

Technische Universität München  
Department für Lebensmittel und Ernährung  
Lehrstuhl für Ernährungslehre

**Kurzzeitfasten als adjuvante Therapie bei der Behandlung der mit Adipositas  
vergesellschafteten Krankheitsbilder Lymphödem und Lipolyphödem der Beine**

**Heike Kaupp**

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für  
Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München  
zur Erlangung des akademischen Grades eines

**Doktors der Haushalts- und Ernährungswissenschaften  
(Dr. oec. troph.)**

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. Georg Karg, Ph.D. / Iowa State Univ. Ames  
Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. (komm.) Dr. Günther Wolfram, em.  
2. Univ.-Prof. Dr. Christiane Keller,  
Ludwig-Maximilians-Universität München

Die Dissertation wurde am 21.11.2001 bei der Technischen Universität München eingereicht  
und durch die Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und  
Umwelt am 07.12.2001 angenommen.

<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Einführung in die Thematik.....	2
1.1.1 Bedeutung des Fettgewebes .....	2
1.1.2 Verschiedene Formen der Fettgewebsvermehrung .....	5
1.1.2.1 Adipositas und Lipohypertrophie.....	5
1.1.2.2 Lipödem und Lipolymphödem.....	7
1.1.3 Das Lymphgefäßsystem der Haut .....	9
1.1.3.1 Anatomie des Lymphgefäßsystems.....	9
1.1.3.2 Physiologie und Pathophysiologie des Lymphgefäßsystems .....	11
1.1.4 Das Lymphödem und seine differentialdiagnostische Abgrenzung.....	13
1.1.5 Therapeutische Interventionen bei Adipositas, Lymphödem und Lipolymphödem ...	15
1.1.5.1 Stellenwert der Fastentherapie .....	15
1.1.5.2 Komplexe Physikalische Entstauungstherapie (KPE).....	18
1.1.6 Messtechnische Erfassung der Körperzusammensetzung.....	20
1.1.6.1 Allgemeiner Überblick.....	20
1.1.6.2 Anthropometrie .....	22
1.1.6.3 Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA).....	24
1.2 Fragestellung.....	31
<b>2 Patientengut und Methoden .....</b>	<b>33</b>
2.1 Versuchspersonen.....	33
2.2 Angewandte Behandlungsmethoden .....	38
2.2.1 Fasten als intensivdiätetische Massnahme.....	38
2.2.2 Komplexe Physikalische Entstauungstherapie (KPE) .....	38
2.3 Versuchsablauf .....	39
2.3.1 Gesamtzeitachse.....	39
2.3.2 Versuchsbedingungen .....	40
2.4 Messgrößen.....	41
2.4.1 Anthropometrische Messungen .....	41
2.4.2 Routine - Laborparameter .....	42
2.4.3 BIA-Messungen .....	43
2.5 Datenerfassung und Berechnungsgrundlagen.....	44
2.5.1 Anthropometrische Daten .....	44
2.5.1 BIA-Daten.....	45
2.6 Statistische Auswertung .....	47

<b>3 Ergebnisse .....</b>	<b>48</b>
3.1 Ergebnisse der Ganzkörperuntersuchungen.....	48
3.1.1 Körpergewicht (KG) und Körpergewichtsveränderungen ( $\Delta$ KG) .....	48
3.1.2 Grundlegende Untersuchungen der BIA-Resistanzwerte bei 50 kHz.....	51
3.1.2.1 Körperseitenvergleich der Ganzkörpermessung und der Extremitäten.....	51
3.1.2.2 Vergleich der Ganzkörpermessung mit der Summe der Segmentmessungen.....	53
3.1.3 Übersicht der BIA-Rohdaten und des Impedanzindex.....	54
3.1.4 Differenzierung des Körpergewichtes in Fettfreie Masse (FFM) und Fettmasse (TBF) im Methodenvergleich.....	56
3.1.4.1 Fettfreie Masse (FFM) und Fettmasse (TBF) vor und nach den Therapien.....	56
3.1.4.2 Unterteilung der Körpergewichtsabnahme in FFM- und TBF-Abnahme .....	59
3.1.5 Weitere Differenzierung der BIA-Daten anhand der Auswertungssoftware Nutri4...	61
3.1.5.1 Körperzellmasse (BCM) und Extrazellulärmasse (ECM).....	61
3.1.5.2 Gesamtkörper- (TBW), Extrazelluläres (ECW) und Intrazelluläres Wasser (ICW) .....	64
3.1.6 Prozentualer Fettgehalt und Fettverteilungsmuster.....	66
3.1.7 Untersuchung des Körpergewichtes auf Korrelation mit verschiedenen Parametern.	69
3.1.8 Untersuchung ausgewählter Blutparameter .....	70
3.1.8.1 Gesamteiweiß und Eiweißverteilung .....	70
3.1.8.2 Elektrolyte und andere Parameter .....	71
3.1.8.3 Stoffwechselfparameter .....	72
3.2 Ergebnisse der Extremitätenuntersuchungen.....	73
3.2.1 Ergebnisse der Armmessungen.....	73
3.2.1.1 Armvolumina und deren Veränderungen.....	73
3.2.1.2 Oberarmumfang, Trizeps- und Bizepshautfalten und deren Veränderungen.....	74
3.2.1.3 BIA-Rohdaten und Impedanzindex der Arme.....	76
3.2.1.4 Untersuchung des Armvolumens auf Korrelation mit verschiedenen Parametern .....	79
3.2.2 Ergebnisse der Beinmessungen.....	80
3.2.2.1 Beinvolumina und deren Veränderungen im Vergleich zu den Armvolumina...	80
3.2.2.2 Einzelne Beinumfang, die Wadenhautfalte und derenVeränderungen.....	83
3.2.2.3 BIA-Rohdaten und Impedanzindex der Beine .....	86
3.2.2.4 Untersuchung des Beinvolumens auf Korrelation mit verschiedenen Parametern .....	90
<b>4 Diskussion der Messmethoden und der Versuchsanordnung.....</b>	<b>91</b>
4.1 Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) .....	91
4.1.1 BIA bei Status- und Verlaufsmessungen .....	91
4.1.2 Kombinierte Vorhersagegleichungen - Impedanzindex - BIA-Rohdaten.....	92
4.1.3 Multifrequenz-BIA und ihre Auswertung.....	94
4.1.4 Problematik der Auswertung der Resistanz-Werte bei 1 kHz .....	95
4.1.5 Diskussion der Verwendung von segmentalen Messungen.....	96

4.2 Anthropometrie / Vierhautfalten-Formel.....	98
4.3 Versuchsanordnung .....	99
<b>5 Diskussion der Ergebnisse .....</b>	<b>100</b>
5.1 Diskussion der Ergebnisse der Ganzkörperuntersuchungen.....	100
5.1.1 Körpergewicht, Adipositasparameter und Fettverteilungsmuster.....	100
5.1.2 Ausgewählte Blutparameter in Bezug auf Fastenstoffwechsel und Lymphödempneumatik .....	102
5.1.3 BIA-Rohdaten und Impedanz-Index .....	103
5.1.4 Differenzierung des Körpergewichtes in Fettfreie Masse (FFM) und Fettmasse (TBF) .....	105
5.1.4.1 Statusmessungen von FFM und TBF im Methodenvergleich.....	105
5.1.4.2 Veränderungen von FFM und TBF im Methodenvergleich.....	108
5.1.5 BIA-Software Nutri4 zur weiteren Auswertung .....	109
5.1.5.1 Körperzellmasse (BCM) und Extrazellulärmasse (ECM).....	110
5.1.5.2 Gesamtkörper- (TBW), Extrazelluläres (ECW) und Intrazelluläres Wasser (ICW) .....	111
5.2 Diskussion der Ergebnisse der Armuntersuchungen .....	113
5.2.1 Ausgangsmessungen der Arme.....	113
5.2.2 Korrelation des Armvolumens mit anderen Parametern.....	113
5.2.3 Anthropometrische Verlaufsmessungen der Arme .....	114
5.2.4 BIA-Verlaufsmessungen der Arme.....	115
5.3 Diskussion der Ergebnisse der Beinuntersuchungen .....	118
5.3.1 Ausgangsmessungen der Beine.....	118
5.3.2 Korrelation des Beinvolumens mit anderen Parametern.....	119
5.3.3 Anthropometrische Verlaufsmessungen der Beine.....	120
5.3.4 BIA-Verlaufsmessungen der Beine.....	122
<b>6 Zusammenfassung .....</b>	<b>125</b>

## Literatur

## Anhang

## Abkürzungsverzeichnis

BCM	Körperzellmasse (body cell mass)
BHF	Bizeps-Hautfalte
BIA	Bioelektrische Impedanzanalyse
BIS	Bioelektrische Impedanz-Spektroskopie
BMI	Körper-Massen-Index (body mass index)
BMR	Grundumsatz (basic metabolic rate)
CT	Computertomographie
DEXA	Dual-Photonen-Absorptiometrie (dual energy x-ray absorptiometry)
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
DGL	Deutsche Gesellschaft für Lymphologie
ECF	Extrazelluläre Flüssigkeiten (extra cellular fluids)
ECM	Extrazellulärmasse (extra cellular mass)
ECS	Extrazelluläre Feststoffe (extra cellular solids)
ECW	Extrazellulärwasser (extra cellular water)
FFM	Fettfreie Masse (fat free mass)
ICW	Intrazellulärwasser (intra cellular water)
IVNAA	In-vivo-Neutronenaktivierungsanalyse
KPE	Komplexe Physikalische Entstauungstherapie
$L^2/R$	Impedanz-Index
MFBIA	Multifrequentielle-Bioelektrische Impedanzanalyse
ML	Manuelle Lymphdrainage
MRI	Kernspintomographie
NIRI	Infrarot-Interaktanz (near infrared interactance)
Nutri4	BIA-Softwareprogramm der Fa. Data Input
R	Ohmscher Widerstand
SIHF	Suprailiakale Hautfalte
SSHf	Subscapulare Hautfalte
TBF	Körperfettgehalt (total body fat)
TBW	Körperwasser (total body water)
THF	Trizeps-Hautfalte
TOBEC	Ganzkörperleitfähigkeitsmessung (total body electrical conductivity)
UH	Umfang Hüfte
UOA	Umfang Oberarm
UOS	Umfang Oberschenkel
UT	Umfang Taille
VLED	Very low energy diet
WHR	Taille-Hüft-Verhältnis (waist-to-hip-ratio)
WTR	Taille-Oberschenkel-Verhältnis (waist-to-thigh-ratio)
Xc	Kapazitiver Widerstand
4HFD	Vier-Hautfaltendicke-Formel nach Durnin und Womersley

# 1 Einleitung

Das chronische primäre Beinlymphödem ist eine belastende, unbehandelt unaufhaltsam zur Progredienz neigende Erkrankung. Das aufgrund einer mechanischen Insuffizienz der Lymphgefäße entstandene eiweißhaltige Lymphödem führt zu massiven Schwellungen mit Schweregefühl und Bewegungsbehinderung sowie im weiteren Verlauf zu Bindegewebsproliferationen und bietet einen vorzüglichen Nährboden für Infektionen wie z. B. rezidivierende Erysipele.

Therapie der Wahl ist bei dieser Erkrankung die Komplexe Physikalische Entstauungstherapie (KPE), die im wesentlichen aus den Bausteinen Lymphdrainage, Kompressionstherapie und Bewegung besteht [16, 53, 131].

Die gleiche Maßnahme wird beim Lipödem, einer symmetrischen Fettgewebsverteilungsstörung, besonders an Ober- und Unterschenkeln sowie beim Lipolymphödem, einem dem Lipödem aufgelagerten Lymphödem, angewendet.

Zu den psychischen Belastungen durch die oft entstellende Erkrankung der lymphödematösen Beine kommt häufig noch eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Adipositas [185]. Übergewicht und Adipositas können zahlreiche Gesundheitsstörungen auslösen und/oder verstärken [72, 183]. Auch zwischen pathologischen Fettablagerungen und Lymphostasen bestehen stoffwechsel- und mechanisch bedingte Wechselbeziehungen. Erhöhte Fettablagerungen bedeuten ihrerseits einen Risikofaktor für die Entstehung eines Lymphödems [52].

Die Suche nach sinnvoller Therapieergänzung zusätzlich zur KPE erscheint deshalb besonders bei frühzeitig bestehender Adipositas gerechtfertigt, denn die Fettleibigkeit ist eine das Lymphödem verstärkende Krankheit [53].

Lipödempatientinnen, die begleitend eine Adipositas haben, neigen eher zur Entwicklung eines Lipolymphödems als normalgewichtige Betroffene [52, 63, 175, 185].

Zur Therapie der Adipositas kommen neben verhaltenstherapeutischen vor allem diätetische Maßnahmen zum Einsatz, die je nach Ausprägung der Fettsucht mit unterschiedlicher Intensität durchgeführt werden können [45, 173, 174, 183].

Die vorliegende Arbeit befasst sich zum einen mit der Zusammensetzung des Körpers und der Extremitäten von adipösen Patientinnen mit Lymph- und Lipolymphödem im Vergleich zu adipösen Patientinnen ohne diese Krankheitsbilder. Zum anderen werden die Auswirkungen einer Therapiekombination von KPE und Kurzzeitfasten während des Klinikaufenthaltes auf Lymphödem und Lipolymphödem anhand praxisnaher Messmethoden untersucht.

KPE und Fasten sind zwei intensive Therapien, die im klinischen Bereich unter fachlicher Leitung gut durchgeführt werden können. Um den Therapieerfolg langfristig zu erhalten, müssen den Patientinnen bereits während des Krankenhausaufenthaltes Konzepte über sinnvolles Alltagsverhalten, sowohl in Bezug auf die Adipositas als auch auf das Krankheitsbild des Lymphgefäßsystems vermittelt werden. Beide Krankheiten bedürfen einer lebenslangen Führung.

## 1.1 Einführung in die Thematik

### 1.1.1 Bedeutung des Fettgewebes

Das Fettgewebe ist das zweitgrößte Körperorgan des Menschen [183].

Die Menge des Körperfettes ist sehr variabel und beträgt beim normalgewichtigen Mann 10 - 20 % des Körpergewichtes, bei der Frau 15 - 25 % [6, 108, 183].

Bis auf 1 kg Fett können die Speicher ohne gesundheitliche Schäden reduziert werden, die oberen Werte können 100 kg Fett erreichen [6].

Die Begriffe Fett und Fettgewebe sind nicht gleichzusetzen, auch wenn sie in der Praxis häufig synonym verwendet werden [54].

Fettgewebe ist eine spezielle Art des retikulären Bindegewebes [79]. Es besteht überwiegend, zu 1/3 - 2/3 [1], aus Fettzellen, den Adipozyten sowie Blutzellen, endothelialen Zellen, Perizyten, Vorläuferzellen der Adipozyten in verschiedenen Stufen der Differenzierung, Fibroblasten und extrazellulärer Flüssigkeit.

Die Adipozyten können einzeln, meist in kleineren oder größeren Gruppen, in Organen oder im Bindegewebe liegen. Oft bildet das Fettgewebe Läppchen (Fettläppchen, Fettorgane), die von einer Bindegewebskapsel umgeben und von Bindegewebssepten unterteilt sind.

Fettgewebe besteht aus ca. 80 % Fett, 14 % Wasser, davon 11 % extrazelluläres und 3 % intrazelluläres Wasser, und 6 % Protein [168]. Wird vom Körpergewicht das Fettgewebe subtrahiert, erhält man definitionsgemäß die Magermasse (LBM, lean body mass).

Als Fett bezeichnet man den ätherischen Fettextrakt aus homogenisiertem Gewebe, d. h. wasserfreie Triglyzeride.

Körpergewicht abzüglich Fett ergibt die fettfreie Masse (FFM, fat free mass). Die LBM ist mengenmäßig kleiner und eher physiologisch definiert, die FFM eher chemisch definiert [115].

Ungefähr 80 % des Fettgewebsorgans befindet sich subkutan, der Rest in und um verschiedene Organe und vorwiegend intraabdominal (Mesenterium, Omentum, Retroperitoneum) [183, 185].

Aufgrund seiner Lokalisation und der Struktur der Fettzellen sowie aufgrund der Farbe, Gefäßversorgung und Funktion können zwei Arten von Fettgewebe unterschieden werden [139]:

Univakuoläres oder weißes Fettgewebe, dessen Zellen einen großen Fetttropfen im Zytoplasma („Siegelringform“) aufweisen und multivakuoläres oder braunes Fettgewebe, dessen Zellen zahlreiche Fetttropfen und viele Mitochondrien enthalten.

Das Fettgewebe des Erwachsenen ist überwiegend univakuolär oder weiß.

Univakuoläres Fettgewebe ist mit durchschnittlich einer Kapillare pro Fettzelle reich vaskularisiert. Unter Berücksichtigung des wenigen Zytoplasmas der Fettzellen ist der Quotient zwischen Blut- und Zytoplasmavolumen im Fettgewebe größer als in der Skelettmuskulatur. Der Stoffwechsel von Fettzellen ist deshalb sehr hoch [17, 108, 139]. Halbwertszeit für den Fettsäureumsatz im Depotfett sind zwei bis drei Wochen [139].

Das weiße Fettgewebe ist reich innerviert [8]. Es handelt sich um postganglionäre, sympathische, noradrenerge, die Gefäße begleitende Nerven, die jedoch keine Synapsen an den Fettzellen bilden. Dennoch verfügen die Membranen der Fettzellen über noradrenerge Rezeptoren, so dass aus Nerven freigesetztes Noradrenalin auf die Fettzellen wirken kann. Deshalb kann es nach Erregung des Sympathikus, z. B. bei Stress, zu einer Steigerung der Lipolyse kommen.

Die Aufgaben des Fettgewebes sind vielseitig. Eine konstante Menge von 0,5 - 1,0 kg Fett dient, unabhängig vom Ernährungszustand, biologischen Membranen als essentieller Bestandteil von Gangliosiden in der grauen Hirnsubstanz und in Organen in der Zelloberfläche [6].

Das Fettgewebe bietet mechanischen Schutz, z. B. bei Augapfel und Nieren sowie einen Wärmeschutz durch seine isolierende Wirkung. Bestimmte Fettgewebepartien, z. B. an Handflächen und Fußsohlen, stellen Baufett dar und werden nur bei länger andauernden Hungerzuständen oder bei mit Kachexie einher gehenden Erkrankungen abgebaut [17, 108].

Eine wichtige Funktion der Fettzellen ist die Regulierung des Wasserhaushaltes durch Zellquellung oder -entquellung [79, 139]. Der interstitielle Raum zwischen den Adipozyten kann bedeutende Mengen an Wasser und darin gelösten Salzen aufnehmen [108].

Das Fettgewebe ist an den Regulationsvorgängen des Körpers erheblich beteiligt. Es spielt im Intermediärstoffwechsel eine wichtige Rolle und steht in direkter Verbindung mit dem Blutkompartiment [183].

Der größte Teil des Fettgewebes stellt als Speicherfett das Energiereservoir des Körpers dar. Die Energie wird in den Adipozyten als Triacylglycerol (TG) gespeichert und bei Bedarf werden durch Lipolyse Fettsäuren frei gesetzt [6, 32]. Große Mengen von Speicherfett bedingen daher eine wesentliche Mehrbelastung des Kreislaufes [17].

Das Fettgewebe ist ein stoffwechselaktives Organ [32, 183]. Die Regulation der metabolischen Aktivität der Fettzellen ist vor allem dem Wechselspiel zwischen lipolytisch (Katecholamine, Glukagon) und antilipolytisch (Insulin) wirksamen Hormonen unterworfen [6, 8, 183]. Außerdem produziert das Fettgewebe Substrate, freie Fettsäuren und freies Glycerin, die Aminosäuren Alanin und Glutamin und Laktat, sowie Enzyme (CETP und ASP), Hormone und Zytokine (Leptin, Östrogene, Angiotensin, Tumornekrosefaktor Alpha-TNF und Interleukin 1 und 6) [32, 183].

Fettgewebe tritt überall im Körper auf, ist jedoch alters- und geschlechtsspezifisch verteilt [167, 183]. Während des Alterns kommt es ab einem bestimmten Grad der Adipositas zu einem Anstieg der zentralen Fettdepots bei Männern und Frauen. Dieser Prozess verläuft bei Männern langsam progressiv, bei Frauen ist erst ab der Menopause mit diesen Veränderungen zu rechnen [141].

Bei gleichem Gehalt an Gesamtkörperfett haben Frauen größere subkutane Fettvorräte im femoral-glutealen Bereich, während bei Männern die Fettvorräte in der Abdominalregion größer sind [7]. Frauen haben größere femoral-gluteale Fettzellen als Männer. Die Größe der abdominalen Fettzellen ist bei Männern und Frauen gleich [7, 107].

Dennoch sind die geschlechtsspezifischen Unterschiede im Umfang des subkutanen Fettgewebes hauptsächlich durch die größere Anzahl der Fettzellen der Frauen erklärt [107].

Eine erwachsene Frau hat an den Oberschenkeln physiologisch eine durchschnittlich doppelt so dicke Fettschicht wie ein erwachsener Mann [167].

Bei Übergewicht kommt es zuerst zu einer Hypertrophie der Fettzellen [6]. Ab einer "kritischen" Zellgröße um ca. 1  $\mu\text{g}$  [107, 185], die zwischen den Fettdepots variieren kann, kommt es zu einer Fettgewebshyperplasie, die Zellzahl steigt [6, 107].

Eine extreme Adipositas ist sowohl durch Hypertrophie als auch durch Hyperplasie des Fettgewebes gekennzeichnet [32, 183].

Eine Neubildung von Fettzellen durch Teilung bereits vorhandener reifer Fettzellen kommt, wenn überhaupt, nur sehr selten vor [32]. Demzufolge wird als Hauptursache für die hyperplastische Adipositas eine vermehrte Rekrutierung von Adipozyten aus dem im Fettgewebe vorliegenden Pool unreifer Vorläuferzellen angenommen [32, 107], die sich wiederum mit Triglyzeriden füllen [6]. Menschliches Fettgewebe enthält 200.000-400.000 undeterminierte Vorläuferzellen, ca. 3 auf 10 Fettzellen, die zu Adipoblasten und Präadipozyten werden können. Letztere sind bereits fähig Lipide einzulagern [7, 8].

Bei längerdauerndem Nahrungsentzug wird die Energieversorgung des Organismus vor allem aus der lipolytischen Mobilisierung und Oxidation der Triglyceridspeicher sicher gestellt [6, 139]. Die stimulierte Lipolyse ist zur Aufrechterhaltung der Energieversorgung notwendig, weil die Glykogenvorräte mit 200 - 500 g nur einige Stunden reichen [183]. Die für die Entspeicherung notwendige Lipoproteinlipase findet sich sowohl an der Oberfläche von Adipozyten als auch auf den Kapillarendothelzellen in der Nachbarschaft der Fettzellen [136].

In den Fettzellen nimmt nach 24 h Fasten die Zahl der mikropinozytotischen Bläschen zu, nach 48 h vermindert sich die Größe der Fetttropfen und nach 72 h werden die Fettzellen multi-vakuolär. Bei fortlaufendem Fasten werden die Fettzellen vielgestaltig oder spindelförmig und enthalten nur wenige Fetttropfen („seröse Fettzellen“). Die Zellen verharren in diesem Zustand und werden nicht zu Fibroblasten oder anderen Bindegewebszellen [139]. Das Plasmalemm der entspeicherten Adipozyten wird stark gefaltet, ebenso die umgebende Basallamina [108].

Gewichtsverlust durch Abbau des Fettgewebes reduziert primär das Volumen, jedoch nicht die Anzahl der Fettzellen [108, 185].

Bei gesteigerter Nahrungszufuhr füllen sich die Fettzellen rasch wieder auf [6, 139], denn eine einmal angelegte Fettzelle gilt als nicht eliminierbar [116, 183, 185].

Der Abbau von Fett bei Hunger erfolgt nicht im ganzen Körper gleichzeitig. Die lipolytische Aktivität ist am größten im intraabdominalen Fett, gefolgt vom abdominalen und femoralen subkutanen Fett [8, 107, 183].

Die Subkutis ist nicht nur der „zentrale Schauplatz“ von Adipositas, sondern auch von Lymph- bzw. Lipödem [185]. Neben dem aufrechten Gang ist die starke Einlagerung von Fettgewebe in die Subkutis für die genetische Lymphödembereitschaft von Bedeutung. Die Fettschicht der Subkutis repräsentiert das morphologische Biotop des Lymphödems [53] (s. Abb. 1 S. 10).

## 1.1.2 Verschiedene Formen der Fettgewebsvermehrung

Die Vermehrung des Fettgewebes wird im Folgenden, wie von Herpertz [79] vorgeschlagen, eingeteilt in Adipositas und Lipohypertrophie sowie Lipödem und Lipolymphödem.

### 1.1.2.1 Adipositas und Lipohypertrophie

Übergewicht und Adipositas sind Begriffe, die häufig im Austausch gegeneinander verwendet werden. Übergewicht bezieht sich zunächst wertfrei auf eine erhöhte Körpermasse, die alle Gewebe einschließt, während Adipositas im Speziellen einen Überschuss an Körperfettgewebe meint [46, 183].

Allerdings geht eine vermehrte Fettmasse immer einher mit einer erhöhten fettfreien Masse [54, 55]. In der Praxis gilt, dass übergewichtige Menschen meist auch adipös sind, obwohl es Ausnahmen, z. B. Schwerathleten, geben kann.

Eine einfach zu bestimmende und in der Wissenschaft gebräuchliche Methode zur Klassifizierung der Adipositas ist der Body Mass Index (BMI, Körpermassenindex) über den verschiedene Gewichtskategorien definiert sind [45, 174].

Dieser Gewicht-Längen-Index (BMI = Körpergewicht in Kilogramm dividiert durch Körperlänge in Metern zum Quadrat) korreliert in einem weiten Bereich mit dem Körperfettgewebe [32, 116].

<b>Klassifikation</b>	<b>BMI [kg / m<sup>2</sup>]</b>
Normalgewicht	18,5 - 24,9
Übergewicht	25,0 - 29,9
Adipositas Grad I	30,0 - 34,9
Adipositas Grad II	35,0 - 39,9
extreme Adipositas Grad III	≥ 40

Definitionsgemäß haben adipöse Frauen einen Körperfettanteil von größer 30 % am Körpergewicht, adipöse Männer größer 20 % [182].

Bei Adipösen (Grad I und II) kann das Fettgewebe 1/3 der Körpermasse und mehr ausmachen, bei morbid Adipösen (Grad III) sogar die Hälfte [183].

Die Deutsche Adipositas-Gesellschaft [45] geht davon aus, dass jeder zweite erwachsene Bundesbürger übergewichtig (BMI ≥ 25) und jeder fünfte bis sechste adipös (BMI ≥ 30) ist. Statistisch nehmen die Bürger in Industrienationen mit steigendem Alter ständig an Gewicht zu. In den jüngeren Altersgruppen zeigt sich bei Männern eine geringfügig höhere Prävalenz. Im mittleren und höheren Lebensalter ist der Anteil Übergewichtiger bei den Frauen deutlich größer [72].

Die vielfältigen Funktionen des Fettgewebes wie sie im vorherigen Kapitel (s. S. 3) beschrieben sind, machen verständlich, weshalb eine vermehrte Fettmasse zahlreiche Gesundheitsstörungen auslösen oder verstärken kann [72, 183]. Das Spektrum reicht von verschiedensten subjektiven Beschwerden über die Verstärkung von kardiovaskulären Risikofaktoren bis hin zur Förderung einer Vielzahl von Krankheiten einschließlich bestimmter Karzinome [45, 72].

Aber nicht nur das Ausmaß des Übergewichtes, sondern vor allem die Verteilung der Fettdepots, das **Fettverteilungsmuster**, bestimmt das Gesundheitsrisiko [72, 182]. Besonders bei Adipositas Grad I hat es maßgeblichen Einfluss auf das Morbiditäts- und Mortalitätsrisiko und muss deshalb bei der Abschätzung des adipositas-dissoziierten Gesundheitsrisikos berücksichtigt werden [72, 173].

Das kardiovaskuläre Risiko ist bei abdominaler (stammbetonter oder androider) Fettverteilung, eher typisch bei Männern, wesentlich höher als bei gluteo-femorale (hüftbetonter oder gynoider) Fettansammlung, eher typisch bei Frauen. Ursache dieses Phänomens ist die höhere Stoffwechselaktivität der viszeralen gegenüber den subkutanen Fettzellen [72].

Der Quotient aus Taillen- und Hüftumfang (waist to hip - ratio = WHR) ist ein gängiger Parameter für das Fettverteilungsmuster [134, 152]. Von einer abdominalen Adipositas spricht man bei einer WHR > 0,85 bei Frauen und WHR > 1,00 bei Männern [46, 183].

Der Quotient aus Taillen- und Oberschenkelumfang (waist to thigh - ratio = WTR) [167] sowie das Verhältnis peripherer zu zentraler Hautfalten [167] und der Taillenumfang als Einzelmaß [167, 183] können ebenfalls zur Beurteilung des Fettverteilungsmusters herangezogen werden.

Die **Diagnostik** der Adipositas scheint meist einfach und augenfällig, dennoch ist ein strukturiertes Vorgehen sinnvoll [182]. Zur obligatorischen Untersuchung von Adipösen zählen nach der Deutschen Adipositas-Gesellschaft [45] außer der Ermittlung des Körpermassenindex (BMI) und der Bestimmung der Körperfettverteilung (WHR) der Lipidstatus (Gesamt-, HDL- und LDL-Cholesterin, Triglyzeride), der orale Glukosetoleranztest, die Blutdruckmessung und die Messung von Harnsäure und basalem TSH (thyreoidea stimulating hormon).

Zu einer erweiterten Diagnostik gehören die sorgfältige Erhebung der Familien-, Psycho-, Sozial- und Ernährungsanamnese sowie eine Gewichtsanamnese, eine Medikamentenanamnese und ein Aktivitätsprotokoll. Sie sind wichtige Voraussetzungen für die Therapieplanung [46, 182].

Herpertz [79] teilt die Ursachen der Fettgewebsvermehrung bei Frauen ein in 60 % alimentär bedingte Adipositas, 20 % anlagebedingte Lipohypertrophie und 20 % Kombinationsform.

Wie in der Konsensus Konferenz der Deutsche Gesellschaft für Lymphologie (DGL) [140] festgelegt, wird eine **Einteilung der Fettgewebsvermehrung** in Adipositas und Lipohypertrophie vorgenommen:

- Adipositas ist eine weiche generalisierte Fettgewebsvermehrung, die grundsätzlich symmetrisch bevorzugt am Rumpf, oft auch an den Extremitäten, vorkommt. Sie liegt bei 60 % aller übergewichtigen Frauen vor, ist allein durch Überernährung bedingt und kann deshalb durch konsequente Reduktionskost beseitigt werden. Das Fettgewebe ist weich und ohne Beschwerdesymptomatik. Die Betroffenen leiden meist psychisch unter der entstellten Körperform sowie den gesellschaftlichen Konventionen. Die Adipositas kann Männer und Frauen betreffen.
- Die Lipohypertrophie ist eine anlagebedingte regionale Fettgewebsvermehrung mit einer symmetrischen Verdickung der Extremitäten. Der Rumpf ist in der Regel nicht mitbetroffen, allenfalls bei Beinverdickung zusätzlich das Gesäß. Sie kommt praktisch nur bei Frauen vor, bei Männern nur bei Androgenmangel und/oder beidseitiger Hodenentfernung und ist ohne subjektive Beschwerdesymptomatik.

Im Gegensatz zur Adipositas geht bei der Lipohypertrophie die Fettgewebsverteilungsstörung mit überproportionaler Verdickung der Extremitäten im Verhältnis zum Rumpf einher [140]. Sie kann die ganze Extremität betreffen, wobei die Hände und Füße meist verdickungsfrei bleiben oder aber nur zentrale oder periphere Anteile der Extremitäten befallen, z. B. "Reit-

hosenadipositas" als Oberschenkellipohypertrophie, "Hottentottensterz" als Gesäßlipohypertrophie [79].

Eine kausale Therapie ist bei Lipohypertrophie nicht möglich. Eine Behandlung durch Lymphdrainage ist nicht indiziert, gelegentlich werden Liposuktion oder Reduktionsoperationen durchgeführt. Wichtig ist die psychisch leidenden Frauen zur Einhaltung einer Reduktionskost zu motivieren, da sonst die Gefahr besteht, dass noch zusätzlich eine Adipositas hinzukommt [79].

Das Mischbild Adipositas (= alimentär) und Lipohypertrophie (= anlagebedingt) kommt bei 20 % der übergewichtigen Frauen vor. Dabei muss keine Beschwerdesymptomatik bestehen [140].

### 1.1.2.2 Lipödem und Lipolymphödem

Das **Lipödem** ist eine Frauenkrankheit bislang unbekannter Ätiologie [177]. Männer sind nur in Ausnahmefällen betroffen; meist finden sich dann massive hormonelle Funktionsstörungen. Herpertz [79] schätzt die Häufigkeit des Lipödems bei übergewichtigen Frauen auf 5 %.

Beim Lipödem handelt es sich um ein klinisches Syndrom, gekennzeichnet durch eine symmetrische Vermehrung des subkutanen Fettgewebes, eine Hyperplasie der Fettzellen, meist vom Beckenkamm bis zu den Knöcheln reichend, verbunden mit einer orthostatischen Ödemneigung und oft mit Druckschmerzhaftigkeit [53, 63, 79, 175, 177].

Ergebnisse technischer Untersuchungen bei Lipödem zeigen bei direkter Lymphographie einen korkenzieherartigen Verlauf der Lymphgefäße, bei der indirekten Lymphographie flammenförmige Kontrastmitteldepots, bei der Fluoreszenzangiographie vermehrte Kapillarfiltration und bei der dynamischen Lymphszintigraphie eine Verlangsamung des lymphatischen Flusses [53, 63].

Zu den bisher nachgewiesenen histologischen Veränderungen zählen die Dilatation subdermaler Kapillaren, eine Fibrose der Arteriolen, eine Fibrose und Erweiterung der Venen sowie Hypertrophie und Hyperplasie der Adipozyten [53, 175].

Während die pathogenetische Entwicklung des Lymphödems eindeutig einer organisch bedingten mechanischen Insuffizienz bzw. Niedrigvolumeninsuffizienz des Lymphsystems zuzuordnen ist (s. S. 12), ist die Pathogenese des Lipödems derzeit unbekannt [53, 79, 175, 177].

Es existieren zwei Thesen.

- Die lokalisierte, im Laufe der Jahre meist zunehmende Vermehrung des subkutanen Fettgewebes durch Hyperplasie der Fettgewebszellen führt zu einer lymphangiographisch nachweisbaren Kompression der epifaszialen Lymphkollektoren [63, 175]. Hierdurch entwickelt sich eine Lymphostase.
- Bei zu lockerer Beschaffenheit des vermehrten Fettgewebes und des hierdurch erniedrigten Gewebedruckes kommt es bei gleich bleibendem kapillärem Filtrationsdruck im Bereich der Blutgefäße zu einer vermehrten Filtration in das Fettgewebe bzw. das Fettgewebsinterstitium, welches sozusagen versumpft. Durch die Ödembildung werden dann konsekutiv kleine Lymphkapillargefäße okkludiert [63].

Nach Herpertz [79] kann sich ein Lipödem nur aus einer Lipohypertrophie entwickeln. Er spricht von einem schleichenden Prozess. Über eine oft jahrelang bestandene Fettvermehrung, kommt es zu einer Vergrößerung der Fettzellen und Fettkammern. Folge ist wie oben skizziert eine Behinderung des lymphatischen Abflusses aus den Lymphkapillaren und kleinen Sammelgefäßen

zwischen den Bindegewebssepten. Es resultiert eine geringe bis mäßige Lymphostase mit geringer Ödematisierung des subkutanen Bindegewebes.

Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass das lymphödematöse Gewebe betont über muskelfreien Regionen sitzt. Damit fehlt der fördernde Einfluss der Muskelkontraktion für den Lymphabfluss [63].

Häufig ist die Erkrankung in fortgeschrittenen Stadien mit einer begleitenden Adipositas vergesellschaftet [175]. In der Literatur wird von ca. 50% der Lipödempatientinnen ausgegangen, die gleichzeitig eine allgemeine Adipositas aufwiesen [63, 177], während die Arbeitsgruppe um Ludwig [111] meint, dass ein Lipödem immer mit einem Übergewicht verbunden ist.

Beim Lipödem ist die mechanische Lymphgefäßinsuffizienz, wie sie beim Lymphödem beschrieben wird, erst am Ende des pathogenetischen Geschehens zu sehen. Liegt im fortgeschrittenen Stadium ein Defekt in den prälymphatischen Kanälen, in den initialen Lymphgefäßen und in den Lymphgefäßen selbst vor, so entsteht ein Lymphödem [177].

Es kommt zu einer Kombination der Fettgewebsverteilungsstörung mit einer sekundären Schädigung des Lymphgefäßsystems, dem **Lipolymphödem**.

Beim Lipolymphödem ist das Gewebe induriert. Prätibial lassen sich Dellen eindrücken. Im Gegensatz zu den reinen Lipödemem ist die Knöchelregion oft aufgetrieben und der Fußrücken kissenartig ödematisiert. Die natürlichen Hautfalten sind vertieft. Ein positives Stemmersches Hautfaltenzeichen (s. S. 13) bestätigt das Vorliegen einer lymphogenen Schädigung [175].

Adipöse Patientinnen neigen eher zur Entwicklung eines sekundären Lymphödems, während bei Normalgewichtigen die Lipödeme jahrzehntelang unverändert bleiben können [175, 185].

Die wichtigste Ernährungsmaßnahme besteht in der Prophylaxe einer Übergewichtsentwicklung, die ein Lipödem verstärkt und das Auftreten eines sekundären Lymphödems begünstigt.

Bei bereits bestehender Adipositas wird eine Reduktionskost mit einer Energiezufuhr von 500 - 1000 kcal unter dem individuellen Energiebedarf empfohlen [185].

Ähnlich wie beim Lymphödem kann sich das Krankheitsbild des Lipödems ohne adäquate Behandlung im Sinne einer Komplexen Physikalischen Entstauungstherapie (KPE) (s. S. 18) verschlimmern und die Bildung eines Lipolymphödems provozieren [53].

### 1.1.3 Das Lymphgefäßsystem der Haut

Das Lymphgefäßsystem ist ein dem venösen System parallel geschaltetes Drainage- und Transportsystem. Während die beiden Teile des Blutgefäßsystems geschlossene Kreise darstellen, in denen das Herz als Pumpe die Zirkulation aufrecht erhält, stellt das Lymphsystem einen Halbkreis dar. Die den Lymphkapillaren nachgeschalteten Gefäßabschnitte transportieren die Lymphe in erster Linie durch eigene aktive Pumpbewegungen. Aber auch Faktoren wie die Arterienpulsation, aktive oder passive Muskel- und Gelenkbewegungen sowie Atmungsbewegungen unterstützen nicht nur den venösen, sondern auch den lymphatischen Rückstrom [53, 175].

Zur Hauptaufgabe des Lymphgefäßsystems gehört die Entsorgung des Interstitiums. Darunter wird der Abtransport von lymphpflichtigen Lasten wie Eiweiß, Fett, Zellbestandteile und Wasser, chemischen, organischen und nicht organischen Zellprodukten sowie Zellresiduen einschließlich artfremder Organismen wie Viren und Bakterien verstanden. Darüber hinaus hat das Lymphgefäßsystem wichtige Aufgaben in der Mikrozirkulation [175], spielt bei der Bewältigung lokaler Entzündungen eine wichtige Rolle und hat eine enge Beziehung zum Immunsystem [15, 53].

#### 1.1.3.1 Anatomie des Lymphgefäßsystems

Nach Funktion und Topographie werden drei Kompartimente unterschieden [15, 53]:

- Das oberflächliche (subkutane, epifasziale) System, das Haut und Subkutis drainiert.
- Das tiefe (subfasziale) System, das Lymphe aus Muskeln, Gelenken und Knochen des Rumpfes und der Extremitäten ableitet.
- Organlymphgefäße mit der Organstruktur angepassten, organspezifischen Unterschieden.

Oberflächliche und tiefe Kollektoren stehen, wie auch die Venen, über Perforansgefäße miteinander in Verbindung.

Da das Lymphödem in erster Linie das subkutane Gewebe und die Haut betrifft [53], ist das oben aufgeführte oberflächliche System von zentraler Bedeutung. Die Drainage von Haut und Unterhaut erfolgt physiologischerweise von der Oberfläche aus in die Tiefe (s. Abb. 1 S.10).

Das im Interstitium gelegene amorphe prälymphatische Kanalsystem leitet die abzutransportierenden Stoffe zu den initialen Lymphgefäßen. In der Haut und den Schleimhäuten liegen diese Lymphkapillaren gemeinsam mit den Blutkapillaren im lockeren Bindegewebe und bilden ein engmaschiges Netz mit blind endenden fingerförmigen Ausstülpungen. Die Lymphkapillaren sind Resorptionsgefäße und können dank eines speziellen Wandaufbaus die lymphpflichtigen Lasten aufnehmen [53, 175].

Der Mechanismus der Flüssigkeitsaufnahme ist noch nicht vollständig geklärt. Die Ränder einzelner Endothelzellen der Lymphkapillaren überlappen sich und bilden Einwegklappen. Die Wände der Lymphkapillaren sind durch Ankerfilamente im umgebenden Bindegewebe fixiert, deshalb bleiben sie funktionsfähig, auch wenn die Umgebung ödematös ist [175].

Den Lymphkapillaren nachgeschaltet sind Präkollektoren, die funktionell und anatomisch gesehen eine Mittelstellung zwischen Kapillaren und Kollektoren einnehmen. Zum einen transportieren sie Lymphe zu den Kollektoren, hierfür findet man in manchen Teilen schon

vereinzelte glatte Muskelzellen und Klappen, andererseits besitzen sie auch Abschnitte mit kapillärem Charakter, in denen sie ebenfalls zur Reabsorption fähig sind [91].

Die Kollektoren sind die eigentlichen Transportgefäße der Lymphe. Sie weisen den gleichen dreischichtigen Wandaufbau wie andere größere Gefäße auf und besitzen Klappen [91].

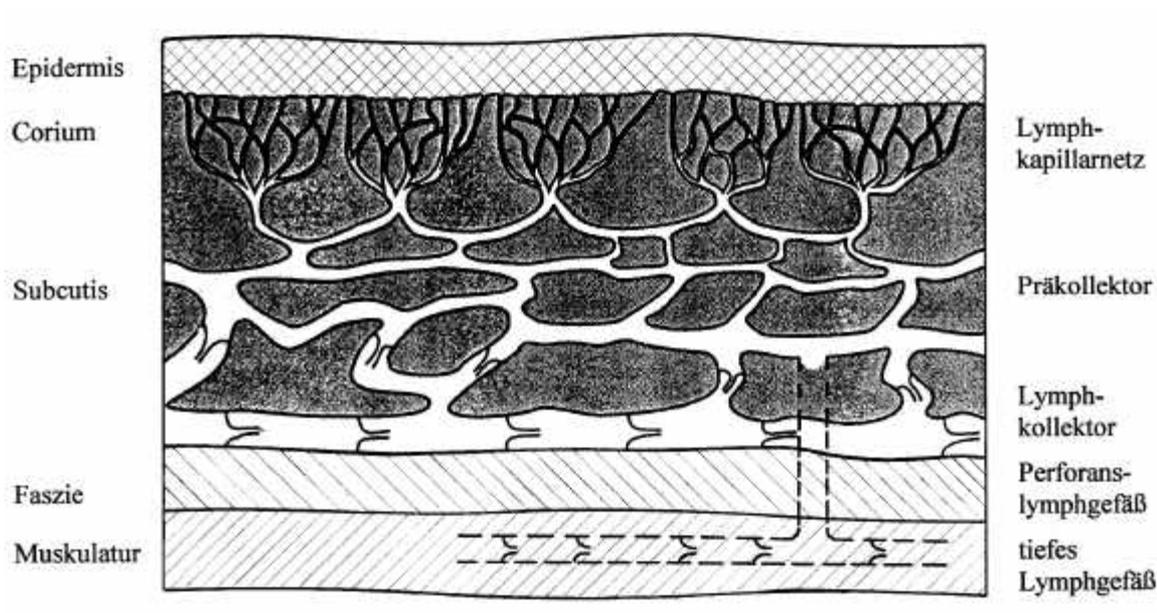


Abb. 1: Schematische Darstellung der Mikrostrukturen der initialen Lymphstrombahnen und abführenden Lymphkolektoren (modif. nach Knorz et al. [91] )

Die an einen Kollektor angeschlossenen Hautareale bilden zusammen streifenförmige Hautzonen. Die Hautzonen aller Kollektoren eines Lymphgefäßbündels bilden zusammen Territorien. Die Hautzonen anastomosieren untereinander durch das kutane Lymphgefäßnetz und vor allem durch zahlreiche Verbindungen benachbarter Kollektoren. Im Gegensatz dazu sind die randständigen Kollektoren benachbarter Territorien nur durch wenige Anastomosenäste miteinander verbunden. Die gefäßarmen Interterritorialzonen werden als lymphatische Wasserscheiden bezeichnet. Aus einem Territorium ins andere kann die Lymphe über die Wasserscheide praktisch nur durch das initiale Gefäßnetz gelangen [53].

Die großen Lymphgefäße, die aus der Vereinigung der Kollektoren entstehen und schließlich in die Cisterna chyli und später die sog. Venenwinkel einmünden, werden als Lymphstämme (Trunci lymphatici) bezeichnet. Den größten Lymphstamm bildet der Ductus thoracicus, der durch eine Vereinigung der paarigen Trunci lumbales und des unpaarigen Truncus gastro-intestinalis entsteht und in den linken Venenwinkel mündet. Er ist für die Drainage der gesamten linken Körperseite und zusätzlich der rechten Körperseite unterhalb des Zwerchfells zuständig. Der Truncus lymphaticus dexter drainiert die rechte Körperseite oberhalb des Zwerchfells [53, 175].

### 1.1.3.2 Physiologie und Pathophysiologie des Lymphgefäßsystems

Die physiologischen Austauschvorgänge von Flüssigkeiten zwischen Blut und Gewebe finden auf der Ebene der Blutkapillaren statt. Voraussetzung hierfür ist die Permeabilität der Kapillarschicht der Blutgefäße für Flüssigkeiten und gelöste Stoffe [175].

Die im Kapillargebiet abgefilterte Flüssigkeit von etwa 15 ml / min durchströmt das Interstitium, erreicht die zu ver- und entsorgenden Gewebezellen und wird anschließend zu 90 % über den venösen Kapillarschenkel reabsorbiert [175]. Die restlichen 10 %, als Netto-Ultrafiltrat oder lymphpflichtige Wasserlast bezeichnet, können vom venösen System nicht aufgenommen werden und werden vom Lymphgefäßsystem entsorgt. Außer Wasser handelt es sich um Eiweiße sowie um großmolekulare und zelluläre Bestandteile [53, 175].

Die Endstrombahn ist Plasmaproteinen gegenüber nicht ganz impermeabel, da in einer programmierten Menge Eiweißkörper, z. B. mit Vehikelfunktion für fettlösliche Vitamine oder Hormone zur Zellversorgung, aus der Blutbahn ins Interstitium gelangen [53].

Die lymphpflichtige Flüssigkeitsmenge pro 24 Stunden beträgt 2 - 4 Liter, davon rechnet man für die zu entsorgende Eiweißmenge 80 - 200 Gramm [175].

Die vorwiegend paarig angeordneten, rein passiv funktionierenden Klappen der Kollektoren garantieren einen zentralwärts gerichteten Lymphstrom.

Klappensegment oder Lymphangion wird der Abschnitt zwischen zwei Klappen genannt, der zur aktiven Kontraktion fähig ist. In peristaltikähnlichen Kontraktionswellen (10-12 / min) wird Lymphe von einem Klappensegment zum anderen weiter gepumpt (sog. Lymphangiomotorik) [53]. In der Diastole des Lymphangions erfolgt seine Wiederauffüllung, somit entspricht der Mechanismus dem einer Druck- und Saugpumpe.

Das Lymphangion arbeitet dabei wie das Herz nach dem Frank-Starling-Gesetz [53]. Das Herzvolumen steigt, wenn körperliche Betätigung zu einem erhöhten venösen Einfluss in den rechten Vorhof und dadurch zur Dehnung der Vorhofwand führt. Analog hat ein Anstieg des intralymphvaskulären Druckes, herbeigeführt bei erhöhter Lymphbildung durch die Dehnung der Lymphangionwand, einen Anstieg der Pulsationsfrequenz und dadurch des Lymphzeitvolumens zur Folge.

Die Vasomotion der Arteriolen führt nicht nur zu einer Steigerung der Lymphbildung, sondern spielt auch beim Transport der Lymphe in den Kollektoren eine Rolle. Hierfür sind einerseits begleitende Druckveränderungen im Gewebe verantwortlich und andererseits die spezielle Verankerung der Kollektoren im umliegenden Gewebe. Die Kontraktion der Arteriole führt zu einer Dilatation des Kollektors und umgekehrt [53]. Auch die externe Kompression der Gewebe mittels einer Bandage oder einer manuellen Lymphdrainage erhöhen das Lymphzeitvolumen.

Die Fähigkeit das Lymphzeitvolumen einer steigenden Arbeitslast anzupassen, wird als Sicherheitsventilfunktion des Lymphgefäßsystems bezeichnet [53]. Zum einen sind hierfür lokale myogene Reaktionen verantwortlich, zum anderen aber auch humorale und nervale Faktoren. Diese Anpassung ist nur bis zu einem bestimmten maximalen Wert möglich, der sog. lymphatischen Transportkapazität, die beim Gesunden ungefähr zehnfach über der Norm liegt.

Jede Insuffizienz des Lymphgefäßsystems führt zu einem Ödem, und jedes Ödem setzt eine Insuffizienz des Lymphgefäßsystems voraus. Eine Insuffizienz ist jedoch nicht immer gleichbedeutend mit einer Lymphangiopathie [53].

Földi und Kubik [53] unterscheiden drei Insuffizienzformen des Lymphgefäßsystems:

1. Eine dynamische oder Hochvolumeninsuffizienz liegt vor bei anatomisch intaktem, voll leistungsfähigem Lymphgefäßsystem, wenn der Bedarf eine erhöhte lymphpflichtige Wasserlast oder Wasser- und Eiweißlast (LL) die normale Transportkapazität (TK) überschreitet und somit die funktionellen Reserven des Lymphgefäßsystems, d. h. die Sicherheitsventilfunktion, ausgeschöpft sind.

