoffaufnahme

Der Lebensmittelverzehr wurde über einen semiquantitativen Fragebogen zu den Ernährungsgewohnheiten erfasst (Anlage 1). Dieser Fragebogen ist für die BEK-Studie entwickelt und auf Validität und Reproduzierbarkeit geprüft worden (BOEING et al. 1995, BOHLSCHEID-THOMAS et al. 1997 a, b). Er wurde von den Teilnehmern vor der Untersuchung zu Hause ausgefüllt. Nach Einlesen durch einen Scanner wurde er auf Logik und Vollständigkeit überprüft und gegebenenfalls in Anwesenheit des Teilnehmers ergänzt.

Die Angaben zum Lebensmittelverzehr beziehen sich auf den Zeitraum der vergangenen 12 Monate. Der Fragebogen enthält insgesamt 158 Lebensmittelitems (BOHLSCHEID-THOMAS et al. 1997a). Für jedes Item wird nach Verzehrsmenge (vorgegebene Portionen) und Verzehrshäufigkeit (1 bis 6 mal pro Tag, Woche oder Monat) gefragt. Farbfotos vereinfachen die Einschätzung der Portionsgrößen. Weiterhin sind der Fettgehalt einzelner Lebensmittel, der Verzehr von Soßen zu Fleisch und Gemüse, die verwendeten Brat- und Kochfette, sowie der saisonale Konsum an Obst und Gemüse anzugeben. Eine Kurzübersicht über die Verzehrsgewohnheiten dient zur Kontrolle der zuvor im Fragebogen gemachten Teilnehmerangaben (VOSS et al. 1995).

Aus dem Lebensmittelverzehr wurde die Energie- und Nährstoffaufnahme mit einem speziellen Computerprogramm auf der Grundlage des Bundeslebensmittelschlüssels Version 2.1. berechnet (HÄUSSLER et al. 1990).

Jeder Proband erhielt über die BEK-Studie eine Computerauswertung zu seinen Ernährungsgewohnheiten auf der Grundlage der Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (1995, Anlage 3).

3.3. Mathematisch-statistische Auswertung

Die Urdaten wurden auf dem Messprotokoll beziehungsweise Fragebogen in Schriftform erfasst und anschließend in den Computer übertragen. Die Verwaltung der Datenbank erfolgte mit dem Programm FoxPro 2.6 für Windows. Die Berechnung der Daten wurden mit dem Statistikpaket SAS 6.10. vorgenommen. Graphische Darstellungen wurden mit dem Programm Excel 97 erstellt.

Nach Abschluss der Messungen wurde eine gründliche Fehleranalyse in Form einer Kontrolle der eingegebenen Daten, der Bildung logischer Ketten und Häufigkeitsverteilungen, sowie der Überprüfung der Minimal- und Maximalwerte für jedes Merkmal durchgeführt. Zweifelhafte Messwerte wurden aus dem Datensatz entfernt.

Die Auswertungen wurde bewusst auf eine relativ einfache Grundlagenstatistik begrenzt, die transparent sein soll. Die nachfolgend aufgeführten statistischen Größen und Verfahren fanden in der Arbeit Berücksichtigung:

Medianwert

Der Medianwert (50. Perzentil) ist ein Häufigkeitsmittel. Er ist derjenige Wert in der nach der Größe der Einzelwerte geordneten Reihe, der die Reihe halbiert, so dass jeder Teil 50% der Verteilung enthält (SACHS 1992). Bei einer Normalverteilung der Merkmale sind Median und arithmetisches Mittel gleich groß, bei einer schiefen Verteilung ist die Anwendung des

Medianwertes günstiger (FLÜGEL et al. 1986, SACHS 1992). Da Körpermaße wie die Körpermasse und das Unterhautfettgewebe häufig nicht normal verteilt sind, ist der Medianwert das geeignetere Maß zur Veranschaulichung des Mittelwertes (SACHS 1992). Er wurde nach sorgfältiger Abwägung für die Berechnungen der in dieser Arbeit untersuchten Merkmale benutzt.

Perzentile

Die Bildung einer Perzentilreihe umfasst einen eingeschränkten Streuungsbereich, der von Extremwerten weitestgehend unabhängig ist. Betrachtet man beispielsweise nur die mittleren 90% aller Werte, ist dieser Bereich durch die unteren 5% (das 5. Perzentil) bzw. die oberen 5% (das 95. Perzentil) begrenzt. Allgemein ist das x . Perzentil (P_x) diejenige Merkmalsausprägung, die $x\%$ der Verteilungsfläche abschneidet (BORTZ 1993).

Die Perzentile P_1 und P_{99} dienen bei dem angegebenen Stichprobenumfang dazu, die Variabilität der Körperbaumaße auszuweisen. Sie sind weniger zufällig als die Größen Minimum und Maximum. Mit den Perzentilen P_5 und P_{95} werden die international üblichen Perzentilgrenzen zur Einteilung von „klein, mittel und groß“ verwendet. Somit entspricht die Arbeit industrieanthropologischen Anforderungen und wäre auch in dieser Richtung anwendbar (FLÜGEL et al. 1986).

Zur Charakterisierung der Körperzusammensetzung und Ernährung wurden die Perzentile P_3 , P_{10} , P_{50} , P_{90} und P_{97} benutzt. Das 3. bzw. 10. Perzentil grenzt extremes Untergewicht bzw. Untergewicht und das 97. bzw. 90. Perzentil extremes Übergewicht bzw. Übergewicht ab. Damit wurden international als Standard geltende Grenzen verwandt (ROLLAND-CACHERA et al. 1991, KROMEYER-HAUSCHILD et al. 1999).

Korrelationsanalyse

Der Pearson-Korrelationskoeffizient r ist eine Maßzahl für die Stärke und Richtung des linearen Zusammenhanges zwischen zwei gleichwertigen Zufallsvariablen (BORTZ 1993). Er kann Werte zwischen +1 und -1 annehmen. Je positiver bzw. negativer der Grad des Zusammenhanges zwischen den zwei Variablen, desto mehr nähert sich der Korrelationskoeffizient der Zahl ± 1 an. Er beträgt Null, wenn zwischen den untersuchten Merkmalen keine Abhängigkeit besteht.

Signifikanztests

Zur Beurteilung signifikanter Unterschiede zwischen den Altersgruppen und Geschlechtern wurde im ersten Schritt der Shapiro-Wilk-Test auf das Vorliegen einer Normalverteilung durchgeführt (Tabelle I). Bei normalverteilten Merkmalen wurde mit dem Students t-Test auf signifikante Unterschiede geprüft. Nichtnormalverteilte Merkmale wurden mit den Wilcoxon-Test auf signifikante Unterschiede getestet. In den Tabellen II-XI im Anhang ist das Signifikanzniveau angegeben.

4. Ergebnisse

4. 1. Körperbaumaße

Die statistischen Größen zur Beschreibung der Körperbaumaße, in Form der Perzentile P_1 , P_5 , P_{50} (Medianwert), P_{95} und P_{99} der untersuchten 709 Probanden sind in den Tabellen II bis V im Anhang zusammenfassend dargestellt. Das jeweilige Signifikanzniveau für die Altersunterschiede ist angegeben. Die Ergebnisse wurden für alle jungen Erwachsenen (18-24 Jahre) und für die älteren Erwachsenen in Zehnjahresgruppen (35-44 Jahre für die Frauen beziehungsweise 40-44 Jahre für die Männer, 45-54 Jahre und 55-64 Jahre) dargelegt.

4.1.1. Altersspezifik von Körperbaumaßen

Auch nach Abschluss des Längenwachstums verändert sich der Körperbau innerhalb des Erwachsenenalters in charakteristischer Weise (GREIL und MÖHR 1996, HAUNER 1999). Diese altersspezifischen Veränderungen sollen an den untersuchten Männern und Frauen aus dem Land Brandenburg exemplarisch für die ostdeutsche Bevölkerung dargestellt werden.

In den Abbildungen wird bewusst für beide Geschlechter dieselbe Skalierung gewählt, damit ein direkter Vergleich der Absolutwerte der untersuchten Männer und Frauen gewährleistet ist.

4.1.1.1. Längenmaße (Abb. 8-9, Tab. II im Anhang)

Alle untersuchten Längenmaße folgen bei beiden Geschlechtern einem einheitlichen abnehmenden Trend, der beim Vergleich der Medianwerte der einzelnen Altersgruppen erkennbar wird. Die 18-24 Jahre alten Männer und Frauen weisen in der Regel die höchsten Durchschnittswerte im Vergleich zu den folgenden Altersgruppen auf. Der Grad der weiteren Abnahme ist bei den einzelnen Maßen unterschiedlich. Auffällig sind bei einigen Maßen die höheren Medianwerte der ältesten untersuchten Gruppe in Vergleich zu den 45-54jährigen Probanden. Die möglichen Ursachen für die geringeren Längenmaße der sogenannten deutschen Nachkriegskinder sollen in der Diskussion erörtert werden (Kapitel 5.1.1.).

Die 18-24 Jahre alten Männer sind im Mittel 179,6 cm groß. Bis zu den ältesten untersuchten Männern (55-64 Jahre) beträgt die Abnahme der Körperhöhe im Mittel 6,1 cm. Die Körperhöhe nimmt nicht kontinuierlich ab, die 45-54 Jahre alten Männer sind im Mittel sogar um 0,4 cm kleiner als die älteste untersuchte Gruppe. Die stärkste Abnahme liegt bei den Männern im Durchschnitt zwischen den Altersgruppen 40-44 Jahre und 45-54 Jahre.

Die größte Differenz zwischen den beiden mittleren Altersgruppen zeigen bei den Männern auch die Medianwerte der Kinnhöhe, Brustbeinhöhe, Stammlänge und Rumpflänge. Die Darmbeinstachelhöhe der Männer sinkt am deutlichsten zwischen der jüngsten und zweitjüngsten untersuchten Altersgruppe. Die verbleibenden Längenmaßen nehmen im Durchschnitt im Alter kontinuierlich ab. Jedoch bei der Oberarmlänge ist diese Abnahme auffallend gering. Die Medianwerte der letzten untersuchten Altersgruppe liegen bei der Körperhöhe, ganzen Kopfhöhe, Brustbeinhöhe, Darmbeinstachelhöhe, projektivischen Beinlänge und Oberarmlänge geringfügig höher als bei den 45-54 Jahre alten Männern. Im Erwachsenenalter nehmen sowohl Längenmaße am Körperstamm als auch an den Extremitäten signifikant ab.

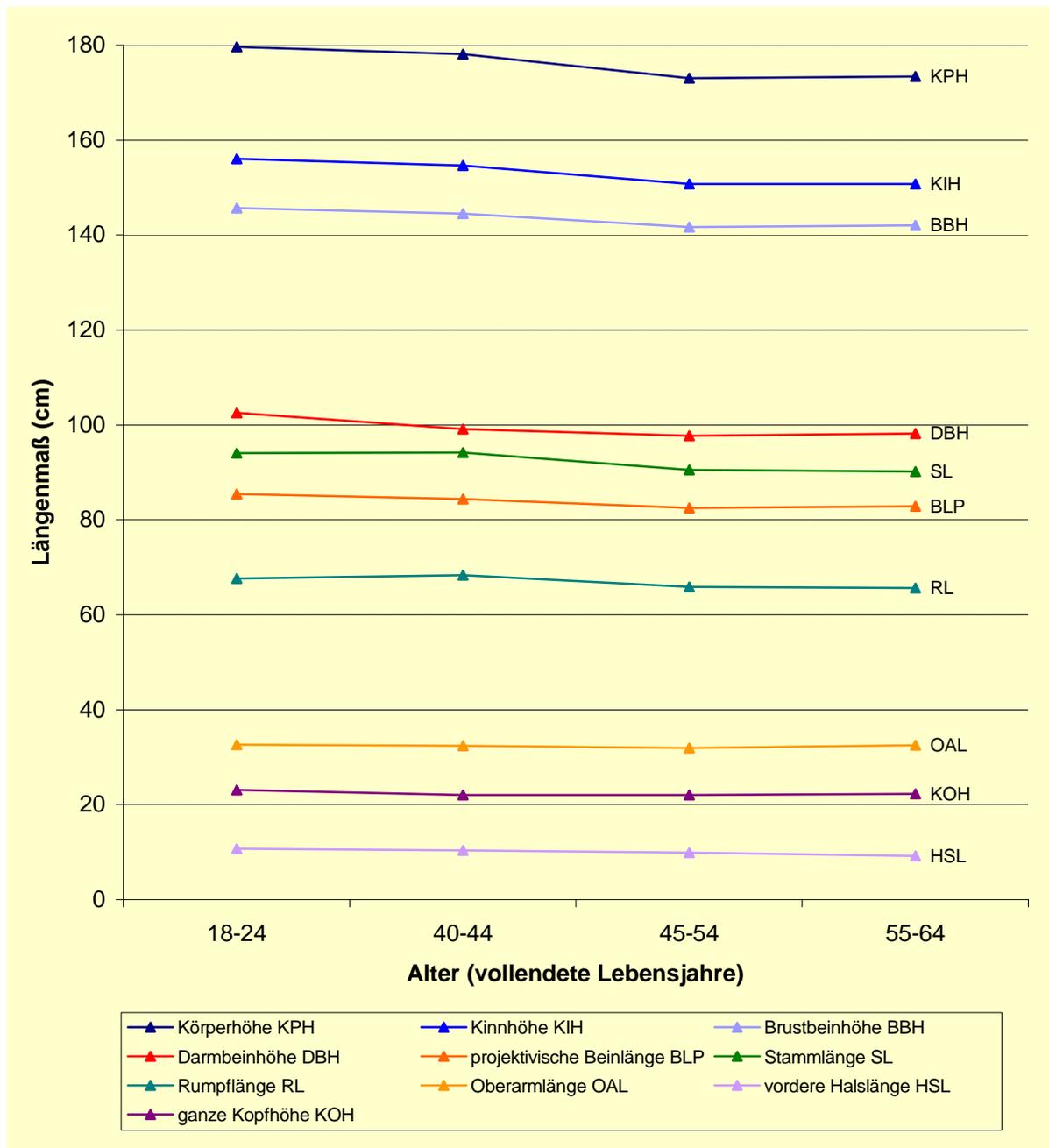


Abbildung 8: Medianwerte der Längenmaße bei Männern

Bei den jungen Frauen beträgt der Medianwert der Körperhöhe 167,8 cm. Die Körperhöhe nimmt bis zum 55. Lebensjahr steiler und bis zur ältesten untersuchten Gruppe nur noch minimal ab. Im gesamten untersuchten Altersbereich beträgt die Abnahme im Mittel 5,5 cm.

In der Tendenz sinken die Längenmaße vom 18. bis zum 45. Lebensjahr beim weiblichen Geschlecht deutlicher, als in den darauffolgenden Altersgruppen. Die Medianwerte der ganzen Kopfhöhe, Brustbeinhöhe, projektivischen Beinlänge und Oberarmlänge fallen durch höhere Medianwerte bei den ältesten untersuchten Frauen im Vergleich zu den 45-54 Jahre alten Frauen auf.

Auch bei der untersuchten weiblichen Stichprobe sind Darmbeinstachelhöhe und projektivische Beinlänge, welche die Veränderungen der Langknochen der unteren Extremitäten charakterisieren, ebenso einer erkennbaren Abnahme im Erwachsenenalter unterlegen, wie die Längenmaße, die durch Veränderungen der Wirbelsäule determiniert sind. Dieser Sachverhalt wird unter 5.1.1. diskutiert.

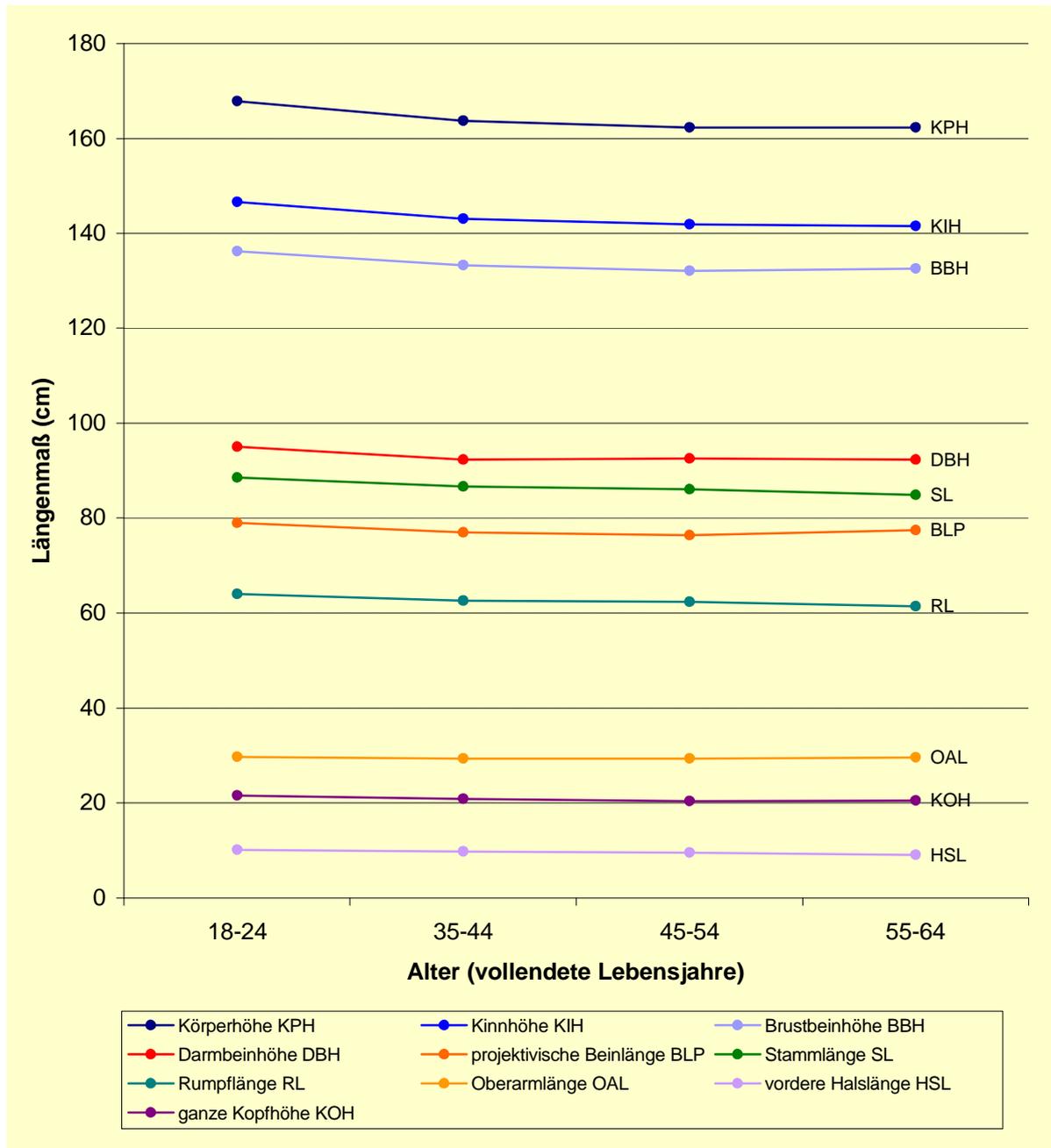


Abbildung 9: Medianwerte der Längenmaße bei Frauen

An dieser Stelle sei auf die Variabilität der einzelnen Längenmaße innerhalb einer Altersgruppe hingewiesen, die beim Vergleich der Perzentile P_1 und P_{99} sichtbar wird (Tab. II). Die individuelle Variabilität ist bei Längenmaßen weniger ausgeprägt, als z.B. bei Umfängen oder Hautfaldendicken. Es zeigt sich aber auch bei beiden Geschlechtern, dass der Variabilitätsbereich

innerhalb einer Altersgruppe deutlich größer ist, als die mittlere Variabilität im Altersverlauf. So beträgt die Differenz bei der Körperhöhe zwischen P_1 und P_{99} bei den jungen Männern 35,6 cm und bei den jungen Frauen 28,2 cm. Demnach sind sehr kleine junge Männer und Frauen deutlich kleiner als der Durchschnitt der älteren Männer und Frauen.

4.1.1.2. Umfangs-, Breiten- und Tiefenmaße

(Abb. 10-13, Tab. III-IV im Anhang)

Die Umfangsmaße nehmen im Gegensatz zu den Längenmaßen im Trend bei beiden Geschlechtern im Lauf des Erwachsenenalters zu. Dabei treten in der Höhe des Anstieges klare Unterschiede zwischen den Rumpf- und den Extremitätenumfängen zutage. Ebenso zeichnen sich die Tiefenmaße, noch deutlicher als die Breitenmaße, mit zunehmendem Alter durch einen Anstieg ihrer Mittelwerte aus.

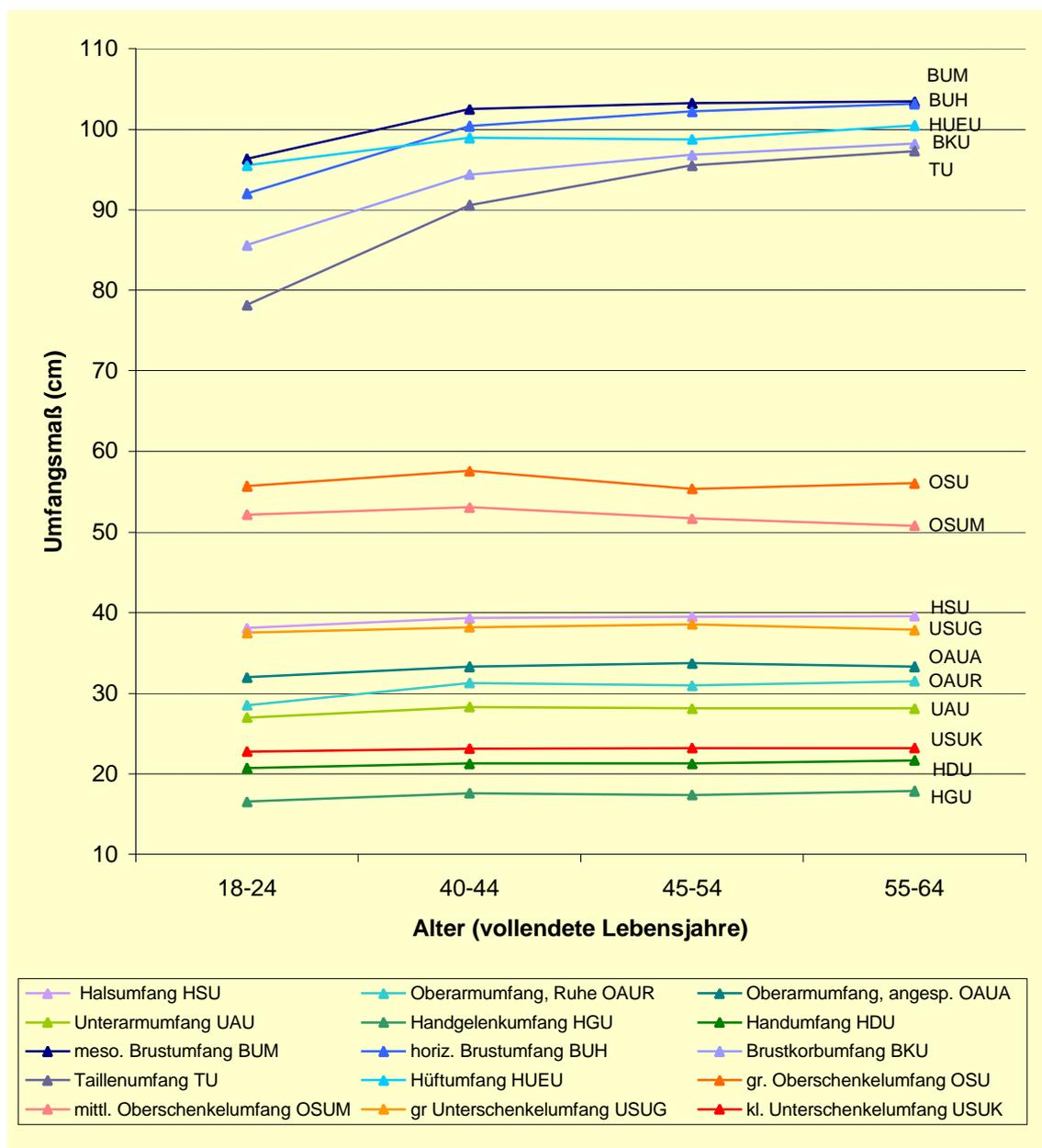


Abbildung 10: Medianwerte der Umfangsmaße bei Männern

Bei den Männern steigen die Rumpfumfangsmaße im Mittel vor allem bis zur Altersgruppe 40-44 Jahre sichtbar an. Dabei zeigt der Taillenumfang im Durchschnitt von der jüngsten zur ältesten untersuchten Gruppe mit 19,1 cm den steilsten Anstieg. Demgegenüber nimmt der Hüftumfang im untersuchten Altersbereich nur um 5,0 cm zu, bedingt durch einen leichten Abstieg seiner Mittelwerte in der Altersgruppe 45-54 Jahre.

Die Medianwerte der Extremitätenumfänge steigen beim männlichen Geschlecht im Vergleich zu den Rumpfumfängen nur geringfügig an. Prinzipiell zeigen die Extremitätenumfänge eine ähnliche Altersspezifik wie die Rumpfumfänge, mit einem stärkeren Anstieg bis zum 45. Lebensjahr und einer minimalen Steigung im höheren Alter. Auch der Halsumfang zeigt im Mittel vor allem von den 18-24 Jahre alten Männern zu den 40-44 Jahre alten Männern zunehmende Medianwerte. Der große und mittlere Oberschenkelumfang folgen dieser Entwicklung nicht und zeigen größere Schwankungen von Altersgruppe zu Altersgruppe. Diese Abweichungen sind vermutlich stichprobenbedingt.

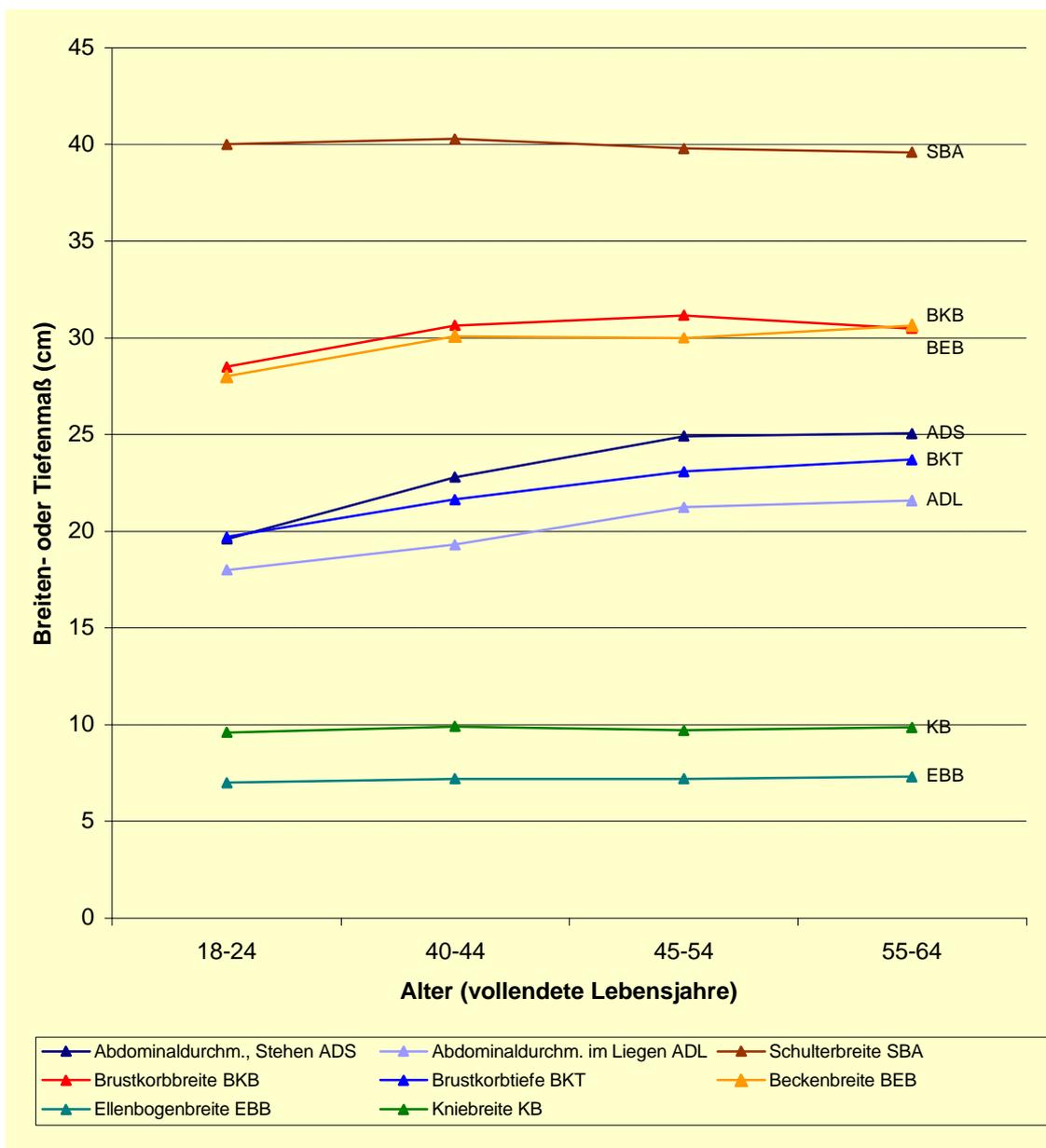


Abbildung 11: Medianwerte der Breiten- und Tiefenmaße bei Männern

Die Breitenmaße nehmen bei den Brandenburger Männern mit dem Alter erwartungsgemäß zu (Abb. 11). Einzige Ausnahme bildet die biakromiale Schulterbreite, die im Mittel um 0,4 cm abnimmt. Ellenbogen- und Kniebreite steigen bei den Männern nur minimal an, beide im Mittel um 0,3 cm. Im Vergleich zu den Breitenmaßen zeigen die Medianwerte von Abdominaldurchmesser im Stehen, Abdominaldurchmesser im Liegen und Brustkorbtiefe einen ausgeprägteren Anstieg im Altersgang.

Die auffällige Zunahme des Taillenumfanges und der beiden Abdominaldurchmesser lässt beim männlichen Geschlecht auf die im höheren Alter charakteristische Ausprägung eines Bauches schließen.

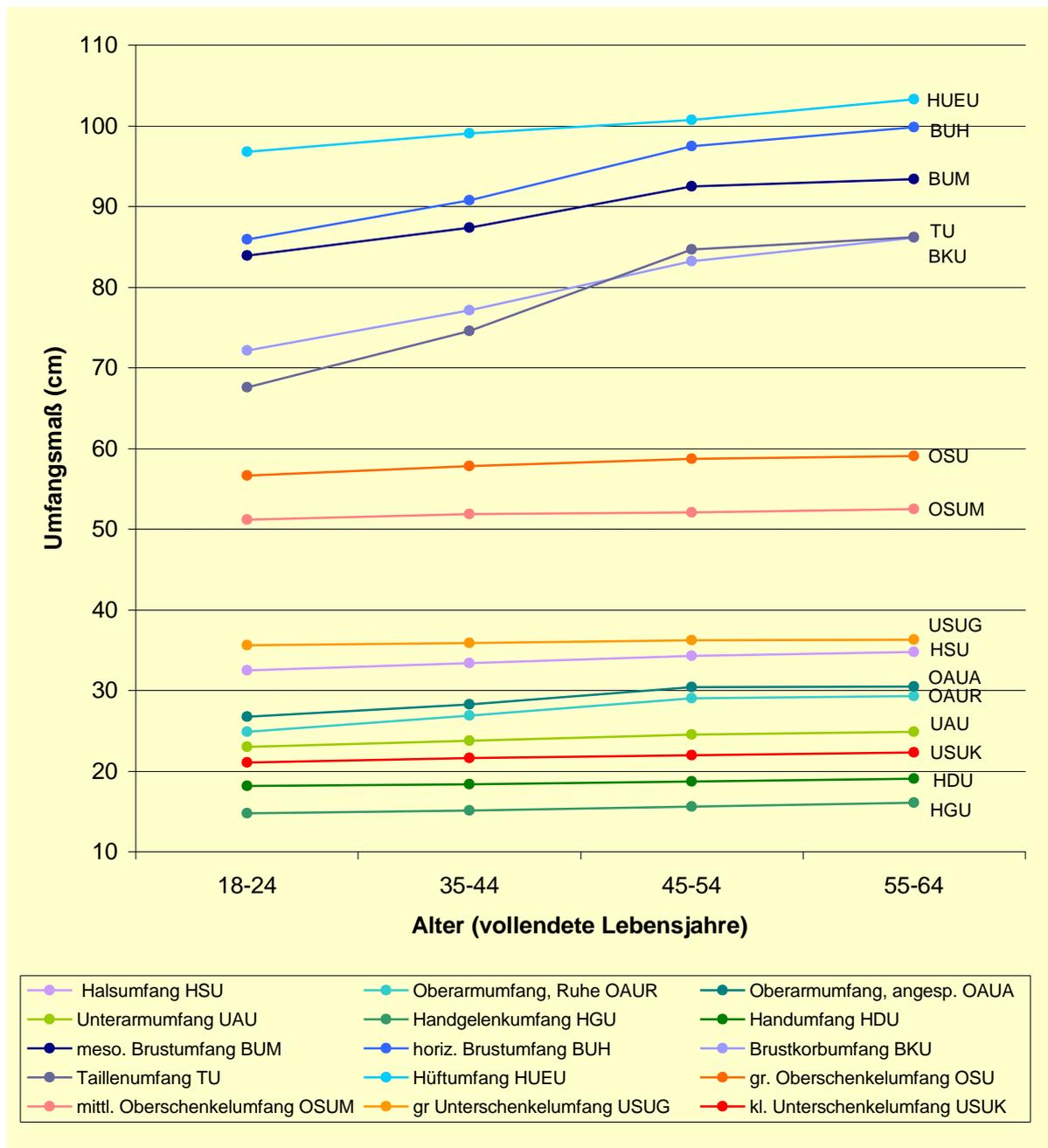


Abbildung 12: Medianwerte der Umfangsmaße bei Frauen

Bei den Frauen ist, wie Abb. 12 zeigt, bei allen Umfangsmaßen im Mittelwert von jeder Altersgruppe zur nächstälteren eine Zunahme zu verzeichnen. Die Medianwerte der Rumpfumfänge nehmen im Erwachsenenalter stark und nahezu kontinuierlich zu. Wie auch bei den Männern hat von den Rumpfumfangsmaßen der Hüftumfang bei den Frauen mit durchschnittlich 6,5 cm die geringste Alterszunahme, er zeigt jedoch im Mittel in allen Altersklassen die höchsten Absolutbeträge. Gleichermäßen weist der Taillenumfang beim weiblichen Geschlecht mit einer mittleren Zunahme von 18,6 cm den stärksten Anstieg auf.

Die Extremitätenumfänge und der Halsumfang verhalten sich bei den Frauen ähnlich wie bei den Männern. Sie nehmen im Mittelwert im Vergleich zu den Rumpfumfängen nur geringfügig, aber kontinuierlich zu. Einen stärkeren Anstieg zeigen die Oberarmumfänge in Ruhe und in Anspannung.

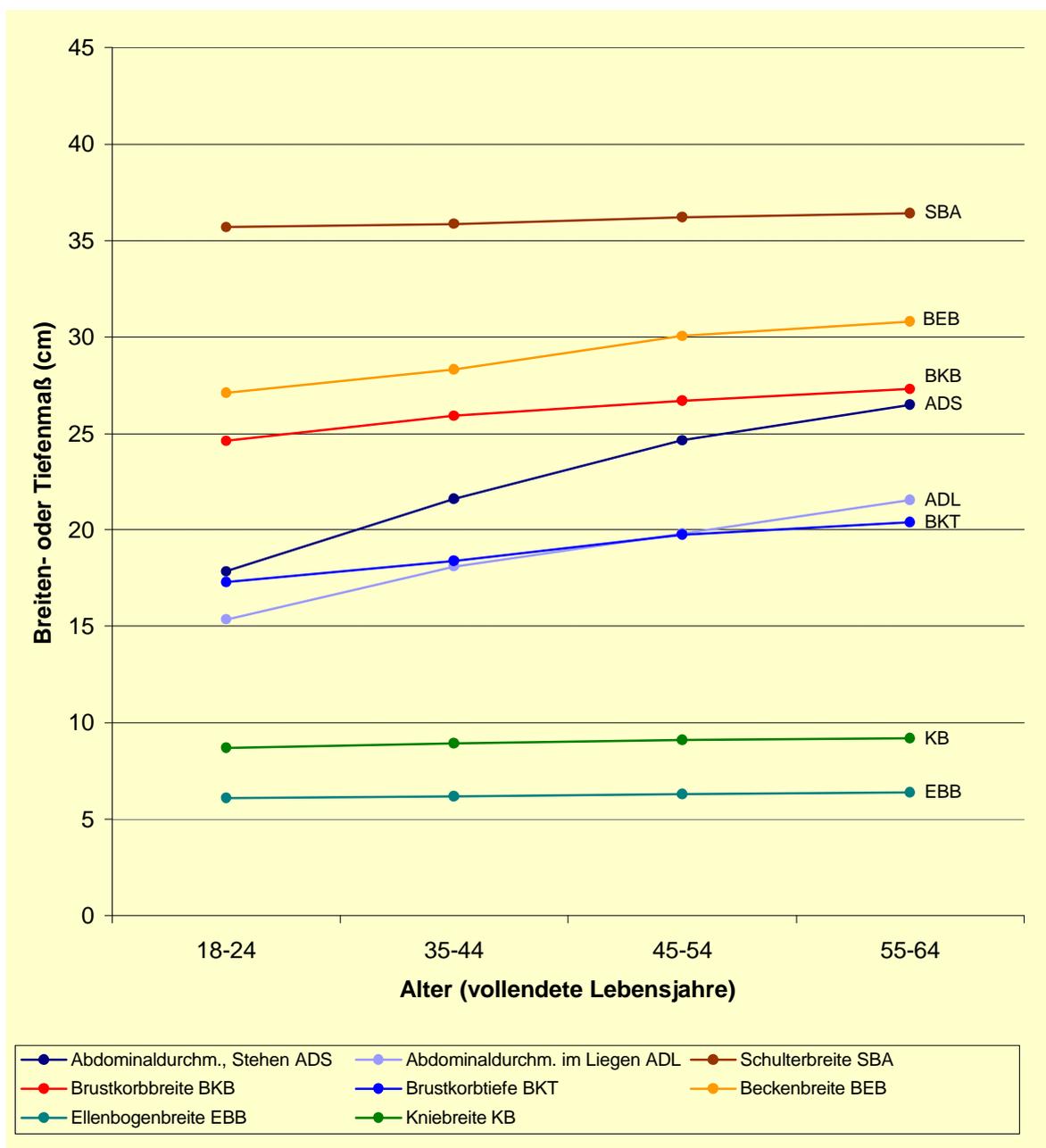


Abbildung 13: Medianwerte der Breiten- und Tiefenmaße bei Frauen

Auch die Breiten- und Tiefenmaße haben beim weiblichen Geschlecht im Mittelwert durchgängig einen Anstieg zu verzeichnen (Abb. 13). Dieser ist bei der biakromialen Schulterbreite, Ellenbogenbreite und Kniebreite minimal. Der im weiblichen Geschlecht ausgeprägten Hüftfröndung entsprechend, liegt die Beckenbreite sichtbar über der Brustkorbbreite. Die Rumpftiefenmaße Abdominaldurchmesser im Stehen und Abdominaldurchmesser im Liegen zeigen bei den Frauen einen größeren mittleren Zuwachs als die Breitenmaße. Der Anstieg der Brustkorbtiefe ist im Mittel mit dem Anstieg der Beckenbreite vergleichbar und geringer als der Anstieg der anderen beiden Tiefenmaße.

Bei den Umfangs-, Breiten- und Tiefenmaßen ist die Variabilität, wie auch bei den Längenmaßen, innerhalb einer Altersgruppe größer als die Veränderungen der Medianwerte mit zunehmendem Alter. Bei Betrachtung der Variabilität der Einzelwerte fällt auf, dass diese Maße schief und nicht normal verteilt sind.

4.1.2. Sexualdimorphismus von Körperbaumaßen

Der Körperbau von erwachsenen Menschen weist nicht nur, wie in Kapitel 4.1. beschrieben, in den verschiedenen Altersabschnitten unterschiedliche Dimensionen und Proportionen auf. Es bestehen zusätzlich in jedem Altersabschnitt charakteristische, als Sexualdimorphismus bezeichnete Unterschiede zwischen den Geschlechtern, die für die untersuchten Körperbaumaße den Abb. 14 bis 19 und der Tabelle V entnommen werden können. Die Geschlechterunterschiede weisen mit Ausnahme der Maße Abdominaldurchmesser im Stehen, Beckenbreite, Hautfalte „Hüfte“ und mittlerer Oberschenkelumfang mit $p < 0,01$ signifikante Unterschiede auf. Die Unterschiede bei der Hautfalte „Brust“ sind auf einem Niveau von $p < 0,05$ signifikant.

Die untersuchten Frauen sind im Mittel in allen Altersgruppen kleiner als die Männer. Aufgrund ihrer geringeren Körperendhöhe weisen die Absolutbeträge aller untersuchten Längenmaße bei den Frauen signifikant kleinere Medianwerte auf (Abb. 8 und 9). In einigen absoluten Umfangs-, Breiten- und Tiefenmaßen zeigen die Frauen höhere Medianwerte als die Männer (Abb. 11 und 13). So liegen die Mittelwerte des Hüftumfanges und des großen Oberschenkelumfanges in jeder Altersgruppe, sowie der mittlere Oberschenkelumfang ab der Altersgruppe 45-54 Jahre über den männlichen Absolutwerten. Trotz der Anatomie der weiblichen Brust bleibt der absolute horizontale Brustumfang, der direkt in Höhe der Brustwarzen gemessen wird, im Mittel hinter den Männern zurück. Die Beckenbreite ist ab dem 45. Lebensjahr bei beiden Geschlechtern gleich groß und der Abdominaldurchmesser im Stehen bei den ältesten untersuchten Frauen im Mittel größer als beim männlichen Geschlecht.

Zusätzlich zu diesen Dimensionsunterschieden gibt es geschlechtstypische Unterschiede in den Körperproportionen. Diese werden im Folgenden als prozentualer Anteil an der Körperhöhe (Relativmaß) jeweils für das junge (18-24 Jahre) und das ältere Erwachsenenalter (55-64 Jahre) dargestellt. Durch die Bildung der Relativmaße haben Männer und Frauen dieselbe Basis und sind mathematisch gesehen gleich groß. In den Abbildungen sind die Maße - immer beginnend mit den jungen Männern - der Größe nach geordnet.

4.1.2.1. Längenproportionen

(Abb. 14-15, Tab. V im Anhang)

In den relativen Längenmaßen, berechnet als Relativmaß in Prozent der Körperhöhe, lassen sich zwischen den Geschlechtern nur geringfügige Unterschiede erkennen. Die Brandenburger Männer sind in ihren Längenproportionen in der Tendenz durch einen relativ kurzen Oberkörper und längere Arme und Beine, aber einen geringfügig kürzeren Hals im Vergleich zu den Frauen gekennzeichnet.

Bei den jungen Männern liegen die Medianwerte der relativen Stammlänge und Rumpflänge unter den Medianwerten der jungen Frauen. Gleichsam zeigen nicht nur die projektivische Beinlänge und Darmbeinstachelhöhe, sondern auch die Oberarmlänge beim männlichen Geschlecht im Durchschnitt größere Relativwerte als beim weiblichen. Bei den 55-64 Jahre alten Erwachsenen kommen diese Geschlechtsunterschiede weniger deutlich zum Ausdruck. Die relative Stammlänge und Halslänge nehmen zwar bei den älteren Männern kleinere Mittelwerte an, aber die Rumpflänge ist gleich groß. Die projektivische Beinlänge und Oberarmlänge, jedoch nicht die Darmbeinstachelhöhe, zeigen bei den älteren Männern die höheren Medianwerte gegenüber den Frauen dieser Altersgruppe.

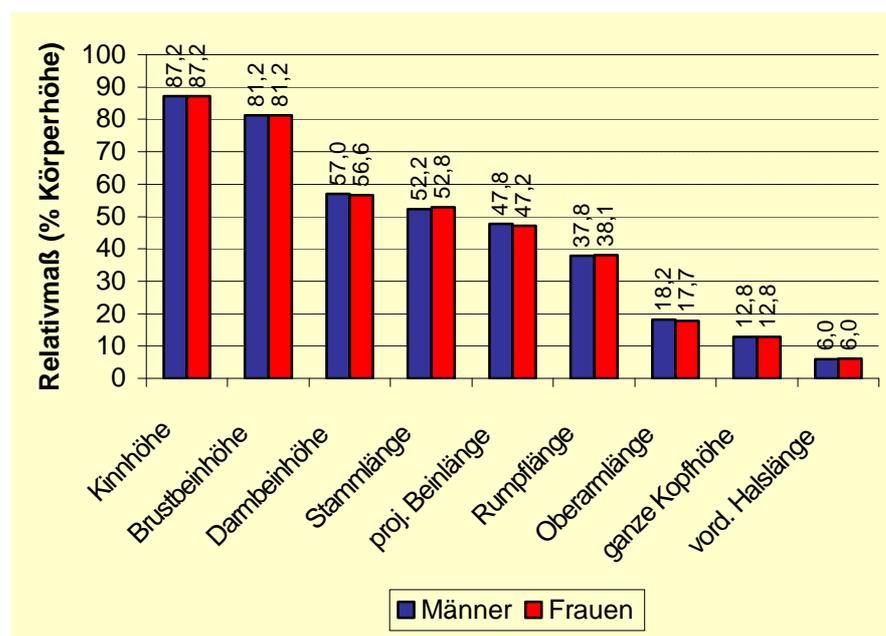


Abbildung 14: Medianwerte der relativen Längenmaße bei 18-24 Jahre alten Männern und Frauen

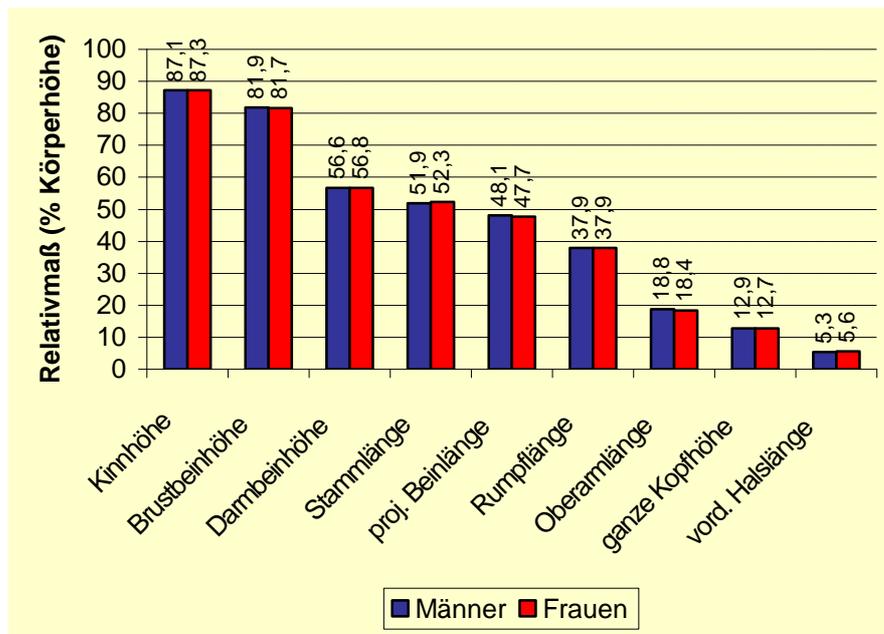


Abbildung 15: Medianwerte der relativen Längenmaße bei 55-64 Jahre alten Männern und Frauen

4.1.2.2. Umfangs-, Breiten- und Tiefenproportionen

(Abb. 16-19, Tab. V im Anhang)

Die Geschlechtsunterschiede sind bei den Umfangs-, Breiten- und Tiefenproportionen ausgeprägter als bei den Längenproportionen. Ältere Männer und Frauen zeigen in allen gemessenen relativen Umfangsmaßen höhere Mittelwerte gegenüber den jüngeren Erwachsenen, jedoch unterscheiden sie sich bezüglich ihrer Umfangsproportionen nur unwesentlich. Unter den relativen Rumpfumfängen besitzen die Frauen beim Hüftumfang und horizontalen Brustumfang die höheren und beim Taillenumfang die niedrigeren Medianwerte. Bedingt durch einen breiteren und robusteren Brustkorb liegen die Mittelwerte des relativen mesosternalen Brustumfanges und Brustkorbumfanges im jungen und älteren Erwachsenenalter bei den Männern höher als bei den Frauen.

Die Extremitätenumfänge in Relation zur Körperhöhe lassen im Geschlechtervergleich bei den oberen Extremitäten einen anderen Trend als bei den unteren erkennen. Die gemessenen Ober- und Unterschenkelumfänge sind im Mittelwert bei den weiblichen Untersuchten größer im Vergleich zu den männlichen, wobei die Geschlechterunterschiede vom großen Oberschenkelumfang zum kleinen Unterschenkelumfang hin abnehmen. Die Frauen besitzen im Mittel relativ kleinere Ober- und Unterarmumfänge bis hin zum Handumfang, bis auf den Oberarmumfang in Ruhe, der bei der ältesten untersuchten Gruppe von dieser Tendenz abweicht. Der relative Halsumfang zeigt bei den Männern in allen Altersgruppen höhere Medianwerte als bei den Frauen.

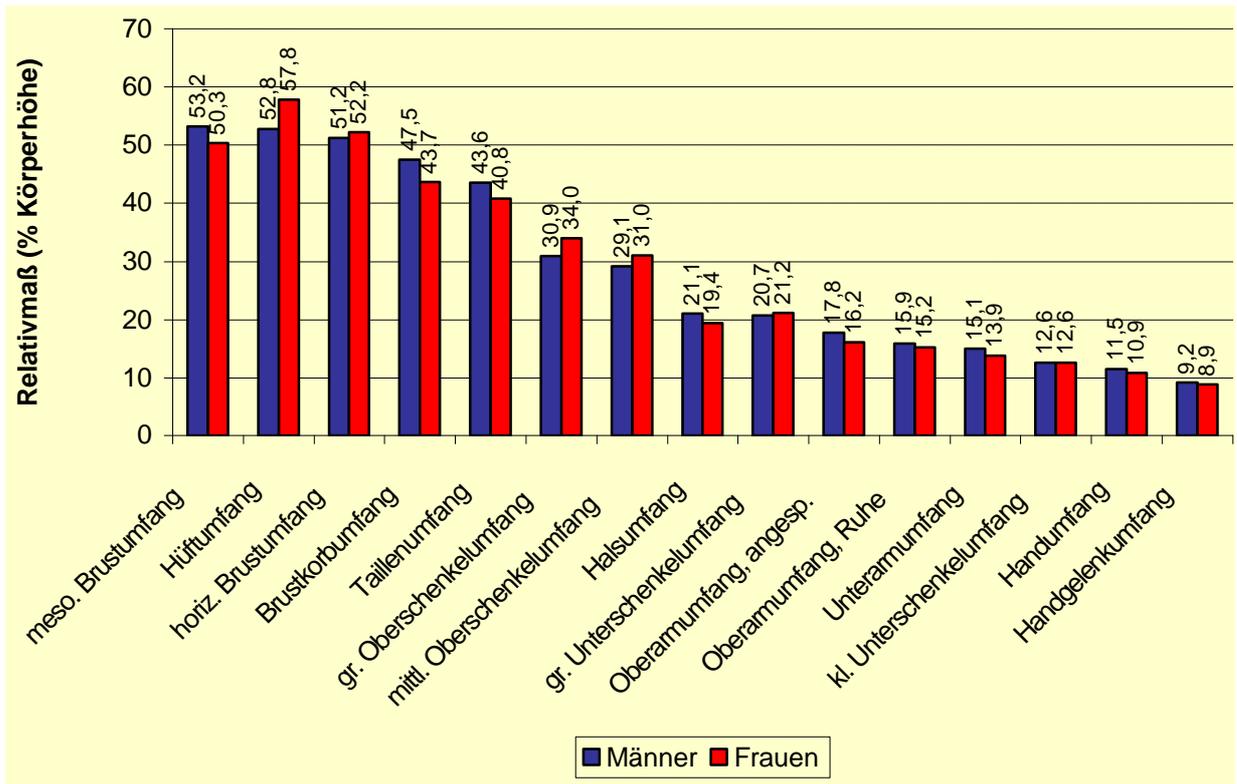


Abbildung 16: Medianwerte der relativen Umfangsmaße bei 18-24 Jahre alten Männern und Frauen

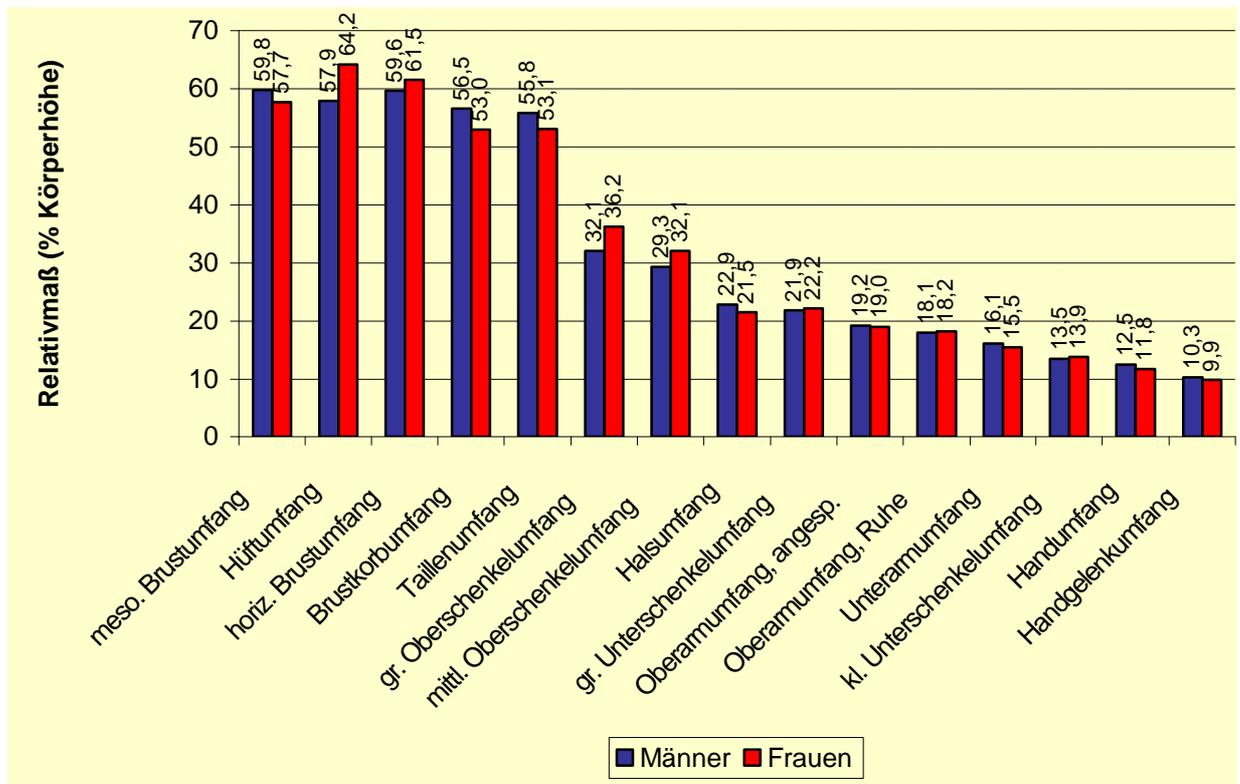


Abbildung 17: Medianwerte der relativen Umfangsmaße bei 55-64 Jahre alten Männern und Frauen

Mit den Breiten- und Tiefenproportionen werden die mit den Umfängen gewonnene Ergebnisse zum Sexualdimorphismus im Körperbau untermauert (Abb. 18 und 19). So liegen die relative Brustkorbbreite und Brustkorbtiefe bei den jungen und älteren Männern im Mittel höher als bei den Frauen. Der männliche Brustkorb ist demnach im Durchschnitt sowohl breiter als auch tiefer als der weibliche, was auf einen robusteren Knochenbau hindeutet. Auch die relative Ellenbogenbreite, Kniebreite und biakromiale Schulterbreite kennzeichnen das männliche Geschlecht im Durchschnitt als skelettrobuster als das weibliche. Entsprechend der weiblichen Hüftform haben die Frauen ein relativ breiteres Becken, als die Männer. Interessant sind die altersabhängigen Veränderungen der Abdominaldurchmesser im Stehen und im Liegen. Während bei den jungen Männern der relative Abdominaldurchmesser im Stehen minimal und der Abdominaldurchmesser im Liegen deutlich über den Mittelwerten der jungen Frauen liegen, verhalten sie sich bei der ältesten untersuchten Gruppe genau umgekehrt.

Im Altersgang nehmen alle relativen Breiten- und Tiefenmaße im Mittel bei beiden Geschlechtern zu.

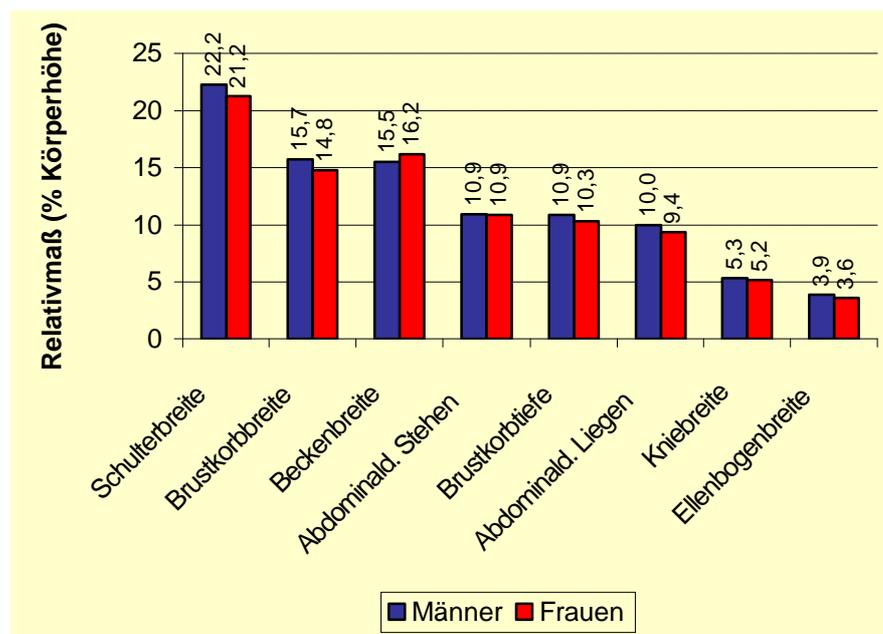


Abbildung 18: Medianwerte der relativen Breiten- und Tiefenmaße bei 18-24 Jahre alten Männern und Frauen

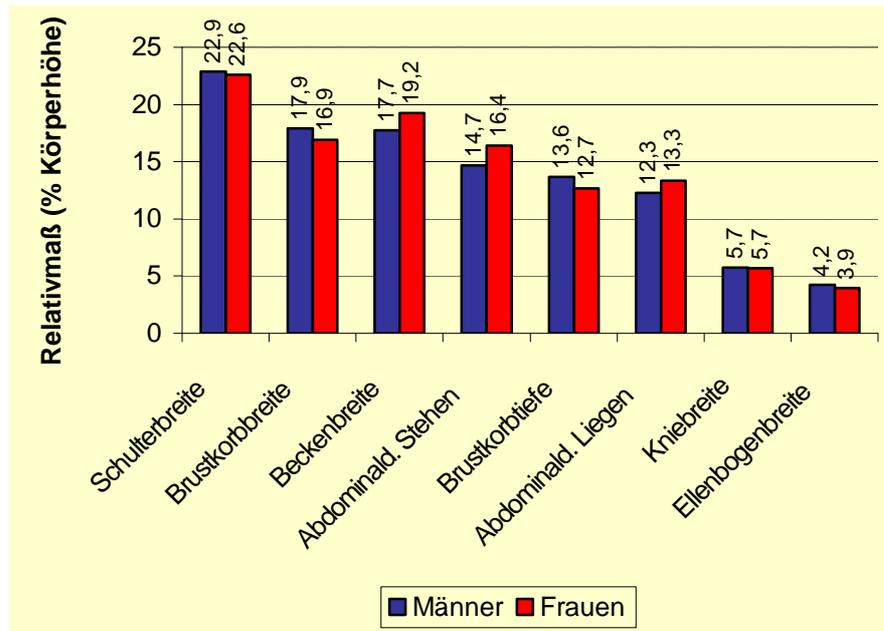


Abbildung 19: Medianwerte der relativen Breiten- und Tiefenmaße bei 55-64 Jahre alten Männern und Frauen

4.2. Körperzusammensetzung

Zur Beschreibung der Körperzusammensetzung werden die Perzentile P_3 , P_{10} , P_{50} (Medianwert), P_{90} und P_{97} benutzt, die in den Tabellen VI bis X im Anhang zusammengefasst sind.

Die in dieser Arbeit untersuchten Komponenten (Teilmassen) der Körperzusammensetzung - die Körperfett-, Muskel-, Skelett- und Restmasse sowie die Magermasse - werden als prozentualer Anteil an der Körpermasse (100%) dargestellt. Zur Untersuchung der geschlechts-spezifischen Besonderheiten wurde für weitere Parameter, beispielsweise für die Hautfalten, der prozentuale Anteil an der Körpermasse berechnet. Der Geschlechtervergleich erfolgt in Analogie zu den Relativmaßen bei den Körperbaumaßen für die jüngsten und ältesten untersuchten Männer und Frauen.

4.2.1. Körpermasse

4.2.1.1. Altersspezifik der Körpermasse (Abb. 20, Tab VI im Anhang)

Die Mittelwerte der Körpermasse sind bei den untersuchten Männern und Frauen durch einen Anstieg im Altersverlauf gekennzeichnet, der jedoch geschlechtsspezifisch verläuft. Bei den Männern liegt der Medianwert der Körpermasse im Alter von 18-24 Jahren bei 74,3 kg und im Alter von 55-64 Jahren bei 80,8 kg und damit durchschnittlich um 6,5 kg höher als bei den Studenten. Der größte Anstieg der mittleren Körpermasse ist von der Altersgruppe 18-24 Jahre bis zur Altersgruppe 40-44 Jahre zu verzeichnen. Bis zum 55. Lebensjahr ist im Mittel nur eine geringe Zunahme der Körpermasse zu sehen und bis zur ältesten untersuchten Gruppe sogar im Durchschnitt eine Abnahme um 0,7 kg.

Die jungen Brandenburger Frauen wiegen im Medianwert 59,3 kg, die 55-64jährigen Frauen wiegen mit einer Körpermasse von 70,2 kg im Mittel 10,9 kg mehr. Die Körpermasse nimmt beim weiblichen Geschlecht vom jungen zum höheren Erwachsenenalter fortwährend zu. Auch nach dem Klimakterium, das durch einen steileren Anstieg bei den 45-54 Jahre alten Frauen gekennzeichnet ist, steigt die Körpermasse bei den Frauen weiter an.

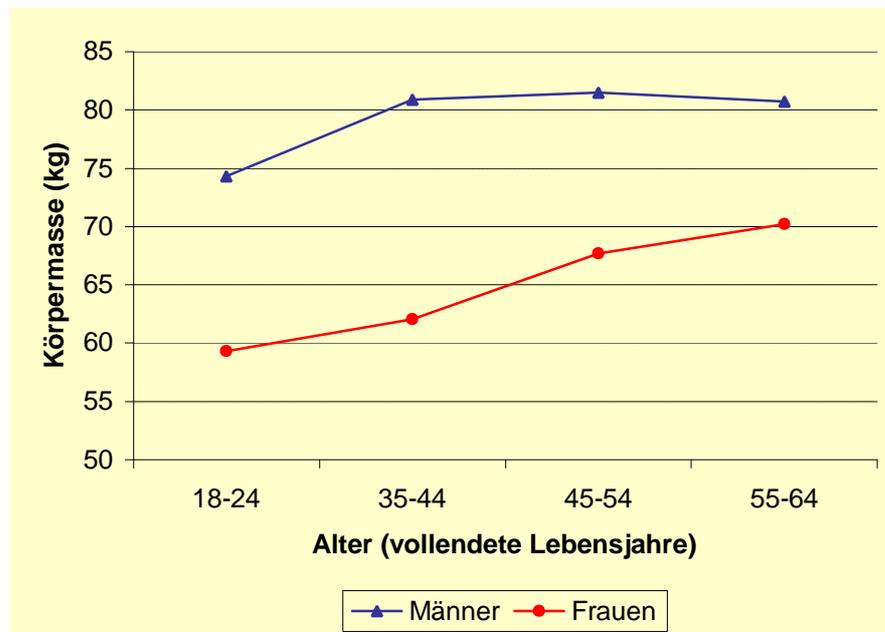


Abbildung 20: Medianwerte der Körpermasse bei Männern und Frauen

4.2.1.2. Geschlechtsspezifik der Körpermasse (Abb. 20)

Die Brandenburger Männer besitzen im Mittel eine höhere Körpermasse als die Brandenburger Frauen. Die 18-24jährigen Männer wiegen im Durchschnitt 15,0 kg mehr und die 55-64jährigen Männer 10,6 kg mehr als die Frauen der entsprechenden Altersklasse. Die unterschiedliche Entwicklung der Körpermasse ab dem 55. Lebensjahr - bei den Männern leicht abnehmend, bei den Frauen weiterhin zunehmend - soll nochmals betont sein.

4.2.2. Gesamtkörperfettanteil und Magermasse

Bevor die berechneten Ergebnisse zum Gesamtkörperfettanteil (GKF) vorgestellt werden, soll zuerst auf einige Indizes und die gemessenen Größen, Hautfalten und Widerstandswerte, eingegangen werden.

4.2.2.1. Indizes zur Einschätzung von Körpermasse und Gesamtkörperfett

Die Indizes zur Beurteilung von Körpermasse und GKF treffen zu verschiedenen Aspekten eine Aussage. So dient der BMI zur Einschätzung des Ernährungszustandes auf der Grundlage des Verhältnisses von Körpermasse und Körperhöhe. Mit dem Broca-Index wird auf Grundlage der Körperhöhe ein theoretisches Normalgewicht berechnet. Der Fettleibigkeits-Index schätzt auf der Basis von Körpermasse und Körperhöhe den GKF. Der Taille-Hüfte-Index beurteilt die

Verteilung von viszeralem und subkutanem Fett, die bezüglich gesundheitlicher Risiken eine nicht unwesentliche Rolle spielt. Mit Hilfe des Fettverteilungs-Indexes wird das Verhältnis der subkutanen Fettschicht von den Extremitäten zum Rumpf dargestellt.

4.2.2.1.1. Altersspezifik der Indizes (Abb. 21-22, Tab. 2-3, Tab. VI im Anhang)

Nach den Richtlinien der WHO gelten bestimmte Grenzwerte für den BMI zur Beurteilung von Unter-, Normal- und Übergewicht (WHO 1998). Tab. 2 zeigt die Verteilung der untersuchten Stichprobe nach diesen Grenzwerten.

Männer					Frauen			
unter- gewichtig	normal- gewichtig	über- gewichtig	stark über- gewichtig		unter- gewichtig	normal- gewichtig	über- gewichtig	stark über- gewichtig
<18,5 (kg/m ²)	18,5-<25,0 (kg/m ²)	25,0-<30,0 (kg/m ²)	>=30,0 (kg/m ²)	Alter (Jahre)	<18,5 (kg/m ²)	18,5-<25,0 (kg/m ²)	25,0-<30,0 (kg/m ²)	>=30,0 (kg/m ²)
2 (2,0%)	75 (75,8%)	21 (21,2%)	1 (1,0%)	18-24	9 (8,0%)	88 (78,6%)	15 (13,4%)	0 (0,0%)
1 (2,3%)	16 (36,4%)	22 (50,0%)	5 (11,4%)	35-44	1 (1,1%)	59 (65,6%)	18 (20,0%)	12 (13,3%)
0 (0,0%)	22 (29,7%)	45 (60,8%)	7 (9,5%)	45-54	0 (0,0%)	36 (43,9%)	31 (37,8%)	15 (18,3%)
0 (0,0%)	22 (23,9%)	52 (56,5%)	18 (19,6%)	55-64	0 (0,0%)	40 (34,8%)	45 (39,1%)	30 (26,1%)
3 (1,0%)	135 (43,7%)	140 (45,3%)	31 (10,0%)	18-64	10 (2,5%)	223 (55,9%)	109 (27,3%)	57 (14,3%)

Tabelle 2: Anzahl und prozentualer Anteil unter-, normal- und übergewichtiger Männer und Frauen nach dem BMI

Der Anteil untergewichtiger Männer ist mit 1% gering. 55,3% aller untersuchten männlichen Testpersonen sind übergewichtig (45,3%) oder stark übergewichtig (10,0%). Dabei lässt sich eine klare Altersabhängigkeit erkennen. Während bei den Studenten nur 21,2% als übergewichtig und 1,0% als stark übergewichtig eingestuft werden, sind in der ältesten untersuchten Gruppe allein 56,5% übergewichtig und 19,6% stark übergewichtig. Eine Verdreifachung des Anteils der Männer mit einem BMI über 25 kg/m² findet von der jüngsten zur zweitjüngsten Altersgruppe statt.

Bei den Frauen wird mit 2,5% ein größerer Anteil im Vergleich zu den Männern als untergewichtig eingestuft. Der BMI liegt bei 55,9% aller Frauen zwischen 18,5 und 25,0 kg/m², bei 27,3% im Bereich des Übergewichts, sowie bei 14,3% im Bereich des starken Übergewichts. Damit sind weniger Frauen als Männer übergewichtig, aber ein höherer Anteil an Frauen ist von extremem Übergewicht betroffen. Auch bei den Frauen verschiebt sich der BMI mit höherem Alter stärker in den Bereich des Übergewichts. Bei den Frauen ist entsprechend der Altersentwicklung des BMI von der Altersgruppe 35-44 Jahre zur Altersgruppe 45-54 Jahre nahezu eine Verdopplung derer mit einem BMI über 25,0 kg/m² zu sehen. Erwähnenswert ist auch der relativ hohe Anteil junger Frauen, die mit einem BMI unter 18,5 kg/m² als untergewichtig gelten.

Ebenso wie für den BMI gibt es für den Taille-Hüfte-Index allgemein übliche Grenzwerte. Bei einem Taille-Hüfte-Index von $\geq 1,0$ bei Männern bzw. $\geq 0,85$ bei Frauen liegt ein androides

oder abdominelles Fettverteilungsmuster vor (HAUNER 1999). Entsprechend dieser Grenzen wurden die untersuchten Männer und Frauen in Tabelle 3 klassifiziert.

Männer		Alter (Jahre)	Frauen	
THI \geq 1,0	THI $<$ 1,0		THI \geq 0,85	THI $<$ 0,85
android	gynoid		android	gynoid
0 (0,0%)	99 (100%)	18-24	0 (0,0%)	112 (100%)
4 (9,1%)	40 (90,9%)	35-44	12 (13,3%)	78 (86,7%)
11 (14,9%)	63 (85,1%)	45-54	28 (34,2%)	54 (65,8%)
25 (27,2%)	67 (72,8%)	55-64	50 (43,5%)	65 (56,5%)
40 (12,9%)	269 (87,1%)	18-64	90 (22,6%)	309 (77,4%)

Tabelle 3: Anzahl und prozentualer Anteil der Männer und Frauen mit androider und gynoider Fettverteilung nach dem Taille-Hüfte-Index (THI)

Von allen untersuchten Männern haben 12,9% eine androide Fettverteilung, die besonders eng mit Stoffwechselstörungen und kardiovaskulären Erkrankungen vergesellschaftet ist. Mit zunehmendem Alter steigt der Taille-Hüfte-Index enorm an. Der Anteil der untersuchten Männer mit einem Index $\geq 1,0$ liegt im Alter von 18-24 Jahren bei 0% und im Alter von 55-64 Jahren bei 27,2%.

Von allen untersuchten Frauen weisen 22,6% ein androides Fettverteilungsmuster auf, fast doppelt so viele, im Vergleich zu den Männern. Auch hier zeigt sich die Abhängigkeit vom Alter sehr deutlich: Unter den Studentinnen befindet sich keine, deren Taille-Hüfte-Index über 0,85 liegt, jedoch bei den 55-64 Jahre alten Frauen sind es 43,5%. Zwischen den Altersgruppen 35-44 Jahre und 45-54 Jahre ist ein besonders starker Anstieg zu erkennen.

Abb. 21 zeigt den Altersverlauf des BMI und der anderen untersuchten Indizes der Männer. Die farbliche Gestaltung erleichtert die Zuordnung zur linken oder rechten Ordinate.

Der BMI nimmt im Trend bei der untersuchten Brandenburger Stichprobe mit steigendem Alter zu. Seine Medianwerte weisen bei den Männern einen ähnlichen Altersverlauf wie die Körpermasse auf. Der BMI nimmt beim männlichen Geschlecht im Mittel von 22,9 kg/m² bei der jüngsten Altersgruppe auf 26,8 kg/m² bei der Altersgruppe 55-64 Jahre zu.

Das „Normalgewicht“ nach dem Broca-Index liegt im Mittel bei den jungen Männern bei 79,6 kg. Es nimmt bis zur zweitältesten untersuchten Gruppe ab und bis zum 65. Lebensjahr nur unbedeutend zu. Bei der ältesten untersuchten Gruppe liegt es im Medianwert bei 73,5 kg.

Der Fettleibigkeits-Index steigt von einem Medianwert von 19% GKF bei den 18-24jährigen auf 23,7% bei den 55-64jährigen Männern, wobei zwischen der zweitältesten und ältesten Gruppe keine Zunahme mehr erfolgte. Es fällt der ähnliche Altersverlauf zum BMI auf.

Der Taille-Hüfte-Index nimmt über die gesamte untersuchte Altersspanne zu. Dabei besitzen die Studenten im Mittel einen Taille-Hüfte-Index von 0,82 und die ältesten untersuchten Männer einen Taille-Hüfte-Index von 0,97.

Die in Abb. 21 erkennbare Abnahme des Fettverteilungs-Indexes charakterisiert einen Anstieg der Rumpfhautfalten in Relation zu den Hautfalten an den Extremitäten im Erwachsenenalter. Dieser Anstieg ist bei den Männern im Mittel bis zum 45. Lebensjahr am höchsten. Bei den jungen Männern liegt der Fettverteilungs-Index bei einem Medianwert von 0,66. Damit stehen die Extremitätenhautfalten zu den Rumpfhautfalten in einem Verhältnis von 1:1,5 d.h. der männliche Körper hat schon im jungen Erwachsenenalter mehr Fettgewebe im Abdominalbereich gespeichert, als an den Extremitäten. Bei den 55-64 Jahre alten Männern liegt der Fettverteilungs-Index im Mittel bei 0,4 und damit verändert sich die Relation von Extremitäten- zu Rumpfhautfalten auf 1:2,5.

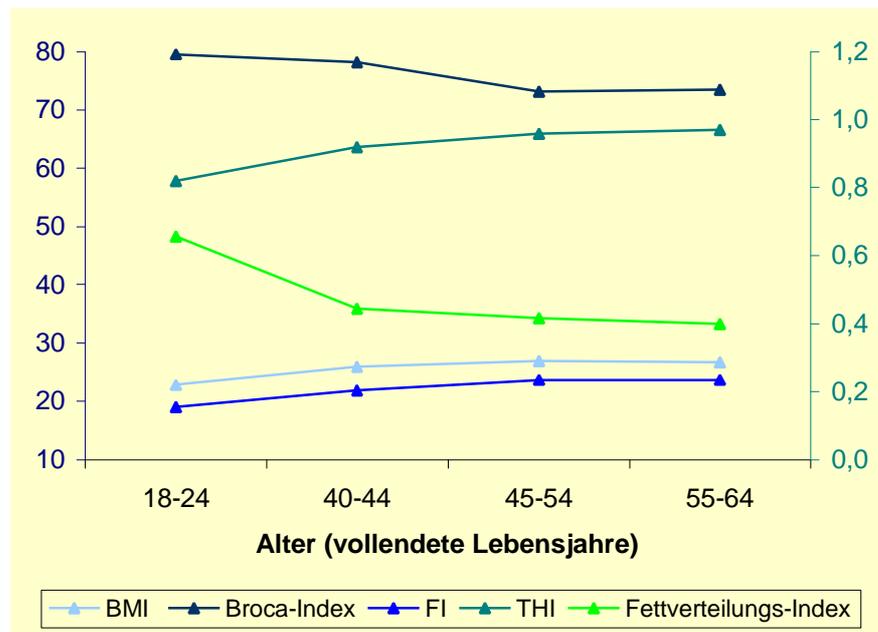


Abbildung 21: Medianwerte von BMI, Broca-Index, Fettleibigkeits-Index (FI), Taille-Hüfte-Index (THI) und Fettverteilungs-Index bei Männern

Bei den Frauen zeigen die Medianwerte des BMI im gesamten Altersbereich eine Zunahme. Der BMI beträgt im Mittel mit 18-24 Jahren 21,6 kg/m² und steigt bei den 55-64jährigen Frauen auf einen Medianwert von 26,4 kg/m² an. Im Gegensatz zu den untersuchten Männern erfolgt auch nach dem 55. Lebensjahr - ähnlich wie bei der Körpermasse der Frauen - eine Zunahme des BMI.

Mit dem Broca-Index wird den 18-24 Jahre alten Frauen im Mittel ein „Normalgewicht“ in Höhe von 67,8 kg empfohlen. Da sich der Broca-Index analog zur Körperhöhe verhält, verringert er sich im Alter. Die 55-64 Jahre alten Frauen haben im Durchschnitt nach dem Broca-Index ein "Normalgewicht" von 62,3 kg.

Nach dem Fettleibigkeits-Index wird für die jungen Frauen ein mittlerer GKF von 25,1% berechnet. Der Fettleibigkeits-Index zeigt im gesamten untersuchten Altersbereich eine Zunahme, die in den mittleren Altersgruppen am ausgeprägtesten ist. Mit 55-64 Jahren liegt der Körperfettanteil im Mittel bei 33,4%.

Die Medianwerte des Taille-Hüfte-Indexes nehmen auch bei den Frauen im Mittel im untersuchten Altersbereich stetig zu, was einen stärkeren Anstieg des Taillenumfanges im Verhältnis zum Hüftumfang zur Ursache hat. Die jungen Brandenburgerinnen besitzen im Mittel einen Taille-Hüfte-Index von 0,71 und die älteren einen Taille-Hüfte-Index von 0,84.

Der Fettverteilungs-Index liegt bei den 18-24 Jahre alten Frauen bei einem Medianwert von 1,13. Das lässt beim weiblichen Geschlecht auf eine höhere subkutane Fettschichtdicke an den Extremitäten als am Rumpf schließen (Verhältnis 1:0,9). Der Fettverteilungs-Index nimmt vor allem bis zur zweitältesten Gruppe deutlich ab. Mit einem Mittelwert von 0,74 bei den 55-64 Jahre alten Frauen liegt das Verhältnis von Extremitäten- zu Rumpfhautfalten bei 1:1,4.

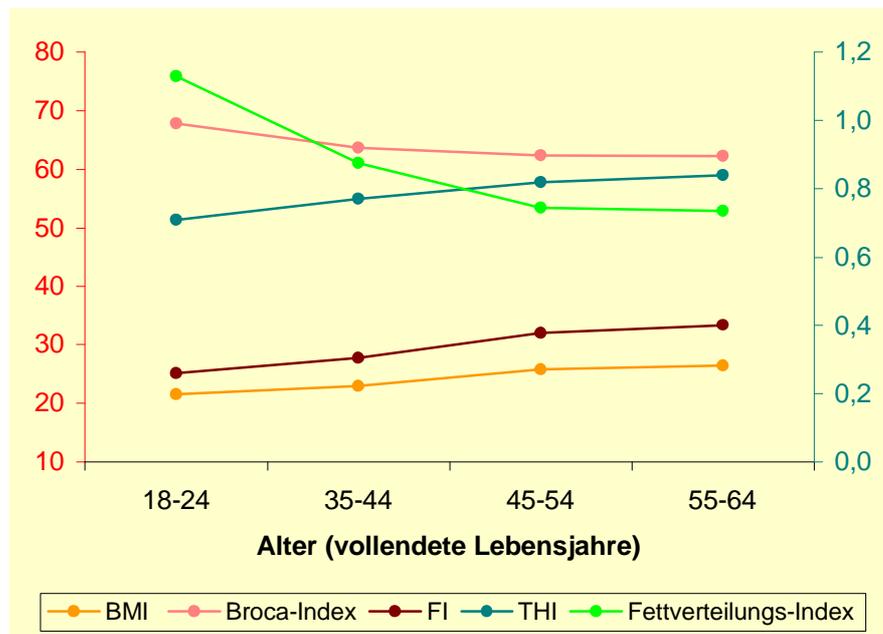


Abbildung 22: Medianwerte von BMI, Broca-Index, Fettleibigkeits-Index (FI), Taille-Hüfte-Index (THI) und Fettverteilungs-Index bei Frauen

4.2.2.1.2. Geschlechtsspezifik der Indizes (Abb. 21-22)

Für den Geschlechtervergleich werden die Absolutwerte herangezogen, da Indizes bereits Proportionsmaße darstellen.

Die Männer haben im Mittelwert einen höheren Body-Mass-Index als die Frauen. Der BMI steigt beim weiblichen Geschlecht im Alter jedoch stärker an. Beträgt die Differenz zwischen jungen Männern und Frauen im Mittel 1,3 BMI-Punkte, so liegt sie bei der ältesten untersuchten Gruppe nur noch bei 0,4 BMI-Punkten.

Der Broca-Index liegt beim männlichen Geschlecht im Mittel deutlich über dem weiblichen. Damit wird den Männern ein höheres Normalgewicht empfohlen als den Frauen.

Nach dem Fettleibigkeits-Index besitzt der männliche Körper im Erwachsenenalter etwa ein Drittel weniger GKF verglichen mit dem weiblichen.

Der Taille-Hüfte-Index liegt bei den Brandenburger Frauen deutlich unter den Mittelwerten der Männer und kennzeichnet damit die für Frauen typische breitere Hüfte in Relation zur Taille.

Der Fettverteilungs-Index zeigt bei den Frauen im Vergleich zu den Männern fast doppelt so hohe Mittelwerte. Während beispielsweise bei den 18-24 Jahre alten Männern das Verhältnis von Extremitäten- zu Rumpfhautfalten bei 1:1,5 liegt, ist es bei den jungen Frauen im Mittel bei 1:0,9 und beschreibt damit eine Fettverteilung, bei der ein höherer Anteil an subkutanem Fettgewebe an den Extremitäten gespeichert ist als am Rumpf. Die stärkere Altersabnahme des Fettverteilungs-Indexes fällt bei den Frauen sofort ins Auge. Die Verteilung des Unterhautfettgewebes ändert sich demnach bei den Frauen stärker in Richtung Rumpf.

4.2.2.2. Mittlere Fettschichtdicke und Hautfaltendicken

4.2.2.2.1. Altersspezifik der mittleren Fettschichtdicke und Hautfaltendicken

(Abb. 23-26, Tab. VII im Anhang)

Die Mittelwerte der mittleren Fettschichtdicke und Hautfaltendicken zeigen klar den Anstieg des Unterhautfettgewebes der untersuchten Erwachsenen des Landes Brandenburg mit zunehmendem Alter. Die gemessenen Hautfaltendicken verändern sich im Durchschnitt vom jungen zum älteren Erwachsenenalter sehr, einige steigen um mehr als das Doppelte an.

Bei den Männern steigt die mittlere Fettschichtdicke (Medianwert 18-24 Jahre 4,1 mm) bis zum 45. Lebensjahr klar (Medianwert 40-44 Jahre 7,6 mm) und bis zur ältesten untersuchten Gruppe nur noch minimal an (Medianwert 55-64 Jahre 8,0 mm).

Auch die am Rumpf gemessenen Hautfaltendicken nehmen beim männlichen Geschlecht im Mittel bis zum 45. Lebensjahr steiler zu als im höheren Erwachsenenalter. Die Rumpfhautfalten weisen nicht nur die höheren Absolutbeträge auf, sondern sie lassen im Altersverlauf im Durchschnitt eine stärkere Zunahme erkennen als die Extremitätenhautfalten. Beispielsweise zeigt die Hautfalte "Bauch" die höchsten Absolutbeträge und den stärksten mittleren Zuwachs von 22,7 mm. Die Extremitätenhautfalten verzeichnen beim männlichen Geschlecht als einziges gemeinsames Merkmal einen Zuwachs ihrer Medianwerte von der Gruppe der Studenten zur Altersgruppe 40-44 Jahre. In den darauffolgenden Altersgruppen sind Zu- und Abnahmen der Mittelwerte bei den einzelnen Hautfalten erkennbar. Von der jüngsten zur ältesten untersuchten Gruppe ist jedoch im Mittel immer eine Zunahme des Unterhautfettgewebes zu sehen. Im Kontrast dazu nimmt die Hautfalte „Wade“ im Durchschnitt bis zur Altersgruppe 40-44 Jahre nur geringfügig zu und sinkt im weiteren Altersverlauf ab, von den jungen zu den älteren Männern im Mittel um 1,3 mm.

Beim weiblichen Geschlecht fallen die höheren Absolutbeträge der mittleren Fettschichtdicke und Hautfaltendicken, verglichen mit dem männlichen sofort ins Auge (Abb. 25 und 26). Die mittlere Fettschichtdicke zeigt eine kontinuierliche Zunahme ihrer Medianwerte bis zur Altersgruppe 45-54 Jahre, bis zum 65. Lebensjahr wird der Anstieg flacher. Sie nimmt von den jüngsten zu den ältesten untersuchten Frauen von 6,9 mm auf 11,2 mm zu.

Alle fünf Rumpfhautfalten lassen ebenso bei den Frauen eine konstante und offensichtliche Zunahme bis zur vorletzten untersuchten Altersgruppe erkennen. Bis zur ältesten Gruppe ist die Zunahme der Hautfaltendicken am Rumpf geringer, die Hautfalte "Brust" nimmt sogar ab.

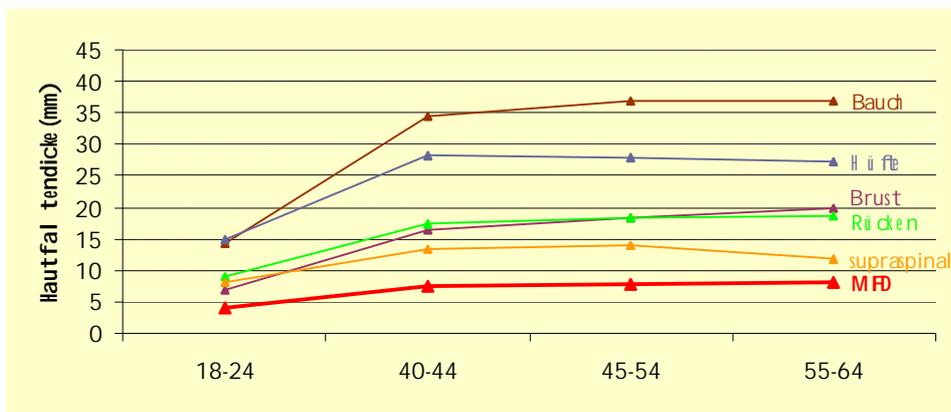


Abbildung 23: Medianwerte der mittleren Fettschichtdicke (MFD) und Rumpfhautfalten bei Männern

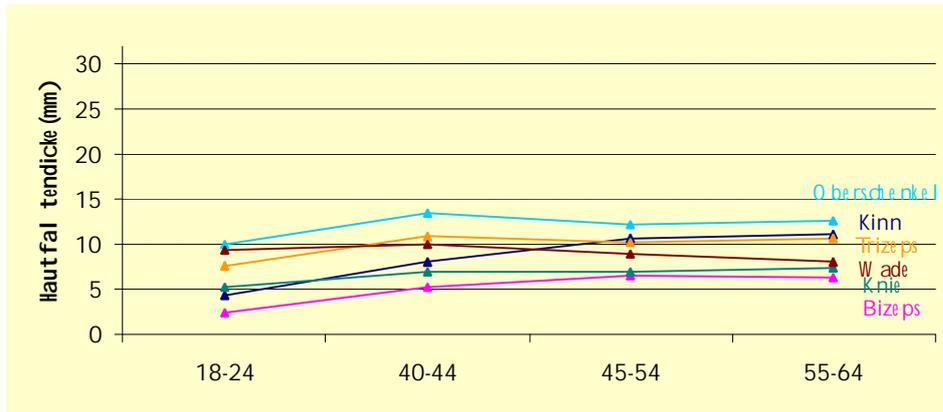


Abbildung 24: Medianwerte der Extremitätenhautfalten bei Männern

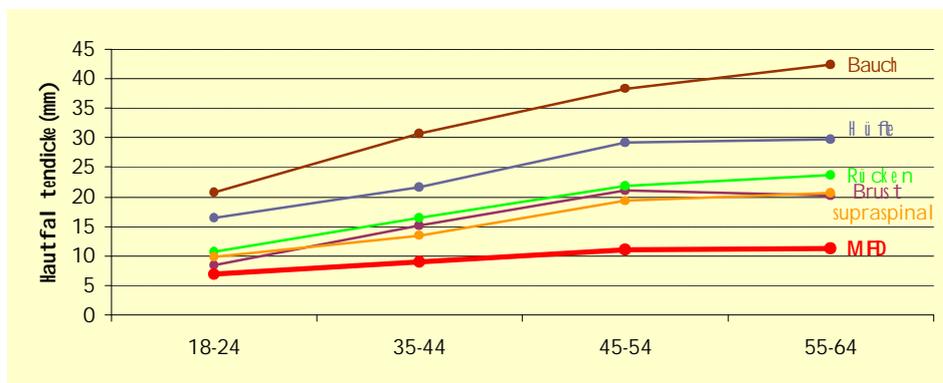


Abbildung 25: Medianwerte der mittleren Fettschichtdicke (MFD) und Rumpfhautfalten bei Frauen

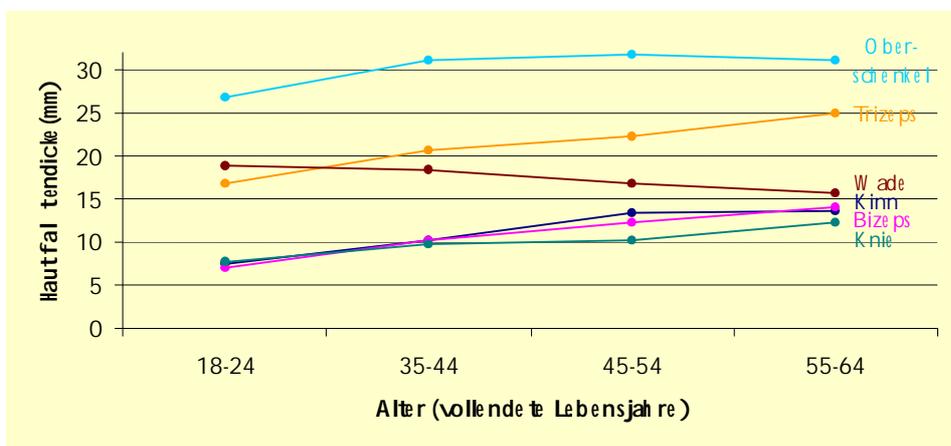


Abbildung 26: Medianwerte der Extremitätenhautfalten bei Frauen

Von den Studentinnen zu den älteren Frauen ist der Anstieg der Medianwerte der Rumpfhautfalten deutlicher, als bei den Extremitätenhautfalten. Die subkutane Fettschichtdicke an den Extremitäten ist jedoch, besonders bei den jungen Frauen, ebenso stark ausgeprägt, wie am Rumpf (siehe Mittelwerte der Hautfalten "Bauch" und "Hüfte" im Vergleich zu "Oberschenkel" und "Trizeps"). Die an den Extremitäten gemessenen Hautfalten nehmen bei den Brandenburgerinnen im Alter zu, wenn auch in unterschiedlichem Maße. Nur die Mittelwerte der Hautfalte "Wade" sinken im Erwachsenenalter ständig, insgesamt um 3,1 mm. Damit ist diese gegenläufige Entwicklung bei den Frauen noch eindeutiger als bei den Männern.

Die Variabilität der Hautfaltendicken widerspiegelt noch deutlicher als beispielsweise die Variabilität der Umfangsmaße eine schiefe Verteilungsform. Das Beispiel der Hautfalte „Brust“ der 18-24 Jahre alten Männer zeigt mit $P_3 = 4,0$ mm, $P_{50} = 6,7$ mm und $P_{97} = 21,0$ mm nicht nur die Schiefe, sondern auch die enorme Spannweite des subkutanen Fettgewebes nach oben. Wahrscheinlich gibt es in der Natur keinen Mechanismus, einem Überschuss an Körperfett eine Grenze zu setzen.

4.2.2.2.2. Geschlechtsspezifik der mittleren Fettschichtdicke und Hautfaltendicken

(Abb. 27-28, Tab. X im Anhang)

Beim weiblichen Geschlecht fällt die absolut und relativ stärker ausgeprägte subkutane Fettgewebsschicht gegenüber dem männlichen Geschlecht deutlich auf.

Als prozentualer Anteil an der Körpermasse weist die mittlere Fettschichtdicke bei den 18-24 Jahre alten Frauen fast doppelt so hohe und bei den 55-64 Jahre alten Frauen etwa ein Drittel höhere Medianwerte im Vergleich zu den Männern auf.

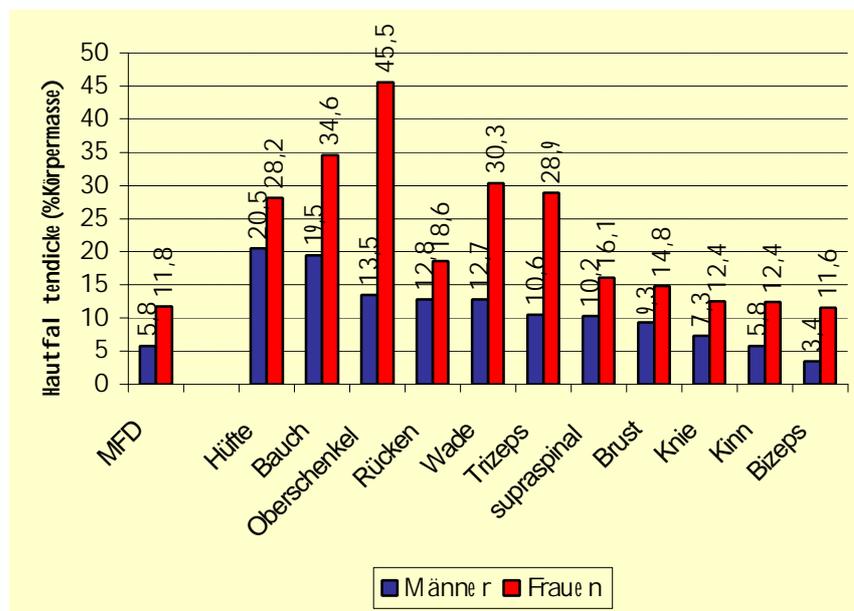


Abbildung 27: Medianwerte der mittleren Fettschichtdicke (MFD) und relativen Hautfaltendicken bei 18-24 Jahre alten Männern und Frauen

Bei den Hautfalten am Rumpf sind die Geschlechterunterschiede weniger ausgeprägt als bei den Extremitätenhautfalten. Trotzdem weisen die relativen Hautfaltendicken (in % der Körpermasse) am Rumpf, sowohl bei den 18-24 Jahre, als auch bei den 55-64 Jahre alten Frauen höhere Mittelwerte als bei den Männern auf. Besonders charakteristisch für die Frauen ist eine auffallend höhere Hautfaltendicke an den Extremitäten. An den Messstellen "Trizeps", "Bizeps", "Oberschenkel" und "Wade" liegen die Medianwerte der Relativmaße bei den 18-24 Jahre alten und 55-64 Jahre alten Frauen doppelt bis dreifach über denen der Männer.

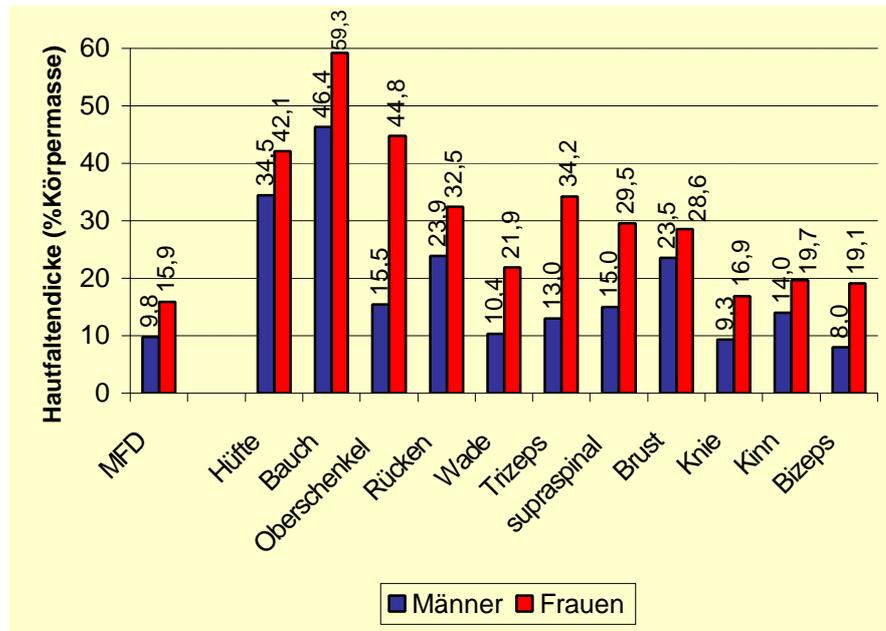


Abbildung 28: Medianwerte der mittleren Fettschichtdicke (MFD) und relativen Hautfaltendicken bei 55-64 Jahre alten Männern und Frauen

4.2.2.3. Resistance und Reactance

4.2.2.3.1. Altersspezifik von Resistance und Reactance

(Abb. 29, Tab. VII im Anhang)

Die bei der Impedanzanalyse gemessenen Größen Resistance R und Reactance Xc sinken bei beiden Geschlechtern mit zunehmendem Alter. Bei den Männern ist eine klare Abnahme der Mittelwerte der Resistance bis zur Altersgruppe 45-54 Jahre und eine Zunahme bis zur ältesten untersuchten Gruppe zu sehen. Die Reactance nimmt bei den untersuchten Männern im Durchschnitt ab, wobei zwischen den Altersgruppen 40-45 Jahre und 55-64 Jahre der Abstieg der Medianwerte geringer ist.

Bei den Frauen zeigt die Resistance einen sehr ähnlicher Altersverlauf im Vergleich zu den Männern, mit einer Abnahme bis zum 55. Lebensjahr und zunehmenden Mittelwerten bis zur letzten untersuchten Altersgruppe. Die Reactance nimmt vom 18. bis zum 65. Lebensjahr im Mittel stetig ab.

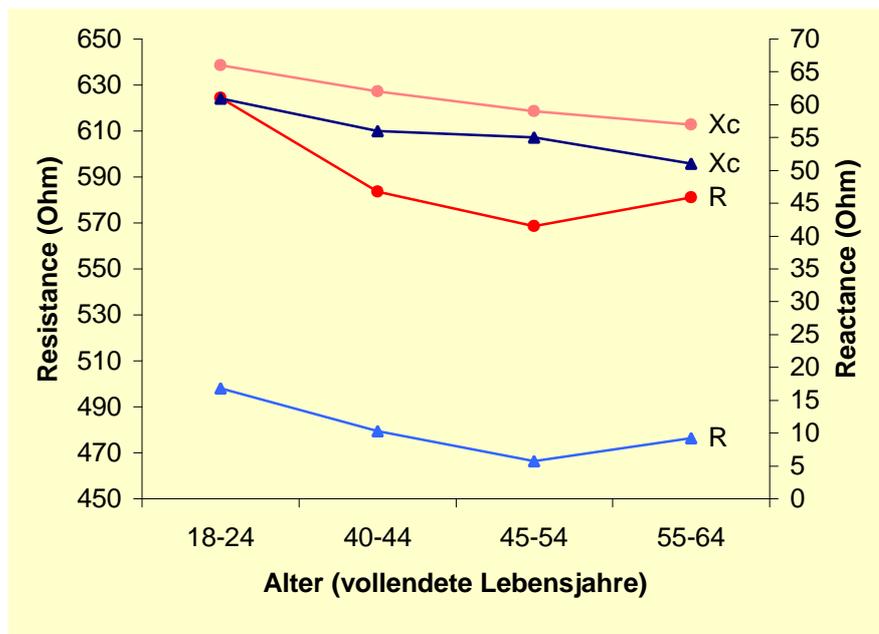


Abbildung 29: Medianwerte der Resistance (R) und Reactance (Xc) bei Männern (blau) und Frauen (rot)

4.2.2.3.2. Geschlechtsspezifik von Resistance und Reactance

(Abb. 30-31, Tab. X im Anhang)

Die Absolutwerte der gemessenen Widerstände Resistance und Reactance liegen bei den Männern signifikant unter denen der Frauen. Auch relativ zur Körpermasse zeigen Resistance und Reactance bei den Männern geringere Medianwerte als bei den Frauen, im jungen und älteren Erwachsenenalter.

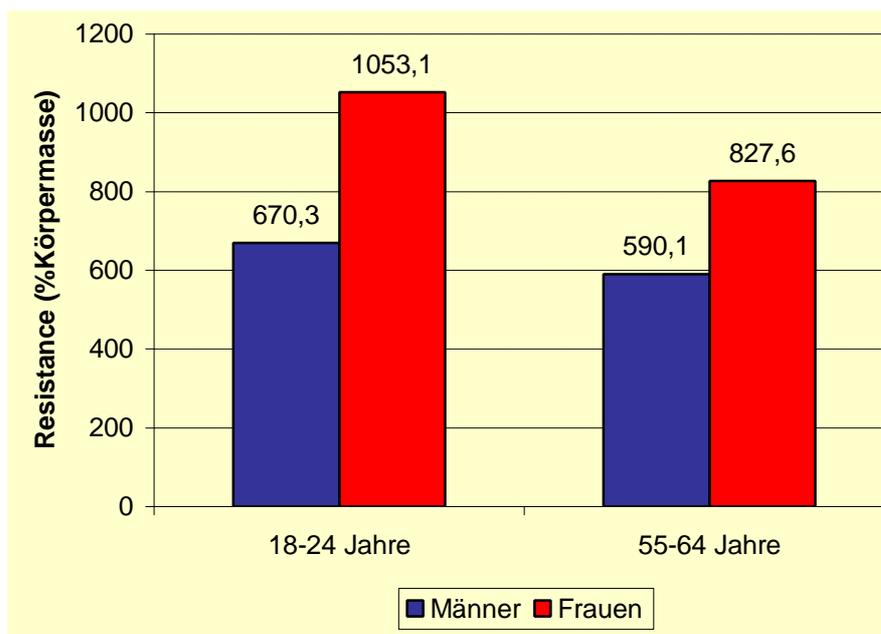


Abbildung 30: Medianwerte der relativen Resistance im Geschlechtervergleich

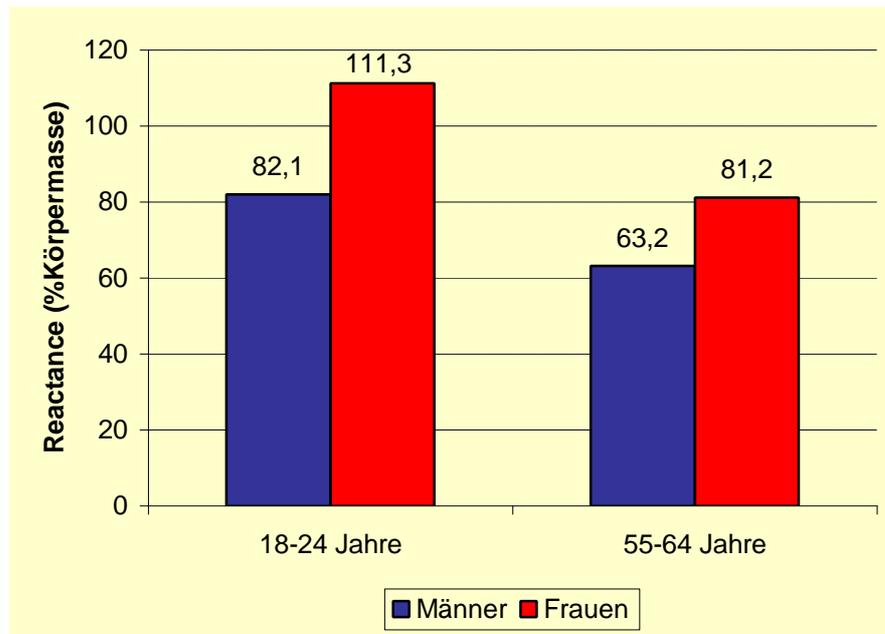


Abbildung 31: Medianwerte der relativen Reactance im Geschlechtervergleich

4.2.2.4. Ergebnisse zum Methodenvergleich aus der Hautfaltendickenmessung

(Abb. 32-33, Tab. 4-5, Tab. VIII im Anhang)

Aus den verschiedenen Methoden zur Bestimmung des GKF sind die Hautfaltendickenmessung und die BIA aus den bereits in der Einleitung und Zielstellung erwähnten Gründen ausgewählt worden. Die Entscheidung für eine Vorgehensweise fällt beim GKF aufgrund der Vielzahl an Mess- und Berechnungsmethoden besonders schwer. Deshalb gehört es zur Zielstellung der vorliegenden Arbeit, anhand der Ergebnisse eine Methodenkritik durchzuführen und aus den beiden angewandten Messmethoden eine Berechnungsmethode auszuwählen. Bei der Bestimmung der Muskel-, Skelett- und Restmasse tritt dieses Problem nicht auf, da aus der Literatur kein weiteres umfassendes System zur Berechnung dieser Komponenten der Körpermasse auf der Grundlage anthropometrischer Daten bekannt ist (DRINKWATER und ROSS 1980).

Einen der Kritikpunkte der Hautfaltendickenmessung stellen die vermeintlich großen Unterschiede zwischen verschiedenen Untersuchern dar (FISCHER und LEMBKE 1991, HAUNER 1999). Um dieser Frage auf den Grund zu gehen, wurden an drei weiblichen und einer männlichen Testperson von zwei geschulten Untersucherinnen Inter-Untersucher-Unterschiede geprüft. Die Hautfaltendickenmessungen an 11 Messstellen ergeben bei jeder der vier Testpersonen Inter-Untersucher-Abweichungen in der Regel von 0-2 mm pro Hautfalte. Die größten Differenzen treten bei der Hautfalte „Hüfte“ mit einem maximalen Unterschied von 9 mm und der Hautfalte „Bauch“ und „Wade“ mit 8 mm auf. Die Unterschiede zwischen verschiedenen Untersuchern zeigen weiterhin, dass einige Hautfalten mit einer höheren Reproduzierbarkeit messbar sind als andere. So liegen die Differenzen bei den Hautfalten „Bauch“ und „Hüfte“ sowie „Knie“ im Trend höher. Der aus 10 Hautfalten nach JOHNSEN (zit. nach TRIPPO und GREIL 1998) errechnete GKF zeigt beim Vergleich der beiden Untersucherinnen bei den vier Probanden Differenzen von nur 0,9 bis 1,8% GKF.

Testperson 1	KPH = 174,5 cm		KM = 78,1 kg		Alter = 58 Jahre		Geschlecht: m	
Testperson 2	KPH = 164,1cm		KM = 67,4 kg		Alter = 53 Jahre		Geschlecht: w	
Testperson 3	KPH = 164,7 cm		KM = 58,5 kg		Alter = 26 Jahre		Geschlecht: w	
Testperson 4	KPH = 163,1 cm		KM = 62,1 kg		Alter = 21 Jahre		Geschlecht: w	
Hautfalte	Testperson 1		Testperson 2		Testperson 3		Testperson 4	
	Unters.1	Unters.2	Unters.1	Unters.2	Unters.1	Unters.2	Unters.1	Unters.2
Kinn	11	10	12	13	8	9	10	9
Trizeps	14	12	30	28	14	15	20	19
Bizeps	7	7	20	20	7	7	7	7
Brust	17	17	22	21	8	7	8	9
Rücken	18	16	22	24	10	9	12	13
Hüfte	25	23	36	27	16	22	20	17
supraspinal	12	11	19	17	7	7	10	10
Bauch	43	49	40	37	13	17	20	28
Oberschenkel	18	21	43	44	18	23	40	40
Knie	10	8	17	15	7	10	14	10
Wade	10	11	20	28	9	12	20	19
% GKF	27,5	28,5	34,6	35,5	21,7	23,5	29,6	30,6

Tabelle 4: Hautfaltendickenmessung im Inter-Untersucher-Vergleich

Der Gesamtkörperfettanteil kann mit verschiedenen Gleichungen aus einer unterschiedlichen Anzahl an Hautfaltendicken berechnet werden (z. B. SLOAN 1962 und 1967, DURIN und WOMERSLEY 1974, JACKSON und POLLOCK 1978, JACKSON et al. 1980, JOHNSEN 1990). An dieser Stelle wird untersucht, welche Unterschiede bei der Anwendung von drei verschiedenen Gleichungen zur Berechnung des GKF aus Hautfaltendickenmessung auftreten können [Regressionsgleichungen von DURIN und WOMERSLEY (1974) mit 4 Hautfalten, JOHNSEN (zit. nach TRIPPO und GREIL 1998) mit 10 Hautfalten und JOHNSEN (1990) mit 3 Hautfalten; Formeln siehe Anlage 4].