Hochvolumeninsuffizienz: gesunde Lymphgefäße bei stark erhöhter lymphpflichtiger Last (erhöhte LL > normale TK)
--

2. Bei der mechanischen Insuffizienz oder Niedrigvolumeninsuffizienz ist das Lymphgefäßsystem krank, seine Transportkapazität für den Abtransport der normalen lymphpflichtigen Lasten in Ruhe reicht nicht aus und eine Kompensation über die Sicherheitsventilfunktion kann nicht ausgeübt werden. Ätiologisch liegen funktionelle Störungen wie Wandinsuffizienz, Lymphangiospasmus oder organische Störungen wie Lymphkapillarschädigung durch Verletzung oder entzündliche Prozesse zugrunde.

Niedrigvolumeninsuffizienz: kranke Lymphgefäße und normale lymphpflichtige Last (normale LL > gesenkte TK)
---

3. Eine ursprünglich dynamische Hochvolumeninsuffizienz kann in eine Sicherheitsventilinsuffizienz übergehen.  
Akut steigt die Aktivität des Lymphgefäßsystems durch Hyperlymphotension. Eine länger andauernde Belastung führt zur Hypertrophie der Lymphgefäße. Dadurch erhöht sich die Transportkapazität und ein Ödem wird zunächst verhindert. Halten Dauerbelastung und Hyperlymphotension an, so kommt es zu einer Schädigung in Form einer Klappeninsuffizienz infolge der Erweiterung der Klappenringe. Später schließt sich eine Durchtränkung der Lymphgefäßwand mit Lymphe an, es kann sogar zum Austritt von Lymphe in das perilymphatische Gewebe kommen.  
Die Sicherheitsventilinsuffizienz zeichnet sich durch eine deutlich erhöhte lymphpflichtige Last mit neu hinzugekommenem, erkranktem und somit eingeschränktem Lymphgefäßsystem aus. Beispiele hierfür sind das Ödem bei der akuten Entzündung oder das phlebolymphostatische Ödem. Die massive Ödematisierung kann bis zum Absterben von Zellen im Staugebiet führen.

Sicherheitsventilinsuffizienz: erkrankte Lymphgefäße und stark erhöhte lymphpflichtige Last (erhöhte LL > gesenkte TK)
---

Eine Folge der Niedrigvolumeninsuffizienz, aber auch der Sicherheitsventilinsuffizienz ist ein eiweißreiches Ödem mit sekundären fibrotischen Veränderungen, das Lymphödem.

### 1.1.4 Das Lymphödem und seine differentialdiagnostische Abgrenzung

Über die **Häufigkeit** primärer Extremitäten-Lymphödeme kann nur spekuliert werden. Eine 1990 veröffentlichte epidemiologische Studie von Schwarz [zit. in 53], basierend auf einem positiven Hautfaltenzeichen nach Stemmer, hat ergeben, dass insgesamt 1,8 % der untersuchten Männer und 12,4 % der Frauen Lymphostasezeichen im Bereich der Vorfüße aufweisen.

Das Stemmersches Zeichen bezeichnet das Persistieren einer stehenden Hautfalte im Zehenbereich über längere Zeit bedingt durch subkutane Eiweißfibrosen und dient als Diagnosekriterium.

Meist ist diese diskrete Form einer Lymphostase lediglich als Störung und noch nicht als Erkrankung zu werten. Die Zahlen zeigen jedoch, dass die Neigung zum primären Lymphödem der Beine, insbesondere bei Frauen, durchaus häufiger ist als bisher angenommen.

Die Geschlechtsverteilung der primären manifesten Lymphödeme wird für Frauen mit 87 % und für Männer mit 13 % angegeben [15, 175].

Eine **Stadieneinteilung** des primären Lymphödems nach klinischen Gesichtspunkten hat sich bewährt [53, 140, 175]:

#### Stadium I (spontan reversibel)

Weiche, teigige Weichteilschwellung, Dellen eindrückbar.

Nach Hochlagerung der Extremität weitgehende Rückbildung.

Keine oder nur geringe Fibrose, Stemmer negativ oder grenzwertig.

#### Stadium II (spontan irreversibel)

Keine Rückbildung durch Hochlagerung der Extremität, da bereits mäßig oder ausgeprägte Fibrose.

Dellen kaum eindrückbar, Stemmer meist positiv.

Das Stadium II entspricht dem typischen Lymphödem.

#### Stadium III (Elephantiasis)

durch rezidivierende Entzündungen im Stadium II, besonders Erysipele,

Volumen stark vermehrt, Haut deutlich verhärtet.

Zu den häufigsten **Komplikationen beim Lymphödem** [15, 16, 77] zählen rezidivierende Erysipele. Außerdem kommen Lymphbläschen und Lymphfisteln, Ekzeme, Ulzerationen, Eiweißfibrosen, gutartige Neubildungen der Haut wie Papillomatosen und Hyperkeratosen sowie Interdigitalmykosen vor. Periostosen, Ligamentosen, Tendomyosen und podologische Komplikationen beruhen meist auf Über- und Fehlbelastung als Folge des hohen Beingewichtes.

Die Anreicherung eiweißreicher Flüssigkeit im Interstitium, wie sie beim Lymphödem vorliegt, führt zu ähnlichen Veränderungen wie bei chronischen Entzündungen und wird deshalb als eine Sonderform der chronischen Entzündung betrachtet [53, 175].

Die dafür typischen Gewebereaktionen kommen durch eine Zunahme der Vaskularisation, einer vermehrten Gefäßpermeabilität, durch Makrophageneinwanderung und einer gesteigerten Geweberegeneration bzw. -proliferation zustande [175].

Weiterhin findet sich die für eine chronische Entzündung charakteristische Neigung zur Verfettung und Fibrosklerose sowie die Tendenz zur Entwicklung maligner Tumore [52].

Beier et. al [5] finden in neueren Untersuchungen eine oxidative Belastung des Gesamtorganismus aufgrund erhöhter Bildung freier Radikale durch das hypoxische Ödemgebiet.

**Differentialdiagnostisch** muss von beidseitigen Lymphödemen der Beine das Lipödem mit geringer Ausprägung, ein idiopathisches Ödem bei Adipositas und das orthostatische Ödem der Beine bei Adipositas abgegrenzt werden [79]. Die häufigste Fehldiagnose beim Lipödem ist die Diagnose Lymphödem [175].

Auch bei Mischformen, den Lipolymphödem, gleichzeitiger allgemeiner Adipositas oder einer konstitutionellen hypergynoiden Fettverteilung, im Sinne einer Lipohypertrophie, kann die Diagnose erschwert sein [158, 183].

Bei unilateralen Beinlymphödem hat das nicht betroffene Bein oft schon einen pathologischen Lymphfluss und eine präklinische Lymphödemform [15, 19, 53, 176].

In der vorliegenden Arbeit wurde die Diagnose der verschiedenen lymphologischen Krankheitsbilder in Anlehnung an die **Diagnosekriterien** von Földi und Kubik [53] und anderen Arbeitsgruppen [68, 111, 140, 175, 177] klinisch gestellt:

**Lymphödem:**

- betrifft beide Geschlechter
- einseitiges oder beidseitiges asymmetrisches Auftreten
- Beteiligung des Fußrückens möglich
- kein Druckschmerz
- Hautfarbe und Hauttemperatur meist normal
- Stemmersches Zeichen oft positiv

**Lipödem:**

- meist Frauen betroffen
- beidseitige symmetrische von den Hüften bis zu den Knöcheln reichende Schwellung, Knöchel und Fuß sind ödemfrei
- häufig Schmerzen, druckschmerzhaft
- sulziger Palpationsbefund, kaum eindrückbar
- Neigung zu Hämatomen
- fehlendes Stemmersches Zeichen
- zusätzliche Entwicklung orthostatischer Ödeme v. a. in der zweiten Tageshälfte

**Lipolymphödem:**

- Diagnosekriterien des Lipödems mit Beteiligung des Fußrückens, d. h. positives Stemmersches Zeichen

### 1.1.5 Therapeutische Interventionen bei Adipositas, Lymphödem und Lipolympödem

Während bei lymphödematösen Krankheitsbildern die Komplexe Physikalische Entstauungstherapie (KPE) die Therapie der Wahl mit den Zielen Ödemreduktion und Normalisierung der Ödemkonsistenz ist [175], gibt es in der Adipositasstherapie neben den gängigen Reduktionskostformen weitere sinnvolle Ansätze [45, 46, 49, 122, 173, 174, 183].

Die Adipositasstherapie wird multifaktoriell und interdisziplinär durchgeführt [183]. Die meisten klinischen und ambulanten Therapieprogramme kombinieren mehrere Maßnahmen aus der Ernährungs-, Bewegungs- und Verhaltenstherapie, im Sinne einer Lifestyleveränderung.

Laut den Leitlinien der Deutschen Adipositas-Gesellschaft 1998 [45] muss die Behandlung von Übergewicht (BMI 25 - 29,9) erfolgen, wenn gewichtsassoziierte Symptome wie Dyspnoe oder Gelenkschmerzen und/oder Folgeerkrankungen vorliegen und/oder psychosozialer Leidensdruck besteht. Liegen keine begleitenden Probleme vor, wird geraten, das Körpergewicht mindestens zu halten bzw. besser beständig zu reduzieren. Bei einem BMI > 30 wird aufgrund des erhöhten Risikos von Begleit- und Folgeerkrankungen generell eine Therapieempfehlung ausgesprochen.

Hauptziel der Adipositasstherapie ist eine dauerhafte Reduktion der Fettmasse bei weitgehendem Erhalt der Funktions- und Strukturproteine [100, 163, 173]. Weitere Ziele sind die Reduktion von Begleiterkrankungen, die weitestgehende Vermeidung von Nebenwirkungen und die nachhaltige Verbesserung des Gesundheitsverhaltens [45].

#### 1.1.5.1 Stellenwert der Fastentherapie

Empfehlenswerte diätetische Maßnahmen zur Reduktion von Übergewicht müssen in ihrer Zusammensetzung bestimmten Kriterien genügen. Sie können nach Wechsler [173] folgendermaßen eingeteilt werden:

Die kalorienreduzierte Mischkost stellt täglich eine Energie von 1000 bis 2000 kcal zur Verfügung. Dabei sollten 50-55 % der Energie in Form von Kohlenhydraten, 30-35 % in Form von Fett und 15-20 % in Form von Eiweiß (mindestens 50 g) angeboten werden.

Reduktionskostformen mit einem Energiegehalt von 700-1000 kcal sollten 50 g Protein, 90 g Kohlenhydrate, 7 g Linolsäure, 10-30 g Ballaststoffe, wie in der EU-Richtlinie 96/8 verfügt, enthalten. Außerdem enthält die Richtlinie detaillierte Angaben zu Vitaminen, Mineralstoffen und Spurenelementen.

Extrem hypokalorische Diäten mit einem Energiegehalt von 450-700 kcal/Tag werden auch als Very low energy diets (VLED) bezeichnet. Sie müssen 50 g Protein, 45 g Kohlenhydrate und 7 g Fett bei gleichzeitiger Substitution von Mineralstoffen, Vitaminen und Spurenelementen enthalten.

Totales Fasten (Nulldiät) bei dem nur kalorienfreie Flüssigkeit zugeführt wird, gehört in die Hand erfahrener Fastenärzte. Es sollte mit starker zeitlicher Einschränkung eingesetzt werden [183].

Die Fastentherapie der Adipositas wird in Fachkreisen nach wie vor kontrovers diskutiert, wobei oft nicht zwischen Nulldiät und VLED unterschieden wird.

Als Hauptkritikpunkte werden eine negative Stickstoffbilanz und hohe Wasserverluste während des Fastens, der fehlende Lerneffekt für den Alltag, eine Erniedrigung des Grundumsatzes mit anschließendem Jojo-Effekt (weight-cycling) nach Fastenende sowie eine Veränderung der Körperzusammensetzung nach wieder erfolgtem Gewichtsanstieg angeführt:

- Es ist bekannt, dass Magermasse und Übergewicht während Reduktionskostphasen parallel sinken [54, 55, 86, 95, 122]. Je restriktiver die diätetische Maßnahme, desto höher der Anteil an Magermasse am Gewichtsverlust [55]. Ziel ist ein möglichst geringer Proteinverlust, wobei ungefähr ein Drittel der Gewichtsreduktion als FFM-Verlust toleriert werden kann [183]. Diurese und Natriurese vor allem zu Beginn des Fastens können zum Überschätzen des Muskelverlustes und anderer Strukturproteine führen, da viele der üblicherweise verwendeten Methoden zur Vorhersage der FFM nicht unterscheiden zwischen den Wasser- und Nicht-Wasser-Anteilen der FFM [13].
- Im totalen Fasten besteht hinsichtlich des Eiweißstoffwechsels ein erheblicher Katabolismus, messbar an der Stickstoffausscheidung im 24 h-Sammelurin. Ein Teil des Eiweißes kommt, vor allem bei mangelnder Bewegung im Fasten, aus der Muskulatur [183]. Auf der anderen Seite deuten Muskelkraft- und Leistungszunahme bei körperlichem Training unter Fastenbedingungen darauf hin, dass auch andere Proteinquellen wie Verdauungs- oder anabol wirkende Enzyme abgebaut werden [13, 146]. Da über die Herkunft des abgebauten Proteins keine vollständige naturwissenschaftliche Klarheit herrscht, wird von der sog. Alternativmedizin nach wie vor bezweifelt, ob dies als Nachteil zu werten ist [146].
- Im Fasten sinkt die absolute Stoffwechselrate (Grundumsatz, BMR) als Anpassung an die Energierestriktion und an den unvermeidbaren Verlust von stoffwechselaktiver Magermasse [86]. Bezogen auf das erreichte Gewicht bzw. auf die erreichte geringere Magermasse kommt es zu keiner signifikanten Veränderung bei Kurzzeitbeobachtungen [86].
- Der immer wieder berichtete Jojo-Effekt (weight-cycling), ein starkes Ansteigen des Gewichtes nach Fastenphasen, läßt sich weniger physiologisch, als eher psychologisch, durch mangelnde Compliance an einen den neuen Verhältnissen angepassten Kostaufbau, erklären [86, 122]. Gewichtsschwankungen verändern die Körperzusammensetzung nicht und führen nicht zu einem höheren Anteil des Körperfettes bei erneutem Gewichtsanstieg [129]. Es gibt keinen Gewöhnungseffekt bzgl. der Geschwindigkeit der Gewichtsabnahme bei wiederholten Fastenzyklen, aber es bestehen starke individuelle Schwankungen [14].

Nach Meinung seiner Anhänger stellt das Fasten als ganzheitliche Behandlungsmethode weit mehr als nur eine intensiv-diätetische Massnahme dar wie in der Definition der Ärztesgesellschaft für Heilfasten und Ernährung [zit. in 114] formuliert:

"Heilfasten ist der freiwillige, bewusste Verzicht auf feste Nahrung und Genußmittel für begrenzte Zeit. Es ist die physiologisch angelegte Umschaltung des Stoffwechsels auf Ernährung von innen. Im Fasten besteht kein Hunger bei guter Leistungsfähigkeit. Es sollen alle Ausscheidungsvorgänge gefördert werden durch reichliches Trinken, ausreichende körperliche Bewegung und ausreichende Darmentleerung. Außerdem sind ausreichend Ruhe und Stille empfehlenswert. Heilfasten betrifft den ganzen Menschen in seiner Einheit aus Körper, Seele und Geist."

In diesem ganzheitlichen Sinne ist das Fasten laut Kuhn [95] nicht nur bei den verschiedenen Formen der Adipositas, sondern vor allem bei der großen Zahl von therapeutisch oft unbefriedigenden chronisch metabolischen und chronisch entzündlichen Erkrankungen eine sinnvolle medizinische Ergänzung und Erweiterung.

Der ernährungsphysiologische Spielraum liegt zwischen dem Vollfasten (Null-Kalorien-Fasten) bei reichlicher Flüssigkeitszufuhr und den abgestuften Formen des Teilfastens [49].

Die wichtigste und bekannteste Methode des Teilfastens ist das von Dr. med. Otto Buchinger (1878 - 1966) und seinen Nachfolgern entwickelte Therapiekonzept.

Beim Buchinger-Fasten ist Fasten die Basistherapie. Statt reinem Tee / Wasser-Fasten werden standardmäßig ca. 250 Kilokalorien substituiert mit Honig, Gemüsebrühe und Fruchtsaft [14, 179], fakultativ werden Zulagen von Eiweiß als Molke oder Buttermilch, essentiellen Fettsäuren oder Mineralstoffen in Form von Basenpulver gegeben [49]. Sehr viel Wert wird auf fastenbegleitende Maßnahmen wie Bewegungs- und Entspannungsprogramme, psychosoziale Betreuung, regelmäßige Körper- und Darmpflege sowie einen geregelten Kostaufbau gelegt [179].

Sowohl die Gabe von Kohlenhydrat- wie auch von Eiweißkalorien bremsen die Glukoneogenese und schonen die körpereigenen Eiweißreserven im Fasten [49]. Den deutlich stickstoffsparenden Effekt, der bereits bei einer kleinen Menge eingesetzter Kohlenhydrate eintritt [183], macht sich das kohlenhydrat-substituierte Buchinger-Fasten zunutze [114].

Auch Owen et al. [122] beobachteten als Nettoeffekt einer Gabe von 7,5 g Kohlenhydrate an hungernde übergewichtige Personen eine Reduktion um 40 - 50 % der Urinstickstoffausscheidung. Sie vermuteten, dass die kleine Menge an aufgenommenen Kohlenhydraten während der Hungerphase den minimalen Glucosebedarf deckt und die renale Glukoneogenese, Ketogenese und Ammoniakentstehung herabsetzt, die Ammoniumionen-, Acetoacetat- und Beta-Hydroxybutyratausscheidung im Urin reduziert und die Harnstoffsynthese in der Leber verringert.

Neben den kritischen Anmerkungen, die sich meist auf das Totale Fasten in Zusammenhang mit der Adipositas therapie beziehen, gibt es Berichte über positive Wirkungen des beschriebenen Buchinger-Fastens, die in vorliegender Arbeit zu dessen Einsatz kombiniert mit der Komplexen Physikalischen Entstauungstherapie (KPE) bei Lymph- bzw. Lipolymphödem geführt haben. Insbesondere sind die von den Buchinger-Ärzten [178] aufgeführten immunrelevanten Fastenwirkungen wie Stilllegung des Magen-Darm-Traktes, Eiweißabbau, Entwässerung, Entsalzung, Gewichtsreduktion sowie die psychischen Veränderungen im Blickpunkt des Interesses.

Beim Lymphödem und Lipolymphödem ist die Immunlage geschwächt. Die lymphatische Abflussbehinderung bedeutet eine lokal verminderte Immunitätslage in dem betroffenen Körperbereich. Das eiweißreiche Lymphödem ist durchaus einem bakteriologischem Nährmedium vergleichbar. Hinzu kommt im Ödemgebiet die deutlich vergrößerte Distanz zwischen Blutkapillaren und den einzelnen Bindegewebszellen bzw. Lymphkapillaren, so dass die zellulären und humoralen Abwehrmechanismen nur mit erheblicher Zeitverzögerung wirksam werden können. Bis dahin können sich die Bakterien bereits so stark vermehrt haben, dass ein Infekt ausbricht [72].

Beim Fasten werden Entzündungsmediatoren, z. B. die aus Arachidonsäure, weniger stark gebildet, die Makrophagentätigkeit wird angeregt [178].

Die Verringerung des abdominellen, zirkulierenden und extrazellulären Flüssigkeitsvolumens im Fasten entlastet den Kreislauf unmittelbar. Pulsfrequenz und Blutdruck gehen zurück, somit wird primär das Herz entlastet [49]. Mit der Verkleinerung des Blutvolumens verringert sich der

hydrostatische Druck vor allem im venösen Anteil der Gefäße und im Bereich der unteren Körperhälfte [49]. Es kommt zu einem verbesserten Abfluss der Lymphe in den Venenwinkel [49, 52]. Außerdem sinken der intraabdominelle und intrathorakale Druck bei Gewichtsreduktion und der Lymphabstrom verbessert sich [52].

Die Mikrozirkulation ist im Fasten gesteigert, in der Folge wird Fett abgebaut und somit eine weitere Verlegung der Lymphgefäße aufgehoben [52]. Da generell 90 % der Lymphe einer Extremität über die Haut abtransportiert wird, fördert der Abbau des subkutanen Fettgewebes im Fasten den Lymphabfluss [53].

Die Vasomotion der Blutgefäße ist im Fasten gesteigert [175]. Die Vasomotion der Arteriolen führt nicht nur zu einer Steigerung der Lymphbildung, sondern spielt auch beim Transport der Lymphe in den Kollektoren eine Rolle [53].

Bei lymphologischen Erkrankungen und Adipositas werden psychische und psychosoziale Folgen beschrieben [45, 77]. Fastenspezifische Wirkungen sind u. a. die Ausschüttung von Endorphinen, die für seelisches Wohlbefinden sorgen, die Ausschüttung von Serotonin, das zu einer Drosselung des Appetits führt und eine Verschärfung von Sinneswahrnehmungen und somit eine Verbesserung der psychischen Situation bewirkt [49, 114].

Fahrner [49] sieht die Vorzüge des Fastens nach der Buchinger-Methode zur Gewichtsreduktion in den Kurzzeiteffekten einer raschen Gewichtsabnahme und damit einem stimulierenden Erfolgserlebnis, einer sofortigen Entlastung des gesamten Stoffwechsel- und Kreislaufsystems mit Beseitigung der Risikofaktoren, einer schnellen Normalisierung der neurohormonalen Regulationen und einer nachhaltigen Korrektur des Appetenzverhaltens. Langzeiteffekte werden über Schulung und Erfahrungen während des Fastens eingeleitet und durch einen geführten Kostaufbau in Theorie und Praxis erreicht.

### **1.1.5.2 Komplexe Physikalische Entstauungstherapie (KPE)**

Die Komplexe Physikalische Entstauungstherapie (KPE) gilt heute als Therapie der Wahl beim chronischen Lymphödem und dem Lipolymphödem [12, 63, 175].

Die Wurzeln dieser Entstauungstherapie gehen hauptsächlich auf Winiwater aus dem Jahre 1892, Vodder aus 1932 sowie Asdonk, Földi und Brunner zurück [16, 53, 175].

Behandlungsprinzipien sind Elemente der physikalischen Therapie und im wesentlichen geprägt durch die manuelle Lymphdrainage, durch Kompressionstherapie und Bewegung [16, 53, 131].

Werden die einzelnen Komponenten in isolierter Form angewandt, bewirken sie keinen ausreichenden Therapieerfolg [16, 53].

Therapieziele der KPE sind eine Normalisierung des Volumens und der Konsistenz der lymphödematös gestauten Extremität sowie eine Entstauung des betroffenen Rumpfquadranten [53].

Sie werden erreicht durch eine Steigerung des Lymphtransportes im Ödembereich und einen beschleunigten Abbau der interstitiell abgelagerten Proteine [175].

Somit handelt es sich bei der KPE um eine kausale Therapie, bestehend aus zwei Phasen, die nahtlos miteinander verbunden sind [16, 53, 175].

Die Phase I ist die Phase der Entstauung. Der Patient erhält täglich eine manuelle Lymphdrainage (ML) mit anschließender Kompressionsbandagierung [131].

Die ML ist eine spezielle Massagetechnik mit der eine Dehnung vor allem der epifaszialen Lymphgefäße erreicht wird. Dadurch erhöhen sich Lymphangiomotorik und Lymphzeitvolumen.

Die Drainage eines Extremitätenödems über die Wasserscheide der Extremitätenwurzel in ein Körperterritorium ist möglich. Dazu muss das meist beschädigte Wasserscheidengebiet (s. S. 10) der Extremitätenbasis behutsam überwunden werden [53].

Grundsätzlich beginnt man bei der ML zur Behandlung eines Beines stets proximal am Rumpf. Zunächst wird das Lymphzeitvolumen der großen Lymphstämme mittels einer sog. Bauchtiefdrainage und entsprechender Atemtherapie erhöht. Zum einen wird so Platz geschaffen für die distal liegende abzutransportierende Ödemflüssigkeit, zum anderen erhöht sich für längere Zeit die lymphangiomotorische Aktivität der zentral befindlichen Lymphgefäße (Sogwirkung). Anschließend werden die inguinalen Lymphknoten behandelt und erst dann die Beine von proximal nach distal [175]. Auf diese Weise wird die vorhandene Ödemflüssigkeit abtransportiert und die enthaltenen Proteine können dann in gesundem Gebiet resorbiert werden [106].

Der Abtransport der Lymphe wird weiterhin begünstigt durch dynamische Muskelkontraktion unter wenig elastischer Bandagierung durch Kurzzugbinden [106]. Dieser Vorgang wird durch gezielte Bewegungstherapie ("Lymphgymnastik") noch unterstützt, da dadurch der Arbeitsdruck erhöht wird [53].

In Ergänzung dazu läuft eine Mitbehandlung der dermatologischen Begleitbefunde. Hautpflege ist auch zur Infektionsprophylaxe wichtig [16]. Weitere Maßnahmen stellen Ernährungstherapie zum Abbau von Übergewicht oder Psychotherapie bei depressiver Stimmungslage dar [131].

Die tägliche KPE - Behandlung der Phase I wird so lange fortgeführt, bis die messbare Umfangsabnahme sistiert. Die durchschnittliche Behandlungsdauer beträgt achtzehn bis zwanzig Tage [131].

An diese intensive Therapie schließt sich die Phase II der KPE an, bei der Konservierung und Optimierung im Vordergrund stehen. Der Patient wird zur Erhaltung des Therapieerfolges mit einer maßgefertigten Kompressionsbestrumpfung versorgt [16], die in der Kompressionsstärke und Kompressionsfläche individuell den Gewebeverhältnissen angepasst wird [131].

Durch die Kompression wird, wie bereits durch die Bandagierung in der Phase I der KPE, eine Erhöhung des Gewebedrucks mit der positiven Folge einer Verminderung der pathologisch gesteigerten Ultrafiltration erreicht und damit die Reabsorption verbessert. Weiterhin wird eine Steigerung der Lymphangiomotorik und eine Verstärkung der Gelenk- und Muskelpumpe erreicht sowie eine Lockerung der Fibrosklerose [53, 175].

Wiederum befundabhängig kann adjuvant ein- bis zweimal wöchentlich eine manuelle Lymphdrainage zusätzlich im Sinne der Erhaltung des Therapieerfolges eingesetzt werden. Erfahrungsgemäß ist nach 6 - 8 Monaten eine Wiederholung der intensiven, täglichen Therapie mit anschließender Neubestimmung erforderlich [131].

Ebenso wie der Erfolg der KPE-Behandlung im Anschluß an den Klinikaufenthalt durch das Tragen der Kompressionsbestrumpfung und das Einhalten bestimmter Verhaltensregeln "gepflegt" werden muss [53], sollte der Fastenerfolg durch dauerhafte Einhaltung einer bedarfsgerechten vollwertigen Ernährung aufrecht erhalten werden [45].

Gezieltes Lernen für das Verhalten zuhause und Förderung der Eigenverantwortlichkeit sind wesentliche Bestandteile beider Therapieprogramme.

## 1.1.6 Messtechnische Erfassung der Körperzusammensetzung

Sollen über Therapieeffekte der Adipositas und des Lymph- bzw. Lipolymphödems der Beine Aussagen getroffen werden, so interessiert zwangsläufig eine mögliche Veränderung der Körper- und Extremitätenzusammensetzung.

### 1.1.6.1 Allgemeiner Überblick

Da es für lebende Organismen keine direkte Methode gibt, um die Körperzusammensetzung zu bestimmen, sind indirekte Methoden entwickelt worden, mit denen Teilkompartimente des Körpers gemessen werden, die dann zur Berechnung der Körperzusammensetzung dienen [46, 50]. Die indirekten Verfahren beruhen durchweg auf Prämissen. Validieren kann man solche Methoden letztlich nur im Vergleich mit direkten Gewebeanalysen oder Analysen von Tierkadavern bzw. menschlichen Leichen [87, 96, 115], die auch eine der Grundlagen zur Ermittlung von Normalwerten zur Körperzusammensetzung sind [27].

Die Datenbasis chemischer Kadaveranalysen ist sehr begrenzt und uneinheitlich [115, 117, 125].

Bis heute gibt es strenggenommen keinen "Goldstandard" für die **Erfassung der Körperzusammensetzung** [44, 117, 160]. Aber über die Entwicklung von verschiedenen Kompartimentmodellen und entsprechender verfeinerter indirekter Messmethoden können mittlerweile gute Resultate in der Beurteilung der Körperzusammensetzung erzielt werden [6, 96].

Das Körpergewicht (KG) als größter Parameter ist einerseits unverzichtbar und andererseits irreführend [96]. Es kann als Einkompartimentmodell angesehen werden und unterliegt vielerlei Schwankungen, z. B. tages-, zyklus-, altersbedingt.

Das klassische Zweikompartimentmodell unterteilt den Körper in Gesamtkörperfett (TBF) und fettfreie Masse (FFM), leitet sich historisch von der Hydrodensitometrie ab und arbeitet mit verschiedenen Annahmen [51]. Der Unterschied in der durchschnittlichen Dichte zwischen Körperfett ( $0,9 \text{ g/cm}^3$ ) und Fettfreier Masse ( $1,1 \text{ g/cm}^3$ ) wird genutzt sowie der Wassergehalt der FFM beim Gesunden auf 73,2 % festgelegt [54, 169]. Die FFM kann somit indirekt über eine Messung des Gesamtkörperwassers (TBW) errechnet werden. Zur exakten begrifflichen Differenzierung von Fett und Fettgewebe siehe Seite 2.

Die drei Referenzmethoden sind die Hydrodensitometrie, die Ganzkörper- $K^{40}$ -Zählung und die Messung des Gesamtkörperwassers (TBW) über Dilutionstechniken [76, 115]. Andere Methoden sind Hautfaltendickemessungen, impedanzanalytische Verfahren wie die Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA), die Bioelektrische Impedanz-Spektroskopie (BIS) und die elektronische Leitfähigkeitsmessung (TOBEC). Jede dieser Methoden ergibt ein Korrelat von TBF und FFM und ist gegen eine der drei genannten Referenzmethoden geeicht.

Das Zweikompartimentmodell ist limitiert durch Annahmen über die Konstanz der Zusammensetzung der FFM [54, 60, 115]. Die FFM enthält Wasser, Proteine, Mineralstoffe und Glykogen [93]. In Realität variieren der Mineralstoffgehalt und der Wassergehalt der FFM oft erheblich [123, 168, 180].

Das Dreikompartimentmodell unterteilt zusätzlich die FFM in extrazelluläre Masse (ECM) und Körperzellmasse (BCM). Die BCM stellt ernährungsphysiologisch eine zentrale Größe dar, deshalb bedeutet die Anwendung dieses Modells eine wesentliche Erweiterung im Vergleich zum Zweikompartimentmodell [50]. Da die BCM ca. 98 % des Gesamtkaliumbestandes enthält, ist ihre Ermittlung über die Ganzkörperkaliumbestimmung und die Dilutionstechnik mit Hilfe

austauschbarem Kaliums möglich [50, 96]. Auch die BIA kann angewandt werden, da sie mit isotopendilutionstechnischen Studien validiert wurde [60, 117].

Mehrkompartmentmodelle sind typischerweise unterteilt in Skelett, Muskulatur, Nichtmuskel-Magermasse und Fett (anatomische Ebene) oder in Knochenmineralgehalt, Protein, Wasser und Triglyzeride (molekulare Ebene) [51, 81, 183]. Die entsprechenden Techniken sind In-vivo-Neutronenaktivierungsanalyse (IVNAA), Computertomographie (CT), Kernspintomographie (MRI) und Dual-Photonen-Absorptiometrie (DEXA).

Die In-vivo-Neutronenaktivitätsmethode, Isotopen-Dilutionstechniken und Unterwasserwiegen gelten quasi als Goldstandards, sind aber teuer, erfordern große Sachkenntnis und verlangen viel Kooperation von seiten der untersuchten Personen [6]. Deshalb wurden verschiedene anthropometrische Techniken entwickelt, die eher geeignet waren für epidemiologische oder klinische Fragestellungen [149].

Pragmatisch kann die Körperzusammensetzung im klinischen Alltag mit allen genannten indirekten Methoden erfasst werden [117]. Der Wert einer Methode wird nicht allein durch Begriffe wie Validität, Reliabilität, Sensitivität und Spezifität, sondern auch von dem zu untersuchenden Problem bestimmt [117, 149]. Die Wahl einer Methode muss deshalb vor der Untersuchung im Hinblick auf die geplante Anwendung und auch die Zweckbestimmung geprüft werden [117, 160]. Daneben werden natürlich auch in der ernährungsmedizinischen Praxis andere Argumente wie Kosten, Nutzen, Aufwand und Akzeptanz berücksichtigt [117].

**Zur Untersuchung lymphödematöser Krankheitsbilder und ihrer Veränderung** unter KPE werden verschiedene wissenschaftliche Nachweismethoden angewandt.

Da es sich bei Ödemen um Volumina handelt, sind Ödemvolumenmessungen die optimale Messmethode [78]. Preisgünstig und einfach in der Durchführung sind Umfangsmessungen und daraus errechnete Volumina nach verschiedenen Modellvorstellungen und Formeln [19, 78, 97]. Durch fibrotische Veränderungen im ödematösen Gebiet sind auch Untersuchungen auf Ödemkonsistenz und Dellbarkeit über Tonometrie [19, 137] und Hautwiderstandsmessungen über multifrequentielle BIA im Einsatz [29].

Die Verdrängungsmethode oder Plethysmometrie bestimmt das Volumen einer Extremität durch Eintauchen in Wasser [19, 90, 104]. Aus hygienischen Gründen und wegen der Schwierigkeit der optimalen Gefäßhöhe bei verschiedenen Beinlängen hat sich diese Methode in der Praxis nicht durchgesetzt [78]. Volumenberechnungen durch optoelektronische Ausmessungen haben sich bewährt. Die Apparate sind aber sehr teuer [78].

Heute ist es möglich, Aussagen über den Lymphfluss durch Lymphszintigraphie oder Lichtreflexionsrheographie und Laserdopplerfluxmetrie zu machen [Übersicht in 175] sowie mittels Kernspintomographie (MRI) [176] und multifrequentieller Impedanzanalyse (MFBIA) [52, 170, 171, 172]. Die Computertomographie liefert qualitativ hochwertige Ergebnisse, ist aber teuer, nicht am Patientenbett durchführbar und mit Strahlenbelastung verbunden [171, 176].

In vorliegender Arbeit kamen anthropometrische Methoden und die Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) zur Anwendung, da diese sich sowohl bei der Überprüfung der KPE-Behandlung als auch bei der Validierung des Erfolges von Gewichtsreduktionsregimen bewährt haben. Neu ist in dieser Arbeit die Anwendung der Methoden bei der Kombination von lymphödematösem Krankheitsbild der Beine und Adipositas.

### 1.1.6.2 Anthropometrie

Die Anthropometrie ist ein Verfahren, das auf der Erhebung der Körpermaße beruht. Es wurde im 19. Jahrhundert zur Charakterisierung des menschlichen Körpers *in vivo* entwickelt [149]. In der Praxis werden die Messungen zur Bestimmung des Unterhautfettgewebes und der Muskelmasse benutzt [50, 117, 149].

Zur Beurteilung des **Ernährungszustandes bzw. der Adipositas** gehören neben der Erfassung der Körperlänge, des Körpergewichtes und des Umfanges verschiedener Körperteile (Bauch, Arme, Beine) auch die Messung der Hautfaldendicken an definierten Körperstellen und damit des subkutanen Fettes [149]. Hautfalten und Umfänge werden an festgelegten Referenzpunkten des Körpers gemessen [110] und die Messergebnisse bezogen auf Referenzwerte dargestellt. Für die Referenzdaten gibt es strenge Kriterien [110, 117].

Die auf dem Markt befindlichen Präzisionskaliper wirken bei Hautfalten bis 60 mm Dicke konstant mit einem Druck von etwa  $10 \text{ g/mm}^2$ . Die Kontaktfläche beträgt 20 - 40  $\text{mm}^2$  [6, 117]. Hautfaldendickemessungen werden häufig zur Bestimmung des Körperfettgehaltes verwendet. Sie spiegeln nur den subkutanen Anteil der Fettkomponente wider [167] und fußen auf den Annahmen, dass die Dicke des subkutanen Fettmantels im festen Verhältnis zum Gesamtfettgehalt des Körpers steht und die ausgewählten Messpunkte, allein oder kombiniert, seine durchschnittliche Dicke repräsentieren [54, 117].

Die fettfreie Masse ergibt sich dann aus der Differenz zum Körpergewicht [50].

An die anthropometrischen Messungen können sich weitere Berechnungen anschließen. Der Quotient von peripheren zu zentralen Hautfalten gibt einen Anhalt für den Fettverteilungstyp [117], ebenso wie die Verhältnisse aus Umfangsmessungen von Taille zu Hüfte (WHR) und Taille zu Oberschenkel (WTR) oder der Taillenumfang als Einzelparameter [68]. Mit ansteigendem Alter nimmt bei beiden Geschlechtern im allgemeinen die Fettmasse zu und die Fettverteilung verlagert sich von subkutan in Richtung viszeral [6, 166]. Deshalb gelten strenggenommen nur geschlechts- und alterskorrigierte Referenzbereiche [117, 149].

Zahlreiche Regressionsgleichungen sind veröffentlicht worden, die die Summe von einer oder mehreren Hautfaltenmessungen in Beziehung setzen mit Komponenten der Körperzusammensetzung, üblicherweise über die Körperdichte durch Unterwasserwiegen (Zweikompartiment-Modell) [65, 180]. Oftmals werden die Hautfaltenmesswerte kombiniert mit Umfängen, Körpergröße, Geschlecht etc. in Formeln verrechnet, die immer populationspezifisch sind [65]. Die Vierhautfaltenformel (Trizeps-, Bizeps-, Subskapular- und Suprailiakalhautfalte) nach Durnin und Womersley [42, 51, 88] wird am häufigsten benutzt. Sie zeigt gute Korrelation zur hydrostatisch bestimmten Körperdichte [180] und damit dem Fettgewebsanteil [6, 117].

Fehler ergeben sich bei Ödemen oder Dehydratation, da die Hautfaldendicke vom Hydrierungszustand abhängig ist [50, 54, 117], sowie bei sehr dicken Menschen, bei denen sich die Fettfalte nicht sicher von der Muskelfaszie abheben läßt [65, 94, 117, 149] oder die Grenzen des Kalipers erreicht werden [13, 65, 118]. Individuen unterscheiden sich erheblich in der Dicke der Haut sowie in Menge und Zusammensetzung des Unterhautfettgewebes und ihrem Muskeltonus [147]. Zudem geht die Dicke der Haut zweifach in die Messung ein [94, 149].

Eine weitere Schwachstelle stellt die Elastizität des Fettgewebes dar, die individuelle Schwankungen aufweist und mit zunehmendem Alter [54, 118], aber auch während einer schnellen Gewichtsabnahme nachläßt [49, 54, 166].

Schnelle Veränderungen der Gesamtfettmasse unter Very-low-energy-diets (VLED) resultieren zudem v. a. aus viszeralen bzw. abdominalen Fettabnahmen und können deshalb durch die Messung peripherer Hautfalten nicht ermittelt werden [159].

Berechnungen der Gesamtkörperfettmasse aus anthropometrisch bestimmten Fettfalten sind strenggenommen nicht möglich, weil die Beziehung zwischen Fettfalten und Fettmasse des Körpers nicht linear ist. Zudem existieren große interindividuelle Schwankungen in der subkutanen Fettverteilung und eine Gewichtsveränderung betrifft die einzelnen subkutanen Fettdepots individuell unterschiedlich [123].

Bei Erwachsenen bewegt sich die mit der Vierhautfaltenmethode errechnete Fettmasse (TBF) innerhalb der  $\pm 5\%$  Grenzen des densitometrisch ermittelten Fettes. Dies stellt laut Schutz [6] eine bedeutende Leistung der Anthropometrie dar.

Es muss bedacht werden, dass die Standards mit denen die anthropometrischen Techniken verglichen werden wie Densitometrie, Dilutionstechniken oder Kalium-40-Zählung, ebenfalls ihre Fehlerquellen haben [54, 115].

Als Vorteile der Anthropometrie werden die leichte Anwendbarkeit und ihr geringer technischer Aufwand geltend gemacht [60, 147, 149]. Sie ist nicht invasiv, wenig zeitaufwändig und kostengünstig [65, 147]. Forbes [54] sieht weitere Vorteile bei Feldstudien und bei Vergleichen zwischen Gruppen von Individuen. Als Nachteil führt er die mangelnde Vorhersage der Körperzusammensetzung von Einzelpersonen an.

Die einfachste Art der **Ödemdokumentation** geschieht, vor allem bei beidseitigen Extremitätenödemen, über Umfangsmessungen [78, 97].

Die sinnvollsten Messpunkte für Ödeme liegen in aller Regel dort, wo das Ödem am stärksten ausgeprägt ist. Wichtig ist dabei die regelmäßige Kontrolle des Gewichtes, da Gewichtszunahmen immer auch mit Umfangszunahmen einher gehen, ohne dass dies eine Ödemzunahme bedeuten muss oder umgekehrt [78].

Grobe Anhaltspunkte gewinnt man bereits bei der Messung von ein oder zwei Umfängen [78, 97], bei Befall einer ganzen Extremität bietet sich eine 3- oder 4-Punkt-Messung an [78]. An den Beinen eignen sich besonders die Fessel, der dickste Wadenumfang und ein oder zwei markante Stellen am Oberschenkel [78].

Anspruchsvoller ist die Umfangsmessung an mehreren Stellen, z. B. in 4 cm [97] oder 10 cm [104] - Intervallen und die mathematische Verarbeitung der Werte.

Das Volumen kann bestimmt werden durch das sog. Scheibenmodell, das Kegelstumpfmodell oder das Kugelschichtmodell [90, 97, 104].

Auch **Volumenveränderungen** können auf diese Weise ermittelt werden. Denn das wahre Volumen einer Extremität interessiert wesentlich weniger als Veränderungen während der Therapie [104]. Für sehr kleine Veränderungen sind die Umfangsmessungen allerdings nicht sensitiv genug [171].

### 1.1.6.3 Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA)

Die Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) des ganzen Körpers ist eine weit verbreitete, nicht invasive und sichere Methode um in der Forschung und im klinischen Bereich die Körperzusammensetzung abzuschätzen. Neuere Entwicklungen wie segmentale Messanordnungen und multifrequentielle Analysengeräte werden den Einsatz dieser Technik erweitern [98].

Im Folgenden werden die **Physikalische Grundlagen** der BIA-Methode kurz skizziert.

Die BIA beruht auf der Messung des elektrischen Widerstandes (Impedanz  $Z$ ), den ein Körper einem elektrischen Wechselstrom entgegensetzt [103, 149].

Dabei ist eine der grundlegenden Beziehungen das Ohmsche Gesetz. Es besagt, dass der elektrische Widerstand einer Substanz bzw. eines Körpers proportional zum Spannungsabfall eines durch diesen Leiter fließenden Stromes ist [98, 112].

$$(1) \quad Z = U / I \quad \text{wobei } U = \text{Spannung [Volt]} \\ I = \text{Stromstärke [Ampere]} \\ Z = \text{Impedanz [Ohm]}$$

Ein weiteres Prinzip der BIA ist, dass die Impedanz eines isotropen Leiters im Verhältnis zu dessen Länge, zu dessen Querschnittsfläche sowie zu der verwendeten Frequenz steht. Bei konstanter Frequenz ist die Impedanz proportional zur Länge und invers proportional zur Querschnittsfläche.

$$(2) \quad Z = \rho \times L / A \quad \text{wobei } Z = \text{Impedanz [Ohm]} \\ \rho = \text{spezifischer Widerstand [Ohm} \times \text{cm]} \\ L = \text{Länge des Leiters [cm]} \\ A = \text{Querschnittsfläche [cm}^2\text{]}$$

Durch Umstellen der Gleichung erhält man

$$(3) \quad V = \rho \times L^2 / Z \quad \text{wobei } V = \text{Volumen [cm}^3\text{]}$$

und kann somit bei Anwendung einer bestimmten Frequenz und nach Messen von Länge und Impedanz des Leiters dessen Volumen berechnen [98, 153]. Der spezifische Widerstand ( $\rho$ ) wird dabei oft vernachlässigt [98].

Die Messung des "elektrisch leitenden Volumens" eines Körper-Kompartimentes wie Gesamtkörperwasser (TBW) oder fettfreie Masse (FFM) basiert auf dem Prinzip, dass verschiedene biologische Gewebe in einem Wechselstromkreis unterschiedliche Leitfähigkeit zeigen. Die elektrische Leitung innerhalb des menschlichen Körpers wird durch Ionen bewirkt und ist abhängig von deren Konzentration und Beweglichkeit [4, 98].

Während Magermasse viel Elektrolyte, also Wasser und Mineralstoffe, enthält und somit gut leitend ist, sind Fett und Knochen eher dielektrische Substanzen, also schlechte Leiter [98].

Alle Körperflüssigkeiten inklusive dem im Fettgewebe vorhandenen Wasser werden der FFM zugeordnet [81].

Weil der elektrische Strom dem Weg des geringsten Widerstandes folgt, werden die Volumenanteile der FFM, wie extrazelluläre Flüssigkeit und Muskelmasse, bei der Ermittlung der sich ergebenden Gesamtkörper-Impedanz die entscheidende Rolle spielen [4, 24, 98].

In der Literatur zur Bioelektrischen Impedanzanalyse werden die Begriffe Impedanz (Z) und Ohmscher Widerstand (R) oft gleichbedeutend verwendet [84, 138].

In Wirklichkeit setzt sich die Impedanz (Z) aus zwei Komponenten oder Vektoren, der Resistanz (R) und der Reaktanz (Xc), zusammen und ist mathematisch folgendermaßen darstellbar:

$$(4) \quad Z^2 = R^2 + Xc^2$$

Während R der Ohmsche Widerstand (Resistenz) eines Leiters gegen einen fließenden Strom ist, stellt Xc den kapazitiven Widerstand (Reaktanz) gegen einen Strom dar, der durch Gewebeübergänge und Zellmembranen gebildet wird. Per Definition besteht ein Kondensator aus zwei leitenden Platten mit einer isolierenden Schicht dazwischen und kann elektrische Ladung speichern. Im Körper wirken Zellmembranen theoretisch als Kondensatoren mit einer Doppelschicht aus polaren Proteinen und Phospholipiden, die durch eine Schicht aus nicht leitenden Lipiden getrennt sind. Die gesamte Körperimpedanz ist eine äußerst komplexe Kombination von Resistanz und Reaktanz quer durch die biologischen Gewebe [84].

Wie in Gleichung 2 gezeigt, ist die Impedanz eine Funktion von L und A bei einer gegebenen festen Frequenz. Dies ergibt sich, weil die Werte von R und Xc von der Frequenz des Wechselstromes abhängig sind [4, 57].

Im menschlichen Körper setzen sich > 90 % der gemessenen Impedanz aus R zusammen und die Komponente der Reaktanz strebt gegen Null [4, 57]. Deshalb verwenden viele BIA-Anwender eher R als Z zur Vorhersage der Körperzusammensetzung [4].

Die Unterschiede zwischen Impedanz und Resistanz liegen innerhalb des Untersuchungsfehlers bei Wiederholungsmessungen und sind ohne praktische Bedeutung [59].

Wie Abb. 2 S. 26 zeigt, vergrößert sich der Unterschied zwischen R und Z mit steigender Frequenz bis zur kritischen Frequenz (f<sub>c</sub>) und muss dann berücksichtigt werden [11].

Mit sog. phasensensitiven elektronischen Analysengeräten (Plethysmographen) können die beiden Komponenten R und Xc der leitenden Substanz getrennt erfasst werden.

Der kapazitive Widerstand bewirkt, dass im Wechselstromkreis Stromstärke und Spannung eine Phasenverschiebung aufweisen, die sich geometrisch darstellen läßt als Phasenwinkel a oder Arcustangens des Verhältnisses Xc / R [112].

Theoretisch bedeutet dies, dass in Stromkreisen mit hoher Resistanz und kleiner Reaktanz (hohe Frequenz oder reines Elektrolytwasser) der Phasenwinkel a gegen 0° strebt, während in Stromkreisen mit niedriger Resistanz und hoher Reaktanz (Zellmembranen ohne Flüssigkeit) der Phasenwinkel a gegen 90° strebt. Bei den üblicherweise verwendeten Frequenzen zur Bestimmung der physiologischen Aktivität ist die reaktive Komponente der biologischen Impedanz (Xc) sehr klein. Der durchschnittliche Phasenwinkel a liegt bei gesunden Personen bei < 15° (3-10°). Niedrigere Phasenwinkel hängen zusammen mit niedriger Reaktanz und können interpretiert werden als Zusammenbruch der selektiven Permeabilität der Zellmembrane bis zum Zelltod, während höhere Phasenwinkel mit höherer Reaktanz zusammenhängen und auf größere Mengen an intakten Zellmembranen hinweisen [33, 117].

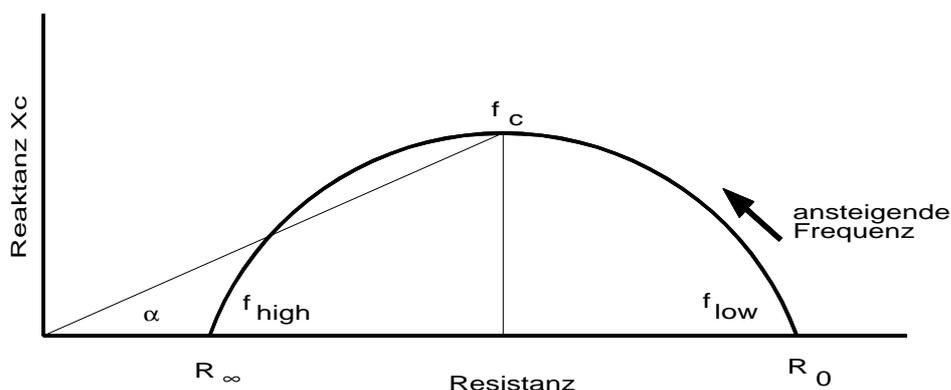


Abb. 2: Darstellung der Impedanz und ihrer Abhängigkeit von Resistanz  $R$ , Reaktanz  $X_c$  und dem Phasenwinkel  $\alpha$ , der bei biologischen Leitern ein Maximum bei der kritischen Frequenz  $f_c$  erreicht (modif. nach Baumgartner et al. [2]).

Auf der Basis dieser Beziehungen wurde die Hypothese aufgestellt, dass der Impedanz-Index  $L^2/Z$  bzw.  $L^2/R$  direkt proportional zum leitenden Volumen und somit auch zur gemessenen fettfreien Masse (FFM) ist [11, 98, 102].

Um aus den gemessenen Impedanzwerten Volumina zu berechnen, haben verschiedene Untersucher unterschiedliche Vorgehensweisen angewandt.