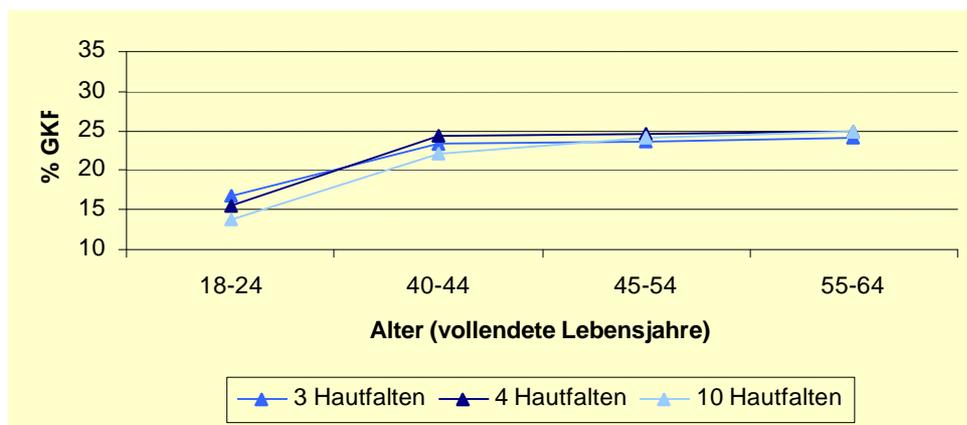


Abbildung 32: Medianwerte zum GKF bei Männern mit verschiedenen Formeln zur Hautfaltendickenmessung

Bei den Männern zeigen die Medianwerte zwischen den drei Gleichungen zur Hautfaltendickenmessung relativ geringe Unterschiede (Abb. 32). Auch eine durchgeführte Korrelationsanalyse weist mit Korrelationskoeffizienten von 0,92 bis 0,98 darauf hin (Tab. 5). Dabei liegt die größte Differenz bei den jungen Männern mit 3,1% GKF höher als in den höheren Altersgruppen. Bei den 55-64 jährigen Männern beträgt die größte Differenz zwischen den Medianwerten nur noch 0,7% GKF. Keine der Hautfaltendickengleichungen schätzt den Gesamtkörperfettanteil im untersuchten Altersbereich besonders hoch oder gering ein.

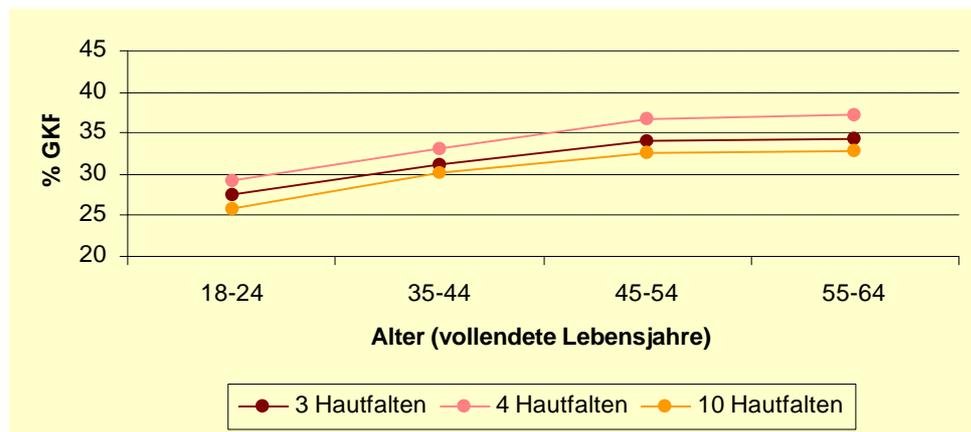


Abbildung 33: Medianwerte zum GKF bei Frauen mit verschiedenen Formeln zur Hautfaltendickenmessung

Bei den Frauen liegen die Medianwerte der drei Hautfaltengleichungen im Vergleich zu den Männern nicht so eng beieinander (Abb. 33). Bei den Studentinnen wird eine maximale Differenz von 3,2% GKF und bei den 55-64 Jahre alten Frauen von 4,3% GKF zwischen der Gleichung von DURNIN und WOMERSLEY (1974) mit 4 Hautfalten und der Gleichung von JOHNSEN (1990) ermittelt. Über das gesamte untersuchte Alter wird mit der Gleichung von DURNIN und WOMERSLEY (1974) im Mittel der höchste und mit der Gleichung von JOHNSEN über 10 Hautfalten der niedrigste GKF bestimmt. Korrelationskoeffizienten von 0,92 bis 0,98 widerspiegeln den sehr ähnlichen Altersverlauf (Tab. 5).

	Männer						
Frauen	BIA Lukaski	BIA Heitm.	BIA Kushner	BIA Deurenb.	10 Hautfalten	4 Hautfalten	3 Hautfalten
BIA Lukaski	1,000	0,901	0,977	0,903	0,775	0,794	0,782
BIA Heitmann	0,917	1,000	0,904	0,982	0,858	0,858	0,834
BIA Kushner	0,979	0,922	1,000	0,877	0,760	0,799	0,784
BIA Deurenb.	0,882	0,964	0,851	1,000	0,847	0,834	0,811
10 Hautfalten	0,829	0,864	0,839	0,805	1,000	0,933	0,924
4 Hautfalten	0,843	0,884	0,857	0,822	0,924	1,000	0,981
3 Hautfalten	0,831	0,884	0,847	0,824	0,927	0,982	1,000

Tabelle 5: Korrelationsmatrix zum Gesamtkörperfettanteil nach verschiedenen Formeln bei Männern und Frauen

4.2.2.5. Ergebnisse zum Methodenvergleich aus der BIA

(Abb. 34-35, Tab. 5-7, Tab. VIII im Anhang)

Im Rahmen der Vergleichserhebungen zu den Hautfaltendickenmessungen wurde an denselben vier Testpersonen eine Gegenüberstellung mehrerer Impedanzgeräte und ebenso ein Inter-Untersucher-Vergleich zur BIA durchgeführt (siehe Kapitel 4.2.2.4). Die Impedanz wurde mit vier Messgeräten (Typ BIA-2000 M und BIA 101/S) bei 50 kHz von jeder Untersucherin gemessen. Die Ergebnisse zur BIA zeigen nur sehr geringe Schwankungen zwischen den einzelnen Messgeräten. Die größten Unterschiede treten zwischen dem Monofrequenzgerät BIA 101/S und den Multifrequenzgeräten BIA 2000 M auf. Die höchsten Differenzen betragen für die Resistance 18 Ω und für die Reactance 5 Ω. Die sich daraus ergebende Spannbreite liegt nach der Herstellerformel bei 1,0% GKF.

Testperson 1 Körperhöhe = 174,5 cm Körpermasse = 78,1 kg						
Alter = 58 Jahre Geschl: m						
Untersucher 1				Untersucher 2		
BIA-Gerät	R (Ohm)	Xc (Ohm)	% GKF	R (Ohm)	Xc (Ohm)	% GKF
BIA 2000 M 1	523	58	24,8	515	57	23,9
BIA 2000 M 2	524	58	24,9	513	56	23,8
BIA 2000 M 3	527	58	25,2	513	57	23,8
BIA 101/S	517	57	24,2	512	57	23,7
Testperson 2 Körperhöhe = 164,1 cm Körpermasse = 67,4 kg						
Alter = 53 Jahre Geschl: w						
Untersucher 1				Untersucher 2		
BIA-Gerät	R (Ohm)	Xc (Ohm)	% GKF	R (Ohm)	Xc (Ohm)	% GKF
BIA 2000 M 1	530	53	29,1	518	52	28,4
BIA 2000 M 2	532	52	29,2	522	52	28,7
BIA 2000 M 3	528	53	29,0	521	52	28,6
BIA 101/S	514	50	28,2	513	51	28,1
Testperson 3 Körperhöhe = 164,7 cm Körpermasse = 58,5 kg						
Alter = 26 Jahre Geschl: w						
Untersucher 1				Untersucher 2		
BIA-Gerät	R (Ohm)	Xc (Ohm)	% GKF	R (Ohm)	Xc (Ohm)	% GKF
BIA 2000 M 1	612	64	27,4	599	66	26,7
BIA 2000 M 2	615	67	27,5	595	65	26,5
BIA 2000 M 3	613	67	27,4	596	66	26,5
BIA 101/S	618	67	27,7	610	64	27,2
Testperson 4 Körperhöhe = 163,1 cm Körpermasse = 62,1 kg						
Alter = 21 Jahre Geschl: w						
Untersucher 1				Untersucher 2		
BIA-Gerät	R (Ohm)	Xc (Ohm)	% GKF	R (Ohm)	Xc (Ohm)	% GKF
BIA 2000 M 1	510	54	25,0	715	131	34,4
BIA 2000 M 2	789	144	36,8	518	55	25,5
BIA 2000 M 3	528	59	26,1	517	54	25,4
BIA 101/S	523	59	25,8	518	55	25,5

Tabelle 6: BIA im Geräte- und Inter-Untersucher-Vergleich

Zwischen den beiden Untersucherinnen liegen die Abweichungen insgesamt im Trend etwas höher. Die maximale Differenz beträgt für R 20 Ω und für Xc 5 Ω . Die Inter-Untersucher-Unterschiede liegen maximal beim Gesamtkörperfett bei einer Differenz von 1,4%.

Die in Tabelle 6 bei Testperson 4 hervorgehobenen Widerstände werden als Ausreißer gewertet und nicht in die Berechnungen einbezogen. Da diese Ergebnisse von beiden Untersucherinnen und mit verschiedenen Geräten erzielt wurden, wird von einer nicht genauer bekannten Fehlerquelle bei der Testperson selbst ausgegangen (siehe Kapitel 5.2.2.5.). Es ist erstaunlich, dass der Fehler wiederholt auftrat und das Messgerät keinerlei Fehler anzeigte. Würde man bei Serienmessungen nur diesen einen Wert messen, könnte es zu groben Fehleinschätzungen bei der Berechnung der Körperzusammensetzung kommen.

In der Literatur findet man mehr als 40 Gleichungen zur Berechnung der Körperzusammensetzung mittels Bioimpedanzanalyse (z.B. SEGAL 1988, Lukaski 1989, ROUBENOFF et al. 1997). Am Beispiel einer Testperson werden 10 aus der Literatur bekannte Impedanzgleichungen zur Berechnung des GKF eingesetzt. Als Vergleichswert wird der GKF mit 10 Hautfalten angegeben. Tabelle 7 zeigt einen maximalen GKF von 40,1% mit der Gleichung von DEURENBERG et al. (1990) und einen Minimalwert von 21,0% mit der Gleichung nach SEGAL et al. (1988). Daraus ergibt sich die beachtliche Spannweite von 19,1% GKF bei ein und derselben Person, die einzig auf die Benutzung verschiedener Gleichungen zurückzuführen ist.

Geschlecht: männlich	Werte der Impedanzmessung:	
Alter: 59 Jahre	Resistance bei 50 kHz	513,2 Ω
Körperhöhe: 174,5 cm	Reactance bei 50 kHz	56,8 Ω
Körpermasse: 78,1 kg		
BMI: 25,6 kg/cm ²		
Formel nach	Magermasse in kg	Gesamtkörperfett in %
DEURENBERG et al. (1990)	46,8	40,1
DEURENBERG et al. (1991)	52,9	32,3
SCHOLS et al. (1991)*	54,2	30,6
LUKASKI (1989)	54,9	29,7
SEGAL et al. (1988), fettsspezifisch	55,4	29,1
GRAY et al. (1989)	55,6	28,8
HEITMANN (1990a)	56,5	27,7
KUSHNER & SCHOELLER (1986)*	59,0	24,5
Herstellere Software (Data Input)	59,5	23,8
SEGAL et al. (1988) (Herstellergleichung)	61,7	21,0
JOHNSEN (10 Hautfalten)	55,9	28,5

*aus dem Gesamtkörperwasser (TBW) wurde die Magermasse (LBM) nach folgender Formel berechnet:
 $LBM = TBW/0.73$

Tabelle 7: Gesamtkörperfettanteil nach verschiedenen Impedanzgleichungen am Beispiel einer Testperson

Um diese Problematik eingehender zu bearbeiten, wurde der GKF der untersuchten Männer und Frauen mit den Impedanzgleichungen von KUSHNER und SCHOELLER (1986), LUKASKI (1989), HEITMANN (1990a) und DEURENBERG et al. (1991) berechnet (Formeln Anlage 5).

Im Gegensatz zu den Hautfaltengleichungen sind die mittleren Abweichungen mit den vier Impedanzgleichungen bei den männlichen Untersuchten deutlich größer (Abb. 34). Hier wird von allen verwendeten Gleichungen mit der Gleichung von DEURENBERG et al. (1991) im Mittel im gesamten Altersbereich der höchste und mit der Gleichung von KUSHNER und SCHOELLER (1986) im Trend der geringste GKF berechnet. Bei den jungen Männern sind die Unterschiede geringer (maximale Differenz DEURENBERG-KUSHNER und SCHOELLER 2,7% GKF). Mit dem Alter beziehungsweise mit der Höhe des Körperfettanteils nimmt der Abstand deutlich zu (maximale Differenz DEURENBERG-KUSHNER und SCHOELLER 8,3% GKF). Im Altersverlauf fällt auf, dass die Mittelwerte von DEURENBERG et al. (1991) und HEITMANN (1990a) beinahe parallel ($r=0,98$) verlaufen, ebenso wie die Mittelwerte von KUSHNER und SCHOELLER (1986) und LUKASKI (1989) mit $r=0,98$ (Tab. 5).

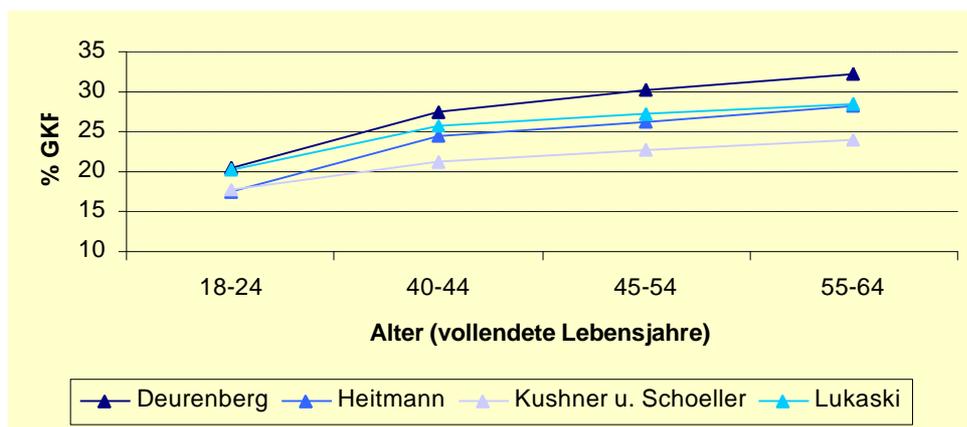


Abbildung 34: Medianwerte zum GKF bei Männern mit verschiedenen Formeln zur BIA

Wie schon bei den Männern ist bei den Brandenburger Frauen die Spanne des Körperfettanteils zwischen den Gleichungen im Mittel mit der BIA größer als mit den Hautfaltendickenmessungen (Abb. 35). Die Unterschiede zwischen den Impedanzgleichungen verändern sich bei den Frauen mit zunehmendem Alter weniger (18-24jährige Frauen: Maximale Differenz DEURENBERG-HEITMANN 5,7%; 55-64jährige Frauen: Maximale Differenz DEURENBERG-KUSHNER und SCHOELLER 7,8% GKF). Mit der Gleichung nach DEURENBERG et al. (1991) wird ebenso wie bei den Männern in allen Altersgruppen mit Abstand der höchste GKF berechnet. Die Gleichung nach KUSHNER und SCHOELLER (1986) berechnet ab dem 35. Lebensjahr bei den Frauen im Mittel den geringsten GKF. Es fällt wiederum eine Analogie zwischen den Gleichungen von DEURENBERG et al. (1991) und HEITMANN (1990a) mit $r=0,96$, sowie den Gleichungen von KUSHNER und SCHOELLER (1986) und LUKASKI (1989) mit $r=0,98$ auf.

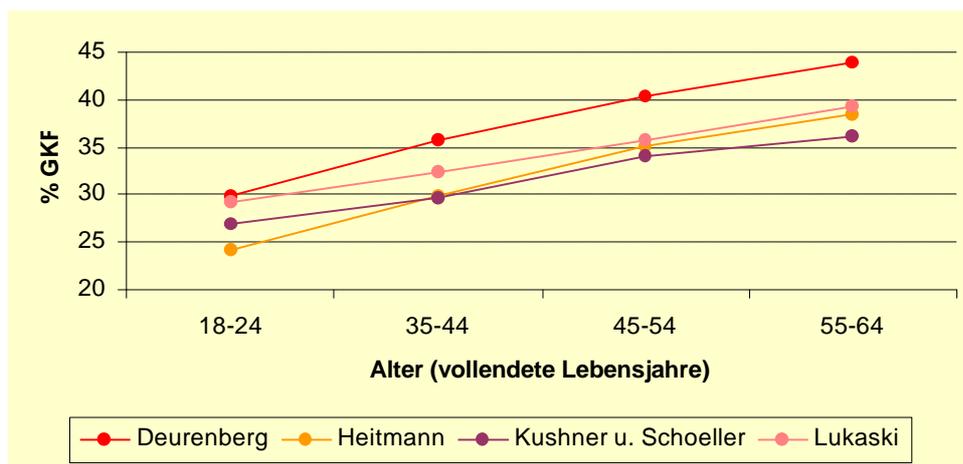


Abbildung 35: Medianwerte zum GKF bei Frauen mit verschiedenen Formeln zur BIA

4.2.2.6. Vergleich der Ergebnisse der verschiedenen Methoden zum Gesamtkörperfettanteil (Abb. 36-38, Tab. VIII im Anhang)

Ein Vergleich von Hautfaltendickenmessung und BIA zielt immer auf eine höchstmögliche Genauigkeit und damit auf die Höhe der Differenzen zwischen den beiden Methoden ab.

Bei den untersuchten Männern wird mit den verschiedenen Gleichungen zur Hautfaltendickenmessung in der jüngsten und ältesten Gruppe ein geringerer Fettanteil im Vergleich zur BIA berechnet, bei den 35-55 Jahre alten Männern stimmen die Ergebnisse gut überein (Abb. 32, 34).

Bei den Frauen wird das Gesamtkörperfett in der Tendenz mit den Formeln zur Hautfaltendickenmessung und BIA ähnlich hoch eingeschätzt (Abb. 33, 35). Nur in der ältesten untersuchten Gruppe werden bei Männern und Frauen mit beiden Methoden unterschiedliche Aussagen zum Körperfett getroffen: Während nach der Hautfaltendickenmessung der GKF konstant bleibt, nimmt das mit einem hohen gesundheitlichen Risiko behaftete GKF mit allen Impedanzgleichungen auch über das 55. Lebensjahr hinaus zu. Mögliche Ursachen für diese unterschiedlichen Aussagen werden in der Diskussion der Ergebnisse dargelegt (Kapitel 5.2.2.6.).

Zusammenfassend lässt sich beim männlichen Geschlecht nur mit der BIA und beim weiblichen Geschlecht mit beiden Methoden eine starke Abhängigkeit des Ergebnisses von der eingesetzten Formel erkennen. Mit dem Ziel, den GKF so präzise wie möglich zu bestimmen, wurde aus beiden Messmethoden jeweils eine möglichst genaue Gleichung ausgewählt. Im ersten Schritt wurde eine Korrelationsanalyse zwischen allen sieben angewandten Formeln durchgeführt (Tab. 5). Die Gleichungen mit den höchsten Korrelationskoeffizienten zur jeweils anderen Methode kamen in die engere Wahl. Die Korrelationsanalyse reflektiert nicht zwangsläufig einen hohen Grad an Übereinstimmung, da die Absolutbeträge unberücksichtigt bleiben (WATTANAPENPAIBOON et al. 1998). Aus diesem Grund fiel die Entscheidung jeweils für die Gleichung, deren Medianwerte im Kurvenverlauf innerhalb ihrer Methode im mittleren Bereich lagen. Von allen Gleichungen hatte die Impedanzgleichung von HEITMANN (1990a) mit der Hautfaltengleichung von DURNIN und WOMERSLEY (1974) die höchsten Korrelationskoeffizienten von $r=0,86$ bei den Männern und $r=0,88$ bei den Frauen. Die Gleichung von

JOHNSEN (1990) mit 3 Hautfalten ergab bei den Frauen eine genauso hohe Korrelation mit der Formel von HEITMANN ($r=0,88$). Da jedoch bei den Frauen die Absolutbeträge mit der Gleichung von DURNIN und WOMERSLEY (1974) im gesamten Altersbereich im Mittel über den anderen Gleichungen lagen, wurde die Gleichung nach JOHNSEN (1990) mit 3 Hautfalten ausgewählt. Die nach diesem Verfahren bestimmten Gleichungen - für die Männer die Gleichung nach HEITMANN (1990a) und DURNIN und WOMERSLEY (1974) und für die Frauen nach HEITMANN (1990a) und JOHNSEN (1990) - sollen in dieser Arbeit für weitere Berechnungen als Grundlage dienen.

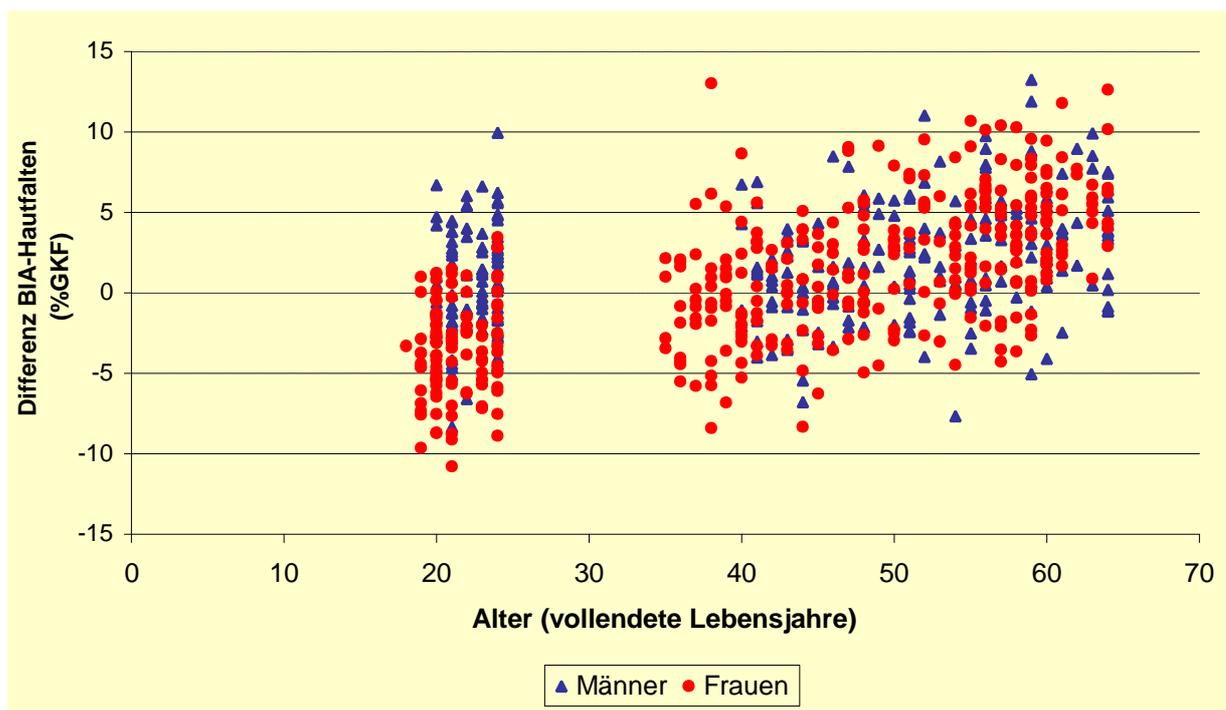


Abbildung 36: Differenz des Gesamtkörperfettanteils (ausgewählte Impedanzgleichung minus ausgewählte Hautfaltengleichung) aller untersuchten Männer und Frauen

Um die Streuung der Einzelwerte der ausgewählten Gleichungen darzustellen, wurde die Differenz des Gesamtkörperfettanteils zwischen der Impedanzgleichung von HEITMANN und der Gleichung nach DURNIN und WOMERSLEY für alle Männer bzw. nach JOHNSEN für alle Frauen gebildet. Sie ist in der Ordinate der Abb. 36 dargestellt. Der größte Teil der Werte liegt in einem Korridor von $\pm 5\%$ GKF. Lediglich 12 junge Männer (12,1%), aber 47 Männer zwischen 40 und 64 Jahren (22,4%) liegen über der Differenz von $\pm 5\%$. Die Unterschiede zwischen den Methoden nehmen demzufolge mit steigendem Alter zu. Der größte Anteil der Männer zeigt im untersuchten Altersbereich eine Differenz, die über Null liegt, d.h. der GKF mit der Impedanzgleichung nach HEITMANN (1990a) ist höher als mit der Gleichung über 4 Hautfalten. In der jüngsten untersuchten Altersgruppe zeigen 33 Frauen (29,5%) und im Alter von 35-64 Jahren 82 Frauen (28,6%) mehr als $\pm 5\%$ Unterschied zwischen BIA- und Hautfaltenberechnungen. Bei den Frauen der Altersgruppe 18-24 Jahre liegen die Differenzen zu einem großen Teil im negativen Bereich, in diesen Fällen wurde mit der BIA ein geringerer GKF als mit

den Hautfaltendickenmessungen berechnet. Mit steigendem Alter zeigen immer mehr Frauen eine positive Differenz und demnach mit der BIA einen höheren GKF als mit der Gleichung über 3 Hautfalten.

Die anthropometrische Bestimmung der Körperzusammensetzung nach DRINKWATER und ROSS (1980) beinhaltet die Komponente Fettmasse, die auf der Grundlage von Hautfaltendickenmessungen und weiteren Berechnungen ermittelt wurde (siehe 3.2.3.5.). Aus dieser Fettmasse wurde der prozentuale Fettanteil berechnet und in den Methodenvergleich integriert. Abb. 37 veranschaulicht die Mittelwerte der drei Methoden für die untersuchten Männer. Es wird deutlich, dass die Impedanzanalyse mit der ausgewählten Formel nach HEITMANN (1990a) im Mittel den höchsten GKF ermittelt. Mit der Gleichung nach DURIN und WOMERSLEY (1974) liegt der Körperfettanteil nur wenig unterhalb der Impedanzgleichung. Der GKF nach DRINKWATER und ROSS (1980) ergibt wesentlich geringere Mittelwerte. Bei den jungen Männern beträgt die mittlere Differenz zwischen der Hautfaltendickenmessung und der Gleichung nach DRINKWATER und ROSS (1980) 4,7% und bei den 55-64jährigen sogar 11,3% GKF.

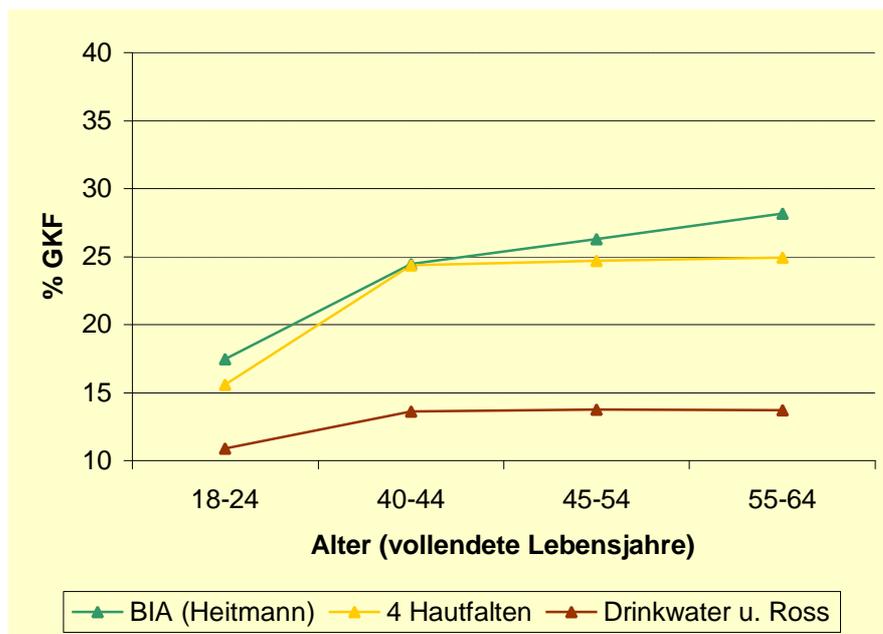


Abbildung 37: Medianwerte zum Gesamtkörperfettanteil bei Männern im Methodenvergleich

Bei den untersuchten Frauen ist als Gemeinsamkeit mit den Männern ein geringerer Unterschied zwischen BIA und Hautfaltendickenmessung und eine größere Differenz zur Methode von DRINKWATER und ROSS (1980) erkennbar. Abhängig vom Alter liegt das GKF im Mittel bis zur Altersgruppe 35-44 Jahre mit der Hautfaltendickenmessung und in der folgenden Altersgruppe mit der BIA am höchsten (Abb. 36, 38). Der deutlich geringere GKF nach DRINKWATER und ROSS (1980) zeigt eine Differenz zur Hautfaltenmessung von 8,7% bei den jungen und 13,9% GKF bei den älteren Frauen.

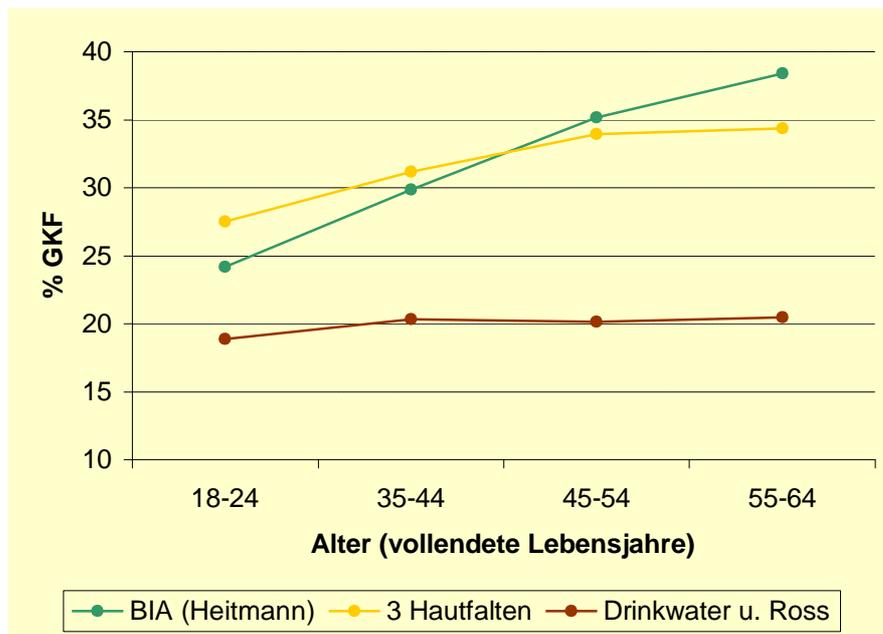


Abbildung 38: Medianwerte zum Gesamtkörperfettanteil bei Frauen im Methodenvergleich

4.2.2.7. Altersspezifik von Gesamtkörperfettanteil und Magermasse

(Abb. 37-40, Tab. VIII im Anhang)

Bereits in den vorangegangenen Kapiteln wurde auf einige altersspezifische Veränderungen bei der Anwendung der verschiedenen Formeln zur Einschätzung des GKF eingegangen. Der folgende Abschnitt konzentriert sich auf den Altersgang der ausgewählten Methoden.

Nach den Berechnungen aus Hautfaltendickenmessungen nach DURNIN und WOMERSLEY (1974) beträgt der GKF der jungen Männer im Mittelwert 15,6% (Abb. 37). Der GKF nimmt nach dieser Gleichung im Mittel nur bis zur Altersgruppe 40-44 Jahre steil zu, bis zum 65. Lebensjahr ist bei den Männern im Durchschnitt kein weiterer Anstieg des GKF zu verzeichnen. Die ältesten untersuchten Männer besitzen nach der Hautfaltendickenmessung im Mittel einen GKF von 25,0%, was einer mittleren Zunahme von 9,4% GKF im Verlauf des Erwachsenenalters entspricht.

Mit der Impedanzgleichung nach HEITMANN (1990a) wird bei den jungen Männern im Mittel ein GKF von 17,5% berechnet. Im gesamten untersuchten Altersbereich nimmt der Körperfettanteil nach dieser Methode stetig zu, wobei der Anstieg bis zum 45. Lebensjahr etwas steiler ist. Die ältesten untersuchten Männer haben im Mittel einen um 10,7% höheren GKF als die jungen Männer (Medianwert 28,2%).

Nach den Berechnungen von DRINKWATER und ROSS (1980) besitzen die Studenten im Mittelwert 10,9% GKF. Er nimmt bis zur Altersgruppe 40-45 Jahre verhältnismäßig wenig zu und bleibt im weiteren Altersverlauf konstant (Medianwert der ältesten untersuchten Männer 13,7% GKF). Damit liegen die Mittelwerte nach der Methode von DRINKWATER und ROSS (1980) zwar signifikant unterhalb der anderen beiden Methoden, sie lassen aber einen der Hautfaltendickenmessungen ähnlichen Altersverlauf erkennen.

Bei den 18-24jährigen Frauen wird mit der Gleichung von JOHNSEN (1990) mit 3 Hautfalten ein mittlerer GKF von 27,5% berechnet. Mit wachsendem Alter nimmt auch das GKF zu, wobei der Anstieg im Mittel von Altersgruppe zu Altersgruppe immer flacher wird. Die Zunahme der Mittelwerte des GKF im Alter beträgt bei den untersuchten Frauen 6,9% (Medianwert der 55-64 Jahre alten Frauen 34,4% GKF).

Mit der Impedanzanalyse ist bei den Frauen im Altersverlauf ein beständiges Anwachsen des GKF erkennbar. Der Anstieg ist steiler als mit der Hautfaltendickenmessung, was ein Überschneiden der beiden Kurven nach dem 45. Lebensjahr nach sich zieht. Mit der Gleichung nach HEITMANN (1990a) beträgt der mittlere GKF der 18-24 Jahre alten Frauen 24,2% und der ältesten untersuchten Frauen 38,4%, das ergibt einen Altersunterschied von 14,2%. Damit liegt die Zunahme des Körperfettanteils im Alter mit der BIA doppelt so hoch, verglichen mit der Hautfaltendickenmessung. An dieser Stelle sei hinzugefügt, dass solche Diskrepanzen zwischen Hautfaltendickenmessung und BIA mit den verschiedenen Formeln nicht so krass zum Ausdruck gekommen sind.

Die Berechnungen nach DRINKWATER und ROSS (1980) ergeben für die Studentinnen einen mittleren Fettanteil von 18,9%. Er nimmt im Altersgang nur leicht zu, auf einen Medianwert von 20,5% GKF bei den 55-64 Jahre alten Frauen. Damit schätzt diese Methode den GKF auch bei den Frauen deutlich geringer ein als die Hautfaltendickenmessung und die BIA. Sie repräsentiert auch einen anderen Altersverlauf, der lediglich mit der Hautfaltendickenmessung zu der übereinstimmenden Aussage kommt, dass der GKF ab dem 55. Lebensjahr im Mittel nicht mehr steigt.

Die Magermasse, die als prozentualer Anteil der Magermasse an der Körpermasse (100%) dargestellt wird, ist für alle drei Methoden in den grafischen Darstellungen 39-40 zu sehen. Sie zeigt im Prinzip einen entgegengesetzten Verlauf zum Gesamtkörperfett. Bei beiden Geschlechtern nimmt die Magermasse mit allen drei Methoden im Alter ab.

Nach DRINKWATER und ROSS (1980) liegt die Magermasse bei Männern und Frauen erwartungsgemäß am höchsten, was auf den geringen GKF mit dieser Berechnungsmethode zurückzuführen ist.

Bei den Männern wird mit der Hautfaltengleichung von DURIN und WOMERSLEY (1974) eine höhere Magermasse als mit der Impedanzgleichung nach HEITMANN berechnet. Nur die BIA zeigt eine Abnahme der Magermasse bis zur ältesten untersuchten Gruppe.

Bei den Frauen kreuzen sich auch die Kurven der Magermasse nach Hautfaltengleichung und BIA nach dem 45. Lebensjahr. Während bei den jüngeren Frauen die BIA im Mittel die Magermasse höher einschätzt, liegt bei den älteren Frauen die aus der Hautfaltendickenmessung berechnete Magermasse höher. Beim weiblichen Geschlecht sinkt die Magermasse bei den 55-64 Jahre alten Frauen nach DRINKWATER und ROSS (1980) sowie der Hautfaltengleichung kaum, während es mit der BIA zu einer weiteren Abnahme der Magermasse kommt.

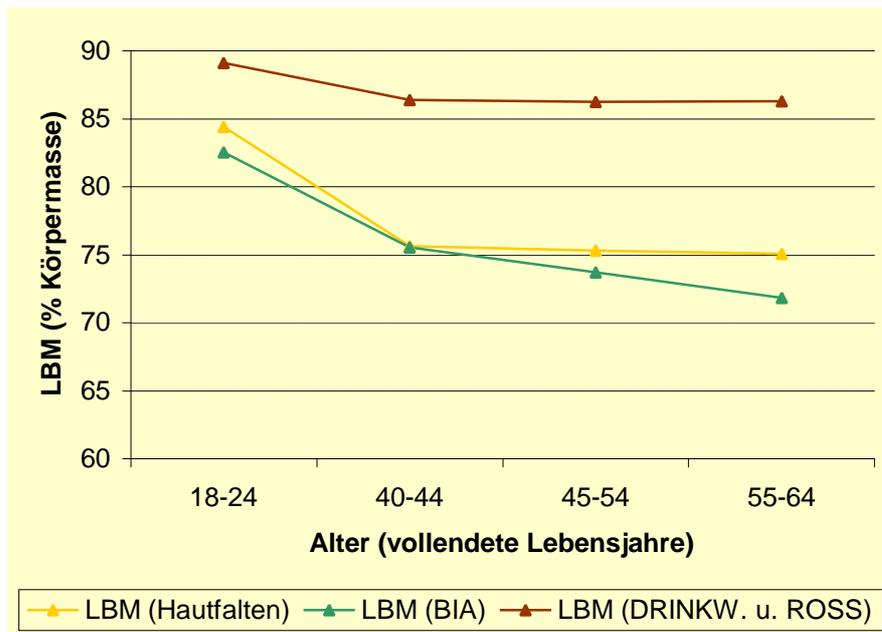


Abbildung 39: Medianwerte zur Magermasse (LBM) bei Männern

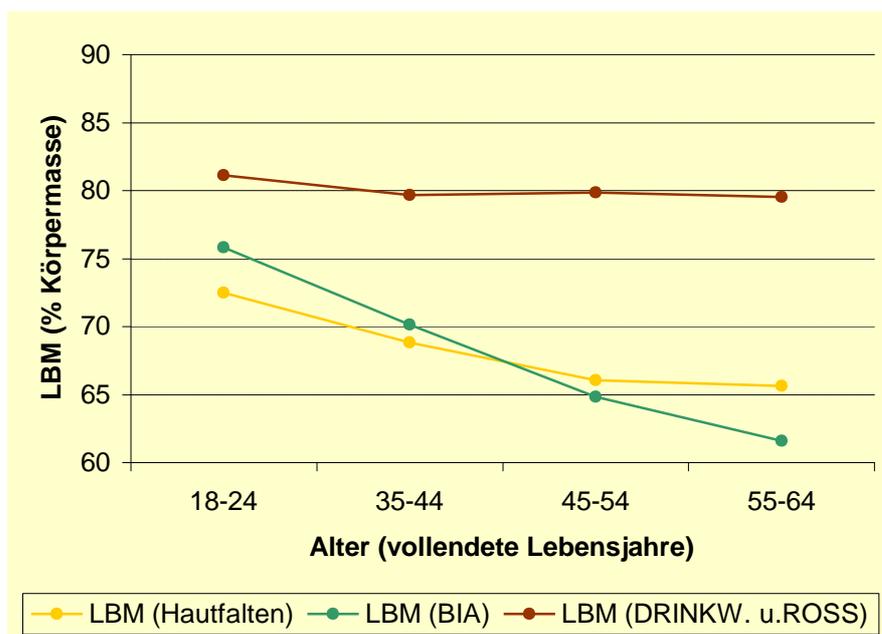


Abbildung 40: Medianwerte zur Magermasse (LBM) bei Frauen

4.2.2.8. Geschlechtsspezifisch von Gesamtkörperfettanteil und Magermasse

(Abb. 41-42, Tab. VIII im Anhang)

Der GKF bestätigt die schon mit den Hautfaltendickenmessungen erzielten Ergebnisse: Die Männer sind in ihrer Körperzusammensetzung durch einen deutlich geringeren Körperfettanteil charakterisiert. Dieses Merkmal zieht sich durch die verschiedenen Methoden und Altersgruppen. Lediglich nach DRINKWATER und ROSS werden für die jungen Frauen geringere Medianwerte zum GKF berechnet als für die jungen Männer mit BIA und Hautfaltendicken-

messung. Die Differenzen an GKF zeigen mit der BIA bei den jungen und älteren Frauen einen ungefähr um ein Viertel höheren GKF im Vergleich zu den Männern. Bei der Hautfaltendickenmessung und den Berechnungen nach DRINKWATER und ROSS entsprechen die Ergebnisse etwa einem um ein Drittel höheren Fettanteil bei den Frauen gegenüber den Männern.

Im Altersverlauf steigt der GKF im Mittel bei Männern und Frauen und mit allen drei Methoden an. Dabei nehmen die Geschlechterunterschiede mit der BIA zu und mit den anderen beiden Methoden ab. Das bedeutet nichts anderes, als eine steilere Alterszunahme des mittleren GKF mit der BIA bei den Frauen im Vergleich zu den Männern und umgekehrt ein langsames Anwachsen der Medianwerte der Frauen im Altersverlauf mit der Hautfaltendickenmessung und den Berechnungen von DRINKWATER und ROSS.

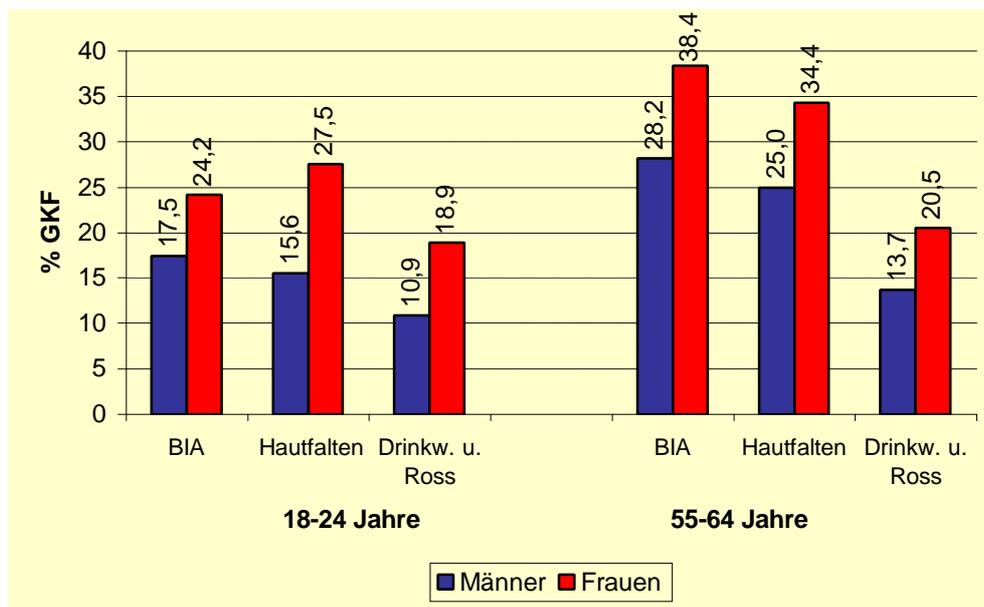


Abbildung 41: Medianwerte zum GKF bei 18-24 und 55-64 Jahre alten Männern und Frauen

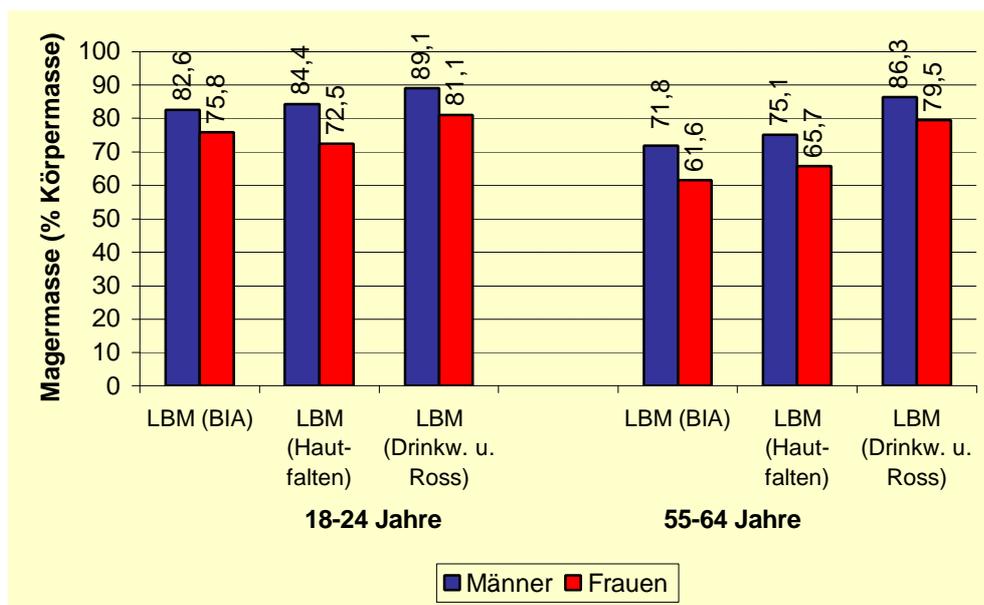


Abbildung 42: Medianwerte zur Magermasse bei 18-24 und 55-64 Jahre alten Männern und Frauen

Bei der Magermasse (in % der Körpermasse) ist klar erkennbar, dass innerhalb einer Methode die Männer immer die höhere Magermasse aufweisen. Der Sexualdimorphismus ist bei den jungen Männern und Frauen mit der Methode der Hautfaltendickenmessung am stärksten ausgeprägt. Bei den ältesten untersuchten Erwachsenen sind die Unterschiede mit der BIA und der Hautfaltengleichung annähernd gleich groß. Nach den Berechnungen von DRINKWATER und ROSS fällt auf, dass die Geschlechtsunterschiede deutlich niedriger liegen als mit den anderen beiden Methoden.

4.2.3. Parameter zur Einschätzung des Muskelanteils (Abb. 43, Tab. IX im Anhang)

Als Indikatoren für die Muskulatur werden der prozentuale Muskelanteil (Muskelmasse in % Körpermasse) nach den Berechnungen von DRINKWATER und ROSS (1980), sowie die Oberarmmuskelfläche nach HEYMSFIELD (1982) und FRISANCHO (1990) herangezogen. Dabei sind unbedingt die unterschiedlichen Maßeinheiten zu beachten.

4.2.3.1. Altersspezifik der Parameter zur Einschätzung des Muskelanteils

Die Muskelmasse ist die umfangreichste Komponente innerhalb der fettfreien Körpermasse. Die Muskelmasse in Prozent und die Oberarmmuskelfläche verhalten sich bei beiden Geschlechtern nahezu entgegengesetzt. Während der prozentuale Muskelanteil im Alter kontinuierlich abnimmt, steigt die Oberarmmuskelfläche deutlich an.

Der Muskelmassenanteil nimmt bei den Männern im Erwachsenenalter im Mittel von 45,7% auf 40,9% ab. Die Oberarmmuskelfläche, die einzig die Entwicklung der Muskulatur am Oberarm charakterisiert, zeichnet sich im Mittel durch einen klaren Anstieg von den jüngsten (Medianwert 43,1 cm²) zu den zweitjüngsten untersuchten Männern und ein weiteres langsames Anwachsen bis zum 65. Lebensjahr aus (Medianwert 51,6 cm²).

Die jungen Frauen besitzen 40,7% Muskelmasse, sie sinkt stetig auf einen Mittelwert von 36,1% bei der ältesten untersuchten Frauen. Die Oberarmmuskelfläche steigt von einem Mittelwert von 23,8 cm² bei den Studentinnen besonders deutlich bis zum 55. Lebensjahr an (Medianwert 31,3 cm²). Insgesamt beträgt die Zunahme im Mittel 8,2 cm².

4.2.3.2. Geschlechtsspezifik der Parameter zur Einschätzung des Muskelanteils

Der prozentuale Muskelanteil liegt bei den Männern im Mittel höher als bei den Frauen. Die Studenten zeigen im Mittelwert einen um 5,0% höheren Muskelmassenanteil im Vergleich zu den Studentinnen. An dieser Stelle sei betont, dass diese prozentualen Angaben absolute Differenzen sind, da die Teilmassen in Prozent angegeben werden. Bei den 55-64 Jahre alten Erwachsenen liegt die absolute Differenz der Medianwerte bei 4,8%. Die Oberarmmuskelfläche, die den Muskelquerschnitt am Oberarm darstellt und tendenziell eine Aussage zur Muskulatur liefert, zeigt im Geschlechtervergleich deutlich höhere Mittelwerte bei den Männern. Sie liegen bei den untersuchten Männern etwa ein Drittel höher als bei den Frauen der jeweiligen Altersgruppe.

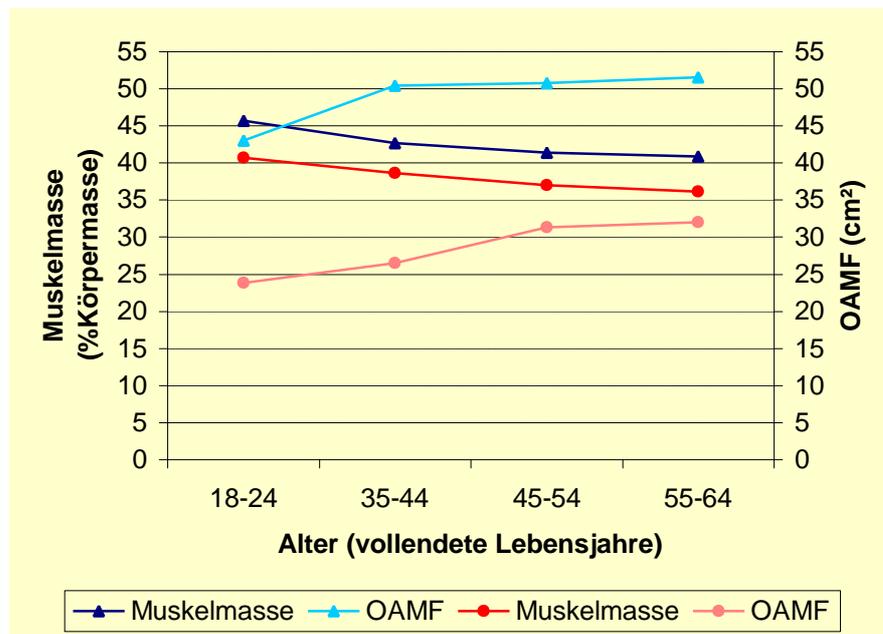


Abbildung 43: Medianwerte von Muskelmasse und Oberarmmuskelfläche (OAMF) bei Männern (blau) und Frauen (rot)

4.2.4. Parameter zur Einschätzung des Skelettanteils (Abb. 44, Tab. IX im Anhang)

Neben der Skelettmasse in % Körpermasse dient der Frame-Index als Marker für die Skelettrobustizität. Auch diese beiden Größen haben unterschiedliche Einheiten.

4.2.4.1. Altersspezifik der Parameter zur Einschätzung des Skelettanteils

Beide Parameter zur Einschätzung des Knochenanteils haben bei Männern und Frauen einen vergleichbaren Altersverlauf.

Das männliche Geschlecht zeigt einen leichten Anstieg des Skelettanteils von im Mittel 15,4% (18-24jährige Männer) auf 16,1% (55-64jährige Männer). Der Frame-Index nimmt bei den Männern im Alter gleichmäßig von im Mittel 39,1 auf 42,4 zu.

Die Frauen lassen eine ebenso verhaltene Zunahme ihrer Skelettmasse von 14,0% bei den jungen Frauen auf 14,5% bei den ältesten untersuchten Frauen erkennen. Der Frame-Index zeigt bei den jungen Frauen einen Mittelwert von 36,2. Er vollzieht bis zum Alter von 65 Lebensjahren eine Zunahme auf einen Mittelwert von 39,5.

4.2.4.2. Geschlechtsspezifisch der Parameter zur Einschätzung des Skelettanteils

Die Mittelwerte zum prozentualen Skelettanteil liegen bei den Männern in allen Altersklassen über denen der Frauen. Bei den Studenten ist der Skelettanteil im Mittel absolut gesehen um 1,5% höher als beim weiblichen Geschlecht. Die 55-64 Jahre alten Männer besitzen einen um 1,7% höheren Skelettanteil als die älteren Frauen. Auch der Frame-Index weist bei den Männern im untersuchten Altersbereich die höheren Mittelwerte gegenüber den Frauen auf. Damit werden die Ergebnisse zu den Körperbaumaßen untermauert, die dem männlichen Geschlecht eine höhere Skelettrobustizität bescheinigen.

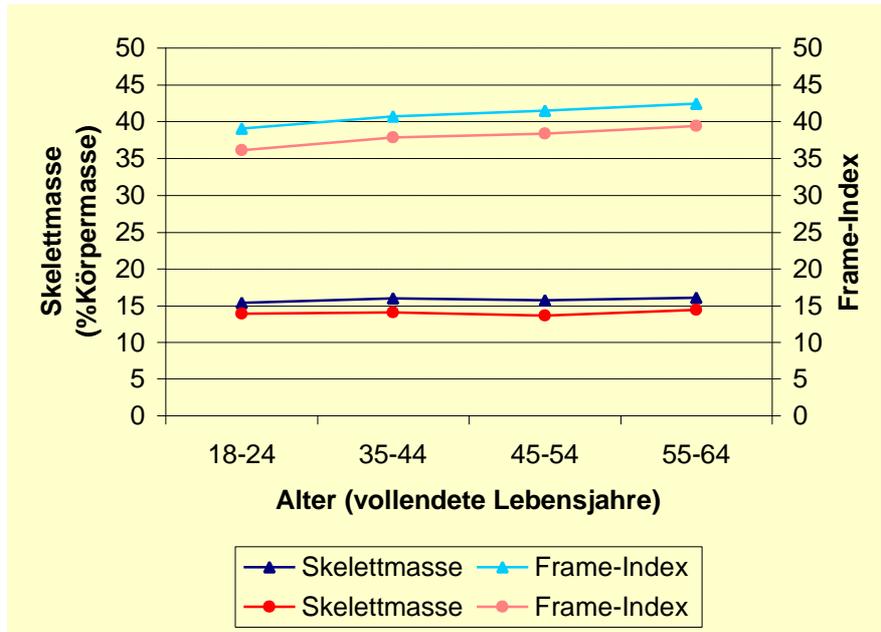


Abbildung 44: Medianwerte von Skelettmasse und Frame-Index bei Männern (blau) und Frauen (rot)

4.2.5. Restmasse (Abb. 45, Tab. IX im Anhang)

Die Restmasse umfasst nach dem Modell von DRINKWATER und ROSS (1980) in erster Linie die inneren Organe und wird ebenso in % Körpermasse angegeben. Weitere Parameter oder Indizes, die die Restmasse beschreiben, konnten in der Literatur trotz gründlicher Recherche nicht gefunden werden.

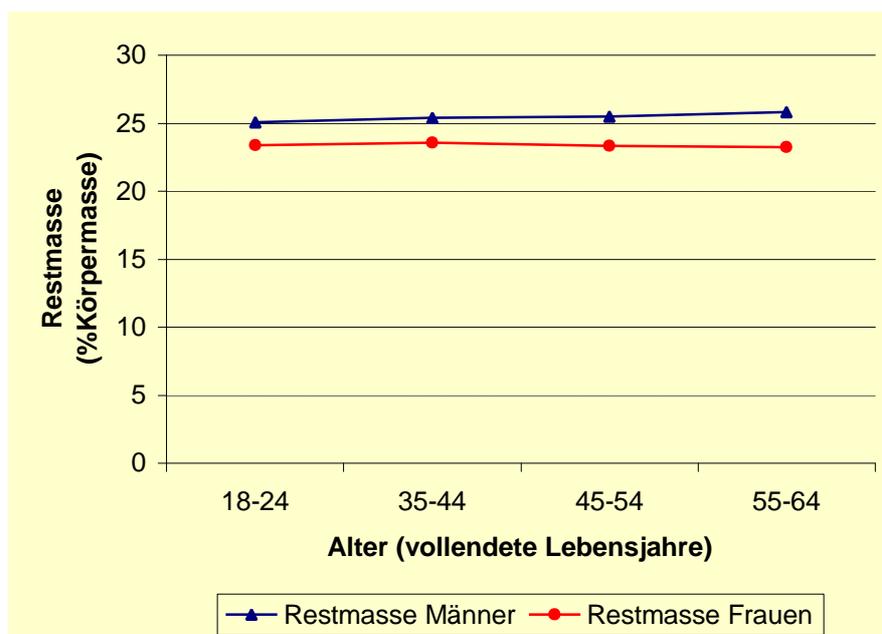


Abbildung 45: Medianwerte der Restmasse bei Männern und Frauen

4.2.5.1. Altersspezifik der Restmasse

Die Restmasse unterliegt nur geringen Veränderungen im Altersverlauf. Bei den Studenten liegt der Medianwert bei 25,1% Restmassenanteil, er steigt auf 25,8% bei der ältesten untersuchten Gruppe.

Beim weiblichen Geschlecht bleibt die Restmasse nahezu konstant. Bei den jungen Frauen beträgt der Medianwert 23,4% Restmasse und bei den älteren Frauen 23,2% Restmasse.

4.2.5.2. Geschlechtsspezifisch der Restmasse

Die Restmasse in Relation zur Körpermasse zeigt bei den Männern höhere Mittelwerte als bei den Frauen derselben Altersgruppe. Die jungen Männer weisen eine absolute mittlere Differenz von 1,7% gegenüber den jungen Frauen auf. Die älteren Männer liegen im Mittel um 2,6% Restmassenanteil über den 55-64 Jahre alten Frauen.

4.3. Energie- und Nährstoffaufnahme

Aus Tabelle XI im Anhang sind die Medianwerte, sowie die Perzentile P_3 , P_{10} , P_{90} und P_{97} zur Beschreibung der Variabilität der Energie- und Nährstoffaufnahme entnehmbar.

4.3.1. Altersspezifik der Energie- und Nährstoffaufnahme

4.3.1.1. Energieaufnahme (Abb. 46, Tab. XI im Anhang)

Die tägliche Energieaufnahme der untersuchten Brandenburger Männer und Frauen zeigt im Lauf des Erwachsenenalters einen abnehmenden Trend.

Die jungen Männer nehmen im Medianwert 12304 kJ/Tag auf. Bei den Männern sinkt die mittlere Nahrungsenergieaufnahme bis zum 45. Lebensjahr deutlich steiler, als in den darauffolgenden Altersgruppen (Medianwert 55-64jährige Männer 10092 kJ/Tag).

Die tägliche Energieaufnahme der 18-24jährigen Frauen beträgt im Mittel 8735 kJ. Bei allgemein sinkender Tendenz der Mittelwerte, zeigen die 45-54 Jahre alten Frauen nochmals eine, wenn auch nicht signifikante, Zunahme ihrer Energiezufuhr gegenüber den 35-44jährigen Frauen. In der letzten untersuchten Altersgruppe nimmt die Energieaufnahme wieder ab (Medianwert 7794 kJ/Tag).

Die Variabilität der Nahrungsenergieaufnahme wird bei der Betrachtung der Perzentile P_3 und P_{97} erkennbar (Tab. XI). Im Vergleich dazu ist die Altersvariabilität sehr gering. Mit einer Nahrungsenergiezufuhr zwischen 4638 und 4819 kJ täglich liegen besonders die sehr wenig Energie aufnehmenden Frauen (P_3) in einem kritischen Bereich. Die P_{97} -Werte zeigen bei den Männern Nahrungsenergieaufnahmen bis zu 22229 kJ/Tag. Eine solche Energiezufuhr würde über einen längeren Zeitraum unweigerlich zu einer Zunahme der Körpermasse führen.

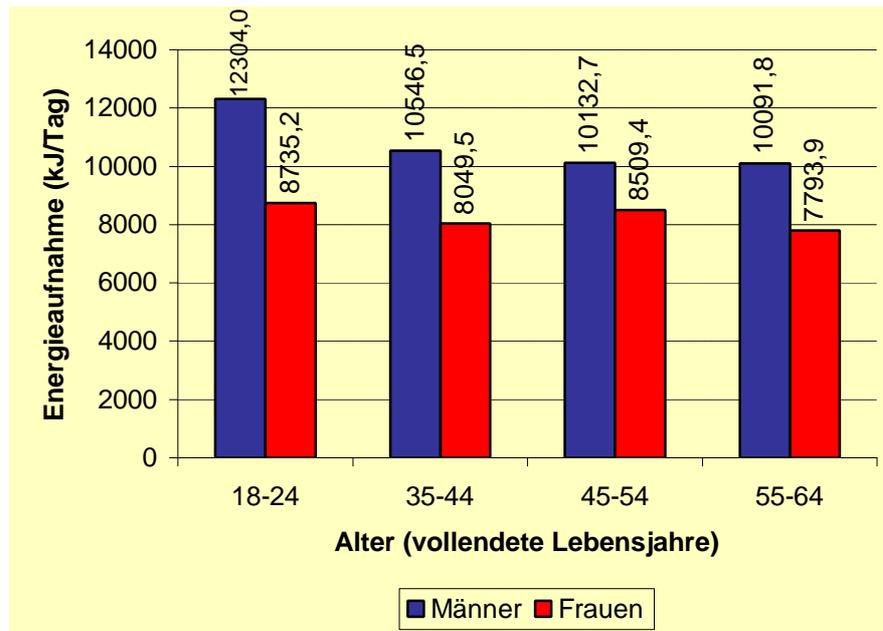


Abbildung 46: Medianwerte der täglichen Nahrungsenergieaufnahme bei Männern und Frauen

4.3.1.2. Nährstoffaufnahme (Abb. 47-50, Tab. XI im Anhang)

Die Angaben zur Nährstoffzufuhr umfassen die Grundnährstoffe Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße sowie den Energieträger Alkohol. Alkohol, der aufgrund seiner gesundheitsschädigenden Wirkung nicht zu den Grundnährstoffen gezählt werden darf, muss als Energieträger separat in Betracht gezogen werden. Die Nährstoffaufnahme wird in Gramm und in Energieprozent angegeben, um sowohl die absolute Zufuhr als auch den Anteil des Nährstoffes an der Energiegewinnung zu verdeutlichen.

Bei den Brandenburger Männern nehmen die absolute Kohlenhydrat-, Eiweiß- und Fettzufuhr mit dem Alter kontinuierlich ab. Bei den Frauen zeigen die Kohlenhydrat- und Fettaufnahme insgesamt vom der jüngsten zur ältesten Gruppe eine abnehmende Tendenz, im Gegensatz zum Eiweißverzehr, welcher im Alter steigt. Der Alkoholkonsum dagegen liegt bei Männern und Frauen im mittleren Altersbereich am höchsten. Die relative Grundnährstoffzufuhr (in Energieprozent) verändert sich im Erwachsenenalter recht differenziert. Es ist jedoch bei beiden Geschlechtern erkennbar, dass sowohl die jüngste als auch die älteste untersuchte Gruppe im Medianwert mehr Energie aus Kohlenhydraten und weniger Energie aus Fetten und Alkohol gewinnt.

Die mittlere absolute Kohlenhydrataufnahme der Männer liegt deutlich über der Zufuhr der anderen Nährstoffe. Sie sinkt bei den Männern im Alter, besonders zwischen den jüngsten beiden untersuchten Gruppen. Mit zunehmendem Alter bleibt der Verzehr an Kohlenhydraten im Mittel etwa auf einem Niveau. Die Eiweiß- und Fettzufuhr liegen beim männlichen Geschlecht im Mittel im gesamten Altersbereich eng nebeneinander, wenn auch die absolute Fettaufnahme immer über der Proteinaufnahme bleibt. Eiweiß- und Fettaufnahme zeigen vom

jungen zum höheren Erwachsenenalter abnehmende Mittelwerte. Der mittlere tägliche Alkoholkonsum ist interessanterweise bei den Studenten am niedrigsten. Nach einem Maximum bei den 40-44 Jahre alten Männern nimmt er im höheren Alter wieder ab.

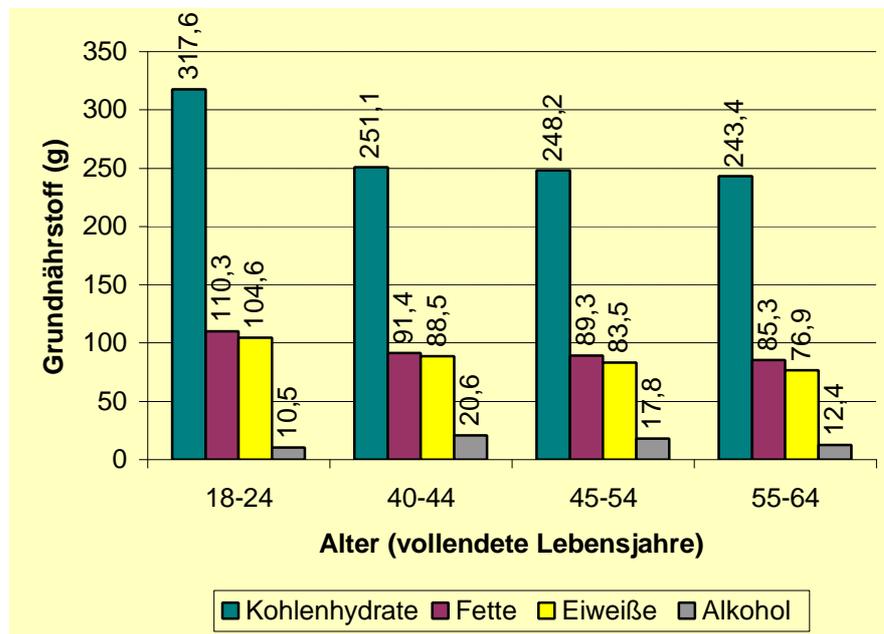


Abbildung 47: Medianwerte der Nährstoff- und Alkoholzufuhr bei Männern

Die verschiedenen physiologischen Brennwerte der einzelnen Grundnährstoffe und die in den einzelnen Altersgruppen unterschiedliche Energiezufuhr lassen bei der Umrechnung in Energieprozent ein anderes Bild entstehen (Abb. 48 und 50). Die Kohlenhydrate tragen beim männlichen Geschlecht mit 43,4 bis 48,0 Energie% den größten Teil zur Nahrungsenergiebereitstellung bei. Auch die relative Kohlenhydratzufuhr liegt bei den jungen Männern höher als in den anderen Altersgruppen. Sie sinkt deutlich bis zur Altersgruppe 40-45 Jahre, nimmt jedoch bis zum 65. Lebensjahr zu. Da aus einem Gramm Fett mehr als doppelt soviel Energie gewonnen wird, wie aus einem Gramm Eiweiß, liegt die prozentuale Fettzufuhr deutlich über der prozentualen Eiweißaufnahme, auch wenn die Absolutwerte nahe beieinander liegen. Die Medianwerte zum täglichen Fettverzehr lassen in der Altersgruppe 40-45 Jahre ein Maximum erkennen (Medianwert 37,2 Energie%) und bleiben darüber hinaus bei den jüngeren sowie älteren Männern mit Medianwerten zwischen 34,9 und 35,3 Energie% annähernd konstant. Die relative Eiweißaufnahme zeigt bei den Männern im gesamten untersuchten Altersbereich mit 14,2 bis 14,6 Energie% nahezu gleichbleibende Mittelwerte. Der Energieträger Alkohol ist nur zu einem 2,7 bis 5,7% an der Energieversorgung des Körpers beteiligt. Die Alkoholaufnahme verändert sich im Erwachsenenalter analog zur absoluten Zufuhr.

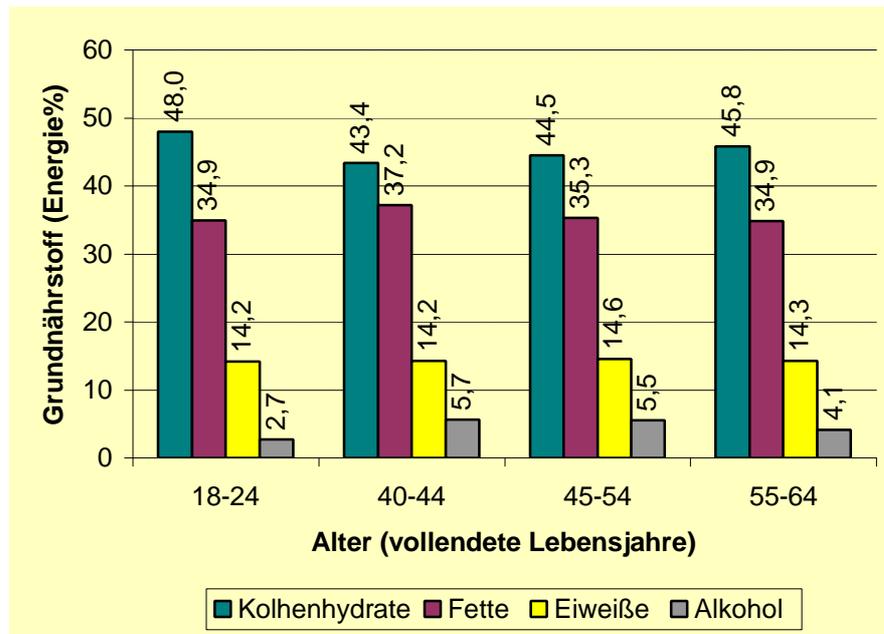


Abbildung 48: Medianwerte der relativen Nährstoff- und Alkoholzufuhr bei Männern

Wie schon bei den Männern findet man beim weiblichen Geschlecht die absolute Kohlenhydratzufuhr im Mittel über der Fett- und diese über der Eiweißaufnahme (Abb. 49). Der Alkoholverzehr liegt deutlich darunter. Die jungen Frauen nehmen im Mittel die kohlenhydratreichste Nahrung zu sich. Die absolute Kohlenhydrataufnahme sinkt im Durchschnitt im mittleren Altersbereich und wächst bei den 55-64jährigen Frauen an. Der mittlere Verzehr an Fetten und Eiweißen liegt auch bei den Frauen in einer vergleichbaren Größenordnung. Der absolute Fettverzehr bleibt bis zum 55. Lebensjahr nahezu konstant und nimmt nur bei den 55-64jährigen Frauen im Mittel ab. Die mittlere Proteinaufnahme steigt bis zur Altersgruppe 45-54 Jahre und sinkt in der letzten Altersgruppe ab. Der Alkoholkonsum der Frauen beträgt im Mittel nur etwa ein Drittel des Konsums der Männer. Er steigt, wie die Eiweißaufnahme, auf ein Maximum bei den 45-54 Jahre alten Frauen. Erst im höheren Alter trinken die Frauen im Durchschnitt wieder weniger Alkohol.

Die relative Kohlenhydrataufnahme zeigt bei den Frauen einen ähnlichen Altersverlauf, wie deren Absolutzufuhr, mit höheren Medianwerten bei der jüngsten sowie der ältesten Gruppe. Kohlenhydrate stellen auch bei den Frauen mit 44,0 bis 49,3 Energie% den Hauptenergie-träger dar. Die Nahrungsfette stehen wie bei den Männern ebenfalls an zweiter Stelle der Energiebereitstellung mit Medianwerten in Höhe von 33,8 bis 36,6 Energie%. Die Fettaufnahme hat im Mittelwert einen Anstieg von der jüngsten zur zweitjüngsten untersuchten Gruppe zu verzeichnen und sinkt im weiteren Altersverlauf. Die mittlere Proteinaufnahme in Energie% steigt kontinuierlich, aber nur minimal mit zunehmendem Alter an. Die Frauen gewinnen 1-3% ihrer täglichen Energie aus Alkohol. Die Alkoholaufnahme bleibt, außer einem Gipfel in der Altersgruppe 45-54 Jahre, nahezu unverändert.

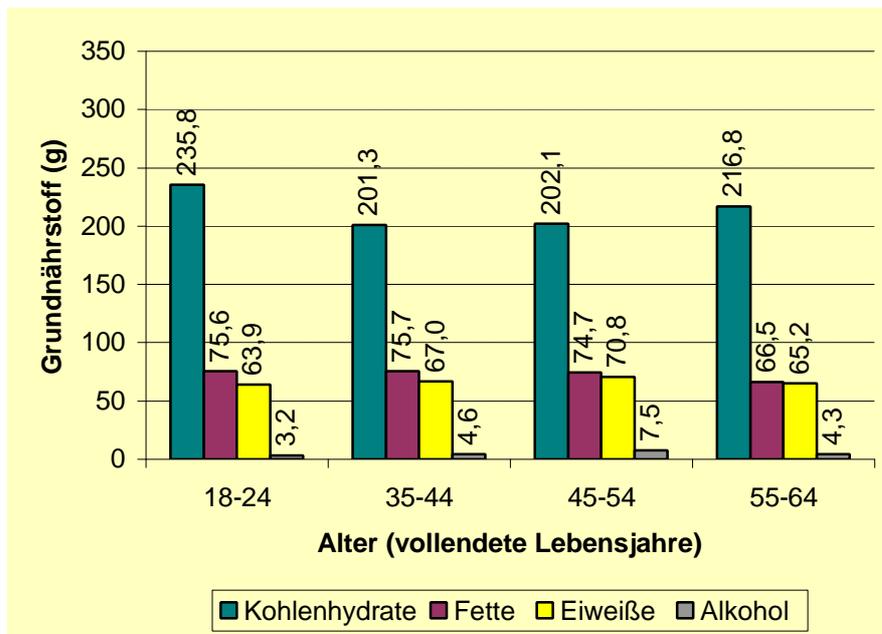


Abbildung 49: Medianwerte der Nährstoff- und Alkoholzufuhr bei Frauen

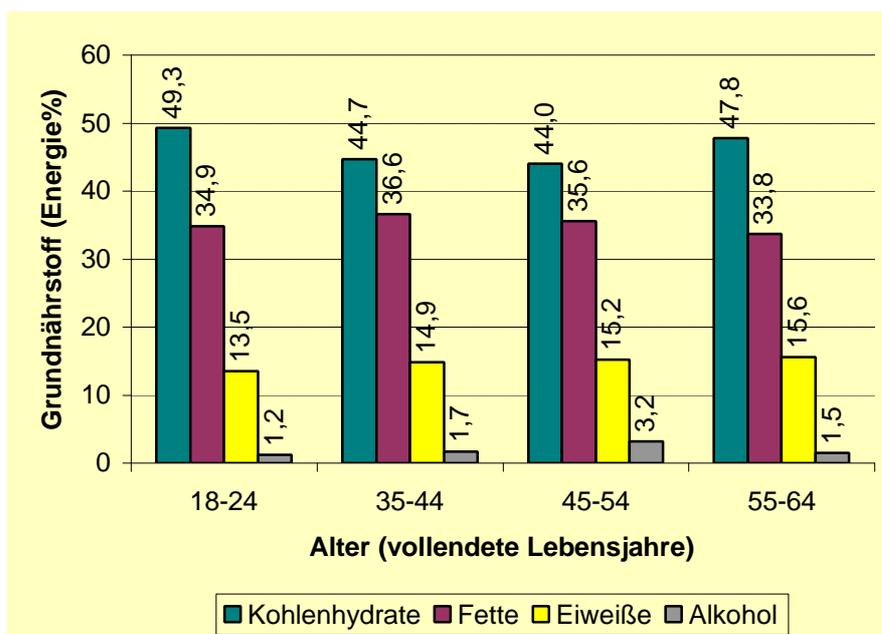


Abbildung 50: Medianwerte der relativen Nährstoff- und Alkoholzufuhr bei Frauen

Die Variabilität der Einzelwerte ist vor allem bei der Absolutzufuhr der Grundnährstoffe enorm und deutlich größer als die Variabilität im Erwachsenenalter. Eine extreme Variabilität ist beim Alkoholverzehr erkennbar. Die Spannweite reicht vom Verzicht auf alkoholische Getränke bis zu einer Aufnahme von 113 g reinen Alkohols (P₉₇ der 45-54jährigen Männer).

4.3.2. Geschlechtsspezifik der Energie- und Nährstoffaufnahme

4.3.2.1. Energieaufnahme (Abb. 51, Tab. XI)

Die Brandenburger Männer zeigen gegenüber den Frauen im gesamten untersuchten Altersbereich eine signifikant höhere absolute Nahrungsenergieaufnahme (Abb. 46).

Um eine vergleichbare Ausgangsbasis zu haben, wurde für den Geschlechtervergleich die relative Energieaufnahme bezogen auf die Körpermasse (100%) für 18-24jährige und 55-64jährige Erwachsene berechnet. Die relative Energieaufnahme zeigt genauso, dass die Energieaufnahme der Männer im jungen wie im höheren Altersbereich deutlich größer ist als die der Frauen. Die Geschlechtsunterschiede sind bei den jungen Erwachsenen im Vergleich zu den Älteren ausgeprägter.

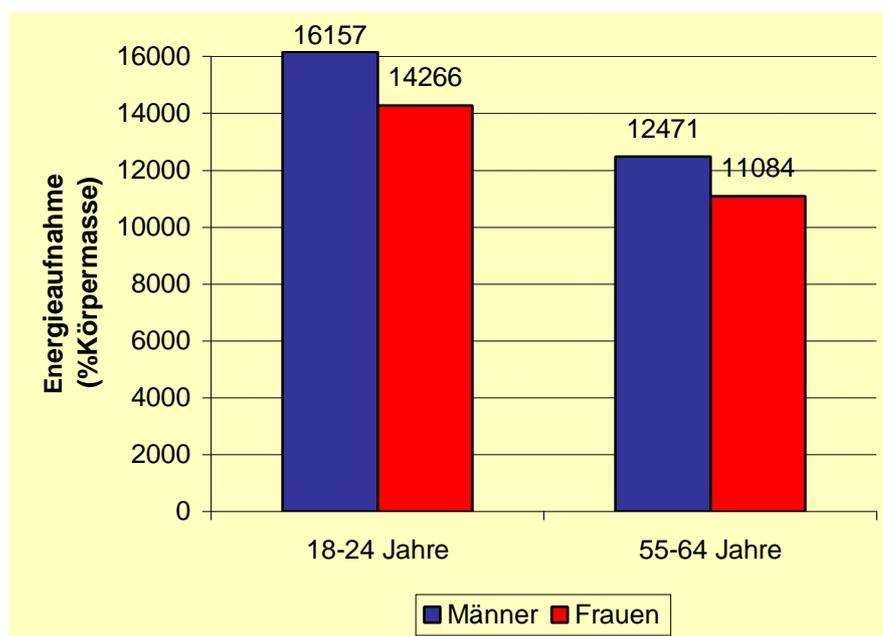


Abbildung 51: Medianwerte der relativen Nahrungsenergieaufnahme der 18-24 Jahre alten Männer und Frauen

4.3.2.2. Nährstoffaufnahme (Abb. 47-50, Tab. XI)

Die geringere Nahrungsenergieaufnahme der Frauen spiegelt sich in einem geringeren Absolutverzehr an Grundnährstoffen und Alkohol in allen Altersgruppen im Vergleich zu den Männern wider (Abb. 47 und 49).

Für den Geschlechtervergleich wurde die relative Grundnährstoffaufnahme, bezogen auf die Gesamtenergieaufnahme (in Energie%) bei den jüngsten und ältesten Männern und Frauen miteinander verglichen, unter Verzicht auf eine separate Abbildung (Abb. 48 und 50).

Die relative Zufuhr an Kohlenhydraten, Fetten und Eiweißen lässt bei den Männern ein ähnliches Grundnährstoffverhältnis wie bei den Frauen erkennen. Dennoch ernähren sich die Frauen tendenziell gesünder. Die Kohlenhydrataufnahme liegt im Mittel bei den Frauen wenig höher und die Fettzufuhr bei den älteren Frauen niedriger als beim männlichen Geschlecht.

Die Eiweißaufnahme zeigt bei den Studentinnen einen nur wenig kleineren Medianwert und bei den 55-64 Jahre alten Frauen einen höheren Medianwert als bei den Männern dieser Altersgruppe. Bei der Alkoholzufuhr treten gravierende Geschlechterunterschiede zutage: Die Männer beider Altersgruppen nehmen im Mittel doppelt so viel Alkohol zu sich wie die Frauen.

4.3.3. Energieaufnahme im Vergleich zu ausgewählten Parametern des Ernährungszustandes (Abb. 52-55)

In diesem Kapitel sollen die Zusammenhänge von Nahrungsenergieaufnahme und einigen Parameter zur Einschätzung des Ernährungszustandes untersucht werden. Da sich BMI und Körpermasse im Altersverlauf sehr ähnlich verhalten, wird aus Platzgründen hier nur der BMI angeführt. Ebenso wird der GKF, berechnet nach der Hautfaltengleichung von DURIN und WOMERSLEY (1974) bei Männern und der Gleichung von JOHNSON (1990) bei Frauen mit der Energiezufuhr verglichen.

Abb. 52 zeigt einen entgegengesetzten Verlauf von Body-Mass-Index und Energieaufnahme bei den Männern. Obwohl sich die Kalorienzufuhr im Alter verringert, weist der BMI einen zunehmenden Trend auf. Vor allem bei den jungen Männern liegt der BMI trotz der deutlich höheren Energiezufuhr niedriger als in den höheren Altersklassen.

Die Nahrungsenergieaufnahme und der GKF lassen bei den männlichen Untersuchten einen ähnlichen Verlauf erkennen. Hier zeigt sich gerade im jungen Erwachsenenalter sehr deutlich, dass eine hohe Energieaufnahme nicht zwangsläufig mit einem hohen Körperfettanteil im Zusammenhang stehen muss.

Bei den Brandenburger Frauen zeigt der BMI im Altersgang im Mittel eine Zunahme und die Nahrungsenergieaufnahme eine abnehmende Tendenz (Abb. 54). Sie verhalten sich damit äquivalent zu den Männern. Die Studentinnen haben beispielsweise den geringsten BMI und die höchste tägliche Energieaufnahme. BMI und Energieaufnahme zeigen nicht in jedem Alter einen gegensätzlichen Verlauf. So weist der BMI in der Altersgruppe 45-54 Jahre einen steileren Anstieg auf, was sich auch in einer höheren Nahrungsenergieaufnahme dieser Frauen widerspiegelt.

Der GKF und die Nahrungsenergiezufuhr liegen beim weiblichen Geschlecht wie bei den Männern konträr zueinander. Demnach müssen für einen hohen BMI und einen hohen GKF weitere Faktoren, als nur hohe Nahrungsenergiezufuhr verantwortlich sein, womit sich im Kapitel 5.3.3. auseinander gesetzt wird.

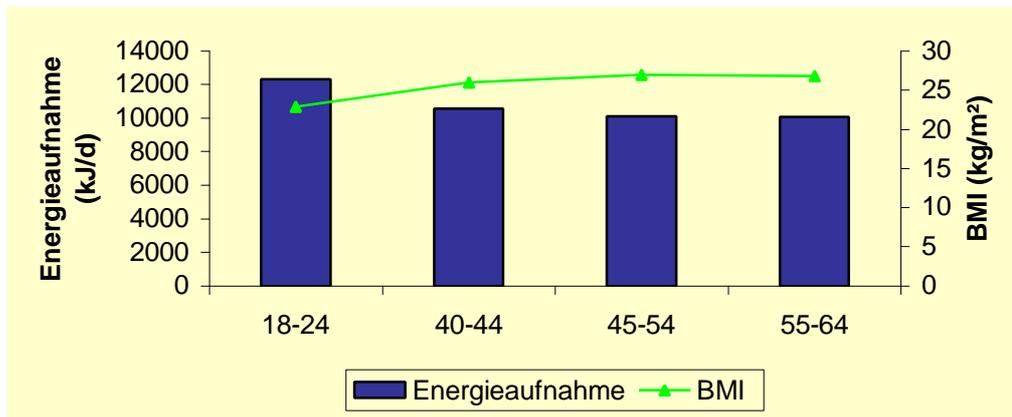


Abbildung 52: Medianwerte von Nahrungsenergieaufnahme und BMI bei Männern

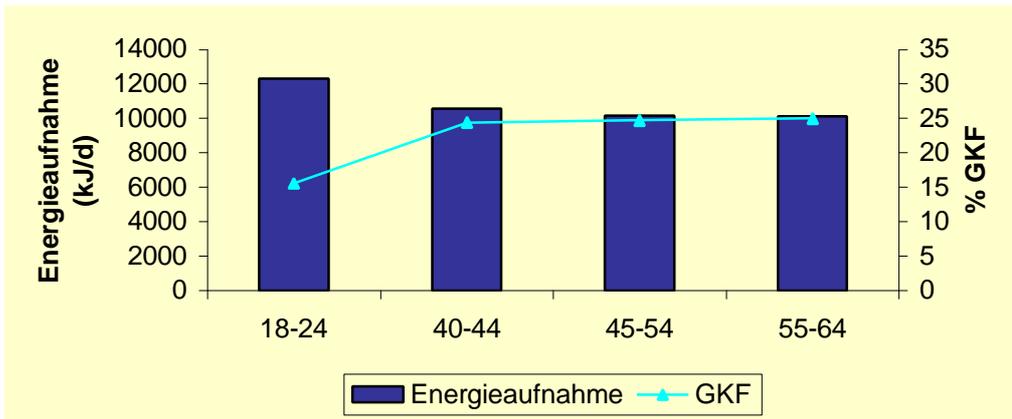


Abbildung 53: Medianwerte von Nahrungsenergieaufnahme und GKF bei Männern

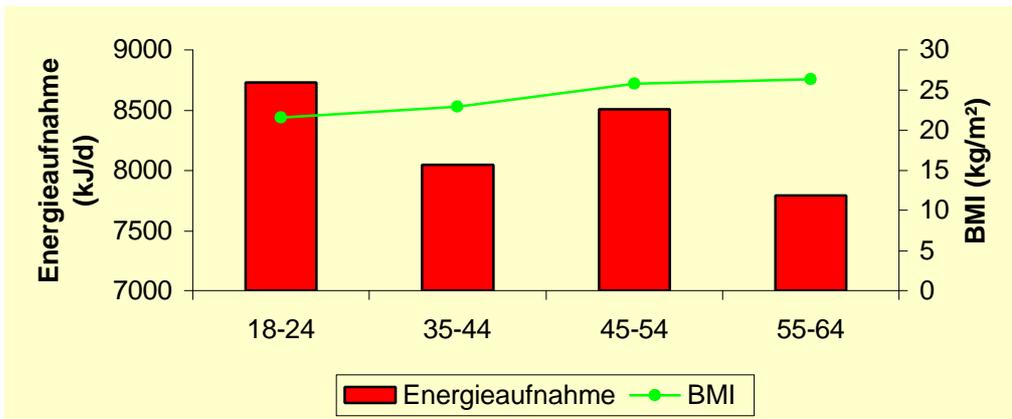


Abbildung 54: Medianwerte von Nahrungsenergieaufnahme und BMI bei Frauen

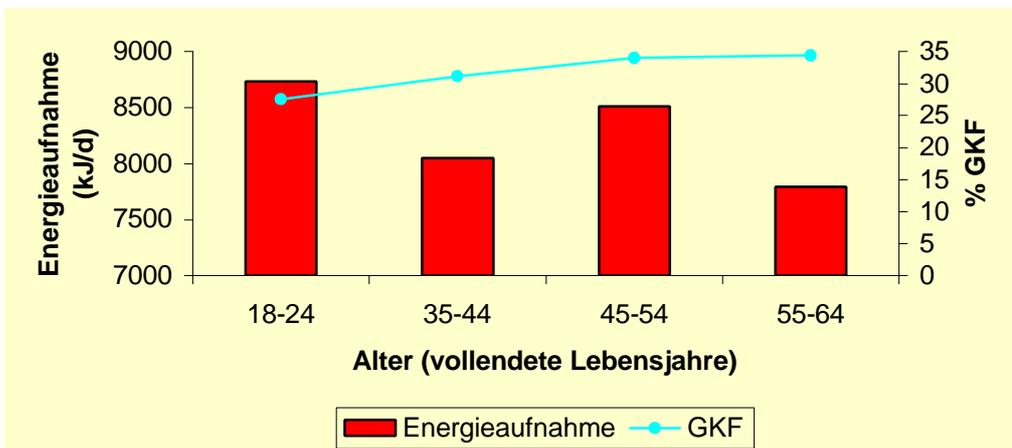


Abbildung 55: Medianwerte von Nahrungsenergieaufnahme und GKF bei Frauen

5. Diskussion

5.1. Körperbaumaße

Die untersuchten Körperbaumaße zeigen sowohl in ihren Dimensionen als auch in ihren Proportionen eine merkmalspezifische Geschlechts- und Altersvariabilität, die enorm sein kann. Die Ursachen für die vergleichsweise hohen altersspezifischen Veränderungen liegen bei den Ergebnissen einer Querschnittstudie - bei der gleichzeitig unterschiedlich alte Personen gemessen werden - in zwei verschiedenen Dimensionen, die sich überlagern und kaum trennen lassen (GREIL 1988). Die körperbaulichen Veränderungen werden zum einen von der individuellen Entwicklung bestimmt. Zum anderen zeigt der Trend der säkularen Akzeleration, wie Umweltfaktoren auf der Grundlage des vorhandenen genetischen Materials modifizierend auf Wachstum und Entwicklung des Körpers einwirken können (SOMMER 1986, KNUSSMANN 1996, FRICKE 1999).

5.1.1. Längenmaße

Längenmaße nehmen in der Individualentwicklung während des Wachstumsalters deutlich zu (GRIMM 1966, GREIL 1993). Der Abschluss des Längenwachstums wird bei GREIL (1993) beim weiblichen Geschlecht im Mittel mit knapp 19 Jahren und beim männlichen mit 21 bis 23 Jahren angegeben. Demnach war das Längenwachstum zum Zeitpunkt der Untersuchungen noch nicht bei allen untersuchten männlichen Studierenden abgeschlossen. Erst nach Erreichen der Körperendhöhe kommt es zu einer - im Vergleich zu den Wachstumsprozessen geringen - Abnahme der Längenmaße im Erwachsenenalter (GRIMM 1966, FLÜGEL et al. 1986 GREIL 1993). Wie die Ergebnisse verdeutlichen, sind die Längenmaße bei den Brandenburger Männern und Frauen bereits ab dem 3. Lebensjahrzehnt durch abnehmende Medianwerte im Altersverlauf charakterisiert (Abb. 8 und 9).

Die Abnahme der Längenmaße im Erwachsenenalter ist aus ontogenetischer Sicht in erster Linie auf das Schrumpfen der Zwischenwirbelscheiben und eine Veränderung der Körperhaltung im Alter zurückzuführen (KNUSSMANN 1996, GREIL 1997b). Die bereits erwähnte säkulare Akzeleration bewirkt im Querschnitt einen Summationseffekt. Die heute jungen Männer und Frauen sind, aufgrund einer höheren Körperlänge bei der Geburt und einer beschleunigten Längenwachstumsrate, größer als es die früheren Generationen in ihrer Jugend waren. Damit erscheint die Spanne zwischen den heute jungen und heute älteren Erwachsenen bei den Längenmaßen größer, als sie es durch die individuelle Entwicklung tatsächlich wäre (GREIL 1988).

Bei der untersuchten Stichprobe zeigt die Altersgruppe 45-54 Jahre bei einem Teil der Maße geringere Mittelwerte, im Vergleich zur darauffolgenden Altersgruppe, was scheinbar im Widerspruch zur allmählichen altersbedingten Abnahme der Längenmaße steht. Diese Entwicklung ist bei den Männern etwas deutlicher ausgeprägt, als bei den Frauen und charakterisiert die erste deutsche Nachkriegsgeneration. Die zum Zeitpunkt der Messungen (1995/96) im Durchschnitt 50 Jahre alten Menschen, erlebten in ihrer frühkindlichen Wachstumsphase einen Nahrungsmangel, den sie offenbar zeitlebens nicht ausgleichen

konnten. Dieses Phänomen ist bereits aus der Literatur bekannt und in anderen Querschnittstudien nachgewiesen (GREIL 1993, GREIL und MÖHR 1986, KNUSSMANN 1996). Interessanterweise wirkte sich die schlechte Ernährungssituation nicht auf die jetzige Körpermasse aus.

Auch die Proportionen von Körperstamm zu Extremitäten ändern sich im Altersverlauf (GREIL 1997b). Aufgrund der Veränderungen der Wirbelsäule wäre eine größere Abnahme der Rumpflängenmaße im Vergleich zu den Längenmaßen an den Extremitäten zu erwarten. Bei den untersuchten Männern und Frauen sind Darmbeinstachelhöhe und projektivische Beinlänge, Maße die nicht durch Veränderungen der Wirbelsäule determiniert sind, ebenso einer erkennbaren Abnahme im Erwachsenenalter unterlegen, wie beispielsweise Rumpf- oder Stammlänge. Die alterstypische Abnahme der Körperlängenmaße wird demnach nicht nur durch Veränderungen der Wirbelsäule hervorgerufen. Im Altersverlauf verkleinern sich die Fußgewölbe (KNUSSMANN 1996, GREIL 1997b). Weiterhin zeigt sich hier der Einfluss der säkularen Akzeleration, denn das säkulare Längenwachstum wirkt sich vor allem auf die Langknochen aus. Demzufolge hatte die heute ältere Generation schon in ihrer Jugend die kürzeren Beine (GREIL 1997b).

Der frühere Längenwachstumsabschluss im weiblichen Geschlecht trägt dazu bei, dass Frauen eine geringere Körperendhöhe als Männern aufweisen (KNUSSMANN 1996). Die Unterschiede liegen nach GREIL (1993) bei allen daraufhin untersuchten Populationen etwa bei 7% und nach GRIMM (1966) bei 10-12 cm. Die untersuchte Stichprobe lässt eine Körperhöhendifferenz zwischen dem männlichen und weiblichen Geschlecht in Abhängigkeit von der Altersgruppe von 6 bis 8% bzw. 11-14 cm erkennen (Abb. 8 und 9). Die Geschlechtsunterschiede in der Körperhöhe sind offenbar genetisch fixiert und haben tiefe evolutionsbiologisch verhaftete Ursachen (GREIL 1993). Die größere Körperhöhe im männlichen Geschlecht ist bei anderen Primaten, z.B. Gorillas eine Form der sexuellen Konkurrenz. Die größten und kräftigsten Männchen haben größere Chancen, sich mit einem geschlechtsreifen Weibchen zu paaren (SCHRÖDER 2000).

Frauen weisen zwar in der Körperhöhe und weiteren Längenmaßen kleinere Medianwerte auf, sie sind jedoch kein „verkleinertes männliches Modell“ (GREIL 1988). Die weiblichen Körperproportionen sind in der Regel durch einen längeren Rumpf in Relation zur Körperhöhe und relativ kürzere Extremitäten, sowie einen längeren Hals gekennzeichnet (FLÜGEL et al. 1986, GREIL 1988 und 1997b, KNUSSMANN 1996). Diese Proportionsunterschiede sind zwar bei den Brandenburger Männern und Frauen in der Tendenz vorhanden, aber nicht sehr klar ausgeprägt (Abb. 14 und 15).

5.1.2. Umfangs-, Breiten- und Tiefenmaße

Umfangs-, Breiten- und Tiefenmaße dienen zur Charakterisierung der Korpulenz eines Individuums. Sie bilden damit eine Brücke zu Körpermasse und Körperzusammensetzung (NORGAN 1991, KNUSSMANN 1996). Der theoretische und empirische Nutzen von Umfangsmaßen zur Einschätzung der Körperzusammensetzung wurde schon bei BEHNKE und

WILMORE (1974) festgestellt. In den vergangenen Jahren sind nur wenige Publikationen zu einigen ausgewählten Breiten-, Tiefen- und Umfangsmaßen zur anthropometrischen Charakterisierung von Bevölkerungsgruppen veröffentlicht worden (ROCHE et al. 1996). So sind einige Breiten- und Tiefenmaße zur Beschreibung von Körperbautypen unerlässlich, wie die Brustkorbbreite und -tiefe zur Bestimmung des Metrik-Indexes (FRISANCHO 1990, JOHNSEN 1993). Unter den Umfangsmaßen spielen Taillen- und Hüftumfang zur Einschätzung von Fettverteilungsmustern mit Hilfe des Taille-Hüfte-Indexes (HAUNER 1987), sowie der Oberarmumfang als Kriterium für Unterernährung (ROCHE et al. 1996, SEILER und STÄHELIN 1999) und als Marker für die Oberarmmuskelfläche (HEYMSFIELD 1982, FRISANCHO 1990) eine größere Rolle.

Nicht nur mit den Wachstumsvorgängen in Kindheit und Jugend, auch später im Erwachsenenalter nehmen Umfangs-, Breiten- und Tiefenmaße zu (KNUSSMANN 1996). Bei den Brandenburger Männern und Frauen ist der Trend der Zunahme der Umfänge, Breiten- und Tiefenmaße im Lauf des Erwachsenenalters in den Abbildungen 10-13 klar erkennbar. Dabei gehen die größten Veränderungen am Rumpf und hier vorwiegend bei den Tiefenmaßen, d.h. in der Sagittalebene, vor sich. Im Vergleich dazu verändern sich die Extremitätenumfänge, sowie die Skelettmaße biakromiale Schulterbreite, Knie- und Ellenbogenbreite bei beiden Geschlechtern im Alter kaum. Die Zunahme der Umfänge, Breiten und Tiefen steht mit der Zunahme der Körpermasse in einem engen Zusammenhang (KNUSSMANN 1996). Die Ergebnisse zur Körperzusammensetzung, insbesondere zur Hautfaltendickenmessung (Rumpfhautfalten) und dem daraus berechneten Gesamtkörperfettanteil, zeigen sowohl bei Männern, als auch bei Frauen einen ähnlichen Altersverlauf, wie die Rumpfumfänge (Abb. 23, 25, 32 und 34). Das führt zu dem Schluss, dass die Zunahme der Umfangsmaße auf einen Anstieg des Fettanteils zurückzuführen ist (KNUSSMANN 1996). Der starke Anstieg der Abdominaldurchmesser im Liegen und im Stehen, sowie des Taillenumfanges kennzeichnen indirekt die für das höhere Alter typische Fettanlagerung im Abdominalbereich. Das wird durch die Ergebnisse zum Fettverteilungs-Index und Taille-Hüfte-Index untermauert (Abb. 21, 22, Tab. 3). Nach KNUSSMANN (1996) ist das Auftreten eines „Bauches“ auch bei schlanken Menschen eine Folge der Senkung der Eingeweide wegen der Erschlaffung der Bauchdecke. Bei HAUNER (1999) ist die Zunahme des Fettgewebes am Körperstamm eindeutig altersbedingt. ROCHE et al. (1996) führen verschiedene Untersuchungen an, in denen ein signifikanter genetischer Einfluss auf die abdominale Fettgewebsspeicherung beschrieben wird. Dieser zeigt sich beispielsweise darin, dass bei einer Transplantation von Bauchhaut und dem dazugehörigen Fettgewebe auf den Handrücken in fortgeschrittenem Alter an dieser Stelle ein Fettpolster entsteht (KNUSSMANN 1996).

Die Veränderungen von Brustkorbbreite und Brustkorbtiefe von einem flachen Brustkorb im jungen Erwachsenenalter hin zu einem tonnenförmigeren Brustquerschnitt werden in erster Linie durch Veränderungen der Wirbelsäule determiniert (GRIMM 1966, KNUSSMANN 1996). Die beschriebenen Veränderungen sind in vollem Umfang altersbedingt. Bezüglich des säkularen Trends wurde in der Literatur bei GREIL (1988) ein Hinweis gefunden, der bei der

Bewertung von Umfangs-, Breiten- und Tiefenmaßen bedacht werden sollte. Während es bei Längenmaßen zu einem Summationseffekt kommt, würde ein säkularer Trend bei Umfängen, Breiten und Tiefen zunehmend sein und damit zu einer Unterschätzung der altersbedingten Zunahme dieser Maße führen.

Die Umfangs-, Breiten- und Tiefenmaße zeigen bei der untersuchten Stichprobe deutlich ausgeprägte Unterschiede zwischen den Geschlechtern (Abb. 16-19). Bezüglich der Absolutmaße wurden, in Übereinstimmung mit Ergebnissen von KNUSSMANN (1996), bei den Frauen geringfügig höhere Medianwerte beim Oberschenkelumfang und Hüftumfang gemessen (Abb. 10 und 12). Die relativen Umfangsmaße der unteren Extremitäten, einschließlich des Hüftumfanges, weisen bei den Frauen höhere Mittelwerte auf, einhergehend mit einer deutlich höheren subkutanen Fettschichtdicke (Hautfalten Oberschenkel und Wade, Abb. 27-28) verglichen mit den Männern. Das lässt auf eine typisch weibliche Fettverteilung in der Hüft- und Oberschenkelregion bei den untersuchten Frauen schließen. Die Ergebnisse zum Abdominaldurchmesser im Stehen (Abb. 13 und 19) sowie zum Taille-Hüfte-Index (Tab. 3) und zur Hautfaldendicke am Bauch (Abb. 25) sprechen aber dafür, dass bei den untersuchten Frauen mit zunehmendem Alter zusätzlich eine deutliche Fettakkumulation im Abdominalbereich stattfindet. Diese ist ausgeprägter als bei den untersuchten Männern, wie z.B. der höhere absolute und relative Abdominaldurchmesser im Stehen bei den älteren Frauen, sowie der höhere Anteil an Frauen, die nach dem Taille-Hüfte-Index zum abdominalen Fettverteilungstyp gezählt werden, zeigen. Dabei sollte auch die Körpermasse in Betracht gezogen werden, die bei den Frauen im gesamten untersuchten Altersbereich einem Aufwärtstrend folgt, während sie bei den Männern ab dem 55. Lebensjahr bereits abnimmt (Abb. 20). In einer Arbeit von KIRCHENGAST et al. (1997) wurde mittels DEXA bei Wiener Frauen eine Zunahme des androiden Fettanteils mit steigendem chronologischen Alter und in Abhängigkeit vom Menopausestatus (von fertil zu postmenopausal) nachgewiesen. Ein deutlicher Anstieg der Frauen mit einer androiden Fettverteilung zeigte sich bei diesen Untersuchungen auch mit steigendem Body-Mass-Index. Abschließend sei auf die zusätzlichen Gesundheitsrisiken beim Auftreten einer androiden Fettverteilung hingewiesen, die ausführlich im Kapitel 5.2.2.1. besprochen werden.

Das Fettgewebe lagert sich bei Frauen im fortgeschrittenen Alter auch vermehrt an der Brust ab, was sich bei den Brandenburger Frauen in einem höheren relativen horizontalen Brustumfang zeigt. Im Gegensatz dazu sind weitere Maße, die die Robustizität des Brustkorbes charakterisieren, bei den Männern relativ größer. Frauen haben allgemein ein grazileres Skelett, das zeigen die absolut und relativ niedrigeren Mittelwerte der Kniebreite, Ellenbogenbreite und Schulterbreite. FLÜGEL et al. (1986), GREIL (1988) und KNUSSMANN (1996) kamen zu ähnlichen Ergebnissen.

5.2. Körperzusammensetzung

Die Körperzusammensetzung reagiert auf veränderte Umweltbedingungen ebenso, wie die Körperbaumaße. Da sich die Einflüsse anders auswirken und schneller zeigen, wird in diesem Zusammenhang nicht von säkularer Akzeleration gesprochen. Die veränderten Umweltfaktoren äußern sich in der westeuropäischen Wohlstandsgesellschaft in erster Linie in einer Wandlung des Ernährungsverhaltens und einer Abnahme der körperlichen Aktivität im Alltag. Dadurch haben sich die wesentlichen Parameter des Ernährungszustandes verschoben: Die Energieaufnahme ist gestiegen, der Energiebedarf gesunken. Daraus resultiert eine Zunahme der Adipositas in großen Teilen unserer Bevölkerung (HEBEBRANDT et al. 1994, KLIPSTEIN-GROBUSCH et al. 1995), die gesundheitspolitisch einen enormen Kostenfaktor darstellt (MARTIN 1996, SCHNEIDER 1996). Schon aus diesem Grund ist eine Erfassung des aktuellen Ernährungszustandes der Bevölkerung von großer Bedeutung. Hier beginnen die Probleme bereits bei den Bewertungskriterien für Über-, Normal- und Untergewicht, die in der Fachliteratur unterschiedlich definiert werden (BERGMANN 1985, JOHNSEN und SCHOLZ 1989, HEBEBRANDT et al. 1994, GREIL 1998, COLE et al. 2000). Um den Ernährungszustand einer Bevölkerung zu erfassen, reicht die Körpermasse allein nicht aus und auch Indizes, die verschiedene Parameter wie Körperhöhe, Geschlecht oder Alter berücksichtigen, stoßen an ihre Grenzen (FIDANZA 1991, LOHMANN 1992). Entscheidend für den Ernährungs- und Gesundheitszustand ist in erster Linie die Frage, aus welchen Komponenten sich die Körpermasse zusammensetzt. Eine hohe Körpermasse kann eine stark entwickelte Muskulatur, eine hohe Skelettrobustizität oder einen vermehrten Körperfettanteil zur Ursache haben. Davon ist nur ein hoher Körperfettanteil und hier insbesondere ein androides Verteilungsmuster als gesundheitsgefährdend einzustufen (WOLFRAM 1980, HAUNER 1999, Deutsche Gesellschaft für Ernährung 2000). Es ist demzufolge zur Untersuchung großer Stichproben ein methodisches Instrumentarium nötig, das die Zusammensetzung des Körpers, besonders den GKF, ausreichend genau und ohne labortechnischen Aufwand bestimmt.

Der evolutionär vorhandene Mechanismus des Körpers, bei verringerter Nahrungszufuhr die Effizienz der Energieverwertung zu erhöhen, macht die Bekämpfung eines einmal vorhandenen Übergewichts sehr schwer. Daher ist es wichtig, im Rahmen einer guten Prophylaxe, Risikogruppen für Adipositas rechtzeitig zu erkennen (BERGMANN 1985).

5.2.1. Körpermasse

Die Körpermasse dient als der einfachste Parameter zur Beschreibung des Ernährungszustandes eines Menschen (FISCHER und LEMBKE 1991, GREIL 1998).

Die Schwierigkeiten bei der Einschätzung der Körpermasse beginnen mit der Definition der Begriffe „Normalgewicht“ „Optimalgewicht“ und „Idealgewicht“. Das Normalgewicht wird nach GREIL (1998) populationspezifisch definiert als *„mittlere alters- und geschlechtsspezifische Körpermasse der deutschen Bevölkerung in Bezug auf die Körperhöhe und den Körperbautyp“*. „Optimalgewicht“ und „Idealgewicht“ werden häufig synonym verwandt und es wird im allgemeinen darunter die „gesündeste“ Körpermasse verstanden, wobei als Kriterium

für Gesundsein die höchste Lebenserwartung herangezogen wird (GREIL 1998). Bei der Betrachtung des Idealgewichts stellt sich die einfache Frage: „Ideal wofür?“. Soll es für das subjektive Wohlbefinden, den Zeitgeschmack, die Leistungsfähigkeit oder die soziale Akzeptanz ideal sein (BERGMANN et al. 1989)? Aktuelle Daten über die Zusammenhänge von Lebenserwartung und Körpermasse in Abhängigkeit verschiedener Faktoren liegen für die Bundesrepublik nicht vor und machen somit die Bestimmung eines hypothetischen Idealgewichtes unmöglich (BERGMANN et al. 1989, GREIL 1998).

Die Körpermasse nimmt in Deutschland und anderen Industrieländern, auch außereuropäischen Bevölkerungen (FRISANCHO 1990), mit zunehmendem Erwachsenenalter im Mittelwert zu (ROLLAND-CACHERA et al. 1991, GREIL und MÖHR 1996, HAUNER 1999). Das hängt einerseits mit dem ontogenetischen Verlauf der Körpermasse im Erwachsenenalter zusammen. Wie Tabelle VI erkennen lässt und Ergebnisse von BERGMANN et al. (1989), GREIL (1998) und FRISANCHO (1990) bestätigen, nehmen auch leichte (P_{10}) und sehr leichte (P_3) Männer und Frauen im Alter an Körpermasse zu. Andererseits nimmt der Grad an Übergewichtigkeit zu, was sich unter anderem in einer schiefen Verteilung der Körpermassenpercentile äußert. Die Spannweite vom Medianwert zum 97. Perzentil ist bei der untersuchten Stichprobe in allen Altersgruppen höher (Ausnahme Männer 45-54 Jahre) als diejenige vom Medianwert zum 3. Perzentil. Vergleichbare Ergebnisse fanden GREIL (1998) und FRISANCHO (1990) für die Körpermasse, sowie HEBEBRANDT et al. (1994) und BERGMANN et al. (1989) für den BMI.

Die Brandenburger Männer und Frauen lassen im Altersgang einen Anstieg der Körpermasse erkennen, der geschlechtsspezifisch verläuft. Die Veränderungen im Alter sind bis zum 55. Lebensjahr mit den für die neuen deutschen Bundesländer repräsentativen Daten von GREIL (1988) vergleichbar. FRISANCHO (1990) fand für die amerikanische Bevölkerung einen ähnlichen Altersverlauf. In der Querschnittstudie von GREIL (1988, 1998) werden die höchsten Durchschnittswerte zur Körpermasse beim männlichen Geschlecht mit 40-45 Jahren und beim weiblichen mit 50-55 Jahren erreicht. Die Brandenburger Stichprobe zeigt bei den Männern zwar erst in der Altersgruppe 45-54 Jahre die höchsten Mittelwerte, aber bis zum 45. Lebensjahr den steilsten Anstieg. Auch bei den untersuchten Frauen liegt die Zuwachsrate der Körpermasse zwischen den Altersgruppen 35-44 Jahre und 45-54 Jahre am höchsten. Dieser starke Anstieg der Körpermasse der Frauen ist für den Beginn der Menopause kennzeichnend, der im Mittel bei etwa 50 Jahren liegt (JAEGER 1998). An dieser Stelle sei nochmals auf die bei Männern und Frauen unterschiedliche Entwicklung der Körpermasse nach dem 55. Lebensjahr hingewiesen. Während bei den untersuchten Männern im Einklang mit den Ergebnissen von GREIL (1988, 1998) eine leichte Abnahme in der Altersgruppe 55-64 Jahre den Beginn des Greisenalters ankündigt, steigt die Körpermasse bei den Brandenburger Frauen bis zum 65. Lebensjahr weiter an. Damit haben ältere Frauen ein höheres Übergewichtsrisiko als jüngere Frauen und als Männer gleichen Alters. Zur Entwicklung nach dem 65. Lebensjahr kann bezüglich der untersuchten Stichprobe keine Aussage getroffen werden, andere Studien weisen jedoch auf ein allmähliches Absinken der

Körpermasse ab der 6. Lebensdekade hin (FRISANCHO 1990, ROLLAND-CACHERA 1991, HAUNER 1999). Für die Abnahme der Körpermasse im Greisenalter ist möglicherweise die höhere Sterblichkeit von Übergewichtigen verantwortlich (GREIL 1998, HAUNER 1999). Eine starke individuelle Gewichtsabnahme, die mit der altersbedingten Abnahme der Kalorienzufuhr zusammenhängt, würde jedoch genauso zur Verringerung der mittleren Körpermasse im höheren Erwachsenenalter führen (GREIL 1998, SEILER und STÄHELIN 1999). Vermutlich finden beide Prozesse statt.