Die älteren Einfrequenz-BIA-Daten (50 kHz) wurden zur Entwicklung populationsspezifischer Gleichungen verwendet um den Körperwasseranteil (TBW) zu berechnen. Bei diesen Gleichungen wird  $L^2/R_{50}$  als abhängige Variable kombiniert mit oder ohne Körpergewicht, Geschlecht und Alter [31].

Mit der Multifrequenz-BIA (s. S. 28) kamen neue Gleichungen für Extrazellulärwasser (ECW) und TBW mit Regressionsgleichungen, die auf  $L^2/R_x$  bei bestimmten Frequenzen ( $x$ ) basierten, bei denen  $x$  niedrig war (1-5 kHz) für ECW- [37, 70] und hoch (größer 50 kHz) für TBW-Vorhersagen [37, 70] oder mit extrapoliertem Resistanz  $R_{ECW}$  und  $R_{TBW}$  [31, 162].

Der italienische Physiker Galvani untersuchte 1786 als erster den Einfluss von elektrischem Strom auf Gewebestrukturen. Er stellte fest, dass die Muskelkontraktion ex vivo von elektrischem Strom stimuliert wird [112]. Nyboer et al. [119] benutzten die Parameter Resistanz und Reaktanz erstmals in den 40-er Jahren um klinisch beobachtete Veränderungen im Hydrationsstatus zu objektivieren.

Die eigentliche **Geschichte der Bioelektrischen Impedanzanalyse** begann aber erst, als der französische Arzt Thomasett [155] in den 60-er Jahren den Zusammenhang zwischen Wechselstromwiderstand und Flüssigkeitsgehalt des menschlichen Körpers untersuchte. Er und auch Hoffer [82] beschrieben eine strenge Korrelation zwischen dem Tritiumverteilungsraum und der elektrischen Impedanz.

Zur Überbrückung des hohen Übergangswiderstandes der Haut wurde dabei noch eine Zwei-Elektroden-Messtechnik verwandt, bei der Stahlnadeln als Elektroden subdermal in Hand- und Fußrücken der Probanden plziert wurden. Dies beeinträchtigte deren Wohlbefinden und konnte zu elektrochemischen Reaktionen führen, die wiederum die Messergebnisse beeinflussten.

Deshalb setzte sich die BIA zunächst nicht durch [149].

Die **Weiterentwicklung der Methode** führte zur heute eingesetzten Vier-Elektroden-Mess-technik und der Verwendung von Hautklebeelektroden mit Klemmanschlüssen [29, 82, 149].

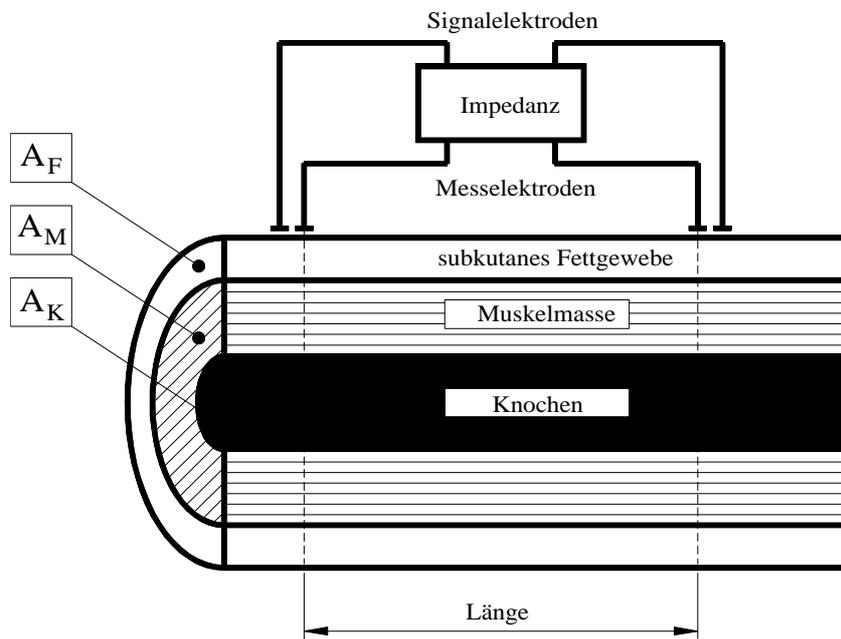


Abb. 3: Impedanz-Messung eines Körpersegmentes mit tetrapolarer Elektrodenanordnung (modif. nach Baumgartner et al. [4] und Chumlea et al. [24] )  
 Abk.:  $A_F$  Fläche Fettgewebe,  $A_M$  Fläche Muskelgewebe,  $A_K$  Fläche Knochen

Ein wesentlicher Teil der Impedanz ( $Z$ ) wird durch die sog. Kontakt-Impedanz verursacht, die abhängig von der Größe der Elektrodenfläche, der Oberflächenfeuchtigkeit, der Temperatur, der Behaarung und der Impedanz des Oberflächengewebes (Haut und subkutanes Fettgewebe) ist [66] (s. S. 43). Der Rest von  $Z$  ist die Impedanz des Tiefengewebes, die hauptsächlich vom Wasser- und Elektrolytgehalt der Muskeln und Organe bestimmt ist [24, 120].

Bei der tetrapolaren Messanordnung (Abb. 3) will man die Impedanz im Tiefengewebe unabhängig von der Kontakt-Impedanz bestimmen. Der zu messende Strom fließt über ein Elektrodenpaar, während der Spannungsabfall über die Messstrecke von einem zweiten Elektrodenpaar erfasst wird. Die Messelektroden sind jeweils im Abstand von wenigen Zentimetern neben den Stromelektroden angeordnet [120]. Die elektrische Leitfähigkeit von Oberflächengewebe ist viel geringer als die von Tiefengewebe. Hat der Strom das Oberflächengewebe durchdrungen, fließt er leicht durch das Tiefengewebe [24, 120].

Üblicherweise wird bei der Ganzkörpermessung eine Körperseite zwischen Handgelenk und Fußknöchel gemessen [98, 153]. Es können jedoch auch zwei beliebige andere Punkte verwendet werden [149] wie bei der segmentalen Messung (s. S. 29) praktiziert.

Der zur Durchführung von BIA erforderliche Wechselstrom lag bis vor ca. 10 Jahren bei 800  $\mu\text{A}$  und 50 kHz [27, 154]. Die Verwendung dieser **Einfrequenz-Geräte** geht auf Nyboer [119] zurück, der meinte, abgeleitet aus Messungen am Muskel, dass bei dieser Frequenz der Strom durch alle leitfähigen Materialien des Körpers fließt.

Die gemessene Resistanz wurde verwendet zur Bestimmung des Gesamtkörperwasser (TBW). In den letzten zehn Jahren wurden zahlreiche Regressionsgleichungen veröffentlicht, die die gemessene Resistanz oder Impedanz zusammen mit anthropometrischen Variablen verwendeten um TBW oder die Fettfreie Masse (FFM) zu bestimmen [31].

Thomasset et al. [155] führten erstmals Impedanzmessungen mit anderen Frequenzen als 50 kHz am menschlichen Körper durch, nachdem sie beobachtet hatten, dass BIA bei niedrigen Frequenzen benutzt werden kann um Extrazellulärwasser (ECW) vorherzusagen und bei hohen Frequenzen um TBW zu bestimmen [24, 37, 73, 165]. Außerdem wurde gezeigt, dass der Strom bei 50 kHz oft nicht komplett durch das TBW geleitet wird, was die Verwendung der Einfrequenz-BIA fragwürdig machte.

Die Entwicklung neuer Impedanzgeräte ermöglichte die Impedanzmessung bei verschiedenen Frequenzen. Diese Technik wird je nach Anzahl der Frequenzen **Multifrequenz-BIA (MFBIA)** oder **Bioelektrische Impedanz-Spektroskopie (BIS)** genannt.

Die MFBIA macht sich die Frequenzabhängigkeit der Impedanz eines biologischen Gewebes für einen Wechselstrom zunutze (Abb. 2 S. 26). Bei niederen Frequenzen wird der Strom durch ECW geleitet, weil die Zellwände und Gewebesepten wie bei einem Kondensator den Stromfluss behindern. Bei höheren Frequenzen verringert sich dieser Effekt. Die Zellmembranen werden vom elektrischen Strom scheinbar überquert [21, 36, 37, 142].

Theoretisch ermöglicht diese Eigenschaft, basierend auf ihren relativen Widerständen, sowohl das extrazelluläre (ECW) als auch das Gesamtkörperwasser (TBW) zu messen [73, 89, 98, 128] und somit das intrazelluläre Wasser (ICW) zu berechnen. Über ICW kann wiederum die Größe der Körperzellmasse (BCM) abgeschätzt werden [130].

Wenn  $R$  bei niederen Frequenzen ( $R_{\text{low}}$ ) in Gleichung 3 (s. S. 24) gesetzt wird, nähert sich das errechnete Volumen dem ECW an, wird es bei hohen Frequenzen ( $R_{\text{high}}$ ) eingesetzt, nähert es sich dem TBW an [21]. Es gilt:

$$(5) \quad \text{ECW} = \rho_1 \times L^2 / R_{\text{low}} \qquad (6) \quad \text{TBW} = \rho_2 \times L^2 / R_{\text{high}}$$

Somit kann das Verhältnis ECW / TBW ausgedrückt werden als:

$$(7) \quad \text{ECW} / \text{TBW} = (\rho_1 \times L^2 / R_{\text{low}}) / (\rho_2 \times L^2 / R_{\text{high}})$$

$$\text{ECW} / \text{TBW} = (\rho_1 / R_{\text{low}}) / (\rho_2 / R_{\text{high}})$$

Unter der Annahme (!), dass  $\rho_1$  gleich  $\rho_2$  ist, gilt:

$$(8) \quad \text{ECW} / \text{TBW} \approx R_{\text{high}} / R_{\text{low}}$$

Das Verhältnis der Wasserkompartimente kann ausgedrückt werden als Funktion von  $R_{\text{high}}$  zu  $R_{\text{low}}$  ohne die Länge des Leiters zu bestimmen. Durch die Anwendung phasensensitiver Multifrequenzgeräte, die Frequenzen im Bereich von 1 kHz bis über 1 MHz erzeugen, können Informationen über die Verteilung der Körperwasserkompartimente gewonnen werden [25, 98, 142].

Multifrequenzgeräte scheinen sensibler gegenüber physiologischen Variablen zu reagieren als Einfrequenzgeräte, deshalb muss noch exakter auf standardisierte Bedingungen geachtet werden [153].

Impedanzwerte, die durch ein Spektrum an Frequenzen (BIS) oder eine Kombination von Frequenzen (MFBIA) erhalten werden, können interindividuelle Varianten der Körperzusammensetzung genauer erklären als Impedanzmessungen bei nur einer Frequenz, z. B. 50 kHz [25].

Diese neuere Technik führte zu einer neuen Serie von populationsspezifischen Gleichungen, die entweder auf Resistanzwerten von einzelnen Frequenzen [36, 37, 70, 161] oder auf extrapolierten Resistanzwerten bei 0 ( $R_{ECW}$ ) und unendlicher Frequenz ( $R_{TBW}$ ) basieren und ECW bzw. TBW widerspiegeln [30, 128, 148, 162]. Meist werden weitere Daten der Messperson wie Gewicht, Körpergröße, Alter und Geschlecht neben den zwei Parametern Resistanz und Reaktanz in die Gleichung eingearbeitet um die Körperzusammensetzung zu berechnen [37, 98]. Die Erfassung der Multifrequenz-BIA-Messungen führt zum Problem wie diese Daten zu analysieren und zu interpretieren sind [25, 153, 157].

Die Ganzkörper-BIA-Methode setzt als Grundlagen voraus, dass der Körper ein isotroper Leiter ist, mit einer Länge und einer gleichmäßigen Querschnittsfläche, d. h. der spezifische Widerstand für alle Richtungen gleich ist. Diese Voraussetzungen sind nicht gegeben [36, 44, 57, 98, 161].

Die elektrische Leitung innerhalb bestimmter Körperabschnitte ist anisotrop, da der Körper auch nicht leitende Substanzen umfasst, wie z. B. die Lungen oder intramuskuläres Fett.

Die Form des menschlichen Körpers wird näherungsweise besser durch eine Gruppe von fünf Zylindern, den beiden Armen, beiden Beinen und dem Rumpf, wie in Abb. 4 S. 30, dargestellt [98, 102, 121, 157]. Drei davon, ein Bein, ein Arm und der Rumpf, sind elektrisch in Reihe geschaltet [98]. Somit befinden sich bei der BIA-Messung ca. 28% des Körpervolumens, Kopf, Hände, Füße, ein Arm und ein Bein, immer außerhalb der tatsächlichen Messzone [145].

Die Verwendung von BIA oder MFBIA um Wasserkompartimente zu bestimmen, verlangt die Widerstände und Längen von Bein, Arm und Rumpf separat zu messen. Werden die Quell- und Messelektroden jeweils an die "proximalen" und "distalen" Enden eines Zylinders anlegt, so kann eine Impedanzmessung für jedes dieser Körpersegmente durchgeführt werden [84].

Diese Vorgehensweise ist bekannt geworden unter dem Begriff **segmentale BIA**.

Zur Anwendung kommt die segmentale BIA-Messung, um die Ganzkörpermessung zu optimieren, aber auch bei bestimmten Krankheitsbildern, die mit Ascites [33] oder Extremitätenödemen [170, 171, 172] einhergehen, bei bettlägerigen Patienten [3, 23, 147, 157] oder bei amputierten [164] und deformierten Extremitäten [59].

Das gesamte leitfähige Volumen in den fünf Zylindern ergibt sich aus:

$$(9) \quad V_{Gak\ddot{o}} = V_{Bein (re + li)} + V_{Arm (re + li)} + V_{Rumpf}$$

Unter der Annahme, dass beide Arme, sowie beide Beine je dasselbe Volumen haben, gilt:

$$(10) \quad V_{Gak\ddot{o}} = 2 \times V_{Bein} + 2 \times V_{Arm} + V_{Rumpf}$$

Wird aus Gleichung 3 (s. S. 24) substituiert, so ergibt sich [23, 157]:

$$(11) \quad V_{Gak\ddot{o}} = 2 \times (\rho \times L^2 / Z)_{Bein} + 2 (\rho \times L^2 / Z)_{Arm} + (\rho \times L^2 / Z)_{Rumpf}$$

und unter der Annahme, dass die spezifischen Widerstände der drei Segmente gleich sind, folgt:

$$(12) \quad V_{\text{Gakö}} = \rho \times [(2 \times L^2 / Z)_{\text{Bein}} + (2 \times L^2 / Z)_{\text{Arm}} + (L^2 / Z)_{\text{Rumpf}}]$$

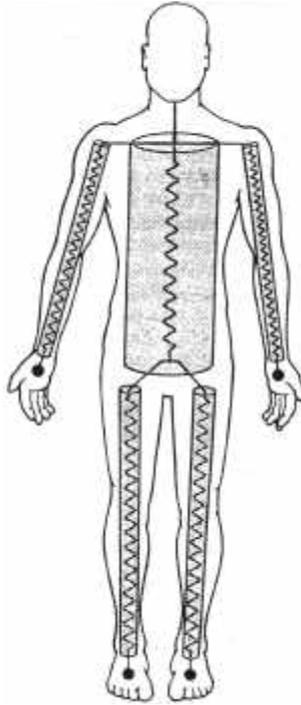


Abb. 4: Darstellung des Körpers als fünf Zylinder (nach Kushner [98] )

Da  $Z$  umgekehrt proportional zur Querschnittsfläche ist, werden aufgrund der kleinsten Querschnitte, die oberen und unteren Extremitäten den größten Einfluss bei der Messung der Ganzkörper-Impedanz haben [3, 57, 59].

Der Arm mit annähernd 4 % [27] des Körpergewichtes trägt zur Hälfte der Gesamtkörperimpedanz bei, während der Rumpf ungefähr 50 % des Körpergewichtes darstellt und nur ca. 10-15 % zum gesamten Körperwiderstand beiträgt [11, 57, 145]. Deshalb werden Veränderungen im Wassergehalt des Rumpfes von BIA nur unzureichend erfasst [57, 154].

Der spezifische Widerstand  $\rho$  für Arm und Bein ist annähernd gleich, bedingt durch die ähnliche anatomische Struktur [11, 23]. Die Muskelfasern sind, im Gegensatz zum Rumpf, in Stromflussrichtung ausgerichtet [3].

Deshalb können segmentale BIA-Messungen kombiniert mit sinnvollen Gewichtungsfaktoren verwendet werden um das gesamte leitende Volumen zu berechnen [26, 145].

Auf diesem Hintergrund wurden in jüngerer Zeit Geräte entwickelt, die im Fitnessbereich und bei privaten Anwendern eingesetzt werden, die sich der Bein zu Bein- [118, 157] und der Arm zu Arm-Messung [80] bedienen.

Diese Geräte sind allerdings bei ausgeprägter Adipositas bedingt durch die Verschiebung der Körperproportionen in Richtung Rumpf (abdominale Fettsucht) nur bedingt anwendbar [128].

## 1.2 Fragestellung

Patientinnen mit lymphödematösen Krankheitsbildern beider Beine erscheinen dem Betrachter in ihrem Erscheinungsbild als "nur dick". Sie leiden in vielen Fällen unter dieser Beurteilung. Auch spielen Fragen der Subjektivität des interdisziplinären Therapeutenteams bei der Diagnosestellung eine Rolle und führen zu Schwierigkeiten in der Differentialdiagnose einer Adipositas und der verschiedenen lymphologischen Krankheitsbilder. Demzufolge gibt auch die Frage nach dem Therapieansatz Anlass zu Diskussionen. In welcher Intensität sollen Therapien aus dem Bereich Lymphdrainage bzw. KPE, Diätetik, Bewegung, Verhalten, Psychologie zum Einsatz kommen? Wie sind Therapieerfolge einzeln oder in ihren Wechselwirkungen zu erfassen und zu beurteilen?

Anhand der multifrequenziellen BIA-Methode als Ganzkörper- und segmentale Messung sowie diverser anthropometrischer Parameter und ausgewählter Blutparameter sollen in vorliegender Arbeit folgende Fragen beantwortet werden:

1. Welchen Anteil am Übergewicht nimmt die Adipositas und welchen das lymphödematöse Krankheitsbild ein? Wie dick sind die Lymph- bzw. Lipolymphödempatientinnen wirklich?
2. Sind die angewandten Ganzkörper-Methoden geeignet die Beinödeme zu erkennen? Werden die Lymph- bzw. Lipolymphödeme der Gruppen G1 und G2 über einen hohen Wert der Fettfreien Masse (FFM) ausgewiesen? Weist Gruppe G3, bei der kein ödembedingtes Übergewicht vorliegt, einen entsprechend höheren relativen Fettgehalt (TBF) auf?
3. Ist die segmentale multifrequenzielle BIA-Methode als einfaches Instrumentarium zur Differentialdiagnose von Lymph-, Lipolymph- und adipösen Beinen geeignet?
4. Bringt eine kombinierte Therapie von KPE und Fasten gegenüber der alleinigen KPE-Therapie Vorteile bezüglich einer Ödem- bzw. Volumenreduktion der Beine und einer Körpergewichtsreduktion, v. a. im Bauchraum um eine bessere Sogwirkung für die Lymphdrainage zu erzielen?
5. Ist die segmentale multifrequenzielle BIA-Methode als Erfolgskontrolle der KPE-Therapie (Ödemreduktion) im Praxisalltag neben oder anstelle der bisher üblichen Umfangsmessungen der Beine einsetzbar?

Hierzu werden folgende Arbeitshypothesen aufgestellt und überprüft:

- Die anthropometrischen Adipositasparameter weisen für alle drei Gruppen hohe Werte aus.
- Die BIA-Methode (Nutri4- und Segal-Formel) erkennt das Lymphödem/ Lipolymphödem als leitfähiges Volumen und weist die FFM entsprechend hoch aus. Die 4HFD-Formel weist über den Fettgehalt und das Körpergewicht ähnlich hohe FFM-Gehalte in den Lymphgruppen aus. Die Segal-Formel als fettspezifische Formel erfasst den Fettgehalt genauer als die Nutri4-Formel, die wiederum über die vier Frequenzen das extrazelluläre Ödem erfassen kann.
- Gruppe G1 (KPE und Fasten) nimmt mehr an FFM ab als G2 (KPE) und beide Lymphgruppen mehr als G3 (Fasten). Bleibt der systematische Fehler gleich, sind die Differenzen aus dem Vorher-Nach-Vergleich bei allen Auswertungsformeln ähnlich hoch.
- In der Ausgangssituation ist die Körperzellmasse (BCM) in allen Gruppen gleich, unabhängig vom Vorhandensein eines Lymphödems, da Geschlecht, Körpergröße und Körpergewicht gleich sind. Dagegen ist die Extrazellulärmasse (ECM) in den Gruppen mit lymphödematösen

Beinen G1 und G2 ödembedingt größer als in G3 aufgrund höherer Extrazellulärflüssigkeiten (ECF) und höherer Extrazellulärfeststoffe (ECS) durch Fibrosierungen und sonstige krankheitsbedingte Veränderungen.

Im Therapieverlauf nimmt die BCM bei den fastenden Gruppen G1 und G3 stärker ab als bei G2 (KPE), die ECM nimmt bei den KPE-Gruppen G1 und G2 stärker ab als bei G3 (Fasten).

- Die Gruppen G1 und G2 mit lymphödematösem Krankheitsbild nehmen durch die Ödem-ausschwemmung einen höheren Anteil an extrazellulärem Wasser ab, während durch Fasten (G1 und G3) eher intrazelluläres Wasser verloren geht.
- In allen drei Gruppen sind die Arme gesund bei statistisch signifikant gleicher Armlänge. Deshalb unterscheiden sie sich in der Ausgangssituation weder in anthropometrischen noch in BIA-Parametern signifikant voneinander. Die Armumfänge und -volumina liegen höher als bei vergleichbaren normalgewichtigen Frauen, da alle Frauen adipös sind.
- Die Verlaufsmessungen der Arme zeigen bei G1 und G3 durch Fastentherapie bedingte Abnahmen von anthropometrisch ermitteltem Volumen und leitfähigem Volumen. Letzteres wird nach Beendigung des Fastens im Aufbau großenteils wieder eingelagert. Gruppe G2 zeigt keine Veränderungen, da sich die KPE-Therapie nicht auf die Arme auswirkt.
- Die BIA-Messungen der Beine liefern signifikant niedrigere Resistanzwerte bei den Gruppen G1 und G2, v. a. bei niedrigen Frequenzen, bedingt durch die interstitiellen extrazellulären Beinlymphödeme. Dagegen weist Gruppe G3 ein "normales" leitfähiges Volumen bei nur dicken Beinen auf. Da die Beine einen großen Anteil am Gesamtresistenzwert ausmachen, wirken sich die niedrigen Beinwerte bei G1 und G2 auf deren Gesamtresistenzwert aus. Dieser ist dann ebenfalls niedrig, geht in die entsprechenden Gleichungen ein und weist letztlich über einen höheren FFM- und einen höheren ECW-Wert das Lymph- bzw. Lipolymph-ödem aus.
- Die BIA-Werte des linken und rechten Beines unterscheiden sich bei den Lymphgruppen, da Lymphödeme nie ganz symmetrisch sind. Die adipösen Beinen ohne Lymphödem der Gruppe G3 sind dagegen annähernd seitengleich.
- Die Anthropometrie zeigt bei G1 und G2 größere Beinumfang im Vergleich zur G3 v. a. beim Unterschenkel und bei gleicher Beinlänge somit ein größeres Volumen. Adipositasbedingt sind die Oberschenkelumfänge in allen drei Gruppen hoch.
- Durch die Therapien nehmen die Beine aller drei Gruppen an anthropometrisch bestimmtem Volumen und an leitfähigem Volumen ab.  
Durch die KPE (G1 und G2) sinkt das leitfähige Volumen als Zeichen der Ödemausschwemmung. Dies zeigen steigende Resistanz-Werte, v. a. bei niedrigen Frequenzen, die nach Therapieende erhalten bleiben.  
Die Fastentherapie (G1 und G3) bewirkt einen geringeren Anstieg der Resistanzwerte als die KPE, da eher das intra- als das extrazelluläre Wasser abnimmt. Nach Fastenende erfolgt der Ausgleich durch erneute Wassereinlagerungen. Zusätzlich kann eine geringe Volumenabnahme durch Fettabbau erwartet werden, die nach Fastenende erhalten bleibt.
- G1 (KPE und Fasten) profitiert vom zusätzlichen Fasten. Ein verstärkender Effekt kann vermutet werden, da die fastenbedingte Entlastung des Bauchraumes der KPE und dadurch der Beinödemabnahme zugute kommt.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, das Angebot eines möglicherweise effektiveren Therapieprogrammes durch eine Kombination von KPE und Fasten während des Klinikaufenthaltes für Patientinnen mit Lymph- oder Lipolymphödem der Beine bei gleichzeitig bestehender Adipositas anhand einer praxisnahen Methodenauswahl zu überprüfen.

## 2 Patientengut und Methoden

### 2.1 Versuchspersonen

Die gesamte Studiengruppe setzte sich aus 52 Patientinnen des Kreiskrankenhauses Simbach zusammen, die in drei ausgewählte, nicht randomisierte Untergruppen unterteilt wurden.

Die erste Gruppe bestand aus Patientinnen mit primären Lymph- bzw. Lipolymphödem beider Beine, die begleitend zur KPE (Komplexe Physikalische Entstauungstherapie) ein Kurzzeitfasten von durchschnittlich 9,3 Tagen durchführten (n = 16).

Bei der zweiten Gruppe waren die Hauptdiagnosen ebenfalls primäre Lymph- bzw. Lipolymphödem der Beine. Sie wurde mit KPE behandelt, aber ohne zusätzliches Kurzfasten (n = 12). Die Teilnehmerinnen bekamen statt dessen eine vollwertige Ernährung mit einem Energiegehalt von durchschnittlich 1700 Kilokalorien pro Tag während der gesamten Untersuchungsdauer.

Die dritte Gruppe rekrutierte sich aus adipösen Patientinnen mit unterschiedlichen Hauptdiagnosen, ohne primären Lymph- bzw. Lipolymphödem, die jeweils ein Kurzfasten von durchschnittlich 8,4 Tagen durchführten (n=24).

#### Gruppe 1 (n = 16)

Patientinnen mit Lymph- bzw. Lipolymphödem  
Therapie: KPE und Fasten

#### Gruppe 2 (n = 12)

Patientinnen mit Lymph- bzw. Lipolymphödem  
Therapie: KPE ohne Fasten

#### Gruppe 3 (n = 24)

Patientinnen mit unterschiedlichen Diagnosen  
Therapie: ohne KPE mit Fasten

Die Altersgrenze wurde auf maximal 70 Jahre, der BMI auf mindestens 25 [kg/m<sup>2</sup>] festgelegt um die Vergleichbarkeit bezogen auf die verwendete Methodik zu optimieren.

Alle untersuchten Patientinnen sind nach der gängigen Klassifizierung (s. S. 5) als übergewichtig bzw. adipös einzustufen.

Bei den lymphödematös veränderten Beinen handelt es sich um beidseitige primäre Lymphödem der Beine im Stadium II und III aufgrund einer Niedrigvolumeninsuffizienz (s. S. 12), wobei bei starker Ausprägung in Form eines Stadiums III immer auch eine zusätzliche Sicherheitsventilinsuffizienz angenommen werden kann. Des Weiteren handelt es sich um Lipolymphödem, die sich über sekundäre Lymphödem infolge eines Lipödems entwickelt haben (s. S. 8).

Ausschlussdiagnosen waren reine Lipödem, unilaterale Beinlymphödem sowie sekundäre Lymphödem. Die Patientinnen nahmen weder vor noch während der Therapien Medikamente ein, die den Hydrationsstatus beeinflussten.

Die Zusammenfassung der Grunddaten finden sich in Tabelle 1 unten. Die weiteren Diagnosen der drei Untersuchungsgruppen sind in den Tabellen 2 a-c ab S. 35 aufgeführt. Die Durchführung der Behandlungen erstreckte sich im Zeitraum von März 1997 bis Juni 1998.

Mit allen untersuchten Personen wurde vor Untersuchungsbeginn ein ausführliches Gespräch geführt. Es bestand jederzeit die Möglichkeit von den Untersuchungen zurückzutreten.

Tab.1: Überblick über die Grunddaten der drei Untersuchungsgruppen

	<b>Gruppe 1</b> (n=16) KPE mit Fasten					<b>Gruppe 2</b> (n=12) KPE ohne Fasten					<b>Gruppe 3</b> (n=24) ohne KPE mit Fasten				
	mean	sd	min	max	median	mean	sd	min	max	median	mean	sd	min	max	median
<b>Alter</b> [Jahre]	45,6	8,79	29,0	61,0	47,0	44,3	13,4 3	25,0	61,0	48,5	53,3	10,3 5	32,0	70,0	55,0
<b>Größe</b> [cm]	161,2	6,61	151,0	173,5	161,3	163,9	6,58	154,0	173,0	163,0	161,4	6,76	150,0	172,0	162,3
<b>Armlänge</b> [cm]	53,4	2,95	47,7	58,3	53,5	54,3	3,61	50,2	61,2	53,4	52,8	3,36	46,0	58,3	53,4
<b>Beinlänge</b> [cm]	76,8	4,45	69,0	83,3	76,9	77,0	4,25	70,7	83,1	76,3	76,7	4,30	69,0	87,2	76,3
<b>Gewicht</b> [kg]	92,6	17,4 8	70,2	126,5	85,3	105,8	18,3 5	81,1	137,7	101,3	84,5	9,58	70,9	105,7	82,4
<b>BMI</b> [kg/m <sup>2</sup> ]	35,8	7,03	25,0	46,2	33,4	39,2	4,72	31,6	46,0	39,2	32,5	3,85	25,7	43,1	32,0
<b>Fasten- tage</b>	9,3	2,54	5,0	16,0	10,0	-	-	-	-	-	8,4	2,76	4,0	15,0	8,0
<b>Untersuch- ungstage</b>	17,3	2,54	13,0	24,0	18,0	17,3	1,61	13,0	18,0	18,0	16,4	2,76	16,0	23,0	16,0

Legende: Erhebung der Ausgangsdaten von Gewicht, Größe, Arm- und Beinlänge der Patientinnen s. S. 41; Beschreibung der Fasten- und Untersuchungstage s. S. 39.

Tab.2 a-c: Übersicht der Einzeldaten der Patientinnen der drei untersuchten Gruppen

Tab. 2a: Gruppe 1 (KPE und Fasten)

Pat.-Nr.	Alter [J]	Körpergröße [cm]	Armlänge [cm]	Beinlänge [cm]	Gewicht (M1) [kg]	BMI (M1) [kg/m <sup>2</sup> ]	Fastentage	Unters.-tage	Diagnosen
4	40	159,0	51,0	69,0	79,2	31,33	16	24	prim. Lymphödem beider Beine Stadium II
5	43	156,0	50,0	75,0	78,1	32,09	8	16	Lipolymphödem linkes Bein und Lipödem rechtes Bein
12	48	153,0	50,0	70,5	108,2	46,22	8	16	Lipolymphödem, Adipositas permagna
14	46	156,0	56,0	77,4	109,9	45,16	10	18	Lipolymphödem beider Beine, Adipositas, Z. n. Myocardinfarkt
19	50	157,0	52,7	73,5	85,8	34,81	7	15	prim. Lymphödem beider Beine Stadium II, art. Hypertonie, Adipositas
21	48	151,0	47,7	70,0	73,7	32,32	10	18	Lymphödem beider Beine, chron. Sinusitis maxillaris, M. Bechterew
26	37	173,5	58,3	81,8	92,7	30,80	10	18	prim. Lymphödem beider Beine, art. Hypertonie
33	60	155,0	53,8	76,2	103,1	42,91	10	18	Phlebo-Lymphödem beider Beine, Adipositas
34	49	165,5	56,4	79,6	84,7	30,92	10	18	Lymphödem Stadium II-III bds., Z. n. Meniskus OP rechts, Z. n. subtotaler Thyreoidektomie
35	55	163,5	54,4	76,4	120,9	45,23	10	18	prim. Lymphödem beider Beine, arterielle Hypertonie, Adipositas, Asthma bronchiale
37	61	156,0	50,7	75,0	83,7	34,39	11	19	Lipolymphödem beider Beine, Adipositas, Asthma bronchiale, chron. LWS-Syndrom
41	39	167,5	54,3	79,8	70,2	25,02	9	17	Lipolymphödem beider Beine
44	29	166,0	52,8	81,4	126,5	45,91	7	15	Lipolymphödem Stadium II-III, Adipositas
46	38	164,0	53,2	77,4	82,2	30,56	11	19	Lipolymphödem beider Beine, Schulter-Arm-Syndrom rechts
48	37	170,0	57,4	82,0	106,2	36,75	6	14	Lipolymphödem beider Beine
49	50	165,5	55,2	83,3	76,7	28,00	5	13	Lipolymphödem beider Beine

Anmerkung: Definition und Stadieneinteilung der lymphödematösen Krankheitsbilder s. S. 13/14; M1: Messung 1

Tab. 2 b: Gruppe 2 (KPE ohne Fasten)

Pat.-Nr.	Alter [J]	Körpergröße [cm]	Armlänge [cm]	Beinlänge [cm]	Gewicht (M1) [kg]	BMI (M1) [kg/m <sup>2</sup> ]	Fastentage	Unters.-tage	Diagnosen
7	57	169,0	58,0	79,5	102,2	35,78	0	18	Lipolymphödem beider Beine
16	31	158,0	51,4	75,8	98,3	39,38	0	18	prim. Lymphödem beider Beine Stadium II, Adipositas
17	47	154,0	50,8	70,7	81,1	34,20	0	18	prim. Lymphödem beider Beine Stadium II, Hypercholesterinämie, Fettleber
23	50	159,5	52,2	76,4	100,4	39,47	0	18	prim. Lymphödem beider Beine Stadium II, Adipositas
24	26	160,0	51,1	75,3	99,7	38,95	0	18	prim. Lymphödem beider Beine Stadium II, art. Hypertonie, Adipositas
27	33	172,0	52,9	81,4	129,9	43,91	0	18	Lipolymphödem beider Beine, Adipositas, euthyreote Struma diffusa
43	61	166,0	58,7	81,4	87,1	31,61	0	18	primäres Lymphödem bds., Erysipel links, akute Sinusitis maxillaris
50	37	173,0	61,2	83,1	137,7	46,01	0	13	Lipolymphödem beider Beine, Varikosis bds., Migräne, Z. n. subtotaler Strumektomie
51	25	170,5	53,8	80,8	109,3	37,60	0	18	prim. Lymphödem beider Beine Stadium II, Reizmagen
52	57	160,0	57,2	71,8	110,8	43,28	0	15	primäres Lipolymphödem, Adipositas, arterielle Hypertonie, Hypercholesterinämie
53	50	168,0	54,1	76,2	128,3	45,46	0	18	Lipolymphödem Stadium II beider Beine, Adipositas
54	60	156,5	50,2	71,5	84,2	34,38	0	18	prim. Lymphödem Stadium III, Papillomatose

Anmerkung: Gruppe 2 führte keine Fastentherapie durch. Mit Ausnahme der Patientinnen 50 und 52 wurden 10 fiktive Fastentage angenommen werden (S.40). M1: Messung 1

Tab. 2 c:

## Gruppe 3 (ohne KPE mit Fasten)

Pat.-Nr.	Alter [J]	Körpergröße [cm]	Armlänge [cm]	Beinlänge [cm]	Gewicht (M1) [kg]	BMI (M1) [kg/m <sup>2</sup> ]	Fasten-tage	Unters.-tage	Diagnosen
1	52	171,0	58,0	84,0	75,2	25,72	10	18	chron. Cephalgie, art. Hypertonus, chron. WS-Syndrom, Hypercholesterinämie
2	52	155,0	50,0	73,0	89,6	37,29	14	22	pseudorad. LWS-Syndrom, psychisches Erschöpfungssyndrom, Adipositas
3	45	150,0	46,0	69,0	75,0	33,33	8	16	Adipositas, art. Hypertonie
6	48	157,0	52,0	74,0	71,6	29,05	8	16	Asthma bronchiale
8	62	160,5	51,5	77,5	92,2	35,79	10	18	art. Hypertonie, Adipositas
9	42	160,0	52,0	76,0	82,3	32,15	15	23	Adipositas, chron. Infektneigung
10	35	164,0	47,0	76,0	70,9	26,36	9	17	chron. Sinusitis, V.a. Dysbiose
11	44	151,0	48,0	70,0	78,8	34,56	8	16	Zervikalsyndrom, LWS-Syndrom, kardiovaskuläres Risiko
15	32	171,5	57,0	80,7	105,7	35,94	10	18	Adipositas, art. Hypertonie
18	39	167,0	53,5	81,5	101,1	36,25	7	15	Fibromyalgiesyndrom, Adipositas
20	64	153,0	50,0	74,6	71,6	30,59	10	18	chron. Polyarthrit, art. Hypertonie
22	49	164,5	55,5	76,7	91,5	33,81	10	18	Fibromyalgiesyndrom, LWS, Z. n. Struma-OP
25	55	172,0	58,3	87,2	89,7	30,32	7	15	Rosacea und Ekzem unklarer Genese (Gesicht)
29	55	161,0	51,8	75,0	82,4	31,79	7	15	HWS-Syndrom, Herzrhythmusstörungen, Adipositas, art. Hypertonie, Tinnitus
30	60	163,0	53,2	76,1	82,6	31,09	7	15	LWS-Syndrom, HWS-Syndrom
31	67	164,0	56,4	80,0	82,1	30,52	5	13	HWS-Syndrom, LWS-Syndrom, Vertigo
32	70	151,0	48,6	70,9	83,7	36,71	5	13	Coxarthrose, Osteoporose, Adipositas
36	56	164,0	53,3	76,4	89,8	33,39	11	19	depressive Entwicklung, Psoriasis, arterielle Hypertonie
38	70	153,0	53,9	72,6	100,9	43,10	5	13	Pseudoradikuläres LWS-Syndrom, Adipositas
39	64	165,0	55,3	76,7	76,3	28,03	4	12	Epicondylitis lat. Bds., Diab. mell. Typ II b, psychosoziale Belastung
40	57	171,0	55,8	81,5	92,4	31,60	7	15	Migräne, Tinnitus
42	56	161,5	51,8	76,5	82,2	31,52	10	18	Fibromyalgiesyndrom
45	55	158,0	53,3	76,0	80,2	32,13	5	13	Fibromyalgiesyndrom, DD Kollagenose, Adipositas, Plantar-/Palmar-Ekzem
47	51	165,0	55,3	78,4	79,1	29,05	10	18	angstbesetzte depressive Reaktion, Hypertonus, Hypercholesterinämie

## 2.2 Angewandte Behandlungsmethoden

### 2.2.1 Fasten als intensivdiätetische Massnahme

Das im Krankenhaus Simbach etablierte Fasten modifiziert nach Buchinger (s. S. 16) kommt für die Patientinnen der Gruppen G1 und G3 zur Anwendung.

Zwei Entlastungstage mit einer Reduktion der Nahrungsenergie auf 600 bis 800 Kilokalorien sind der Fastentherapie vorgeschaltet. Deren Zusammensetzung, ein hoher Kohlenhydrat-, Ballaststoff- und Kaliumanteil, fettarm und ohne Salzzusatz, wird wahlweise über Getreide-Gemüse-Tage oder Kartoffel-Gemüse-Tage realisiert.

Die Patientinnen werden angehalten mindestens 2 Liter kalorienarme Getränke pro Tag zu sich zu nehmen und für die Dauer der Fastentherapie auf Zigaretten, Alkohol und Kaffee zu verzichten.

Der Einstieg in das eigentliche Fasten beginnt mit einer gründlichen Darmentleerung durch Aufnahme von 30 g Glaubersalz auf einen halben Liter Wasser. Im Weiteren erfolgen alle zwei Tage Reinigungseinläufe.

Das Buchinger-Fasten wird als kohlenhydrat-modifiziertes Fasten bezeichnet [14, 179], da als Kohlenhydratzulagen ca. 250 ml Apfelsaft sowie 20 g Honig pro Tag gegeben werden. Die daraus resultierende Energiemenge von ca. 250 Kilokalorien pro Tag besteht aus 90 % Kohlenhydraten, 7 % Protein und 3 % Fett. Über den Tag verteilt werden mindestens 2,5 l Tee und Mineralwasser gereicht, mittags und abends zusätzlich Gemüsebrühe (je 250 ml). Die Flüssigkeitszufuhr beträgt insgesamt ca. 4 Liter pro Tag. Auf weitere Zulagen in Form von Eiweiß oder essentiellen Fettsäuren wird bei dieser Studie verzichtet.

Die angestrebte Fastendauer beträgt 7 - 10 Tage.

Der Kostaufbau erstreckt sich über sechs Tage. Die ersten beiden Tage entsprechen vom Energiegehalt und der Zusammensetzung her den Entlastungstagen. Daran schließen sich je zwei weitere Aufbau tage mit ca. 800 kcal (50 g Protein, 30 g Fett, 90 g Kohlenhydrate) und ca. 1000 kcal (70 g Protein, 40 g Fett, 100 g Kohlenhydrate) mit laktovegetabiler Kost nach Speiseplan der Klinik an. Die Überleitung zu einer vollwertigen Ernährung von 1700-2000 Kilokalorien mit Nährstoffrelationen laut DGE-Empfehlungen beendet die Fastentherapie.

### 2.2.2 Komplexe Physikalische Entstauungstherapie (KPE)

Die Patientinnen mit Lymphödemen bzw. Lipolymphödemen der Beine der Gruppen G1 und G2 durchlaufen die im Krankenhaus Simbach angewandte klassische KPE-Behandlung nach Földi wie auf Seite 18 beschrieben.

Sie umfasst täglich eine manuelle Lymphdrainage, die möglichst kurz nach dem Aufstehen über ungefähr eine Stunde durchgeführt wird. Anschließend werden die Beine „gewickelt“, d. h. Kompressionsbandagen mit Kurzzugbinden angelegt, die bis zum Zubett gehen getragen werden sollen. Begleitend ist die tägliche Teilnahme an Atemtherapie- und "Lymphgymnastik"-Gruppen obligat.

## 2.3 Versuchsablauf

### 2.3.1 Gesamtzeitachse

Um sinnvolle Teilergebnisse zu erhalten, werden die Untersuchungsphasen mit den Messzeitpunkten wie folgt koordiniert. Der Gesamtuntersuchungszeitraum zur Darstellung des Vorher-Nachher-Vergleichs errechnet sich durch Subtraktion der Werte der Messung 1 (M1) von den Werten aus Messung 7 (M7). Bei der Vorfastenphase werden von den Werten der Messung 2 (M2) diejenigen der Messung 1 (M1) subtrahiert. Die Fastenphase wird bewusst inclusive von zwei Aufbau Tagen definiert um physiologische Ausgleichsvorgänge als abgeschlossen betrachten zu können und die unterschiedlichen Fastenzeiten möglichst gut zu verarbeiten. Folglich werden zur Analyse der Fastenphase die Werte von Messung 2 (M2) von denen der Messung 6 (M6) subtrahiert. Die Werte der so definierten Nachfastenphase ergeben sich durch Subtraktion der Werte von Messung 6 (M6) von denen aus Messung 7 (M7).

Untersuchungsphasen		Untersuchungszeitraum [Tage]	Messzeitpunkte	BIA	Anthropometr.	Blutparameter	
<b>Vorfastenphase</b>	Tag vor 1.ET	3	M1	+	+	+	
	1. ET						
	2. ET		M2	+	+		
<b>Fastenphase</b>	1. FT	G1 : $\bar{x} = 9,3$ G2 : $\bar{x} = 9,3$ G3 : $\bar{x} = 8,4$					
	2. FT						
	3. FT						
	4. FT		M3	+	+		
	5. FT						
	6. FT						
	7. FT		M4	+	+		
	8. FT						
	9. FT						
	10. FT		M5	+	+		
	...						
	1. AT		2				
	2. AT			M6	+	+	
<b>Nachfastenphase</b>	3. AT	3					
	4. AT						
	5. AT		M7	+	+	+	

Tab. 3: Tabellarische Übersicht des zeitlichen Versuchsablaufs

Abkürzungen: M - Messungen, G - Gruppen, ET - Entlastungstag, FT - Fastentag, AT - Aufbau tag; genauere Beschreibung der Begriffe s. S. 38.

Bei Gruppe G2, die kein Fasten durchführte, wurde die Untersuchungsdauer entsprechend angepasst, indem 10 fiktive Fastentage angenommen wurden. Zwei Patientinnen (P50, P52) mussten aus persönlichen Gründen den Krankenhausaufenthalt früher beenden. Bei ihnen konnten nur 5 bzw. 7 "Fastentage" verrechnet werden, deshalb die durchschnittlichen 9,3 "Fastentage" für G2. Als Untersuchungszeitraum ergeben sich somit 17,3 Untersuchungstage für Gruppe G1, 17,3 für Gruppe G2 und 16,4 für Gruppe G3.

Die anthropometrischen Daten wurden zu allen Messzeitpunkten erhoben. Zur Auswertung kamen die Werte aus M1, M3 und M7, die anderen dienten der Kontrolle der Messgenauigkeit. Die Daten der BIA-Auswertung wurden verarbeitet mit Ausnahme der Werte aus M4 und M5, die aufgrund unterschiedlich langer Fastenzeiten nicht für alle untersuchten Patientinnen erhoben werden konnten. Die Blutparameter wurden für einen Vorher-Nachher-Vergleich (M1 und M7) erhoben.

Die KPE-Therapie erstreckte sich mit durchschnittlich 18 Behandlungstagen über den gesamten Untersuchungszeitraum und z. T. darüber hinaus, bei täglicher (Mo - Fr) Gesamtbehandlung und ausschließlicher Kompressionsbehandlung durch Kurzzugbinden ohne Lymphdrainage am Samstag und Sonntag.

### **2.3.2 Versuchsbedingungen**

#### Messzeitpunkt

Die Messungen fanden am späten Abend statt (nur in einzelnen Ausnahmefällen am frühen Morgen), da die KPE-Patientinnen zur Messung unbandagiert sein mussten und die KPE-Therapie ein konsequentes Tragen der Binden bis zum Abend erfordert. Es wurde darauf geachtet, dass die einzelnen Patientinnen immer zur gleichen Tageszeit gemessen wurden um tageszeitliche Schwankungen, die bei Beinödemen bedeutend sein können [45, 132, 158], auszuschließen und beste Vergleichbarkeit der Folgemessungen zu erreichen. Des Weiteren sollten die Bandagen jeweils bereits eine halbe Stunde vor Messbeginn abgewickelt sein, um initiale durchblutungsbedingte Schwankungen (temporal orthostatic changes) zu minimieren.

#### Messdauer pro Messzeitpunkt

Die Erhebung der gesamten Daten pro Messzeitpunkt erforderte 35 - 40 Minuten.

#### Messablauf pro Sitzung

Der Ablauf erfolgte immer in der gleichen Reihenfolge. Dadurch kam vor allem für die BIA-Messungen pro Messzeitpunkt eine weitere zeitliche Standardisierung zustande [133]. Nach einer Vorruhezeit von 5 Minuten wurde zuerst die linke Körperseite (Ganzkörper - Bein - Arm - Rumpf), dann die rechte Körperseite entsprechend gemessen. Für die vor allem zur Auswertung kommende rechte Körperseite kann so eine ausreichende Ruhezeit vor der Messung [128] von ca. 20 Minuten veranschlagt werden.

#### Messbedingungen

Die Messungen wurden in einem ruhigen, gleichmäßig temperierten Raum von ca. 24 °C durchgeführt [150]. Die Patientin soll möglichst entspannt mit locker neben dem Körper liegenden Armen, die den Rumpf nicht berühren, auf der Untersuchungsfläche liegen. Die Beine sind gespreizt, damit die Oberschenkel keinen Kontakt zueinander haben [128]. Neben dem exakten Anbringen der Elektroden, besonders auch bei Wiederholungsmessungen, müssen weitere standardisierte Bedingungen gefordert werden um möglichst korrekte Ergebnisse

zu erhalten. Die letzte Flüssigkeitsaufnahme sollte 2 Stunden zurückliegen. Der Anstieg des Resistanzwertes R ist jedoch nicht relevant, falls doch getrunken wird [3, 48, 165], da die Flüssigkeitsaufnahme zu einem Anstieg des Extrazellulärwassers (ECW) im Rumpf führt. Dieser trägt aber, verglichen mit den Extremitäten, wenig zur Gesamtimpedanz bei. Die letzte Mahlzeit sollte mindestens 2 Stunden zurück liegen [62, 128] und die Harnblase vor der Messung entleert werden [128].

Die Patientinnen wurden zu den verschiedenen Punkten entsprechend informiert und über die Wichtigkeit der Standardisierung aufgeklärt.

## 2.4 Messgrößen

### 2.4.1 Anthropometrische Messungen

Das Körpergewicht wurde mit einer Balkenwaage (Marke Seca, Hersteller Vogel und Halke, Hamburg) auf 0,1 kg genau ermittelt, die Körpergröße mit einer diesem Gerät angefügten Messlatte auf 0,5 cm genau. Der BMI (Body mass index oder Quetelet-Index) wurde berechnet als Gewicht in Kilogramm dividiert durch das Quadrat der Körpergröße in Metern.

Das Anthropometric standardization reference manual von Lohman [110] diene als Grundlage für die genaue Position der Messpunkte der anthropometrischen Erhebungen, sofern keine anderen Literaturquellen angegeben werden.

Die anthropometrischen Messungen erfolgten mit Ausnahme der Sitzhöhe im Stehen. Die Patientinnen waren während der gesamten Messungen mit Unterwäsche bekleidet.

Die Sitzhöhe, auch Stammlänge, wurde erfasst, indem im Sitzen vertikal die Entfernung vom höchsten Punkt des Scheitels bis zur Sitzfläche gemessen wurde. Die Schulterhöhe wurde als weitere Größe erfasst und daraus Bein- und Rumpflänge berechnet. Die Beinlänge wurde durch Abzug der Sitzhöhe von der Körpergröße, die Rumpflänge durch Subtraktion der Beinlänge von der Schulterhöhe erhalten.

Die Armlänge wurde mittels eines flexiblen nicht dehnbaren Maßbandes vom Acromion zum distalen Ende des dritten Mittelhandknochens (Os metacarpalis) bei gestrecktem Ellenbogengelenk gemessen [23].

Die Hautfaldendickemessung wurde mit einem Kaliper (Fa. Lange) an der linken bzw. nicht dominanten Körperseite durchgeführt. So konnten Trainingseffekte ausgeschlossen werden. Alle untersuchten Patientinnen gaben die rechte Seite als dominant an. Der Durchschnittswert von drei nacheinander an einer Messstelle durchgeführten Hautfaltenmessungen wurde auf 1 mm genau festgehalten.