5.2.2. Gesamtkörperfett und Magermasse

5.2.2.1. Indizes zur Einschätzung von Körpermasse und Gesamtkörperfett

In der Fachwelt herrscht darüber Einigkeit, dass die Körpermasse in Relation zur Körperhöhe eine präzisere Beurteilung ermöglicht als die Körpermasse allein (FIDANZA 1991, SCHUTZ 1999). Hier hat sich der Body-Mass-Index (Körpermasse/Körperhöhe²) gegenüber dem Zentimetergewicht (Körpermasse/Körperhöhe) oder Rohrer-Index (Körpermasse/Körperhöhe³) international durchgesetzt (GREIL und ROTHER 1988, FIDANZA 1991, ROLLAND-CACHERA et al. 1991, LOHMANN 1992, HEBEBRANDT et al. 1994, HAUNER 1999). Er drückt die komplexen Beziehungen zwischen Körperhöhe und Körpermasse durch die Quadrierung der Körperhöhe im Nenner am besten aus und zeigt die höchste Korrelation zum Gesamtkörperfett (BERGMANN 1985, FIDANZA 1991, JONES und NORGAN 1994). Die Korrelationskoeffizienten zwischen dem GKF und dem BMI werden in der Literatur mit $r = 0,7$ bis $0,8$ angegeben (NORGAN 1991, LOHMANN 1992, ABERNATHY und BLACK 1997, HAUNER 1999). Allerdings ermöglicht der BMI keine direkte Aussage zur Körperzusammensetzung (LOHMANN 1992, GREIL 1993, JONES und NORGAN 1994, SCHUTZ 1999). Ein Mensch mit einem hohen Skelett- oder Muskelanteil kann einen BMI haben, der ihn in den Bereich des Übergewichts eingruppiert, dabei muss er keinen erhöhten Fettanteil aufweisen. Ebenso werden Personen mit einem graziolen Skelett oder wenig Muskulatur in ihrem Fettanteil oft unterschätzt (LOHMANN 1992). Schon im Normalbereich des BMI ($18,5$ - 25 kg/m^2) ist der Körperfettanteil nach SCHUTZ (1999) großen interindividuellen Schwankungen unterworfen. In einer Arbeit von HOFFMANN et al. (1985) werden 20 „idealgewichtige“ Männer und Frauen vorgestellt, deren BMI von $19,2$ - $21,6$ kg/m^2 (Frauen) bzw. $19,9$ - $24,1$ kg/m^2 (Männer) schwankt, deren GKF jedoch zwischen 22% und 28% (Frauen) sowie 11% und 23% (Männer) liegt. Dabei haben die Personen mit dem geringsten BMI keineswegs die geringste Fettmasse. Aus Sicht der Autorin kann daher der BMI zur Einschätzung des Ernährungszustandes nicht ausreichen.

Aus vielen epidemiologischen Studien sind jedoch oft nur Körpermasse und Körperhöhe bekannt (GREIL 1997a). Daher ist es durchaus wichtig, auf dieser Basis Kriterien zur Beurteilung von Unter-, Normal- und Übergewicht zu haben. In den vergangenen Jahren hat sich eine pauschale Einteilung des BMI nach den Richtlinien der WHO etabliert (siehe Tab. 2), die international Anwendung findet (KLIPSTEIN-GROBUSCH et al. 1995, ABERNATHY und BLACK 1997, SCHUTZ 1999). Eine zweite Gruppe von Wissenschaftlern setzt sich jedoch

verstärkt für die Anwendung alters- und geschlechtsspezifischer BMI-Perzentilwerte ein (BERGMANN et al. 1989, FRISANCHO 1990, ROLLAND-CACHERA et al. 1991, HEBEBRANDT et al. 1994, COLE et al. 2000). Bei der erstgenannten Einteilung ist zwar der internationale Vergleich der Daten möglich, es bleiben aber Alter und Geschlecht unberücksichtigt. Ein Blick auf die vorliegenden Ergebnisse zeigt, dass allein die Differenz zwischen den Geschlechtern abhängig von der Altersgruppe bei 0,4-3,0 kg/m² liegt (Abb. 21, 22, Tab. VI). Im Altersgang nimmt der BMI der untersuchten Männer um 3,9 kg/m² und der Frauen um 4,8 kg/m² zu (Abb. 21, 22). Auch die Einteilung der Brandenburger Männer und Frauen nach den Grenzwerten der WHO wurde nach Altersgruppen vorgenommen und lässt deutlich erkennen, dass mit wachsendem Alter der Anteil der Personen mit einem BMI über 25,0 kg/m² (BMI > 25 kg/m² = Übergewicht) zunimmt (Tab. 2). Damit liegt eine deutliche Alters- und Geschlechtsabhängigkeit des BMI vor (BERGMANN et al. 1989, GREIL 1993). In verschiedenen Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass mit zunehmendem Alter ein höherer BMI mit einer geringeren Mortalität verbunden ist (BERGMANN et al. 1989, Deutsche Gesellschaft für Ernährung 1995, ABERNATHY und BLACK 1997). Die Anwendung von Perzentilen lässt als Streitpunkt offen, welche Perzentile als Grenzwerte herangezogen werden sollen. So wird bei HEBEBRANDT et al. (1994) oder BARLOW und DIETZ (1998) (zit. nach COLE et al. 2000) das 85. bzw. 95. Perzentil des BMI als Grenze für Adipositas bzw. ausgeprägte Adipositas angewandt. Bei anderen Autoren (ROLLAND-CACHERA 1991, KROMEYER-HAUSCHILD et al. 1999) und auch in der vorliegenden Arbeit werden das 3. bzw. 10. Perzentil zur Abgrenzung von extremem Untergewicht bzw. Untergewicht und das 97. bzw. 90. Perzentil als Grenze zu extremem Übergewicht bzw. Übergewicht angegeben. Ein weiterer Kritikpunkt besteht darin, dass bei der Anwendung von Perzentilreihen davon ausgegangen wird, dass der Medianwert der untersuchten Stichprobe die Norm bzw. das gesunde Mittel darstellt. Per Definition sind dann immer die oberen und unteren 3% dieser Stichprobe stark, sowie die oberen und unteren 10% über- bzw. untergewichtsgefährdet. Wie die eigenen Ergebnisse zeigen, sind Perzentile bei relativ geringer Besetzung der einzelnen Gruppen nur bedingt anwendbar (Tab. VI).

Aufgrund der ausgeprägten Alters- und Geschlechtsabhängigkeit des BMI erscheinen alters- und geschlechtsspezifische Perzentilwerte als sinnvolle Alternative zu den festen Grenzen nach der WHO. Auf dieser Grundlage ist es gut möglich, praxisrelevante Nomogramme oder Tabellen zu entwickeln. Diese können jedoch nur nationale Gültigkeit besitzen und sollten auf der Grundlage einer für die jeweilige Bevölkerung repräsentativen Erhebung, die eine exakte Messung von Körpermasse und Körperhöhe einschließt, erstellt werden.

Der BMI der untersuchten Stichprobe zeigt im Mittel einen mit der Körpermasse und den Ergebnissen aus der Hautfaltendickemessung gut vergleichbaren Altersgang (Abb. 20, 23-26). Bei den untersuchten Frauen bleibt der BMI im gesamten Altersbereich unter den Medianwerten des BMI der Männer, anders als bei GREIL (1993), wo der BMI bei den Frauen länger und steiler zunimmt und etwa ab dem 55. Lebensjahr die Medianwerte der Männer überschreitet. Der BMI steigt bei den Brandenburger Frauen - im Gegensatz zu den Männern - bis zur

ältesten untersuchten Gruppe an. Während die Medianwerte bei GREIL (1993) beim männlichen Geschlecht ab dem 50. Lebensjahr und beim weiblichen Geschlecht ab dem 60. Lebensjahr wieder sinken, zeigt der BMI bei ROLLAND-CACHERA und Mitarbeitern (1991), die Perzentilkurven für die französische Bevölkerung vorstellen, ein Maximum bei Frauen mit 60-65 Jahren und bei Männern erst mit 65-69 Jahren. Erst im hohen Alter sinkt der BMI der Franzosen im Mittel allmählich ab.

Der in Tabelle 2 nach den WHO-Richtlinien angegebene Anteil von 45,3% aller untersuchten Männer als übergewichtig und 10,0% als stark übergewichtig oder adipös sowie 27,3% aller Frauen als übergewichtig und 14,3% als stark übergewichtig, ist erschreckend hoch. Nach KLIPSTEIN-GROBUSCH et al. (1995) ist die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas in der Brandenburger Bevölkerung noch ausgeprägter: 54,3% der Männer wurden nach denselben Bewertungskriterien als übergewichtig und 17,4% als stark übergewichtig bzw. adipös sowie 34,1% der Frauen als übergewichtig und 16,1% als adipös eingestuft.

Unter den Indizes findet der Broca-Index heute noch in der medizinischen Praxis Anwendung, auch wenn er immer seltener benutzt wird (BERGMANN 1985, JOHNSEN und SCHOLZ 1989, HAUNER 1999). Besonders bei sehr großen und kleinen Menschen stößt der Broca-Index an seine Grenzen und führt zu Verzerrungen, da mit zunehmender Körperhöhe zuviel Körpermasse als normal eingeschätzt wird und umgekehrt (GREIL 1993, HAUNER 1999). Im Durchschnitt sind Menschen mit einer geringen Körperhöhe eher pyknomorph gebaut und haben damit eine höhere Körpermasse und große Menschen tendieren zur Schlankwüchsigkeit (Leptomorphie) (JOHNSEN 1993, GREIL 1997). Damit negiert das nach diesem Index empfohlene „Normalgewicht“ die natürlichen körperbaulichen Wuchstendenzen völlig.

Die eigenen Ergebnisse zum Broca-Index zeigen eine Abnahme des „Normalgewichtes“ im Alter, da sich der Broca-Index wie die Körperhöhe verändert (Abb. 21, 22). So liegt das „Broca-Normalgewicht“ bei jungen Frauen bei 67,8 kg (im Vergleich: Medianwert der Körpermasse 59,3 kg) und bei älteren Frauen bei 62,3 kg (Medianwert der Körpermasse 70,2 kg). Bei den Männern sind die Diskrepanzen etwas geringer. Das „Normalgewicht“ nach dem Broca-Index liegt bei 18-24 Jahre alten Männern bei 79,6 kg (Medianwert der Körpermasse 74,3 kg) und bei 55-64 Jahre alten Männern bei 73,5 kg (Medianwert der Körpermasse 80,8 kg). Damit wird älteren Menschen - entgegen der natürlichen Altersentwicklung der Körpermasse - eine geringere Körpermasse als jüngeren empfohlen.

Der Broca-Index sollte nicht einmal als grobe Richtlinie zur Beurteilung des Ernährungszustandes herangezogen werden. Er bietet gegenüber dem BMI, der ebenso auf der Grundlage von Körpermasse und Körperhöhe arbeitet, keinerlei Vorteile und wird vermutlich nur noch aus traditionellen Vorstellungen und aufgrund einer „einfachen“ Berechnung angewandt.

Der Fettleibigkeits-Index nach Abdel-Malek et al. (1985) schätzt, unter Nutzung von Ergebnissen aus Hautfaltendickenmessungen und Densitometrie, auf der Grundlage von Körpermasse

und Körperhöhe den Gesamtkörperfettanteil ein. Er wird international verhältnismäßig selten angewandt, obwohl er nach KNUSSMANN (1988) die bestmögliche Schätzung des GKF auf der Grundlage von Körpermasse und Körperhöhe darstellt. Nach Abdel-Malek et al. (1985) liegen die Korrelationskoeffizienten zwischen dem Index und dem densitometrisch bestimmten GKF für erwachsene Männer und Frauen jeweils bei 0,75.

Zur Verdeutlichung der Zusammenhänge zwischen Fettleibigkeits-Index, Body-Mass-Index und GKF nach BIA oder Hautfalten werden die Abbildungen 21, 22 und 32-35 miteinander verglichen. Der Fettleibigkeits-Index zeigt bei den Brandenburger Männern im Altersverlauf mehr Ähnlichkeit mit dem BMI als mit dem GKF nach BIA oder Hautfaltendickenmessung. Die 18-24 Jahre alten Männer haben trotz relativ hohem BMI mit Abstand die geringste Fettmasse - nach BIA und Hautfaltendickenmessung - was mit einer vergleichsweise hohen sportlichen Aktivität in jungen Jahren erklärt werden kann. Das bestätigt, dass der Fettleibigkeits-Index mit steigender Höhe an Körpermasse, unabhängig von der Körperzusammensetzung, einen höheren GKF berechnet. Bei den Frauen fällt nicht nur die Ähnlichkeit der Kurven von Fettleibigkeits-Index und BMI auf, auch der aus Hautfaltendickenmessungen bestimmte Fettanteil zeigt einen vergleichbaren Altersgang. Insgesamt liegen die Differenzen an GKF nach dem Fettleibigkeits-Index im Vergleich zur BIA oder Hautfaltendickenmessung im Mittel in einer Größenordnung, die als akzeptabel eingeschätzt wird. Man denke im Vergleich dazu an die Unterschiede an GKF, die allein bei der Anwendung verschiedener Impedanzgleichungen auftreten (Abb. 34, 35).

Der Fettleibigkeits-Index liefert unter der Annahme, dass mit steigender Körpermasse auch die Fettmasse steigt, eine gute Schätzung des GKF. Für alle Personen eines Geschlechts, aber gleicher Körpermasse und Körperhöhe, wird mit dem Fettleibigkeits-Index zwangsläufig derselbe GKF berechnet. Damit kann nicht unterschieden werden, ob beispielsweise eine hohe Körpermasse durch eine starke Muskulatur bedingt ist oder durch einen ausgeprägten Fettanteil. Hier liegt, ebenso wie beim BMI, die Schwäche dieses Indexes (FIDANZA 1991).

Neben der Quantität an Körperfett kann auch der Ort der Fettablagerung ein separates und additives Gesundheitsrisiko darstellen (HAUNER 1987, NORGAN 1991, FIDANZA 1991, SPIRDUSO 1995, ROCHE et al. 1996, HORBER et al. 1997). Stoffwechseluntersuchungen an isolierten menschlichen Fettzellen (Adipozyten) haben gezeigt, dass abdominelle Fettzellen metabolisch erheblich aktiver sind als periphere, was zu einer Erhöhung der zirkulierenden freien Fettsäuren und anderen Veränderungen führt (HAUNER 1987, HORBER et al. 1997). Seitdem nachweislich bekannt ist, dass ein androides oder abdominelles Fettverteilungsmuster eng mit Glukose- und Fettstoffwechselstörungen und kardiovaskulären Risiken vergesellschaftet ist, wird der Taille-Hüfte-Index zur Einschätzung dieses Risikos herangezogen (BERGMANN 1985, DESPRÉS et al. 1991, NORGAN 1991, HAUNER 1999). Nach neueren Untersuchungen von LEAN et al. (1995) (zit. nach HAUNER 1999) schätzt der Taillenumfang allein die viszeralen Fettdepots besser ein. Nach NORGAN (1991) ist das Verhältnis von Taillen- zu Oberschenkelumfang ein alternativer Index, der bei Frauen die abdominelle

Fettverteilung genauer bestimmt. KAHN et al. (1996) favorisieren neben dem Verhältnis von Taillen- zu Oberschenkelumfang den Abdominal-Diameter-Index (Abdominaldurchmesser im Liegen/mittleren Oberschenkelumfang). Es gibt demzufolge neben dem Taille-Hüfte-Index weitere Möglichkeiten, die Art der Fettverteilung auf anthropometrischem Weg zu bestimmen. Die genauesten Methoden zur Erfassung der Fettgewebsverteilung stellen Computertomographie und DEXA dar, deren Anwendung jedoch auf wissenschaftliche Fragestellungen begrenzt ist (KIRCHENGAST 1997, HAUNER 1999).

Verschiedene Untersuchungen zeigen die hohe prospektivische Bedeutung der Fettverteilung (KROTKIEWSKI et al. 1983, DESPRÈS et al. 1991). So nahm nach Ergebnissen von KISSEBAH et al. (1982) (zit. nach HAUNER 1987) bei Frauen mit steigendem Taille-Hüfte-Index das Risiko, einen manifesten Diabetes zu entwickeln, linear zu. Das Fettverteilungsmuster spielte bei den Untersuchungen von KISSEBAH et al. (1982) eine größere Rolle als der Grad des Übergewichts. Nach HAUNER (1999) ist erst bei einem BMI > 35 kg/m² das Komplikationsrisiko unabhängig von der Verteilung des Fettgewebes immer erhöht.

Bei Frauen lagert sich das Fettgewebe im allgemeinen stärker an den Oberschenkeln und der Hüfte ab (gynoider oder gluteal-femorale Typ), bei Männern ist die abdominelle Fettverteilung häufiger. Bei generell zunehmendem GKF besteht der Trend zum abdominalen Fettverteilungsmuster, auch sind Abweichungen von diesem Muster nicht selten (HAUNER 1987). Männer haben damit zwar von Natur aus eine höhere Disposition zur abdominalen Fettverteilung, die Ergebnisse an den Brandenburger Männern und Frauen zeigen jedoch bei den Frauen eine höhere Prävalenz des abdominalen Fettverteilungstyps mit knapp 23% im Gegensatz zu den Männern mit 13% (Tab. 3). Damit werden die bei den Umfangs-, Breiten- und Tiefenmaßen gefundenen Ergebnisse bestätigt. Die untersuchten älteren Frauen sind demnach nicht nur von der Entwicklung ihrer Körpermasse her, sondern auch bezüglich ihrer Fettgewebsverteilung stärker gesundheitsgefährdet.

Der Taille-Hüfte-Index ist altersabhängig, was sich nicht nur in einem Anstieg des Anteils der Männer und Frauen mit einer abdominalen Fettverteilung im Erwachsenenalter, sondern auch in einer Zunahme seiner Medianwerte widerspiegelt (Abb. 21, 22, Tab. 3).

Abschließend kann festgestellt werden, dass gerade bei einem moderaten Übergewicht die Fettverteilung als zusätzlicher Risikofaktor auftritt und deshalb sowohl in der medizinischen Praxis, als auch in epidemiologischen Studien berücksichtigt werden sollte (HAUNER 1999). Der Taille-Hüfte-Index stellt eine gute Möglichkeit dar, in Felduntersuchungen die Fettgewebsverteilung zu erfassen.

Der in der vorliegenden Arbeit vorgestellte Fettverteilungs-Index zielt ebenso auf die Verteilung des Fettgewebes ab. Er misst jedoch auch am Rumpf nur das subkutane und nicht das viszerale Fett (LOHMANN 1992). Im Alter bestätigt die deutliche Abnahme des Indexes bei beiden Geschlechtern die schon mit der Hautfaltendickenmessung und dem Taille-Hüfte-Index gewonnenen Ergebnisse einer starken Zunahme des Fettgewebes am Rumpf (Abb. 21-22).

Bei den Brandenburger Frauen ist diese Zunahme intensiver. Allgemein ist das Fettverteilungsmuster der Männer schon im jungen Erwachsenenalter körperstammbetonter als bei den Frauen.

Weitere Untersuchungen wären nötig, um einschätzen zu können, inwiefern die Verteilung von zentralem zu peripherem Unterhautfettgewebe das Risiko für Herz-Kreislaferkrankungen und Stoffwechselstörungen erhöht.

5.2.2.2. Mittlere Fettschichtdicke und Hautfaltendicken

Die Ergebnisse zu den einzelnen Hautfalten sind nicht Hauptschwerpunkt der Diskussion. Daher wird auf einen ausführlichen Literaturvergleich verzichtet.

Die eigenen Untersuchungen zeigen beim männlichen Geschlecht vor allem bei den Hautfalten am Rumpf und der mittleren Fettschichtdicke einen vergleichbaren Altersverlauf zur Körpermasse und zum BMI (Abb. 20-24). Die mittlere Fettschichtdicke und einige Hautfaltendicken nehmen sogar bis zum 65. Lebensjahr zu, was mit der Zunahme des Fettanteils selbst bei gleichbleibender Körpermasse im höheren Lebensalter erklärbar ist (SCHUTZ 1999). Auch bei den Frauen (außer Hautfalte „Wade“) lassen die Hautfalten und die mittlere Fettschichtdicke im Trend eine Zunahme im gesamten untersuchten Altersbereich erkennen (Abb. 25, 26). Die bei beiden Geschlechtern auffallende Abnahme der Hautfalte „Wade“ mit zunehmendem Alter lässt sich möglicherweise durch eine Umverteilung des Körperfettes in Richtung Rumpf bei älteren Menschen erklären. Die Hautfalte „Oberschenkel“ zeigt bei den Männern ab dem 45. und bei Frauen ab dem 55. Lebensjahr ebenso eine Abnahme ihrer Mittelwerte. HORBER et al. (1997) fanden eine sehr ähnliche Fettumverteilung im Alter mit einer Zunahme der Fettmasse am Rumpf und den Armen, aber nicht an den unteren Extremitäten.

Die subkutane Fettschichtdicke zeigt nicht nur den deutlich höheren Fettanteil im weiblichen Geschlecht, sondern macht auch auf die andere Art der Fettverteilung aufmerksam (Abb. 27, 28). Frauen haben nicht nur an den unteren, sondern auch an den oberen Extremitäten (Hautfalte Bizeps, Trizeps) eine deutlich stärkere Hautfaltendicke, was bereits bei den Umfangsmessungen und dem Fettverteilungs-Index zum Ausdruck kam.

5.2.2.3. Resistance und Reactance

Die Ergebnisse zur Resistance und Reactance der Brandenburger Männer und Frauen kennzeichnen die Abnahme beider Widerstände im Alter (Abb. 29). Die Resistance verhält sich indirekt proportional zum Gesamtkörperwasser und damit zur Magermasse (HINGHOFER-SZALKAY 1989, FISCHER und LEMBCKE 1991). Die fehlende Übereinstimmung der Kurven von Magermasse und Resistance bei der untersuchten Stichprobe ist darauf zurückzuführen, dass es sich bei der in Abb. 39-40 angegebenen Magermasse um einen prozentualen Anteil an der Körpermasse handelt und nicht um die in Kilogramm gemessene Magermasse. Weiterhin hängt die Resistance stark von der Körperhöhe ab, weshalb in der Fachliteratur der sogenannte Resistance-Index ($\text{Körperhöhe}^2/\text{Resistance}$) gern zur Beurteilung der Magermasse

benutzt wird (KUSHNER 1992, HEYWARD und STOLARCZYK 1996, MALPRICHT und BÖTTCHER 1997).

Die Reactance ist aufgrund ihrer kapazitiven Eigenschaften ein Maß für die Körperzellmasse, da die Zellmembran jeder Zelle wie ein kleiner Kondensator wirkt (HEITMANN 1994, STROH 1995). Die Zellmasse ist, neben der extrazellulären Masse, nur ein Anteil der Magermasse. Insofern trägt die Reactance nur indirekt zur Bestimmung der Magermasse bei. Ähnliche Untersuchungen zur Altersabhängigkeit der bei der BIA direkt gemessenen Größen Resistance und Reactance wurden in der Literatur nicht gefunden.

Resistance und Reactance liegen beim weiblichen Geschlecht im Mittel höher als beim männlichen (Abb. 30, 31). Da sich die Resistance indirekt proportional zur Magermasse verhält, ist das ein Ausdruck für die geringere Magermasse der Frauen gegenüber den Männern (MALPRICHT und BÖTTCHER 1997).

5.2.2.4. Diskussion zum Methodenvergleich aus der Hautfaltendickenmessung

Zu Beginn sollen einige methodische Aspekte zu potentiell möglichen Fehlern bei der Hautfaltendickenmessung diskutiert werden.

- **Inter-Untersucher-Variabilität:** Bei Hautfaltendickenmessungen gilt die große Messungenauigkeit beim Einsatz verschiedener Untersucher als Hauptfehlerquelle (z.B. EDWARDS et al. 1955, BURKINSHAW et al. 1973, HEITMANN 1990b, FISCHER und LEMBCKE 1991, HEYWARD und STOLARCZYK 1996). Aus diesem Grund wird die Hautfaltendickenmessung oft zu Unrecht als nicht ausreichend genau bezeichnet (PUCHSTEIN et al. 1989, FISCHER und LEMBCKE 1991, LEWELING 1991). Für wissenschaftliche Fragestellungen wird gefordert, dass die Messungen von nur einer Person und möglichst mit einer Wiederholungsmessung durchgeführt werden (KNUSSMANN 1988, STROH 1995). Alle gemessenen Hautfalten wurden deshalb von der Autorin bestimmt und sind jeweils aus dem Mittelwert von drei Messungen entstanden. Der zusätzlich durchgeführte Vergleich der Messergebnisse von zwei geschulten Untersucherinnen (Kapitel 4.2.2.4.), die aufgrund ihres geringen Umfanges lediglich einen Trend angeben können, bringen eines deutlich zum Ausdruck: Bei ausreichender Messerfahrung des Untersuchers liegt die Inter-Untersucher-Variabilität nicht hoch. In der Literatur liegen sehr widersprüchliche Angaben dazu vor. Sie reichen von geringfügigen Abweichungen, die unter 2 mm Differenz zwischen verschiedenen Hautfalten liegen (Übersicht bei FIDANZA (1991), bis hin zu der Behauptung bei FISCHER und LEMBCKE (1991), dass Inter-Untersucher-Unterschiede bis zu 50% betragen können. HEYWARD und STOLARCZYK (1996) geben eine Inter-Untersucher-Variabilität von 3 bis 9% bei Hautfaltendickenmessungen an.
- **Messpunkte:** Beim Messen von Hautfaltendicken ist auf die genaue Definition der Messpunkte zu achten. Bereits ein geringfügiges Abweichen von der definierten Messstelle kann zu groben Fehlern führen, die sich bei der Berechnung des GKF potenzieren können (FIDANZA 1991). Beispielsweise wird die Suprailiacalfalte in der Literatur unterschiedlich

definiert (DURNIN und WOMERSLEY 1974, ROSS und MARFELL-JONES 1982, KNUSSMANN 1988). In der vorliegenden Arbeit wurden daher die Hautfalten "Hüfte" und "suprailiacal" gemessen.

- Kalipertyp: Harpenden-, Holtain- und Lange-Kaliper gehören zu den am häufigsten angewandten Hautfaltendickenmessern (HEYWARD und STOLARCZYK 1996, ROCHE et al. 1996). Obwohl die verschiedenen Kalipertypen mit dem gleichen Messdruck von 10 g/mm² arbeiten, wird in der Literatur immer wieder auf Messunterschiede zwischen den Kalipertypen hingewiesen (REHS et al. 1975, LOHMANN 1992, HEYWARD und STOLARCZYK 1996). Das verwendete Lange-Kaliper wurde in regelmäßigen Abständen an einem genormten Messblock überprüft (HEYWARD und STOLARCZYK 1996).
- Anwendbarkeit bei Übergewichtigen: Die Messgenauigkeit der Hautfaltendickenmessung nimmt mit steigendem Übergewicht ab, da es immer schwieriger wird, eine Hautfalte mit dem Kaliper zu greifen. Unmöglich wird die Messung bei schwerer Adipositas, wenn die Hautfaltendicke die Spannweite des Kalipers übersteigt (HOFFMANN et al. 1985, HEITMANN 1990b, Stroh 1995). Ein solcher Extremfall ist bei den vorliegenden Messungen nicht aufgetreten.

Die Hautfaltendickenmessung basiert auf folgenden Annahmen:

- mit der Messung der Hautfaltendicke an prädiktiven Messstellen wird das subkutane Fettgewebe repräsentativ erfasst,
- der Gesamtkörperfettanteil korreliert hochgradig mit dem subkutanen Fettanteil.

Wenn diese Voraussetzungen immer gegeben wären, würde die Hautfaltendickenmessung nach NORGAN (1991) eine gute Einschätzung des GKF liefern. Die erste Annahme wird bei sauberer Durchführung der Messungen an den definierten Messpunkten in der Regel erfüllt. Jedoch unterliegt die Elastizität und Komprimierbarkeit des subkutanen Fettgewebes einer großen Variationsbreite (HEITMANN 1990b, FISCHER und LEMBCKE 1991, LOHMANN 1992, STROH 1995). Sie lässt vor allem mit zunehmendem Alter nach und schließt einen altersabhängigen systematischen Fehler nicht aus (HUNECKE 1986, STROH 1995). Nach NORGAN (1991) variiert die Komprimierbarkeit der Hautfaltendicke abhängig vom Alter, Geschlecht, Messstelle und Ernährungszustand. Die Höhe dieser Abweichungen und der Einfluss der einzelnen Faktoren sind nicht bekannt. Untersuchungen von SLOAN (1967) mit Ultraschalltechnik ergaben keine Erhöhung des nicht komprimierten subkutanen Fettgewebes gegenüber Hautfaltendickenmessungen. Die Dicke der Haut, die zweifach in den Messwert eingeht, wird bei STROH (1995) als Fehlerquelle angeführt, kann aber nach KNUSSMANN (1988) vernachlässigt werden.

Die zweite Annahme trifft zwar im Mittel, aber nicht auf jedes Individuum in gleichem Maße zu (FIDANZA 1991). Nach ROCHE et al. (1996) und SCHUTZ (1999) können die Korrelation zwischen dem subkutanen Fett und dem GKF individuell unterschiedlich stark ausgeprägt sein. Hier wäre nach Ansicht der Autorin eine wesentliche Frage, inwiefern das androide Fettverteilungsmuster, bei dem nachweislich ein höherer Anteil an Fettgewebe um die inneren

Organe gespeichert wird, eine schwächere Korrelation zeigt und wie hoch die Unterschiede sind. An dieser Stelle besteht im Sinne einer Vervollkommnung der Hautfaltendickenmessung weiterer Forschungsbedarf (FIDANZA 1991).

Die Populationsspezifität verschiedener Gleichungen zum GKF aus Hautfaltendickenmessungen lässt sich unter anderem darauf zurückführen, dass die genannten Annahmen bei den einzelnen Populationen in unterschiedlichem Maße erfüllt werden. Daraus resultiert die Forderung nach populationsunabhängigen Formeln (SINNING und WILSON 1984, NORGAN 1991, LOHMANN 1992).

Die in dieser Arbeit vorgestellten Gleichungen zum Gesamtkörperfettanteil wurden mit der international häufig benutzten und populationsunabhängigen Gleichung von DURNIN und WOMERSLEY (1974) mit 4 Hautfalten, sowie den Gleichungen von JOHNSEN (zit. nach TRIPPO und GREIL 1998) mit 10 Hautfalten und JOHNSEN (1990) mit 3 Hautfalten berechnet. Im internationalen Schrifttum werden die Gleichungen von JOHNSEN wenig angewandt. Sie sind aber in Deutschland weit verbreitet (JOHNSEN und SCHOLZ 1989, LÜTGERT und WILLMANN 1994, GREIL und MÖHR 1996, TRIPPO und KLIPSTEIN-GROBUSCH 1998). Die alters- und geschlechtsspezifischen Gleichungen von DURNIN und WOMERSLEY (1974) werden zwar überwiegend positiv bewertet (HOFFMANN et al. 1985, FIDANZA 1991, NORGAN 1991, LOHMANN 1992), aber SINNING und WILSON (1984) weisen in ihren Untersuchungen eine Überschätzung der Gleichungen von DURNIN und WOMERSLEY (1974) von 3,9 bis 4,4% GKF nach und beurteilen sie als nicht akzeptabel. Als kritische Randbemerkung sei darauf hingewiesen, dass die Formeln von DURNIN und WOMERSLEY (1974) vor über 25 Jahren veröffentlicht wurden. Neuere populationsunabhängige Formeln sind für Erwachsene lediglich von JACKSON und POLLOCK (1978) und JACKSON et al. (1980) bekannt und auch 20 Jahre alt. Damit steht die dringende Forderung nach aktuellen, an Referenzmethoden geeichten Hautfaltengleichungen.

Die in Abb. 32 und 34 und Tab. VIII dargestellten Ergebnisse zum GKF aus den Hautfaltengleichungen von DURNIN und WOMERSLEY (1974) mit 4 Hautfalten, JOHNSEN (zit. nach TRIPPO und GREIL 1998) mit 10 Hautfalten und JOHNSEN (1990) mit 3 Hautfalten lassen bei den Männern im Mittel eine erstaunlich hohe Übereinstimmung zwischen den Gleichungen erkennen, sowohl bezüglich der Absolutbeträge zum Fettanteil als auch im Altersgang. Das deutet eine gute Anwendbarkeit der Formeln auf andere Stichproben (Populationsunabhängigkeit) oder eine gute Übereinstimmung der Untersuchungskollektive hin.

Bei den Frauen liegen die absoluten mittleren Differenzen zwischen den drei Gleichungen bei 3,2% bis 4,3% GKF. Sie sind damit höher als bei den Männern. Mit der Formel von DURNIN und WOMERSLEY (1974) sind die Medianwerte zum Körperfettanteil in allen Altersgruppen am höchsten und mit der Gleichung von JOHNSEN über 10 Hautfalten am geringsten. Auch beim weiblichen Geschlecht ist der Altersverlauf bei den drei Gleichungen nahezu identisch. Möglicherweise überschätzt die Formel von DURNIN und WOMERSLEY (1974) den GKF bei Frauen tatsächlich, denn die o.g. Untersuchungen von SINNING und WILSON (1984) wurden an Frauen durchgeführt.

Die Ergebnisse aus 10 Hautfalten zeigen gegenüber 3 und 4 Hautfalten keine höhere Genauigkeit (Tab. 5), was bereits in der Literatur mehrfach nachgewiesen wurde (PARÍZKOVÁ 1977, JOHNSEN 1990).

5.2.2.5. Diskussion zum Methodenvergleich aus der BIA

Bei der ständigen Suche nach einer optimalen und präzisen Feldmethode zur Bestimmung der Körperzusammensetzung war die BIA in den letzten Jahrzehnten auf dem Vormarsch und hat bezüglich ihrer Reproduzierbarkeit und Genauigkeit große Hoffnungen geweckt, weil die bis dahin am häufigsten angewandte Hautfaltendickenmessung - wie unter 5.2.2.4. dargelegt - einige Mängel aufweist (FISCHER und LEMBCKE 1991, DEURENBERG und SCHOUTEN 1992, KUSHNER 1992, HEITMANN 1994, GUALDI-RUSSO et al. 1997).

Ebenso wie bei der Hautfaltendickenmessung sind bei der Messung der bioelektrischen Impedanz Fehler möglich, die nicht vollständig ausgeschlossen werden können und im Sinne einer Kritik an der Messmethodik hier erörtert werden.

- **Inter-Untersucher-Variabilität:** Bei Anwendung der BIA wird in der Literatur oft von geringen Inter-Untersucher-Unterschieden berichtet (ELSEN et al. 1987, HEITMANN 1990b, KUSSMAUL et al. 1996). Die gute Reproduzierbarkeit kann im Prinzip durch die eigenen Untersuchungen (Tab. 6) bestätigt werden.
- **Gerätetypen:** In der Literatur wird erwähnt, dass Messungen an Personen mit mehreren Geräten zu unterschiedlichen Ergebnissen führen, auch wenn Messungen mit Standardwiderständen keine Unterschiede zeigen (HEITMANN 1990a, HEITMANN 1994, KUSSMAUL et al. 1996). Als Ursache für die Schwankungen werden geringfügige Differenzen der Spannung und Frequenz bei den einzelnen Geräten diskutiert (STROH 1995). In der hier vorgestellten Messserie wurde immer dasselbe Messgerät verwendet und regelmäßig mit Standardwiderständen überprüft. Die eigenen Ergebnisse zum Vergleich verschiedener Impedanzgeräte zeigen Schwankungen zwischen den Geräten, die zu einem großen Teil im Bereich der in der Gebrauchsanleitung angegebenen Messgenauigkeit von $\pm 0,5\%$ für R und $\pm 2\%$ für X_c liegen (Tab. 6). Die Variabilität zwischen den Impedanzgeräten kann damit als minimal eingeschätzt werden.
- **Elektrodenplatzierung:** Die Verschiebung der Messelektroden bewirkt nach den physikalischen Grundlagen, auf denen die Messung der Impedanz beruht, eine Veränderung der Länge des elektrischen Leiters. Nach JONES und NORGAN (1994) kommt es bereits bei einer Verschiebung der Elektroden um nur 1 cm an Handgelenk oder Knöchel zu einer additiven Veränderung der Impedanz um 4,1%. ELSEN et al. (1987) geben einen Fehler von 2% bei Deplatzierung der Sensorelektrode um 1 cm an. Die korrekte Elektrodenplatzierung gemäß Abbildung 6 wurde bei allen durchgeführten Messungen eingehalten.
- **Haftung der Hautelektroden:** Die Hautbeschaffenheit ist individuell sehr unterschiedlich. Sehr fettige oder trockene Haut, auch kalte Extremitäten, verändern die Haftbarkeit der Elektroden und den Hautwiderstand der Versuchsperson (KUSSMAUL et al. 1996). Die damit einhergehende Beeinflussung der Impedanz kann nicht vollständig verhindert

werden. Bei extrem hohen Hand- und Fußwiderständen erfolgte eine Anzeige auf dem Messgerät. Die Messung wurde in diesen Fällen mit neuen Elektroden wiederholt.

- Temperatur: Impedanzmessungen sind temperaturabhängig (BROCKHAUS 1989). Starke Schwankungen der Umgebungs- und Körpertemperatur beeinflussen die Reproduzierbarkeit der erhaltenen Werte (ELSEN et al. 1987, KUSSMAUL et al. 1996). Es wird empfohlen, die Messungen nicht in extrem heißer oder kalter Umgebung durchzuführen und Veränderungen der Raumtemperatur bei ± 2 °C zu halten (ROCHE et al. 1996). Da die vorliegenden Messungen zu verschiedenen Jahreszeiten durchgeführt wurden, konnten Schwankungen der Außentemperatur nicht vermieden werden, die Raumtemperatur lag jedoch in der Regel zwischen 20 und 25 °C.
- Lage des Probanden: Der Proband sollte seine Arme vom Körper und seine Beine voneinander gespreizt haben, so dass ein Stromfluss durch den gesamten Körper ermöglicht ist. Schwierig war in der Praxis das vollständige Abspreizen der Oberschenkel bei adipösen Teilnehmern (ROCHE et al. 1996). Ebenso wird eine längere Liegezeit des Probanden als Einflussfaktor auf die Impedanz gewertet (ELSEN et al. 1987, KUSSMAUL et al. 1996). Da eine Impedanzmessung (ohne Wiederholung) nicht länger als 5 min dauert, ist dieser Faktor bei den vorliegenden Untersuchungen irrelevant.

In einer erst kürzlich an unserem Institut veröffentlichten Diplomarbeit wurde festgestellt, dass verschiedene Einflussfaktoren (wie die Aufnahme von Nahrung und Flüssigkeit, Alkoholzufuhr, das Tragen von Schmuck) im Mittel einen relativ geringen Einfluss auf die Messergebnisse haben, im Vergleich zur Veränderung der stromdurchflossenen Strecke (WAGNER 2000). Demnach ist die BIA verhältnismäßig stabil gegenüber der Veränderung äußerer Bedingungen, aber sensibel gegenüber der Veränderung der Elektrodenplatzierung.

Beim Modell der BIA sind eine Reihe von Annahmen notwendig, um von der Resistance zum Gesamtkörperwasser bzw. zur Magermasse zu gelangen (ELLIS et al. 1999):

- der menschliche Körper ist ein gleichmäßig geformter Zylinder,
- das Verhältnis von intra- zu extrazellulärem Wasser bleibt konstant,
- der Hydratationszustand der Magermasse ist konstant,
- ein Strom der Frequenz von 50 kHz durchtritt alle Zellen gleichmäßig und
- die Impedanz kann mit der Resistance gleich gesetzt werden.

Nach ELLIS et al. (1999) trifft keine dieser Annahmen vollständig zu. Die Tatsache, dass der menschliche Körper nur annäherungsweise ein Zylinder ist, hat Auswirkungen auf die Querschnittsfläche des elektrischen Leiters (KUSHNER 1992). Hier wäre vor allem eine Abhängigkeit vom Körperbautyp zu erwarten, die jedoch bislang noch nicht untersucht wurde. Das Verhältnis von intra- zu extrazellulärem Wasseranteil ist beim gesunden Menschen in der Regel konstant, ändert sich aber beispielsweise beim Adipösen (SEGAL et al. 1988, STROH 1995). Ebenso dürfe der Stromdurchtritt bei 50 kHz immer noch die genauesten Ergebnisse liefern (LUKASKI 1989, DEURENBERG und SCHOUTEN 1992).

Problematischer ist die Annahme vom konstanten Wassergehalt der Magermasse von 73,2% (ROCHE et al. 1996). Faktoren, wie Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme und sportliche Aktivität können den individuellen Wasserhaushalt beeinflussen (HEYWARD und STOLARCZYK 1996). Diese Schwankungen werden durch die Einhaltung von Standardbedingungen, wie der Begrenzung der letzten Nahrungs- und Alkoholzufuhr (STROH 1996), minimal gehalten (siehe Kapitel 3.2.3.4.). Der Einfluss sportlicher Betätigung ist abhängig von der Intensität und Dauer der Übung. Intensive sportliche Tätigkeit führt nach HEYWARD und STOLARCZYK (1996) zum Absinken der Resistance und damit zu einer Überschätzung der Magermasse. Auch die Einnahme bestimmter Medikamente (z. B. Hormonpräparate) und der Menstruationszyklus der Frau können den konstanten Wasserhaushalt der Magermasse verändern (ROCHE et al. 1996). Nach CHUMLEA et al. (1987) haben der Menstruationszyklus und die Einnahme oraler Kontrazeptiva keinen signifikanten Einfluss auf die BIA.

Bei verschiedenen Personengruppen, wie Kindern, Senioren oder übergewichtigen Personen ist der Hydratationszustand der Magermasse nach dem bisherigen Erkenntnisstand verändert. Bei den Älteren kommt es zu einer Abnahme des Gesamtkörperwassergehaltes im Körper (SEGAL et al. 1988). Bei Übergewichtigen ist vermutlich der extrazelluläre Wasseranteil erhöht (SEGAL 1988, FISCHER und LEMBCKE 1991). Daher werden für diese Gruppen von Individuen spezifische Gleichungen gefordert (GRAY et al. 1989, DEURENBERG und SCHOUTEN 1992, STROH 1995, ELLIS et al. 1999).

Die vorliegenden Ergebnisse (Abb. 34, 35, Tab. VIII) machen auf das methodische Problem aufmerksam, dass aus ein und denselben primären Messdaten (Resistance, Reactance) bei der Umwandlung in Sekundärdaten (Magermasse, GKF) bei der Anwendung verschiedener Berechnungsformeln erhebliche Unterschiede auftreten können (ELIA 1993, PACY et al. 1995). Die Mittelwerte mit vier verschiedenen Impedanzgleichungen weisen bei den untersuchten Männern eine maximale Differenz von 2,7% GKF im jungen Erwachsenenalter und 8,3% GKF im Alter von 55-64 Jahren auf. Beim weiblichen Geschlecht wurden Differenzen von 5,7% GKF bei den jungen und 7,8% GKF bei den älteren Frauen berechnet. Die Zunahme der Differenzen mit steigendem Alter ist auffällig. Sie hängt wahrscheinlich mit dem Anstieg des GKF im Alter zusammen. Eigene Ergebnisse (TRIPPO und KLIPSTEIN-GROBUSCH 1998) zeigen ebenso eine Zunahme der Unterschiede zwischen Hautfaltendickenmessungen und BIA bei pyknomorphen Testpersonen, die ebenfalls einen höheren GKF hatten. Daraus lässt sich die Schlussfolgerung ziehen, dass der Messfehler mit steigendem GKF innerhalb der BIA mit verschiedenen Formeln zunimmt. Das unterstreicht die bereits genannte Forderung von Wissenschaftlern nach spezifischen Formeln für Übergewichtige.

Die schon im Mittelwert recht hohen Abweichungen bis zu 8% GKF zwischen den untersuchten vier Gleichungen lassen sich auf die hinter den Formeln stehenden heterogenen Untersuchungskollektive zurückführen (STROH 1995, ELLIS 1999). Eine weitere Ursache kann in der angewandten Referenztechnik liegen (STROH 1995). Die Formel von LUKASKI (1989), sowie KUSHNER und SCHOELLER (1986) wurden mit der Deuterium-Isotopenverdünnung kalibriert,

HEITMANN benutzte ein Vier-Komponenten-Modell unter Anwendung der Gesamtkörperkaliummessung und der Tritium-Verdünnungstechnik und DEURENBERG et al. (1991) nahmen als Standardmethode densitometrische Messungen vor. Interessanterweise zeigen die Gleichungen von LUKASKI (1989) und KUSHNER und SCHOELLER (1986), die mit derselben Standardmethode erstellt wurden, eine hohe Korrelation zueinander und eine gute Vergleichbarkeit im Altersgang. Der ebenso auffällig ähnliche Altersverlauf der Kurven von DEURENBERG et al. (1991) mit HEITMANN (1990a) konnte nicht näher geklärt werden.

Im Lauf der Untersuchungen hat die Autorin die persönliche Erfahrung gemacht, dass bei einzelnen Personen extrem hohe oder niedrige Widerstände gemessen wurden, die erst bei der Berechnung des GKF oder Wiederholung der Messung auffielen. Ein Beispiel sind die Ergebnisse in Tabelle 6 (Testperson 4). Probleme bei der Durchführung einer Impedanzmessung traten gehäuft in der kalten Jahreszeit auf. Eine mögliche Ursache für veränderte Widerstände bei einer Messperson sind kalte Extremitäten, die durch eine geringe Umgebungstemperatur z.B. im Winter entstehen können. Es können jedoch ebenso weitere unbekannte Faktoren eine Rolle spielen. Diese können, müssen aber nicht durch die Messperson induziert sein. Damit bleibt die BIA eine „black box“, bei der sowohl die Vorgänge im menschlichen Körper als auch im Gerät, sowie die Wechselwirkung zwischen beiden nicht vollständig bekannt sind. Da bei den meisten Studien keine Wiederholungs- bzw. Vergleichsmessungen durchgeführt werden, bleiben solche oft groben Fehler unbemerkt. Die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der BIA am Individuum ist damit ernsthaft in Frage gestellt (TAGLIABUE et al. 1992, HEITMANN 1994, ELLIS et al. 1999).

5.2.2.6. Diskussion zu verschiedenen Methoden zur Einschätzung des Gesamtkörperfettanteils

Die auf völlig verschiedenen Messprinzipien beruhenden Methoden der Hautfaltendickenmessung und bioelektrischen Impedanzanalyse haben letztlich dasselbe Ziel: Die Bestimmung der Körperzusammensetzung, speziell des Gesamtkörperfettanteils. Beim Vergleich beider Methoden bleibt immer die Frage offen, welche der „Wahrheit“ am nächsten kommt, da es sich nicht um Referenzmethoden handelt. Diese Frage wäre nur über die Evaluierung mit Standardmethoden, wie Computertomographie oder Densitometrie möglich (FISCHER und LEMBCKE 1991, STROH 1995). Selbst die Prüfung an einer Standardmethode führt bei verschiedenen Autoren zu differenzierten Ergebnissen bezüglich der Beurteilung der Genauigkeit der Hautfaltendickenmessung oder BIA. WATTANAPENPAIBOON et al. (1998) verglichen Hautfaltendickenmessungen, BIA und DEXA. Sie erhielten eine gute Übereinstimmung zwischen Hautfaltendickenmessung und DEXA. Zwischen DEXA und BIA wurden größere Differenzen ermittelt, jedoch abhängig von der verwendeten Gleichung. PRITCHARD et al. (1993) berichten dagegen von einer guten Übereinstimmung zwischen BIA und DEXA, mit einer leichten Unterschätzung des GKF durch die BIA von 0,3% im Mittel. Nach HEITMANN (1990b) zeigte die BIA im Vergleich zum BMI und zur Hautfaltendickenmessung bei relativ guter Übereinstimmung der drei Methoden eine geringere Variabilität und wird

darauflin als die genaueste unter den einfachen Methoden eingeschätzt. Nach ELIA (1993) lässt die Impedanztechnik keine oder nur eine geringe Überlegenheit gegenüber Hautfaltendickenmessungen erkennen, wenn letztere von einem Untersucher vorgenommen und nach der Gleichung von DURNIN und WOMERSLEY (1974) interpretiert werden.

Der Vergleich der Hautfaltendickenmessung mit der BIA mit verschiedenen Gleichungen bezüglich der Höhe des GKF ist aus den Abb. 32-35 ersichtlich. Bei den Brandenburger Männern ist nur in den Altersgruppen 18-24 Jahre und 55-64 Jahre und bei den Frauen bis zum 55. Lebensjahr eine relativ gute Übereinstimmung beider Methoden vorhanden. So scheint die unterschiedliche Messmethodik – auf der einen Seite die Bestimmung der subkutanen Fettschichtdicke, auf der anderen Seite eine Widerstandsmessung des gesamten Körpers – das Endergebnis weniger zu beeinflussen als die Anwendung verschiedener Gleichungen. Erhebliche Unterschiede in Abhängigkeit von der angewandten Methode werden jedoch im höheren Alter unabhängig vom Geschlecht festgestellt: während mit der Hautfaltendickenmessung der GKF stagniert, ist mit allen Impedanzgleichungen eine weitere Zunahme zu konstatieren. Da dieses Phänomen mit allen Gleichungen erkennbar wird, ist es offenbar von der Messmethodik abhängig und legt zwei Hypothesen nahe. Zum einen wird im Alter das Fettgewebe verstärkt im viszeralen Bereich gespeichert, was zu einer Unterschätzung des GKF über die Hautfaltendickenmessung führen könnte (KIRCHENGAST 1994, HEYWARD und STOLARCZYK 1996). Dagegen spricht das Verhalten der mittleren Fettschichtdicke, die sich im Altersgang analog zum GKF verhält (Abb. 23, 25). Zum anderen werden durch die Abnahme des Körperwasseranteils, die nach KNUSSMANN (1996) mehr oder weniger vollständig auf einer Verringerung des intrazellulären Wassers beruht, bei Älteren grundlegende Annahmen für das Modell der BIA nicht mehr eingehalten (ROCHE et al. 1996). Bei Nichtbeachtung dieser Veränderungen wird ein scheinbar höherer Fettanteil berechnet (HEYWARD und STOLARCZYK 1996). Es ist zu vermuten, dass beide Effekte auftreten, was eine altersdifferenzierte Herangehensweise und weiterführende Untersuchungen auf diesem Gebiet erfordert.

Um den GKF so genau wie möglich zu bestimmen, wurde aus beiden Messmethoden jeweils eine Gleichung ausgewählt. Aufgrund einer fehlenden Standardmethode zur Auswahl einer Gleichung ergab sich logisch, die Hautfaltengleichung zu wählen, die mit BIA am besten übereinstimmt und die Impedanzgleichung, die mit der Hautfaltendickenmessung am besten übereinstimmt. Bei dieser Vorgehensweise wurden für die Männer die Gleichungen nach HEITMANN (1990a) und DURNIN und WOMERSLEY (1974) und für die Frauen nach HEITMANN (1990a) und JOHNSEN (1990) ausgewählt. Der Altersverlauf dieser beiden Gleichungen widerspiegelt die bereits diskutierten Probleme, z.B. bei Älteren (Abb. 37, 38).

Die in den Methodenvergleich aufgenommene Fettmasse nach DRINKWATER und ROSS (1980) verdient gesonderte Aufmerksamkeit (Abb. 37, 38). Die Ergebnisse zeigen einen auffallend geringen GKF nach DRINKWATER und ROSS (1980) im Vergleich zu Hautfaltendickenmessung und BIA bei beiden Geschlechtern. In Abhängigkeit von der Altersgruppe wurde für die Brandenburger Männer 5-11% weniger GKF und für die Frauen 9-14% weniger

GKF berechnet. Eine tiefergehender Recherche zu den Berechnungsgrundlagen lässt erkennen, dass diese bei DRINKWATER und ROSS (1980) als „fat mass“ bezeichnete Komponente auf der statistischen Korrelation von 5 Hautfalten mit den Hautfalten des Referenzmenschen (Phantom) beruht und keine Angaben zum Gesamtkörperfett macht (siehe auch Kapitel 3.2.3.5.). Im „Kleingedruckten“ der Originalpublikation findet sich eine Bemerkung, dass die Fettmasse bei DRINKWATER und ROSS (1980) nur das subkutane Fettgewebe einschließt, jedoch ist der Begriff „fat mass“ in diesem Zusammenhang sehr verwirrend. Das erklärt natürlich die deutlich geringeren Mittelwerte nach DRINKWATER und ROSS (1980).

5.2.2.7. Alters- und Geschlechtsspezifik von Gesamtkörperfettanteil und Magermasse

Es liegen hunderte methodenkritische Arbeiten zur Bestimmung des GKF vor (z.B. SINNING und WILSON 1984, NORGAN 1991, FISCHER und LEMBCKE 1991, LOHMANN 1992, THOMAS et al.1992, ELIA 1993, HEITMANN 1994, GUALDI-RUSSO et al.1997). Für den deutschsprachigen Raum sind jedoch keine Referenzwerte für Erwachsene bekannt. Ein wesentlicher Grund wird bei HINGHOFER-SZALKAY (1989) darin gesehen, dass die meisten Methoden zur Bestimmung des GKF entweder ungenau oder so aufwendig sind, dass sie für große Stichproben nicht in Frage kommen. Da die Berechnung des GKF nicht unumstritten ist, werden eher Perzentilkurven oder Mittelwerte für einzelne Hautfalten oder Hautfaltensummen angegeben (FRISANCHO 1990, SPIRDUSO 1995, ROCHE et al. 1996, GREIL und MÖHR 1996).

Für die Erstellung von Referenzwerten wird die Berücksichtigung des Alters in der Fachliteratur gefordert (STROH 1995, SCHUTZ 1999). Diese Forderung wird durch die vorliegenden Ergebnisse bekräftigt. Bei den Brandenburger Männern nimmt der GKF nach der Hautfaltendickenmessung von der Altersgruppe 18-24 Jahre zu 55-64 Jahre im Mittel um 9,4% und nach der BIA um 10,7% zu (Abb. 37). Bei den Frauen beträgt die Zunahme 6,9% GKF mit der Hautfaltendickenmessung und 14,2% mit der BIA (Abb. 38). Analog zu einer Einteilung des BMI mit Hilfe alters- und geschlechtsspezifischer Perzentilreihen, könnten Gesamtkörperfettbereiche für "mager, mittel und adipös" erstellt werden.

Der GKF verläuft im Alter bei den untersuchten Männern bis zum 55. Lebensjahr nahezu parallel zur Körpermasse, in der letzten untersuchten Altersgruppe widerspiegelt nur die Hautfaltengleichung eine Ähnlichkeit zur Körpermasse (Abb. 20, 37). Der GKF aus Hautfaltendickenmessungen, hier am Beispiel der ausgewählten Gleichung nach DURNIN und WOMERSLEY, verhält sich wie die mittlere Fettschichtdicke und nimmt bis zum 65. Lebensjahr geringfügig zu. Erklärt wurde dieser Effekt bereits im Kapitel 5.2.2.2. mit einer altersbedingten Abnahme der Magermasse und daraus resultierenden Zunahme des Fettanteils bei Körpermassenkonstanz (SPIRDUSO 1995). Bei den Frauen zeigen zwar der GKF nach beiden Methoden und die Körpermasse einen Anstieg im gesamten untersuchten Altersbereich, jedoch fehlt mit dem GKF der steilere Anstieg in der Altersgruppe 45-54 Jahre (Abb. 20, 38). Das ist verwunderlich, da der deutliche Anstieg der Körpermasse in diesem Altersbereich mit

dem Beginn des Klimakteriums und einem Anstieg an Körperfett in Zusammenhang gebracht wird KIRCHENGAST (1994). Bei einer Unterteilung der untersuchten Stichprobe in Fünfjahresgruppen (TRIPPO und KLIPSTREIN-GROBUSCH 1998) wird ein steilerer Anstieg des GKF bis zur Altersgruppe 50-54 Jahre klar erkennbar, dem eine Stagnationsphase bis zum 60. Lebensjahr folgt, so dass es bei der Einteilung in Zehnjahresgruppen zu einer Überlagerung kommt. Im Geschlechtervergleich bestätigt der GKF die schon mit der Messung des Unterhautfettgewebes erzielten Ergebnisse eines signifikant höheren Fettanteils im weiblichen Geschlecht (Abb. 41, 42). Die Unterschiede betragen, abhängig von der Methode und vom Alter, etwa ein Viertel bis ein Drittel an GKF. Dieser höhere Körperfettanteil der Frauen bei einer normalen Körpermasse ist genetisch fixiert und hängt wahrscheinlich mit der reproduktiven Funktion der Frau zusammen (GREIL 1993, SPIRDUSO 1995, GREIL und MÖHR 1996). In diesem Zusammenhang ist es bemerkenswert, dass die Fettreserven, die für Schwangerschaft, Geburt und Stillzeit bereit stehen müssen, von der Natur aus an Hüften, Gesäß und Oberschenkeln gespeichert werden. Dort schaden sie dem Organismus weniger als am Rumpf. Die Magermasse, die als prozentualer Anteil an der Körpermasse dargestellt wurde, verhält sich invers zum GKF (Abb. 39, 40). Sie nimmt demnach im Mittel im Alter ab und liegt beim männlichen Geschlecht deutlich höher als beim weiblichen (Abb. 42). Ähnliche Trends sind bei GREIL und MÖHR (1986), SPIRDUSO (1995), ROCHE et al. (1996) oder HORBER et al. (1997) zu finden.

5.2.3. Vier-Komponenten-Modell von DRINKWATER und ROSS

Das Modell von DRINKWATER und ROSS (1980) zur anthropometrischen Bestimmung der Körperzusammensetzung blieb in der Literatur weitgehend unbeachtet. Bei KNUSSMANN (1988) wird es als eine Verbesserung der Arbeit von MATIEGKA (1921) gewürdigt.

Feldmethoden, welche die Körperzusammensetzung differenzierter, als nur mit einem Zwei-Komponenten-Modell von Fettmasse und Magermasse ausreichend genau erklären, würden das methodische Spektrum ergänzen und sind unzweifelhaft notwendig. Nach Ansicht der Autorin ist die geringe Verbreitung des Modells von DRINKWATER und ROSS (1980) auf eine anfechtbare Methodik zurückzuführen:

Erstens sind die Berechnungsgrundlagen bei DRINKWATER und ROSS (1980) ungenügend erläutert. Beispielsweise werden Umfangsmaße zur Bestimmung der Muskelmasse herangezogen, es ist jedoch nicht genau erkennbar, ob diese mit oder ohne Unterhautfettgewebe in die Berechnungen eingehen.

Zweitens reicht die Datenerhebung bis ins Jahr 1974 zurück. Es wären dringend aktuelle Daten nötig, die möglicherweise an modernen Methoden, wie DEXA oder Computertomographie, kalibriert werden. Höchstwahrscheinlich ist auch das Vier-Komponenten-Modell von DRINKWATER und ROSS populationsspezifisch und führt bei Stichproben, die von der Referenzstichprobe stark abweichen, zu Fehlern.

Drittens wird der Begriff der Fettmasse falsch verwandt (Kapitel 5.2.2.6.), da hier nicht das GKF, sondern nur das subkutane Fett bestimmt wird. Das Viszeralfett schlägt sich in der

Restmasse nieder. Leider wird das bei DRINKWATER und ROSS (1980) nicht klar beschrieben.

Der vierte Kritikpunkt wendet sich an die mathematischen Grundlagen. Bei DRINKWATER und ROSS (1980) werden die anthropometrischen Variablen (Maße) in z-Werte überführt (Kapitel 3.2.3.5.). Ein z-Wert von 0,0 für eine Variable zeigt an, dass diese Person dieselben Proportionen wie das Phantom aufweist. Die angegebene zweite Formel zur Berechnung der Teilmassen ist im Prinzip eine Umkehrung der z-Transformation und Rückführung der Daten in ihre ursprüngliche Form. Damit wird letztlich die Abweichung der anthropometrischen Parameter einer Person vom Phantom benutzt, um auf die jeweilige Teilmasse zu schließen (DRINKWATER und ROSS 1980, ROSS et al. 1981, ROSS und MARFELL-JONES 1982). Beispielsweise dienen die Hautfalten der Berechnung der Fettmasse. Eine mittlere Abweichung von -1,0 z für die Hautfalten eines Individuums zieht nach Meinung der Autoren eine mittlere Abweichung von -1,0 z bei der Fettmasse nach sich. Offen bleibt hierbei, inwieweit es ausreicht, die Abweichung von 4 oder 5 Maßen (pro Teilmasse) von einem Referenzmenschen zu berechnen, um auf die gesamte Körperzusammensetzung zu schließen. Nach ROSS et al. (1981) ergibt die Summe aller Teilmassen im Vergleich zur gemessenen Körpermasse eine Differenz der Mittelwerte von 0,3% und einen Korrelationskoeffizienten von 0,97.

DRINKWATER und ROSS (1980) selbst schätzen ihre Berechnungen als ein Modell ein, das der Weiterentwicklung bedarf. Nach ROSS und MARFELL-JONES (1982) sollte die Komponente "Fett" durch das anatomische Konzept der „zerlegbaren Fettgewebssmasse“ ersetzt werden, die interne und externe Anteile hat und nicht auf eine einfache Funktion der Hautfaldendicken reduziert ist. Die Grundidee des Modells könnte durchaus ausgebaut werden. Mit den heutigen Labormethoden wäre es grundsätzlich möglich, einen Referenzmenschen mit Verzicht auf Leichensektionen zu kreieren. Eine genauere Beurteilung des Fettanteils, sowie die regionale Einschätzung von Muskel- und Knochenanteil wäre über die Korrelation mit anthropometrischen Parametern möglich.

5.2.3.1. Parameter zur Einschätzung des Muskelanteils

Aufgrund fehlender Vergleichsdaten, die auf der Methode von DRINKWATER und ROSS (1980) beruhen, wurde bei den vorliegenden Ergebnissen die Oberarmmuskelfläche nach HEYMSFIELD et al. (1982) zur Beurteilung des Muskelanteils herangezogen (Abb. 43). Die Muskelmasse nach DRINKWATER und ROSS (1980) nimmt bei den Brandenburger Männern und Frauen im Altersverlauf ab. Die Oberarmmuskelfläche nimmt konträr dazu im Alter deutlich zu. Auch wenn beide Größen aufgrund anderer Einheiten und Aussagen nicht direkt miteinander vergleichbar sind, geben sie beide eine Auskunft über die Entwicklung der Muskulatur. Daher wurde ein ähnlicher Trend erwartet. Untersuchungen von MULLER et al. (1995) ergaben eine Abnahme der Muskelmasse, gemessen über die Kreatininexkretion bei beiden Geschlechtern, sowie einen Anstieg der Oberarmmuskelfläche bei Frauen bis zum 55. Lebensjahr. Bei den Männern dieser Studie veränderte sich die Oberarmmuskelfläche bis zum 55. Lebensjahr kaum und sank im höheren Alter. Bei FRISANCHO (1990) ist - analog zu

den eigenen Ergebnissen - bei beiden Geschlechtern ein Anstieg der Oberarmmuskelfläche im Erwachsenenalter erkennbar. FRISANCHO (1990) warnt vor der Anwendung der Oberarmmuskelfläche bei Übergewichtigen, da es hier zu einer Überbewertung des Muskelanteils kommen kann. Nach HEYMSFIELD et al. (1982) führt die Bestimmung der Oberarmmuskelfläche im Vergleich zur axialen Computertomographie zu einer Überschätzung der Muskelfläche von 20-25%. Davon konnten 10-15% auf die Annahme zurückgeführt werden, dass die Muskulatur kreisrund um den Arm verteilt ist und 5-10% auf den Einschluss des Oberarmknochens. Daraufhin wurde von HEYMSFIELD und Mitarbeitern (1982) die Formel zur Berechnung der Oberarmmuskelfläche präzisiert. Selbst die überarbeitete Formel weist noch einige Mängel auf, wie die Ergebnisse zeigen. Ebenso muss kritisch bemerkt werden, dass das subkutane Fettgewebe nicht symmetrisch um den Oberarm verteilt ist. Es wäre genauer, die Hautfalte am Bizeps in die Berechnung einzubeziehen (JONES und NORGAN 1994). Weiterhin ist der Knochenanteil einer großen individuellen Variationsbreite unterlegen und kann mit einer Konstante nur sehr grob geschätzt werden.

Eine Abnahme der Muskelmasse bei Älteren, wie die Berechnungen nach DRINKWATER und ROSS (1980) ergeben haben, wurde auch bei SPIRDUSO (1995) über die Kreatininexkretion und ROCHE et al. (1996) gefunden.

Die untersuchten Frauen haben einen um etwa 5% geringeren Muskelanteil und eine etwa ein Drittel kleinere Oberarmmuskelfläche im Vergleich zu den Männern (Abb. 43). Bei ROCHE et al. (1996) und bei MULLER et al. (1995) waren die Geschlechterunterschiede sogar noch höher.

5.2.3.2. Parameter zur Einschätzung des Skelettanteils

Anthropometrische Parameter zur Beurteilung des Skelettanteils sind in der Literatur kaum zu finden (HEYWARD und STOLARSZYK 1996). Dagegen ist die Knochenmasse über DEXA oder die Knochenmineraldichte über Photonenabsorptiometrie häufiger untersucht worden (STINI 1984, SPIRDUSO 1995, HORBER et al. 1997).

In der vorliegenden Studie wird mit beiden anthropometrischen Parametern zum Skelettanteil die Aussage getroffen, dass sich die Skelettmasse im Erwachsenenalter nur minimal verändert (Abb. 44). Die Skelettmasse in Prozent der Körpermasse nimmt bei den untersuchten Männern und Frauen kaum zu. Der Frame-Index zeigt demgegenüber eine etwas deutlichere Zunahme im Erwachsenenalter. Eine Zunahme des Skelettanteils im Alter steht im Widerspruch zum bisherigen Erkenntnisstand auf diesem Gebiet (STINI 1984, SPIRDUSO 1995). Man denke nur an das Problem der Osteoporose (RINGE 1999). So fanden HORBER et al. (1997) mit DEXA bei Männern keine Veränderung und bei Frauen eine Abnahme der Knochenmasse. Auch nach SPIRDUSO (1995) und ROCHE et al. (1996) nehmen Knochendichte und Knochenmasse im Alter ab. Da die Skelettmasse nach DRINKWATER und ROSS indirekt über Knochenbreiten und -umfänge bestimmt wird, könnte hier eine weitere Schwäche dieses Modells liegen. Eine Zunahme dieser anthropometrischen Parameter schließt nicht zwangsläufig eine Zunahme der Skelettmasse ein.

Skelettmasse und Frame-Index liegen bei den untersuchten Frauen im Mittel wenig unter den Medianwerten der Männer (Abb. 44). Das weist, wie bereits Breiten- und Tiefenmaße verdeutlicht haben, auf das grazilere Skelett beim weiblichen Geschlecht hin.

5.2.3.3. Restmasse

Die Restmasse verändert sich vom jungen zum höheren Alter bei der untersuchten Stichprobe nur unwesentlich (Abb. 45). Die Berechnungen zur Restmasse schließen bei DRINKWATER und ROSS (1980) den viszeralen Fettanteil ein, denn dieser ist nachweislich in der Komponente Fettmasse nicht enthalten. Unter diesen Bedingungen ist es unverständlich, dass sich die Restmasse im Alter kaum ändert. Mit Hilfe der Rumpfumfänge, sowie des Taille-Hüfte-Indexes und Fettverteilungs-Indexes konnte eine klare Zunahme des abdominellen Fettanteils der untersuchten Männer und Frauen nachgewiesen werden. Eine ausreichende Erklärung kann auch aufgrund fehlender Literaturdaten nicht gegeben werden.

Bei COHN et al. (1980) (zit. nach ROCHE et al. 1996) veränderte sich die nichtmuskuläre Magermasse, hauptsächlich aus den inneren Organen bestehend, im Alter nicht. Es ist nicht erkennbar, ob die Skelettmasse in diesen Berechnungen enthalten ist, wobei für die Knochenmineralien eine Abnahme angegeben wird. Diese nichtmuskuläre Magermasse war bei Frauen niedriger als bei Männern. Eine geringere Restmasse beim weiblichen Geschlecht gegenüber dem männlichen zeigen die eigenen Untersuchungen auch (Abb. 45).

5.3. Energie- und Nährstoffaufnahme

Eingangs soll die Erfassung der Ernährungsgewohnheiten unter methodischen Aspekten kritisch beleuchtet werden. Ein in den vergangenen Jahren kontrovers diskutiertes Thema ist das "underreporting" bei der Ermittlung des Lebensmittelverzehr (SCHOELLER 1990, BLACK 1996, ZARFL et al. 1997, SCHNEIDER und HESEKER 1999). Man spricht von dem systematischen Fehler "underreporting", wenn die Testperson ihre Ernährungsgewohnheiten erhebungsbedingt verändert (z.B. bei Wiegemethoden) oder das Ernährungsprotokoll beziehungsweise den Fragebogen durch bewusstes oder unbewusstes Weglassen von Lebensmitteln verfälscht (ZARFL et al. 1997). Zur Beurteilung des "underreporting" dient der Quotient aus berichteter Nahrungsenergieaufnahme zu individuellem Energieumsatz. Da die Messung des individuellen Energieumsatzes in vielen Studien nicht durchführbar ist, wird statt dessen der berechnete Grundumsatz herangezogen (BRIEFEL et al. 1995, ZARFL et al. 1997). Bei sehr geringen Quotienten aus Energieaufnahme und Grundumsatz ist davon auszugehen, dass der physiologische Bedarf der Person auf längere Zeit nicht ausreichend gedeckt ist und diese Aufzeichnungen nicht dem durchschnittlichen Verzehr entsprechen (ZARFL et al. 1997). Es wird von einigen Autoren empfohlen, Protokolle mit "underreporting" aus der Messserie zu entfernen (BLACK 1996, ZARFL et al. 1997). Bei den vorliegenden Untersuchungen wurden nach längeren Berechnungen und Überlegungen keine Ernährungsprotokolle mit geringen Energieaufnahmen aus der Studie herausgenommen. Ein Hauptgrund war die Berechnung des Grundumsatzes einzig aus den Größen Geschlecht, Körpermasse, Körperhöhe und Alter,

die weder den Körperbautyp noch individuelle Schwankungen des Grundumsatzes berücksichtigt (FAO/WHO 1986).

Weitere potentielle Fehlerquellen können sein:

- Schwierigkeiten bei der Einschätzung der Ernährungsgewohnheiten: Der angewandte Ernährungsfragebogen erstreckt sich mit Angaben zum zurückliegenden Verzehr der vergangenen 12 Monate über einen relativ langen Zeitraum. Der Proband soll damit eine gewisse Kontinuität seiner Ernährungsgewohnheiten beschreiben. Gerade bei Studenten fehlt diese Kontinuität jedoch mitunter. Die Fähigkeit, einen komplexen Fragebogen richtig zu beantworten und seine Verzehrsgewohnheiten einzuschätzen, ist abhängig vom Bildungsstand der Teilnehmer. Bei den Studenten konnte man von einem durchschnittlich hohen Bildungsniveau ausgehen. Bei den älteren Erwachsenen fand durch den Ausschluss aller Probanden mit schwerer körperlicher Tätigkeit ebenfalls eine gewisse Auswahl nach Berufsgruppen mit einem höheren Bildungsabschluss statt.
- Jahreszeitliche Schwankungen: Saisonfaktoren, z.B. beim Verzehr von Obst und Gemüse, werden zwar im Fragebogen berücksichtigt, jedoch spielt auch die Jahreszeit, in der der Fragebogen ausgefüllt wird, eine subjektive Rolle (SICHERT et al. 1984). Beispielsweise geben die meisten Personen unbewusst im Sommer häufiger den Verzehr von Speiseeis an als in der kalten Jahreszeit. Diese Fehlermöglichkeit wurde bei den vorliegenden Untersuchungen durch eine kontinuierliche ganzjährige Erfassung eingeschränkt (ADOLF et al. 1995).
- Einkommen: Die Ernährungsgewohnheiten einer Person oder Personengruppe werden auch durch deren Einkommensverhältnisse geprägt (SICHERT et al. 1984, KETZ 1990, Ernährungsbericht 1996). Studierende sind im Durchschnitt eine einkommensschwache Gruppe. Da Essen und Trinken lebensnotwendig, d.h. eine gewisse Summe dafür immer aufzubringen ist, und eine ausgewogene Mischkost erschwinglich ist, kann man davon ausgehen, dass auch mit einem kleinen Geldbeutel eine gesunde und abwechslungsreiche Ernährung finanzierbar ist.

5.3.1. Energieaufnahme

Die Beurteilung der Energieaufnahme sollte nicht unabhängig vom Energiebedarf erfolgen. Der Energiebedarf ergibt sich aus dem Grundumsatz, abhängig von Alter, Geschlecht und Körpermasse, sowie dem Leistungsumsatz. Letzterer ist sehr variabel und von der körperlichen Aktivität, der nahrungsinduzierten Thermogenese und Sonderfunktionen, wie Wachstum oder Schwangerschaft abhängig (NOACK 1999, Deutsche Gesellschaft für Ernährung 2000). Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) hat in diesem Jahr neue Empfehlungen für die Energie- und Nährstoffaufnahme herausgegeben (DGE 2000). Diese neuen Referenzwerte für die Energiezufuhr orientieren sich stärker an der körperlichen Aktivität. Die körperliche Aktivität hat einen erheblichen Anteil am Energieverbrauch des Menschen. Der Grundumsatz wird nach DGE (2000) mit einem als PAL (physical activity level) bezeichneten Wert für die körperliche Aktivität multipliziert. International ist es bereits gebräuchlich, den

Energieumsatz auf diese Weise zu berechnen (BLACK 1996, BLACK et al. 1996, NOACK 1999). Daraus und aus einer neuen Messmethodik (doppelt stabil markiertes Wasser) ergeben sich höhere Richtwerte für den Energiebedarf, die mit den bisherigen Werten nicht vergleichbar sind. Sie liegen um 200 bis 500 kcal (840-2090 kJ) über den bisherigen Empfehlungen (DGE 1995, 2000). Das bedeute jedoch nach DGE nicht, dass jetzt ungehemmt gegessen werden könne. Die tatsächliche Energieaufnahme der Bevölkerung würde in der Regel immer noch deutlich die neuen Richtwerte übertreffen.

Der Energiebedarf der untersuchten Stichprobe könnte allgemein nach den Referenzwerten der DGE (2000) beurteilt werden. Diese stellen jedoch lediglich Durchschnittswerte für verschiedene Alters- und Berufsgruppen dar. Eine individuelle Beurteilung ist damit nicht möglich und gehört nicht zur Zielstellung dieser Arbeit. Da bereits der Grundumsatz individuell nach Alter, Geschlecht und Körpermasse und Körperbautyp beurteilt werden müsste und die körperliche Aktivität deutlich variiert (NOACK 1999), wird auf einen Vergleich der Empfehlungswerte mit der Energieaufnahme der untersuchten Stichprobe verzichtet.

Mit wachsendem Alter nimmt die tägliche Energieaufnahme der Brandenburger Männer im Mittel ab, wie Abb. 46 erkennen lässt. Die Energieaufnahme der Brandenburger Frauen zeigt ebenso eine abnehmende Tendenz, auch wenn im mittleren Altersbereich nochmals ein Anstieg erfolgt (Abb. 46). Diese Abnahme ist auf die Verringerung des Energiebedarfs eines Menschen mit dem Älterwerden zurückzuführen (KLUTHE et al. 1999). Die Ursachen liegen zum einen im sinkenden Grundumsatz älterer Menschen, der wiederum mit der Abnahme der Magermasse unmittelbar zusammenhängt (NOACK 1999). Zum anderen lässt die körperliche Aktivität im Alter im Durchschnitt nach (ELMADFA und LEITZMANN 1990, BLACK et al. 1996, DGE 2000).

Im Geschlechtervergleich ist bei den Männern im Mittel eine absolut und relativ höhere Nahrungsenergieaufnahme gegenüber den Frauen zu sehen (Abb. 46, 51). Diese höhere Aufnahme widerspiegelt den allgemein höheren Energiebedarf beim männlichen Geschlecht (BLACK et al. 1996). Nach der DGE (2000) ist der Grundumsatz bei der Frau um 10% niedriger als beim Mann, weil der weibliche Organismus eine höhere Fettmasse besitzt, die einen geringeren Stoffwechselumsatz hat. Wird der Grundumsatz auf die Magermasse bezogen, entfallen die geschlechtsspezifischen Unterschiede (ELMADFA und LEITZMANN 1990, NOACK 1999).

5.3.2. Nährstoffaufnahme

Die Aufnahme an Grundnährstoffen und Alkohol ist sowohl absolut, als auch relativ (in Energie%) in den Abbildungen 47-50 dargestellt. Die absolute Zufuhr an Kohlenhydraten, Fetten und Eiweißen nimmt entsprechend der Abnahme der Energiezufuhr im Lauf des Erwachsenenalters bei den untersuchten Männern stetig ab. Bei den Frauen ist der Trend einer Abnahme der Grundnährstoffzufuhr von der jüngsten zur ältesten Gruppe, mit Ausnahme der Zunahme der Eiweißzufuhr, auch erkennbar. Für die Diskussion wurden die

Ergebnisse zur relativen Zufuhr im Vergleich zu den aktuellen Empfehlungen der DGE (2000) in Abb. 56-57 dargestellt.

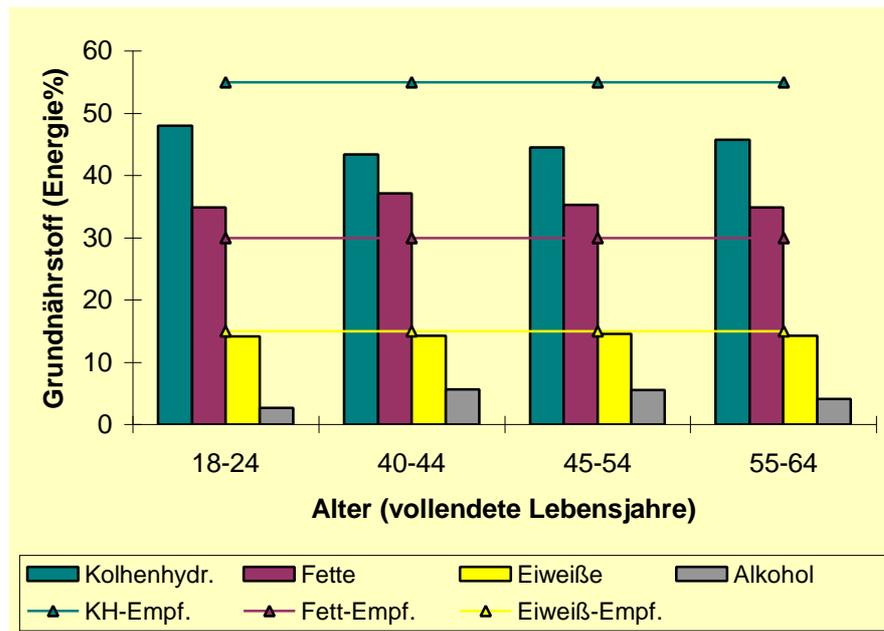


Abbildung 56: Relative Nährstoffaufnahme in Relation zu den Empfehlungen bei Männern

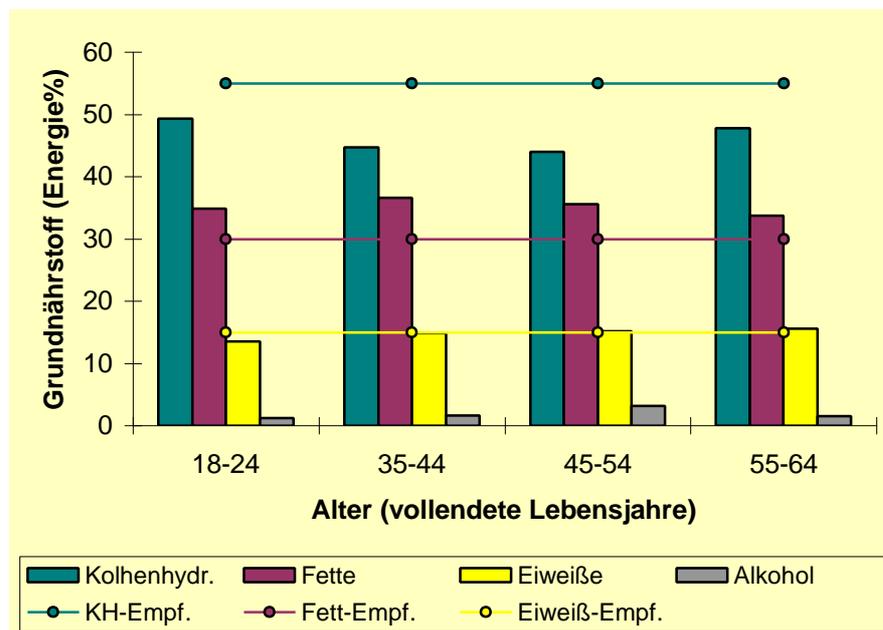


Abbildung 57: Relative Nährstoffaufnahme in Relation zu den Empfehlungen bei Frauen

Für die Zufuhr an Kohlenhydraten werden als Empfehlung 50-55 Energie% oder mehr, für die Fettzufuhr maximal 30 Energie% und für die Proteinzufuhr 15 Energie% angegeben (KLUTHE et al. 1999, DGE 2000). Gerade die Kohlenhydrate sind eine sehr heterogene Nährstoffgruppe. Ein hoher Kohlenhydratverzehr sollte bevorzugt stärke- und ballaststoffreiche Lebensmittel und wenig Mono- und Disaccharide beinhalten (DGE 2000). Bei der Fett- und

Eiweißaufnahme sollte der Anteil an tierischen Produkten nicht zu hoch liegen, weil er mit einer hohen Cholesterin- und Purinaufnahme einhergeht. Eine Zufuhrempfehlung für Alkohol, ab dem die schädigende Wirkung mögliche positive Effekte überdeckt, kann nach DGE (2000) nicht angegeben werden. Bis zur Veröffentlichung der neuen Referenzwerte hat die DGE (1995) strikt eine Zufuhr von 0 g bzw. 0% Alkohol empfohlen. Nunmehr wird ein Konsum von 20 g Alkohol pro Tag für den Mann und 10 g Alkohol für die Frau als gesundheitlich verträglich genannt. Ursache für diese neue Richtlinie sind epidemiologische Studien, in denen gezeigt wurde, dass die genannte Menge Alkohol bezüglich des Herzinfarkttrisikos positive Wirkungen aufwies (DGE 2000).

Wie bereits im Kapitel 4.3.1.2. festgestellt wurde, gewinnen die jüngsten, sowie die ältesten untersuchten Männer und Frauen im Medianwert mehr Energie aus Kohlenhydraten und weniger Energie aus Fetten, im Vergleich zu den beiden mittleren Altersgruppen. Sie nähern sich damit am ehesten den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung und ernähren sich demzufolge gesünder als die 35-55 Jahre alten Männer und Frauen (DGE 2000). Der Alkoholkonsum folgt dieser Entwicklung und liegt absolut und relativ bei den 18-24jährigen und den 55-64jährigen niedriger als im mittleren Altersbereich. Für eine optimale Versorgung könnte der Anteil der Kohlenhydrate jedoch im gesamten untersuchten Altersbereich noch höher und die Fettaufnahme noch niedriger liegen. Die Eiweißaufnahme gilt als ausreichend. Möglicherweise ernähren sich junge Menschen tatsächlich bewusster und gesünder. Bei den 55-64 Jahre alten Probanden könnten erste gesundheitliche Probleme, wie Altersdiabetes oder hohe Cholesterinwerte zu einer gesünderen Lebensweise beitragen. Möglicherweise werden besonders fettreiche Speisen oder Alkohol nicht mehr so gut vertragen und durch andere Lebensmittel ersetzt.

Die mittlere Nährstoffzufuhr der Brandenburger Stichprobe entspricht dem Trend in der deutschen Gesamtbevölkerung einer zu fettreichen Ernährung mit einer Fettaufnahme, die über 35 Energie% liegt (HESEKER et al. 1994, DÖRING et al. 1998, DGE 2000). Bezüglich der Kohlenhydrataufnahme nimmt der Durchschnitt der Deutschen etwa nur 40 Energie% aus Kohlenhydraten zu sich (HESEKER et al. 1994, DGE 2000). Hier ist die Aufnahme der untersuchten Stichprobe positiv zu bewerten, obwohl in keiner Altersgruppe die empfohlenen 50% erreicht werden. Die Proteinversorgung ist bei den üblichen Ernährungsgewohnheiten in Deutschland mehr als gesichert, was auch auf die untersuchten Männer und Frauen zutrifft.

5.3.3. Energieaufnahme im Vergleich zu ausgewählten Parametern des Ernährungszustandes

Eine den Energiebedarf dauerhaft überschreitende Energiezufuhr führt zur Speicherung der überschüssigen Energie in Form von Fettgewebe und kann letztlich zur Manifestation einer Adipositas beitragen (NOACK 1999, DGE 2000). Die Zunahme der Körpermasse, des BMI und des Körperfettanteils mit dem Älterwerden lassen bei den untersuchten Männern und Frauen darauf schließen, dass der Energiebedarf im Mittel mit steigendem Alter langfristig überschritten wurde. Eine Abnahme der Nahrungsenergiezufuhr, wie sie im Lauf des Erwachsenenalters

beobachtet wurde, müsste aber eher eine Verringerung des Body-Mass-Indexes und Körperfettanteils nach sich ziehen. Die Ergebnisse zeigen bei sinkender Energiezufuhr eine Zunahme des BMI, sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen (Abb. 52, 54). Ähnlich verhält sich der GKF (Abb. 53, 55). Lediglich in der Altersgruppe der 45-54 Jahre alten Frauen wurde eine Zunahme der Nahrungsenergiezufuhr verzeichnet, einhergehend mit einem stärkeren Anstieg des BMI. Beim GKF ist dieser Peak nicht erkennbar.

Welche Faktoren können den Energiehaushalt so nachhaltig beeinflussen, dass trotz abnehmender Nahrungsenergieaufnahme BMI und GKF steigen? Der Energiebedarf kann durch die Erhöhung der körperlichen Aktivität deutlich gesteigert werden. Der Anteil der körperlichen Bewegung am Energieumsatz sollte nicht unterschätzt werden (FRITZ und LEITZMANN 1982, HORBER 1997). Vermutlich sind Studenten und Studentinnen hinsichtlich ihrer Freizeitaktivität eine besondere Gruppe. Aufgrund ihrer in der Regel familiären Unabhängigkeit, des Zusammenlebens mit anderen Studenten und weiterer sozialer Faktoren sind sie wahrscheinlich sportlich aktiver als andere junge Menschen. Hinzu kommt, dass das Bedürfnis nach körperlicher Bewegung, sowie die Beweglichkeit und damit die Fähigkeit sich körperlich zu betätigen, allgemein mit dem Alter abnimmt (DGE 2000).

Der Energiebedarf sinkt mit der altersabhängigen Verringerung der Magermasse. Es wäre möglich, dass der Bedarf bei der untersuchten Stichprobe im Alter stärker sinkt, als die Energiezufuhr über die Nahrung abnimmt.

Ein ungünstiges Verhältnis der Grundnährstoffzufuhr, wie eine erhöhte Fett- oder Zuckernahrung, kann nachhaltig zur Manifestation der Adipositas beitragen. Nach SCHNEIDER und HESEKER (1999) belegen epidemiologische Studien, dass eine erhöhte Fettzufuhr ebenso wie ein hoher Fett-Zucker-Quotient auf die Adipositas einen größeren Einfluss haben als die Gesamtenergieaufnahme. Diese Zusammenhänge gelten durch metabolische Studien als gesichert.

Eine weitere grundsätzliche Möglichkeit besteht in der falschen Angabe der Energieaufnahme durch die Testpersonen selbst. Hier muss nochmals das "underreporting" bei den Angaben zum Lebensmittelverzehr und der daraus berechneten Energie- und Nährstoffaufnahme erwähnt werden (BLACK 1996, ZARFL et al. 1997). Falls die Energie- und Nährstoffaufnahme zu niedrig angegeben würde, wäre die tatsächliche Energiezufuhr höher, was einen Anstieg der Parameter zur Einschätzung des Ernährungszustandes zur Folge hätte.

Im Einklang mit den vorliegenden Ergebnissen wurden bei der VERA-Studie sehr schwache negative Korrelationen ($r = -0,11$ für Männer und $r = -0,07$ für Frauen) zwischen BMI und Energieaufnahme aufgezeigt (SCHNEIDER und HESEKER 1999). Demnach spielen vielfältige Einflussfaktoren eine Rolle, von denen die Autorin ihres Erachtens die wichtigsten diskutiert hat.

6. Zusammenfassung

In der westeuropäischen Wohlstandsgesellschaft haben sich die Arbeits- und Lebensbedingungen in den vergangenen Jahrzehnten gravierend gewandelt: Auf der einen Seite hat der Anteil an körperlicher Aktivität im Alltag deutlich abgenommen, auf der anderen Seite haben sich die Ernährungsgewohnheiten hin zu einer hochkalorigen, fett- und zuckerreichen, aber ballaststoffarmen Kost verändert. Die daraus resultierende Verringerung des Energiebedarfes und Erhöhung der Energieaufnahme stellen die Hauptursachen für die Zunahme der Adipositas in unserer Bevölkerung dar. Ein einmal erlangtes Übergewicht ist schwer zu bekämpfen und ist nicht nur eine gesundheitliche Belastung für den Betroffenen, sondern auch ein enormer Kostenfaktor für das Gesundheitswesen. Damit kommt der Prävention der Adipositas und insbesondere der Erkennung von Risikogruppen eine besondere Bedeutung zu.

Die hier dargestellten und diskutierten Untersuchungsergebnisse einer Stichprobe von 211 jüngeren und 497 älteren Brandenburger Männern und Frauen leisten unter methodenkritischem Aspekt einen Beitrag zur Beurteilung und Prävention der Adipositas. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt auf der Erfassung und Einschätzung der natürlichen alters- und geschlechtsspezifischen Variabilität von Körperbau, Körperzusammensetzung, sowie Energie- und Grundnährstoffaufnahme unter den jetzigen Lebensbedingungen in Deutschland. Ein 42 Körpermaße umfassendes Untersuchungsprogramm dient nicht nur der Beschreibung des Körperbaus, sondern auch der anthropometrischen Charakterisierung der Körperzusammensetzung. Die Einschätzung des Gesamtkörperfettanteils erfolgt mit zwei verschiedenen Feldmethoden, der Hautfaltendickenmessung und der Bioimpedanzanalyse (BIA), die bezüglich ihrer Mess- und Berechnungsmethodik kritisch hinterfragt wurden. Die Energie- und Nährstoffaufnahme wurde mit Hilfe eines detaillierten Fragebogens zum Lebensmittelverzehr ermittelt, der freundlicherweise vom Deutschen Institut für Ernährungsforschung zur Verfügung gestellt wurde.

Körperbau und Körperzusammensetzung verändern sich während des Erwachsenenalters sichtbar. Die Körperhöhe und alle weiteren Längenmaße zeigen bei jüngeren Erwachsenen höhere Mittelwerte als bei gleichzeitig untersuchten älteren Erwachsenen. Demgegenüber steigen die Umfangs-, Breiten- und Tiefenmaße der untersuchten Männer und Frauen im Alter an. Während die Rumpfumfänge eine klare Zunahme ihrer Mittelwerte von einer Altersgruppe zur nächsthöheren zeigen, lassen die Extremitätenumfängen nur eine geringe Altersabhängigkeit erkennen. Analog dazu werden besonders Rumpf und Brustkorb im allgemeinen breiter und deutlich tiefer.

Der Sexualdimorphismus im Körperbau kann zusammenfassend wie folgt charakterisiert werden: Die untersuchten Männer aus dem Land Brandenburg erreichen eine größere Körperendhöhe als die untersuchten Frauen. Die typisch weibliche Körperform wird nicht allein durch eine schmalere Taille und breitere Hüfte bewirkt. Bezogen auf ihre Körperhöhe weisen die Frauen geringfügig kürzere Arme und Beine und einen relativ langen Oberkörper im

Vergleich zu den Männern auf. Die Männer besitzen gegenüber den Frauen im Mittelwert einen relativ breiten und tiefen Brustkorb, aber ein relativ schmales Becken. Verschiedene Maße kennzeichnen ihren robusteren Knochenbau. Die untersuchten Frauen zeigen auch in ihren relativen Umfangsmaßen geringere Mittelwerte bei den oberen Extremitäten, jedoch höhere Mittelwerte bei den unteren Extremitäten, verglichen mit den Männern. Letztere sind auf das breitere weibliche Becken, sowie die typisch gynoide Form der Fettverteilung zurückzuführen.

Bei einer Querschnittstudie muss die altersspezifische Abnahme der Körperbaumaße in zwei Ebenen diskutiert werden. Zum einen finden individuelle Altersveränderungen statt, die ursächlich auf das Schrumpfen der Wirbelsäule und die Veränderung der gesamten Körperhaltung zurückgehen. Zum anderen zeigt die säkulare Akzeleration, wie Umweltfaktoren - auf der Grundlage des vorhandenen genetischen Materials - modifizierend auf Wachstum und Entwicklung einwirken können.

Die Körpermasse als einer der wichtigsten gemessenen Parameter für den Ernährungszustand nimmt bei Brandenburger Männern und Frauen im Mittel während des Erwachsenenalters zu. Während bei den Männern ein rückläufiger Trend ab dem 55. Lebensjahr einsetzt, steigt sie bei den Frauen bis zum 65. Lebensjahr weiter an. Da die Körperhöhe dagegen geringfügig sinkt, verschiebt sich der Body-Mass-Index (BMI) mit zunehmendem Alter noch deutlicher als die Körpermasse in den Bereich des Übergewichts. Neu an den vorliegenden Ergebnissen ist, dass Körpermasse und BMI bei den Brandenburger Frauen bis zum 65. Lebensjahr ununterbrochen ansteigen und nicht mit dem einsetzenden Greisenalter in der ältesten Gruppe sinken. Demnach sind Frauen ab dem Klimakterium besonders anfällig, übergewichtig zu werden. Das einmal erlangte Übergewicht scheint sich im Durchschnitt bis ins höhere Alter zu manifestieren. Die Entwicklung von Körpermasse und BMI zeigt aber auch, dass die Brandenburger Männer bereits ab dem 40. Lebensjahr übergewichtsgefährdet sind. Dieses Risiko vergrößert sich jedoch im Mittel mit zunehmendem Alter kaum.

Auch die Hautfaltendicken, als Indikator für das subkutane Fettgewebe, nehmen mit dem Älterwerden deutlich zu. Hier findet mit wachsendem Alter eine Umverteilung des subkutanen Fettgewebes in Richtung Rumpf statt, die bei den Frauen noch deutlicher ausgeprägt ist als bei den Männern. Daraus kann geschlossen werden, dass die höhere Körpermasse und die höheren Umfangs-, Breiten- und Tiefenmaße der älteren Männer und Frauen auf einem Anstieg des Körperfettanteils beruhen. Die Zunahme des Fettanteils am Rumpf (androide Fettverteilung) ist als besonders gesundheitsgefährdend zu werten.

Der Gesamtkörperfettanteil (GKF) steigt im Trend bei den älteren Erwachsenen an, die Veränderungen werden jedoch im höheren Alter mit den beiden angewandten Methoden unterschiedlich interpretiert: Nach dem 55. Lebensjahr zeigt nur die Impedanzanalyse bei Männern und Frauen einen Anstieg des Körperfettanteils bis zur letzten untersuchten Altersgruppe, während der aus Hautfaltendickenmessungen berechnete GKF stagniert. Möglichen Ursachen hierfür wurden diskutiert und bedürfen weiterführender Untersuchungen.

Die Forderung aus der Literatur nach altersspezifischen Gleichungen bei beiden Methoden wird unterstrichen. Der Methodenvergleich zeigt weiterhin, dass bei der Anwendung verschiedener Gleichungen aus Hautfaltendickenmessungen im Mittel geringere Differenzen an GKF auftreten als mit verschiedenen Impedanzgleichungen. Diese Ergebnisse machen vor allem bei der Bioimpedanzanalyse auf die Populationsspezifität und damit eingeschränkte Anwendbarkeit der Formeln aufmerksam. Wiederholungsuntersuchungen an Einzelpersonen haben gezeigt, dass bei ausreichender Messerfahrung des Untersuchers die Inter-Untersucher-Genauigkeit der Hautfaltendickenmessung nicht geringer ist als die der BIA. Zusammenfassend zeigt der Methodenvergleich keine erkennbaren Vorteile der Impedanzanalyse gegenüber der Hautfaltendickenmessung.

Im Vergleich zu Hautfaltendickenmessung und BIA weist der GKF nach dem Vier-Komponenten-Modell von DRINKWATER und ROSS (1980) signifikant geringere Medianwerte auf. Diese werden darauf zurückgeführt, dass die als „Fettmasse“ bezeichnete Komponente bei diesem Modell nur den subkutanen, jedoch nicht den viszeralen Fettanteil einschließt. Die nach DRINKWATER und ROSS (1980) bestimmte Muskelmasse nimmt im Alter bei beiden Geschlechtern stetig ab, die Skelettmasse nimmt leicht zu und die Restmasse verändert sich nicht nennenswert. Das anthropometrische Modell zur Berechnung der Fett-, Muskel-, Skelett- und Restmasse nach DRINKWATER und ROSS (1980) bedarf nach Meinung der Autorin der Überarbeitung und Aktualisierung.

Die Körperzusammensetzung ist durch einen deutlichen Geschlechtsdimorphismus charakterisiert. Dieser zeigt sich insbesondere in einer höheren subkutanen Fettschichtdicke und einem etwa ein Drittel höheren normalen Gesamtkörperfettanteil beim weiblichen Geschlecht. Besonders charakteristisch für Frauen ist die Neigung zur Fettablagerung an den Extremitäten, jedoch im höheren Alter auch am Bauch. Mit zunehmendem Alter sind sogar mehr Frauen als Männer mit einem androiden - d.h. eigentlich „männlichen“ – Fettverteilungsmuster zu finden. Der Muskel-, Skelett- und Restmassenanteil ist bei Frauen im Mittel geringer als bei Männern. Schwerpunkt der Diskussion der Körperzusammensetzung ist es, die Probleme und den aktuellen Forschungsstand bei der Bewertung von Unter-, Normal- und Übergewicht zu verdeutlichen. Für eine wissenschaftlich exakte Beurteilung des Ernährungszustandes einer Bevölkerung reichen Körpermasse oder BMI nicht aus, weil sie die Zusammensetzung des Körpers nicht bzw. nicht genügend berücksichtigen. Daher wird die Bewertung der Körperzusammensetzung, insbesondere des mit einem hohen Gesundheitsrisiko behafteten GKF als besonders wichtig eingeschätzt.

Die tägliche Nahrungsaufnahme der untersuchten Personen lässt eine abnehmende Tendenz bis zum 65. Lebensjahr erkennen. Die absolute Nährstoffzufuhr weist bei den Männern stetig abnehmende Mittelwerte auf. Bei den Frauen ist keine einheitliche Entwicklung zur Kohlenhydrat-, Eiweiß- und Fettaufnahme im Verlauf des Erwachsenenalters zu erkennen. Immerhin nehmen die ältesten untersuchten Frauen weniger Kohlenhydrate und Fette, aber geringfügig mehr Eiweiße auf als die jüngsten. Der Alkoholkonsum liegt bei Männern und

Frauen im mittleren Altersbereich am höchsten. Die im Alter sinkende Energie- und Grundnährstoffaufnahme der Brandenburger Männer und Frauen ist auf einen verringerten Energiebedarf älterer Menschen zurückzuführen.

Aufgrund unterschiedlicher physiologischer Brennwerte der einzelnen Grundnährstoffe zeigt die relative Nährstoffaufnahme (in Energie%) einen anderen Altersgang als die Absolutzufuhr. Bei beiden Geschlechtern gewinnt sowohl die jüngste, als auch die älteste untersuchte Altersgruppe im Medianwert mehr Energie aus Kohlenhydraten und weniger Energie aus Fetten und Alkohol.

Die Männer weisen in allen Altersgruppen eine deutlich höhere Nahrungsenergieaufnahme als die Frauen auf, was auch in der höheren absoluten Aufnahme an Kohlenhydraten, Fetten und Eiweißen zum Ausdruck kommt und auf einen höheren Energiebedarf beim männlichen Geschlecht zurückzuführen ist. Das relative Verhältnis der Grundnährstoffe zueinander ist bei beiden Geschlechtern ähnlich, wobei die Kohlenhydrataufnahme der Frauen im Trend geringfügig höher und die Fettaufnahme bei den älteren Frauen niedriger liegt als bei den Männern derselben Altersgruppe. Die relative Alkoholzufuhr der Männer ist doppelt so hoch im Vergleich zu den Frauen. Der Anteil der Grundnährstoffe an der Energiebereitstellung entspricht jedoch in keiner der untersuchten Gruppen den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE). Allgemein ist der Fettkonsum zu hoch und der Kohlenhydratanteil zu gering. Das zeigt sich besonders in den beiden mittleren untersuchten Altersgruppen und bei den Männern stärker als bei den Frauen.

Ein Vergleich der Energieaufnahme mit dem BMI sowie GKF führt zu interessanten Ergebnissen. Allgemein zeigt die abnehmende Energieaufnahme einen entgegengesetzten Altersverlauf zur Zunahme von BMI und GKF bei beiden Geschlechtern. Mögliche Ursachen der so nicht erwarteten gegenläufigen Entwicklung von Energieaufnahme und BMI bzw. GKF im Lauf des Erwachsenenalters könnten sein:

- Unterschätzung des Anteils der körperlichen Aktivität, besonders bei jungen Erwachsenen,
- stärkere Abnahme des Energiebedarfes in Relation zur Energieaufnahme im Alter,
- zu hoher Fett- und Zuckerverzehr,
- „underreporting“, d.h. fehlerhaft niedrige Angaben zum Lebensmittelverzehr.

Abschließend sei nochmals betont, dass der gesundheitspolitisch bedeutsame Ernährungszustand eines erwachsenen Menschen eine von vielen verschiedenen Faktoren beeinflusste komplexe Größe darstellt, die nicht nur altersspezifisch, sondern auch geschlechtsspezifisch beurteilt werden muss. Vor dem Hintergrund des Anstiegs des Adipositasrisikos mit zunehmendem Alter und des steigenden Anteils älterer Menschen an der Gesamtbevölkerung sollte die Prävention von Übergewicht und Adipositas als gesamtgesellschaftliche Aufgabe angesehen werden. Ein erster Schritt der Erfassung und Beobachtung von Risikogruppen sollte eine kontinuierliche Durchführung repräsentativer Erhebungen sein. Hierfür bietet eine über die Messung von Körpermasse und Körperhöhe hinausgehende anthropometrische Untersuchung - wie die hier vorgestellte und diskutierte - eine solide methodische Grundlage.

Literaturverzeichnis

ABDEL-MALEK AK, MURKHERJEE D, ROCHE AF (1985) A method of constructing an index of obesity. *Hum Biol* 57, 415-430.

ABERNATHY RP, BLACK DR (1997) Healthy body weight standards. *Nutrition* 13, 5, 480-482.

ADOLF T, SCHNEIDER R, EBERHARDT W, HARTMANN S, HERWIG A, HESEKER H, HÜNCHEN K, KÜBLER W, MATIASKE B, MOCH KJ & ROSENBAUER (1995) Ergebnisse der Nationalen Verzehrsstudie (1985-1988) über die Lebensmittel- und Nährstoffaufnahme in der Bundesrepublik Deutschland. In KÜBLER W, ANDERS HJ, HEESCHEN W & KOHLMEIER M (Hrsg) VERA-Schriftenreihe Bd XI. Wiss Fachverlag Dr. Fleck, Niederkleen.

BARLOW SE & DIETZ WH (1998) Obesity evaluation and treatment: expert committee recommendations. The Material and Child Health Bureau, Health Resources and Services Administration, and the Department of Health and Human Services. *Pediatrics* 102, E 29.

BEDDOE AH & SAMAT SB (1998) Body fat prediction from skinfold anthropometry referenced to a new gold standard: in vivo neutron activation analysis and tritium dilution. *Physiol Meas* 19, 393-403.

BERGMANN KE (1985) Die Gesundheitsrisiken durch Adipositas. *Der Kassenarzt* 42.

BERGMANN KE, MENZEL R, BERGMANN E, TIETZE K, STOLZENBERG H & HOFFMEISTER H (1989) Verbreitung von Übergewicht in der erwachsenen Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland. *Akt Ernährungsmed* 14, 205-208.

BEHNKE & WILMORE (1974) Evaluation and regulation of body build and composition. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ.

BIRÓ G & PFAFF G (1991) Erste repräsentative Ernährungserhebung Teil IV Ernährungsgewohnheiten und Zusammenfassung. *Ernährungsforschung* 36, 6, 189-192.

BLACK AE (1996) Physical activity levels from a meta-analysis of double labeled water studies for validating energy intake as measured by dietary assessment. *Nutrition Reviews* 54, 6, 170-174.

BLACK AE, COWARD WA COLE TJ & PRENTICE AM (1996) Human energy expenditure in affluent societies: an analysis of 574 doubly-labelled water measurements. *Europ J Clin Nutr* 50, 72-92

BOEING H, KROKE A, KLIPSTEIN-GROBUSCH K, JECKEL A, VOß S, GEORG T, MEIRI N & BERGMANN M (1995) Internationale Ernährungsstudie zur Prävention von Krebs und anderen chronischen Erkrankungen. *Brandenburgisches Ärzteblatt* 10, 521-525.

BOHLSCHIED-THOMAS S, HOTING I, BOEING H & WAHRENDORF J (1997a) Reproducibility and relative validity of food group intake in a food frequency questionnaire developed for the German part of the EPIC project. I. Food group intake. *Int J Epidemiol* 26, 59-70.

BOHLSCHIED-THOMAS S, HOTING I, BOEING H & WAHRENDORF J (1997b) Reproducibility and relative validity of energy and macronutrient intake of a food frequency questionnaire developed for the German part of the EPIC project. *Int J Epidemiol* 26, 71-81.

BORTZ J (1993) Statistik. Springer Verlag, Berlin.

BOUCHARD C & JOHNSTON E (eds) (1988) Fat distribution during growth and later health outcomes. Alan R. Liss Inc, New York.

BRIEFEL RR, MCDOWELL AM, ALAIMO K, CAUGHMAN RC, BISCHOF AL, CARROL MD & JOHNSON CL (1995) Total energy intake of the US population. The third national health and nutrition examination survey, 1988-1991. *Am J Clin Nutr* 62 (suppl), 1072-1080.

Brockhaus Naturwissenschaften und Technik (1989) Brockhaus, Mannheim.

BURKINSHAW L, JONES PRM & KRUPOWICZ DW (1973) Observer errors in skinfold thickness measurements. *Hum Biol* 45, 2, 273-279.

CARTER JEL & HEATH BH (1990) Somatotyping - development and applications. Cambridge University Press, Cambridge.

CHUMLEA C, ROCHE A, GUO S & WOYNAROWSKA B (1987) The influence of physiologic variables and oral contraceptives on bioelectric impedance. *Hum Biol* 59, 2, 257-269.

COLE T, BELLIZI C, FLEGAL KM & DIETZ WH (2000) Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *Brit Med J* 320, 1240-3.

CONRAD K (1963) Der Konstitutionstypus. Seine genetische Grundlegung und praktische Anwendung. Springer, Berlin.

DESPRÉS J-P, PRUD'HOMME D, POULIOT M-C, TREMBLAY A & BOUCHARD C (1991) Estimation of deep abdominal adipose tissue accumulation from simple anthropometric measurements in men. *Am J Clin Nutr* 54, 471-477.

DEURENBERG P, VAN DER KOOY K, EVERS P & HULSHOF T (1990) Assessment of body composition by bioelectrical impedance in a population aged > 60 years. *Am J Clin Nutr* 51, 3-6.

DEURENBERG P, VAN DER KOOY K, LEENEN R, WESTSTRATE JA & SEIDEL JC (1991) Sex and age specific prediction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance. A cross-validation study. *Int J Obesity* 15, 17-25.

DEURENBERG P & SCHOUTEN FJM (1992) Loss of total body water and extracellular water assessed by multifrequency impedance. *Europ J Clin Nutr* 46, 247-255.

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG (Hrsg) (1995) Empfehlungen für die Nährstoffzufuhr. Umschau Verlag, Frankfurt/M.

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG (Hrsg) (1996) Möglichkeiten und Grenzen epidemiologischer Ernährungsforschung. Journalistenseminar, Frankfurt/M.

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG, ÖSTERREICHISCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG, SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG & SCHWEIZERISCHE VEREINIGUNG FÜR ERNÄHRUNG (Hrsg) (2000) Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Umschau Braus Verlag, Frankfurt/M.

DISSMANN W, DISSMANN T & SCHWAB M (1964) Die Körperzusammensetzung des Menschen und ihre Beeinflussung durch das Alter. *Klin Wschr* 42, 301-309.

DÖRING A, HONIG-BLUM K, WINKLER G, KAMMERLOHR R, FISCHER B & KEIL U (1998) Dietary surveys 1984/85 and 1994/95 in middle-aged men from the city of Augsburg. Monica Project. GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH, Neuherberg.

DRIBBISCH P (1969) Die Bikondylarbreite von Humerus und Femur und ihre Bedeutung für Körperbaudiagnostik und Leistungsprognose. Dissertation A, Päd. Hochschule Potsdam.