Trizeps-, Bizeps-, Subskapular-, Suprailiakalhautfalte sowie die laterale Wadenhautfalte wurden in die Untersuchung einbezogen. Die ersten vier aufgeführten Hautfalten wurden nach der Formel von Durnin und Womersley [42] zur Berechnung der Körperzusammensetzung herangezogen, die darüber hinaus Alter und Geschlecht der Patienten berücksichtigt (s. S. 44).

Um Aussagen bezüglich der Fettverteilung vornehmen zu können, wurden sowohl Hautfalten an den Extremitäten als auch zentral liegende gewählt.

Die Trizeps-Hautfalte wurde gemessen durch Greifen einer Längsfalte an der Mittellinie der hinteren Ansicht des Oberarmes über dem Trizeps an einem Punkt mittig zwischen Akromion und Olekranon, bei gestrecktem und entspanntem Ellenbogen.

Die Bizeps-Hautfalte ist durch Greifen einer Längsfalte an der vorderen Mittellinie des Oberarmes über dem Muskelbauch des Bizeps auf Höhe der Trizepslage ermittelt worden, ebenfalls am hängenden Oberarm.

Die Subskapular-Hautfalte liegt in einer Diagonale gleich unterhalb des unteren Winkels der Skapula.

Die Suprailiakkal-Hautfalte stellt eine diagonale Falte dar, die an der vorderen Axillarlinie, gleich oberhalb des Darmbeinkammes gemessen wurde.

Die Hautfalte Wade lateral wurde parallel zur Längsachse des Unterschenkels gegriffen.

Acht Umfangsmessungen an Taille, Hüfte, Oberschenkel, Wade, Fessel, Oberarm, Ellenbogen und Handgelenk wurden mit einem flexiblen nicht dehnbaren Maßband vorgenommen. Von jeweils drei nacheinander an einer Stelle durchgeführten Messungen wurde der Durchschnittswert gebildet, der dann in die Untersuchung einging (auf 0,1 cm genau) [110, 149].

Während der Bestimmung der Umfänge des Armes war das Ellenbogengelenk jeweils gestreckt und die Handfläche nach oben gerichtet.

Der mittlere Oberarmumfang wurde gemessen in der Mitte einer gedachten Linie zwischen der äußeren Erhebung des Akromions und der unteren Oberfläche des Ellenbogengelenkes, der Ellenbogenumfang genau über dem Olekranon und der Handgelenkumfang senkrecht zur Längsachse des Vorderarmes genau distal des Processus styloides von Radius und Ulna.

Am Rumpf wurden zwei Umfänge ermittelt: horizontal am Minimum des Tailenumfanges mit entspanntem Abdomen auf Höhe des Nabels und am Ende einer normalen Ausatmung und der Hüftumfang horizontal auf Höhe des größten Vorsprunges des Glutealmuskels.

Der Oberschenkelumfang wurde horizontal ca. 1 cm unter der Gluteallinie erhoben, der Knieumfang an der Oberfläche der Patella, der Wadenumfang als maximaler Umfang der Längsachse des Unterschenkels und der Fesselumfang als kleinster Umfang oberhalb des Malleolus. Die Quotienten WHR (Taille zu Hüfte) und WTR (Taille zu Oberschenkel) aus den Umfangsmessungen wurden zur Beurteilung des Fettverteilungsmusters herangezogen.

## **2.4.2 Routine - Laborparameter**

Folgende laborchemische Parameter im Blut der Patientinnen kamen zur Auswertung:  
aus dem kleinen Blutbild die Leukozyten und der Hämatokritwert und  
aus dem Plasma die Elektrolyte Natrium und Kalium,  
die Stoffwechselparameter Gesamtcholesterin, Triglyceride und Harnsäure,  
Gesamteiweiß, Eiweißverteilung in der Elektrophorese (Albumin, Alpha-1-Globuline, Alpha-2-Globuline, Beta-Globuline, Gamma-Globuline) und Fibrinogen.

### 2.4.3 BIA-Messungen

Alle BIA-Messungen wurden mit demselben BIA-Messgerät des Typs B.I.A. 2000-M der Firma Data Input, Frankfurt, durchgeführt.

Das Gerät verfügt über eine tetrapolare Elektrodenanordnung (s. S. 27) um Kontaktimpedanzen bzw. Haut-Elektroden-Interaktionen zu verhindern. Vor jedem Messzeitpunkt bzw. einmal pro Tag wurde eine Kalibrierung des Gerätes mit Standardwiderständen durchgeführt.

Es wurden Bianosonic-Spezialelektroden verwendet, die aus Kostengründen auf Empfehlung des Geräteherstellers vor Gebrauch halbiert wurden. Zur besseren Verbindung zwischen Haut und Elektroden wurde feuchte oder fettige Haut mit Isopropylalkohol gereinigt, bei extrem trockener Haut wurde die Leitfähigkeit durch Aufbringen von EKG-Paste verbessert.

Über die vier Hautelektroden wird ein homogenes elektrisches Wechselstromfeld in der Messperson erzeugt und die Impedanz, wie einleitend auf Seite 27 skizziert, gemessen.

Das Gerät verfügt über die Möglichkeit vier Frequenzen (1, 5, 50 und 100 kHz) anzulegen. Mit dieser Multifrequenzmethode gelingt eine weitere Differenzierung des Gesamtwassergehaltes in intrazelluläres und extrazelluläres Wasser.

Acht verschiedene BIA-Messungen pro Person und Messzeitpunkt wurden durchgeführt: je eine Ganzkörpermessung der rechten und der linken Körperseite, eine Messung des rechten und linken Armes, des rechten und linken Beines und zwei Rumpfmessungen wie unten ausgeführt.

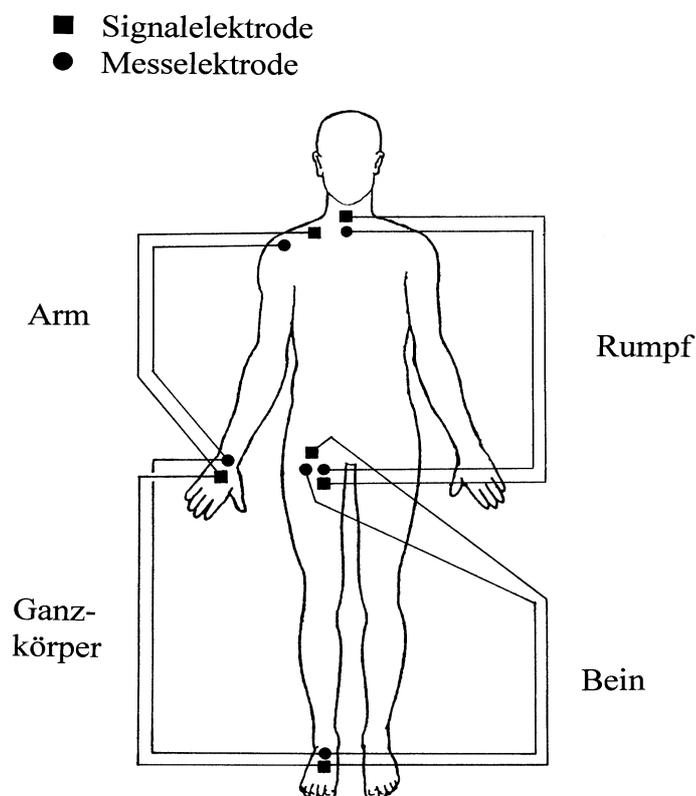


Abb. 5: Elektrodenplatzierung nach Chumlea et al. [23] am Beispiel der rechten Körperseite

Die Elektrodenpositionierung wurde nach der ursprünglich von Chumlea et al. [23] beschrieben, und von vielen anderen Arbeitsgruppen übernommenen, Art durchgeführt [4, 147].

Die beiden Elektroden der Ganzkörpermessung wurden jeweils an der gleichen Körperseite angelegt. An der Hand wurde die Messelektrode in Höhe einer Linie durch das Ulnaköpfchen, die Signalelektrode unmittelbar hinter dem Mittelfinger angeklebt. Am Fuß wurde die Messelektrode in Höhe einer Linie durch den Innenknöchel, die Signalelektrode unmittelbar hinter der mittleren Zehe angebracht.

Bei der Beinmessung blieb die Position der Fußelektroden gleich. Am Oberschenkel kam die Messelektrode an die Vorderseite des Oberschenkels auf Höhe der Gesäßfalte, die Signalelektrode 5,0 cm proximal.

Während der Armmessung waren die Handelektroden positioniert wie bei der Ganzkörpermessung. Das andere Elektrodenpaar wurde an der vorderen Oberseite der Schulter plziert. Die Messelektrode wurde zentral positioniert auf einer Linie zwischen Akromialspitze und Achsel-falte, während die Signalelektrode 5 cm weiter in Richtung Körpermitte angebracht war.

Am Rumpf erfolgten zwei Messungen, vom linken Oberschenkel zum Sternum und vom rechten Oberschenkel zum Sternum. Dabei lag die Messelektrode auf der Vorderseite des Oberschenkels auf Höhe der Gesäßfalte, die Signalelektrode 5 cm distal dazu.

Zu beachten ist die Veränderung der Signalelektrode im Vergleich zur Beinmessung!

Die Messelektrode wurde am Sternum, die Signalelektrode 5,0 cm cranial plziert.

Die Rumpfmessungen wurden bei mittlerer Atemtiefe durchgeführt [2].

## 2.5 Datenerfassung und Berechnungsgrundlagen

### 2.5.1 Anthropometrische Daten

#### 4-Hautfalten-Formel nach Durnin und Womersley [42]

Die Gleichungen von Durnin und Womersley sind alters- und geschlechtsspezifisch und verwenden den dekadischen Logarithmus der Summe der Trizeps-, Bizeps-, der subskapularen und suprailiakalen Hautfalte. Diese Gleichungen ergeben eine Abschätzung der Körperdichte (d).

Die prozentuale Fettmasse wird berechnet über die Gleichung von Siri:

$$\% \text{ Fett} = (4.950 / d - 4.500) \times 100$$

Die LBM wird berechnet aus % TBF und Körpergewicht (KG):

$$\text{LBM} = \text{KG} \times (1 - \text{TBF} / 100).$$

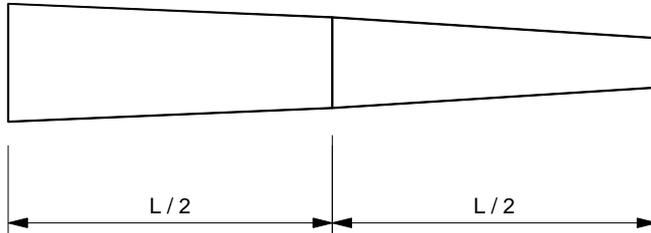
Wie eingangs (s. S. 23) erwähnt, werden die Extremitätenvolumina üblicherweise über Kegelmessmodelle berechnet.

Die genaue Ermittlung der Extremitätenlängen und -umfänge sind auf S. 45 beschrieben.

### Armvolumen aus zwei Kegelstümpfen:

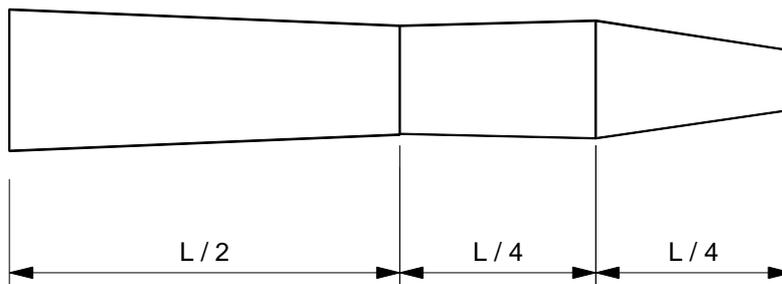
Die übliche Formel für den Kegelstumpf wurde entsprechend erweitert.

$$V_{Arm} = \frac{L_{Arm}}{24000 * p} * (U_{OA}^2 + U_{OA} * U_E + 2 * U_E^2 + U_E * U_H + U_H^2)$$



### Beinvolumen aus drei Kegelstümpfen [78]:

$$V_{Bein} = \frac{L_{Bein}}{48000 * p} * (2 * U_{OS}^2 + 2 * U_{OS} * U_K + 3 * U_K^2 + U_K * U_W + 2 * U_W^2 + U_W * U_F + U_F^2)$$



wobei:

$V_{Arm}$ = Armvolumen	[dm <sup>3</sup> ]	$U_H$ = Umfang Handgelenk	[cm]
$V_{Bein}$ = Beinvolumen	[dm <sup>3</sup> ]	$U_{OS}$ = Umfang Oberschenkel	[cm]
$L_{Arm}$ = Armlänge	[cm]	$U_K$ = Umfang Knie	[cm]
$L_{Bein}$ = Beinlänge	[cm]	$U_W$ = Umfang Wade	[cm]
$U_{OA}$ = Umfang Oberarm	[cm]	$U_F$ = Umfang Fessel	[cm]
$U_E$ = Umfang Ellenbogen	[cm]		

## 2.5.1 BIA-Daten

Zum Zeitpunkt der Datenerfassung war das verwendete BIA-Messgerät vom Hersteller noch nicht mit einer entsprechenden Schnittstelle zur Übertragung der erfassten Daten in einen PC ausgerüstet. Eine solche Schnittstelle (z.B. seriell, RS232) hätte in Verbindung mit geeigneter Software des Herstellers die Datenerfassung ganz wesentlich vereinfacht und auch die notwendige Zeit zur Plausibilitätsprüfung der erfassten Daten erheblich verkürzt. Für die vorliegende Arbeit wurden die Daten von der Digitalanzeige des BIA-Messgerätes abgelesen und manuell in eine PC-Datenbank eingegeben.

Basierend auf der Datenbank-Software "MS-Access 7.0" wurden geeignete Eingabeformulare erstellt. Alle eingegebenen Daten wurden nach der Eingabe nochmals manuell geprüft.

Zusätzlich wurden die Daten einer Plausibilitätsprüfung mittels in MS-Access erstellter Abfragen unterzogen.

Für die beiden Messgrößen Ohm'scher Widerstand (R) und kapazitiver Widerstand (Xc) ergab sich folgende Anzahl zu erfassender Werte: 52 Patienten, pro Patient zwischen 5 und 7 Messzeitpunkte, pro Messzeitpunkt 2 untersuchte Körperseiten (L / R), pro Körperseite 4 untersuchte Messstrecken (Ganzkörper / Bein / Arm / Rumpf) und pro Messstrecke 4 untersuchte Frequenzen (1 / 5 / 50 / 100 kHz) und somit ca. 9984 Messwerte.

Da außer den beiden genannten elektrischen Größen noch anthropometrische Werte zu erfassen waren, wurde in MS-Access eine geeignete übersichtliche Tabellenstruktur angelegt. Mittels genau definierter Abfragen wurden aus diesen Tabellen Daten extrahiert, die zur weiteren Verarbeitung in "MS-Excel 7.0" übertragen werden konnten.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit dem Softwarepaket "Statistica 5.1 - edition 97" (StatSoft, Inc., Tulsa, OK). Die auszuwertenden Daten konnten von MS-Access bzw. MS-Excel direkt in Statistica übernommen werden.

#### Berechnungsgrundlagen der Auswertungssoftware Nutri 4 Version 1.61 [33]

Die Berechnung des Ganzkörperwassers TBW (Total Body Water) erfolgte aus der gemessenen Resistanz und den übrigen Personendaten nach der Formel von Kushner et al. [101] modifiziert.

Die Berechnung der Magermasse LBM (Lean Body Mass) wird aus dem berechneten TBW abgeleitet nach der Formel  $LBM = TBW / 0,732$ , da bei gesunden, euhydrierten Menschen die Magermasse sehr konstant mit 73,2 % hydratisiert ist. LBM wird hier synonym mit FFM verwendet.

Die Körperzellmasse BCM (Body Cell Mass) wird aus der Magermasse abgeleitet auf der Grundlage:  $BCM = LBM \times \text{Phasenwinkel} \times \text{Konstante}$ .

Den Extrazellulärraum ECM (Extra Cellular Mass) erhält man durch den Differenzbetrag zwischen BCM und Magermasse:  $ECM = LBM - BCM$ .

Die Berechnung des Extrazellulären Wassers ECW (Extra Cellular Water) erfolgte modifiziert nach Deurenberg et al. [36].

Der intrazelluläre Wassergehalt ICW (Intra Cellular Water) ergibt sich aus der Differenz zwischen Gesamtkörperwasser TBW und dem Extrazellulären Wasser ECW.

Das Körperfett TBF (Total Body Fat) als Isolator wird von der Impedanzmessung nicht erfasst. Es wird daher als der Differenzbetrag zwischen Magermasse und Körpergewicht bestimmt. Dies führt bei starken Schwankungen und Störungen des Wasserhaushaltes - aber auch bei messtechnischen Problemen - unmittelbar zu Schwankungen der berechneten Fettmasse.

Segal-Formel [143]: fettspezifische Formel ( $\geq 30\%$  TBF) für Frauen

$$FFM \text{ [kg]} = 0,00091186 \times ht^2 - 0,01466 \times R + 0,2999 \times wt - 0,07012 \times \text{Alter} + 9,37938$$

wobei: ht: Körpergröße, R: Resistanz bei 50 kHz, wt: Körpergewicht

## 2.6 Statistische Auswertung

Vergleiche von Datensätzen einzelner Probanden einer Untersuchungsgruppe zu mehreren Messzeitpunkten erfordern statistische Tests für verbundene oder abhängige Stichproben. Bei unverbundenen oder unabhängigen Stichproben dagegen werden verschiedene Untersuchungsgruppen miteinander verglichen [92, 156].

In der vorliegenden Arbeit konnte durch Vergleich der Mediane und der arithmetischen Mittelwerte (means) die Vermutung bestätigt werden, dass eine Normalverteilung nicht vorlag. Somit schieden statistische Testverfahren (z. B. t - Tests), die diese voraussetzen, aus. Verteilungsfreie oder nicht-parametrische Verfahren wurden verwendet.

Für Vergleiche der drei Untersuchungsgruppen zu jeweils einem Messzeitpunkt kam der Kruskal-Wallis-Test (H - Test) zur Anwendung. Dieser gehört zu den multiplen Rangsummentests, ebenso wie der Mann-Whitney-Test (U - Test), der zum anschließenden Vergleich von jeweils zwei Untersuchungsgruppen (Paarvergleich) herangezogen wurde.

Dabei interessierten zwei Vergleiche, einmal Gruppe G1 (Lymph- / Lipolymphödem mit KPE und Fasten) mit Gruppe G2 (Lymph- / Lipolymphödem mit KPE ohne Fasten) um gemäß dem Thema der Arbeit die Fastenwirkung während der KPE bewerten zu können. Um die reine Fastenwirkung darzustellen, diente der Vergleich der adipösen Gruppe G3 (Fasten ohne Lymph- / Lipolymphödem) mit der Lymph- / Lipolymphödemgruppe G1 (s. o.).

Bei verbundenen Stichproben, also einem Vergleich der Mittelwerte einer Gruppe zu verschiedenen Messzeitpunkten wurde der Friedman-Test eingesetzt und als Folgetest der Wilcoxon-Test für Paardifferenzen. Hier interessierten vier Vergleiche, vor und nach den Therapien und zur genaueren Analyse für einige Fragestellungen die Untersuchung der Vorfastenphase, der Fastenphase und der Nachfastenphase (s. S. 39).

Korrelationen mit Hilfe des Spearman-Rangkorrelationstests wurden bestimmt bei der Untersuchung der Ergebnisse der beiden verwendeten Methoden Anthropometrie (4-Hautfaltenformel) und BIA (Nutri 4-Formel, Segal-Formel) sowie bei Körperseitenvergleichen und bei verschiedenen Einzelparametern.

Da Korrelationskoeffizienten keine Aussagen über die Übereinstimmung von Einzelwerten zulassen, wird das von Bland und Altman [9] vorgeschlagene Verfahren der Bestimmung der "limits of agreement" zur besseren Darstellung des Methodenvergleichs durchgeführt.

Das Signifikanzniveau wurde bei den Korrelationstests bei  $p \leq 0,01$  festgelegt, bei allen anderen Tests bei  $p \leq 0,05$ .

Die Tabellen wurden mit Durchschnittswert (mean), Standardabweichung (sd), Standardfehler (sem), teilweise mit Minimumwert (min) und Maximumwert (max) ausgeführt, signifikante Ergebnisse mit (\*) gekennzeichnet und die Abbildungen mit Durchschnittswert (mean) und Standardfehler (sem).

Die Berechnungen wurden mit Hilfe des Statistikprogrammes STATISTICA der Firma Stat Soft, Hamburg durchgeführt.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Ergebnisse der Ganzkörperuntersuchungen

In Tabelle II im Anhang findet sich ein Überblick über die durchgeführten statistischen Auswertungen der Ganzkörpermessungen.

#### 3.1.1 Körpergewicht (KG) und Körpergewichtsveränderungen (Δ KG)

Mit durchschnittlichen Ausgangswerten des Body Mass Index (BMI) bei Gruppe G1 von  $35,8 \pm 7,03 \text{ kg/m}^2$ , bei G2 von  $39,2 \pm 4,72 \text{ kg/m}^2$  und bei G3 von  $32,5 \pm 3,85 \text{ kg/m}^2$  liegt nach der beschriebenen gängigen Klassifizierung (s. S. 5) eine Adipositas Grad II vor.

Da sich die Patientinnen der drei Gruppen in der Körpergröße nicht statistisch signifikant voneinander unterscheiden ( $p=0,4915$ ), verhält sich die statistische Auswertung des BMI wie die des Körpergewichtes. Aus Gründen der Anschaulichkeit und der besseren Vergleichbarkeit mit den Segmenten wird im Folgenden mit dem Körpergewicht (KG) gearbeitet.

Tab. 4 : Körpergewicht (KG) vor (M1) und nach (M7) den Behandlungen und KG-Abnahme ( $\Delta$  KG) (\* bezeichnet signifikante Unterschiede)

KG [kg]		mean $\pm$ sd	sem	min	max
G1	M1	92,6 $\pm$ 17,5	4,37	70,2	126,5
	M7	87,6 $\pm$ 17,0	4,24	65,7	122,9
	D	<b>-4,96* <math>\pm</math> 1,49</b>	<b>0,37</b>	<b>-3,2</b>	<b>-8,8</b>
G2	M1	105,8 $\pm$ 18,3	5,30	81,1	137,7
	M7	102,6 $\pm$ 17,8	5,13	79,8	135,4
	D	<b>-3,16* <math>\pm</math> 2,08</b>	<b>0,60</b>	<b>-0,6</b>	<b>-8,1</b>
G3	M1	84,5 $\pm$ 9,6	1,96	70,9	105,7
	M7	80,2 $\pm$ 9,2	1,87	66,5	99,9
	D	<b>-4,23* <math>\pm</math> 1,32</b>	<b>0,27</b>	<b>-0,7</b>	<b>-6,1</b>

G1 (KPE und Fasten) und G2 (KPE) weisen mit  $92,6 \pm 17,5 \text{ kg}$  bzw.  $105,8 \pm 18,3 \text{ kg}$  ein höheres durchschnittliches Ausgangsgewicht (M1) mit einer größeren Streuung um die Mittelwerte auf als G3 (Fasten) mit  $84,5 \pm 9,6 \text{ kg}$ . Die statistische Auswertung liefert lediglich für den Paarvergleich zwischen G2 und G3, nicht für G1 und G2 sowie G1 und G3 signifikante Unterschiede. Im Endgewicht (M7) unterscheiden sich dann neben G2 und G3 auch die Gruppen mit lymphödematösem Krankheitsbild G1 und G2 signifikant. Zwischen G1 und G3 gibt es auch am Ende der Behandlungen keine signifikanten Unterschiede im Gewicht.

Die Patientinnen der drei Gruppen nehmen während den Behandlungen statistisch signifikant an Körpergewicht ab. Die durchschnittliche Abnahme liegt bei G1 (KPE und Fasten) mit  $-4,96 \pm 1,49 \text{ kg}$  höher als bei G2 (KPE) mit  $-3,16 \pm 2,08 \text{ kg}$  und bei G3 (Fasten) mit  $-4,23 \pm 1,32 \text{ kg}$ .

Auch prozentual zum Ausgangsgewicht (KG in M1) liegt die durchschnittliche Körpergewichtsabnahme in den beiden Fastengruppen mit -5,4 % bei G1 (KPE und Fasten) und -5,0 % bei G3 (Fasten) höher als in Gruppe G2 (KPE) mit -3,0 %.

In keiner der drei Gruppen besteht eine statistisch signifikante Korrelation zwischen Ausgangsgewicht (KG in M1) und Körpergewichtsabnahme ( $\Delta$  KG).

Die Körpergewichtsveränderungen ( $\Delta$  KG) in den im Studiendesign definierten verschiedenen Fastenphasen (s. S. 39) sind in Abb. 6 S. 50 dargestellt, die Werte finden sich in Tabelle 5.

In G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) kommt es während der Vorfastenzeit zu großen Gewichtsabnahmen, die mit durchschnittlich  $-383 \pm 179$  g/Tag bzw.  $-368 \pm 197$  g/Tag in beiden Gruppen statistisch signifikant sind.

Während der eigentlichen Fastenzeit liegen die statistisch signifikanten täglichen Abnahmen bei G1 mit  $-359 \pm 111$  g/Tag höher als bei G3 mit  $-317 \pm 109$  g/Tag.

In der Nachfastenzeit kommt es zu statistisch als nicht signifikant ausgewiesenen Anstiegen des Körpergewichtes von durchschnittlich  $56 \pm 226$  g/Tag bei Gruppe G1, obwohl die KPE-Behandlung bei einigen Patientinnen noch weiter läuft, und  $24 \pm 186$  g/Tag bei G3.

In G2 (KPE) verläuft die durchschnittliche Gewichtsabnahme während der gesamten Untersuchungszeit eher kontinuierlich, mit zunehmender Behandlungsdauer (KPE) langsam kleiner werdend. Die separat, entsprechend den Fastenphasen der beiden anderen Gruppen, untersuchten Gewichtsabnahmen werden alle als statistisch signifikant ausgewiesen.

Die hohen Standardabweichungen in G2 über den ganzen Untersuchungszeitraum zeigen wie unterschiedlich die Patienten dieser Gruppe auf die KPE ansprechen. Dagegen weist G1 (KPE und Fasten) mit Ausnahme der Nachfastenzeit wesentlich kleinere Standardabweichungen um den Mittelwert auf.

Tab. 5: Gewichtsabnahme ( $\Delta$  KG) mit durchschnittlichen Körpergewichtsabnahmen pro Untersuchungstag ( $\Delta$  KG/UT) und aufgeschlüsselt in die einzelnen Fastenphasen

		D KG [kg] mean $\pm$ sd	UT	D KG/UT [g/T] mean $\pm$ sd
<b>Gesamte Unter- suchungszeit</b>	<b>G1</b>	$-4,96 \pm 1,49$	17,3	$-289 * \pm 81$
	<b>G2</b>	$-3,16 \pm 2,08$	17,3	$-183 * \pm 116$
	<b>G3</b>	$-4,23 \pm 1,32$	16,4	$-257 * \pm 73$
<b>Vorfastenzeit</b>	<b>G1</b>	$-1,15 \pm 0,54$	3	$-383 * \pm 179$
	<b>G2</b>	$-0,58 \pm 0,75$	3	$-192 * \pm 250$
	<b>G3</b>	$-1,10 \pm 0,59$	3	$-368 * \pm 197$
<b>Fastenzeit</b>	<b>G1</b>	$-3,98 \pm 1,33$	11,3	$-359 * \pm 111$
	<b>G2</b>	$-2,11 \pm 2,01$	11,3	$-193 * \pm 175$
	<b>G3</b>	$-3,20 \pm 1,05$	10,4	$-317 * \pm 109$
<b>Nachfastenzeit</b>	<b>G1</b>	$+0,17 \pm 0,68$	3	$+56 \pm 226$
	<b>G2</b>	$-0,48 \pm 0,60$	3	$-158 * \pm 200$
	<b>G3</b>	$+0,07 \pm 0,56$	3	$+24 \pm 186$

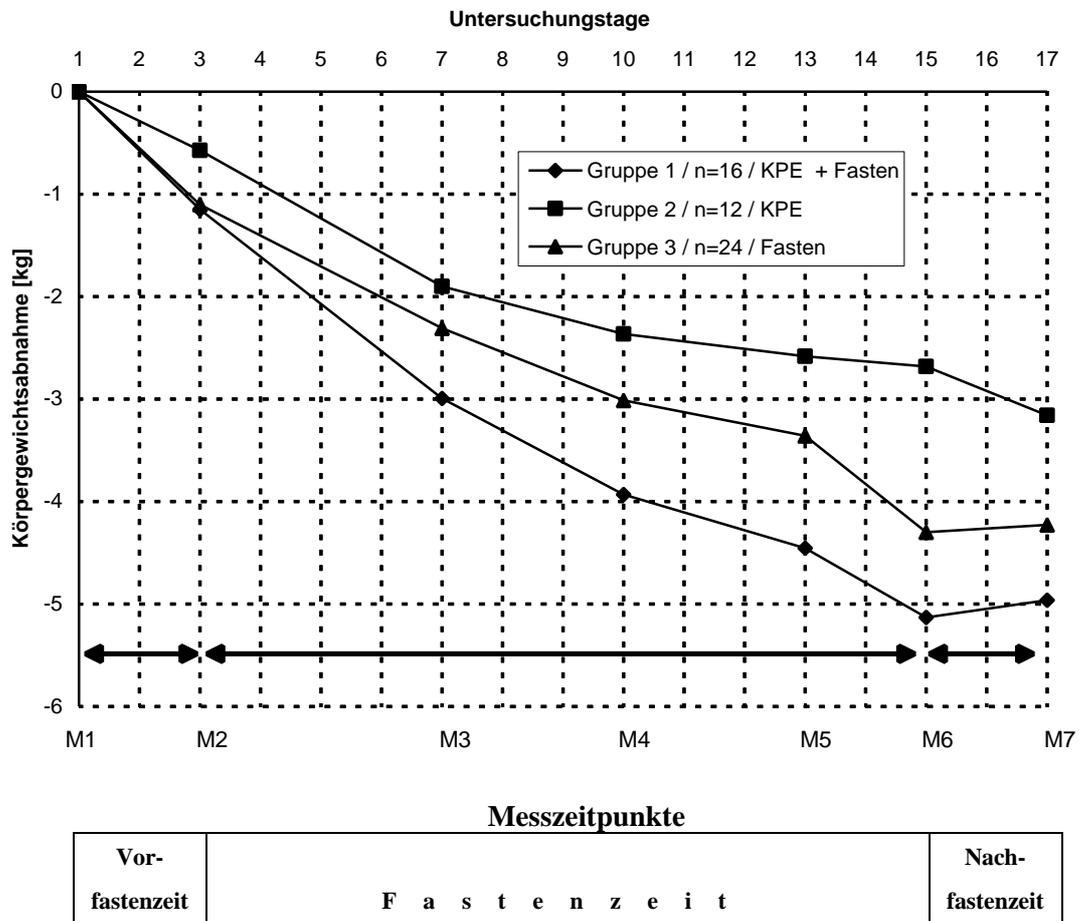


Abb. 6: Durchschnittliche Gewichtsabnahme [kg] nach Patientengruppen über den Untersuchungszeitraum addiert

### 3.1.2 Grundlegende Untersuchungen der BIA-Resistanzwerte bei 50 kHz

In Tabelle I im Anhang finden sich die Resistanzwerte R bei 50 kHz der Ganzkörper-, Arm- und Beinmessungen jeweils links und rechts über die fünf ausgewerteten Messzeitpunkte.

#### 3.1.2.1 Körperseitenvergleich der Ganzkörpermessung und der Extremitäten

Ein Vergleich der Messungen der Resistanzwerte beider Körperseiten vor und im Verlauf der Therapien gibt Aufschluss über die Symmetrieverhältnisse.

Bei den Ganzkörpermessungen ergeben sich in allen drei Gruppen bei der Korrelation der linken mit der rechten Körperseite statistisch signifikante Werte (Bsp. Messung 1: G1  $p=0,000002$ , G2  $p=0,000687$ , G3  $p=0,000000$ ), auch in den weiteren vier Verlaufsmessungen.

Im Seitenvergleich der beiden Arme korrelieren die Werte in allen drei Gruppen bei allen fünf Messungen signifikant (Bsp. Messung 1: G1  $p=0,000013$ , G2  $p=0,000337$  und G3  $p=0,000186$ ).

Bei den Beinen liegen in G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) die gleichen Verhältnisse wie bei den Armen und der Ganzkörpermessung (Bsp. M1: G1  $p=0,000015$ , G3  $p=0,000002$ ) vor. Bei G2 (KPE) finden sich in der Ausgangsmessung noch statistisch signifikant korrelierende Seiten ( $p=0,005801$ ), in der Abschlussmessung ( $p=0,049409$ ) nicht mehr.

Da die Impedanz des Körpers hauptsächlich durch Arm und Bein bestimmt wird, haben Abweichungen der Extremitäten einen starken Einfluss auf die Gesamtkörperimpedanz. Diesen Sachverhalt zeigen Abb. 7 und Abb. 8 S. 52 mit der Darstellung der Verlaufskurven bei 50 kHz der Ganzkörpermessung im Bereich 485-575 Ohm, der Armmessung im Bereich von 255-290 Ohm und der Beinmessung im Bereich 180-250 Ohm.

Die Resistanz (R)-Werte von G1 (KPE und Fasten) liegen auf bzw. über dem Niveau von G3 (Fasten), während die von G2 (KPE) bei Bein und Ganzkörper deutlich darunter liegen, ebenso wie die absoluten Armwerte. Aus den Abbildungen geht deutlich hervor, dass die niedrigen Resistanzwerte der Beine bei G2 (KPE) ihre niedrigen Ganzkörper-R-Werte bedingen. Bei beiden Gruppen mit lymphödematös veränderten Beinen G1 und G2 weist das linke Bein jeweils kleinere R-Werte auf und scheint stärker betroffen zu sein als das rechte. Die Werte der gesunden Beine der adipösen Gruppe G3 verlaufen dagegen relativ gleichförmig.

Die Resistanzwerte der Arme und Beine von Fastengruppe G3 sinken, nach einem raschen Anstieg in der Vorfastenphase, während der Fastenzeit bis zum Ausgangsniveau ab um danach erneut anzusteigen. Diesen Verlauf nimmt auch die Ganzkörperkurve.

Die gesunden Arme der drei Untersuchungsgruppen weisen Resistanzwerte in einem engen Wertebereich auf, wobei die Kurvenverläufe der beiden Arme der jeweiligen Gruppen nahe zusammen liegen.

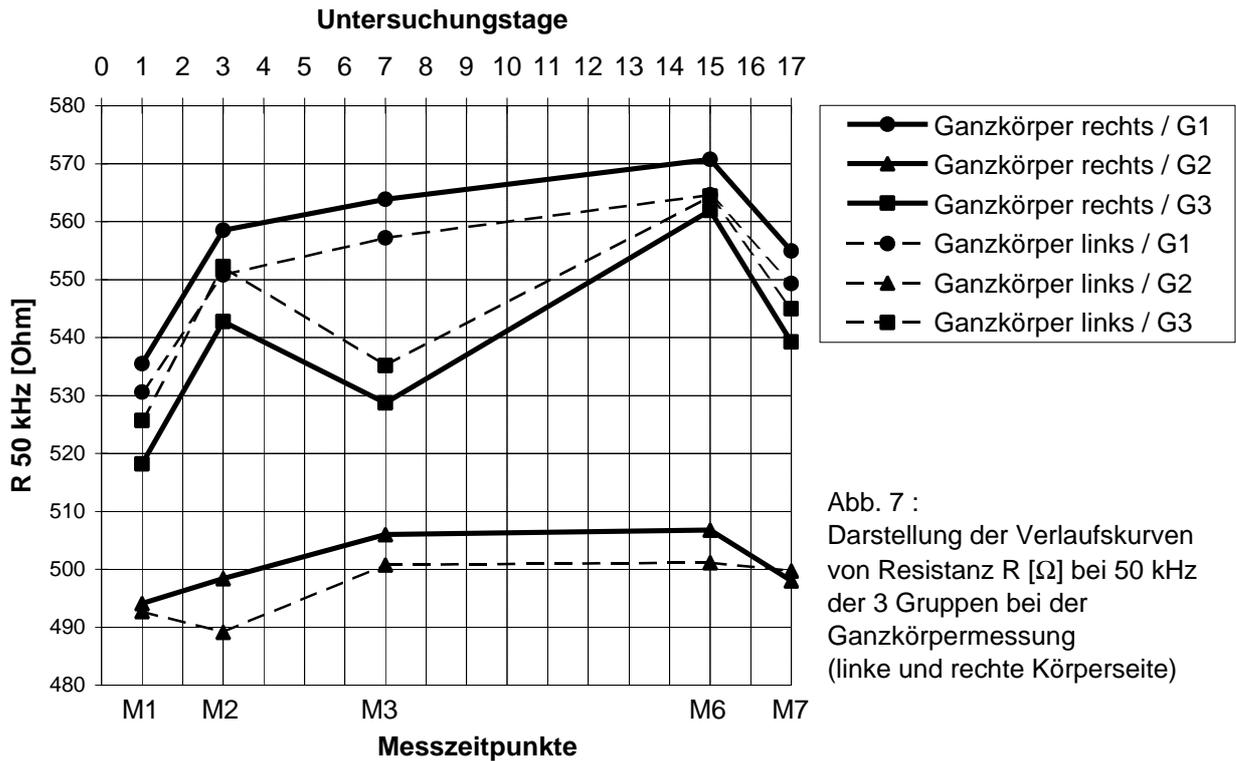


Abb. 7 :  
Darstellung der Verlaufskurven von Resistanz R [Ω] bei 50 kHz der 3 Gruppen bei der Ganzkörpermessung (linke und rechte Körperseite)

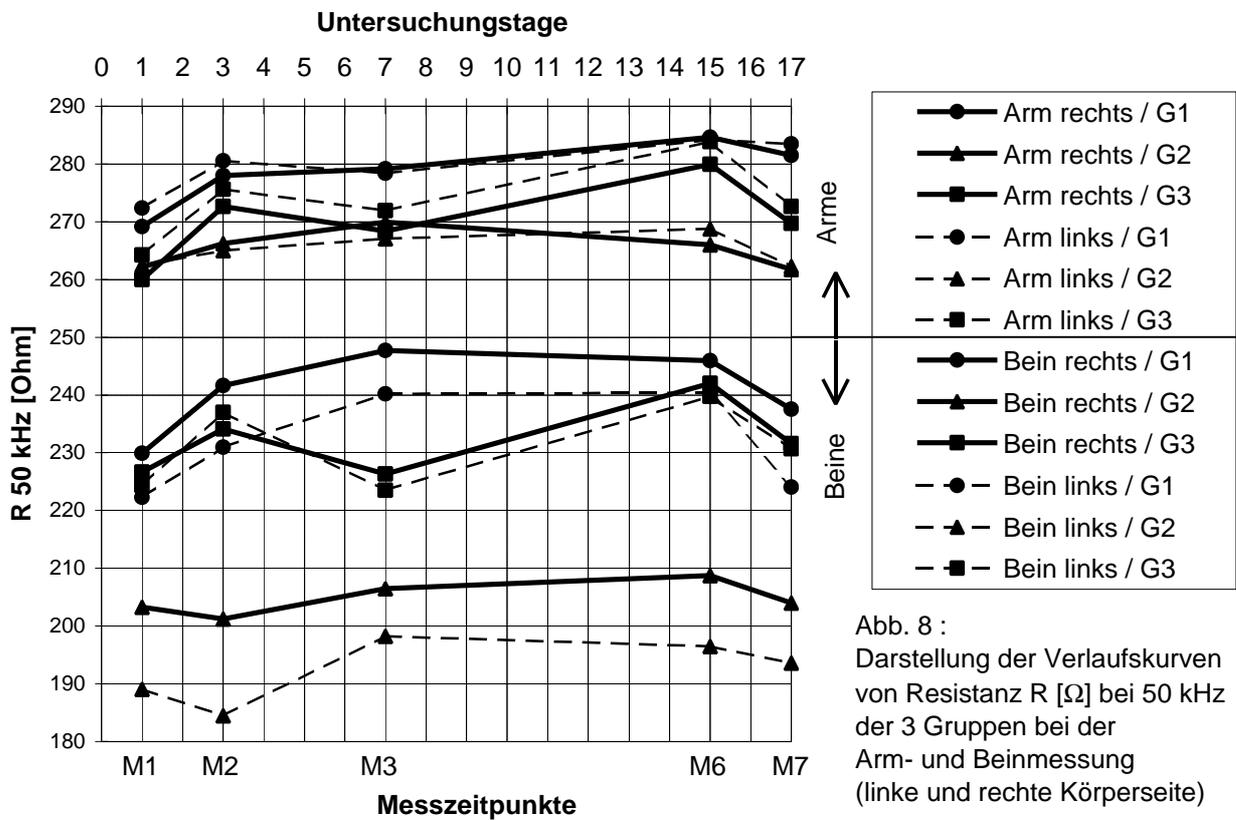


Abb. 8 :  
Darstellung der Verlaufskurven von Resistanz R [Ω] bei 50 kHz der 3 Gruppen bei der Arm- und Beinmessung (linke und rechte Körperseite)

### 3.1.2.2 Vergleich der Ganzkörpermessung mit der Summe der Segmentmessungen

Die Auswertung dient der Untersuchung der Genauigkeit der Durchführung der Messungen bzgl. der Elektrodenpositionierung und der Begründung für die weitere Verarbeitung der Messwerte.

Wie in Tabelle 6 dargestellt, liegen die aufsummierten Resistanzwerte von Bein, Rumpf und Arm ( $\Sigma_{(B+R+A)}$ ) im Vergleich zu den Ganzkörper-Messwerten (G) zwischen 106 bis 108 % in allen drei Untersuchungsgruppen.

Tab.6 : Übersicht der BIA-Messwerte der Ausgangsmessung (M1) bei 50 kHz von Ganzkörper und Körpersegmenten (jeweils links und rechts)

		<b>G 1 (KPE und Fasten) (n=16)</b>		<b>G 2 (KPE) (n=12)</b>		<b>G 3 (Fasten) (n=24)</b>	
		<b>links</b>	<b>rechts</b>	<b>links</b>	<b>rechts</b>	<b>links</b>	<b>rechts</b>
		mean ± sd	mean ± sd	mean ± sd	mean ± sd	mean ± sd	mean ± sd
Ganzkörper (G)	R[Ω]	530,6 ± 62,9	535,5 ± 65,5	492,8 ± 83,4	494,1 ± 72,5	525,7 ± 44,5	518,2 ± 43,8
Bein (B)	R[Ω]	222,3 ± 38,8	229,9 ± 39,6	189,1 ± 57,0	203,3 ± 55,4	224,3 ± 31,4	226,7 ± 32,8
Rumpf (R)	R[Ω]	73,9 ± 10,8	71,1 ± 10,6	69,7 ± 9,6	68,2 ± 9,7	73,5 ± 7,8	72,2 ± 10,1
Arm (A)	R[Ω]	272,4 ± 21,8	269,2 ± 24,7	262,5 ± 30,3	262,2 ± 27,0	264,3 ± 24,3	260,0 ± 22,7
$\Sigma_{(B+R+A)}$	R[Ω]	568,6 ± 56,6	570,2 ± 63,3	521,3 ± 79,6	533,6 ± 81,2	562,1 ± 45,2	558,8 ± 46,7
$\Sigma_{(B+R+A)} / G$	[%]	<b>107,2</b>	<b>106,5</b>	<b>105,8</b>	<b>108,0</b>	<b>106,9</b>	<b>107,8</b>
A / $\Sigma_{(B+R+A)}$	[%]	<b>48,1</b>	<b>47,4</b>	<b>51,0</b>	<b>49,7</b>	<b>47,1</b>	<b>46,6</b>
B / $\Sigma_{(B+R+A)}$	[%]	<b>38,8</b>	<b>40,1</b>	<b>35,5</b>	<b>37,4</b>	<b>39,8</b>	<b>40,4</b>
B+A	R[Ω]	494,7 ± 56,3	499,1 ± 60,9	451,6 ± 75,8	465,4 ± 76,2	488,6 ± 43,3	486,6 ± 44,2
B+A / $\Sigma_{(B+R+A)}$	[%]	<b>87,0</b>	<b>87,5</b>	<b>86,6</b>	<b>87,2</b>	<b>86,9</b>	<b>87,1</b>

Die Resistanzwerte der Arme (A) links / rechts machen bei G1 48,1 / 47,4 %, bei G2 51,1 / 49,7 % und bei G3 47,1 / 46,6 % des aufsummierten Wertes aus, während die Resistanzwerte der Beine (B) links / rechts bei G1 38,8 / 40,1 %, bei G2 35,5 / 37,4 % und bei G3 39,8 / 40,4 % des aufsummierten Resistanzwertes betragen.

Werden beide Werte addiert aufgeführt (B+A) und prozentual zu den aufsummierten Messungen ( $\Sigma_{(B+R+A)}$ ) (links / rechts) dargestellt, liefern die beiden Gruppen G1 und G2 mit lymphödema-tösem Krankheitsbild (G1:87,0 / 87,5 % und G2: 86,6 / 87,2 %) prozentuale Werte in der gleichen Größenordnung wie die nur adipöse Gruppe (G3: 86,9 / 87,1 %).

### 3.1.3 Übersicht der BIA-Rohdaten und des Impedanzindex

Für eine erste Einschätzung über Veränderungen von leitfähigem Gewebe durch die therapeutischen Maßnahmen werden die BIA-Rohdaten, d. h. die Resistanz (R)- und Reaktanzwerte (Xc) bei den Frequenzen 1, 5, 50 und 100 kHz, dargestellt.

Eine Zunahme der Resistenz-Werte (R) entspricht einer Abnahme des leitfähigen Volumens also des Wassergehaltes bzw. der fettfreien Masse und umgekehrt.

Der Reaktanzwert (Xc) ist umgekehrt proportional zum Volumen des Extrazellulärwassers und spiegelt die Zellmasse wider.

Tab. 7: Resistanz (R)- und Reaktanzwerte (Xc) [O] bei den Frequenzen 1, 5, 50, 100 kHz der Ausgangs (M1)- und Endmessung (M7) der beiden Körperseiten (mean ± sd) sowie dem Vorher-Nachher-Vergleich (Δ) und dem Wilcoxon-Test auf Signifikanz (\*).

Ganzkörper	G 1 (KPE und Fasten)		G 2 (KPE)		G 3 (Fasten)	
	links	rechts	links	rechts	links	rechts
R1 / M1	606,8 ± 118,2	588,6 ± 144,1	587,8 ± 117,3	572,4 ± 99,4	632,0 ± 98,6	599,0 ± 164,7
R1 / M7	631,4 ± 78,6	636,1 ± 126,8	560,3 ± 61,2	561,3 ± 66,5	642,9 ± 116,5	609,5 ± 128,6
<b>D</b>	<b>+24,6 ± 81,2</b>	<b>+47,4 ± 172,0</b>	<b>-27,5 ± 109,0</b>	<b>-11,1 ± 87,7</b>	<b>+11,0 ± 103,7</b>	<b>+10,5 ± 132,1</b>
Xc1/M1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Xc1/M7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>D</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
R5 / M1	602,6 ± 72,1	612,6 ± 74,9	550,8 ± 93,2	563,0 ± 86,1	602,7 ± 55,1	596,7 ± 55,6
R5 / M7	622,4 ± 61,6	636,7 ± 56,8	557,1 ± 69,0	565,5 ± 68,6	618,5 ± 54,0	615,8 ± 47,6
<b>D</b>	<b>+19,8* ± 36,4</b>	<b>+24,1* ± 42,3</b>	<b>+6,3 ± 49,4</b>	<b>+2,5 ± 39,9</b>	<b>+15,8* ± 44,0</b>	<b>+19,0* ± 42,3</b>
Xc5/M1	31,6 ± 10,7	37,1 ± 14,1	25,9 ± 11,6	31,0 ± 17,2	30,7 ± 9,6	35,8 ± 16,9
Xc5/M7	29,4 ± 10,3	35,3 ± 16,5	26,4 ± 14,1	30,5 ± 16,0	28,7 ± 11,2	35,4 ± 12,7
<b>D</b>	<b>-2,2 ± 8,7</b>	<b>-1,8 ± 22,1</b>	<b>+0,5 ± 9,2</b>	<b>-0,5 ± 12,8</b>	<b>-2,0 ± 9,0</b>	<b>-0,5 ± 12,2</b>
R50/M1	530,6 ± 62,9	535,5 ± 65,5	492,8 ± 83,4	494,1 ± 72,5	525,7 ± 44,5	518,2 ± 43,8
R50/M7	549,3 ± 55,6	554,9 ± 48,3	499,8 ± 67,5	498,0 ± 58,7	545,0 ± 46,2	539,2 ± 41,6
<b>D</b>	<b>+18,8* ± 27,6</b>	<b>+19,4 ± 37,5</b>	<b>+7,0 ± 43,3</b>	<b>+3,9 ± 31,7</b>	<b>+19,3* ± 35,1</b>	<b>+21,0* ± 32,4</b>
Xc50/M1	52,0 ± 7,6	54,6 ± 7,3	43,6 ± 13,2	47,7 ± 12,0	53,5 ± 8,6	54,0 ± 8,5
Xc50/M7	52,8 ± 7,4	54,6 ± 7,7	45,2 ± 10,2	48,2 ± 10,7	52,7 ± 7,3	54,2 ± 7,3
<b>D</b>	<b>+0,8 ± 5,6</b>	<b>+0,1 ± 7,7</b>	<b>+1,6 ± 9,5</b>	<b>+0,5 ± 5,6</b>	<b>-0,8 ± 5,6</b>	<b>+0,3 ± 5,1</b>
R100/M1	504,5 ± 60,4	508,4 ± 62,4	463,9 ± 71,7	471,4 ± 67,8	498,9 ± 42,4	491,4 ± 41,8
R100/M7	522,8 ± 53,1	530,8 ± 47,4	470,1 ± 53,5	473,6 ± 54,7	518,2 ± 44,0	512,3 ± 40,4
<b>D</b>	<b>+18,3* ± 25,5</b>	<b>+22,4* ± 29,2</b>	<b>+6,2 ± 37,2</b>	<b>+2,2 ± 31,3</b>	<b>+19,3* ± 32,9</b>	<b>+20,8* ± 30,0</b>
Xc100/M1	43,9 ± 6,6	45,0 ± 6,6	38,5 ± 10,9	39,8 ± 9,3	44,8 ± 6,7	44,5 ± 6,3
Xc100/M7	44,5 ± 6,7	45,6 ± 6,4	39,3 ± 8,8	40,3 ± 8,4	44,9 ± 5,9	44,9 ± 5,6
<b>D</b>	<b>+0,6 ± 4,2</b>	<b>+0,6 ± 5,8</b>	<b>+0,8 ± 5,4</b>	<b>+0,4 ± 4,1</b>	<b>+0,1 ± 4,7</b>	<b>+0,4 ± 4,6</b>

In der Ausgangsmessung (M1) unterscheiden sich die Resistanzwerte (R) der linken und rechten Körperseite in den untersuchten Frequenzen 1, 5, 50 und 100 kHz innerhalb der drei Gruppen nicht statistisch signifikant voneinander, dasselbe gilt für die Reaktanzwerte (Xc). Die Reaktanz (Xc) geht bei 1 kHz immer gegen 0 (s. S. 26).

In der Endmessung (M7) unterscheiden sich die Resistanzwerte (R) der linken wie auch der rechten Körperseite in den untersuchten Frequenzen 1, 5, 50 und 100 kHz innerhalb der drei Gruppen statistisch signifikant voneinander, bedingt durch die statistisch signifikanten Unterschiede zwischen G1 (KPE und Fasten) und G2 (KPE). Die R-Werte von G1 haben sich im Verlaufe der Therapie stärker erhöht, das leitfähige Volumen damit stärker abgenommen, als bei G2.

Im Gruppenvergleich von G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) gibt es dagegen auch bei der Endmessung keine statistisch signifikanten Unterschiede im R-Wert.

Die Reaktanzwerte (Xc) innerhalb der drei Gruppen unterscheiden sich auch in der Endmessung nicht statistisch signifikant voneinander.

Im Vorher-Nachher-Vergleich werden die Zunahmen der Resistanzwerte (R) bei 5, 50 (Ausnahme 50 kHz rechte Körperseite bei G1) und 100 kHz von G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) als statistisch signifikant ausgewiesen. Sie beruhen auf Veränderungen in Vor- und Nachfastenphase (in Abb. 7 S. 52 mit den 50 kHz-Werten dargestellt), während in der Fastenphase keine statistisch signifikanten Veränderungen der R-Werte aufgezeigt werden.

Gruppe G2 (KPE) weist keine statistisch signifikanten Veränderungen der Resistanzwerte durch die Therapie aus.

Die R-Werte bei 1 kHz weisen bei allen drei Gruppen keine signifikanten Veränderungen auf, bei hohen Streuungen um die Mittelwerte.

Die Reaktanzwerte (Xc) aller drei Gruppen verändern sich im Vorher-Nachher-Vergleich nicht signifikant.

Die Werte des Phasenwinkels (Alpha) bei 50 kHz der linken und rechten Körperseite vermindern sich bei Gruppe G3 statistisch signifikant, bei G1 nur bei der linken, bei G2 auf keiner Seite.

Eine tabellarische Zusammenfassung der Werte der **Impedanzindices ( $L^2/R$ )** der Ganzkörpermessung für die Frequenzen 5, 50 und 100 kHz zeigt Tabelle V im Anhang.

Als Segmentlänge (L) findet die Körpergröße Anwendung, die sich zwischen den untersuchten Gruppen nicht statistisch signifikant unterscheidet. Deshalb entspricht die statistische Auswertung des Impedanzindex bei den drei Frequenzen 5, 50 und 100 kHz der des Widerstandes R wie oben ausgeführt. Eine Ausnahme bildet die als nicht statistisch signifikant ausgewiesene R-Wert-Zunahme bei 50 kHz der rechten Körperseite bei G1, während die Abnahmen des Impedanzindex und Fettfreier Masse bei den verwendeten Auswertungsformeln dann statistisch signifikant sind.

Der Impedanzindex ( $L^2/R$ ) ist direkt proportional zum leitenden Volumen und somit auch zur gemessenen Fettfreien Masse (FFM). Er liefert die Hauptkomponente der BIA-Auswertungsformeln, was an der Größenordnung der Werte gut zu sehen ist, bei einem Vergleich mit den Ergebnissen aus den Auswertungsformeln in Tab. 8 S. 56.

Veränderungen dieses Indexes hängen direkt zusammen mit segmentalen Veränderungen der Flüssigkeitsräume wie Seite 64 ausgeführt.

### 3.1.4 Differenzierung des Körpergewichtes in Fettfreie Masse (FFM) und Fettmasse (TBF) im Methodenvergleich

Die in Kapitel 2.5 (S. 46) beschriebenen Auswertungsformeln BIA (Nutri4- und Segal-Formel) und Hautfalten (4HFD)-Formel nach Durnin und Womersley werden verwendet um das Körpergewicht in Fettfreie Masse (FFM) und Fettmasse (TBF) aufzuschlüsseln.

In die BIA-Formeln gehen neben den BIA-Rohdaten der rechten Körperseite der verschiedenen Frequenzen, dem Körpergewicht und dem Geschlecht noch Alter und Körpergröße ein. Die 4HFD-Formel verarbeitet neben den vier Hautfalten das Geschlecht, das Alter und das Körpergewicht.

Während sich die drei Gruppen in der Körpergröße nicht signifikant voneinander unterscheiden, ist dies im Alter zwischen G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) der Fall, nicht zwischen G1 und G2 (KPE).

#### 3.1.4.1 Fettfreie Masse (FFM) und Fettmasse (TBF) vor und nach den Therapien

Tab. 8 Differenzierung des Körpergewichtes in Fettfreie Masse (FFM) und Fettmasse (TBF) mit Hilfe von BIA (Nutri4- und Segal-Formel) und Hautfalten (4HFD) - Formel vor (M1) und nach (M7) den Therapien (mean ± sd)

		BIA (Nutri4)		BIA (Segal)		4HFD-Formel	
		FFM [kg]	TBF [kg]	FFM [kg]	TBF [kg]	FFM [kg]	TBF [kg]
<b>G1</b>	M1	50,6 ± 5,0	42,0 ± 14,3	49,8 ± 6,2	42,8 ± 11,9	52,8 ± 8,9	39,8 ± 9,3
	M7	48,5 ± 4,5	39,1 ± 14,0	48,1 ± 6,0	39,6 ± 11,5	51,0 ± 8,7	36,6 ± 9,0
<b>G2</b>	M1	55,8 ± 6,3	50,0 ± 15,1	55,3 ± 7,6	50,5 ± 11,0	58,6 ± 9,7	47,2 ± 9,1
	M7	54,9 ± 5,2	47,7 ± 14,8	54,3 ± 7,2	48,3 ± 10,7	57,9 ± 9,8	44,7 ± 8,3
<b>G3</b>	M1	50,5 ± 3,7	34,0 ± 7,3	47,2 ± 4,3	37,3 ± 6,2	48,2 ± 4,7	36,2 ± 5,5
	M7	48,8 ± 3,6	31,4 ± 7,0	45,6 ± 4,3	34,6 ± 6,0	46,8 ± 4,6	33,4 ± 5,5

Alle drei Methoden weisen im Paarvergleich der Gruppen G2 und G3 die Höhe der Werte für die Fettfreie Masse (FFM) und die Fettmasse (TBF) für die Ausgangs- und die Endmessung jeweils als statistisch signifikant unterschiedlich aus.

Der Vergleich zwischen G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) zeigt dagegen vor, während und nach den Therapien weder bei den FFM-Werten noch bei den TBF-Werten statistisch signifikante Unterschiede bei den drei Auswertungsformeln.

Zwischen G1 (KPE und Fasten) und G2 (KPE) ergeben sich im Paarvergleich für die FFM-Werte statistisch signifikante Unterschiede der BIA-Auswertungen bei der Nutri4-Formel über alle Messungen, bei der Segal-Formel erst ab der dritten Verlaufsmessung. Die 4HFD-Formel weist vor und nach den Therapien keine statistisch signifikanten Unterschiede in den FFM-Werten aus.

Für die TBF-Werte zeigen die beiden BIA-Formeln über alle Messungen keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen mit lymphologischen Krankheitsbildern G1 und G2. Die 4HFD-Formel zeigt hingegen einen statistisch signifikanten Unterschied.

Wie in Abb. 9 oben verdeutlicht, liegen die durch die beiden BIA-Formeln errechneten absoluten FFM-Werte der Ausgangsmessung (M1) bei G1 und G2, den Gruppen mit lymphologischem Krankheitsbild, niedriger als der durch die 4HFD-Formel errechnete. Bei G3 liegt der durch die Nutri4-Formel errechnete FFM-Wert höher, der durch die Segal-Formel errechnete niedriger im Vergleich zum Wert aus der 4HFD-Formel. Die entsprechende Darstellung der TBF-Werte (Abb. 9 unten) zeigt die Situation spiegelbildlich. Auch am Ende der Behandlungen (M7) liegen die Verhältnisse so.

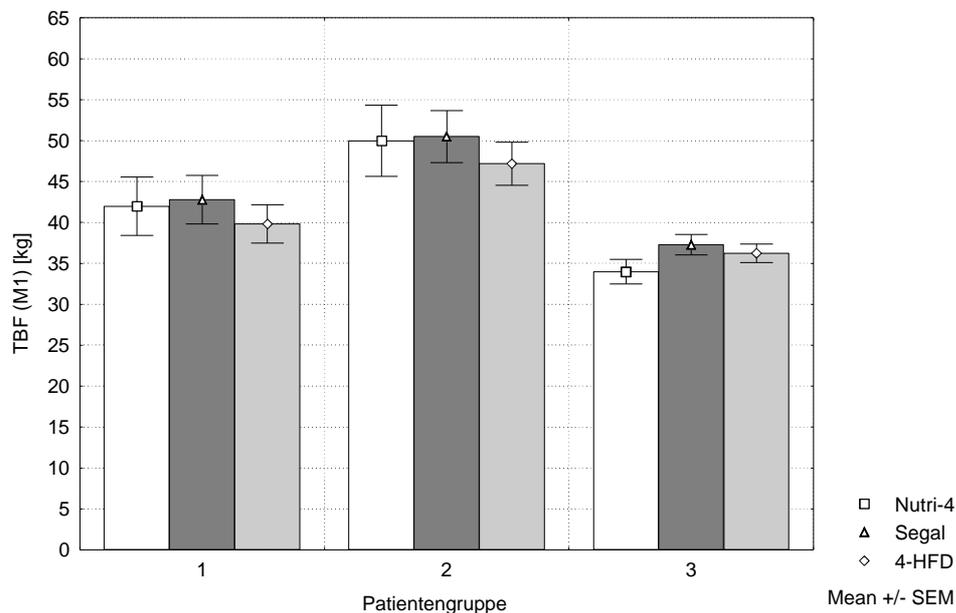
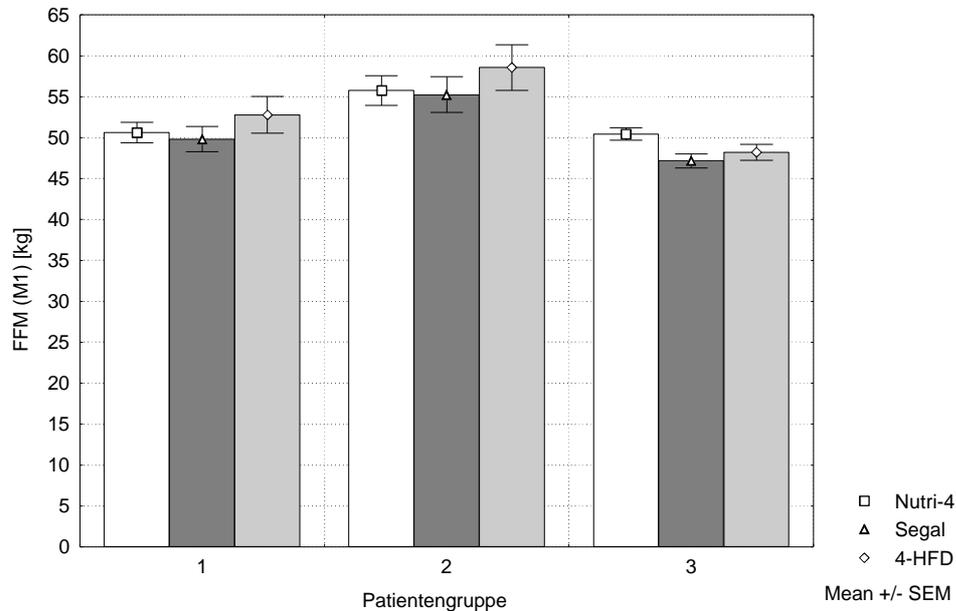


Abb. 9: Die Werte der FFM (oben) und der TBF (unten) der Ausgangsmessung (M1) durch die Nutri4-, die Segal- und die 4HFD-Formel ermittelt und gruppenweise nebeneinander dargestellt.

Die Untersuchung auf Korrelation im Vergleich der verschiedenen Formeln zeigt, dass FFM<sub>N</sub> und FFM<sub>4HFD</sub> in G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) signifikant über alle Messungen korrelieren, während dies bei G2 (KPE) zu keinem Messzeitpunkt der Fall ist.

FFM<sub>N</sub> und FFM<sub>S</sub> korrelieren in G1 und G3 signifikant über alle Messungen, in G2 nur bei Messung M3 und M6.

Dagegen korrelieren FFM<sub>4HFD</sub> und FFM<sub>S</sub> in allen drei Gruppen zu allen Messungen signifikant.

TBF<sub>N</sub> und TBF<sub>4HFD</sub> korrelieren signifikant ( $p < 0,001$ ) in allen drei Gruppen, ebenso TBF<sub>N</sub> und TBF<sub>S</sub> sowie TBF<sub>4HFD</sub> und TBF<sub>S</sub>.

Was auffällt, sind die großen individuellen Schwankungen der Ergebnisse aus den drei Methoden, die durch Darstellungen von Mittelwerten und Korrelationen oft egalisiert werden. Ein Methodenvergleich entsprechend der Vorgehensweise nach Bland und Altman [9] zeigt die systematischen Unterschiede deutlicher auf.

Tab. 9: Darstellung der durchschnittlichen Differenzen (bias  $\pm$  sd) der FFM-Ausgangs- (M1) und Endmessung (M7) nach Bland-Altman im paarweisen Vergleich der Methoden

FFM bias $\pm$ sd [kg]	Nutri-4 gegen 4HFD		Segal gegen 4HFD		Nutri-4 gegen Segal	
	M1	M7	M1	M7	M1	M7
<b>G1</b>	-2,17 $\pm$ 6,07	-2,17 $\pm$ 5,69	-2,96 $\pm$ 3,37	-2,98 $\pm$ 3,19	+0,79 $\pm$ 3,33	+0,82 $\pm$ 3,03
<b>G2</b>	-2,82 $\pm$ 7,87	-2,94 $\pm$ 7,47	-3,32 $\pm$ 3,12	-3,63 $\pm$ 3,09	+0,49 $\pm$ 5,08	+0,69 $\pm$ 4,78
<b>G3</b>	+2,29 $\pm$ 3,41	+2,01 $\pm$ 3,07	-1,05 $\pm$ 2,12	-1,19 $\pm$ 2,07	+3,31 $\pm$ 1,92	+3,21 $\pm$ 1,57

Die Tabelle 9 zeigt, dass die beiden Auswertungen über BIA (Nutri4) und 4HFD-Formel bezüglich ihrer Ergebnisse nicht vergleichbar sind. Die durchschnittlichen Differenzen pro Gruppe (bias oder systematischer Fehler) betragen bei G1 -2,17  $\pm$  6,07 kg, bei G2 -2,82  $\pm$  7,87 kg und bei G3 +2,29  $\pm$  3,41 kg bei hohen Standardabweichungen der beiden Lymphgruppen G1 und G2. Die Ergebnisse der Endmessung liegen mit Werten und Standardabweichungen von -2,17  $\pm$  5,69 kg bzw. -2,94  $\pm$  7,47 kg bzw. +2,01  $\pm$  3,07 kg in derselben Größenordnung.

Im Vergleich Segal- gegen 4 HFD-Formel liefert die 4HFD-Formel in allen drei Gruppen höhere FFM-Werte, das Vorzeichen des Bias ist negativ. G1 (KPE und Fasten) und G2 (KPE) liegen in der gleichen Größenordnung, Gruppe G3 (Fasten) weist einen kleineren Bias auf.

Der Vergleich der beiden BIA-Auswertungen Nutri4- gegen Segal-Formel zeigt die Bias der beiden Lymphgruppen G1 und G2 relativ klein bei sehr großen Standardabweichungen. Nutri4 liefert größere FFM-Werte als Segal, deshalb das positive Vorzeichen des Bias. Bei G3 (Fasten) weist Nutri4 wesentlich größere FFM-Werte aus als die Segal-Formel, die speziell für übergewichtige Frauen entwickelt wurde.

Über die Darstellung der durchschnittlichen Differenzen im Paarvergleich der drei Auswertungsmethoden zeigt sich, dass die Höhe der systematischen Fehler während der Therapien annähernd gleich bleiben. Allerdings ist die Höhe der Diskrepanz beträchtlich, deshalb sollten die Methoden (BIA-Nutri4, BIA-Segal und 4 HFD) nicht im Austausch gegeneinander verwendet werden um relative Veränderungen der Körperzusammensetzung bei den untersuchten Patientinnen während der Therapien aufzuzeigen.

### 3.1.4.2 Unterteilung der Körpergewichtsabnahme in FFM- und TBF-Abnahme

Obwohl die absoluten Werte der Fettfreien Masse (FFM) und der Fettmasse (TBF) in ihrer Höhe zwischen den einzelnen Methoden variieren, zeigen sie eine ähnliche Sensitivität gegenüber der FFM- und TBF-Abnahme im Therapieverlauf wie in Tab. 10 und Abb.10 S.60 ersichtlich. Bei allen drei untersuchten Gruppen liegt die durchschnittliche TBF-Abnahme höher als die durchschnittliche FFM-Abnahme, unabhängig von der verwendeten Auswertungsformel.

Tab. 10: Unterteilung der Gewichtsabnahme ( $\Delta$ KG) in FFM-Abnahme ( $\Delta$ FFM) und TBF-Abnahme ( $\Delta$ TBF) und Gegenüberstellung von BIA (Nutri4- und Segal-Formel) und 4-HFD-Formel (mean  $\pm$  sd; \* bezeichnet signifikante Unterschiede).

	BIA (Nutri4)		BIA (Segal)		4HFD-Formel	
	DFFM [kg]	DTBF [kg]	DFFM [kg]	DTBF [kg]	DFFM [kg]	DTBF [kg]
<b>G1</b>	-1,75 * $\pm$ 2,13	-3,21 * $\pm$ 1,57	-1,77 * $\pm$ 0,87	-3,19 * $\pm$ 0,89	-1,75 * $\pm$ 0,95	-3,21 * $\pm$ 1,42
<b>G2</b>	-0,81 $\pm$ 2,06	-2,35 * $\pm$ 1,55	-1,00 * $\pm$ 0,98	-2,15 * $\pm$ 1,23	-0,69 $\pm$ 0,96	-2,47 * $\pm$ 1,87
<b>G3</b>	-1,68 * $\pm$ 1,71	-2,55 * $\pm$ 1,48	-1,58 * $\pm$ 0,75	-2,65 * $\pm$ 0,80	-1,43 * $\pm$ 1,01	-2,80 * $\pm$ 0,95

FFM-BIA (Nutri4): In allen drei Gruppen kommt es im Therapieverlauf zu signifikanten Veränderungen. Im Vorher-Nachher-Vergleich werden die Abnahmen der FFM für G1 (KPE und Fasten) mit  $-1,75 \pm 2,13$  kg und für G3 (Fasten) mit  $-1,68 \pm 1,71$  kg als signifikant ausgewiesen, nicht für G2 (KPE) mit  $-0,81 \pm 2,06$  kg.

FFM-BIA (Segal): In allen drei Gruppen kommt es während der Therapien zu signifikanten Veränderungen. Die Abnahmen aus dem Vorher-Nachher-Vergleich werden mit  $-1,77 \pm 0,87$  kg (G1),  $-1,00 \pm 0,98$  kg (G2) und  $-1,58 \pm 0,75$  kg (G3) alle als statistisch signifikant ausgewiesen.

FFM-4HFD: Der Therapieverlauf weist für G1 und G3 signifikante Veränderungen aus, nicht für G2. Im Vorher-Nachher-Vergleich werden die Veränderungen von Gruppe G1 mit  $-1,75 \pm 0,95$  kg und Gruppe G3 mit  $-1,43 \pm 1,01$  kg als signifikant ausgewiesen.

Die großen Streuungen um die Mittelwerte fallen auf, die bedingt sind durch zwei Ergebnisse:

- Die Nutri4-Auswertung ergibt in G1 und G3 bei je einer Patientin eine FFM-Abnahme, die größer als die Körpergewichtsabnahme ist.
- In allen drei Auswertungsverfahren werden bei einzelnen Patienten aller drei Untersuchungsgruppen FFM-Zunahmen bei gleichzeitig vorliegender Körpergewichtsabnahme ausgewiesen. Diese Unstimmigkeiten wirken sich im Zweikompartimentmodell auf die Ergebnisse der Fettmasse (TBF) aus und bei der weiteren Unterteilung auch auf die Ergebnisse der Körperzellmasse (BCM) und der Extrazellulärmasse (ECM) sowie von Körperwasser (TBW), Intrazellulär- (ICW) und Extrazellulärwasser (ECW). Dies muss bei der Interpretation berücksichtigt werden.

Zur Fettmasse (TBF) liefern die beiden BIA-Auswertungen die gleichen statistischen Ergebnisse. In allen drei Gruppen kommt es während der Therapien zu signifikanten Veränderungen. Bei der Nutri4-Formel wird die Fettmasse (TBF) im Vorher-Nachher-Vergleich in allen drei Gruppen mit Abnahmen von  $-3,21 \pm 1,57$  kg (G1),  $-2,35 \pm 1,55$  kg (G2) und  $-2,56 \pm 1,48$  kg (G3) als statistisch signifikant ausgewiesen, ebenso bei der Segal-Formel mit  $-3,19 \pm 0,89$  kg (G1),  $-2,15 \pm 1,23$  kg (G2) und  $-2,65 \pm 0,80$  kg (G3).

Die Segal-Formel, die speziell für übergewichtige Frauen entwickelt wurde, weist für alle drei Untersuchungsgruppen für die TBF-Abnahme auffallend kleinere Streuungsmaße auf als die beiden anderen Methoden.

**TBF-4HFD-Formel:** Im Untersuchungsverlauf kommt es zu signifikanten Veränderungen, die im Vorher-Nachher-Vergleich bei allen drei Gruppen mit  $-3,21 \pm 1,42$  kg (G1),  $-2,47 \pm 1,87$  kg (G2) und  $-2,80 \pm 0,95$  kg (G3) bestätigt werden können.

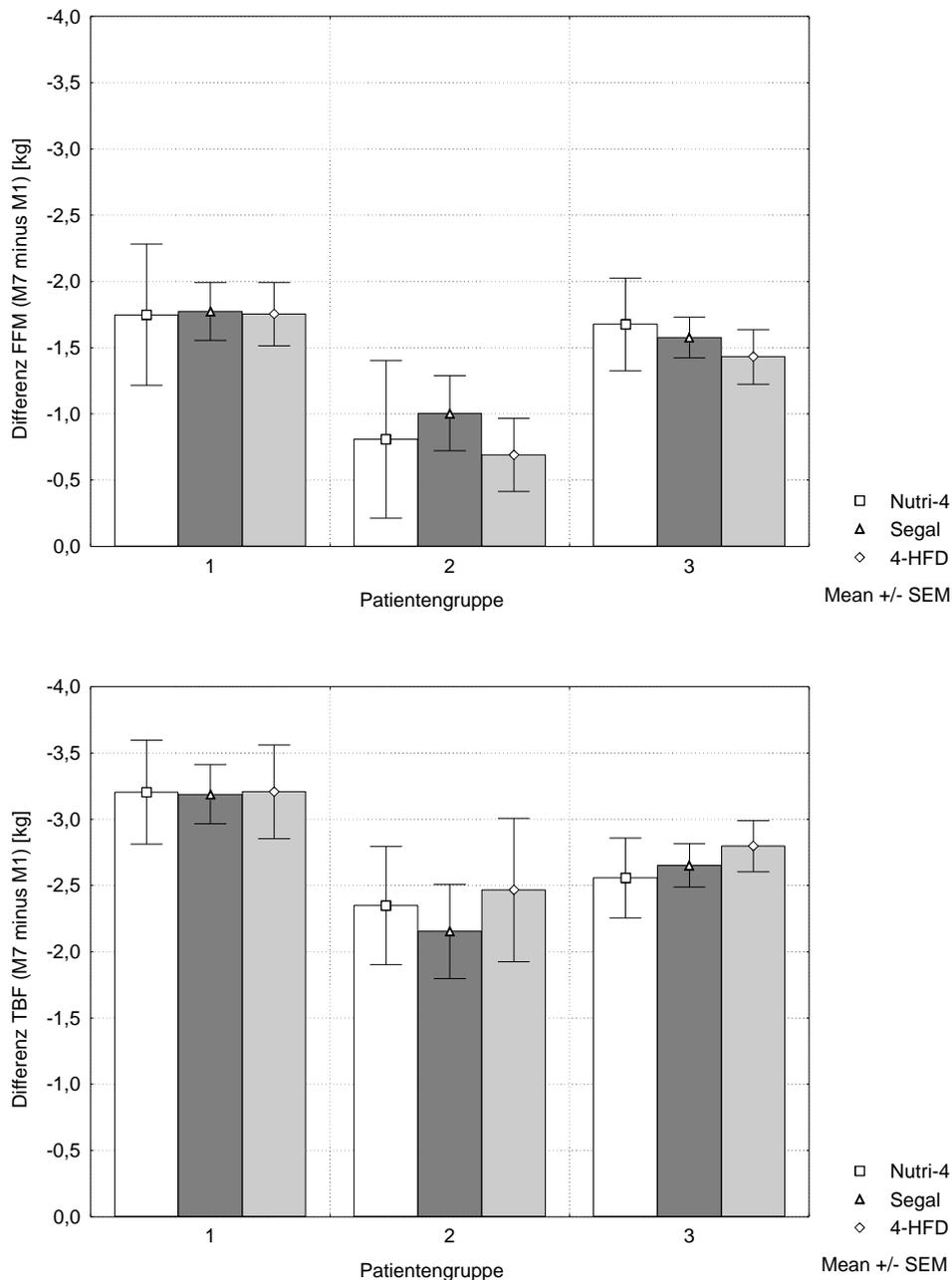


Abb. 10: FFM- (oben) und TBF-Veränderungen (unten) nach den drei verschiedenen Berechnungsmethoden

### 3.1.5 Weitere Differenzierung der BIA-Daten anhand der Auswertungssoftware Nutri4

Die weitere Bearbeitung der Daten erfolgt unter Vorbehalt im Hinblick auf die im vorigen Kapitel durch die BIA-Nutri4-Auswertungsformel erhaltenen Ergebnisse für FFM und TBF.

#### 3.1.5.1 Körperzellmasse (BCM) und Extrazellulärmasse (ECM)

Körperzellmasse (BCM) und Extrazellulärmasse (ECM) sind die beiden Teilkomponenten der Fettfreien Masse (FFM). Die Unterschiede der drei Gruppen im Körpergewicht (KG) werden in nachfolgender Abbildung durch entsprechend unterschiedlich große Kreise dargestellt.

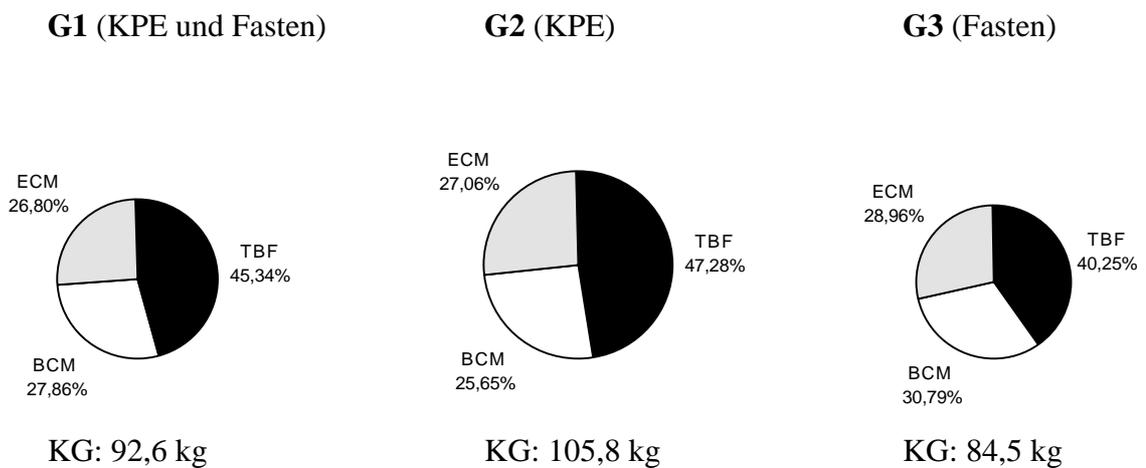


Abb.11: Graphische Darstellung der prozentualen Anteile von Körperzellmasse (BCM), Extrazellulär- (ECM) und Fettmasse (TBF) am Ausgangskörpergewicht

Wie in Tabelle VII im Anhang aufgeführt, korrelieren die Werte des Körpergewichtes (KG) und der Fettmasse (TBF) in allen drei Gruppen signifikant, KG und Körperzellmasse (BCM) in den Gruppen G2 und G3 über alle Messungen, in G1 nur in der Ausgangsmessung und KG und Extrazellulärmasse (ECM) nur in Gruppe G1, nicht in G2 und G3.

Tab.11: BCM und ECM-Absolutwerte sowie der ECM/BCM-Quotient in Ausgangs- (M1) und Endmessung (M7)

		BCM [kg]	ECM [kg]	ECM / BCM
<b>G1</b>	M1	25,80 ± 2,53	24,82 ± 2,73	0,96
	M7	24,33 ± 2,04	24,54 ± 2,95	1,00
<b>G2</b>	M1	27,13 ± 3,25	28,62 ± 4,33	1,05
	M7	26,85 ± 2,93	28,08 ± 4,07	1,04
<b>G3</b>	M1	26,00 ± 3,11	24,46 ± 2,28	0,94
	M7	24,63 ± 2,73	24,16 ± 2,26	0,98

Die BCM-Ausgangswerte (M1) innerhalb der drei Gruppen unterscheiden sich nicht statistisch signifikant, aber die Endwerte (M7). Im paarweisen Vergleich zeigt sich, dass die signifikanten Unterschiede am Ende der Behandlungen zwischen G1 und G2, den Gruppen mit lymphologischen Krankheitsbildern sowie zwischen G2 und G3 hierfür verantwortlich sind. Dagegen unterscheiden sich die Gruppen G1 und G3 zu keinem Messzeitpunkt statistisch signifikant.

Prozentual zur Fettfreien Masse (FFM) liegen die BCM-Ausgangswerte in vorliegender Studie für G1 bei  $51,00 \pm 1,58 \%$ , für G2 bei  $48,82 \pm 4,21 \%$  und für G3 bei  $51,45 \pm 3,93 \%$ .

Somit liegt der ECM / BCM-Quotient bei Gruppe G2  $> 1$  (Norm  $< 1$ ).

Zum Abschluss der Therapie (M7) zeigt sich bei G1 (KPE und Fasten) mit  $49,86 \pm 3,01 \%$  und bei G3 (Fasten) mit  $50,44 \pm 3,60 \%$  ein minimaler Abfall, dadurch vergrößert sich der ECM / BCM - Quotient. Der Wert bei G2 steigt dagegen leicht an mit  $49,01 \pm 4,24 \%$ .

Die ECM-Werte unterscheiden sich innerhalb der drei Gruppen zu allen Messzeitpunkten statistisch signifikant, bedingt durch die Unterschiede zwischen G1 (KPE und Fasten) und G2 (KPE) sowie G2 und G3. Die Gruppen G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) unterscheiden sich dagegen zu keiner Messung statistisch signifikant.

Tab.12: BCM-Abnahme ( $\Delta$ BCM) absolut [kg] und prozentual zum Ausgangswert (BCM1) (\* bezeichnet signifikante Unterschiede)

DBC [kg]	mean $\pm$ sd	sem	min	max	$\Delta$ BCM in % von BCM1
<b>G1</b>	-1,48 * $\pm$ 1,02	0,25	0,3	-3,8	-5,55
<b>G2</b>	-0,27 $\pm$ 0,89	0,26	1,5	-1,4	-0,82
<b>G3</b>	-1,38 * $\pm$ 1,06	0,22	1,5	-3,4	-5,11

Die durchschnittliche Abnahme an BCM ist in G1 (KPE und Fasten) mit  $-1,48 \pm 1,02$  kg und G3 (Fasten) mit  $-1,38 \pm 1,06$  kg statistisch signifikant. Der Wert von G2 (KPE) ist mit  $-0,27 \pm 0,89$  kg deutlich kleiner, bei hoher Standardabweichung.

Prozentual zum BCM-Ausgangswert verlieren die Patientinnen von G1  $-5,55 \pm 3,50 \%$  und G3  $-5,11 \pm 4,09 \%$  der Körperzellmasse, die von G2 lediglich  $-0,82 \pm 3,43 \%$

Tab.13: ECM-Abnahme ( $\Delta$ ECM) absolut

DEC [kg]	mean $\pm$ sd	sem	min	max
<b>G1</b>	-0,28 $\pm$ 1,89	0,47	+2,60	-4,80
<b>G2</b>	-0,54 $\pm$ 1,84	0,53	+2,20	-3,60
<b>G3</b>	-0,30 $\pm$ 1,41	0,29	+3,40	-3,20

Die Veränderungen der ECM im Untersuchungsverlauf werden in allen drei Gruppen als statistisch signifikant ausgewiesen, aber nicht im Vorher-Nachher-Vergleich, wie die Werte in Tabelle 13 zeigen. Die durchschnittlichen ECM-Abnahmen weisen sehr hohe Standardabweichungen und eine hohe Spannweite auf.

Die Differenzen der Fettfreien Masse (FFM) (Werte s. S. 59) sowie ihrer Komponenten ECM und BCM aus dem Vorher-Nachher-Vergleich werden in Abbildung 12 gruppenweise nebeneinander gestellt.

Zu sehen ist, dass in G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) der FFM-Verlust hauptsächlich aus BCM-Abnahme resultiert. Die durchschnittliche absolute ECM-Abnahme bei Gruppe G2 mit KPE ohne Fastentherapie liegt höher als bei den anderen beiden Gruppen und höher als ihre BCM-Abnahme.

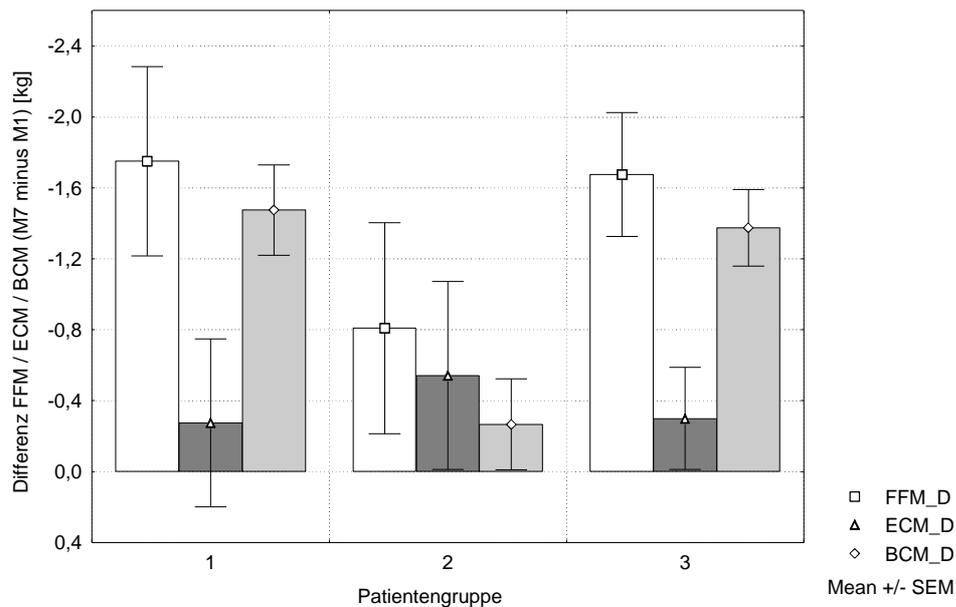


Abb. 12: Differenzen (M7 minus M1) der Fettfreien Masse ( $\Delta$ FFM), der Extrazellulärmasse ( $\Delta$ ECM) und der Körperzellmasse ( $\Delta$ BCM) [kg] der drei Gruppen

### 3.1.5.2 Gesamtkörper- (TBW), Extrazelluläres (ECW) und Intrazelluläres Wasser (ICW)

Die TBW-Ausgangswerte unterscheiden sich in den drei Gruppen bei G1 mit  $37,04 \pm 3,70$  kg, bei G2 mit  $40,82 \pm 4,61$  kg und bei G3 mit  $36,94 \pm 2,73$  kg und zu allen weiteren Messzeitpunkten statistisch signifikant. Dies kommt durch die signifikanten Unterschiede zwischen G1 und G2, den Gruppen mit lymphologischem Krankheitsbild, sowie G2 und G3 zustande. Die fastenden Gruppen G1 und G3 weisen keine signifikanten Unterschiede auf.

In allen drei Gruppen ist der prozentuale Wassergehalt bezogen auf das Körpergewicht klein. Der Ausgangswert liegt bei G2 (KPE) mit  $39,22 \pm 5,59$  % am niedrigsten, bei G3 (Fasten) mit  $44,01 \pm 3,30$  % am höchsten.

Nach der Behandlung liegt der prozentuale, nicht der absolute, Wassergehalt in allen drei Gruppen höher als vorher.

Tab. 14: Wassergehalt (TBW), extra- (ECW) und intrazelluläres (ICW) Wasser (mean  $\pm$  sd) vor und nach den Behandlungen sowie die prozentualen Anteile des TBW zum Körpergewicht, des ECW zum TBW und des ECW zum ICW, jeweils zur Ausgangs- (M1) und zur Endmessung (M7)

		<b>TBW</b> [kg]	TBW in % von KG	<b>ECW</b> [kg]	ECW in % von TBW	<b>ICW</b> [kg]	ECW / ICW [%]
<b>G1</b>	M1	$37,04 \pm 3,70$	40,78	$14,84 \pm 1,61$	40,07	$22,20 \pm 2,30$	66,97
	M7	$35,77 \pm 3,02$	41,69	$14,31 \pm 1,23$	40,03	$21,46 \pm 1,97$	66,85
<b>G2</b>	M1	$40,82 \pm 4,61$	39,22	$16,43 \pm 2,32$	40,18	$24,38 \pm 2,64$	67,41
	M7	$40,22 \pm 3,82$	39,89	$16,26 \pm 1,83$	40,40	$23,96 \pm 2,33$	67,97
<b>G3</b>	M1	$36,94 \pm 2,73$	44,01	$15,08 \pm 1,24$	40,81	$21,86 \pm 1,62$	69,00
	M7	$35,72 \pm 2,66$	44,80	$14,69 \pm 1,14$	41,12	$21,03 \pm 1,63$	69,89

Prozentual zum Gesamtkörperwasser liegt der extrazelluläre Wassergehalt (ECW) in G1 bei  $40,07 \pm 1,61$  %, in G2 bei  $40,18 \pm 2,25$  % und in G3 bei  $40,81 \pm 1,16$  %. Er ist relativ konstant in allen drei Gruppen und nach der Behandlung praktisch unverändert.

Die statistische Bearbeitung liefert die gleichen Verhältnisse wie beim TBW.

Das Verhältnis ECW / ICW in den Gruppen liegt bei 66,97 % (G1), 67,41 % (G2) und 69,00 % (G3).

Der Impedanzindex des Ganzkörpers (Werte s. Tab. VII Anhang) ist innerhalb der Auswertungsformeln der bestimmende Term. Dies zeigen die statistisch signifikanten Korrelationen von  $L^2/R5$  des Ganzkörpers mit dem ECW bei allen drei Gruppen mit  $p=0,000000$  und  $R>0,99$  über alle Messungen. Die Werte der Ganzkörpermessung für den Impedanzindex  $L^2/R50$  korrelieren mit denen der FFM-, der TBW-, und der ECW-Messung in allen drei Untersuchungsgruppen zu allen Messungen hochsignifikant mit Spearman-R-Werten von 0,90 und höher.

Die Veränderungen der ECW/ICW-Ratio korrelieren nur in G3 (Fasten) signifikant mit dem Reaktanz-Wert  $X_c$  50 kHz Ganzkörper.

Während bei den absoluten ICW-Ausgangswerten zwischen den Gruppen noch keine signifikanten Unterschiede vorliegen, ist dies bei den Folgemessungen der Fall. Die weitere statistische Auswertung liefert Verhältnisse wie bei TBW und ECW.

Wie in Abbildung 13 zu sehen, nimmt in allen drei Gruppen das intrazelluläre Wasser (ICW) mit  $-0,74 \pm 0,83$  kg (G1),  $-0,43 \pm 0,66$  kg (G2) und  $-0,83 \pm 0,49$  kg (G3) mehr ab als das extrazelluläre Wasser (ECW) mit  $-0,53 \pm 0,83$  kg (G1),  $-0,18 \pm 0,87$  kg (G2) und  $-0,39 \pm 0,80$  kg (G3) bei großen Streuungen um die Mittelwerte. Alle Ergebnisse mit Ausnahme der Abnahmen von TBW und ECW bei Gruppe G2 (KPE) sind statistisch signifikant.

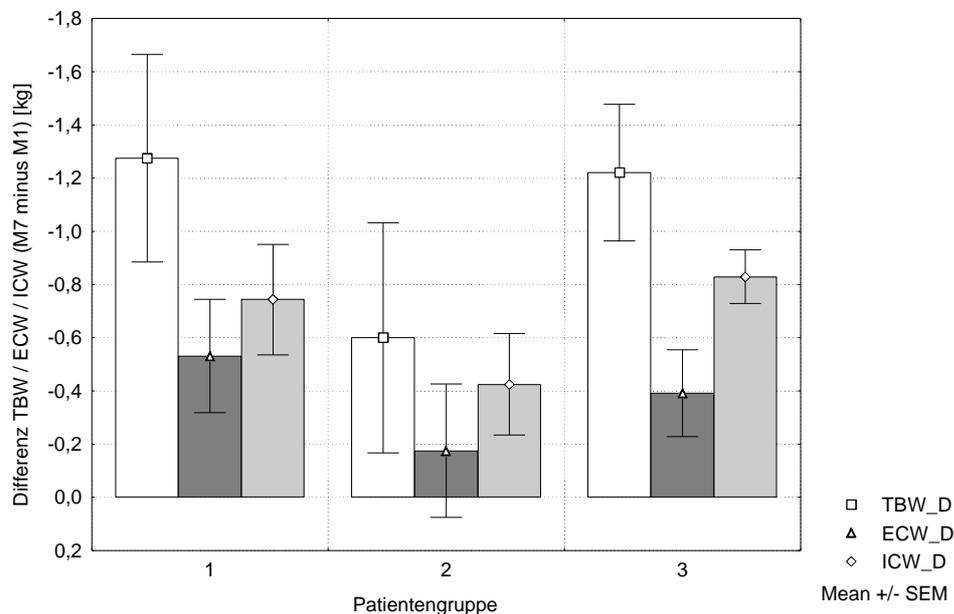


Abb 13.: Abnahme des Gesamtkörperwassers (TBW), des Extrazellulärwassers (ECW) und des Intrazellulärwassers (ICW) der drei untersuchten Gruppen

Die Abnahme des Intrazellulärwassers ( $\Delta$ ICW) korreliert statistisch signifikant in allen drei untersuchten Gruppen mit der Abnahme des Körpergewichtes ( $\Delta$ KG), die Abnahme des Extrazellulärwassers ( $\Delta$ ECW) in keiner.

Tab.15: Gesamtwasserverlust ( $\Delta$ TBW), extrazellulärer ( $\Delta$ ECW) und intrazellulärer ( $\Delta$ ICW) Wasserverlust [kg] (\* bezeichnet signifikante Unterschiede)

		mean $\pm$ sd	sem	min	max
DTBW [kg]	G1	-1,28 * $\pm$ 1,56	0,390	1,4	-3,8
	G2	-0,60 $\pm$ 1,50	0,433	1,7	-2,8
	G3	-1,22 * $\pm$ 1,26	0,256	1,2	-3,4
DECW [kg]	G1	-0,53 * $\pm$ 0,85	0,213	0,8	-2,3
	G2	-0,18 $\pm$ 0,87	0,251	1,1	-1,4
	G3	-0,39 * $\pm$ 0,80	0,163	1,1	-1,9
DICW [kg]	G1	-0,74 * $\pm$ 0,83	0,208	1,3	-2,3
	G2	-0,43 * $\pm$ 0,66	0,191	0,7	-1,4
	G3	-0,83 * $\pm$ 0,49	0,101	0,3	-1,5

### 3.1.6 Prozentualer Fettgehalt und Fettverteilungsmuster

Aus den durch BIA (Nutri4-), BIA (Segal-) und Hautfalten (4HFD-) Methode erhaltenen Ergebnissen (s. S. 56) wird der prozentuale Körperfettgehalt ermittelt.

Zur Beurteilung des Fettverteilungsmusters werden Taillen- und Hüftumfang sowie die zentralen Hautfalten Suprailiakaal- und Subskapularhautfalte gemessen.

Die peripheren Hautfalten Trizeps- und Bizepshautfalte sind S. 75 aufgeführt.

Es erfolgen jeweils tabellarische Darstellungen (Tab. 17 S. 67 und Tab. 18 S. 68) der Werte der Ausgangsmessung (M1) sowie der Differenz zwischen End- und Ausgangsmessung und des Wilcoxon-Tests auf Signifikanz (\*).

Tab. 16: Fettmasse (TBF) in Prozent des Körpergewichtes (mean  $\pm$  sd) vor und nach den Therapien nach BIA (Nutri4-), BIA (Segal-) und Hautfalten (4HFD-) Methode

		<b>BIA (Nutri4)</b> TBF [% von KG]	<b>BIA (Segal)</b> TBF [% von KG]	<b>4-HFD-Methode</b> TBF [% von KG]
<b>G1</b>	M1	44,3 $\pm$ 7,2	45,5 $\pm$ 4,6	42,8 $\pm$ 3,0
	M7	43,0 $\pm$ 7,4	44,5 $\pm$ 4,9	41,5 $\pm$ 3,4
<b>G2</b>	M1	46,4 $\pm$ 7,6	47,4 $\pm$ 2,5	44,5 $\pm$ 2,0
	M7	45,5 $\pm$ 7,6	46,8 $\pm$ 2,6	43,5 $\pm$ 1,6
<b>G3</b>	M1	39,9 $\pm$ 4,6	44,0 $\pm$ 3,1	42,8 $\pm$ 2,8
	M7	38,8 $\pm$ 4,6	43,0 $\pm$ 3,3	41,5 $\pm$ 3,2

Aus Tabelle 16 geht hervor, dass alle drei Untersuchungsgruppen einen deutlich erhöhten Körperfettanteil aufweisen, der bei Frauen definitionsgemäß ab 30 % TBF beginnt (s. S. 5). Anhand der BIA-Auswertungen (Nutri4 und Segal) sind die Patientinnen von G1 (KPE und Fasten) und G2 (KPE) nicht nur schwerer, sondern auch adipöser als die von Gruppe G3. Dagegen liegen nach der 4HFD-Formel die Gruppen G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) im prozentualen Fettgehalt annähernd gleich, während der Wert von Gruppe G2 höher ist.

Im Verlauf der Behandlungen nimmt der prozentuale Fettgehalt in allen drei Gruppen statistisch signifikant um durchschnittlich -1 % ab, unabhängig von der verwendeten Auswertungsformel. Dies weist auf den hohen Anteil an Fettgewebsabnahme an der Körpergewichtsreduktion hin, wie im vorherigen Kapitel ermittelt. Die Verhältnisse der Gruppen zueinander ändern sich nicht.

Mit einem Taillenumfang über 100 cm liegen alle drei Gruppen im Bereich des stark erhöhten kardiovaskulären Risikos. Die Gruppen unterscheiden sich im Taillenumfang vor und nach den Behandlungen nicht signifikant voneinander. Die durchschnittlichen Abnahmen werden bei allen drei Gruppen als statistisch signifikant ausgewiesen mit  $-3,06 \pm 2,99$  cm ( $p=0,0009$ ) bzw.  $-2,45 \pm 3,90$  cm ( $p=0,0341$ ) bzw.  $-3,34 \pm 2,69$  cm ( $p=0,0001$ ). Bei G2 (KPE) fällt sie am geringsten aus, obwohl der absolute Ausgangswert am größten ist.

Während sich die Hüftumfänge vor Behandlung (M1) in den drei Gruppen nicht signifikant voneinander unterscheiden, ist dies nach der Behandlung aufgrund der Unterschiede zwischen G2 (KPE) und G3 (Fasten) der Fall. Während sich die Werte von G1 und G2 sowie von G1 und G3 nicht signifikant unterscheiden.

Die durchschnittlichen Hüftumfangsabnahmen von  $-3,09 \pm 2,27$  cm bzw.  $-1,74 \pm 2,21$  cm bzw.

-3,35 ± 2,07 cm werden bei allen drei Gruppen als signifikant ausgewiesen, wobei G2 (KPE) wiederum eine deutlich geringere Abnahme aufweist.

Sowohl beim Taillen- als auch beim Hüftumfang weist Gruppe G1 die größte Spannweite auf. Der Taillenumfang korreliert mit der Fettmasse (TBF) in G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) signifikant über alle drei Messungen, in G2 (KPE) in keiner. Dagegen korreliert der Hüftumfang in allen drei Gruppen zu allen drei Messzeitpunkten signifikant mit dem TBF.

Tab. 17: Umfang Taille (UT) [cm] und Umfang Hüfte (UH) [cm]

			mean ± sd	sem	min	max
UT [cm]	G1	M1	101,23 ± 12,93	3,23	79,8	129,6
		D	<b>-3,06 * ± 2,99</b>	<b>0,75</b>	<b>+1,4</b>	<b>-11,0</b>
	G2	M1	110,48 ± 9,70	2,80	97,8	126,3
		D	<b>-2,45 * ± 3,90</b>	<b>1,13</b>	<b>+2,2</b>	<b>-11,7</b>
	G3	M1	103,14 ± 9,12	1,86	83,5	117,9
		D	<b>-3,34 * ± 2,69</b>	<b>0,55</b>	<b>+1,6</b>	<b>-7,5</b>
UH [cm]	G1	M1	118,06 ± 14,86	3,72	97,2	149,1
		D	<b>-3,09 * ± 2,27</b>	<b>0,57</b>	<b>+2,7</b>	<b>-7,1</b>
	G2	M1	123,43 ± 11,58	3,35	108,3	147,6
		D	<b>-1,74 * ± 2,21</b>	<b>0,64</b>	<b>+2,6</b>	<b>-6,3</b>
	G3	M1	115,00 ± 8,34	1,70	99,0	139,3
		D	<b>-3,35 * ± 2,07</b>	<b>0,42</b>	<b>-0,2</b>	<b>-10,0</b>

Das Verhältnis Taillen- zu Hüftumfang (WHR) wurde erhoben wie Seite 42 beschrieben. Mit Werten von 0,86 ± 0,05 (G1), 0,90 ± 0,08 (G2) und 0,90 ± 0,05 (G3) weisen alle drei Gruppen eine WHR >0,85 und damit eine abdominale Adipositas auf. Während sich die drei Gruppen im WHR-Ausgangswert nicht signifikant voneinander unterscheiden, ist dies am Ende der Behandlungen der Fall mit 0,85 ± 0,04 (G1), 0,89 ± 0,07 (G2) und 0,89 ± 0,03 (G3).