- DRINKWATER DT & ROSS WD (1980) Anthropometric fractionation of body mass. In OSTYN M, BEUNEN G, SIMONS J (eds) Kinanthropometry II. University Park Press, Baltimore, MD. International series on sport sciences 9, 178-189.
- DURNIN JVGA & WOMERSLEY J (1974) Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. Brit J Nutr 32, 77-97.
- EDWARDS DAW, HAMMOND WH, HEALY MJR, TANNER JM & WHITEHOUSE RH (1955) Design and accuracy of calipers for measuring subcutaneous tissue thickness. Brit J Nutr 9, 133-143.
- ELIA M (1993) The bioimpedance 'craze'. Europ J Clin Nutr 47, 825-827.
- ELLIS KJ, BELL SJ, CHERTOW GM, CHUMLEA WC, KNOX TA, KOTLER DP, LUKASKI HC & SCHOELLER DA (1999) Bioelectrical impedance methods in clinical research: A Follow-Up to the NIH Technology Assessment Conference. Nutrition 15, 874-880.
- ELMADFA I & LEITZMANN C (1990) Ernährung des Menschen. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- ELSEN R, SIU ML, PINEDA O & SOLOMONS NW (1987) Sources of variability in bioelectrical impedance determinations in adults. In ELLIS KJ, YASAMURA S, MORGAN WD (eds) In vivo body composition studies. The Institute of Physical Sciences in Medicine, London, 184-188.
- Ernährungsbericht (1992) (Hrsg) Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V., Frankfurt/M.
- Ernährungsbericht (1996) (Hrsg) Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V., Frankfurt/M.
- FAO/WHO/UNU (1986) Energy and protein requirements. Geneva, WHO, 724, 1-206.
- FIDANZA F (1991) Nutritional status assessment. Chapman & Hall, London.
- FISCHER H & LEMBCKE B (1991) Die Anwendung der bioelektrischen Impedanzanalyse (BIA) zur Beurteilung der Körperzusammensetzung und des Ernährungszustandes. Inn Med 18, 1, 13-17.
- FLÜGEL B, GREIL H & SOMMER K (1986) Anthropologischer Atlas. Tribüne Verlag, Berlin.
- FRICKE E (1999) Säkulare Veränderungen von Längenmaßen und Längenproportionen bei Kindern und Jugendlichen – Ergebnisse der anthropologischen Querschnittstudie 1987/89. Dissertation, Universität Berlin.
- FRISANCHO RA (1990) Anthropometric standards for the assessment of growth and nutritional status. The University of Michigan Press, Ann Arbor.
- FRITZ M & LEITZMANN C (1982) Körperliche Aktivität und Nahrungsenergieaufnahme. Akt Ernähr 7, 28-36.
- FULLER NJ, JEBB A, LASKEY MA, COWARD WA, ELIA M (1992) Four-component model for the assessment of body composition in humans: comparison with alternative methods and evaluation of the density and hydration of fat-free mass. Clin Science 82, 687-693.
- Gebrauchsanleitung für den BIA 2000-M Multifrequenz body composition analyser.(1995) Data-Input.
- GRAY DS, BRAY GA, GEMAYEL N & KAPLAN K (1989) Effect of obesity on bioelectrical impedance. Am J Clin Nutr 50, 255-260.
- GREIL H (1988) Der Körperbau im Erwachsenenalter - DDR-repräsentative anthropologische Querschnittsstudie 1982/84. Dissertation (B) Universität Berlin.

- GREIL & ROTHER (1988) Körperhöhen-Körpermassen-Indizes und Hautfaltendicken im Erwachsenenalter. *Wiss Z der Humboldt-Universität Berlin, R Med* 37, 2, 229-233.
- GREIL H (1989) Die Definition von Bezugsebenen, Meßpunkten und Meßstrecken als methodische Grundlage der Anthropometrie. In *Wiss Z der Humboldt-Universität Berlin, R Med, Angewandte Anthropometrie* 38, 125-149.
- GREIL H (1993) Alters-, Geschlechts- und Gruppenspezifik von Körperbau und Ernährungszustand. *Curare* 16, 265-274.
- GREIL H & MÖHR M (1996) Anthropometrische Charakterisierung der DDR-Bevölkerung. *Ernährungsforschung* 41, 2-3, 79-114.
- GREIL H (1997a) Physique, type of body shape and nutritional status. *Homo* 48, 1, 33-53.
- GREIL H (1997b) Ontogenetic aspects of dimensions and proportions in sitting posture. *Coll Antropol* 21, 2, 367-386.
- GREIL H (1998) Normalgewicht und Optimalgewicht - Beschreibung und Beurteilung der Körpermasse. *Anthrop Anz* 56, 313-334.
- GRIMM H (1966) Grundriß der Konstitutionsbiologie und Anthropometrie. Volk und Gesundheit, Berlin.
- GUALDI-RUSSO E, TOSELLI S & SQUINTANI L (1997) Remarks on methods for estimating body composition parameters: reliability of skinfold and multiple frequency bioelectric impedance methods. *Z Morphol und Anthropol* 81, 3, 321-331.
- HAN TS, CARTER R, CURRALL JE & LEAN ME (1996) The influence of fat free mass on prediction of densitometric body composition by bioelectrical impedance analysis and by anthropometry. *Europ J Clin Nutr* 50, 8, 542-548.
- HAUNER H (1987) Fettgewebsverteilung und Adipositasrisiko. *Dtsch med Wschr* 112, 731-735.
- HAUNER H (1999) Übergewicht im Erwachsenenalter. In BIESALSKI HK FÜRST P, KASPER H, KLUTHE R, PÖLERT W, PUCHSTEIN C & STÄHELIN HB (Hrsg) *Ernährungsmedizin*. Thieme Verlag Stuttgart, 246-269.
- HÄUßLER A, REHM J & KOHLMEIER L (1990) Bundeslebensmittelschlüssel (BLS). *AID Verbraucherdienst* 35, 187-197.
- HEBEBRAND J, HESEKER H, HIMMELMANN W, SCHÄFER H & REMSCHMIDT H (1994) Altersperzentilen für den Body-Mass-Index aus Daten der Nationalen Verzehrsstudie einschließlich einer Übersicht zu relevanten Einflußfaktoren. *Akt Ernähr-Med* 19, 259-265.
- HEITMANN BL (1990a) Prediction of body water and fat in adults from measurement of electrical impedance. A validation study. *Int J Obesity* 14, 789-802.
- HEITMANN BL (1990b) Evaluation of body fat estimated from body mass index, skinfolds and impedance. A comparative study. *Europ J Clin Nutr* 44, 831-837.
- HEITMANN BL (1994) Impedance: A valid method in assessment of body composition? Review. *Europ J Clin Nutr* 48, 228-240.
- HESEKER H, ADOLF T, EBERHARDT W, HARTMANN S, HERWIG A, KÜBLER W, MATIASKE B, MOCH KJ, NITSCHKE A, SCHNEIDER R & ZIPP A (1994) Lebensmittelverzehr und Nährstoffaufnahme Erwachsener in der Bundesrepublik Deutschland. In KÜBLER W, ANDERS HJ, HEESCHEN W & KOHLMEIER M (Hrsg) *VERA-Schriftenreihe Bd III*. Wiss Fachverlag Dr. Fleck, Niederkleen.

- HEYMSFIELD SB, MCMANUS C, SMITH J, STEVENS V & NIXON DW (1982) Anthropometric measurement of muscle mass: revised equations for calculation bone-free arm muscle area. *Am J Clin Nutr* 36, 680-690.
- HEYMSFIELD SB, GALLAGHER D, VISSER M, NUNEZ C & WANG ZM (1995) Measurement of skeletal muscle: laboratory and epidemiological methods. *J gerontology* 50A (special issue), 23-29.
- HEYWARD VH & STOLARCZYK LM (1996) Applied body composition assessment. *Human kinetics*.
- HINGHOFFER-SZALKAY H (1989) Ernährungsstatus und Körperzusammensetzung. *Öst Ärztezg* 44, 19.
- HOFFMANN GE, MÜLLER CH, SCHREIBER Y, HOFFMANN S & WEISS L (1985) Idealgewicht und ideale Fettmasse. *medwelt* 36, 1098-1101.
- HOFFMANN MDAF, KROMHOUT D, DE LEZENNE & COULANDER C (1988) The impact of body mass index of 78,612 18-year old dutch men on 32-year mortality from all causes. *J Clin Epidemiol* 41, 8, 749-756.
- HORBER FF, GRUBER B, THOMI F, JENSEN EX & JÄGER P (1997) Effect of sex and age on bone mass, body composition and fuel metabolism in humans. *Nutrition* 13, 6, 524-534.
- HUNECKE I (1986) Beziehungen zwischen anthropometrischen Daten, Alter, Übergewicht und Ernährung. *Z Alternsforschung* 41, 1, 47-55.
- JACKSON AS & POLLOCK ML (1978) Generalized equations for predicting body density of men. *Brit J Nutr* 40, 497-504.
- JACKSON AS, POLLOCK ML & WARD A (1980) Generalized equations for predicting body density of women. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 12, 175-182.
- JAEGER U (1998) Secular trend in Germany. In BODZSÁR BE & SUSANNE C (Eds.) *Secular growth changes in Europe*. Eötvös Univ Press, Budapest, 135-159.
- JOHNSEN D & SCHOLZ C (1989) Anthropometrische Methoden zur Ermittlung und Beurteilung des Ernährungszustandes des Menschen. In *Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität Berlin, Reihe Medizin, Angewandte Anthropometrie* 38, 2, 218-226.
- JOHNSEN D (1990) Ermittlung und Beurteilung der Nahrungsaufnahme und des Ernährungszustandes. In KETZ HA (Hrsg) *Grundriß der Ernährungslehre*. Fischer, Jena, 384-401.
- JOHNSEN D (1993) Körperbau, Ernährung und Ernährungszustand - Fakten und Konsequenzen. In ERBERSDOBLER H & WOLFRAM G (Hrsg) *Echte und vermeintliche Risiken der Ernährung*. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart.
- JONES PRM & NORGAN NG (1994) Anthropometry and the assessment of body composition. In HARRIES M & CLYDE W (eds) *Oxford Textbook of Sports Medicine*, 149-160.
- KAAKS R, SLIMANI N & RIBOLI E (1997) Pilot phase studies on the accuracy of dietary intake measurements in the EPIC Project: Overall evaluation of results. *Int J Epidemiol* 26, 1, 26-35.
- KAHN HS (1993) Choosing an index for abdominal obesity: an opportunity for epidemiologic clarification. *J Clin Epidemiol* 46, 5, 491-494.
- KAHN HS (1996) The abdominal diameter index and sudden coronary death in men. *Am J Cardiol* 78, 15, 961-964.

- KIRCHENGAST S (1994) Body dimensions and thyroid hormone levels in premenopausal and postmenopausal women from Austria. *Am J Phys Anthropol* 94, 487-497.
- KIRCHENGAST S, GRUBER D, SATOR M, KNOGLER W & HUBER J (1997) The fat distribution index - a new possibility to quantify sex specific fat patterning in females. *Homo* 48, 3, 285-295.
- KLIPSTEIN-GROBUSCH K, VOSS S, BOEING H & KROKE A (1995) „Sie essen - wir messen!“ - Prävalenz von Adipositas in der Potsdamer Ernährungsstudie. *Akt Ernähr-Med* 20, 284.
- KLUTHE R, GEBHARDT A & THIMMEL R (1999) Ernährung im Erwachsenenalter. In BIESALSKI HK, FÜRST P, KASPER H, KLUTHE R, PÖLERT W, PUCHSTEIN C & STÄHELIN HB (Hrsg) *Ernährungsmedizin*. Thieme Verlag Stuttgart, 212-223.
- KNÜßMANN R (1988) Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen. Band I, 1, Fischer Verlag, Stuttgart.
- KNÜßMANN R (1996) Vergleichende Biologie des Menschen. Fischer Verlag, Stuttgart.
- KROKE A, BERGMANN M, KLIPSTEIN-GROBUSCH K & BOEING H (1998) Obesity, body fat distribution and body build: Their relation to blood pressure and prevalence of hypertension. *Int J Obesity* 22, 1062-1070.
- KROMEYER-HAUSCHILD K, ZELLNER K, JÄGER U & HOYER H (1999) Prevalence of overweight and obesity among school children in Jena (Germany). *Int J Obes Relat Metab Disord* 23, 11, 1143-1150.
- KROTKIEWSKI M, BJÖERNTORP P, SJÖESTRÖEM L & SMITH U (1983) Impact of obesity on metabolism in man and women. Importance of regional adipose tissue distribution. *J Clin Invest* 72, 1150.
- KUCZMARSKI RJ, FLEGAL KM, CAMPBELL MHS & JOHNSON CL (1994) Increasing prevalence of overweight among US adults. *JAMA* 272, 3, 205-211.
- KUßMAUL B, DÖRING A & FILIPIAK B (1996) Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) in einer epidemiologischen Studie. *Ernährungs-Umschau* 43, 2, 46-48.
- KUSHNER RF & SCHOELLER DA (1986) Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr* 44, 417-424.
- KUSHNER RF, KUNIGK A, ALSPAUGH M, ANDRONIS PT, LEITCH CA & SCHOELLER DA (1990) Validation of bioelectrical impedance analysis as a measurement of change in body composition in obesity. *Am J Clin Nutr* 52, 2, 219-223.
- KUSHNER RF (1992) Bioelectrical impedance analysis: A review of principles and applications. *J Am Coll Nutr* 11, 2, 199-209.
- LEWELING H (1991) Erhebung des Ernährungszustandes und Therapiekontrolle. In SCHAUDER P (Hrsg) *Ernährung und Tumorerkrankungen*. Karger, Basel.
- LIVSHITS G, YAKOVENKO K, GINSBURG E & KOBLYANSKY E (1998) Genetics of human body size and shape: pleiotropic and independent genetic determinants of adiposity. *Ann Hum Biol* 25,3, 221-236.
- LOHMANN TG (1992) Advances in body composition assessment. Current issues in Exercise Science, 3, Human Kinetics Publishers, Champaign Illinois.

- LOZANO A, ROSELL J & PALLAS-ARENY R (1995) Errors in prolonged electrical impedance measurements due to electrode repositioning and postural changes. *Physiol Meas* 16, 121-130.
- LUKASKI HC, JOHNSON PE, BOLUNCHUK WW & LYKKEN GI (1985) Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *Am J Clin Nutr* 41, 810.
- LUKASKI HC & BOLONCHUK WW (1988) Estimation of body fluid volumes using tetrapolar bioelectrical impedance measurements. *Aviation Space and Environmental Medicine* 59, 1163-1169.
- LUKASKI HC (1989) Use of bioelectrical impedance analysis to assess human body composition: a review. In LIVINGSTON GE (ed) *Nutritional Status Assessment of the Individual*. Food and Nutrition Press. 189-204.
- LÜTGERT U & WILLMANN A (1994) Körperliche Entwicklung, Unterhautfettgewebe und Körperzusammensetzung (Gesamtkörperfett und fettfreie Körpermasse) bei Kindern und Jugendlichen im Alter vom 3 bis 18 Jahren. Dissertation, Universität Berlin.
- MALPRICHT B & BÖTTCHER C (1997) Vergleichende Studie über Körperbau und Körperzusammensetzung mit Hilfe von Bioelektrischer Impedanzmessung und Anthropometrie bei jungen Erwachsenen unter Berücksichtigung des sportlichen Aktivitätsgrades. Dissertation, Universität Berlin.
- MARTIN R (1957) *Lehrbuch der Anthropologie*. 3. Auflage v. SALLER K, Fischer, Stuttgart.
- MARTIN M (1996) Schätzung der sozialen Kosten ernährungsabhängiger Krankheiten. *Ernährungsforschung* 41, 2-3, 210-220.
- MATIEGKA J (1921) The testing of physical efficiency. *Am J Phys Anthropol* 4, 223-230.
- Metropolitan Life Insurance Company (1959) New weight standards for men and women. *Statistical Bulletin* 40, 1-12.
- Metropolitan Life Insurance Company (1983) Metropolitan height and weight tables. *Statistical Bulletin* 64, 1-4.
- MÖHR M (1969) Zur metrischen Bestimmung des Körperbautyps und die Verteilung der Typen bei Industriearbeitern und Arbeiterinnen der DDR. *Dt Gesundheitsw* 24, 954-960.
- MÖHR M & JOHNSEN D (1972) Tabellen zur Beurteilung des Körpergewichts erwachsener Männer und Frauen nach ihrem Optimalgewicht. *Z ärztl Fortbild* 66, 1052-1064.
- MÖHR M (1982) Zur Definition der Fettsucht. *Ernährungsforschung* 1, 27, 5-7.
- MULLER DC, ELAHI D, SORKIN JD & ANDRES R (1995) Muscle mass: its measurement and influence on aging. In ROSENBERG IH (ed) *Nutritional assessment of elderly populations*. Raven Press, New York.
- NOACK R, MÖHR M & AUST L (1985) Das wünschenswerte Körpergewicht. *Ernährungsforschung* 30, 5, 144-149.
- NOACK R (1992) Adipositas und Energieverwertung. *Ernährungs-Umschau* 39, 195-199.
- NOACK R (1999) Energiehaushalt. In BIESALSKI HK FÜRST P, KASPER H, KLUTHE R, PÖLERT W, PUCHSTEIN C & STÄHELIN HB (Hrsg) *Ernährungsmedizin*. Thieme Verlag Stuttgart, 28-41.

- NORGAN NG (1991) Anthropometric assessment of body fat and fatness. In: Anthropometric Assessment of Nutritional Status. Wiley-Liss, Inc. 197-212.
- ORTSEIFEN C (1997) Der SAS-Kurs. International Thomson Publishing GmbH, Bonn.
- PACY PJ, QUEVEDO M, GIBSON NR, COX M, KOUTEDAKIS Y & MILLWARD J (1995) Body composition measurement in elite heavyweight oarswomen: a comparison of five methods. *J Sports Med Phys Fitness* 35, 1, 67-74.
- PARÍZKOVÁ J (1977) Body fat and physical fitness. Martinus Nijhoff BV, Medical Division, The Hague.
- PASQUALI R, CASIMIRRI F, LABATE AMML, TORTELLI O, PASCAL G B, GATTO MRA, FLAMIA R, CAPELLI M, BARBARA L & THE VMH COLLABORATIVE GROUP (1994) Body weight, fat distribution and the menopausal status in women. *Int J Obesity* 18, 614-621.
- POLITO A, CUZZOLARO M, RAGUZZINI A, CENSI L & FERRO-LUZZI A (1998) Body composition changes in anorexia nervosa. *Europ J Clin Nutr* 52, 655-662.
- POULIOT M-C, DESPRÉS J-P, LEMIEUX S, MOORJANI S, BOUCHARD C, TREMBLAY A, NADEAU A & LUPIEN P J (1994) Waist circumference and abdominal sagittal diameter: Best simple anthropometric indexes of abdominal visceral adipose tissue accumulation and related cardiovascular risk in men and women. *Am J Cardiol* 73, 460-468.
- PRITCHARD JE, NOWSON CA, STRAUSS BJ, CARLSON JS, KAYMAKCI B & WARK JD (1993) Evaluation of dual energy x-ray absorptiometry as a method of body fat. *Eur J Clin Nutr* 47, 216-228.
- PUCHSTEIN C, MERTES N & NOLTE G (1989) Erfassung des Ernährungszustandes. *Infusionstherapie* 16, 5, 222-228.
- REHS HJ, BERNDT I, RUTENFRANZ J & BURMEISTER W (1975) Untersuchungen zur Bestimmung der Hautfaltenstärke mit verschiedenen Kalipern. *Z Kinderheilkunde* 120, 121-133.
- RINGE JD (1999) Erkrankungen des Skelettsystems. In BIESALSKI HK, FÜRST P, KASPER H, KLUTHE R, PÖLERT W, PUCHSTEIN C & STÄHELIN HB (Hrsg) Ernährungsmethoden. Thieme Verlag Stuttgart, 567-584.
- ROCHE AF, HEYMSFIELD SB, LOHMANN TG (1996) Human body composition. Human Kinetics, Champaign.
- ROLLAND-CACHERA MF, COLE TJ, SEMPÉ M, TICHET J, ROSSIGNOL C & CHARRAUD A (1991) Body mass index variations: centiles from birth to 87 years. *Europ J Clin Nutr* 45, 13-21.
- ROSS WD & WILSON NC (1974) A stratagem for proportional growth assessment. *Acta Paediatrica* 28, Suppl 1, 169-183.
- ROSS WD, LEAHY RM, DRINKWATER DT & SWENSON PL (1981) Proportionality and body composition in male and female olympic athletes: a kinanthropometric overview. *Medicine Sport* 15, 74-89.
- ROSS WD & MARFELL-JONES MJ (1982) Kinanthropometry. In MACDOUGALL JD, WENGER AH & GREEN HJ (eds) Physiological testing of the elite athlete. Canadian Association of Sport Sciences, Ottawa, Mutual, 75-115.
- ROSS WD & EIBEN OG (1991) The sum of skinfolds and the 0-scale-system for physique assessment rating of adiposity. *Anthrop Közl* 33, 299-303.

- ROSS WD (1991) Adiposity, ponderosity and the 0-scale system. *Age & Nutrition* 2, 1, 45-51.
- ROUBENOFF R, BAUMGARTNER RN, KIEL D P, DALLAL GE, HANNAN MT, ECONOMOS CD, STAUBER PM, WILSON PWF & HARRIS TB (1997) Application of bioelectrical impedance analysis to elderly populations. *J Gerontol* 52, M129-M136.
- SACHS L (1992) *Angewandte Statistik*. Springer Verlag, Berlin.
- SCHNEIDER R (1996) Relevanz und Kosten der Adipositas in Deutschland. *Ernährungs-Umschau* 43, 10, 369-374.
- SCHNEIDER R & HESEKER H (1999) Zusammenhang zwischen der Zucker-, Energie- und Fettaufnahme sowie der Verbreitung von Übergewicht. Teil I. *Ernährungs-Umschau* 46, 8, 292-295.
- SCHNEIDER R & HESEKER H (1999) Zusammenhang zwischen der Zucker-, Energie- und Fettaufnahme sowie der Verbreitung von Übergewicht. Teil II. *Ernährungs-Umschau* 46, 9, 330-335.
- SCHUTZ Y (1999) Ermittlung der Körperzusammensetzung. In BIESALSKI HK FÜRST P, KASPER H, KLUTHE R, PÖLERT W, PUCHSTEIN C & STÄHELIN HB (Hrsg) *Ernährungsmedizin*. Thieme Verlag Stuttgart, 246-269.
- SCHOLS A, WOUTERS E, SOETERS P & WESTERTERP K (1991) Body composition by bioelectrical impedance analysis compared with deuterium dilution and skinfold anthropometry in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Clin Nutr* 53, 421-424.
- SCHOELLER DA (1990) How accurate is self-reported dietary energy intake? *Nutr Rev* 48, 373-379.
- SCHRÖDER I (2000) *Theoretische Beiträge zur evolutionären Anthropologie*. Habilitation, Universität Kiel.
- SEGAL K R, VAN LOAN M, FITZGERALD PI, HODGDON JA & VAN ITALLIE BT (1988) Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: a four-site cross validation study. *Am J Clin Nutr* 47, 7-14.
- SEILER WO & STÄHELIN HB (1999) Malnutrition im Alter. In BIESALSKI HK FÜRST P, KASPER H, KLUTHE R, PÖLERT W, PUCHSTEIN C & STÄHELIN HB (Hrsg.) *Ernährungsmedizin*. Thieme Verlag Stuttgart, 279-287.
- SLOAN AW (1962) Estimation of body fat in young women. *J Applied Physiology* 17, 967-970.
- SLOAN AW (1967) Estimation of body fat in young men. *J Applied Physiology* 23, 311-315.
- SICHERT W, OLTERS DORF U, WINZEN U & LEITZMANN C (1984) Ernährungs-Erhebungsmethoden. Schriftenreihe der Arbeitsgemeinschaft Ernährungsverhalten e V, Band 4, Beiheft der Zeitschrift *Ernährungs-Umschau* 31.
- SINNING WE & WILSON JR (1984) Validation of „generalized“ equations for body composition analysis in women athletes. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 55, 2, 153-160.
- SOMMER K (1986) *Der Mensch*. Verlag Volk und Wissen, Berlin.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (Hrsg) (1998) *Gesundheitsbericht für Deutschland*. Kap 4.3. Ernährung. 86-89.

- SPIRDUSO WW (1995) Physical dimensions of aging. Human Kinetics, Champaign.
- STINI WA (1984) The significance of body composition in human aging. J Indian Anthropol Soc 19, 80-91.
- STINI WA (1994) Nutrition and aging. In CREWS DE & GARRUTO RM (eds) Biological anthropology and aging. Oxford University Press, New York, 232-271.
- STROH S (1995) Methoden zur Erfassung der Körperzusammensetzung. Ernährungs-Umschau 42, 3, 88-94.
- STRÖMGREN E (1937) Über anthropometrische Indices zur Unterscheidung von Körperbautypen. Z Neurol Psychiat 159, 75-81.
- TAGLIABUE A, CENA H, TRENTANI C, LANZOLA E & SILVA S (1992) How reliable is bio-electrical impedance analysis for individual patients? Int J Obes 16, 649-652.
- THOMAS BJ, CORNISH BH & WARD LC (1992) Bioelectrical impedance analysis for measurement of body fluid volumes: A Review. J Clin Engineering 17, 6, 505-510.
- TRIPPO U (1998) Körperbau, Körperzusammensetzung und Ernährungszustand bei jüngeren und älteren Erwachsenen. Homo 49, Suppl. 110.
- TRIPPO U & GREIL H (1998) Body composition, nutrition and nutritional habits of young and elderly adults. Coll Antrop 22, 2, 365-384.
- TRIPPO U & KLIPSTEIN-GROBUSCH K (1998) Körperbautypenspezifische Körperzusammensetzung und Ernährung im Erwachsenenalter - ein Vergleich von Hautfaltendickenmessung und bioelektrischer Impedanzanalyse. Anthropol Anz 56, 4, 335-349.
- VISSER M, DEURENBERG P & VAN STAVEREN WA (1995) Multifrequency bioelectrical impedance for assessing total body water and extracellular water in elderly subjects. Europ J Clin Nutr 49, 256-266.
- VOß S, BOEING H, JECKEL A, KORFMANN A, WAHRENDORF J, BERGMANN M & KROKE A (1995) European prospective investigation into cancer and nutrition (EPIC) und Gesundheit, Ernährung und Krebs (GEK). Ernährungs-Umschau 42, 97-101.
- WAGNER K (2000) Die bioelektrische Impedanzanalyse und ihre Störfaktoren – kritische Methodenanalyse. Diplomarbeit Universität Potsdam.
- WATTANAPENPAIBOON N, LUKITO W, STRAUSS BJG, HSU-HAGE BH-H, WAHLQVIST ML & STROUD DB (1998) Agreement of skinfold measurement and bioelectrical impedance analysis (BIA) methods with dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) in estimating total body fat in Anglo-Celtic Australians. Int J Obesity 22, 854-860.
- WHO (1998) Obesity - a major global public health problem. World Health Organisation. Geneva.
- WOLFRAM G (1980) Was ist Idealgewicht? Ernährungs-Umschau 27, 11, 351-355.
- WOLFRAM G (1990) Fettsucht: Neubewertung des Risikos. Abhängigkeit von relativem Körpergewicht, Lebensalter und Fettgewebsverteilung. Ernährungs-Umschau 37, 347-354.
- ZARFL B, KÖNIG J & ELMADFA I (1997) "Under-recording" in 7-Tage-Wiegeprotokollen bei 6 bis 18jährigen. Ernährungs-Umschau 44, 255-260.

Anhang

Tabellenanhang

Anlage 1: Fragebogen zu Ernährungsgewohnheiten

Anlage 2: Auswertung der Körpermessungen

Anlage 3: Auswertung des Ernährungsfragebogens

Anlage 4: Formeln zur Berechnung des Gesamtkörperfettanteils mittels Hautfaltdickenmessungen

Anlage 5: Formeln zur Berechnung des Gesamtkörperfettanteils mittels BIA

Frauen		Männer	
normalverteilt	nicht normalverteilt	normalverteilt	nicht normalverteilt
Körperbaumaße			
Körperhöhe	Rumpflänge	Körperhöhe	Handumfang
Kinnhöhe	ganze Kopfhöhe	Kinnhöhe	Taillenumfang
Brustbeinhöhe	Brustumfang, mesost.	Brustbeinhöhe	Hüftumfang
Darmbeinhöhe	Brustumfang, horizontal	Darmbeinhöhe	Brustkorbbreite
projektiv. Beinlänge	Brustkorbumfang	projektiv. Beinlänge	Brustkorbtiefe
Stammlänge	Taillenumfang	Stammlänge	Abdominaldurchmesser, stehend
Oberarmlänge	Hüftumfang	Rumpflänge	
vordere Halslänge	Oberschenkelumfang, groß	Oberarmlänge	
Handumfang	Oberschenkelumfang, mittlerer	ganze Kopfhöhe	
Schulterbreite	Unterschenkelumfang, groß und klein	vordere Halslänge	
	Oberarmumfang, angesp.	Brustumfang, mesost.	
	Oberarmumfang, Ruhe	Brustumfang, horizontal	
	Unterarmumfang	Brustkorbumfang	
	Handgelenkumfang	Oberschenkelumfang, groß	
	Halsumfang	Oberschenkelumfang, mittlerer	
	Brustkorbbreite	Unterschenkelumfang, groß und klein	
	Brustkorbtiefe	Oberarmumfang, angesp.	
	Beckenbreite	Oberarmumfang, Ruhe	
	Abdominaldurchmesser, liegend	Unterarmumfang	
	Abdominaldurchmesser, stehend	Handgelenkumfang	
	Kniebreite	Halsumfang	
	Ellenbogenbreite	Schulterbreite	
		Beckenbreite	
		Abdominaldurchmesser, liegend	
		Kniebreite	
		Ellenbogenbreite	
Körperzusammensetzung			
Frame-Index	Körpermasse	Körpermasse	Body-Mass-Index
Broca-Index	Body-Mass-Index	Frame-Index	Fettleibigkeits-Index
Reactance	Fettleibigkeits-Index	Broca-Index	Taille-Hüfte-Index
Resistance	Taille-Hüfte-Index	Magermasse (mit den Impedanzgleichungen)	Fettverteilungs-Index
Skelettmasse	Fettverteilungs-Index	Körperfettanteil (mit den Impedanzgleichungen)	Oberarmmuskelfläche
Restmasse	Oberarmmuskelfläche	Muskelmasse	mittlere Fettschichtdicke alle 11 Hautfalten
	mittlere Fettschichtdicke alle 11 Hautfalten	Skelettmasse	Reactance
	Körperfettanteil (mit allen untersuchten Gleichungen)	Restmasse	Resistance
	Magermasse (mit allen untersuchten Gleichungen)		Körperfettanteil (mit DRINKWATER u. ROSS)
	Muskelmasse		Körperfettanteil (mit den Hautfaltengleichungen)
Energie- und Nährstoffzufuhr			
Kohlenhydrate (E%)	Energieaufnahme (kJ)	Kohlenhydrate (E%)	Energieaufnahme (kJ)
Eiweiß (E%)	Kohlenhydrate (g)	Fett (E%)	Kohlenhydrate (g)
	Fett (g)	Eiweiß (E%)	Fett (g)
	Eiweiß (g)		Eiweiß (g)
	Fett (E%)		Alkohol (g)
	Alkohol (g)		Alkohol (E%)
	Alkohol (E%)		

Tabelle I: Übersicht über alle normal- und nicht normalverteilten Merkmale

Körpermaß (cm)	Männer						Alter (Jahre)	Frauen					
	P ₁	P ₅	P ₅₀		P ₉₅	P ₉₉		P ₁	P ₅	P ₅₀		P ₉₅	P ₉₉
Körper- höhe	164,7	169,0	179,6		191,7	200,3	18-24	154,8	158,5	167,8		176,4	183,0
	160,8	164,5	178,1	n.s.	190,2	192,5	35-44	148,3	153,5	163,7	**	173,9	179,3
	154,2	164,0	173,1	*	182,6	186,6	45-54	146,4	153,9	162,4	n.s.	171,5	173,5
	154,8	162,0	173,5	n.s.	182,7	186,2	55-64	149,5	152,5	162,3	n.s.	169,9	174,9
Kinnhöhe	143,0	147,5	156,1		166,8	175,0	18-24	134,0	136,7	146,7		154,2	161,0
	137,1	143,3	154,6	n.s.	165,1	171,5	35-44	128,2	132,8	143,1	**	153,0	155,9
	132,3	142,9	150,8	*	158,5	162,0	45-54	126,6	134,1	141,9	n.s.	150,6	154,5
	131,8	141,4	150,8	n.s.	160,3	164,4	55-64	129,4	133,3	141,6	n.s.	149,8	153,2
Brustbein- höhe	132,4	136,8	145,7		155,6	160,3	18-24	125,1	127,8	136,3		144,3	149,8
	127,0	133,0	144,5	n.s.	155,1	155,5	35-44	120,7	124,0	133,3	**	142,9	146,6
	125,6	133,5	141,7	n.s.	149,6	153,3	45-54	117,4	124,8	132,1	n.s.	141,7	144,6
	124,6	131,6	142,1	n.s.	149,9	153,3	55-64	121,5	124,1	132,6	n.s.	139,8	142,4
Darmbein- höhe	91,1	95,7	102,5		110,5	116,1	18-24	85,3	88,1	95,1		101,9	107,8
	85,3	89,9	99,1	**	108,8	109,7	35-44	76,5	84,6	92,3	**	100,8	104,7
	88,5	90,3	97,8	n.s.	103,9	110,3	45-54	81,2	84,9	92,6	n.s.	99,3	99,9
	84,1	89,9	98,2	n.s.	104,6	109,6	55-64	79,4	83,9	92,3	n.s.	98,8	99,4
Stamm- länge	83,1	87,7	94,1		99,0	103,9	18-24	82,6	83,0	88,5		94,5	96,6
	85,1	86,4	94,2	n.s.	97,3	100,3	35-44	79,6	81,5	86,6	**	92,3	95,1
	81,0	86,5	90,6	**	95,5	97,5	45-54	80,2	81,0	86,1	n.s.	90,4	91,8
	81,3	84,1	90,2	n.s.	94,8	96,1	55-64	77,9	79,7	84,9	*	89,4	91,7
projektiv. Beinlänge	75,5	79,5	85,5		94,0	100,8	18-24	70,8	72,2	79,0		85,4	87,3
	73,6	75,7	84,4	n.s.	93,4	96,7	35-44	66,1	69,4	77,0	**	82,9	85,3
	72,8	75,6	82,5	n.s.	90,0	95,1	45-54	66,2	69,5	76,4	n.s.	83,6	86,1
	72,1	75,7	82,9	n.s.	89,5	97,7	55-64	69,8	70,8	77,4	n.s.	83,1	85,4
Rumpf- länge	58,8	62,0	67,7		72,1	76,0	18-24	58,0	59,5	64,1		68,7	69,6
	60,1	61,5	68,4	n.s.	71,6	73,1	35-44	56,1	58,8	62,6	**	67,7	70,1
	58,5	61,8	65,9	*	70,8	71,7	45-54	56,7	58,4	62,3	n.s.	66,9	68,2
	59,3	60,1	65,6	n.s.	70,0	71,7	55-64	55,9	57,5	61,4	n.s.	65,3	66,8
Oberarm- länge	25,8	29,6	32,7		35,5	38,3	18-24	25,9	26,9	29,7		32,4	33,5
	28,1	29,7	32,5	n.s.	36,4	37,5	35-44	24,9	26,6	29,4	n.s.	31,7	33,7
	28,0	29,4	32,0	n.s.	35,1	36,9	45-54	25,2	27,1	29,3	n.s.	32,6	33,1
	26,6	28,2	32,5	n.s.	35,7	36,9	55-64	26,9	27,7	29,6	n.s.	32,3	33,1
ganze Kopfhöhe	18,8	20,2	23,1		25,5	26,3	18-24	18,3	19,2	21,6		23,3	24,3
	19,9	20,8	22,1	n.s.	25,2	25,8	35-44	18,1	18,8	20,9	*	22,2	23,7
	18,5	19,7	22,1	n.s.	24,6	26,1	45-54	12,0	18,4	20,4	n.s.	22,9	24,5
	19,2	20,4	22,3	n.s.	24,0	24,3	55-64	17,9	18,6	20,5	n.s.	22,3	23,2
vordere Halslänge	5,8	8,3	10,7		13,4	15,3	18-24	7,3	8,5	10,1		12,3	13,1
	7,3	7,6	10,4	n.s.	13,2	16,0	35-44	6,6	7,6	9,8	n.s.	11,9	12,9
	6,4	6,9	9,9	n.s.	11,7	12,3	45-54	7,1	8,0	9,6	n.s.	11,6	12,3
	5,2	7,0	9,1	n.s.	11,9	12,9	55-64	6,6	6,9	9,1	*	10,8	11,6

Signifikanzniveau * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$, von einer Altersgruppe zur nächstälteren; n.s. keine signifikanten Unterschiede

Tabelle II: Untersuchte Längenmaße der Männer und Frauen nach Altersgruppen

Körpermaß (cm)	Männer						Alter (Jahre)	Frauen					
	P ₁	P ₅	P ₅₀		P ₉₅	P ₉₉		P ₁	P ₅	P ₅₀		P ₉₅	P ₉₉
mesost. Brust- umfang	82,0	86,5	96,3		107,0	113,3	18-24	76,1	76,7	83,9		93,1	96,5
	89,3	89,5	102,5	**	113,8	121,1	35-44	76,6	79,2	87,4	**	108,5	120,4
	89,8	94,1	103,2	n.s.	114,1	130,4	45-54	76,4	82,1	92,5	*	106,1	122,0
	83,0	94,7	103,4	n.s.	118,1	123,4	55-64	82,1	83,2	93,4	n.s.	108,9	117,3
Hüftum- fang	83,5	88,3	95,5		104,2	106,8	18-24	85,5	86,9	96,8		107,1	113,8
	86,9	88,3	99,0	**	111,6	114,6	35-44	85,2	88,6	99,1	*	118,2	138,7
	87,5	89,7	98,7	n.s.	108,4	124,2	45-54	88,3	89,4	100,8	n.s.	120,1	135,7
	87,4	89,3	100,5	n.s.	112,6	127,4	55-64	90,2	92,3	103,3	n.s.	118,9	124,3
horizont. Brust- umfang	77,5	82,3	92,0		103,3	108,0	18-24	77,8	79,5	86,0		98,7	100,6
	85,6	88,5	100,4	**	114,0	120,3	35-44	77,0	80,3	90,8	**	119,0	132,1
	86,5	92,3	102,2	n.s.	116,3	133,7	45-54	75,3	85,5	97,5	**	119,3	132,0
	80,9	93,5	103,2	n.s.	118,4	123,2	55-64	84,7	86,6	99,8	n.s.	122,5	126,3
Brustkorb- umfang	73,0	77,6	85,6		94,8	97,1	18-24	65,1	66,1	72,2		85,3	87,3
	79,8	81,6	94,4	**	105,3	113,6	35-44	64,5	68,4	77,1	**	107,3	110,9
	80,0	86,7	96,8	n.s.	111,1	126,9	45-54	68,3	72,5	83,2	**	100,9	116,0
	79,2	87,2	98,2	n.s.	111,4	115,7	55-64	73,2	76,1	86,1	n.s.	106,4	111,4
Tailen- umfang	67,5	68,5	78,2		91,5	103,2	18-24	59,2	61,4	67,6		80,0	83,6
	71,0	77,3	90,6	**	110,3	115,2	35-44	60,2	64,9	74,6	**	112,8	123,9
	72,7	78,5	95,5	n.s.	110,7	135,8	45-54	60,8	67,7	84,7	*	104,6	117,9
	74,1	83,7	97,3	n.s.	113,2	131,1	55-64	68,1	72,9	86,2	n.s.	110,5	118,9
gr. Ober- schenkel- umfang	44,5	49,2	55,7		62,5	65,9	18-24	47,8	50,4	56,7		65,8	68,3
	47,4	49,1	57,6	n.s.	65,1	70,4	35-44	48,6	50,5	57,8	n.s.	69,5	81,7
	45,6	49,0	55,4	n.s.	64,2	74,9	45-54	47,8	50,3	58,8	n.s.	66,3	80,1
	43,0	49,0	56,1	n.s.	62,6	65,9	55-64	47,6	49,9	59,1	n.s.	68,7	84,1
mittl. Ober- schenkel- umfang	42,0	47,3	52,2		57,6	60,2	18-24	44,3	45,4	51,2		59,9	62,8
	43,9	45,4	53,1	n.s.	58,0	62,3	35-44	44,3	46,2	51,9	n.s.	63,9	72,5
	43,1	45,5	51,7	n.s.	56,8	68,4	45-54	43,7	44,7	52,1	n.s.	58,7	72,7
	41,1	44,8	50,8	n.s.	56,6	63,8	55-64	44,6	45,3	52,5	n.s.	61,4	65,9
Hals- umfang	32,7	34,6	38,1		41,2	42,3	18-24	30,0	30,3	32,5		35,4	36,3
	34,9	36,3	39,3	**	43,4	43,9	35-44	29,3	31,1	33,4	**	38,1	39,9
	34,9	35,3	39,5	n.s.	43,1	43,6	45-54	29,8	31,2	34,3	n.s.	37,4	38,2
	33,6	35,9	39,6	n.s.	43,4	48,2	55-64	31,3	31,9	34,8	n.s.	38,4	39,9
gr. Unter- schenkel- umfang	30,4	33,2	37,5		41,2	45,1	18-24	31,1	31,9	35,6		40,8	41,3
	32,3	33,1	38,3	n.s.	42,5	44,1	35-44	29,6	32,9	35,9	n.s.	43,8	46,5
	32,5	33,0	38,6	n.s.	42,3	46,4	45-54	31,2	31,8	36,2	n.s.	39,9	45,5
	29,1	32,7	37,9	n.s.	42,6	45,0	55-64	30,6	31,9	36,3	n.s.	41,8	44,6
Oberarm- umfang, angesp.	24,1	27,7	32,0		37,6	38,1	18-24	22,9	23,5	26,8		31,5	32,5
	28,6	29,2	33,3	*	39,0	42,3	35-44	23,9	24,8	28,3	**	38,5	43,8
	28,2	29,4	33,7	n.s.	37,8	43,7	45-54	24,9	25,8	30,4	n.s.	34,8	45,0
	24,5	29,4	33,3	n.s.	37,4	42,9	55-64	25,7	26,5	30,5	n.s.	36,8	37,1
Oberarm- umfang, Ruhe	22,0	24,9	28,5		34,0	35,9	18-24	21,3	22,0	24,9		29,8	31,7
	25,4	26,5	31,3	**	37,8	39,4	35-44	21,9	23,0	26,9	**	36,0	38,8
	24,8	26,4	31,0	n.s.	35,2	40,6	45-54	22,8	24,1	29,0	n.s.	33,6	42,8
	23,1	27,1	31,5	n.s.	35,3	39,1	55-64	23,9	25,1	29,3	n.s.	35,2	36,3

Unterarm- umfang	21,0	24,2	27,0		29,8	30,3	18-24	20,4	20,9	23,0		25,6	27,2
	24,0	26,0	28,4	**	30,8	33,1	35-44	21,1	21,9	23,8	**	29,4	30,7
	24,0	24,9	28,1	n.s.	30,4	33,3	45-54	21,0	21,7	24,5	n.s.	27,8	28,3
	22,8	25,2	28,1	n.s.	31,2	33,6	55-64	22,2	22,6	24,9	n.s.	28,3	34,4
kl. Unter- schenkel- umfang	18,8	20,3	22,8		25,0	26,5	18-24	18,7	19,2	21,1		24,2	24,6
	19,6	20,8	23,2	n.s.	25,1	26,4	35-44	18,8	19,6	21,7	n.s.	24,9	26,0
	19,8	20,4	23,2	n.s.	25,7	27,7	45-54	18,9	19,6	22,0	n.s.	24,8	27,1
	19,0	21,2	23,2	n.s.	26,1	27,3	55-64	19,5	20,3	22,3	n.s.	25,9	28,3
Hand- umfang	18,8	18,9	20,7		22,3	22,9	18-24	16,3	16,9	18,2		19,8	20,2
	19,2	20,1	21,3	**	23,1	23,5	35-44	16,6	17,2	18,4	n.s.	19,9	20,5
	18,4	19,1	21,3	n.s.	22,5	23,2	45-54	16,1	17,3	18,7	n.s.	20,0	21,0
	18,5	19,8	21,7	*	23,2	23,5	55-64	16,8	17,5	19,1	*	20,3	20,8
Hand- gelenk- umfang	14,3	15,2	16,6		17,9	19,0	18-24	13,6	13,9	14,8		16,3	17,1
	15,2	15,8	17,6	**	18,9	19,9	35-44	13,8	14,2	15,2	*	16,9	18,3
	15,1	16,0	17,4	n.s.	18,8	19,8	45-54	13,4	14,1	15,6	n.s.	17,0	18,8
	15,8	16,5	17,9	**	19,2	20,4	55-64	14,6	14,9	16,1	**	17,4	18,8

Signifikanzniveau * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$, von einer Altersgruppe zur nächstälteren; n.s. keine signifikanten Unterschiede

Tabelle III: Untersuchte Umfangsmaße der Männer und Frauen nach Altersgruppen

Körpermaß (cm)	Männer						Alter (Jahre)	Frauen					
	P ₁	P ₅	P ₅₀		P ₉₅	P ₉₉		P ₁	P ₅	P ₅₀		P ₉₅	P ₉₉
Schulterbreite	35,4	37,0	40,0		42,9	44,1	18-24	31,7	32,1	35,7		38,0	39,6
	36,1	37,9	40,3	n.s.	44,4	45,1	35-44	32,1	32,9	35,9	n.s.	38,6	38,9
	36,2	36,7	39,8	n.s.	42,8	44,2	45-54	31,5	32,8	36,2	n.s.	38,8	39,5
	34,3	36,6	39,6	n.s.	42,7	44,3	55-64	33,3	34,2	36,4	n.s.	39,2	39,9
Brustkorb- breite	25,1	25,6	28,5		31,5	32,5	18-24	21,7	22,2	24,6		27,7	29,4
	24,9	27,1	30,7	**	34,0	36,0	35-44	22,3	23,6	25,9	**	31,2	33,9
	26,5	27,1	31,2	n.s.	34,7	38,0	45-54	22,2	23,4	26,7	n.s.	31,4	33,0
	26,2	27,8	30,5	n.s.	35,1	38,9	55-64	23,3	24,7	27,3	n.s.	31,0	35,5
Becken- breite	18,7	25,6	28,0		30,4	31,5	18-24	24,1	24,8	27,1		30,4	30,8
	24,9	27,2	30,1	**	33,6	35,0	35-44	24,8	25,5	28,3	**	34,9	40,9
	26,0	27,1	30,0	n.s.	33,2	36,9	45-54	24,5	26,5	30,1	*	34,6	35,5
	27,1	27,7	30,7	n.s.	34,9	36,1	55-64	26,3	27,4	30,8	*	35,3	36,8
Abdominal- durchmes- ser, steh.	15,3	16,8	19,6		23,2	28,3	18-24	13,5	15,2	17,9		22,1	22,9
	20,5	20,5	22,8	**	28,1	28,1	35-44	17,6	17,9	21,6	**	33,4	34,7
	19,5	20,2	24,9	n.s.	32,4	33,0	45-54	17,8	18,3	24,7	n.s.	31,1	31,3
	20,5	22,6	25,1	n.s.	30,4	34,0	55-64	19,3	19,9	26,5	**	36,5	36,8
Brustkorb- tiefe	15,5	16,5	19,7		22,1	25,1	18-24	14,5	15,0	17,3		19,7	20,7
	17,3	18,4	21,7	**	25,7	29,5	35-44	15,1	16,5	18,4	**	24,0	27,2
	18,9	19,9	23,1	*	27,4	30,1	45-54	15,5	16,8	19,8	n.s.	24,5	25,9
	17,9	20,2	23,7	n.s.	28,3	30,2	55-64	16,9	17,7	20,4	n.s.	25,5	26,9
Abdominal- durchmes- ser, lieg.	12,4	14,0	18,0		21,9	25,5	18-24	11,3	12,1	15,4		19,3	21,4
	16,6	16,6	19,3	n.s.	24,6	24,6	35-44	13,8	14,7	18,1	**	27,4	28,9
	16,7	17,4	21,3	n.s.	25,2	30,2	45-54	15,6	16,5	19,8	n.s.	24,6	25,0
	16,9	19,0	21,6	n.s.	23,4	28,9	55-64	15,9	16,2	21,6	n.s.	29,0	29,7
Knie- breite	8,2	8,9	9,6		10,5	11,0	18-24	7,8	8,0	8,7		9,6	9,8
	8,5	9,2	9,9	n.s.	10,7	11,0	35-44	7,7	8,2	9,0	**	10,3	10,8
	8,6	8,9	9,7	n.s.	10,4	10,6	45-54	8,1	8,4	9,1	n.s.	10,2	10,5
	8,0	9,1	9,9	n.s.	10,7	11,7	55-64	8,2	8,4	9,2	n.s.	10,3	11,0
Ellenbo- genbreite	6,1	6,5	7,0		7,6	8,1	18-24	5,3	5,5	6,1		6,6	6,7
	6,3	6,6	7,2	**	8,1	8,2	35-44	5,5	5,7	6,2	*	7,0	7,3
	6,4	6,6	7,2	n.s.	7,9	8,0	45-54	5,7	5,7	6,3	n.s.	6,9	7,0
	6,3	6,5	7,3	n.s.	7,9	8,3	55-64	5,4	5,7	6,4	n.s.	7,1	7,3

Signifikanzniveau * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$, von einer Altersgruppe zur nächstälteren; n.s. keine signifikanten Unterschiede

Tabelle IV: Untersuchte Breiten- und Tiefenmaße der Männer und Frauen nach Altersgruppen

Körpermaß (cm)	Männer					Alter (Jahre)	Frauen				
	P ₁	P ₅	P ₅₀	P ₉₅	P ₉₉		P ₁	P ₅	P ₅₀	P ₉₅	P ₉₉
Längenmaße											
Kinnhöhe	85,5	85,8	87,2	88,5	89,3	18-24	86,0	86,3	87,2	88,3	89,3
	85,1	85,7	87,1	88,3	89,3	55-64	85,7	86,2	87,3	88,3	88,6
Brustbein- höhe	79,4	79,9	81,2	82,2	83,4	18-24	79,7	80,2	81,2	82,4	84,1
	79,6	80,5	81,9	82,8	83,0	55-64	80,2	80,6	81,7	82,6	83,0
Darmbein- höhe	53,5	54,8	57,0	59,5	60,0	18-24	54,0	54,5	56,6	58,9	59,6
	53,1	54,0	56,6	59,1	59,3	55-64	53,3	54,2	56,8	59,2	59,5
Stammlänge	49,3	49,9	52,2	54,2	55,9	18-24	49,9	51,0	52,8	54,6	55,7
	47,5	50,1	51,9	54,3	55,6	55-64	49,5	50,5	52,3	54,5	55,0
projektiv. Beinlänge	44,1	45,8	47,8	50,1	50,7	18-24	44,3	45,4	47,2	49,0	50,1
	44,4	45,7	48,1	49,9	52,5	55-64	45,0	45,5	47,7	49,5	50,5
Rumpflänge	34,2	35,7	37,8	39,8	41,9	18-24	35,0	36,2	38,1	40,3	41,0
	34,6	35,9	37,9	39,8	41,3	55-64	35,4	35,7	37,9	40,0	40,8
Oberarmlänge	15,6	17,2	18,2	19,4	19,9	18-24	16,2	16,5	17,7	18,8	19,7
	16,4	16,8	18,8	20,0	20,5	55-64	16,9	17,3	18,4	19,7	20,1
ganze Kopfhöhe	10,7	11,5	12,8	14,2	14,5	18-24	11,0	11,7	12,8	13,7	14,0
	10,7	11,7	12,9	14,3	14,9	55-64	11,4	11,7	12,7	13,8	14,3
vordere Halslänge	3,3	4,7	5,9	7,2	8,1	18-24	4,3	5,0	6,0	7,1	7,6
	3,3	4,1	5,3	6,9	7,5	55-64	4,1	4,4	5,6	6,6	6,9
Umfänge											
mesost. Brust- umfang	45,8	47,0	53,2	59,3	64,7	18-24	43,2	45,7	50,3	54,9	56,3
	49,3	54,6	59,7	68,3	71,7	55-64	50,5	51,2	57,6	68,7	73,2
Hüftumfang	47,9	49,4	52,8	58,6	60,2	18-24	52,5	53,2	57,8	63,5	65,3
	49,7	53,8	57,9	64,3	74,0	55-64	55,5	57,2	64,2	76,2	80,0
horiz. Brust- umfang	44,2	45,1	51,2	57,8	61,6	18-24	45,5	47,3	52,2	58,1	59,9
	48,4	54,0	59,6	68,7	71,5	55-64	51,5	53,2	61,5	76,7	80,9
Brustkorb- umfang	41,3	42,6	47,5	53,3	56,1	18-24	37,7	38,9	43,7	49,4	50,3
	48,0	51,2	56,5	64,9	67,2	55-64	44,7	46,9	53,0	67,0	68,6
Taillenumfang	37,8	39,0	43,6	51,3	59,7	18-24	34,8	36,0	40,8	47,2	49,0
	43,5	49,1	55,8	65,9	76,2	55-64	42,6	44,4	53,1	66,9	74,6
gr. Oberschen- kelumfang	25,6	27,8	30,9	35,0	38,1	18-24	29,1	30,0	34,0	38,7	39,5
	25,7	28,6	32,1	36,3	39,5	55-64	30,1	31,0	36,2	43,5	54,4
mittl. Oberschen- kelumfang	24,8	25,8	29,1	32,3	34,8	18-24	26,8	27,1	31,0	35,4	35,6
	24,4	26,2	29,3	32,6	37,1	55-64	27,7	28,4	32,1	37,3	41,1
Halsumfang	18,8	19,7	21,0	23,1	23,5	18-24	17,3	17,9	19,4	21,0	21,2
	20,0	21,1	22,9	25,2	28,2	55-64	19,2	19,6	21,5	24,4	25,5
gr. Unterschen- kelumfang	17,9	18,5	20,7	23,5	25,5	18-24	18,6	19,1	21,2	23,6	24,4
	16,2	19,4	21,9	24,6	26,1	55-64	19,1	19,6	22,2	26,0	27,4
Oberarmum- fang, angesp.	13,5	15,3	17,8	20,8	21,9	18-24	13,0	13,7	16,2	18,3	19,5
	13,9	16,8	19,2	21,9	24,7	55-64	15,6	16,1	19,0	22,7	24,1

Oberarmumfang, Ruhe	12,0	13,7	15,9	18,8	20,2	18-24	12,5	13,1	15,2	17,4	18,8
	13,1	15,5	18,1	20,9	22,5	55-64	14,8	15,5	18,2	22,1	23,5
Unterarmumfang	12,0	13,5	15,1	16,4	17,1	18-24	11,7	12,4	13,9	15,1	15,4
	13,0	14,5	16,1	17,9	19,2	55-64	13,4	13,8	15,5	18,2	21,5
kl. Unterschenkelumfang	10,8	11,3	12,6	13,9	14,8	18-24	11,3	11,7	12,6	14,0	14,4
	11,9	12,3	13,5	14,8	15,4	55-64	12,1	12,5	13,9	16,0	17,1
Handumfang	10,3	10,8	11,5	12,3	12,7	18-24	9,7	10,0	10,9	11,8	12,0
	11,5	11,7	12,5	13,3	14,1	55-64	10,6	10,7	11,8	12,8	13,2
Handgelenkumfang	8,2	8,6	9,2	9,9	10,8	18-24	7,9	8,1	8,9	9,6	9,9
	9,4	9,7	10,3	11,2	11,9	55-64	8,9	9,2	9,9	11,0	11,4
Breiten- und Tiefenmaße											
Schulterbreite	20,7	21,0	22,2	23,5	24,0	18-24	19,1	19,6	21,2	22,8	23,0
	20,6	21,4	22,9	24,7	25,2	55-64	20,7	20,9	22,6	24,3	25,2
Brustkorbbreite	13,6	14,3	15,7	17,5	18,4	18-24	12,9	13,3	14,8	16,6	17,1
	15,0	16,3	17,9	20,1	22,6	55-64	14,3	15,1	16,9	19,5	21,5
Beckenbreite	10,4	14,4	15,5	17,1	17,5	18-24	14,5	14,8	16,2	17,5	18,5
	15,7	16,5	17,7	19,4	20,6	55-64	16,7	17,2	19,2	21,8	24,1
Abdominaldurchmesser, steh.	8,4	9,3	10,9	12,8	16,4	18-24	8,7	9,0	10,9	12,8	13,6
	12,8	12,8	14,7	17,3	19,3	55-64	12,0	12,3	16,4	23,0	23,1
Brustkorbtiefe	8,9	9,1	10,9	12,6	14,3	18-24	8,6	9,0	10,3	11,7	11,9
	11,1	11,6	13,6	16,1	17,4	55-64	10,4	10,9	12,7	16,0	17,3
Abdominaldurchmesser, lieg.	7,1	7,6	10,0	12,0	14,7	18-24	6,7	7,2	9,4	11,5	12,8
	10,5	10,8	12,3	14,0	16,4	55-64	9,9	10,1	13,3	18,3	18,6
Kniebreite	4,7	5,0	5,3	5,7	6,0	18-24	4,7	4,8	5,2	5,6	5,8
	4,7	5,3	5,7	6,2	6,8	55-64	5,0	5,3	5,7	6,4	6,8
Ellenbogenbreite	3,4	3,6	3,9	4,2	4,5	18-24	3,3	3,3	3,6	4,0	4,0
	3,6	3,8	4,2	4,6	4,7	55-64	3,5	3,6	3,9	4,4	4,6