Der Paarvergleich zeigt, dass G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) sich in der WHR signifikant unterscheiden, bei nicht statistisch signifikant unterschiedlichem Körpergewicht. Während G3 ein androides Fettverteilungsmuster aufweist, geht das von G1 in Richtung gynoid.

Im Verlauf der Behandlungen kommt es innerhalb keiner der drei Gruppen zu signifikanten Veränderungen der WHR. Dagegen sind die absoluten Abnahmen der Einzelumfänge von Taille und Hüfte wie oben gezeigt in allen drei Gruppen statistisch signifikant.

Der WHR-Ausgangswert korreliert in keiner der drei Gruppen signifikant mit dem Alter oder dem Ausgangskörpergewicht.

Das Verhältnis Taillen- zu Oberschenkelumfang (WTR) wurde erhoben wie S. 42 beschrieben. Die Auswertung erfolgte mit den durchschnittlichen Oberschenkelumfängen des linken Beines. Obwohl mit einer krankheitsbedingten Asymmetrie der Beine in G1 und G2 zu rechnen ist, können die Differenzen im Therapieverlauf in der gleichen Größenordnung angenommen werden.

In der WTR unterscheiden sich die Gruppen zu Beginn der Behandlung mit  $1,52 \pm 0,16$  (G1),  $1,60 \pm 0,13$  (G2) und  $1,69 \pm 0,20$  (G3), am Ende mit  $1,55 \pm 0,18$  (G1),  $1,61 \pm 0,13$  (G2) und  $1,71 \pm 0,21$  (G3) nicht mehr. Somit verhält sich die WTR in der statistischen Auswertung gegensätzlich zur WHR. Die Unterschiede kommen durch die signifikant unterschiedlichen Werte von G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) zustande.

In G3 korreliert die WTR signifikant mit dem Alter (M1:  $p=0,00075$ ) vor und nach der Behandlung, nicht in den Gruppen mit lymphologischen Krankheitsbildern G1 und G2. Die WTR bleibt während der Behandlungen ebenfalls praktisch unverändert, auch bei den Gruppen mit Beinlymphödemen. Der Oberschenkelumfang als Einzelwert nimmt dagegen in allen drei Gruppen während der Behandlungen signifikant ab (s. S. 84).

Die suprailiakalen Hautfaltendicken aller drei Gruppen unterscheiden sich vor, während und nach der Behandlung signifikant voneinander. Im nachgeschalteten Paarvergleich konnte kein signifikanter Unterschied zwischen G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten), aber zwischen G1 und G2 (KPE) ausgewiesen werden.

Die Abnahme der Suprailiakalfalte ist für alle drei Gruppen signifikant, wobei der hohe Durchschnittswert von  $-4,4 \pm 4,5$  mm bei Gruppe G2 (KPE) auffällt. Aber G2 weist extreme Ausgangswerte auf, die deutlich höher liegen als die von G1 und G3.

Tab. 18: Hautfalte suprailiacal (HFSI) und Hautfalte subscapular HFSS [mm]

			mean $\pm$ sd	sem	min	max
HFSI [mm]	G1	M1	$32,1 \pm 6,0$	1,5	24	45
		D	<b><math>-3,4 * \pm 4,0</math></b>	<b>1,0</b>	<b>+4</b>	<b>-9</b>
	G2	M1	$40,1 \pm 9,0$	2,6	27	55
		D	<b><math>-4,4 * \pm 4,5</math></b>	<b>1,3</b>	<b>0</b>	<b>-17</b>
	G3	M1	$30,7 \pm 7,4$	1,5	14	42
		D	<b><math>-2,7 * \pm 3,8</math></b>	<b>0,8</b>	<b>+4</b>	<b>-11</b>
HFSS [mm]	G1	M1	$35,2 \pm 8,1$	2,0	22	53
		D	<b><math>-2,1 * \pm 3,8</math></b>	<b>0,9</b>	<b>+7</b>	<b>-8</b>
	G2	M1	$39,8 \pm 7,4$	2,1	28	52
		D	<b><math>-2,4 * \pm 3,3</math></b>	<b>0,9</b>	<b>+3</b>	<b>-7</b>
	G3	M1	$32,8 \pm 7,5$	1,5	20	47
		D	<b><math>-1,9 * \pm 3,1</math></b>	<b>0,6</b>	<b>+3</b>	<b>-8</b>

Die Werte der Subskapularhautfalte unterscheiden sich während der drei Messzeitpunkte in keiner der drei Gruppen. Die Abnahmen der Subskapularfalte während der Behandlung wird in allen drei Gruppen als signifikant ausgewiesen. In allen drei Gruppen kommen Extremwerte  $> 45$  mm vor, G2 weist die höchsten Werte auf.

Die Suprailiakalfalte und die Subskapularfalte korrelieren in keiner Gruppe weder vor, während noch nach der Therapie signifikant miteinander.

Aus der Höhe der waist to hip (WHR)- und waist to thigh (WTR) ratio geht hervor, dass Gruppe G3 ein eher androides Fettverteilungsmuster aufweist. Im Therapieverlauf zeigen die Verhältnisse WHR und WTR in keiner Gruppe statistisch signifikante Veränderungen. Die zentralen Umfänge und Hautfalten nehmen in allen drei Gruppen signifikant ab, auch in Gruppe G2, die mit einer KPE behandelt und mit vollwertiger Kost von ca. 1700 Kilokalorien ernährt wird.

### 3.1.7 Untersuchung des Körpergewichtes auf Korrelation mit verschiedenen Parametern

Eine Auswahl an Werten, die mittels Impedanzmessung und Auswertung mit der Nutri4-Formel sowie durch anthropometrische Erhebungen erhalten wurden, wird im Gruppenvergleich ausgewertet. Die tabellarische Aufstellung findet sich im Anhang (Tab. VII).

Die Korrelationen des Körpergewichtes mit dem Arm- und dem Beinvolumen sind in den entsprechenden Kapiteln dargestellt.

Bei allen drei Gruppen korreliert das Körpergewicht signifikant über die drei ausgewerteten Messzeitpunkte mit den Parametern Körperfettgehalt (TBF), Hüftumfang (UH) und Intra-zellulärwasser (ICW). Dagegen besteht keine signifikante Korrelation zum Alter.

Weder die R50-Werte der linken noch die der rechten Körperseite korrelieren statistisch signifikant mit dem Körpergewicht in den drei untersuchten Gruppen zu den Messzeitpunkten.

Die beiden Patientengruppen mit lymphologischen Krankheitsbildern G1 und G2 zeigen im Gegensatz zur reinen Fastengruppe G3 signifikante Korrelation des Körpergewichtes mit dem Oberschenkelumfang (UOS) und keine Korrelation mit der Suprailiakalfalte (SIHF).

Der Wert des Extrazellulärwassers (ECW) korreliert in keiner Messung der Gruppen G1 und G2 und in G3 auch nur in der ersten Messung signifikant mit dem Körpergewicht.

Das Körpergewicht von G1 (KPE und Fasten) korreliert nur in der Ausgangsmessung signifikant mit der Körperzellmasse (BCM), im weiteren Untersuchungsverlauf nicht mehr. Die Extrazellulärmasse (ECM) korreliert in dieser Gruppe während aller drei Untersuchungszeitpunkte signifikant mit dem Körpergewicht, nicht so bei G2 und G3.

Während bei G2, die ausschließlich mit KPE behandelt wurde, die Trizepshautfalte (THF) über alle drei Messzeitpunkte positiv mit dem Körpergewicht korreliert, ist dies bei G1 nur in der Ausgangsmessung, bei G3 nur in der Endmessung der Fall.

Eher untypisch für eine Adipositas ist in dieser Gruppe die fehlende signifikante Korrelation des KG mit der Subskapularfalte (SSHF) und dem Hüftumfang (UT).

Bei G3 (Fasten) korreliert das Körpergewicht mit den zentralen Größen Suprailiakalfalte (SIHF), Subskapularfalte (SSHF), Taillenumfang (UT) und Hüftumfang (UH), nicht mit dem Oberschenkelumfang (UOS) und der Trizepshautfalte (THF), aber mit dem Oberarmumfang (UOA). Dies spricht für ein eher androides Fettverteilungsmuster, wie auch die Ergebnisse aus WHR und WTR (s. S. 67) zeigen.

Die beiden Fastengruppen G1 und G3 verhalten sich bzgl. der Korrelation des Körpergewichtes in folgenden Parametern gegensätzlich zu der mit KPE behandelten Gruppe G2. Sie korrelieren signifikant mit der Fettfreien Masse (FFM), dem Ganzkörperwasser (TBW), der Subskapularfalte (SSHF), dem Oberarmumfang (UOA), dem Taillenumfang (UT) und nicht signifikant mit der Körpergröße, allerdings auch schon vor der Therapie.

Generell gleichen sich G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) vor Therapiebeginn in vielen untersuchten Parametern eher als G1 und G2 (KPE), die beiden Untersuchungsgruppen mit Lymph- bzw. Lipolymphödemen der Beine.

Die Ergebnisse der Gruppe G2 weichen merklich von denen der Gruppen G1 und G3 ab.

### 3.1.8 Untersuchung ausgewählter Blutparameter

Für lymphologische Krankheitsbilder ist die Eiweißverteilung von Interesse, für die Beurteilung der Adipositas sind es die Stoffwechselfparameter. Da die Impedanz die elektrische Leitfähigkeit des Körpers beschreibt und viele Blutbestandteile Elektrolyte sind oder Ionenkonzentrationen im Körper repräsentieren, müssen Wechselwirkungen berücksichtigt werden.

Ein Vergleich der Seite 42 beschriebenen Routine-Laborparameter der Patienten der drei Untersuchungsgruppen vor und nach Therapie wird im folgenden tabellarisch zusammengefasst, jeweils mit Referenzbereich und ermitteltem Durchschnittswert mit Standardabweichung.

#### 3.1.8.1 Gesamteiweiß und Eiweißverteilung

Tab. 19: Gesamteiweiß und Eiweißverteilung im Serum im Gruppenvergleich vor und nach Therapie (\* bezeichnet signifikante Unterschiede)

<b>Gesamteiweiß und Eiweißverteilung</b> (Referenzbereich)	Messzeitpunkt	<b>G1</b> (KPE+Fasten) (n=16)	<b>G2</b> (KPE) (n=11)	<b>G3</b> (Fasten) (n=24)
<b>Gesamteiweiß</b> [g/dl] (6,6 - 8,7)	vorher	7,38 ± 0,74	7,04 ± 0,88	7,28 ± 0,34
	nachher	7,36 ± 0,42	6,88 ± 0,96	7,29 ± 0,44
	<b>D</b>	<b>-0,026 ± 0,475</b>	<b>-0,153 ± 0,510</b>	<b>+0,009 ± 0,431</b>
<b>Albumin</b> [g/dl] (4,15 - 5,17)	vorher	4,54 ± 0,37	4,28 ± 0,51	4,50 ± 0,24
	nachher	4,63 ± 0,30	4,28 ± 0,62	4,61 ± 0,40
	<b>D</b>	<b>+0,088 ± 0,300</b>	<b>+0,014 ± 0,342</b>	<b>+0,112 ± 0,301</b>
<b>Alpha-1-Globulin</b> [g/dl] (0,12 - 0,42)	vorher	0,22 ± 0,04	0,22 ± 0,03	0,23 ± 0,04
	nachher	0,23 ± 0,04	0,21 ± 0,03	0,23 ± 0,04
	<b>D</b>	<b>+0,007 ± 0,029</b>	<b>-0,010 ± 0,024</b>	<b>-0,001 ± 0,047</b>
<b>Alpha-2-Globulin</b> [g/dl] (0,44 - 0,83)	vorher	0,58 ± 0,12	0,60 ± 0,05	0,61 ± 0,16
	nachher	0,53 ± 0,11	0,58 ± 0,10	0,55 ± 0,13
	<b>D</b>	<b>-0,049 ± 0,081 *</b>	<b>-0,021 ± 0,071</b>	<b>-0,062 ± 0,108 *</b>
<b>Beta-Globulin</b> [g/dl] (0,59 - 0,83)	vorher	0,85 ± 0,13	0,82 ± 0,14	0,80 ± 0,10
	nachher	0,79 ± 0,10	0,77 ± 0,14	0,75 ± 0,10
	<b>D</b>	<b>-0,058 ± 0,067 *</b>	<b>-0,048 ± 0,065</b>	<b>-0,050 ± 0,079 *</b>
<b>Gamma-Globulin</b> [g/dl] (0,86 - 1,50)	vorher	1,19 ± 0,42	1,10 ± 0,33	1,14 ± 0,26
	nachher	1,18 ± 0,30	1,05 ± 0,32	1,15 ± 0,26
	<b>D</b>	<b>-0,012 ± 0,142</b>	<b>-0,086 ± 0,114 *</b>	<b>+0,007 ± 0,095</b>

Gesamteiweiß und die Parameter der Eiweißverteilung Albumin, Alpha-1-Globulin, Alpha-2-Globulin, Beta-Globulin und Gamma-Globulin weisen weder zu Beginn noch am Ende der Untersuchung statistisch signifikante Unterschiede zwischen den drei untersuchten Gruppen auf. Innerhalb der Gruppen gibt es während der Behandlung keine signifikanten Veränderungen bei Gesamteiweiß, Albumin und Alpha-1-Globulin.

Hingegen nehmen Alpha-2-Globulin und Beta-Globulin bei G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) im Vorher-Nachher-Vergleich signifikant ab.

Beta-Globulin liegt mit  $0,85 \pm 0,13$  g/dl zu Beginn der Behandlung in G1 über dem Normbereich, nach der Therapie in allen drei Gruppen im oberen Normbereich.  
Der Gamma-Globulinwert sinkt bei G2 (KPE) während der Therapie signifikant.

### 3.1.8.2 Elektrolyte und andere Parameter

Tab. 20: Natrium und Kalium im Gruppenvergleich vor und nach der Therapie  
(\* bezeichnet signifikante Unterschiede)

Elektrolyte (Referenzbereich)	Mess- zeitpunkt	G1 (KPE+Fasten) (n=16)	G2 (KPE) (n=11)	G3 (Fasten) (n=24)
<b>Natrium</b> [mmol/l] (135 - 150)	vorher	140,7 ± 1,81	140,1 ± 3,03	140,9 ± 2,19
	nachher	139,6 ± 2,22	140,5 ± 2,66	141,3 ± 2,31
	D	<b>-1,13 ± 1,89 *</b>	<b>+0,18 ± 3,46</b>	<b>+0,38 ± 2,57</b>
<b>Kalium</b> [mmol/l] (3,6 - 5,0)	vorher	4,43 ± 0,40	4,22 ± 0,34	4,50 ± 0,32
	nachher	4,22 ± 0,35	4,21 ± 0,45	4,53 ± 0,38
	D	<b>-0,21 ± 0,29 *</b>	<b>-0,05 ± 0,34</b>	<b>+0,02 ± 0,39</b>

Zwischen den Gruppen existieren weder vor noch nach den Behandlungen signifikante Unterschiede im Natriumwert. In G1 (KPE und Fasten) kommt es während der Therapie zu einem als signifikant ausgewiesenen Absinken des Natriumwertes innerhalb des Referenzbereiches. Nicht zu Beginn, aber am Ende der Messungen unterscheiden sich die Kaliumwerte zwischen den drei Gruppen signifikant. Wiederum in G1 kommt es zu einem statistisch signifikanten Absinken des Kaliumwertes ( $p < 0,0144$ ) innerhalb des Referenzbereiches.

Tab. 21: Leukozyten - Hämatokrit - Fibrinogen vor und nach der Therapie  
(\* bezeichnet signifikante Unterschiede)

weitere Parameter (Referenzbereich)	Mess- zeitpunkt	G1 (KPE+Fasten) (n=16)	G2 (KPE) (n=12)	G3 (Fasten) (n=24)
<b>Leukozyten</b> [tsd/ $\mu$ l] (4,0 - 11,0)	vorher	6,86 ± 1,37	6,98 ± 1,55	6,81 ± 1,18
	nachher	5,91 ± 1,40	6,32 ± 1,39	6,61 ± 1,66
	D	<b>-0,95 ± 0,79 *</b>	<b>-0,66 ± 0,97 *</b>	<b>-0,20 ± 1,63</b>
<b>Hämatokrit</b> [%] (37 - 47)	vorher	42,3 ± 2,98	41,0 ± 2,66	41,3 ± 3,70
	nachher	43,2 ± 3,17	40,7 ± 2,39	43,0 ± 3,50
	D	<b>+0,88 ± 1,54</b>	<b>-0,33 ± 1,72</b>	<b>+1,70 ± 1,30 *</b>
<b>Fibrinogen</b> [mg/dl] (180 - 350)		(n=14)	(n=11)	(n=22)
	vorher	311,57 ± 73,71	360,09 ± 83,54	330,77 ± 99,50
	nachher	299,64 ± 97,02	348,18 ± 50,43	301,68 ± 66,50
	D	<b>-11,93 ± 67,80</b>	<b>-11,91 ± 60,35</b>	<b>-29,09 ± 81,11</b>

In allen drei Gruppen geht die Leukozytenzahl während der Therapie zurück. In G1 (KPE und Fasten) und G2 (KPE) wird das Absinken als statistisch signifikant ausgewiesen.

Die Hämatokritwerte unterscheiden sich vor der Therapie nicht signifikant voneinander, aber nachher. In G3 (Fasten) kommt es zu einer statistisch signifikanten Erhöhung, in G1 (KPE und Fasten) zu einer Erhöhung und in G2 (KPE) zu einer nicht signifikanten Senkung.

Vor der Behandlung werden die Fibrinogenwerte im Vergleich der drei Gruppen als nicht signifikant unterschiedlich ausgewiesen, aber danach. In allen Gruppen liegen die Werte eher im oberen Referenzbereich (180-350 mg/dl), in G2 (KPE) liegt der Ausgangswert mit 360 mg/dl darüber. In jeder Gruppe nehmen die Fibrinogenwerte ab, allerdings nicht statistisch signifikant. Fibrinogen und Körpergewicht korrelieren in keiner Gruppe zu keinem Messzeitpunkt statistisch signifikant.

### 3.1.8.3 Stoffwechselfparameter

Bei der Betrachtung der Stoffwechselfparameter muss einschränkend bemerkt werden, dass im Rahmen der klinischen Versorgung eine Nachkontrolle nur bei Patienten mit initial hohen Werten durchgeführt wurde. Folglich ist die Fallzahl der untersuchten Patienten klein und die Ergebnisse sind mit Vorsicht zu interpretieren.

Tab. 22 Gesamtcholesterin - Triglyceride - Harnsäure vor und nach der Therapie  
(\* bezeichnet signifikante Unterschiede)

Stoffwechselparameter (Referenzbereich)	Messzeitpunkt	G1 (KPE+Fasten)	G2 (KPE)	G3 (Fasten)
<b>Cholesterin</b> [mg/dl] (120 - 200)		<b>n=8</b>	<b>n=7</b>	<b>n=11</b>
	vorher	233,6 ± 48,6	218,0 ± 35,4	274,2 ± 44,1
	nachher	181,6 ± 36,1	198,0 ± 39,1	217,8 ± 41,3
	D	<b>-52,0 ± 26,7 *</b>	<b>-20,0 ± 30,6</b>	<b>-56,4 ± 41,3 *</b>
<b>Triglyceride</b> [mg/dl] (bis 200)		<b>n=8</b>	<b>n=6</b>	<b>n=10</b>
	vorher	101,5 ± 36,0	216,8 ± 222,2	189,1 ± 48,2
	nachher	87,4 ± 23,0	142,3 ± 104,5	148,1 ± 38,8
	D	<b>-14,1 ± 38,7</b>	<b>-74,5 ± 188,3</b>	<b>-41,0 ± 24,6 *</b>
<b>Harnsäure</b> [mg/dl] (2,4 - 5,7)		<b>n=8</b>	<b>n=4</b>	<b>n=7</b>
	vorher	5,58 ± 0,81	6,53 ± 0,52	6,23 ± 1,03
	nachher	7,05 ± 1,50	6,28 ± 0,79	6,73 ± 2,15
	D	<b>+1,5 ± 0,80 *</b>	<b>-0,25 ± 0,74</b>	<b>+0,50 ± 2,76</b>

Im Vergleich der Gruppen unterscheiden sich die Cholesterinwerte (p=0,0378) vor Behandlung signifikant voneinander, nicht die Triglycerid- und Harnsäurewerte.

Der Cholesterinwert von G3 liegt mit 274,2 ± 44,1 mg/dl deutlich höher als in den Gruppen mit Beinlymphödemen G1 mit 233,6 ± 48,6 mg/dl und G2 mit 218,0 ± 35,4 mg/dl. Während der Behandlungen kommt es in allen drei Gruppen zu einem Absinken der Cholesterinwerte, die in G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) als statistisch signifikant ausgewiesen werden.

In allen drei Gruppen sinken die Triglyceridwerte während der Therapie, aber nur für G3 (Fasten) statistisch signifikant von 189,1 ± 48,2 auf 148,1 ± 38,8 mg/dl.

Während der Behandlung erhöhen sich die durchschnittlichen Harnsäurewerte der G1 (KPE und Fasten) statistisch signifikant und bei G3 (Fasten) nicht signifikant.

## 3.2 Ergebnisse der Extremitätenuntersuchungen

Alle drei Untersuchungsgruppen weisen gesunde Arme auf, die im Folgenden miteinander verglichen werden. Die gewonnenen Ergebnisse dienen als zusätzliche Interpretationshilfe für den sich anschließenden Vergleich der kranken Beine von G1 und G2 mit den gesunden Beinen von G3 bezüglich der Differenzierung von Adipositas und lymphödematösem Krankheitsbild.

### 3.2.1 Ergebnisse der Armmessungen

In Tabelle III im Anhang findet sich ein Überblick über die durchgeführten statistischen Auswertungen der Armmessungen.

#### 3.2.1.1 Armvolumina und deren Veränderungen

Das Armvolumen wurde anthropometrisch bestimmt wie S. 41 und S. 45 beschrieben. Die Armlängen unterscheiden sich in den drei Gruppen nicht statistisch signifikant voneinander ( $p=0,6736$ ).

Die Ausgangswerte (M1) der Armvolumina bei G1 mit  $3,38 \pm 0,70$  l, bei G2 mit  $3,75 \pm 0,90$  l und bei G3 mit  $2,96 \pm 0,40$  l sowie die Werte der Folgemessungen unterscheiden sich in allen drei Gruppen signifikant voneinander.

Im Paarvergleich weisen lediglich die Gruppen G2 und G3 einen signifikanten Unterschied auf. G1 (KPE und Fasten) und G2 (KPE) sowie G1 und G3 (Fasten) unterscheiden sich nicht signifikant im Armvolumen. Die Standardabweichungen sind bei G1 und G2 größer als bei G3.

Dies entspricht den statistischen Verhältnissen des Ausgangskörpergewichtes zwischen den drei Gruppen.

Der prozentuale Anteil des Armgewichtes am Ausgangskörpergewicht, errechnet aus dem ermittelten Armvolumen und einer durchschnittlichen spezifischen Dichte von Armen aus der Literatur [27], beträgt bei G1  $3,95 \pm 0,41$  %, bei G2  $3,84 \pm 0,69$  % und bei G3  $3,79 \pm 0,35$  %.

Tab. 23: Armvolumen (AVOL) vor (M1) und nach (M7) den Behandlungen und AVOL-Abnahme ( $\Delta$  AVOL) (\* bezeichnet signifikante Unterschiede)

AVOL [Liter]		mean $\pm$ sd	sem	min	max
G1	M1	$3,38 \pm 0,70$	0,18	2,46	5,06
	M7	$3,25 \pm 0,72$	0,18	2,33	5,06
	D	<b><math>-0,122 * \pm 0,15</math></b>	<b>0,04</b>	<b>0,10</b>	<b>-0,42</b>
G2	M1	$3,75 \pm 0,90$	0,26	2,69	5,45
	M7	$3,68 \pm 1,00$	0,29	2,58	5,77
	D	<b><math>-0,071 \pm 0,20</math></b>	<b>0,06</b>	<b>0,32</b>	<b>-0,37</b>
G3	M1	$2,96 \pm 0,40$	0,08	2,22	3,64
	M7	$2,84 \pm 0,39$	0,08	2,03	3,57
	D	<b><math>-0,117 * \pm 0,11</math></b>	<b>0,02</b>	<b>0,14</b>	<b>-0,33</b>

Abbildung 15 auf S. 81 zeigt die Armvolumina und deren Veränderungen für die drei Gruppen als Gegenüberstellung mit den entsprechenden Werten des Beines.

Im Verlauf der Behandlungen kommt es zu signifikanten Abnahmen des Armvolumens bei G1 (KPE und Fasten) von  $-0,122 \pm 0,15$  l und bei G3 (Fasten) von  $-0,117 \pm 0,11$  l, die sich für den Vorher-Nachher-Vergleich bestätigen lassen.

Bei G2 (KPE) sind die Abnahmen mit  $-0,071 \pm 0,20$  gering und nicht statistisch signifikant. Auffallend sind die großen individuellen Unterschiede, vereinzelt kommt es zu beachtlichen Zunahmen des Armvolumens (min  $+0,32$  l), aber auch zu hohen Abnahmen (max  $-0,37$  l).

Prozentual zum Ausgangsarmvolumen (M1) betragen die Abnahmen in den drei Gruppen bei G1  $-3,76 \pm 4,47$  %, bei G2  $-2,34 \pm 4,78$  % und bei G3  $-3,95 \pm 3,48$  %.

Die Armvolumenabnahme korreliert in keiner der untersuchten Gruppen mit der Körpergewichtsabnahme oder mit der Abnahme des Extrazellulärwassers (ECW) des Gesamtkörpers.

### 3.2.1.2 Oberarmumfang, Trizeps- und Bizepshautfalten und deren Veränderungen

Anhand der anthropometrischen Parameter können Aussagen getroffen werden über den Ernährungszustand bzw. das Ausmaß der Adipositas. Sie ergänzen die Werte von Seite 67. Es folgen jeweils tabellarische Darstellungen der Werte der Ausgangsmessung (M1), der Differenz zwischen End- und Ausgangsmessung ( $\Delta$ ) und des Wilcoxon-Tests auf Signifikanz (\*).

Tab. 24: Umfang Oberarm (UOA) [cm] (\* bezeichnet signifikante Unterschiede)

UOA [cm]		mean $\pm$ sd	sem	min	max
<b>G1</b>	M1	36,2 $\pm$ 5,20	1,30	30,0	46,7
	D	<b>-0,67 <math>\pm</math> 1,74</b>	<b>0,43</b>	<b>+1,8</b>	<b>-3,6</b>
<b>G2</b>	M1	37,3 $\pm$ 4,74	1,37	30,1	46,0
	D	<b>-0,62 <math>\pm</math> 1,43</b>	<b>0,41</b>	<b>+1,5</b>	<b>-2,8</b>
<b>G3</b>	M1	32,5 $\pm$ 2,63	0,54	28,5	40,2
	D	<b>-0,88 * <math>\pm</math> 1,43</b>	<b>0,29</b>	<b>+2,4</b>	<b>-4,2</b>

Die Ausgangswerte (M1) und die Endwerte der Oberarmumfänge unterscheiden sich in den drei Gruppen. Im nachgeschalteten Paarvergleich unterscheiden sich G2 und G3 sowie G1 und G3 zu allen Messzeitpunkten, nicht die Gruppen mit lymphödematösen Beinen G1 (KPE und Fasten) und G2 (KPE). Die Umfangsabnahme von G3 (Fasten) mit  $-0,88 \pm 1,43$  cm wird als statistisch signifikant ausgewiesen.

Oberarmumfang und Körpergewicht korrelieren in G1 und G3 zu allen drei ausgewerteten Messzeitpunkten, bei G2 lediglich bei der letzten Messung (Tab. VII Anhang).

Oberarmumfang und Körperfettgehalt (TBF) korrelieren in G1 bei allen drei Messungen, in G2 in keiner und in G3 nur in den beiden letzten Messungen.

Oberarmumfang und Fettfreie Masse (FFM) (Nutri4) korrelieren in G1 (KPE und Fasten) in der Verlaufs- (M3) und der Abschlussmessung, in G3 (Fasten) in der Anfangs- (M1) und der Verlaufs- (M3), bei G2 (KPE) liegt keine signifikante Korrelation vor.

Zur Erfassung des Armvolumens wurden auch die Umfangswerte von Ellenbogen und Handgelenk erhoben. Sie unterscheiden sich zwischen den Gruppen zu keinem Messzeitpunkt. Die Umfangsabnahmen des Ellenbogens werden bei G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten), die des Handgelenks bei G3 als statistisch signifikant ausgewiesen.

Wie aus Tabelle 25 hervorgeht, liegen die Werte der beiden beschriebenen Armhautfalten in allen drei Gruppen sehr hoch. Sie repräsentieren die subkutanen Fettvorkommen und bestätigen die ermittelten Werte der Fettmasse (TBF) von Seite 56.

Tab. 25: Trizeps-Hautfalte (THF) und Bizeps-Hautfalte (BHF) [mm]  
(\* bezeichnet signifikante Unterschiede)

			mean ± sd	sem	min	max
<b>THF</b> [mm]	<b>G1</b>	M1	34,7 ± 4,38	1,09	29	43
		D	<b>-2,8 * ± 4,61</b>	<b>1,15</b>	<b>3</b>	<b>-14</b>
	<b>G2</b>	M1	35,1 ± 6,89	1,99	21	46
		D	<b>-1,1 ± 1,93</b>	<b>0,56</b>	<b>1</b>	<b>-6</b>
	<b>G3</b>	M1	28,3 ± 5,50	1,12	20	42
		D	<b>-1,9 * ± 3,61</b>	<b>0,74</b>	<b>5</b>	<b>-8</b>
<b>BHF</b> [mm]	<b>G1</b>	M1	23,1 ± 4,46	1,12	16	29
		D	<b>-2,4 * ± 2,68</b>	<b>0,67</b>	<b>2</b>	<b>-7</b>
	<b>G2</b>	M1	24,3 ± 6,40	1,85	14	32
		D	<b>-1,4 ± 4,17</b>	<b>1,20</b>	<b>7</b>	<b>-6</b>
	<b>G3</b>	M1	21,3 ± 5,49	1,12	10	33
		D	<b>-3,4 * ± 2,81</b>	<b>0,57</b>	<b>2</b>	<b>-10</b>

Die Trizeps-Hautfalten (THF) unterscheiden sich zwischen den drei Gruppen vor, während und nach der Therapie signifikant. Die anschließenden Paarvergleiche zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen mit Beinlymphödemen G1 und G2, aber zwischen G2 und G3 sowie zwischen G1 und G3.

Dies entspricht den Verhältnissen beim Oberarmumfang (OAU).

Im Verlaufe der Behandlungen finden sich signifikante Abnahmen der THF bei G1 (KPE und Fasten) mit  $-2,8 \pm 4,61$  mm und G3 (Fasten) mit  $-1,9 \pm 3,61$  mm.

THF und Ganzkörperfettmasse (TBF) korrelieren in den Gruppen G1 und G2 vor und nach der Behandlung, in G3 nur nach der Behandlung.

Von der statistischen Auswertung her bietet die Bizeps-Hautfalte (BHF) ein identisches Bild wie die Trizeps-Hautfalte (THF). Für G1 (KPE und Fasten) mit  $-2,4 \pm 2,68$  mm und für G3 (Fasten) mit  $-3,4 \pm 2,81$  mm werden die Abnahmen als statistisch signifikant ausgewiesen.

Bezüglich der statistischen Auswertung der anthropometrischen Armparameter stimmen die Werte der beiden Gruppen mit lymphödematösen Beinen G1 und G2 eher überein als die Werte zwischen G1 und G3. Bei den Ganzkörpermessungen waren dagegen die Werte der Gruppen G1 und G3 stimmiger als der Paarvergleich zwischen G1 und G2.

### 3.2.1.3 BIA-Rohdaten und Impedanzindex der Arme

Die Werte der BIA-Rohdaten (Resistanz R und Reaktanz Xc) und des Impedanzindex der Arme dienen dem Abschätzen des leitfähigen Volumens und des Gewebezustandes und erlauben Seitenvergleiche.

Tab. 26: Resistanz (R)- und Reaktanzwerte (Xc) [Ω] bei den Frequenzen 5, 50, 100 kHz der Ausgangs (M1)- und Endmessung (M7) des linken und rechten Armes (mean ± sd), dem Vorher-Nachher-Vergleich (Δ) und des Wilcoxon-Tests auf Signifikanz (\*).

Arme	G 1 (KPE und Fasten)		G 2 (KPE)		G 3 (Fasten)	
	links	rechts	links	rechts	links	rechts
R5 / M1	307,3 ± 21,3	308,1 ± 25,0	295,4 ± 36,4	294,6 ± 32,3	302,1 ± 25,9	299,9 ± 25,9
R5 / M7	320,8 ± 27,8	321,7 ± 25,5	294,4 ± 29,1	295,6 ± 33,2	308,5 ± 31,2	308,0 ± 27,6
D	<b>+13,4* ± 16,0</b>	<b>+13,6* ± 17,0</b>	<b>-1,0 ± 19,3</b>	<b>+1,0 ± 15,6</b>	<b>+6,4 ± 20,9</b>	<b>+8,2* ± 19,2</b>
Xc5/M1	14,8 ± 6,9	13,7 ± 9,9	12,3 ± 5,3	17,6 ± 14,2	12,9 ± 8,0	13,5 ± 9,1
Xc5/M7	10,8 ± 6,0	13,8 ± 7,3	12,4 ± 7,3	13,3 ± 11,0	11,1 ± 6,3	14,0 ± 9,2
D	<b>-4,1 ± 5,5</b>	<b>+0,1 ± 8,7</b>	<b>+0,2 ± 6,5</b>	<b>-4,3 ± 9,4</b>	<b>-1,8 ± 9,0</b>	<b>+0,5 ± 12,0</b>
R50/M1	272,4 ± 21,8	269,2 ± 24,7	262,5 ± 30,3	262,2 ± 27,0	264,3 ± 24,3	260,0 ± 22,7
R50/M7	283,5 ± 26,9	281,5 ± 24,2	262,3 ± 26,2	261,8 ± 30,5	272,6 ± 27,2	269,7 ± 24,5
D	<b>+11,1* ± 11,4</b>	<b>+12,3* ± 12,3</b>	<b>-0,3 ± 17,0</b>	<b>-0,4 ± 12,5</b>	<b>+8,3* ± 15,7</b>	<b>+9,8* ± 14,1</b>
Xc50/M1	21,3 ± 3,1	22,4 ± 3,4	19,3 ± 3,3	20,8 ± 3,9	21,5 ± 4,2	21,9 ± 3,2
Xc50/M7	21,0 ± 2,9	22,7 ± 2,7	19,5 ± 3,8	20,0 ± 4,2	20,9 ± 3,4	22,0 ± 2,9
D	<b>-0,3 ± 2,1</b>	<b>+0,3 ± 2,2</b>	<b>-0,3 ± 2,3</b>	<b>-0,8 ± 1,7</b>	<b>-0,6 ± 2,6</b>	<b>+0,1 ± 2,5</b>
R100/M1	260,2 ± 21,4	257,1 ± 23,9	251,2 ± 28,7	250,5 ± 25,5	252,0 ± 23,5	247,8 ± 22,4
R100/M7	271,5 ± 26,3	269,3 ± 23,5	250,8 ± 24,9	250,1 ± 28,1	260,7 ± 26,5	257,6 ± 24,1
D	<b>+11,3* ± 10,9</b>	<b>+12,2* ± 11,9</b>	<b>-0,3 ± 16,1</b>	<b>-0,4 ± 11,4</b>	<b>+8,6* ± 15,1</b>	<b>+9,8* ± 13,2</b>
Xc100/M1	15,1 ± 3,2	16,3 ± 3,3	13,7 ± 2,5	14,9 ± 2,8	15,4 ± 3,6	15,7 ± 2,9
Xc100/M7	14,9 ± 3,1	15,9 ± 2,7	13,9 ± 3,1	14,2 ± 3,3	15,0 ± 2,9	15,7 ± 2,4
D	<b>-0,2 ± 1,9</b>	<b>-0,3 ± 1,6</b>	<b>+0,3 ± 2,7</b>	<b>-0,8 ± 1,5</b>	<b>-0,3 ± 2,1</b>	<b>0,0 ± 2,1</b>

Bei keiner der untersuchten R- und Xc-Werte bei den drei Frequenzen (5, 50, 100 kHz) konnten zu den fünf untersuchten Messzeitpunkte signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden. Die BIA-Rohdaten der beiden Arme unterscheiden sich innerhalb der drei Gruppen nicht statistisch signifikant voneinander.

Sowohl im Versuchsverlauf als auch im Vorher-Nachher-Vergleich kommt es bei G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) bei 5, 50 und 100 kHz zu signifikanten Zunahmen des Resistanz-wertes (Ausnahme: G3 bei 5 kHz links) und damit definitionsgemäß zu einer Abnahme des leitfähigen Gewebes.

Aufgeschlüsselt in die verschiedenen Fastenphasen (Abb. 8 S. 52 am Beispiel 50 kHz) wird deutlich, dass die Gesamtzunahmen der Resistanzwerte bei 5, 50 und 100 kHz durch Zunahmen während der Vorfasten- und Fastenphase zustande kommen. Für die Nachfastenphase werden bei allen drei Frequenzen leichte Abnahmen ausgewiesen.

Bei G2 (KPE) kommt es zu keiner signifikanten Veränderung der Armwiderstände, die Absolutwerte verändern sich praktisch nicht.

Die Reaktanz (Xc)-Werte bei 5 und 100 kHz des linken und des rechten Armes der drei Gruppen weisen keine signifikanten Veränderungen im Therapieverlauf auf.

Die Xc50 -Werte weisen beim rechten Arm für G3 und beim linken Arm für G1 während der Therapie signifikante Veränderungen aus, die sich im Vorher-Nachher-Vergleich nicht bestätigen lassen.

Die Werte des Phasenwinkels (Alpha) bei 50 kHz vermindern sich bei G1 beim linken und rechten Arm statistisch signifikant, bei G3 lediglich beim linken Arm (Tab. III Anhang).

Die Seitenvergleiche der beiden Arme innerhalb jeder Gruppe ergaben signifikante Korrelationen, sowohl bei den Resistanzwerten bei 5, 50 und 100 kHz, als auch bei den Reaktanzwerte (Xc) bei 50 und 100 kHz. Eine Ausnahme bilden die Xc5-Werte, die bei G3 erst bei der letzten Messung signifikant korrelieren, bei G1 und G2 nicht in der Ausgangs-, aber in allen Folge-messungen.

Wie in Tab. 6 S. 53 stellvertretend für die Frequenz 50 kHz dargestellt, macht der R-Wert des Armes links / rechts den Hauptanteil des Gesamt-Resistenz-Wertes aus bei G1 mit 48,1 / 47,4 %, bei G2 mit 51,0 / 49,7 % und bei G3 mit 47,1 / 46,6 %.

In Tabelle VI im Anhang findet sich eine Übersicht der Impedanzindices beider Arme der Ausgangsmessung sowie der Differenz der Endmessung absolut und prozentual zur Ausgangsmessung.

Die Ergebnisse der statistischen Auswertung des Impedanzindex  $L^2/R$  bei den Frequenzen 5, 50 und 100 kHz sind identisch mit denen der entsprechenden Resistanzwerten, d. h. die Veränderungen im Vorher-Nachher-Vergleich von G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) sind statistisch signifikant, die von G2 (KPE) nicht.

Das Verhältnis von nieder- und hochfrequenter BIA signalisiert die intra- und extrazelluläre Wasserverteilung, hier ausgedrückt über die prozentualen Veränderungen bei den verschiedenen Frequenzen.

Der Wert des Impedanzindex der Armmessung rechts verändert sich

- bei G1 (KPE und Fasten) bei 5 kHz um -4,10 %, bei 50 kHz um -4,33 % und bei 100 kHz um -4,49 %. Somit handelt es sich um eine Abnahme von intra- und extrazellulärem Wasser.
- Bei G2 (KPE) handelt es sich mit -0,14 bzw. +0,44 bzw. +0,43 % um eine nicht signifikante Zunahme,
- während G3 (Fasten) mit -2,43 bzw. -3,46 bzw. -3,67 % Abnahme intra- und extrazelluläres Wasser verliert.

Der Wert des Impedanzindex der Armmessung links verändert sich

- bei G1 (KPE und Fasten) bei 5 kHz um -3,96 %, bei 50 kHz um -3,74 % und bei 100 kHz um -3,97 %. Somit handelt es sich um eine Abnahme von intra- und extrazellulärem Wasser.
- Bei G2 (KPE) handelt es sich mit +0,31 bzw. +0,08 bzw. +0,20 % um eine nicht signifikante Zunahme,
- während G3 (Fasten) mit -1,69 bzw. -2,80 bzw. -3,05 % Abnahme intra- und extrazelluläres Wasser verliert.

Der Impedanzindex des Armes L<sup>2</sup>/R bei 50 kHz korreliert mit der FFM (Nutri4) der Ganzkörpermessung in Gruppe G1 während aller Messungen (p≤0,001), ebenso in G3 (p≤0,0001). Keine signifikante Korrelation wurde für Gruppe G2 gefunden.

Statistisch gleich verhalten sich die Gruppen bei der Untersuchung auf Korrelation von L<sup>2</sup>/R5 Arm mit ECW (Nutri4) und von L<sup>2</sup>/R100 Arm mit TBW (Nutri4).

Die graphische Darstellung in Abb. 14 erfolgt beispielhaft für die Impedanz-Index-Werte der Arme bei 50 kHz [cm<sup>2</sup> / O], die zugehörigen Zahlenwerte finden sich in Tab. VI im Anhang.

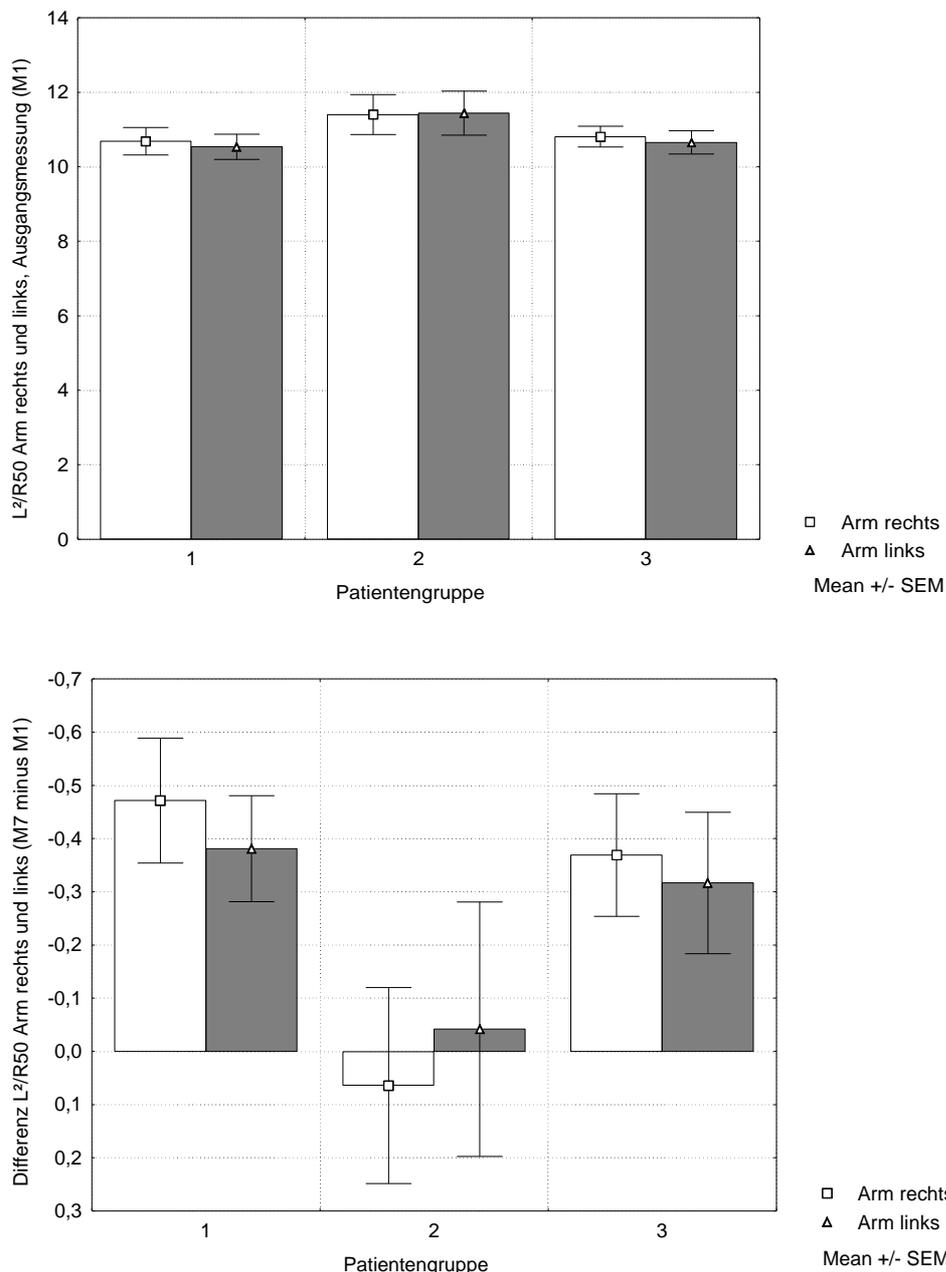


Abb. 14

oben: Impedanz-Index bei 50 kHz (L<sup>2</sup>/R50) [cm<sup>2</sup> / O] der Ausgangsmessung (M1) des rechten und linken Armes jeweils für die drei Gruppen

unten: Differenz (M7 minus M1) des Impedanz-Index bei 50 kHz (L<sup>2</sup>/R50) [cm<sup>2</sup> / O] des rechten und linken Armes jeweils für die drei Gruppen

Die Abb. 14 (oben) S. 78 zeigt deutlich, dass sich die Absolutwerte des Impedanz-Indexes bei 50 kHz [ $\text{cm}^2 / \text{O}$ ] der Ausgangsmessung (links / rechts) der beiden Arme innerhalb der Gruppen im Seitenvergleich nicht statistisch signifikant unterscheiden bei G1 mit 10,54 / 10,69, bei G2 mit 11,44 / 11,40 und bei G3 mit 10,66 / 10,81.

Über den Impedanzindex, der das leitfähige Volumen verkörpert, lässt sich somit bei keiner der drei Untersuchungsgruppen statistisch signifikant der rechte Arm als dominant zuordnen. Die Patientinnen gaben aber auf Anfrage alle den rechten Arm als dominant an.

Auch im Vorher-Nacher-Vergleich des Impedanz-Index bei 50 kHz [ $\text{cm}^2 / \text{O}$ ] (Abb. 14 unten S. 78) verhalten sich die beiden Arme der jeweiligen Gruppen im Seitenvergleich annähernd gleich mit Abnahmen links / rechts bei G1 von -0,38 / -0,47, bei G2 von -0,04 / +0,06 und bei G3 von -0,32 / -0,37.

Die Abnahme ist bei Gruppe G1 (KPE und Fasten) größer als bei G3 (Fasten) und bei beiden Gruppen beim rechten dominanten Arm jeweils größer als beim linken und jeweils statistisch signifikant. G2 (KPE) weist nicht statistisch signifikante Veränderungen des Impedanzindex, eine geringe Abnahme (links) und eine leichte Zunahme (rechts), auf.

Zusammenfassend resultiert die anthropometrisch ermittelte Armvolumenabnahme bei G1 und G3 aus einer durch BIA bestätigten Abnahme des leitfähigen Volumens und einer Abnahme des subkutanen Fettes (Hautfalten). Dies kann als Fastenwirkung interpretiert werden.

Gruppe G2 mit ausschließlicher KPE-Behandlung erfährt keine statistisch signifikante Veränderung während der Therapie.

### **3.2.1.4 Untersuchung des Armvolumens auf Korrelation mit verschiedenen Parametern**

Die tabellarische Aufstellung findet sich im Anhang (Tab. VIII).

Bei allen drei Gruppen korreliert das Armvolumen signifikant über alle drei Messungen mit dem Körpergewicht und dem Oberarmumfang, keine signifikante Korrelation liegt vor mit dem Alter, der Trizephshautfalte, der Resistanz (R) sowie der Reaktanz ( $X_c$ ) bei 50 kHz.

Das Armvolumen der beiden Gruppen mit Beinlymphödemen G1 und G2 korreliert im Gegensatz zum Armvolumen der Gruppe G3 (Fasten) nicht statistisch signifikant mit dem Extrazellulärwasser (ECW) der Ganzkörper (Nutri4)-Auswertung.

Bei den Fastengruppen G1 und G3 korrelieren die Armvolumina im Gegensatz zu Gruppe G2 signifikant mit der fettfreien Masse (FFM) und dem Körperwasser (TBW) der Ganzkörperauswertung sowie mit dem Beinvolumen.

Der Impedanzindex des Armes zur Abschätzung des leitfähigen Armvolumens  $L^2/R50$  links und rechts korreliert mit dem anthropometrischen Armvolumen signifikant bei den Gruppen G2 und G3. Für G1 liefert dagegen nur die Abschlussmessung des linken Armes ein signifikantes Ergebnis. Eine Korrelation mit der Armlänge besteht bei G1 im Gegensatz zu den beiden anderen Gruppen nicht.

Der TBF-Gehalt des Ganzkörpers (Nutri4) korreliert in Gruppe G1 über alle drei Messungen signifikant mit dem Armvolumen, nicht so bei G2, sowie bei G3 nur in der Abschlussmessung.

### 3.2.2 Ergebnisse der Beinmessungen

In Tabelle IV im Anhang findet sich ein Überblick über die durchgeführten statistischen Auswertungen der Beinmessungen.