Tabelle V: Untersuchte Relativmaße (Körperbaumaß in % Körperhöhe) der 18-24 und 55-64 Jahre alten Männer und Frauen

Merkmal	Männer						Alter (Jahre)	Frauen					
	P ₃	P ₁₀	P ₅₀		P ₉₀	P ₉₇		P ₃	P ₁₀	P ₅₀		P ₉₀	P ₉₇
Körper- masse	59,3	64,3	74,3		87,6	92,1	18-24	48,1	51,5	59,3		74,8	79,4
	60,8	62,0	80,9	*	98,2	104,8	35-44	48,7	52,8	62,1	*	85,2	100,3
	60,8	67,5	81,5	n.s.	94,3	100,9	45-54	52,3	55,3	67,7	n.s.	84,2	94,3
	59,6	68,5	80,8	n.s.	97,0	104,8	55-64	53,4	57,1	70,2	n.s.	88,5	95,0
Indizes													
Broca-Index	67,7	71,9	79,6		88,8	93,5	18-24	55,0	59,8	67,8		75,8	76,9
	64,2	66,4	78,1	n.s.	86,9	90,9	35-44	52,0	54,5	63,7	**	71,6	75,7
	63,7	66,5	73,1	*	80,5	83,0	45-54	52,8	55,3	62,4	n.s.	69,8	72,4
	59,8	64,3	73,5	n.s.	80,9	84,7	55-64	51,1	54,1	62,3	n.s.	68,0	71,7
BMI	19,1	20,3	22,9		26,4	28,7	18-24	18,1	18,5	21,6		25,4	27,2
	20,1	20,8	26,0	**	30,5	33,3	35-44	18,8	20,5	22,9	**	32,3	40,9
	20,9	23,9	27,0	n.s.	29,9	34,5	45-54	20,0	20,8	25,8	n.s.	31,1	34,5
	22,2	23,9	26,8	n.s.	31,4	35,8	55-64	20,6	22,4	26,4	n.s.	32,7	39,3
Fettleibig- keits-Index	15,1	16,1	19,0		22,5	25,7	18-24	20,0	20,7	25,1		29,7	32,0
	15,8	17,7	21,8	*	27,6	29,8	35-44	22,3	23,8	27,7	**	40,7	60,5
	17,1	20,1	23,7	n.s.	27,2	32,6	45-54	23,0	25,0	32,0	n.s.	40,5	45,7
	19,4	20,5	23,7	n.s.	28,7	34,0	55-64	24,6	26,2	33,4	n.s.	43,3	53,8
Taille-Hüfte- Index	0,76	0,77	0,82		0,89	0,92	18-24	0,65	0,66	0,71		0,76	0,79
	0,81	0,84	0,92	**	1,00	1,01	35-44	0,68	0,71	0,77	**	0,88	1,00
	0,83	0,90	0,96	**	1,02	1,06	45-54	0,68	0,75	0,82	**	0,92	0,95
	0,88	0,91	0,97	n.s.	1,03	1,04	55-64	0,74	0,77	0,84	n.s.	0,93	0,98
Fettvertei- lungs-Index	0,35	0,43	0,66		1,00	1,09	18-24	0,65	0,79	1,13		1,66	1,96
	0,31	0,32	0,45	**	0,66	1,01	35-44	0,51	0,57	0,88	**	1,58	2,06
	0,25	0,27	0,42	n.s.	0,58	0,74	45-54	0,43	0,54	0,74	*	1,03	1,30
	0,27	0,31	0,40	n.s.	0,52	0,74	55-64	0,42	0,52	0,74	n.s.	1,04	1,22

Signifikanzniveau * p<0,05; ** p<0,01, von einer Altersgruppe zur nächstälteren

Tabelle VI: Körpermasse und Indizes der Männer und Frauen nach Altersgruppen

Merkmal	Männer						Alter (Jahre)	Frauen					
	P ₃	P ₁₀	P ₅₀		P ₉₀	P ₉₇		P ₃	P ₁₀	P ₅₀		P ₉₀	P ₉₇
mittlere Fett- schichtdicke	2,6	3,1	4,1		7,4	10,0	18-24	4,5	5,1	6,9		9,9	12,3
	3,0	4,2	7,6	**	12,1	12,8	35-44	4,2	5,0	9,0	**	15,8	18,2
	4,4	5,3	7,7	n.s.	11,1	13,8	45-54	5,8	6,9	11,0	*	14,3	18,0
	3,6	5,3	8,0	n.s.	11,8	13,7	55-64	6,0	7,9	11,2	n.s.	15,6	16,0
Hautfalte Hüfte	6,0	8,0	15,0		29,0	33,7	18-24	7,0	9,3	16,4		28,6	32,3
	8,3	12,3	28,3	**	43,2	48,3	35-44	5,7	9,9	21,7	**	41,2	48,0
	12,7	16,3	28,0	n.s.	40,3	50,3	45-54	9,7	14,7	29,2	*	42,0	49,7
	9,3	16,7	27,2	n.s.	42,3	49,3	55-64	9,7	16,0	29,7	n.s.	42,3	48,7
Hautfalte Bauch	5,3	8,3	14,3		30,3	37,7	18-24	9,0	12,0	20,8		29,7	37,3
	6,7	14,3	34,4	**	54,0	57,7	35-44	10,0	15,5	30,7	**	51,8	59,3
	15,0	22,0	37,1	n.s.	50,0	53,3	45-54	16,7	21,3	38,3	**	54,0	59,7
	8,3	24,0	37,0	n.s.	54,0	57,3	55-64	19,0	29,0	42,3	n.s.	55,0	57,0
Hautfalte Rücken	6,0	7,0	9,0		18,0	26,7	18-24	7,0	7,3	10,7		20,3	24,7
	6,7	7,7	17,5	**	30,0	31,0	35-44	6,7	8,8	16,5	**	40,3	46,7
	9,0	10,7	18,3	n.s.	27,7	33,0	45-54	9,3	11,3	21,9	n.s.	33,3	41,0
	7,7	11,0	18,5	n.s.	31,3	38,0	55-64	9,7	11,7	23,7	n.s.	36,3	41,0
Hautfalte supraspinal	3,3	4,3	8,0		17,0	25,7	18-24	5,0	6,0	9,9		17,3	22,0
	3,7	5,0	13,3	**	23,3	25,3	35-44	4,3	5,4	13,5	**	32,5	40,7
	6,0	7,3	14,0	n.s.	22,3	30,3	45-54	4,7	10,0	19,4	*	32,2	40,0
	4,7	6,3	11,7		26,0	35,2	55-64	6,7	10,7	20,7	n.s.	34,3	36,7
Hautfalte Brust	3,7	4,7	6,7		15,0	21,0	18-24	4,7	5,7	8,5		17,0	24,1
	5,3	8,0	16,5	**	29,7	31,6	35-44	5,7	7,2	15,2	**	29,5	37,3
	7,7	10,0	18,3	n.s.	28,3	32,7	45-54	8,0	12,3	21,2	**	29,0	33,3
	9,0	13,0	19,9	n.s.	29,7	33,0	55-64	9,3	13,3	20,3	n.s.	28,3	36,7
Hautfalte Oberschenkel	4,7	6,0	10,0		17,3	23,7	18-24	15,3	17,3	26,7		36,7	43,7
	5,7	6,7	13,4	n.s.	21,7	35,0	35-44	14,3	18,4	31,2	*	45,2	55,0
	5,3	8,0	12,2	n.s.	20,7	37,3	45-54	18,0	21,0	31,9	n.s.	44,3	54,7
	5,0	7,0	12,7	n.s.	22,0	29,7	55-64	15,3	18,7	31,0	n.s.	45,3	52,2
Hautfalte Wade	5,3	6,3	9,3		14,3	20,0	18-24	10,7	13,3	18,8		26,0	31,0
	5,0	6,3	10,0	n.s.	16,3	20,0	35-44	8,0	10,7	18,3	n.s.	24,5	32,3
	5,3	6,3	8,9	n.s.	15,5	20,7	45-54	9,0	10,7	16,9	n.s.	25,0	31,0
	4,0	5,0	8,0	n.s.	12,7	15,0	55-64	6,0	8,3	15,7	n.s.	24,3	31,5
Hautfalte Trizeps	4,0	5,3	7,7		13,3	17,3	18-24	10,0	11,7	16,8		24,3	29,7
	6,0	6,3	10,9	**	18,7	22,7	35-44	11,3	12,8	20,7	**	29,0	38,7
	5,0	6,3	10,2	n.s.	17,3	20,3	45-54	13,0	15,5	22,3	n.s.	32,7	38,3
	4,7	6,5	10,7	n.s.	17,0	21,7	55-64	13,0	16,3	25,0	n.s.	32,2	34,7
Hautfalte Knie	3,0	4,0	5,3		7,7	10,0	18-24	4,3	5,0	7,7		11,7	14,5
	4,0	5,0	7,1	**	12,0	13,8	35-44	5,0	5,5	9,9	*	15,9	20,7
	4,0	5,0	7,0	n.s.	10,2	16,3	45-54	5,7	6,7	10,2	n.s.	19,7	27,7
	4,7	5,0	7,3	n.s.	12,0	15,0	55-64	5,3	6,7	12,3	n.s.	20,7	26,0
Hautfalte Kinn	2,0	2,3	4,3		8,0	9,3	18-24	4,7	5,0	7,5		16,0	14,4
	2,0	4,3	8,0	**	15,3	17,0	35-44	4,3	5,6	10,2	**	20,0	25,0
	3,0	7,0	10,8	*	16,0	16,7	45-54	7,3	8,5	13,3	*	18,3	23,0
	6,0	7,3	11,1	n.s.	16,0	21,2	55-64	8,3	9,3	13,7	n.s.	20,7	23,7

Hautfalte Bizeps	1,3	2,0	2,3		6,7	8,7	18-24	3,3	4,0	7,0		15,7	16,7
	2,0	2,0	5,2	**	14,0	16,3	35-44	2,7	4,3	10,3	**	24,7	28,7
	2,3	3,0	6,5	n.s.	10,0	15,2	45-54	4,7	6,7	12,3	n.s.	25,3	29,3
	2,3	3,3	6,3	n.s.	13,3	16,7	55-64	5,3	7,3	14,0	n.s.	23,7	28,3
Resistance	413,0	428,0	498,0		575,0	601,0	18-24	520,0	553,0	624,0		719,0	747,0
	397,0	419,0	498,0	n.s.	550,0	576,0	35-44	426,0	519,0	583,5	**	668,0	702,0
	394,0	405,0	479,5	n.s.	545,0	554,0	45-54	468,0	510,0	568,5	n.s.	664,0	689,0
	386,0	420,0	466,5	n.s.	531,0	569,0	55-64	456,0	480,0	581,0	n.s.	660,0	690,0
Reactance	45,0	51,0	61,0		73,0	80,0	18-24	53,0	56,0	66,0		75,0	82,0
	45,0	49,0	56,0	*	66,0	68,0	35-44	48,0	53,0	62,0	n.s.	73,5	82,0
	43,0	46,0	55,0	n.s.	64,0	69,0	45-54	46,0	50,0	59,0	n.s.	70,0	75,0
	40,0	45,0	51,0	*	59,0	66,0	55-64	42,0	47,0	57,0	n.s.	65,0	76,0

Signifikanzniveau * p<0,05; ** p<0,01, von einer Altersgruppe zur nächstälteren

Tabelle VII: Mittlere Fettschichtdicke, Hautfaltendicken, Resistance und Reactance der Männer und Frauen nach Altersgruppen

Merkmal	Männer						Alter (Jahre)	Frauen						
	P ₃	P ₁₀	P ₅₀		P ₉₀	P ₉₇		P ₃	P ₁₀	P ₅₀		P ₉₀	P ₉₇	
GKF (3 Hautfalten)	9,9	12,9	16,9		25,2	28,3	18-24	21,5	23,0	27,5		32,9	36,0	
	13,5	14,7	23,3	**	30,1	32,0	35-44	22,0	24,7	31,2	**	39,7	41,2	
	15,6	19,1	23,5	n.s.	29,2	30,5	45-54	25,7	27,8	34,0	n.s.	37,6	40,1	
	14,3	17,9	24,3	n.s.	30,3	32,5	55-64	25,4	28,9	34,4	n.s.	39,1	40,1	
GKF (4 Hautfalten)	7,2	11,0	15,6		25,2	28,7	18-24	20,9	23,2	29,1		35,0	38,6	
	11,0	15,3	24,4	**	32,5	33,3	35-44	20,4	23,9	33,1	**	42,5	45,6	
	15,1	18,0	24,7	n.s.	30,3	33,6	45-54	25,6	28,7	36,7	*	41,5	44,1	
	13,8	18,6	24,9	n.s.	31,6	33,9	55-64	25,9	30,4	37,2	n.s.	42,0	43,4	
GKF (10 Hautfalten)	7,1	8,9	13,8		23,4	27,8	18-24	19,1	21,6	25,9		30,6	35,6	
	10,2	15,6	22,2	**	31,6	33,1	35-44	17,6	22,9	30,1	**	38,5	40,8	
	15,6	18,6	24,1	n.s.	30,9	32,9	45-54	23,5	27,1	32,5	n.s.	36,8	39,6	
	10,9	18,4	24,9	n.s.	31,1	34,7	55-64	24,2	26,6	32,9	n.s.	37,8	39,0	
GKF BIA Deurenberg	13,5	14,5	20,4		25,9	30,3	18-24	24,4	25,6	29,8		34,2	37,8	
	17,4	17,9	27,5	**	33,8	36,6	35-44	27,9	30,8	35,8	**	44,0	47,2	
	23,4	25,1	30,3	*	34,4	38,7	45-54	30,6	35,8	40,4	**	45,4	46,8	
	25,0	27,7	32,3	*	37,4	39,7	55-64	35,3	37,8	43,9	**	48,3	50,5	
GKF BIA Lukaski	10,5	13,3	20,3		27,8	32,6	18-24	21,9	24,0	29,2		36,2	41,1	
	11,5	14,3	25,7	**	34,1	38,9	35-44	18,4	24,4	32,5	*	42,3	49,8	
	12,0	19,4	27,2	n.s.	33,4	38,7	45-54	22,4	27,8	35,9	*	44,7	46,1	
	18,1	21,8	28,6	n.s.	36,5	37,9	55-64	24,4	30,3	39,4	n.s.	45,8	49,1	
GKF BIA Kushner u. Schoeller	6,3	10,5	17,6		25,0	28,8	18-24	19,9	21,8	27,0		33,5	38,0	
	8,2	11,7	21,2	**	30,7	33,7	35-44	16,1	22,3	29,6	*	40,1	47,4	
	12,8	15,6	22,8	n.s.	28,4	34,2	45-54	20,6	24,8	34,1	n.s.	41,7	44,1	
	13,2	16,2	24,0	n.s.	30,3	32,7	55-64	20,7	26,7	36,1	n.s.	43,0	45,6	
GKF BIA Heitmann	8,3	11,4	17,5		24,2	28,7	18-24	16,0	18,1	24,2		31,5	35,0	
	12,4	13,5	24,5	**	31,7	34,0	35-44	19,2	22,4	29,9	**	41,4	47,2	
	17,7	22,0	26,3	n.s.	31,4	37,1	45-54	22,6	27,3	35,2	**	42,8	46,1	
	19,8	23,2	28,2	n.s.	34,4	36,9	55-64	25,3	30,5	38,4	**	45,4	48,9	
GKF Drink- water u. Ross	7,0	8,4	10,9		15,1	17,2	18-24	13,4	15,0	18,9		23,3	25,0	
	9,0	9,5	13,6	**	18,1	20,6	35-44	12,8	15,8	20,3	n.s.	23,8	25,3	
	9,5	9,9	13,7	n.s.	17,1	18,8	45-54	15,4	17,1	20,2	n.s.	23,9	26,2	
	8,8	10,0	13,7	n.s.	17,3	19,2	55-64	14,7	16,2	20,5	n.s.	23,3	24,6	
Magermasse BIA Heitmann	71,3	75,8	82,5		88,6	91,7	18-24	65,0	68,5	75,8		76,8	84,0	
	66,0	68,3	75,5	**	86,5	87,6	35-44	52,8	58,6	70,1	**	77,6	80,8	
	62,9	68,6	73,7	n.s.	78,0	82,3	45-54	53,9	57,2	64,8	**	72,7	77,4	
	63,1	65,6	71,8	n.s.	76,8	80,2	55-64	51,1	54,6	61,6	**	69,5	74,7	
Magermasse 4 Hautfalten	71,3	74,8	84,4		89,0	92,8	18-24							
	66,7	67,5	75,6	**	84,7	89,0	35-44		keine Werte					
	66,4	69,7	75,3	n.s.	82,0	84,9	45-54							
	66,1	68,4	75,1	n.s.	81,4	86,2	55-64							
Magermasse 3 Hautfalten							18-24	64,0	67,1	72,5		77,0	78,5	
		keine Werte					35-44	58,8	60,3	68,8	**	75,3	78,0	
							45-54	59,9	62,4	66,0	n.s.	72,2	74,3	
							55-64	59,9	60,9	65,6	n.s.	71,1	74,6	
Magermasse Drinkwater und Ross	82,8	84,9	89,1		91,6	93,0	18-24	75,0	76,7	81,1		85,0	86,6	
	79,4	81,9	86,4	**	90,5	91,0	35-44	74,7	76,2	79,7	n.s.	84,2	87,2	
	81,2	82,9	86,3	n.s.	90,1	90,5	45-54	73,8	76,1	79,8	n.s.	82,9	84,6	
	80,8	82,7	86,3	n.s.	90,0	91,2	55-64	75,4	76,7	79,5	n.s.	83,8	85,3	

Signifikanzniveau * p<0,05; ** p<0,01, von einer Altersgruppe zur nächstälteren

Tabelle VIII: Gesamtkörperfettanteil und Magermasse nach verschiedenen Formeln bei Männern und Frauen nach Altersgruppe

Merkmal	Männer						Alter (Jahre)	Frauen					
	P ₃	P ₁₀	P ₅₀		P ₉₀	P ₉₇		P ₃	P ₁₀	P ₅₀		P ₉₀	P ₉₇
Muskel- masse	39,2	41,7	45,7		48,2	49,5	18-24	35,2	36,5	40,7		44,1	44,7
	37,4	38,6	42,7	**	47,1	48,4	35-44	29,1	32,9	38,6	*	42,4	43,3
	36,3	37,8	41,4	n.s.	44,4	46,0	45-54	31,2	32,1	37,0	*	41,0	42,8
	34,6	36,7	40,9	n.s.	43,8	44,9	55-64	28,9	31,5	36,1	n.s.	39,8	42,4
Oberarm- muskel- fläche	28,3	32,4	43,1		59,5	74,2	18-24	14,8	17,5	23,8		34,0	37,7
	31,4	36,2	50,4	*	69,8	77,5	35-44	19,4	20,8	26,5	**	41,8	50,7
	35,5	38,3	50,7	n.s.	65,9	72,7	45-54	20,3	23,4	31,3	n.s.	40,1	47,7
	31,1	40,1	51,6	n.s.	62,0	68,8	55-64	22,4	24,2	32,0	n.s.	43,8	48,0
Frame- Index	35,0	36,6	39,1		41,2	43,0	18-24	33,1	33,8	36,2		38,3	39,7
	37,7	38,2	40,8	**	43,7	45,5	35-44	34,4	35,7	37,9	**	41,3	43,6
	38,2	39,4	41,5	n.s.	44,2	45,5	45-54	35,1	36,0	38,4	n.s.	41,8	43,0
	37,6	39,8	42,4	n.s.	44,6	46,4	55-64	35,9	36,7	39,5	*	42,6	44,3
Skelett- masse	13,3	13,8	15,4		17,3	18,9	18-24	11,5	12,6	14,0		15,7	16,7
	14,0	14,3	16,1	n.s.	17,3	19,5	35-44	11,0	12,3	14,1	n.s.	16,3	17,2
	12,8	13,9	15,7	n.s.	17,4	18,8	45-54	11,1	11,9	13,7	n.s.	15,6	16,8
	13,2	14,3	16,1	n.s.	18,6	19,6	55-64	11,2	12,4	14,5	n.s.	16,4	17,3
Restmasse	21,3	22,7	25,1		27,1	28,5	18-24	20,8	21,4	23,4		25,7	27,0
	22,6	23,2	25,4	n.s.	28,0	29,0	35-44	19,6	21,1	23,6	n.s.	25,6	26,4
	22,0	23,6	25,5	n.s.	27,9	29,0	45-54	20,0	20,8	23,3	n.s.	25,6	26,8
	21,4	23,7	25,8	n.s.	27,6	28,5	55-64	20,0	21,3	23,2	n.s.	25,2	27,0

Signifikanzniveau * p<0,05; ** p<0,01, von einer Altersgruppe zur nächstälteren

Tabelle IX: Muskel-, Skelett- und Restmasse, sowie Oberarmmuskelfläche und Frame-Index der Männer und Frauen nach Altersgruppen

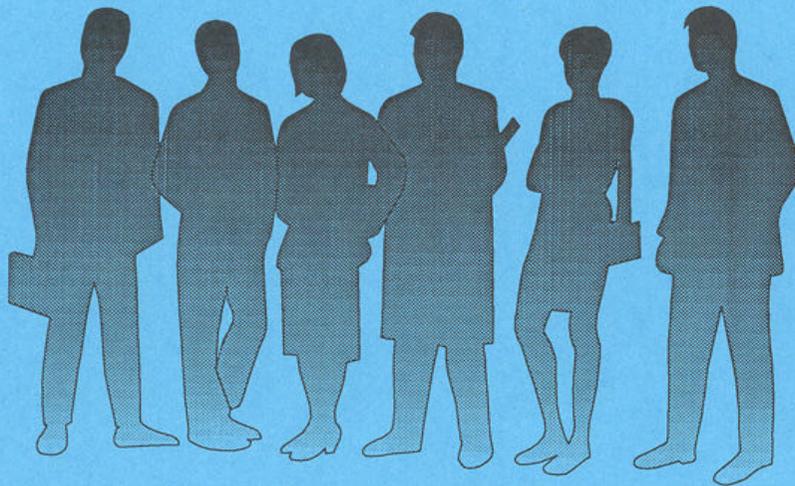
Merkmal	Männer					Alter (Jahre)	Frauen				
	P ₃	P ₁₀	P ₅₀	P ₉₀	P ₉₇		P ₃	P ₁₀	P ₅₀	P ₉₀	P ₉₇
mittlere Fett- schichtdicke	3,6	4,3	5,8	9,6	10,7	18-24	7,7	8,6	11,8	14,9	15,9
	5,8	7,2	9,8	12,8	14,9	55-64	10,4	12,5	15,9	19,0	21,3
Hautfalte Hüfte	10,0	11,5	20,5	35,8	39,2	18-24	13,1	17,4	28,2	41,6	50,3
	15,1	22,8	34,5	47,5	55,1	55-64	17,4	26,1	42,1	56,3	65,1
Hautfalte Bauch	7,7	10,9	19,5	39,0	42,3	18-24	16,9	20,7	34,5	46,5	53,6
	13,9	31,5	46,3	57,1	63,6	55-64	34,2	42,7	59,3	73,3	78,3
Hautfalte Oberschenkel	6,1	8,1	13,5	22,4	29,5	18-24	26,6	31,7	45,5	59,5	66,7
	6,9	9,6	15,5	26,5	32,7	55-64	25,1	29,3	44,8	57,3	62,3
Hautfalte Rücken	8,5	9,8	12,8	22,5	33,0	18-24	11,6	12,9	18,6	29,5	34,9
	12,6	16,1	23,9	34,4	40,5	55-64	16,7	21,2	32,5	44,6	49,3
Hautfalte Wade	7,4	8,8	12,7	18,6	25,1	18-24	19,7	23,4	30,3	40,7	45,0
	4,8	6,7	10,4	16,2	18,6	55-64	8,4	11,7	21,9	36,2	42,8
Hautfalte Trizeps	5,4	7,1	10,6	17,0	21,1	18-24	17,3	20,4	28,9	38,1	45,0
	6,3	8,6	13,0	20,4	24,2	55-64	20,3	23,7	34,2	41,5	46,1
Hautfalte supraspinal	5,4	6,2	10,2	20,6	28,9	18-24	9,0	10,5	16,1	26,5	30,7
	6,5	8,5	15,0	30,2	35,0	55-64	12,0	18,8	29,5	41,3	49,8
Hautfalte Brust	5,4	6,4	9,3	18,3	26,3	18-24	8,8	9,9	14,8	25,5	32,2
	14,3	16,8	23,5	33,5	39,7	55-64	15,6	21,2	28,6	38,9	42,2
Hautfalte Knie	4,2	5,3	7,3	10,1	12,6	18-24	6,9	8,9	12,4	18,0	22,2
	5,8	6,7	9,3	13,9	15,9	55-64	7,9	10,1	16,9	26,3	30,1
Hautfalte Kinn	2,7	3,1	5,7	10,1	11,8	18-24	6,5	8,7	12,4	17,7	20,3
	7,4	9,5	13,9	20,1	21,7	55-64	10,9	13,8	19,7	27,4	31,7
Hautfalte Bizeps	2,1	2,5	3,4	7,5	9,9	18-24	5,9	7,0	11,6	19,6	24,5
	3,0	4,1	8,0	14,3	16,9	55-64	9,1	11,6	19,1	27,8	31,0
Resistance	696,5	665,6	670,3	656,4	652,6	18-24	1081,1	1073,8	1053,1	961,2	940,8
	647,7	613,1	589,5	547,4	542,9	55-64	853,9	840,6	827,6	745,8	726,3
Reactance	75,9	79,3	82,1	83,3	86,9	18-24	110,2	108,7	111,3	100,3	103,3
	67,1	65,7	63,2	60,8	63,0	55-64	78,7	82,3	81,2	73,4	80,0

Tabelle X: Untersuchte relative Parameter (Parameter in % Körpermasse) zur Körperzusammensetzung der 18-24 und 55-64 Jahre alten Männer und Frauen

Merkmal	Männer						Alter (Jahre)	Frauen					
	P ₃	P ₁₀	P ₅₀		P ₉₀	P ₉₇		P ₃	P ₁₀	P ₅₀		P ₉₀	P ₉₇
Energieaufnahme (kJ/Tag)	5158,0	8286,5	12304,0		18362,6	22228,8	18-24	4819,3	5917,7	8735,2		12388,3	13901,9
	6028,9	7154,4	10546,5*		14632,5	17688,3	35-44	4639,5	5305,8	8049,5	n.s.	11434,8	13478,9
	7282,1	7924,1	10132,7	n.s.	13742,4	17125,2	45-54	4638,3	5663,0	8509,4	n.s.	11123,5	12948,8
	6491,3	7082,6	10091,8	n.s.	13109,0	15604,9	55-64	4690,9	5921,0	7793,9	n.s.	11192,5	12567,5
Kohlenhydrate (g)	135,2	220,3	317,6		489,6	649,5	18-24	140,8	150,9	235,8		356,7	392,4
	176,9	179,0	251,1**		348,0	405,0	35-44	112,8	130,8	201,3*		346,4	388,8
	157,7	189,1	248,2	n.s.	356,7	405,8	45-54	112,3	146,0	202,1	n.s.	279,5	350,8
	158,5	174,0	243,4	n.s.	346,4	390,8	55-64	132,0	155,0	216,8	n.s.	290,2	330,4
Fette (g)	44,2	65,6	110,2		152,7	180,8	18-24	35,9	54,2	75,6		123,7	138,8
	47,3	56,4	91,4	n.s.	150,0	196,5	35-44	38,0	47,5	75,7	n.s.	108,6	127,5
	53,3	59,1	89,3	n.s.	130,2	157,8	45-54	37,3	43,0	74,7	n.s.	113,2	125,8
	34,5	54,2	85,3	n.s.	123,7	154,1	55-64	35,1	45,5	66,5	n.s.	99,5	122,3
Eiweiße (g)	42,0	63,8	104,6		146,7	165,7	18-24	35,6	42,3	63,9		89,5	109,3
	42,0	52,0	88,5	n.s.	117,1	154,6	35-44	37,4	47,8	67,0	n.s.	94,6	111,0
	45,0	63,7	83,5	n.s.	111,7	133,2	45-54	39,2	51,2	70,8	n.s.	97,9	107,7
	54,7	58,2	76,8	n.s.	104,7	119,5	55-64	39,7	45,9	65,2	n.s.	96,7	117,0
Alkohol (g)	0,1	0,7	10,5		27,5	46,1	18-24	0,3	0,6	3,2		11,6	23,3
	0,8	2,5	20,6	n.s.	43,3	55,7	35-44	0,2	0,6	4,6	n.s.	22,1	36,6
	1,6	4,3	17,8	n.s.	59,8	113,1	45-54	0,2	1,0	7,5	n.s.	22,5	28,8
	0,9	3,3	12,4	n.s.	43,9	58,9	55-64	0,3	0,7	4,3	n.s.	19,5	25,1
relative Zufuhr													
Kohlenhydrate (Energie%)	37,3	40,2	48,0		55,3	60,3	18-24	39,6	41,9	49,3		56,9	59,6
	32,9	35,6	43,4**		50,0	55,0	35-44	35,0	38,7	44,7**		52,3	53,9
	29,6	35,7	44,5	n.s.	52,3	55,8	45-54	34,6	38,9	44,0	n.s.	52,1	57,7
	32,3	37,0	45,8	n.s.	51,9	58,3	55-64	38,8	41,1	47,8**		55,3	58,0
Fette (Energie%)	27,3	29,6	34,9		40,0	43,8	18-24	25,4	29,6	34,9		41,1	44,1
	26,7	30,3	37,2	n.s.	42,8	44,7	35-44	27,5	30,3	36,6	n.s.	42,4	45,3
	24,2	27,1	35,3	n.s.	41,2	43,5	45-54	26,4	28,4	35,6	n.s.	44,1	45,7
	24,3	27,1	34,9	n.s.	39,6	43,2	55-64	24,8	27,6	33,8*		39,8	44,2

Eiweiße	11,6	12,0	14,2		16,8	17,8	18-24	10,8	11,5	13,5		15,9	18,1
(Energie%)	11,9	12,7	14,2	n.s.	16,4	17,3	35-44	11,3	12,3	14,9	**	17,6	18,7
	11,2	12,1	14,6	n.s.	17,3	17,9	45-54	12,1	12,9	15,2	n.s.	18,2	19,5
	11,0	12,0	14,3	n.s.	16,0	17,2	55-64	11,9	12,7	15,6	n.s.	18,1	19,7
Alkohol	0,0	0,2	2,7		6,8	9,1	18-24	0,1	0,2	1,2		4,1	8,1
(Energie%)	0,2	0,6	5,7	*	11,4	17,6	35-44	0,1	0,3	1,7	n.s.	7,9	14,2
	0,4	1,1	5,5	n.s.	15,5	21,8	45-54	0,1	0,3	3,2	n.s.	8,0	10,8
	0,3	1,2	4,1	n.s.	15,4	18,5	55-64	0,1	0,3	1,5	n.s.	7,9	10,9
Energieaufnahme	7104,6	10976,0	16156,9		25054,4	29501,2	18-24	7466,6	9730,0	14265,53		20388,9	23416,3
(%Körpermasse)	6865,1	8251,2	12471,0		16853,8	20479,7	55-64	6305,4	7104,4	11083,55		16360,4	17927,3

Tabelle XI: Energie- und Grundnährstoffaufnahme der Männer und Frauen nach Altersgruppen (Absolut- und Relativmaße)



**Deutsches Institut für
Ernährungsforschung
Potsdam-Rehbrücke**

Arthur-Scheunert-Allee 114-116
D - 14558 Bergholz-Rehbrücke
Telefon +49 (0)33 200/88-0
Telefax +49 (0)33 200/88-444

PD Dr. oec. troph. habil.

Heiner Boeing

Tel.: 033200/88-304

Fax: 033200/88-304

E-mail: boeing@www.dife.de

FRAGEBOGEN ZU
ERNÄHRUNGSGEWOHNHEITEN

Auswertung der Körpermessungen

Ihre wichtigsten Körpermaße erreichen folgende Werte-

Körpergewicht (kg) : 83.9	Körperhöhe (cm) :191.7
Brustumfang (cm) : 98.0	Brustkorbbreite (cm) : 29.5
Taillenumfang (cm) : 76.5	Brustkorbtiefe (cm) : 19.8
Hüftumfang (cm) : 97.3	Metrik-Index :-1.3

Aus Ihrer Körperhöhe und Ihren Brustkorbmaßen wurde der Metrik-Index berechnet. Diese wichtige Kennziffer gibt Auskunft darüber, welcher von fünf Körperbaugruppen Sie zugeordnet werden können. Die Einteilung reicht von einem hoch- und schlankwüchsigen Körperbautyp (I) zu einem kleineren und breitwüchsigen Körperbautyp (V).

Sie gehörender **Gruppe II** an.

Ihr erstrebenswertes Körpergewicht ist nicht nur von Ihrer Körperhöhe abhängig, sondern auch von Ihrem Alter und Ihrem Körperbautyp. Das "gesunde" Körpergewicht eines breitwüchsigen Menschen (Typ V) liegt deutlich höher als bei einem gleich großen schlankwüchsigen (Typ I).

Körperbautypen nach dem Metrik-Index



Ihren körperbautypspezifischen Normalgewichtsbereich können Sie der beigefügten Normalgewichtstabelle (nach GREIL) entnehmen und mit Ihrem aktuellen Körpergewicht vergleichen. Dieser Normalgewichtstabelle liegen die Durchschnittswerte der deutschen Bevölkerung zugrunde (Istgewichte). Der durchschnittliche Gewichtsbereich verschiebt sich in unserer Bevölkerung im Verlauf des Erwachsenenalters nach oben.

Zum Vergleich mit Ihrem körperbautypspezifischen Normalgewicht erhalten Sie eine Gewichtstabelle mit den empfohlenen Gewichtsbereichen (nach MÖHR) der Potsdamer Ernährungsstudie.

Bei der Bestimmung der Körperzusammensetzung sind nicht das Gewicht einzelner Organe oder die Knochenmasse ausschlaggebend, sondern der Anteil von Körperfett und fettfreier Masse (Körpermasse ohne Körperfett). Die Körperzusammensetzung ist für medizinische und ernährungswissenschaftliche Zwecke von großer Bedeutung.

Mit der Impedanzanalyse, einer modernen Methode zur Bestimmung der Körperzusammensetzung, wird ein Widerstand im Körper gemessen, der mit dem Wassergehalt des Körpers im Zusammenhang steht. Aus dem Wassergehalt kann der Anteil an fettfreier Masse und Körperfett berechnet werden.

Nach unseren Messungen beträgt Ihr Körperfettanteil **15 %** (bzw. **13 kg**) Ihres Körpergewichts. Der in der Potsdamer Ernährungsstudie verwendete Normbereich für den Fettanteil beträgt für Ihren Körperbautyp **15-20 %** des Gesamtgewichts. Das durchschnittliche Fettgewicht läge bei Ihrem Gewicht von **83.9 kg** zwischen **13** und **17 kg**.

Ihre fettfreie Masse beträgt **85 %** Ihres Körpergewichts (d.h. **71 kg**). Aus der fettfreien Masse und dem Körperfettanteil kann der Mager-Fett-Index, ein markanter Index der Körperzusammensetzung, bestimmt werden. Ihr Mager-Fett-Index beträgt **5.7**. Bei einem hohen Wert liegt ein hoher Anteil an fettfreier Masse (und damit Muskulatur) und ein geringer Anteil an Körperfett vor. Ein Index von **5.0** oder größer kennzeichnet eine optimale Körperzusammensetzung.

Die Ergebnisse der heutigen Körpermessungen sollen Ihnen einen Einblick in die Zusammenhänge von Körperbautyp und Körperzusammensetzung vermitteln. Für wissenschaftliche Zwecke werden diese Daten im Zusammenhang mit Ihren Ernährungsgewohnheiten zur Erforschung und Prophylaxe von Übergewicht und Adipositas (Fettsucht) beitragen.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme

Mit freundlichen Grüßen

Ulrike Trippo

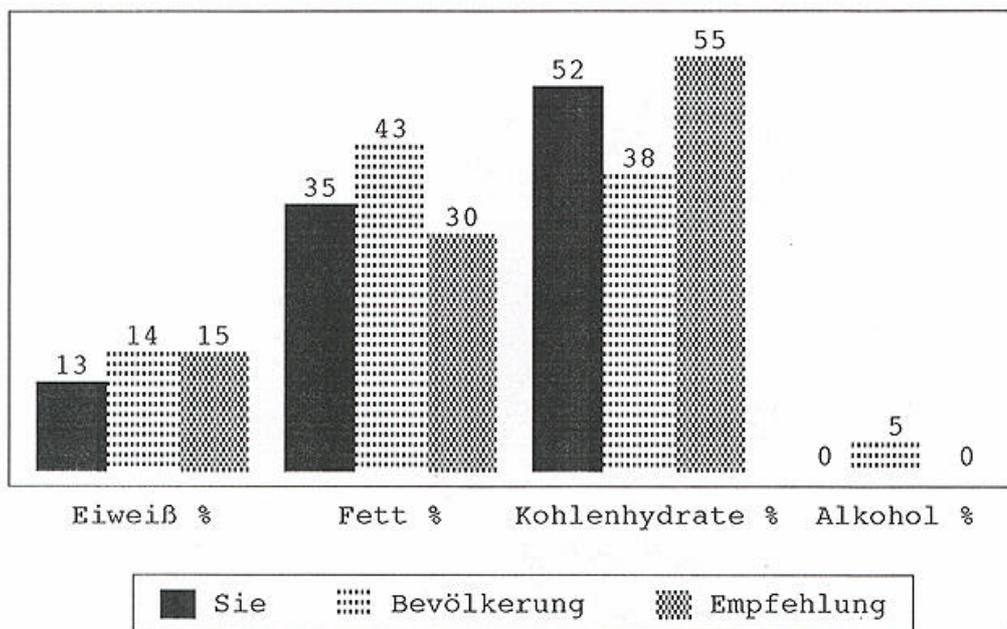
Potsdam, den 19.02.1997

Auswertung des Ernährungsfragebogens

Die nachfolgenden Werte Ihrer Nährstoffzufuhr sind Durchschnittswerte und beruhen auf Berechnungen, die wir mit Ihren im Fragebogen gemachten Angaben vorgenommen haben. Dazu erhalten Sie einen Vergleich Ihrer Nährstoffzufuhr mit den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE).

Anhand Ihrer Angaben beträgt Ihre durchschnittliche **Energieaufnahme** 1979 Kilokalorien pro Tag. Die zugeführte Energie stammt zu 52% aus *Kohlenhydraten*, 13% aus *Eiweiß*, 35% aus *Fett* und zu 0% aus *Alkohol*. Die Empfehlung lautet, den Energiebedarf zu mindestens 55 % aus Kohlenhydraten, zu maximal 30% aus Fett und nicht mehr als 15% aus Eiweiß zu decken. Der Alkoholanteil in der Ernährung sollte gering sein.

In folgender Grafik wird nochmals das Verhältnis der einzelnen Nährstoffe zueinander dargestellt und mit den Empfehlungen verglichen. Die jeweilige linke Säule zeigt **Ihre** Energiezufuhr, die rechte Säule stellt im Vergleich dazu die Empfehlung dar. Die mittleren Säulen sind die durchschnittlichen Werte der deutschen Bevölkerung.



Der Anteil an **Fett** in der Nahrung sollte, wie oben bereits genannt, nicht mehr als 25-30% der Gesamtenergie betragen. Bei Ihnen beläuft sich dieser Anteil auf 35%, wobei die Hauptquellen Ihrer Fettaufnahme folgende Lebensmittel sind:

**Streichfette (22%),
Pizza (15%), und
Kuchen, Torte, Gebäck (13%).**

Entscheidend ist jedoch nicht nur die Menge, sondern auch die Art des Nahrungsfettes. Zwei Drittel des Fettes sollten aus pflanzlichen Lebensmitteln aufgenommen werden. Diese pflanzlichen Fette sind wegen Ihres hohen Gehaltes an **ungesättigten Fettsäuren** wichtig für die Gesundheit. Laut der Angaben in Ihrem Fragebogen nehmen Sie 26 g pflanzliches und 46 g tierisches Fett zu sich.

Analyse zur Potsdamer Ernährungsstudie

In der folgenden Grafik können Sie nochmals überprüfen, inwieweit Sie die Empfehlung erreichen.



Ihre **Cholesterinaufnahme** beträgt 220 mg pro Tag. Sie sollten täglich nicht mehr als 300 mg zu sich nehmen.

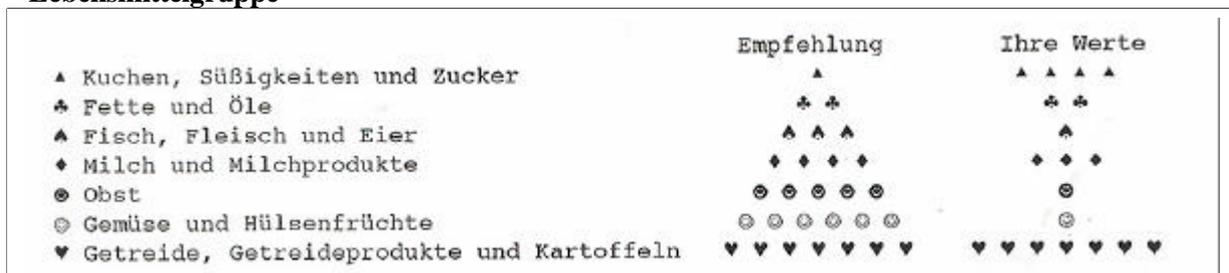
Ihre **Ballaststoffaufnahme** beträgt 21 g pro Tag. Ballaststoffe sind wichtig für die Verdauung und tragen zur Vermeidung verschiedener Darmerkrankungen bei. Die DGE empfiehlt, täglich mindestens 30 g davon aufzunehmen. Für eine ausreichende Ballaststoffzufuhr sollte Ihre Ernährung ausreichend Vollkornprodukte sowie Obst und Gemüse enthalten. Die Ballaststoffe Ihrer Nahrung stammen vorwiegend aus

- Brot, Brötchen (32%),**
- Müsli, Flocken, Körner (13%) und**
- Kuchen, Torte, Gebäck (12%).**

Verteilung der Lebensmittelgruppen

Eine gesunde Ernährung sollte alle Lebensmittelgruppen in ausreichender Menge enthalten. Das optimale mengenmäßige Verhältnis der Lebensmittelgruppen zueinander kann in Form einer Pyramide dargestellt werden. Jede Lebensmittelgruppe wird durch ein bestimmtes Symbol dargestellt. Je häufiger ein Symbol abgebildet ist, desto häufiger sollte es in den Speiseplan eingebaut werden. Süßigkeiten, Kuchen und Zucker sollten Sie daher so wenig wie möglich verwenden, während Getreideprodukte und Gemüse mehrmals täglich auf Ihrem Speisezettel stehen sollten.

Lebensmittelgruppe



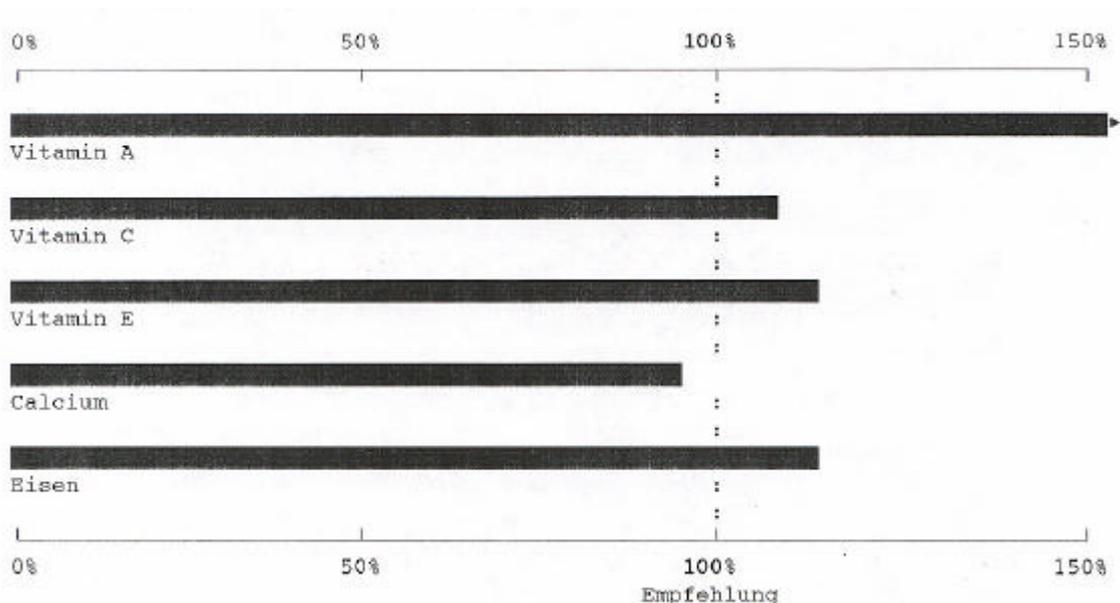
Aus den Angaben in Ihrem Fragebogen ergibt sich für Ihre Ernährung das Muster rechts neben der Pyramide, die das empfohlene Verhältnis der Lebensmittelgruppen zueinander darstellt.

Bei der Auswahl Ihrer Lebensmittel sollten Sie sich weitgehend an die linke Pyramide als Richtwert annähern. Achten Sie darauf, die unteren vier Lebensmittelgruppen ausreichend auszuwählen, bei den oberen drei Gruppen sollten Sie die empfohlene Menge nicht überschreiten.

Analyse zur Potsdamer Ernährungsstudie

Nun zu den **Vitaminen** und **Mineralstoffen**. In folgender Grafik können Sie sehen, inwieweit Sie mit Ihrer Ernährung die Zufuhrempfehlung für einige wichtige Vitamine und Mineralstoffe erreichen. Bedenken Sie jedoch, daß für Gesundheit und Wohlbefinden alle Vitamine und Mineralstoffe wichtig sind.

Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Ernährung zur täglichen Aufnahme erreicht (in %)



Falls Ihre Werte stark unterhalb des empfohlenen Wertes liegen, sollten Sie Ihre Ernährung entsprechend ändern. Lediglich bei Vitamin A gilt, daß eine zu hohe Aufnahme, insbesondere bei Frauen im gebärfähigen Alter, vermieden werden sollte. Wenden Sie sich bei Fragen an Ihren Hausarzt oder eine Beratungsstelle für Ernährung. Auf der ersten Seite dieses Schreibens sind einige beratende Institutionen genannt. Hier erfahren Sie auch, wie der Nährstoffbedarf durch richtige Ernährung gedeckt wird und können alle Fragen zu Ernährung und Gesundheit stellen.

Die aus Ihrem Fragebogen ermittelten Werte haben Ihnen einen Überblick über Ihre Ernährungssituation gegeben. Dazu erhielten Sie eine Orientierung, wie Sie Ihre Ernährungsweise verbessern können.

Uns werden diese Daten im Rahmen der Studie helfen, herauszufinden, inwieweit die Gesundheit mit den Ernährungsgewohnheiten und der Nährstoffversorgung in Zusammenhang gebracht werden kann. Wenn in einigen Jahren erste Ergebnisse vorliegen, werden Sie möglicherweise auch von diesen profitieren.

Anlage 4

Formeln zur Berechnung des Gesamtkörperfettanteils (%) mittels Hautfaltendickenmessungen (HF)

mit 10 Hautfalten nach JOHNSEN

Frauen:

$$\begin{aligned} \text{GKF \%} = & -17,18 + 1,82 * \ln \text{ HF Kinn} \\ & - 0,63 * \ln \text{ HF Trizeps} \\ & - 0,043 * \ln \text{ HF Bizeps} \\ & + 2,00 * \ln \text{ HF Brust} \\ & + 3,12 * \ln \text{ HF Rücken} \\ & - 0,82 * \ln \text{ HF Hüfte} \\ & + 1,49 * \ln \text{ HF Bauch} \\ & + 7,95 * \ln \text{ HF Femur} \\ & - 0,13 * \ln \text{ HF Knie} \\ & + 0,55 * \ln \text{ HF Wade} \end{aligned}$$

Männer:

$$\begin{aligned} \text{GKF \%} = & -12,39 + 1,73 * \ln \text{ HF Kinn} \\ & + 0,45 * \ln \text{ HF Trizeps} \\ & + 2,90 * \ln \text{ HF Bizeps} \\ & + 1,68 * \ln \text{ HF Brust} \\ & + 1,40 * \ln \text{ HF Rücken} \\ & - 2,27 * \ln \text{ HF Hüfte} \\ & + 3,76 * \ln \text{ HF Bauch} \\ & + 5,52 * \ln \text{ HF Femur} \\ & + 0,13 * \ln \text{ HF Knie} \\ & - 1,29 * \ln \text{ HF Wade} \end{aligned}$$

mit 3 Hautfalten nach JOHNSEN (1989)

Frauen:

$$\text{GKF \%} = - 4,39 + 4,53 * \ln \text{ HF Trizeps} + 6,37 * \ln \text{ HF Rücken} + 1,33 * \ln \text{ HF Hüfte}$$

Männer:

$$\text{GKF \%} = -12,24 + 4,93 * \ln \text{ HF Trizeps} + 6,35 * \ln \text{ HF Rücken} + 1,89 * \ln \text{ HF Hüfte}$$

mit 4 Hautfalten nach DURNIN & WOMERSLY (1974)

Frauen:

$$\begin{aligned} D &= [1156,7 - 71,7 * \log (\text{Summe HF Trizeps, Bizeps, Rücken, Hüfte})] / 1000 \\ \text{GKF \%} &= (4,95 / D - 4,5) * 100 \end{aligned}$$

Männer:

$$\begin{aligned} D &= [1176,5 - 74,4 * \log (\text{Summe HF Trizeps, Bizeps, Rücken, Hüfte})] / 1000 \\ \text{GKF \%} &= (4,95 / D - 4,5) * 100 \end{aligned}$$

Anlage 5

Formeln zur Berechnung des Gesamtkörperfettanteils (%) mittels BIA

nach LUKASKI (1989)

$$\text{LBM (kg)} = 0,734 * (\text{Körperhöhe}^2 \text{ (cm}^2) / \text{R (Ohm)} + 0,116 * \text{Körpermasse (kg)} + 0,096 * \text{Xc (Ohm)} + 0,878 * \text{Geschlecht (m =1, w = 0)} - 4,03$$

nach HEITMANN (1990)

$$\text{LBM (kg)} = 0,279 * (\text{Körperhöhe}^2 \text{ (cm}^2) / \text{R (Ohm)} + 0,181 * \text{Körpermasse (kg)} + 0,231 * \text{Körperhöhe (cm)} + 0,064 * \text{Geschlecht (m =1, w = 0)} * \text{Körpermasse (kg)} - 0,077 * \text{Alter} - 14,94$$

nach KUSHNER & SCHOELLER (1986)

Frauen

$$\text{TBW (l)} = 0,382 * (\text{Körperhöhe}^2 \text{ (cm)}^2 / \text{R (Ohm)} + 0,105 * \text{Körpermasse (kg)} + 8,315$$

Männer:

$$\text{TBW (l)} = 0,396 * (\text{Körperhöhe}^2 \text{ (cm)}^2 / \text{R (Ohm)} + 0,143 * \text{Körpermasse (kg)} + 8,399$$

nach DEURENBERG et al. (1991)

$$\text{LBM (kg)} = 0,340 * (\text{Körperhöhe}^2 \text{ (cm)}^2 / \text{R (Ohm)} + 0,273 * \text{Körpermasse (kg)} + 0,1534 * \text{Körperhöhe (cm)} - 0,127 * \text{Alter} + 4,56 * \text{Geschlecht (m=1, w=0)} - 12,44$$

aus dem Gesamtkörperwasser (TBW) berechnet sich die Magermasse (LBM):

$$\text{LBM (kg)} = \text{TBW (l)} / 0,73$$

aus der Magermasse in kg berechnet sich das GKF in % wie folgt:

$$\text{GKF (kg)} = \text{Körpermasse (kg)} - \text{LBM (kg)}$$

$$\text{GKF (\%)} = (\text{GKF (kg)} * 100\%) / \text{Körpermasse (kg)}$$

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema:

"Körperbau, Körperzusammensetzung und Ernährungsgewohnheiten bei Erwachsenen in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht"

selbständig angefertigt und an keiner anderen Stelle eine Arbeit desselben Inhalts eingereicht habe. Die Arbeit stellt weder als Ganzes, noch in Teilen eine Kopie fremder Arbeiten dar. Benutzte Hilfsmittel und Literaturquellen sind vollständig angeführt.

Danksagung

Vor allem möchte ich Frau Prof. Dr. H. Greil für die gute Betreuung und Unterstützung bei der Erstellung der Arbeit über den gesamten Zeitraum herzlich danken. Ihre zahlreichen Anregungen und fachlichen Diskussionen förderten und prägten diese Dissertation.

Allen Teilnehmern an dieser Studie, die sich für die Untersuchungen und Befragungen zur Verfügung gestellt haben, möchte ich meinen Dank aussprechen.

Nachdrücklich möchte ich mich bei den Mitarbeiterinnen des Fachgebietes Humanbiologie Frau Dr. C. Scheffler und Frau E. Lange bedanken, die mich mit Rat und Tat unterstützten. Besonders danke ich Frau Lange für die Hilfe bei der graphischen Ausgestaltung und statistischen Bearbeitung der Daten.

Den Mitarbeitern der Brandenburger Ernährungs- und Krebsstudie, vor allem dem Studienleiter Herrn Dr. H. Boeing und Frau Dr. K. Klipstein-Grobusch, gilt mein besonderer Dank für die Bereitstellung der Ernährungsfragebögen und sonstige materielle Unterstützung und den Zugang zu den Testpersonen.

Beim Fachschaftsrat Biologie der Universität Potsdam möchte ich mich für die unkonventionelle Hilfe bei der Bereitstellung eines Messraumes im Studentenwohnheim bedanken.

Meinem Mann Andreas und meinen Eltern danke ich herzlich für ihr jederzeit aufgebrachtes Verständnis, die Unterstützung bei der Betreuung unserer Zwillinge und ihre kritischen Hinweise bei der Endkorrektur des Manuskriptes.