#### 3.2.2.1 Beinvolumina und deren Veränderungen im Vergleich zu den Armvolumina

Das Beinvolumen wurde anthropometrisch bestimmt wie S. 41 und S. 45 beschrieben. Die Beinlängen unterscheiden sich in den drei Gruppen nicht statistisch signifikant voneinander ( $p=0,9625$ ).

Tab. 27: Beinvolumen (BVOL) vor (M1) und nach (M7) den Behandlungen und BVOL-Abnahme ( $\Delta$  BVOL) (\* bezeichnet signifikante Unterschiede)

BVOL [Liter]		mean $\pm$ sd	sem	min	max
<b>G1</b>	M1	14,96 $\pm$ 3,43	0,86	11,51	21,85
	M7	13,71 $\pm$ 3,06	0,76	10,32	19,77
	D	<b>-1,25 * <math>\pm</math> 0,79</b>	<b>0,20</b>	<b>0,08</b>	<b>-2,83</b>
<b>G2</b>	M1	16,99 $\pm$ 4,23	1,22	12,18	26,24
	M7	16,07 $\pm$ 3,94	1,14	11,36	24,08
	D	<b>-0,92 * <math>\pm</math> 0,93</b>	<b>0,27</b>	<b>0,64</b>	<b>-2,16</b>
<b>G3</b>	M1	11,94 $\pm$ 1,58	0,32	8,76	15,12
	M7	11,23 $\pm$ 1,50	0,31	8,17	14,91
	D	<b>-0,71 * <math>\pm</math> 0,58</b>	<b>0,18</b>	<b>0,18</b>	<b>-2,50</b>

Die Ausgangswerte mit 14,96  $\pm$  3,43 l bei G1 (KPE und Fasten), 16,99  $\pm$  4,23 l bei G2 (KPE) und 11,94  $\pm$  1,58 l bei G3 (Fasten) unterscheiden sich ebenso wie die Werte der Folgemessungen signifikant. Bei den kranken Beinen der Gruppen G1 und G2 ist die Streuung um die Mittelwerte wesentlich höher als bei den gesunden Beinen von G3.

Im Paarvergleich unterscheiden sich die Werte der beiden Gruppen mit lymphödematösen Beinen G1 und G2 nicht signifikant, aber die von G2 und G3 sowie die von G1 und G3.

Im Vergleich dazu unterscheiden sich G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) in der Ausgangsmessung des Körpergewichtes und des Armvolumens nicht signifikant.

Der prozentuale Anteil des Beingewichtes am Ausgangskörpergewicht, errechnet aus dem ermittelten Beinvolumen und einer durchschnittlichen spezifischen Dichte von Beinen aus der Literatur [27], beträgt bei G1 17,19  $\pm$  2,08 %, bei G2 16,99  $\pm$  1,98 % und bei G3 15,05  $\pm$  1,20 %.

Abbildung 15 auf S. 81 zeigt die anthropometrisch ermittelten Beinvolumina und deren Veränderungen im Vergleich mit den entsprechenden Werten der Arme.

Anthropometrisch ermittelte Arm- und Beinvolumina korrelieren in G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) über alle Messungen, in G2 (KPE) nur in einer Verlaufsmessung.

Armvolumen und Armlänge korrelieren in G2 und G3 signifikant in allen drei Messungen, bei G1 in keiner. Dagegen zeigen Beinvolumen und Beinlänge in keiner der drei Gruppen eine statistisch signifikante Korrelation (Tab. VIII und Tab. IX im Anhang).

Während Fettmasse (TBF) und Beinvolumen in allen drei Gruppen signifikant über alle Messungen korrelieren, ist dies zwischen TBF und Armvolumen bei G1 in allen Messungen, bei G3 nur in der letzten Messung und bei G2 in keiner Messung der Fall.

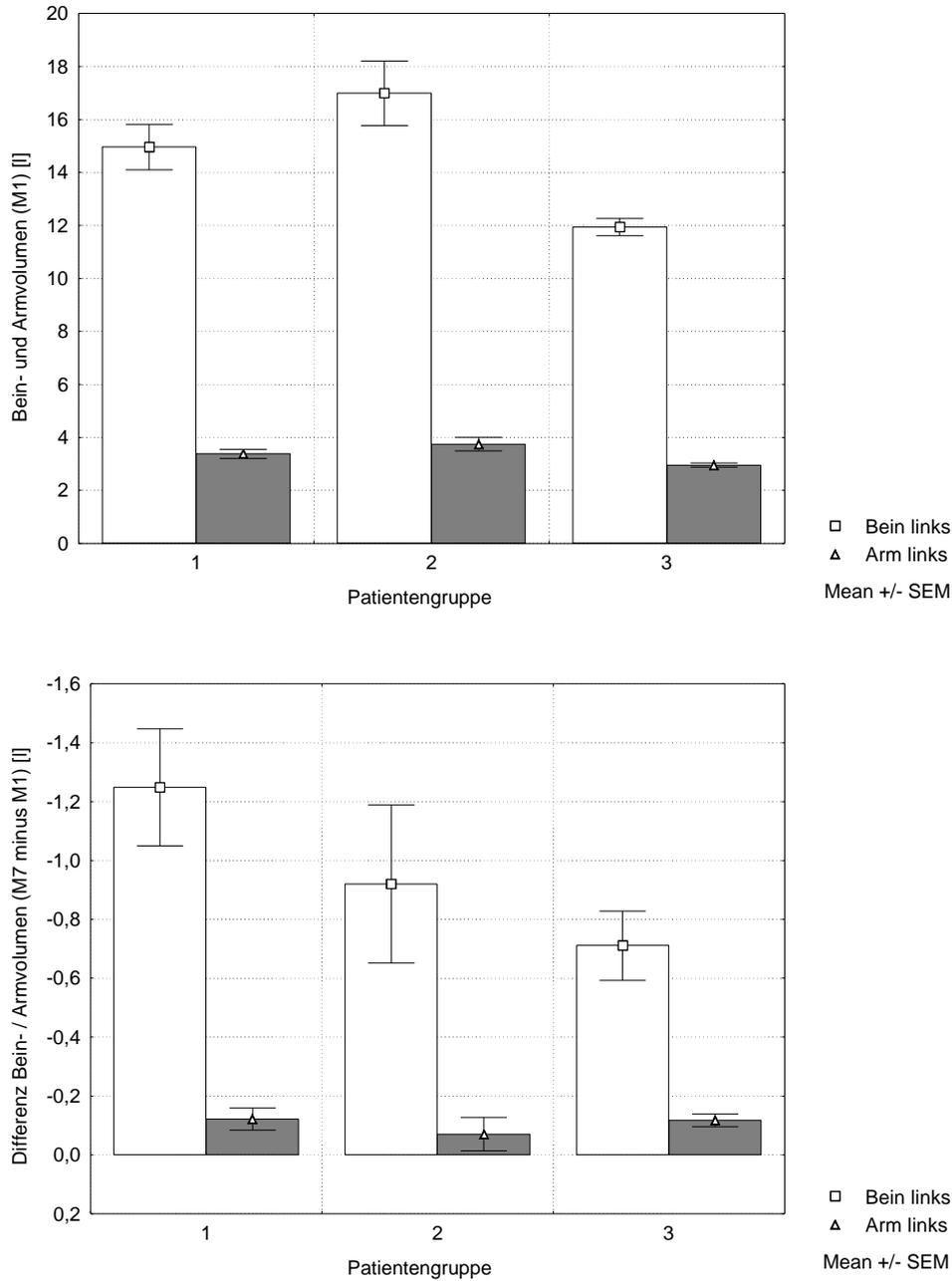


Abb. 15:

oben: Bein- und Armvolumen links der Ausgangsmessung (M1) jeweils für die drei Gruppen

unten: Differenz (M7 minus M1) je des Bein- und Armvolumens links für die drei Gruppen

Die Abnahmen des anthropometrisch ermittelten Beinvolumens werden trotz großer Streuungen um die Mittelwerte in allen drei Gruppen als statistisch signifikant ausgewiesen.

Wie Abb. 15 unten S. 81 zeigt, sind die Werte von G1 (KPE und Fasten) mit  $-1,25 \pm 0,79$  l und G2 (KPE) mit  $-0,92 \pm 0,93$  l größer als bei G3 (Fasten) mit  $-0,71 \pm 0,58$  l.

Somit weist Gruppe G1 mit der kombinierten Therapie von KPE und Fasten bei der anthropometrisch ermittelten absoluten Bein volumenabnahme einen größeren Therapieerfolg auf als Gruppe G2 mit alleiniger KPE-Therapie.

Prozentual zum Ausgangsbeinvolumen liegt die gemessene Abnahme bei G1 (KPE und Fasten) mit  $8,1 \pm 4,6$  % ebenfalls an erster Stelle, gefolgt von der fastenden Gruppe G3 mit den gesunden adipösen Beinen mit  $5,9 \pm 4,4$  %.

G2 (KPE) liegt mit  $5,3 \pm 5,2$  % Bein volumenabnahme hinter G3.

Wie bereits beschrieben, werden die durchschnittlichen Abnahmen des Armvolumens von G1 mit  $-0,122 \pm 0,15$  l und von G3 mit  $-0,117 \pm 0,11$  l als statistisch signifikant ausgewiesen, während die Differenzen des Armvolumens bei G2 mit  $-0,071 \pm 0,20$  l gering und nicht statistisch relevant sind. Prozentual zum Ausgangsarmvolumen liegt G3 mit  $-3,95 \pm 3,48$  % vor G1 mit  $-3,76 \pm 4,47$  %.

Die Abnahme des Bein volumens korreliert in keiner der untersuchten Gruppen signifikant mit der Körpergewichtsabnahme und auch nicht mit der Armvolumenabnahme.

Der Wert der durchschnittlichen Abnahme des Bein volumens ( $\Delta$  BVOL) von G2, der Gruppe mit Beinlymphödemen und ausschließlicher KPE-Behandlung, korreliert statistisch signifikant mit der Abnahme des Extrazellulärwassers ( $\Delta$  ECW) des Ganzkörpers, nicht so bei G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten).

### 3.2.2.2 Einzelne Beinumfangfänge, die Wadenhautfalte und deren Veränderungen

Die aus den Umfangswerten der Beine (Tab. 28 S. 84) gefertigten Skizzen in Abbildung 16 zeigen die unterschiedlichen Beinformen der Lymph- und Lipolymphödempatientinnen (G1 und G2) im Gegensatz zu denen der nur adipösen Patientinnen (G3). Deutlich werden die vergleichsweise großen Umfänge bei G2 (KPE) im Unterschenkelbereich bei gleicher Beinlänge, die sich entsprechend in den BIA-Werten auswirken müssen (Abb. 8 S. 52). Diese Art der Darstellung ist nicht geeignet um den Vorher-Nachher-Vergleich zu skizzieren.

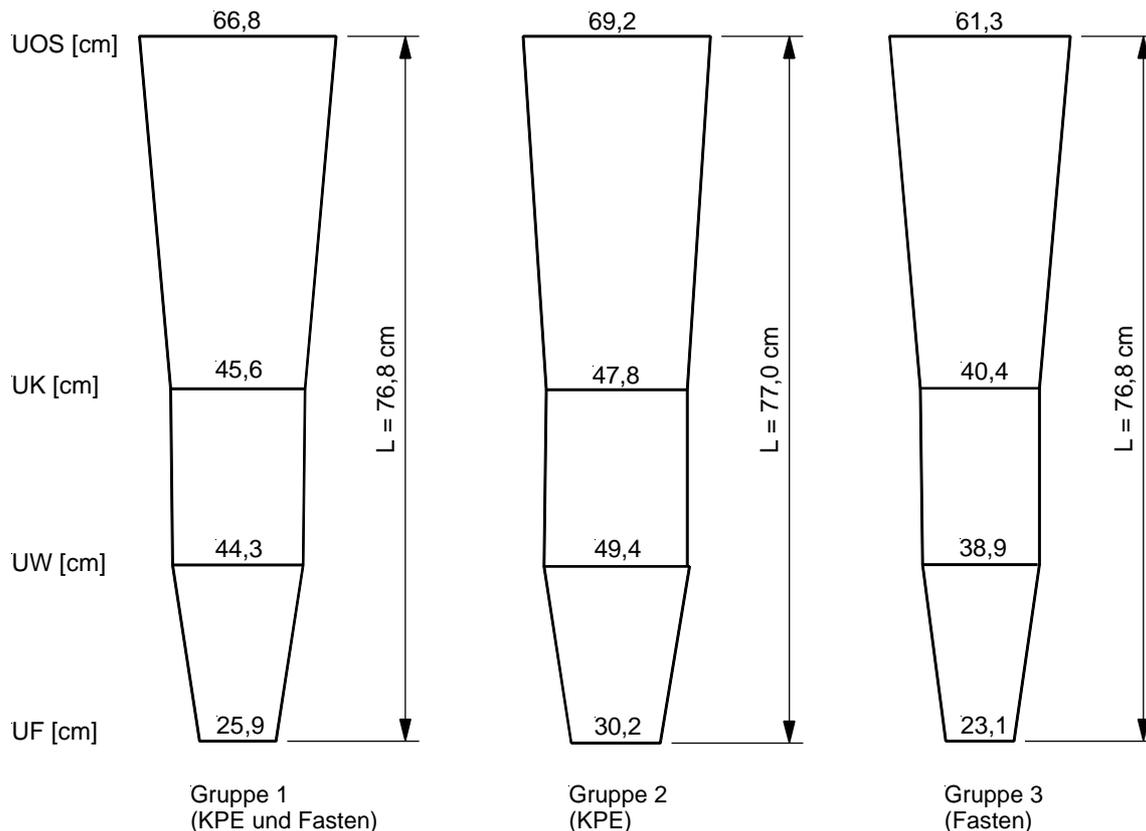


Abb. 16: Maßstäbliche Skizzen der mittleren Beinumfangfänge (links) vor Behandlung (M1) der drei untersuchten Gruppen

L: Beinlänge; UOS: Umfang Oberschenkel; UK: Umfang Knie;  
 UW: Umfang Wade; UF: Umfang Fessel.

Die Werte der Oberschenkelumfänge der drei Gruppen unterscheiden sich vor, während und nach der Behandlung signifikant voneinander. Der Paarvergleich zeigt, dass die Gruppen mit lymphödematösem Krankheitsbild G1 und G2, sich nicht signifikant unterscheiden, aber G2 und G3 sowie G1 und G3 jeweils in allen drei Messungen.

Die Gruppen G1 mit  $66,8 \pm 5,72$  cm und G2 mit  $69,2 \pm 7,32$  cm zeigen wesentlich höhere Ausgangswerte als die reine Fastengruppe G3 mit  $61,3 \pm 5,33$  cm.

Im Verlaufe der Behandlung kommt es in allen drei Gruppen zu signifikanten Abnahmen des Oberschenkelumfanges. Gruppe G1 (KPE und Fasten) weist mit  $-3,5$  cm  $\pm 1,93$  bzw.  $-5,2$  % vom Ausgangswert eine deutlich höhere Umfangsabnahme auf als G2 (KPE) mit  $-1,7 \pm 1,98$  cm bzw.  $-2,4$  %.

Signifikante Korrelationen des Oberschenkelumfangs mit dem Körpergewicht liegen in den Gruppen mit lymphologischem Krankheitsbild G1 und G2 in allen drei Messungen vor, in Gruppe G3 in keiner. Weitere signifikante Korrelationen kommen mit der Fettmasse (TBF) in den Lymphgruppen vor, in G3 nur in Messung M1 und M3 und mit der Fettfreien Masse (FFM) in G1 nur in der Endmessung, in G2 und G3 in keiner Messung.

Tab.28: Darstellung der Werte der Ausgangsmessung (M1) sowie der Differenz ( $\Delta$ ) zwischen End- und Ausgangsmessung und des Wilcoxon-Tests auf Signifikanz (\*) von Oberschenkel- (UOS), Knie- (UK), Waden- (UW) und Fesselumfang (UF)

			mean $\pm$ sd	sem	min	max
UOS [cm]	G1	M1	66,8 $\pm$ 5,72	1,43	57,4	75,8
		D	<b>-3,5 * <math>\pm</math> 1,93</b>	<b>0,48</b>	<b>-0,4</b>	<b>-6,2</b>
	G2	M1	69,2 $\pm$ 7,32	2,11	60,0	83,3
		D	<b>-1,7 * <math>\pm</math> 1,98</b>	<b>0,57</b>	<b>+1,5</b>	<b>-5,1</b>
	G3	M1	61,3 $\pm$ 5,33	1,09	48,4	71,5
		D	<b>-2,6 * <math>\pm</math> 2,06</b>	<b>0,42</b>	<b>+1,3</b>	<b>-7,7</b>
UK [cm]	G1	M1	45,6 $\pm$ 6,04	1,51	39,0	60,2
		D	<b>-1,9 * <math>\pm</math> 1,98</b>	<b>0,49</b>	<b>+1,5</b>	<b>-5,4</b>
	G2	M1	47,8 $\pm$ 7,68	2,22	30,1	58,6
		D	<b>-1,7 * <math>\pm</math> 2,56</b>	<b>0,74</b>	<b>+3,7</b>	<b>-7,2</b>
	G3	M1	40,4 $\pm$ 3,23	0,66	36,0	48,4
		D	<b>-0,9 * <math>\pm</math> 1,80</b>	<b>0,37</b>	<b>+2,0</b>	<b>-5,0</b>
UW [cm]	G1	M1	44,3 $\pm$ 6,31	1,58	37,2	57,8
		D	<b>-1,3 * <math>\pm</math> 1,35</b>	<b>0,34</b>	<b>+0,5</b>	<b>-4,6</b>
	G2	M1	49,4 $\pm$ 7,40	2,14	40,0	64,8
		D	<b>-0,7 <math>\pm</math> 1,87</b>	<b>0,54</b>	<b>+2,4</b>	<b>-4,4</b>
	G3	M1	38,9 $\pm$ 2,83	0,58	32,9	44,5
		D	<b>-0,7* <math>\pm</math> 1,03</b>	<b>0,21</b>	<b>+0,8</b>	<b>-2,8</b>
UF [cm]	G1	M1	25,9 $\pm$ 2,64	0,66	23,4	31,2
		D	<b>-0,7 * <math>\pm</math> 0,72</b>	<b>0,18</b>	<b>+0,3</b>	<b>-2,7</b>
	G2	M1	30,2 $\pm$ 6,44	1,86	22,0	41,2
		D	<b>-1,2 <math>\pm</math> 1,95</b>	<b>0,56</b>	<b>+1,2</b>	<b>-5,1</b>
	G3	M1	23,1 $\pm$ 1,54	0,31	20,0	26,4
		D	<b>-0,3 <math>\pm</math> 0,56</b>	<b>0,11</b>	<b>+1,3</b>	<b>-1,2</b>

Im durchschnittlichen Knieumfang setzen sich die Lymphgruppen G1 mit 45,6  $\pm$  6,04 cm und G2 mit 47,8  $\pm$  7,68 cm noch stärker von G3 mit 40,4  $\pm$  3,23 cm ab. Auffallend sind die großen individuellen Unterschiede, wie die großen Standardabweichungen und Spannweiten zeigen.

Zu allen drei Messzeitpunkten unterscheiden sich die Werte der drei Gruppen signifikant voneinander. Analog zum Oberschenkelumfang kann dies beim Paarvergleich zwischen G2 und G3 sowie zwischen G1 und G3 bestätigt werden, während sich die Werte von G1 und G2 als nicht signifikant unterschiedlich erweisen.

Während den Behandlungen verändern sich die Knieumfänge in allen drei Gruppen signifikant zum Ausgangswert. Die Abnahme ist in G1 (KPE und Fasten) mit  $-1,9 \pm 1,98$  cm und G2 (KPE)  $-1,7 \pm 2,56$  cm größer als bei G3 (Fasten) mit  $-0,9 \pm 1,80$  cm.

Im Wadenumfang unterscheiden sich alle drei Gruppen zu allen drei Messpunkten signifikant voneinander. Im Gegensatz zum Oberschenkel- und Knieumfang zeigt auch der Paarvergleich zwischen den beiden Gruppen mit lymphödematösen Beinen G1 und G2 signifikante Unterschiede ( $G2 > G1$ ).

Während für G1 (KPE und Fasten) mit  $-1,3 \pm 1,35$  cm und G3 (Fasten) mit  $-0,7 \pm 1,03$  cm die Umfangsabnahme durch die Behandlung als signifikant ausgewiesen wird, ist dies bei G2 (KPE) mit  $-0,7 \pm 1,87$  cm nicht der Fall. Auffällig sind bei Gruppe G2 die große Spannweite der Ergebnisse (6,8 cm) und eine Zunahme des Wadenumfangs um +2,4 cm bei einer Patientin.

Die Werte der Fesselumfänge in allen drei Gruppen unterscheiden sich zu allen drei Messzeitpunkten signifikant. Bei paarweiser Testung liegt zwischen den Lymphgruppen G1 und G2 kein signifikanter Unterschied vor. Sie setzen sich im Absolutwert mit  $25,9 \pm 2,64$  cm bzw.  $30,2 \pm 6,44$  cm von G3 mit  $23,1 \pm 1,54$  cm ab, wobei die großen Streuungen bzw. die große Spannweite nur bei G2 vorliegt, nicht bei G1.

Für G1 (KPE und Fasten) mit  $-0,7 \pm 0,72$  cm wird die Abnahme als statistisch signifikant ausgewiesen, nicht für G2 (KPE) mit  $-1,2 \pm 1,95$  cm und G3 (Fasten) mit  $-0,3 \pm 0,56$  cm. Fesselumfang und Alter korrelieren in keiner Gruppe zu den untersuchten Messzeitpunkten signifikant miteinander.

Die laterale Wadenhautfalte zur Untersuchung auf Gewebeveränderungen unterscheidet sich in den drei Gruppen zu allen drei Messzeitpunkten signifikant sowie im nachgeschalteten Paarvergleich zwischen G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten), aber nicht zwischen G1 und G2 (KPE).

Tab. 29: Hautfalte Wade lateral (HFW) [mm] (\* bezeichnet signifikante Unterschiede ( $\Delta$ ) zwischen Ausgangs- (M1) und Endmessung)

HFW [mm]		mean $\pm$ sd	sem	min	max
<b>G1</b>	M1	$30,9 \pm 6,78$	1,69	15	42
	D	<b><math>-2,7 * \pm 2,15</math></b>	<b>1,54</b>	<b>+1</b>	<b>-7</b>
<b>G2</b> (n=11)	M1	$37,7 \pm 9,69$	2,92	26	55
	D	<b><math>-2,8 \pm 4,83</math></b>	<b>1,46</b>	<b>+3</b>	<b>-11</b>
<b>G3</b>	M1	$20,4 \pm 8,12$	1,66	3	37
	D	<b><math>-0,7 \pm 3,07</math></b>	<b>0,63</b>	<b>+7</b>	<b>-5</b>

Nur bei G1 kommt es mit  $-2,7 \pm 2,15$  mm zu einer signifikanten Abnahme der Wadenhautfalte. Bei G2 ist die Abnahme mit  $-2,8 \pm 4,83$  mm zahlenmäßig ähnlich hoch, aber mit sehr großer Standardabweichung und wird nicht als signifikant ausgewiesen. Eine Patientin von Gruppe G2 konnte aufgrund einer ausgeprägten Papillomatose in diesem Bereich nicht gemessen werden.

### 3.2.2.3 BIA-Rohdaten und Impedanzindex der Beine

Die Werte der BIA-Rohdaten (Resistanz R und Reaktanz Xc) und des Impedanzindexes der Beine dienen dem Abschätzen des leitfähigen Volumens und des Gewebezustands und erlauben Seitenvergleiche.

Tab. 30: Resistanz (R)- und Reaktanzwerte (Xc) [Ω] bei den Frequenzen 5, 50, 100 kHz der Ausgangs (M1)- und Endmessung (M7) des linken und rechten Beines (mean ± sd), dem Vorher-Nachher-Vergleich (Δ) und dem Wilcoxon-Test auf Signifikanz (\*).

Beine	G 1 (KPE und Fasten)		G 2 (KPE)		G 3 (Fasten)	
	links	rechts	links	rechts	links	rechts
R5 / M1	256,4 ± 48,0	267,0 ± 50,3	216,3 ± 67,4	234,0 ± 65,3	260,0 ± 42,4	261,6 ± 41,3
R5 / M7	257,1 ± 34,8	276,6 ± 33,9	221,0 ± 50,5	234,6 ± 46,5	265,3 ± 31,6	269,3 ± 33,6
D	<b>+0,6 ± 31,0</b>	<b>+9,6 ± 38,6</b>	<b>+4,8 ± 33,3</b>	<b>+0,6 ± 32,3</b>	<b>+5,2 ± 33,1</b>	<b>+7,7 ± 36,9</b>
Xc5/M1	17,5 ± 7,6	20,9 ± 13,0	14,1 ± 9,9	19,6 ± 15,3	22,0 ± 10,6	25,6 ± 12,9
Xc5/M7	16,8 ± 7,1	18,6 ± 11,0	12,9 ± 8,6	16,8 ± 8,9	17,8 ± 9,6	22,2 ± 9,2
D	<b>-0,8 ± 6,4</b>	<b>-2,6 ± 14,1</b>	<b>-1,2 ± 6,6</b>	<b>-2,8 ± 13,5</b>	<b>-4,3 * ± 7,5</b>	<b>-3,4 ± 10,4</b>
R50/M1	222,3 ± 38,8	229,9 ± 39,6	189,1 ± 57,0	203,3 ± 55,4	224,3 ± 31,4	226,7 ± 32,8
R50/M7	224,1 ± 28,6	237,6 ± 27,4	193,6 ± 43,1	204,0 ± 40,5	230,7 ± 24,7	231,6 ± 25,5
D	<b>+1,8 ± 24,0</b>	<b>+7,6 ± 26,6</b>	<b>+4,5 ± 26,9</b>	<b>+0,8 ± 26,1</b>	<b>+6,4 ± 25,2</b>	<b>+4,9 ± 26,2</b>
Xc50/M1	22,8 ± 6,1	24,3 ± 5,2	17,7 ± 9,2	20,3 ± 8,3	24,9 ± 6,7	26,3 ± 7,2
Xc50/M7	22,5 ± 5,2	24,1 ± 4,9	18,0 ± 7,4	20,0 ± 6,8	24,1 ± 4,9	25,3 ± 5,1
D	<b>-0,3 ± 4,2</b>	<b>-0,3 ± 4,6</b>	<b>+0,3 ± 4,8</b>	<b>-0,3 ± 3,9</b>	<b>-0,8 ± 4,1</b>	<b>-1,0 ± 4,6</b>
R100/M1	210,4 ± 36,4	217,4 ± 37,2	179,6 ± 53,0	192,4 ± 52,0	211,5 ± 29,0	212,1 ± 28,3
R100/M7	212,2 ± 26,4	225,1 ± 25,7	183,8 ± 39,4	193,1 ± 37,8	218,0 ± 23,2	218,5 ± 23,6
D	<b>+1,8 ± 22,2</b>	<b>+7,6 ± 24,6</b>	<b>+4,2 ± 25,2</b>	<b>+0,7 ± 24,5</b>	<b>+6,5 ± 24,5</b>	<b>+6,3 ± 23,4</b>
Xc100/M1	16,1 ± 4,9	17,0 ± 4,1	12,3 ± 7,1	13,6 ± 6,4	18,0 ± 5,1	18,5 ± 5,1
Xc100/M7	16,3 ± 4,2	16,9 ± 3,7	12,8 ± 5,2	14,1 ± 5,1	17,6 ± 3,8	18,0 ± 4,0
D	<b>+0,2 ± 2,8</b>	<b>-0,1 ± 2,8</b>	<b>+0,5 ± 4,0</b>	<b>+0,5 ± 3,2</b>	<b>-0,4 ± 3,2</b>	<b>-0,5 ± 3,4</b>

Die Resistanz-Werte bei 5, 50 und 100 kHz sowohl des linken wie auch des rechten Beines unterscheiden sich nur in der Ausgangsmessung nicht signifikant zwischen den Gruppen. In den Folgemessungen unterscheiden sie sich signifikant, wobei sich die Hauptunterschiede im nachgeschalteten Paarvergleich zwischen den beiden Gruppen mit Beinlymphödemen G1 (KPE und Fasten) und G2 (KPE) ergeben.

G1 und G3 (Fasten) unterscheiden sich nur bei der Verlaufsmessung M3 (bei R100 links auch dort nicht), G2 und G3 unterscheiden sich bei den Messungen M2, M6 und M7 signifikant.

Die Reaktanz-Werte Xc5 der linken und rechten Beine unterscheiden sich außer bei M2 nicht signifikant zwischen den Gruppen, auch nicht im Paarvergleich.

Die Xc50-Werte liefern ebenfalls für beide Beine eine identische Auswertung. Sie unterscheiden sich in der ersten und letzten Messung nicht signifikant voneinander, aber in den Zwischenmessungen während der Therapie.

Beim anschließenden Paarvergleich unterscheiden sich G1 und G3 nicht signifikant, G1 und G2 nicht in der ersten und der letzten Messung, während sich G2 und G3 mit Ausnahme von M3 signifikant unterscheiden.

Bei Xc100 unterscheiden sich beim linken Bein zu allen Messungen die Werte der drei Gruppen signifikant voneinander. Im Paarvergleich zwischen G1 und G3 konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

Die Xc100-Werte des rechten Beines zeigen nur bei der ersten und der letzten Messung signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen nicht bei den Zwischenmessungen.

G1 und G3 unterscheiden sich in keiner Messung signifikant voneinander.

In G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) weist der Friedman-Test (mit Ausnahme von R5rechts, R50links und Xc5links) jeweils statistisch signifikante Veränderungen innerhalb der Messreihen aus. Aufgeschlüsselt in die verschiedenen Fastenphasen (Abb. 8 S. 52 am Beispiel 50 kHz) wird deutlich, dass dies durch Zunahmen der R-Werte bei 5, 50 und 100 kHz während der Vorfasten- und Fastenphase zustande kommt, während in der Nachfastenphase bei allen drei Frequenzen leichte Abnahmen vorliegen. Die Veränderungen von Vor- und Nachfastenphase werden jeweils als statistisch signifikant ausgewiesen.

Der Vorher-Nachher-Vergleich weist dann allerdings bei keinem der untersuchten Parameter mehr eine statistisch signifikante Veränderung aus (Ausnahme:Xc5 links).

In G2 (KPE) werden im Therapieverlauf keine statistisch signifikanten Veränderungen der Resistanz- und Reaktanzwerte ausgewiesen.

Die Werte des Phasenwinkels (Alpha) bei 50 kHz vermindern sich nur bei G3 (Fasten) beim linken und rechten Bein statistisch signifikant, bei G1 (KPE und Fasten) und G2 (KPE) kommt es nicht zu statistisch signifikanten Veränderungen (s. Tab. IV Anhang).

Der Seitenvergleich beider Beine mit dem Spearman-Rangkorrelationstest zeigt signifikante Korrelationen der Resistanz-Werte bei G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) bei den drei Frequenzen während allen Messungen, in G2 (KPE) hingegen nicht bei 5 kHz der Messungen M1, M3 und M7, bei 50 kHz der Messungen M2 und M7 und bei 100 kHz der Messungen M2, M3 und M7.

Wie in Tabelle 6 S. 53 dargestellt, macht der R-Wert des Beines bei 50 kHz links / rechts mit 38,8 / 40,1 % bei Gruppe G1, 35,5 / 37,4 % bei Gruppe G2 und 39,8 / 40,4 % bei Gruppe G3 neben den Armen einen großen Teil des Gesamt-Resistenz-Wertes bei 50 kHz aus.

Bei der Reaktanz Xc bei 50 und 100 kHz korrelieren beide Beine in allen drei Gruppen zu allen Messungen. Bei 5 kHz korreliert nur G3 zu allen Messungen signifikant, die Lymphgruppen nicht bei den Messungen M1, M2 und M6 (G1) und nicht bei den Messungen M2 und M6 (G2).

In Tabelle VI im Anhang findet sich eine Übersicht der Impedanzindices beider Beine der Ausgangsmessung sowie der Differenz der Endmessung absolut und prozentual zur Ausgangsmessung.

Die Beinlängen in den drei Gruppen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ( $p=0,9625$ ).

Die Ergebnisse der statistischen Auswertung des Impedanzindex  $L^2/R$  bei den Frequenzen 5, 50 und 100 kHz sind daher identisch mit denen der entsprechenden BIA-Rohdaten, d. h. in keiner der drei Gruppen werden die Veränderungen im Vorher-Nachher-Vergleich als statistisch signifikant ausgewiesen.

Das Verhältnis von nieder- und hochfrequenter BIA signalisiert die intra- und extrazelluläre Wasserverteilung, hier ausgedrückt über die prozentualen Veränderungen des Impedanzindex ( $L^2/R$ ) bei den verschiedenen Frequenzen.

Der Wert des Impedanzindex der Beinmessung rechts vermindert sich bei G1 (KPE und Fasten) bei 5 kHz um -3,49 %, bei 50 kHz um -3,36 % und bei 100 kHz um -3,56 %, bei G2 (KPE) um -1,83 bzw. -1,77 bzw. -1,76 % und bei G3 (Fasten) um -2,34 bzw. -1,90 bzw. -2,61 %. Somit handelt es sich in allen drei Gruppen um eine Abnahme von eher extrazellulärem Wasser.

Im Vergleich dazu fallen die Unterschiede zu den Werten des Impedanzindex des linken Beines vor allem in den Lymphgruppen G1 und G2 auf. Bei G1 (KPE und Fasten) handelt es sich um eine Abnahme von intra- und extrazellulärem Wasser bei 5 kHz um -0,36 %, bei 50 kHz um -0,93% und bei 100 kHz um -1,03%. Bei G2 (KPE) handelt es sich mit -3,71 bzw. -3,77 bzw. 3,68% um eine mehr extrazelluläre Abnahme, während G3 (Fasten) mit -1,80 bzw. -2,50 bzw. -2,75% Abnahme intra- und extrazelluläres Wasser verliert.

Die graphische Darstellung in Abb. 17 S. 89 erfolgt beispielhaft für die Impedanz-Index-Werte der Beine bei 50 kHz, die zugehörigen Zahlenwerte finden sich in Tab. VI im Anhang.

Die Impedanzindices  $L^2/R50$  des rechten und linken Beines, die das leitfähige Volumen verkörpern, korrelieren in allen drei Gruppen über alle Messungen (Durchschnittswerte G1  $p < 0,001$ ; G2  $p < 0,002$ ; G3  $p < 0,000000$ ), obwohl die durchschnittlichen Absolutwerte tendenzielle Unterschiede aufweisen.

Die absoluten  $L^2/R50$  Werte der Beine [ $\text{cm}^2 / \text{O}$ ] unterscheiden sich bei den Gruppen mit lymphödematösen Beinen G1 (linkes Bein (27,44) > rechtes Bein (26,55)) und bei G2 (linkes Bein (36,19) > rechtes Bein (32,74)), nicht in G3 (26,71 / 26,52).

Die G2 (KPE) weist beim linken und rechten Bein deutlich größere Absolutwerte im Impedanzindex auf als G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten).

Der  $L^2/R50$  des Beines korreliert in allen drei Gruppen zu allen Messungen mit dem FFM-Wert der Nutri4-Auswertung des Ganzkörpers, ebenso  $L^2/R50$  Ganzkörper und FFM. Im Vergleich dazu korrelieren  $L^2/R50$  Arm und FFM nur bei den Gruppen G1 und G3, nicht bei G2.

Abbildung 17 (unten) S.89 veranschaulicht die unterschiedliche Abnahme des Impedanz-Index ( $L^2/R$ ) bei 50 kHz [ $\text{cm}^2 / \text{O}$ ] in den beiden Gruppen mit lymphödematösen Beinen G1 und G2. Bei G1 (KPE und Fasten) nimmt der Impedanzindex des rechten Beines ( $-1,29 \pm 3,37$ ) mehr ab als der des linken ( $-0,64 \pm 3,47$ ), während bei G2 (KPE) der des linken ( $-3,03 \pm 6,52$ ) mehr als der des rechten Beines ( $-1,89 \pm 5,42$ ) abnimmt.

Bei beiden Gruppen hat das linke Bein den höheren absoluten Ausgangswert.

Die Abnahmen des leitfähigen Beinvolumens sind bei beiden Beinen bei G2 höher mit größeren Streuungen um den Mittelwert wie bei G1.

Es fällt auf, dass bei den gesunden Beinen der Gruppe G3 (Fasten ohne KPE), das linke Bein eine höhere Abnahme ( $-0,97 \pm 3,10$ ) erreicht als das kranke linke Bein von G1 (KPE und Fasten) ( $-0,64 \pm 3,47$ ).

Die Abnahme des Impedanzindex liegt prozentual in derselben Größenordnung wie die anthropometrisch ermittelte Volumenabnahme (s. S. 80), wird aber nicht als statistisch signifikant ausgewiesen.

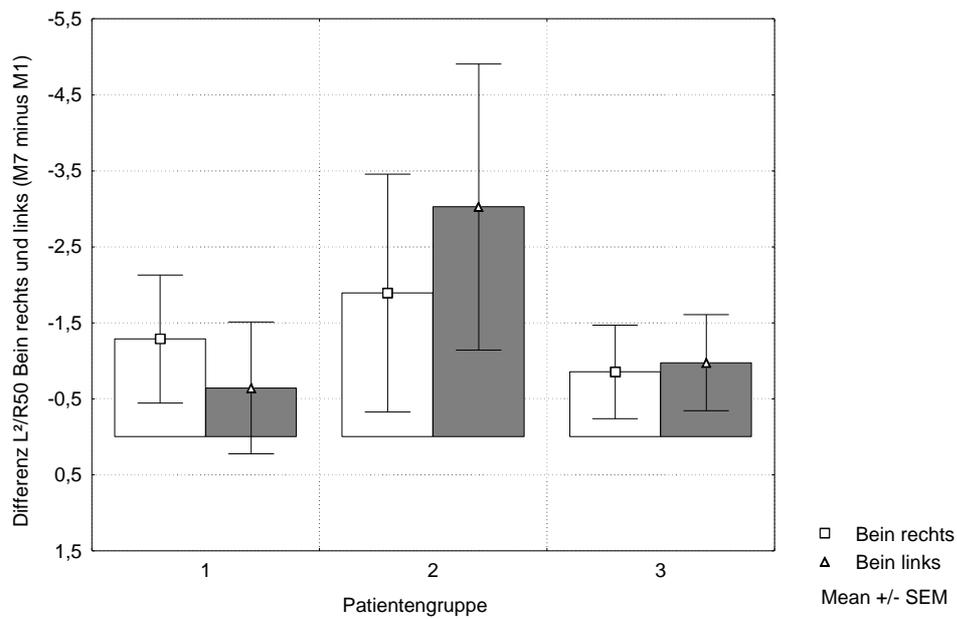
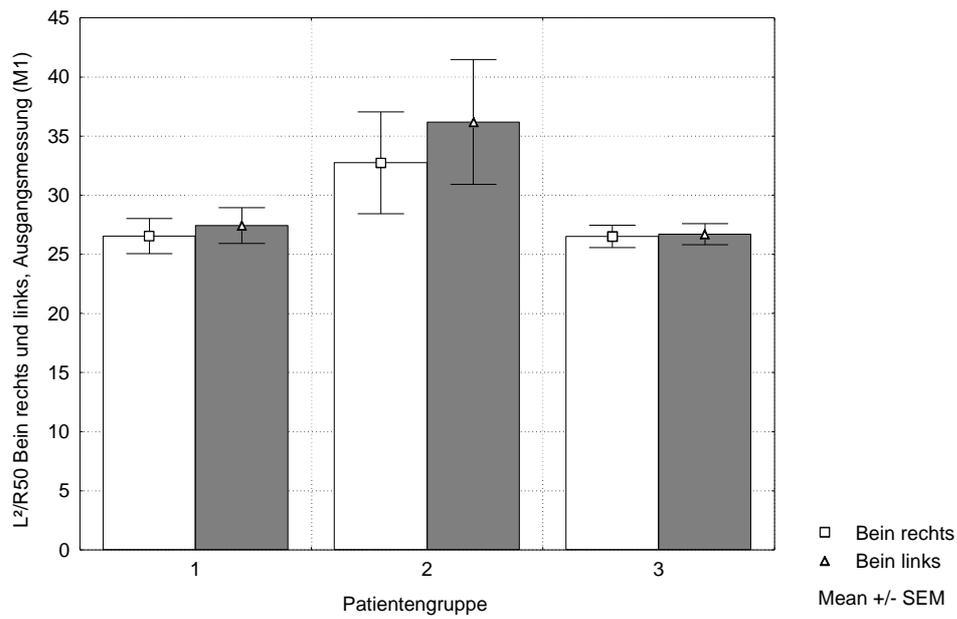


Abb. 17

oben: Impedanz-Index bei 50 kHz ( $L^2/R50$ ) [ $cm^2 / O$ ] der Ausgangsmessung (M1) des rechten und linken Beines jeweils für die drei Gruppen

unten: Differenz (M7 minus M1) des Impedanz-Index bei 50 kHz ( $L^2/R50$ ) [ $cm^2/O$ ] des rechten und linken Beines jeweils für die drei Gruppen

Zusammengefasst sind die lymphödematösen Beine von G1 und G2 statistisch gesehen vergleichbar im anthropometrisch ermittelten Volumen und vergleichbar im leitfähigen Volumen. Die Beine von G1 und G3 unterscheiden sich statistisch signifikant im anthropometrisch ermittelten Volumen, den Beinumfangen und der Wadenhautfalte (G1 größer G3), aber nicht im leitfähigen Volumen. Dagegen unterscheiden sich die beiden Gruppen nicht signifikant in der Ausgangsmessung bei Körpergewicht, dem anthropometrisch bestimmten sowie dem leitfähigen Armvolumen. Die Beine von G1 sind entweder adipöser als die von G3 oder aber die BIA erkennt das Lymph- bzw. Lipolymphödem nicht als Fettfreie Masse (FFM), zeigt also keine niedrigeren Resistanzwerte an, sondern ordnet es dem Körperfett (TBF) zu.

Die Fastenwirkung der Beine der Gruppen G1 und G3 sind im Therapieverlauf über die BIA-Ergebnisse zu sehen, werden aber im Vorher-Nachher-Vergleich nicht als statistisch signifikant ausgewiesen. Eine Wirkung der KPE über signifikante Veränderungen der Beinparameter bei Gruppe G2 wird weder im Verlauf noch im Vorher-Nachher-Vergleich aufgezeigt.

#### **3.2.2.4 Untersuchung des Beinvolumens auf Korrelation mit verschiedenen Parametern**

Die tabellarische Aufstellung findet sich im Anhang (Tab. IX).

Bei allen drei Gruppen korreliert das Beinvolumen signifikant über alle Messungen mit dem Körpergewicht, dem Körperfettgehalt (TBF), dem Knie- und dem Wadenumfang.

Keine signifikante Korrelation liegt vor mit dem Alter, der Beinlänge, der Resistanz (R) bei 50 kHz und der Reaktanz ( $X_c$ ) des Beines bei 50 kHz (Ausnahme bei G3 in der Endmessung).

Bei Gruppe G3 korreliert das Beinvolumen signifikant mit der fettfreien Masse (FFM), dem Gesamtkörperwasser (TBW) und dem Extrazellulärwasser (ECW).

Bei den beiden Gruppen mit Beinlymphödem G1 und G2 hingegen kommen erst bei den Verlaufsmessungen bzw. den Endmessungen signifikante Korrelationen von FFM und TBW mit dem Beinvolumen zustande. Für das ECW liegen für G1 und G2 über alle Messungen keine signifikanten Korrelationen mit dem Beinvolumen vor.

Die laterale Wadenhautfalte liefert für die Gruppen mit lymphödematösen Beinen bei G1 für die Anfangs- und die Endmessung signifikante Korrelationen mit dem Beinvolumen, bei G2 in der Anfangs- und Verlaufsmessung, während für G3 keine Signifikanz ausgewiesen wird.

Bei Gruppe G1 korreliert das Beinvolumen signifikant mit dem Fesselumfang, nicht bei G2 und G3. Bei Gruppe G2 findet sich keine signifikante Korrelation zum Oberschenkelumfang im Gegensatz zu G1 und G3.

Der Impedanzindex des Beines zur Abschätzung des leitfähigen Beinvolumens  $L^2/R50$  Bein links und rechts korreliert nicht signifikant mit dem anthropometrisch ermittelten Beinvolumen bei G2. Bei G1 kommen erst gegen Ende der Behandlungen Signifikanzen zustande (links früher als rechts), bei G3 links nur in der Verlaufsmessung, rechts in der Endmessung.

Im Vergleich dazu korrelieren die Impedanzindices des linken und rechten Armes in Gruppe G2 und G3 statistisch signifikant, in G1 dagegen nur in der Abschlussmessung des linken Armes.

## 4 Diskussion der Messmethoden und der Versuchsanordnung

Messmethoden zur Bestimmung von Veränderungen der Körperzusammensetzung sind in vielen klinischen Situationen wichtig, beispielsweise um die Diagnose abzusichern, den Therapieerfolg zu evaluieren und Flüssigkeitsvolumen und aktive Körpermasse zu bestimmen.

Das Hauptziel der vorliegenden Arbeit war, die Effektivität einer kombinierten Therapie aus Komplexer Physikalischer Entstauungstherapie (KPE) und Fasten während des Klinikaufenthaltes für Patientinnen mit Lymph- oder Lipolymphödem der Beine bei gleichzeitig bestehender Adipositas bezüglich Ödemreduktion, Veränderung der Körperzusammensetzung und Körpergewichtsreduktion zu überprüfen.

Statusmessungen und Verlaufsmessungen mit Hilfe segmentaler, multifrequentieller Bioelektrischer Impedanzanalyse (BIA) und anthropometrischer Messungen boten sich aufgrund der Fragestellung und aus praktischen Gründen der Erhebung im klinischen Alltag an.

### 4.1 Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA)

Die Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) ist eine relativ moderne Methode, die gegenüber den meisten anderen Techniken mehrere Vorteile bietet. Sie ist einfach und schnell in der Anwendung, preisgünstig, nicht invasiv, mobil, präzise und ungefährlich [57, 73, 94, 98, 147, 162]. Da durch die Messung weder Wasserverteilungsraum noch Elektrolytwasserszusammensetzung beeinflusst werden, sind beliebige Wiederholungs- und kontinuierliche Messungen möglich [50]. Dennoch gibt es auch kritische Stimmen über die Verwendung der BIA-Methode vor deren Hintergrund die eigenen Befunde im Folgenden diskutiert werden sollen.

#### 4.1.1 BIA bei Status- und Verlaufsmessungen

Zur Untersuchung der Körperzusammensetzung wurde die Bioelektrische Impedanzanalyse bereits mit einer Vielzahl von anderen Methoden verglichen, z. B. mit Densitometrie [59, 143], Kalium-40-Ganzkörpermessung [58, 74], Isotopen-Dilutionsmethode [60, 117], DEXA (Dual energy x-ray absorptiometry) [11, 125, 147], NIRI (Near infrared interactance) [13, 43, 181] und Anthropometrie [22, 23, 59]. Dabei wurde die Validität und Reliabilität der BIA-Methode für die Bestimmung von Körperzusammensetzung und Ernährungszustand bestätigt [117, 128].

Dagegen existieren in der Literatur gegensätzliche Berichte über die Validität der BIA-Messung in der Vorhersage von Veränderungen der Körperzusammensetzung. Ross et al. [135] berichten, dass die BIA-Gleichungen von Lukaski [113] und Segal [143] die Veränderungen der Fettfreien Masse (FFM) bei mittelgradig adipösen Männern gut vorhersagen. Kushner et al. [100] fanden dasselbe für übergewichtige Frauen. Vazquez und Janonsky [163] hingegen kamen zu dem Schluss, dass alle acht von ihnen untersuchten BIA-Gleichungen die Abnahmen der FFM bei übergewichtigen Frauen während einer VLED (very low energy diet) überschätzten. Andere Untersucher wie Deurenberg et al. [39, 40] berichteten mit Referenzmethode Hydrodensitometrie und van der Kooy et al. [160] mit Deuteriumoxid-Dilution und Densitometrie, dass BIA die Abnahme der FFM während der Gewichtsabnahme systematisch unterschätzt.

In einer Übersicht über mehrere Validierungsstudien zeigte Kushner [98], dass der Variationskoeffizient für wiederholte intraindividuelle Resistanzmessungen bei 50 kHz innerhalb eines Tages zwischen 0,3 und 3 % liegt. Messungen an aufeinander folgenden Tagen oder Wochen ergeben einen Variationskoeffizienten zwischen 0,9 und 3,6 %. Andere Autoren sprechen von einer Tag-zu-Tag-Variabilität von 10-15 Ohm was einem Variabilitätskoeffizienten von 1-2 % entspricht [85, 101] und abhängig von der verwendeten Vorhersageformel ca. einem Körperwassergehalt (TBW) von 1,5 - 2 kg oder einer Fettfreien Masse (FFM) von 2 - 3 kg [35]. Die gute Reproduzierbarkeit bedeutet also nicht, dass die BIA in allen klinischen Situationen geringe Veränderungen einzelner Körperkompartimente präzise detektieren kann [142, 163].

Bei den hier untersuchten Gruppen erbrachte der Vorher-Nachher-Vergleich der Ganzkörpermessung der Resistanz bei 50 kHz eine durchschnittliche Differenz von 4 - 21 Ohm. Die FFM-Abnahmen wurden anhand der BIA-Nutri4-Formel ausgewiesen für G1 (KPE und Fasten) mit  $-1,75 \pm 2,13$ , für G2 (KPE) mit  $-0,81 \pm 2,06$  und für G3 (Fasten) mit  $-1,68 \pm 1,71$  kg (s. S. 59).

Bezüglich der Änderung der FFM unter Gewichtsreduktion liegt die Grenze der Messgenauigkeit der BIA-Technik bei 0,5 kg und die Präzision bei  $\pm 1,5$  kg [128].

In den meisten Studien, die die Verwendung von BIA bzgl. der Veränderung der Körperzusammensetzung bei Übergewichtigen untersuchten, war die Anzahl der Untersuchten klein, VLED (very low energy diet) wurde verwendet und die Veränderungen der FFM waren unter der Messgenauigkeit der meisten BIA-Systeme [18, 40, 76, 83, 100, 101, 118, 143, 160, 163].

Houtkooper et al. [83], Heitmann [75] und Kushner [100] erachteten die Einfrequenz-BIA-Methode als brauchbar um Veränderungen der Körperzusammensetzung in Gruppen über die Zeit zu messen, aber nicht bei Individuen.

Mehrere Studien [56, 100, 163] zeigen, dass die BIA zur Messung von Veränderungen der Körperzusammensetzung unter Gewichtsreduktion noch nicht den gewünschten Erwartungen entspricht. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass bei adipösen Patienten die Validität der BIA grundsätzlich geringer ist als bei normalgewichtigen oder mangelernährten Patienten [35]. Die Fähigkeit der Multifrequenz-BIA das Gesamtkörperwasser (TBW), als größte Komponente der FFM, zu fraktionieren, könnte laut Chumlea und Guo [24] helfen, die Unterschiede in der Körperzusammensetzung von Individuen aufzuklären.

#### **4.1.2 Kombinierte Vorhersagegleichungen - Impedanzindex - BIA-Rohdaten**

Die Einfrequenz- und Multifrequenz-BIA gehört ebenso wie die Anthropometrie zu den sogenannten deskriptiven (Typ I-) Methoden. Diese bedürfen Referenzmethoden und führen über Regressionsanalysen zu populationsspezifischen Gleichungen, die dann unter Einbeziehung neuer Untersuchungsgruppen kreuzvalidiert werden [81, 83].

Eine große Begrenzung in vorliegender Arbeit ist das Fehlen einer Kontrollstudie mit einer Referenzmethode, um die Werte bei den untersuchten Gruppen mit Adipositas und/oder lymphödematös veränderten Beinen zu validieren.

Wobei bedacht werden muss, dass auch die Referenzmethoden zur Analyse der Körperzusammensetzung wie Isotopendilutionsmethoden, Densitometrie, DEXA oder Anthropometrie empirisch entwickelt wurden, wiederum auf Annahmen beruhen und mit eigenen Fehlern behaftet sind. Deshalb bleibt die Übereinstimmung der BIA mit der tatsächlichen Größe des jeweiligen Kompartimentes unklar. Die Untersuchungen der Validität der BIA überprüfen immer nur die

Übereinstimmung mit einer anderen Methode. Korrelationskoeffizienten, die dabei meist angegeben werden, lassen keine Aussage über die Übereinstimmung von Einzelwerten zu [128]. Das von Bland und Altman [9] vorgeschlagene Verfahren zur Bestimmung der "limits of agreement" wurde bisher nur in einer geringen Anzahl von BIA-Studien angewendet.

Übersichten in der Literatur [83, 88, 128, 148] zeigen das breite Spektrum der verschiedenen gebräuchlichen Standardformeln. So können bei gleichen Rohdaten ganz unterschiedliche Ergebnisse der Körperzusammensetzung resultieren [44]. Dies kann eine große Einschränkung für die BIA-Technik bedeuten [37, 44, 154], denn die Verwendung ungeeigneter Gleichungen kann zu einem systematischen Vorhersagefehler bei der Einschätzung der Körperzusammensetzung übergewichtiger Populationen führen [18, 76]. Deshalb sollten sich nach Pirlich [127] künftige Studien der Frage widmen, ob bei adipösen Patienten segmentale Impedanzmessungen bzw. populationsspezifische Gleichungen für Verlaufsmessungen Vorteile bringen könnten.

Einige Autoren [38, 41, 44] vertreten die Meinung, dass die hohe Korrelation zwischen Körperwasser (TBW) und den Ergebnissen, die durch BIA-Vorhersageformeln erhalten werden primär auf die in diese Gleichungen mit einfließenden unabhängigen Eigenschaften der Untersuchten wie Gewicht, Körpergröße, Geschlecht und Alter zurückzuführen sind.

Kushner et al. [102] dagegen fanden, dass der Impedanz-Index ( $L^2/Z$ ) für sich alleine der beste einzelne Vorhersagefaktor für das Körperwasser (TBW) ist und sich 99 % der Varianz im TBW darüber begründen lassen. Ihrer Meinung nach wird die Vorhersagekraft des Impedanz-Indexes durch das Hinzufügen anderer Parameter der Person wie z. B. Gewicht, Geschlecht und Alter verbessert, weil dadurch die Unterschiede zwischen den Probanden in den einzelnen Körpersegmenten reguliert werden, ebenso wie die relative Unterrepräsentanz des Rumpfes bei der Ganzkörpermessung.

Deshalb sollten Formeln verwendet werden bei denen der Regressionskoeffizient für die Impedanz (Impedanz-Index) hoch ist [101].

Laut Hendel [76] sind die reinen R-Werte am besten, zumindest für Individuen.

Während andere Autoren [98, 102, 162] meinen, dass einzelne BIA-Variablen (R, Xc) allein keine guten Vorhersagen ergeben. Sie sehen auch keinen Grund, weshalb R allein den TBW-Gehalt gut bestimmen sollte, da entsprechend dem BIA-Modell der vereinfachte Impedanzindex  $L^2/R$  mit TBW korrelieren soll, nicht R.

Mangels Referenzmethode wurde in vorliegender Studie ein Methodenvergleich durchgeführt. Die beiden BIA-Auswertungsformeln Nutri4 (4 Frequenzen) der Firma Data-Input [33] und die Formel von Segal [143] (eine Frequenz), die für Übergewichtige, aber nicht für Lymphödempatienten validiert sind sowie die Vierhautfaltenformel von Durnin und Womersley [42] wurden verglichen.

In vorliegender Studie korrelieren die Werte der Ganzkörpermessung für den Impedanzindex  $L^2/R_{50}$  mit denen der FFM-, der TBW-, und der ECW-Messung mit Nutri4 in allen drei Untersuchungsgruppen zu allen Messungen signifikant mit Spearman-R-Werten von 0,90 und größer. Dies zeigt den hohen Stellenwert des Impedanzindex innerhalb der BIA-Nutri4-Formel und legitimiert die entsprechende Interpretation der Zusammensetzung der Extremitäten über deren Impedanzindices.

### 4.1.3 Multifrequenz-BIA und ihre Auswertung

Mittlerweile sind BIA-Geräte auf dem Markt, die bis zu 496 Frequenzen im Bereich 4 - 1350 kHz erheben können (Bioelektrische Impedanz-Spektroskopie BIS) [84].

Nach Durchsicht der neueren Literatur bleibt die Frage weiterhin offen, bei welchen Frequenzen die Impedanzmessung die besten Ergebnisse für die Körperzusammensetzung liefert. Es werden zwar viele Frequenzen gemessen, aber wiederum nur die gängigen ausgewertet [30, 37, 85].

- Die heute zur Verfügung stehenden Instrumente sind nicht in der Lage, die Impedanz zuverlässig bei Frequenzen größer als 100-200 kHz zu messen [85, 162].
- Bei Frequenzen größer ca. 500-600 kHz ändert sich die Impedanz eines Individuums nur noch minimal, die Verwendung höherer Frequenzen erscheint deshalb fraglich [25].
- Hannan et al. [71] verglichen BIS (5 kHz bis 1 MHz) mit MF BIA bei 5 Frequenzen zwischen 5 und 500 kHz. Die Auswertung der beiden Frequenzen 5 und 200 kHz lieferten die besten Ergebnisse in der Vorhersage von ECW und TBW .
- Pietrobelli [126] misst Extremitäten bei 1-300 kHz.
- Tataru und Tsuzaki [151] messen die Frequenzen 5 kHz und höher und extrapolieren auf R0, wobei R0 gegenüber R5 in ihrer Studie kaum Verbesserungen bringt mit der Dilutionsmethode als Referenz.

Auch gibt es noch keinen Konsens über die geeignete Analysenmethode dieser Fülle von Ergebnissen einer Multifrequenzmessung [154] und keine allgemein akzeptierte "Software" der BIS [117]. Trotz vieler Untersuchungen, zahlreicher Publikationen und entscheidender Fortschritte im Verständnis dieses Gebietes bleiben noch viele unbeantwortete Fragen [154]. Viele Arbeitsgruppen verwenden nach wie vor Einfrequenzgeräte [80, 118, 184].

Die Verwendung populationsspezifischer Gleichungen ist ein großer Kritikpunkt der BIA-Anwendung. Deshalb findet ein Ansatz von Hanai [69], der auf einer theoretischen Gleichung gründet und die Leitfähigkeit von Suspensionen beschreibt, zunehmend Interesse. Da diese Methode auf grundsätzlichen Annahmen beruht, ist sie unabhängig von interpersonellen Unterschieden. Deshalb kann das Modell theoretisch bei allen Patienten benutzt werden, vorausgesetzt die angenommen Konstanten sind tatsächlich konstant. Eine der Annahmen der aus der Emulsionslehre abgeleiteten Gleichungen ist, dass die spezifischen Widerstände von Extrazellulär- (ECW) und Intrazellulärwasser (ICW) Konstanten sind.

Laut de Lorenzo et al. [34] besteht noch Forschungsbedarf, um geeignete Widerstandskoeffizienten festzulegen und festzustellen, ob nicht doch populations- oder patientenspezifische Werte notwendig sind. Die Anzahl der veröffentlichten Studien, die dieses Vorgehen wählen, steigt. Während einige Untersucher von sehr vielversprechenden Ergebnissen berichten [34], sagen andere, dass die BIS basierend auf der Lehre von Suspensionen oder der Regressionsanalyse die Ergebnisse der Einfrequenz-BIA nicht verbessert [37, 70, 162].

#### 4.1.4 Problematik der Auswertung der Resistanz-Werte bei 1 kHz

Laut Information der Firma Data-Input können die Elektroden geteilt werden ohne die Qualität der Ergebnisse zu beeinträchtigen. Dies wurde aus Kostengründen in dieser Studie durchgeführt. Auch Fuller et al. [59] wiesen nach, dass die Größe der Elektroden nur einen unwesentlichen Effekt auf die Impedanz hat, vorausgesetzt das Zentrum der Elektrode wird am selben Punkt positioniert.

Dieser Tipp gilt eventuell nicht für Messungen der Resistanz bei 1 kHz. In vorliegender Studie sind die ermittelten R-Werte bei 1 kHz der Ganzkörpermessung, die auch Bestandteil der Auswertungssoftware Nutri4 [33] sind, noch relativ homogen, die Werte der segmentalen Arm- und Beinmessungen dagegen inhomogen.

Bei der Beinmessung bei 1 kHz "stieg das Gerät bei einigen Patientinnen ganz aus", d. h. es zeigte die Resistanz als Wert 0 an bzw. wies unverhältnismäßig hohe Übergangswiderstände im Display aus. Da dies auch bei der nur adipösen Gruppe G3 vorkam, liegt es vermutlich nicht allein an den lymphödematösen Beinen (G1 und G2). Bei den Messungen der Armwiderstände wurden zwar Werte ausgewiesen. Vereinzelt traten aber Ausreißer gegen den Wert 0 auf. Untersuchungen über Wasserverteilungsräume wie von Pullicino et al. [130] und Müller [117] durch Vergleiche der Resistanzwerte bei 1 kHz im Verhältnis zu 50 kHz beschrieben, konnten deshalb nicht durchgeführt bzw. ausgewertet werden.

Die Elektroden haben meist eine Kontaktfläche von 1-2 cm<sup>2</sup> was im Vergleich zu einem minimalen Querschnitt der Messstrecke von ca. 20 cm<sup>2</sup> wenig ist. Der Querschnitt der Messstrecke variiert mit einem Maximum bis über 1500 cm<sup>2</sup> für einige Probanden [145].

Jansen et al. 1992 [85] liefern folgende Diskussionsansätze zur Variabilität der Werte bei 1 kHz innerhalb einer Person. Sie fanden bei Verwendung von Elektroden mit größerer Oberfläche eine geringere Variabilität, während bei höheren Frequenzen (5, 50, 100 kHz) der Typ der Elektroden die Variabilität innerhalb einer Untersuchungsperson nicht erniedrigt.

Als weitere Erklärung vermuten sie, dass die Schwankungen durch Veränderungen im extrazellulären Wassergehalt (ECW) kommen, der wahrscheinlich am meisten variablen Wasserkomponente des Körpers, insbesondere bei Frauen. Hierzu zählen das Lymphödem sowie andere Beinödeme. Laut Valensi et al. [158] weisen auch adipöse Beine meist Schwellungen auf.

Visser et al. [165] haben ältere gesunde Personen untersucht und 8 Frequenzen verwendet. Der Variationskoeffizient der Impedanz bei 1 kHz war größer verglichen mit anderen Frequenzen. Sie meinen, da bei niederen Frequenzen hauptsächlich ECW gemessen wird und da Veränderungen des Körperwassers (Körpergewichtes) über einen Zeitraum von 2 - 7 Tagen nur Veränderungen des ECW widerspiegeln, ist die Abweichung der Impedanz bei niederen Frequenzen höher als bei höheren Frequenzen.

Desweiteren werden technische Begrenzungen des Messinstrumentes diskutiert [85].

Die Erhebung der Resistanz-Werte bei 1 kHz scheint ein allgemeines Problem zu sein, da in jüngeren Studien zu segmentalen Messungen von Cox-Reijven und Soeters [31] sowie Tataru und Tsuzaki [151] erst Werte ab 5 kHz gemessen werden, die dann auf R<sub>0</sub> extrapoliert werden.

#### 4.1.5 Diskussion der Verwendung von segmentalen Messungen

Abbildung 4 S. 30 zeigt, dass der Widerstand des gesamten Körpers hauptsächlich durch den gemeinsamen Widerstand von Arm und Bein bestimmt wird [144].

Da ein großer Teil der Magermasse (Muskelgewebe) in den Extremitäten liegt [144, 162], kann theoretisch allein die Messung des leitenden Volumens von Arm und / oder Bein zur überschlüssigen Bestimmung der fettfreien Masse des Gesamtkörpers benutzt werden [3].

In vorliegender Studie machen die Widerstände (R) von Arm und Bein aufsummiert in allen drei Untersuchungsgruppen ca. 85 - 87,5 % des Widerstandes des ganzen Körpers aus. Die beiden Gruppen mit Beinlymphödemen G1 und G2 weichen davon nicht ab.

Die ermittelten Werte entsprechen denen der Literatur bei Settle [144] mit 85 % und van Marken-Lichtenbelt [162], Stewart [147], Bracco [11] mit ca. 80 %.

Die Resistanzwerte der Beine links / rechts machen bei G1 38,8 / 40,1 %, bei G2 35,5 / 37,4 % und bei G3 39,8 / 40,4 % des aufsummierten Wertes aus und entsprechen damit den Vergleichswerten der Literatur für Gesunde [3, 4, 23, 35].

Bei den lymphödematös veränderten Beinen der Gruppen G1 und G2 der vorliegenden Studie hätten aufgrund der größeren Querschnittsfläche kleinere Widerstände erwartet werden können.

Die Werte der Verlaufskurven der Ganzkörper-, Arm- und Beinmessung bei 50 kHz von G1 (KPE und Fasten) liegen auf bzw. über dem Niveau von G3 (Fasten), während die von G2 (KPE) bei Bein- und Ganzkörpermessung deutlich darunter liegen (Abb. 7 und 8 S. 52).

Es überrascht, dass die Verlaufskurven von G1 und G2 bei gleichem Krankheitsbild, trotz unterschiedlicher Therapie, nicht mehr Ähnlichkeit aufweisen. Gruppe G2 verhält sich eher wie erwartet.

Unter der Annahme, die Ganzkörperbewertung erfolgte nur anhand der Arm-Resistenz-Werte, würden in den nachfolgenden Berechnungen die FFM-Werte der Gruppe G2 niedriger, der Fettgehalt entsprechend höher ausgewiesen.

Dies ist die Grundlage für die weitere Überlegung wie von Fuller und Elia [59] beschrieben, den gesunden Arm als Repräsentant zu verwenden um Aussagen über die Körperzusammensetzung bei Lymphödempatienten exclusive den erkrankten Beinen treffen zu können.

Um Größe und Muskelgehalt einer Extremität zu messen, werden bei klinischen Untersuchungen traditionell einfache anthropometrische Methoden verwendet. Ausgesuchte Umfänge und Hautfalten werden gemessen und in Formeln verarbeitet [126].

Eine Alternative zur Anthropometrie um die Zusammensetzung der Extremitäten zu bestimmen, stellt die segmentale BIA-Methode dar [84]. Die Extremität kann gesehen werden als drei elektrische Leiter, die Skelettmuskulatur mit niedrigem elektrischem Widerstand sowie Fettgewebe und Knochen mit hohem Widerstand (Abb.3 S. 27). Die Magermasse der Extremitäten, die hauptsächlich aus Skelettmuskel besteht, kann über die Resistanz R oder die Impedanz Z mit der BIA-Methode bestimmt werden. Neuere Studien zeigen eine gute Korrelation zwischen Extremitätenwiderstand bzw. daraus abgeleiteter Impedanz (Z) bei 50 kHz und der durch Röntgenabsorptionsmessung (DEXA) bestimmten "weichen" FFM der Extremitäten [80, 118].

Eine Begrenzung der BIA-Technik im Moment ist das Fehlen allgemein anerkannter Formeln, die die Werte der Körper-Segment-Impedanz (in Ohm) in Flüssigkeitsvolumen (in ml) überführen, wie es bereits für die Ganzkörpermessung existiert [170]. Erste Ansätze zur Bestimmung von Extrazellulärflüssigkeit in Körpersegmenten über eine Formel die auf der Suspensionstheorie von Hanai [69] basiert, gibt es von Tatara und Tsuzuki [151].

Ein Qualitätskriterium für die Genauigkeit der Durchführung der Messung und der Elektrodenpositionierung ist der Vergleich der aufsummierten Messungen der Einzelsegmente mit der Ganzkörpermessung bei 50 kHz.

In vorliegender Studie liegen die Werte der aufsummierten Messungen in allen drei Gruppen ohne Unterschiede um 5 - 7 % höher als die Ergebnisse aus der Ganzkörpermessung. Die Werte liegen gut verglichen mit denen der Literatur wie bei Baumgartner et al. [3] mit +16 %, Fuller und Elia [59] mit +10 % sowie Stewart et al. [147], Chumlea et al. [23] und Bracco et al. [11].

In allen Studien, bei denen die Messelektrode nach der konventionellen Methode gewechselt wurde, war die Summe der segmentalen Z (oder R) höher als der Ganzkörperwert [11]. Dies überrascht nicht, da es eine Vereinfachung der realen Situation ist, den menschlichen Körper als eine Serie von separaten Widerständen zu sehen, die aufsummiert werden können [3]. Wie einige Autoren meinen [59, 147], kann eine Überlappung der leitenden Wege der angrenzenden Segmente stattfinden. So ist der kürzeste Weg des Stromes bei der Ganzkörpermessung z. B. über die Gewebe der Axilla, aber bei einer getrennten Messung von Arm und Rumpf werden die Elektroden aus Gründen der Reproduktivität am Acromion plaziert. Fehler, die von unzureichendem Kontakt zwischen Haut und Elektroden herrühren, vervielfachen sich bei den aufsummierten Messungen der Einzelsegmente im Vergleich zur Ganzkörpermessung und können ebenfalls zu dieser Diskrepanz beitragen [59].

Organ et al. [121], Scheltinga et al. [138] und Bracco et al. [10, 11] verwendeten für ihre segmentalen Messungen jeweils andere Elektrodenanordnungen als Chumlea et al. [23] und erhielten eine Summe der segmentalen Widerstände, die annähernd denen der Ganzkörpermessung entsprechen. Organ et al. [121] erklären dies durch die Diskrepanzen bedingt durch den inhomogenen Aufbau des Rumpfes, während die Stromverteilungsräume in den Extremitäten nur wenig wechseln. Allerdings steht laut Pirlich [128] die Elektrodenanordnung von Organ [121] im Stadium des Experimentes und ist für eine breite Anwendung noch nicht geeignet.

Auch in neueren Studien wie von Cox-Reijven und Soeters [31] oder Baumgartner et al. [4] wird nach wie vor die konventionelle Elektrodenanordnung [23] verwendet.

## 4.2 Anthropometrie / Vierhautfalten-Formel

Gegenüber der BIA-Methode kann die Anthropometrie auf eine lange Geschichte zurückblicken. In der Erfassung des Ernährungszustandes bzw. des Übergewichtes und der Beurteilung von Reduktionsmaßnahmen, aber auch bei der Bewertung lymphödematöser Extremitäten vor und nach der Therapie [19, 28, 45, 97, 104, 170] liegt seit langem ihr Einsatzgebiet.

Die Reproduzierbarkeit der Hautfaltenmessung ist in der Hand des Geübten gut. Wird die Messung durch ein und denselben Untersucher durchgeführt, beträgt der Variationskoeffizient etwa 5 %, bei verschiedenen Untersuchern etwa 15 % [117] bis 50 % [50].

Die Zuverlässigkeit der anthropometrischen Messungen bei Übergewichtigen ist weniger gut als bei Normalgewichtigen [18, 65]. Dabei sind Umfangsmessungen weniger fehlerbehaftet wie Hautfaltenmessungen. Dennoch sind bei extrem Adipösen die definierten Messpunkte der zentralen Umfänge nicht immer exakt auszumachen [183].

Dies war bei vorliegenden Untersuchungsgruppen nicht der Fall, trotz der teilweise großen zentralen Umfänge. Bei Erhebung und Interpretation der peripheren Umfänge muss bedacht werden, dass es auch bei Adipositas oft Probleme mit Ödemen geben kann [158, 183].

Die Hautfaltendicke wird ab 45-50 mm nicht mehr genau erfasst, deshalb sollten Werte in dieser Größenordnung mit Vorsicht interpretiert werden [65, 94].

Die Fehler durch die Beinödeme wurden minimiert, da lediglich die laterale Wadenhautfalte als Parameter für Gewebeveränderungen im ödematösen Gebiet gemessen wurde. Alle anderen untersuchten Hautfalten, als Parameter für Adipositas, lagen außerhalb des betroffenen Gebietes.

Die Formel nach Durnin und Womersley (4HFD) [42, 51, 65, 88, 123] hat bei Übergewichtigen Vorteile gegenüber anderen Formeln, da sie keine Abdominal- und Oberschenkelfalte verlangt, die oft über der Kapazität des Kalipers liegen [65]. Dennoch waren in vorliegender Studie vereinzelt Hautfaltendicken über 45 mm zu finden, die in die Formel eingehen, z. B. bei der suprailiakalen Hautfalte bei G1 und G2, der subskapularen in allen drei Gruppen und der Trizephshautfalte in G2.

Wie einleitend ausgeführt (s. S. 22), hängt die Hautfaltendicke nicht nur vom Fettgehalt, sondern auch vom Hydrierungsgrad ab. Um Veränderungen im Hydrierungsgrad durch Fasten auszuschließen, wurde ein Vorher-Nachher-Vergleich zu einigermaßen gewichtsstabilen Zeiten durchgeführt.

Diskrepanzen zwischen Hautfaltengleichungen u. a. Untersuchungsmethoden können zustande kommen, da das Verhältnis zwischen intraabdominalem und subkutanem Fett sich während einer Gewichtsreduktion verändern kann, während Hautfaltengleichungen immer ein festes Verhältnis zwischen intraabdominalem und subkutanem Fett voraussetzen. Bei Übergewichtigen mit eher gluteal-femoralem Fettverteilungsmuster verändert sich dieses Verhältnis während einer Gewichtsabnahme wenig, weil alle Fettdepots gleichmäßig abnehmen. Liegt hingegen eine abdominale Fettsucht vor, so verändert sich das Verhältnis während der Gewichtsabnahme aufgrund eines höheren Verlustes an intraabdominalem Fett [123].

Umfangsmessungen zur Dokumentation des Therapieerfolges der KPE werden von Ward [170] als zu unsensibel kritisiert, von Casley-Smith [20] hingegen bevorzugt, da damit auch "sonstige feste" Veränderungen des Lymphödems mit erfasst werden. Auch die Wadenhautfalte gibt über Gewebeveränderungen Auskunft. Ihre Erhebung war jedoch teilweise mit Schwierigkeiten verbunden, wie z. B. bei einer Patientin aus Gruppe G2 bedingt durch eine Papillomatose.

### 4.3 Versuchsanordnung

Der Vorteil der vorliegenden klinischen Studie war, dass Organisation und Durchführung sämtlicher Messungen in einer Hand lagen. Allerdings erforderten gewisse Rahmenbedingungen des Krankenhausablaufes Einschränkungen, die diskutiert werden sollen.

Unterschiedliche Fallzahlen in den einzelnen Gruppen (G1: n=16, G2: n=12; G3: n=24) führen bei der Auswertung bedingt durch die Regeln der Statistik eventuell zu Fehlinterpretationen bzgl. signifikanter bzw. nicht signifikanter Ergebnisse [92]. Das KH-Simbach ist keine reine Lymphklinik, deshalb waren größere Patientenzahlen in einem überschaubaren Zeitraum nicht verfügbar.

In künftigen Studien sollten die lymphödematösen Krankheitsbilder noch klarer differenziert und um entsprechende getrennte Untergruppen mit ausreichend großer Fallzahl für die Diagnosen Lymph- und Lipolymphödem erweitert werden. Auch in Bezug auf die Ausprägung des lymphödematösen Krankheitsbildes könnten Untergruppen für die Beurteilung hilfreich sein.

Die Studienteilnehmer wurden in drei ausgewählte nicht randomisierte Gruppen geteilt. Dadurch ergab sich eventuell eine ungewollte Strukturierung der beiden Gruppen mit lymphatischem Krankheitsbild in dem Sinn, dass diejenigen Patienten, die dem Fasten gegenüber aufgeschlossen waren (G1) auch generell motivierter für die Therapien waren.

Die Untersuchungsdauer war limitiert durch die begrenzte und unterschiedlich lange Aufenthaltsdauer der Patienten. Der ursprüngliche Gedanke war zwei Messungen vor und zwei nach dem Fasten in einer gewichtsstabilen Phase durchzuführen. Die Nachfastenphase war dafür letztlich zu kurz.

Längere Fastenzeiten und daraus resultierend größere Gewichtsabnahmen würden ein exakteres Bild abgeben. Ideal wäre ein parallel zur durchschnittlichen Dauer der KPE von 18 Tagen durchgeführtes Fasten. Diese Fastendauer ist für Erstfaster eventuell zu lang, zudem widerspricht eine zeitliche Standardisierung der Fastendefinition (s. S.16).

Die KPE-Therapie für Gruppe G1 und G2 war mit vorliegender zeitlicher Versuchsanordnung z. T. noch nicht abgeschlossen, daher kann angenommen werden, dass noch Flüssigkeitsverschiebungen im Bein vorliegen.

Gruppe G2 war mit 1700 kcal nicht isokalorisch, sondern unterkalorisch versorgt und hat dadurch an Körpergewicht abgenommen. Die isokalorische Versorgung jeder einzelnen Patientin nach Erhebung des individuellen Energiebedarfs, wäre im Rahmen dieser Arbeit nicht zu leisten gewesen.

Die abendliche Messung, anstatt einer morgendlichen, war aufgrund der im Hause sehr früh durchgeführten KPE unumgänglich, aber wegen der Fastentherapie, zumindest bei den Gruppen G1 und G3 weniger von Belang. Für Gruppe G2 galt die Standardisierung den zeitlichen Abstand nach dem Abendessen einzuhalten [62] und die Kompressionsbinden rechtzeitig vor der Messung abzuwickeln.

Die anthropometrischen Messungen wurden wie oft in der Literatur beschrieben auf der linken, nicht dominanten Körperseite durchgeführt, die BIA-Messungen auf beiden Körperseiten, aber wie üblich die rechte Körperseite ausgewertet.

## 5 Diskussion der Ergebnisse

### 5.1 Diskussion der Ergebnisse der Ganzkörperuntersuchungen

#### 5.1.1 Körpergewicht, Adipositasparameter und Fettverteilungsmuster

Anhand ihrer durchschnittlichen BMI-Werte von  $35,8 \pm 7,03 \text{ kg/m}^2$  bei G1,  $39,2 \pm 4,72 \text{ kg/m}^2$  bei G2 und  $32,5 \pm 3,85 \text{ kg/m}^2$  bei G3 werden nach gängiger Klassifizierung (s. S. 5) alle drei Gruppen unter Adipositas Grad II eingestuft. Die Patienten der Gruppen G1 und G2 mit lymphödematösen Beinen und somit fraglich stark ausgeprägter Adipositas sind mit einem durchschnittlichen absoluten Gewicht von  $92,6 \pm 17,5 \text{ kg}$  bzw.  $105,8 \pm 18,3 \text{ kg}$  schwerer als die nur adipösen Patienten der Gruppe G3 mit  $84,5 \pm 9,6 \text{ kg}$ . Die statistische Auswertung liefert keine signifikanten Unterschiede im Körpergewicht zwischen G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) weder vor noch nach der Behandlung. Dagegen unterscheiden sich die beiden Lymphgruppen G1 (KPE und Fasten) und G2 (KPE) nicht vor, aber nach der Behandlung signifikant im Körpergewicht.

In der BRD ist die Höhe des Übergewichtes altersabhängig [183]. In der vorliegenden Untersuchungsgruppe trifft dies nicht zu, möglicherweise aufgrund der Selektion bzgl. des Alters und des Gewichtes oder aus krankheitsbedingten Gründen, da mit Patienten und nicht mit Probanden gearbeitet wird.

Die positive signifikante Korrelation des Körperfettgehaltes (TBF) und des Hüftumfanges (UH) mit dem Körpergewicht bei allen drei Gruppen weist auf die Adipositas hin.

Eine dadurch bedingte ansteigende Zahl von Adipozyten mit entsprechendem Anstieg der intrazellulären Flüssigkeitskomponente kann für die signifikante Korrelation von ICW mit dem Körpergewicht bei allen drei Untersuchungsgruppen verantwortlich sein [54, 55]. Eine weitere Interpretation könnte sein, dass das interstitielle Wasser um die Fettzellen von BIA fälschlicherweise als intrazelluläres Wasser (ICW) registriert wird. Die ICW-Abnahme und die Abnahme des Körpergewichtes korrelieren in allen drei untersuchten Gruppen statistisch signifikant.

Wie bei Forbes [54, 55] beschrieben, steigt und fällt auch die Magermasse (LBM) mit dem Körpergewicht. Als mögliche Erklärungen führt er z. B. die Arbeitshypertrophie der Skelettmuskulatur, die Hypertrophie des Gastrointestinaltraktes und die ansteigende Zahl von Adipozyten mit entsprechendem Anstieg der intrazellulären Flüssigkeitskomponente an. Dies konnte in vorliegender Studie für die fastenden Gruppen G1 und G3 statistisch signifikant belegt werden, nicht für die KPE-Gruppe G2.

Die beiden Lymphgruppen G1 und G2 zeigen im Gegensatz zur reinen Fastengruppe G3 signifikante Korrelationen des Körpergewichtes mit dem Oberschenkelumfang (UOS).

Bei G2 zeigt das Körpergewicht keine signifikante Korrelation mit der Subscapularhautfalte, dem Taillenumfang und der Fettfreien Masse (FFM), was für eine Adipositas eher untypisch ist. Bei Gesunden existiert eine hohe Korrelation zwischen Körpergewicht und Körperwasser (TBW) [98]. In vorliegender Studie konnte dies bei G1 und G3, nicht bei Gruppe G2 als statistisch signifikant bestätigt werden.

Auffallend ist, dass G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) im Paarvergleich bereits vor Therapiebeginn in vielen untersuchten Parametern weniger statistisch signifikante Unterschiede

aufweisen als die beiden Gruppen mit lymphödematösem Krankheitsbild G1 und G2 (s. Tab. II im Anhang). Gruppe G2 verhält sich eher wie erwartet, während sich G1 wie G3 "adipös" verhält, bei allerdings unterschiedlichem Fettverteilungsmuster. Es kann spekuliert werden, ob die Patienten der Gruppe G1 "leichtere" Beinödeme aufweisen als G2 oder grundsätzlich offener gegenüber Therapien sind und deshalb der begleitenden Fastentherapie zugestimmt haben.

Die Ergebnisse der **Körpergewichtsveränderungen** unter Therapie zeigen, dass Gruppe G1 (KPE und Fasten) mit  $-4,96 \pm 1,49$  kg zwar mehr an Körpergewicht abnimmt als G3 (Fasten) mit  $-4,23 \pm 1,32$  kg, allerdings keine Summation aus den beiden Therapien, also eine Abnahme wie bei G2 mit  $-3,16 \pm 2,08$  kg und G3 zusammen, festgestellt werden kann.

Dies könnte am Fettverteilungsmuster liegen, da G1 mit eher gynoidem Muster im Fasten theoretisch weniger abnehmen dürfte als G3 mit eher androïdem, aufgrund der unterschiedlichen Aktivität der Lipoproteinlipase [167]. G1 bekommt zusätzlich zur Fastentherapie Lymphdrainage, deshalb die höhere Abnahme während der eigentlichen Fastenzeit im Vergleich zu G3.

Bei G2, die ausschließlich mit KPE behandelt wurde, verläuft die Körpergewichtsabnahme gleichförmiger. Sie nimmt wie in der Literatur beschrieben [12] mit zunehmender Behandlungsdauer stetig ab.

Die beiden Gruppen mit Fastentherapie G1 und G3 zeigen dagegen den immer wieder beschriebenen Verlauf mit hohen Körpergewichtsverlusten in der Vorfasten- und Fastenphase und leichten Anstiegen in der Nachfastenphase [18, 64, 114]. Dieser charakteristische Verlauf wird bestimmt durch die FFM-Abnahme, da Leber- und Muskelglykogen abgebaut und daran gebundenes intrazelluläres Wasser ausgeschieden wird [13, 93, 114, 123]. Dies konnte in der vorliegenden eigenen Untersuchung belegt werden (s. S. 65).

Der Verbrauch der Glykogenspeicher darf nicht missinterpretiert werden als Verlust von proteinreicher Magermasse [93]. Zudem erfolgt eine vermehrte Wasserausscheidung durch den Wegfall von Kochsalz mit der Nahrung [173]. Beides wird nach dem Fasten wieder eingelagert [64, 18].

Wie von Brubacher [14] für Fastengruppen beschrieben, findet sich auch in vorliegender Studie bei keiner Gruppe, auch nicht in der reinen KPE-Gruppe (G2), eine signifikante Korrelation zwischen dem Ausgangskörpergewicht und der Körpergewichtsabnahme.

Das **Fettverteilungsmuster** dient der phänomenologischen Klassifikation der Adipositas [32]. Ab Werten der WHR größer 0,85 besteht erhöhtes Gesundheitsrisiko bei Frauen [117] wie in vorliegender Studie in allen drei Untersuchungsgruppen gegeben mit einer WHR von  $0,86 \pm 0,05$  bei G1, von  $0,90 \pm 0,08$  bei G2 und von  $0,90 \pm 0,05$  bei G3. Während den Behandlungen kommt es zu nicht statistisch signifikant ausgewiesenen Abnahmen der WHR, während die beiden Einzelparameter Taillen- und Hüftumfang signifikant abnehmen. Dies entspricht den Angaben in der Literatur [134], wonach bei raschen Körpergewichtsabnahmen die WHR nicht wesentlich verändert wird, was sich mathematisch erklären lässt, wenn sich Zähler (Taillenumfang) und Nenner (Hüftumfang) durch die Gewichtsabnahme ähnlich verändern.

Da die Umfangsmessungen nichts über die Aufteilung in viszerales oder subkutanes Fettgewebe bzw. Magermasse aussagen, liefert die WHR keine Hinweise über Veränderungen der Abdominalregion [134].

Die Verwendung nur einer Messgröße reduziert die Fehlermöglichkeiten [152]. So sagt der Taillenumfang mehr über die intraabdominale Fettmasse aus als die WHR. Er spiegelt sowohl den absoluten Fettgehalt wider als auch das abdominale Fett und wird nicht stark von der Körpergröße beeinflusst [68,152]. Dagegen hängt der Hüftumfang stark vom Bau des Beckens ab und ist deshalb als Einzelparameter weniger geeignet [152].

Während Lean et al. [105] bei einem Taillenumfang bei Frauen > 80 cm von einem erhöhten Risiko, bei > 88 cm von einem deutlich erhöhten Risiko sprechen, setzt Müller [117] einen Umfang von > 100 cm als höheres kardiovaskuläres Risiko an. Mit Taillenumfängen von  $101,2 \pm 12,9$  cm (G1),  $110,5 \pm 9,7$  cm (G2) und  $103,1 \pm 9,1$  cm (G3) liegen alle drei Untersuchungsgruppen im erhöhten Bereich, auch nach Abschluss der Therapie, trotz statistisch signifikanter Abnahmen.

Von Mueller et al. [zit. in 167] stammt ein kombinierter Index, der zentrales Körperfett und Körperfett der Extremitäten beschreibt, der Taillen-Oberschenkel-Quotient (WTR), der bei Frauen besser mit dem CT-Befund von intraabdominalem Fett korreliert als die WHR. Die Ergebnisse vorliegender Studie liefern für die WTR bei Gruppe G2 mit  $1,60 \pm 0,13$  einen unerwartet hohen Wert trotz der krankheitsbedingt extrem großen Oberschenkelumfänge. Dies lässt zwei Vermutungen zu, einmal dass die Gruppe stark adipös ist, zum anderen, dass auch die Bauchregion lymphödematös verändert ist. Dagegen liegt Gruppe G1 mit  $1,52 \pm 0,16$  deutlich darunter, wie für Patientinnen mit lymphödematös veränderten Beinen erwartet. Gruppe G3 weist mit  $1,69 \pm 0,20$  den höchsten Wert auf und unterscheidet sich statistisch signifikant von G1 bei statistisch gleichem Körpergewicht, ein weiterer Hinweis für das abdominale Fettverteilungsmuster bei G3. Vergleichswerte in der Literatur finden sich bei Pasquali et al. [124] mit 1,61 bis 1,63 bei einem in Alter und Gewicht vergleichbarem Kollektiv, bei Heitmann [74] bei Frauen mit gleichem Alter, aber niedrigerem Gewicht mit durchschnittlich  $1,48 \pm 0,15$  und bei Vogel und Friedl [167] mit ca. 1,34 bei jüngeren und schlankeren Frauen.

### **5.1.2 Ausgewählte Blutparameter in Bezug auf Fastenstoffwechsel und Lymphödemproblematik**

Vergleiche mit der Literatur fallen schwer, da die dort verwendeten Fastenformen, Kurz- und Langzeitprogramme, oft nicht ausreichend differenziert dargelegt werden. Vergleichswerte von Lymphödempatienten mit Normgewichtigen liegen vor [137], nicht mit Adipösen.

Die Parameter des Eiweißstoffwechsels zeigen im Fastenverlauf über 21 Tage nur Veränderungen im Normbereich [146]. Serumalbumin oder Globuline bleiben auch während langer Fastenzeiten konstant [114]. Wirth [183] berichtet von geringgradig sinkenden Albuminspiegeln unter Reduktionsdiät als Ausdruck des Proteinabbaus in Organen.

In vorliegender Studie kommt es zu einer signifikanten Abnahme bei Alpha-2-Globulin und Beta-Globulin bei den fastenden Gruppen G1 und G3 sowie der Gamma-Globuline bei G2 (KPE). Der Beta-Globulin-Wert bei G1 lag allerdings vor Beginn des Fasten über der Norm (0,85), die Veränderungen der beiden anderen Werte liegen innerhalb des Normbereiches. Die Bedenken, ein sinkender Bluteiweißgehalt könnte sich über die Verringerung des kolloid-osmotischen Druckes negativ auf das Ödem auswirken, konnte in vorliegender Kurzzeitbeobachtung, nicht bestätigt werden wie die Beinumfangsmessungen belegen (s. S. 84). Die Proteinkonzentration der interstitiellen Flüssigkeit in Lymphödemem variiert, ist aber niedriger als die des Plasmas [53, 171]. Ob die Eiweißmenge des Ödems, die durch die manuelle Lymphdrainage dem Blutkreislauf zugeführt wird, alimentär verwendet und zur Energiegewinnung herangezogen werden kann, kann vermutet werden, ist jedoch noch nicht untersucht worden.

Viele Blutbestandteile sind Elektrolyte oder repräsentieren Ionenkonzentrationen im Körper [25]. Der elektrische Widerstand ist grundsätzlich bestimmt durch die Ionenkonzentration und steigt

im allgemeinen mit sinkender Ionenkonzentration [154]. Veränderungen der Serum-Elektrolyte [13, 73, 99] und des Hämatokritwertes [24, 73, 84, 99] führen zu Veränderungen von Impedanz und spezifischem Widerstand unabhängig vom Flüssigkeitsvolumen.

In vorliegender Studie sinken in G1 (KPE und Fasten) die Natrium- und Kaliumwerte statistisch signifikant innerhalb des Referenzbereiches, der Hämatokritwert steigt in G3 signifikant.

Der Leukozytenwert geht in allen drei Gruppen während der Behandlung zurück, in G1 und G3 statistisch signifikant. Da die Werte vor und nach der Behandlung im unteren Normbereich liegen, kann dies nicht als Zeichen zurück gehender Entzündungen gewertet werden, obwohl neben den lymphödematösen Krankheitsbildern in den Gruppen G1 und G2, auch in G3 chronisch entzündliche Krankheitsbilder als Diagnosen vorkommen (s. Tab. 2c S. 37).

Fibrinogen hat den größten Einfluss auf eine Reihe von Faktoren der Fließeigenschaften des Blutes. Der BMI ist positiv mit dem Fibrinogenspiegel korreliert. Unter Reduktionskost sinken die Fibrinogenspiegel, wenngleich das laut Wirth [183] nicht in jeder Studie nachgewiesen wurde. In vorliegender Studie sinken die Fibrinogenwerte in allen drei Gruppen, allerdings nicht statistisch signifikant. Körpergewicht und Fibrinogen korrelieren bei keiner der drei Gruppen zu den untersuchten Messzeitpunkten statistisch signifikant.

Gewichtsreduktion kann kurzfristig zu einer Erhöhung der Harnsäure führen, der langfristige Effekt besteht in einer deutlichen Reduktion [45]. Beide Gruppen mit Fastentherapie G1 und G3 zeigen eine Zunahme der Harnsäurewerte, die bei G1 als statistisch signifikant ausgewiesen wird. Laut Leitlinien der Deutschen Adipositas-Gesellschaft [45] beschrieben sämtliche großen Untersuchungen einen Zusammenhang zwischen Körpergewicht und Lipoproteinparametern, wobei die Triglyzeride für Adipöse (BMI > 30) um ca. 30 mg/dl höher lagen als bei Normalgewichtigen und von einer Gewichtsreduktion besonders profitierten.

In allen drei Gruppen kommt es zu einer Abnahme der Triglyzeride. In der adipösen Gruppe G3 ohne Beinödeme ist die Abnahme statistisch signifikant. Körpergewicht und Cholesterin sowie KG und Triglyzeride korrelieren in keiner Gruppe, KG und Harnsäure lediglich bei Gruppe G1.

### 5.1.3 BIA-Rohdaten und Impedanz-Index

In vorliegender Studie sinkt das Körpergewicht während der Therapien, die absoluten Werte der Resistanz R steigen nur wenig, aber für G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) statistisch signifikant, an (Tab. 7 S. 54).

Es besteht bei keiner Gruppe eine statistisch signifikante Korrelation zwischen dem R-Wert weder der linken noch der rechten Körperseite bei 50 kHz und dem Körpergewicht (Tab. VII Anhang). Daraus kann zum einen gefolgert werden, dass der Gewichtsverlust eher aus Fettgewebsverlust resultiert als aus Wasserverlust (s. S. 59). Zum anderen handelt es sich eher um eine Abnahme von intrazellulärem Wasser (s. S. 65), das den R-Wert nicht so stark verändert, und weniger um extrazelluläres Wasser.

Vergleichswerte der Resistanz aus der Literatur liegen für Einfrequenzgeräte (50 kHz) vor. So diskutiert Baumgartner [4] die Auswirkungen von Fettgewebe direkt auf die BIA-Messung und liefert Resistanzwerte von übergewichtigen Frauen von  $515,98 \pm 56,34$  Ohm.

Forbes et al. [56] führen in einer Metaanalyse sieben Studien (n = 108) an und kommen zu dem Ergebnis, dass die Gewichtsveränderungen einen zuverlässigeren Hinweis auf Veränderungen der Magermasse geben als die Veränderungen der Resistanzwerte.

Vazquez [163] berichtet über durchschnittlich 8 kg Körpergewichtsabnahme bei 16 übergewichtigen Frauen unter Reduktionskost, aber keiner signifikanten Veränderung von Resistanz oder Reaktanz, obwohl die Gleichungen Verluste der FFM über die dreißigtägige Behandlungszeit zeigten. Hendel [76] misst nach einjährigem Untersuchungszeitraum einen statistisch nicht signifikanten Unterschied der Resistanz von  $19 \pm 59$  Ohm bei einer Gewichtsreduktion von  $11,7 \pm 7,4$  kg. Van der Kooy et al. [160] beobachteten bei übergewichtigen Frauen während einer mehrwöchigen Reduktionskost eine Zunahme der Resistanz um  $22 \pm 22$  Ohm von ursprünglich  $480 \pm 55$  Ohm bei einer Gewichtsabnahme von  $11,4 \pm 4,0$  kg. Gray [64] berichtet über ein vierzehntägiges Fasten mit rapiden Anstiegen der Resistanzwerte während der ersten Woche, die sich in der zweiten stabilisierten und die anfängliche Diurese widerspiegeln.

Der Impedanzindex  $L^2/R$  bei 50 kHz entspricht dem leitfähigen Volumen und somit in etwa der Fettfreien Masse (43). Die prozentuale Abnahme bei verschiedenen Frequenzen kann qualitativ interpretiert werden in Richtung einer Abnahme von intra- oder extrazellulärem Wasser [128] (Tab. V Anhang). Die Reaktanzwerte  $X_c$  in vorliegender Studie entsprechen in ihrer Höhe denen in der Literatur für adipöse Frauen [4]. Sie unterscheiden sich nicht signifikant zwischen den drei Gruppen und verändern sich durch die Behandlungen in keiner der Gruppen statistisch signifikant. Die Reaktanzwerte stehen in Beziehung mit dem Extrazellulärwasser (ECW) [138].

Seitenvergleiche der Ganzkörpermessung sollten klären, ob die Methode in der Lage ist, die nie ganz symmetrischen lymphödematösen Beine der Gruppen G1 und G2 im Vergleich zu den nur adipösen Beinen der Gruppe G3 aufzuzeigen.

In vorliegender Studie korrelieren die beiden Körperseiten bei den Ganzkörpermessungen bezüglich ihrer R-Werte bei 50 kHz statistisch signifikant über alle Messungen in allen drei Gruppen, auch in G1 und G2 trotz Lymphödem. Aber Korrelation heißt nicht gleich Symmetrie!

Deurenberg et al. [38] führen drei Literaturstellen an, die belegen, dass auf der rechten Körperseite gemessene Resistanz-Werte (bei 50 kHz) kleiner sind als auf der linken. Ihrer Meinung nach resultieren die kleineren Resistanzwerte, also das größere leitfähige Volumen, aus dem muskulöseren dominanten rechten Arm, der sich stark auf die Ganzkörperresistenz auswirkt. Die beschriebenen Verhältnisse sind in vorliegender Studie nur bei Gruppe G3 zu sehen. Bei den beiden Gruppen G1 und G2 mit lymphödematös veränderten Beinen, ist jeweils das linke Bein stärker betroffen. Die daraus resultierenden niedrigeren R-Werte dieser linken Beine wirken sich auf die Ganzkörper-Resistenzwerte aus, die dann niedriger als auf der rechten Körperseite sind (Abb. 7 und 8 S. 52).

## 5.1.4 Differenzierung des Körpergewichtes in Fettfreie Masse (FFM) und Fettmasse (TBF)

### 5.1.4.1 Statusmessungen von FFM und TBF im Methodenvergleich

Die Fähigkeit der konventionellen BIA-Messung die Körperzusammensetzung in adipösen Populationen zu bewerten, wurde von einigen Autoren in Frage gestellt [4, 18, 76, 148]. Viele Untersucher haben berichtet, dass die verwendeten Gleichungen die FFM in Übergewichtigen Personen überschätzten, verglichen mit Unterwasserwiegen und anderen Referenzmethoden [4, 18, 35, 38, 76, 117, 123, 143]. Dies wurde bereits 1988 von Segal et al. [143] beschrieben, die daraufhin eine fettspezifische und für beide Geschlechter getrennte Formel entwickelten. Sie kam in vorliegender Arbeit, neben der BIA-Nutri4- [33] und der Hautfaltenformel nach Durnin und Womersley (4HFD) [42], zur Anwendung.

In vorliegender Studie weisen die beiden BIA-Auswertungen Nutri4 und Segal bei den Lymphgruppen G1 und G2 sowohl vor als auch nach den Behandlungen die FFM niedriger, die TBF entsprechend höher, als die 4HFD-Formel aus. Sie reagieren damit "BIA-untypisch" und liefern keine höheren FFM-Werte als die Hautfaltenformel.

Bei G3, der adipösen Gruppe ohne Lymphödeme, weist die BIA-Auswertung über die Nutri4-Formel die FFM höher aus als die 4HFD-Formel, während die Segal-Formel erwartungsgemäß niedrigere Werte für FFM, folglich höhere für das TBF liefert.

Dies erklärt sich dadurch, dass Nutri4 durch die verschiedenen Frequenzen das intrazelluläre Wasser (ICW) der fettfreien Fettgewebsmasse mit misst und der FFM bzw. LBM zuschlägt, die dadurch höher wird [117]. Bei der Formel nach Segal wird nur die Frequenz 50 kHz verwendet, folglich wird das ICW der fettfreien Fettgewebsmasse nicht identifiziert und deshalb der Fettmasse (TBF) zugeordnet. Der FFM- bzw. LBM-Wert ist also kleiner.

In der Literatur werden verschiedenste Gründe für Verzerrungen der durch Einfrequenz-BIA bei 50 kHz ermittelten Werte bei Adipositas und Gewichtsabnahme angeführt:

- Bei Übergewicht sind Wassergehalt oder Flüssigkeitsverteilung in Fettfreier Masse oder Fettgewebe oder beidem verändert. Die Referenzmethoden, die zur Kalibrierung der Vorhersageformeln verwendet werden, beachten diese Veränderungen nicht [4, 35, 115], folglich werden Fehler übertragen.

Der Wassergehalt der FFM kann mit zunehmendem Fettgehalt bei Adipositas ansteigen [84] von 72,6 % auf 77,5 % [35, 100]. Dieser Anstieg beeinflusst die Sicherheit der BIA-Formeln zweifach [143, 148]. Zum einen basieren sie auf einem Zwei-Kompartimentmodell mit der Annahme die Dichte der FFM sei unabhängig vom Körperfettgehalt konstant, zum anderen ist der individuell unterschiedliche Wassergehalt die Hauptquelle für intraindividuelle BIA-Variabilitäten. Dagegen führen Wang et al. in ihrer 1999 veröffentlichten Arbeit [169] aus, dass Adipositas die Hydrierung der FFM kaum beeinflusst, aber die des fettfreien Fettgewebes.

Der extrazelluläre Wassergehalt des subkutanen Fettgewebes unterscheidet sich zwischen Individuen und steigt mit dem Ausmaß des Fettgewebes. Die ansteigende Hydrierung kann das Überschätzen der FFM durch BIA bei 50 kHz verursachen und folglich das subkutane Fettgewebe bei stark Adipösen unterschätzen [22, 168]. Grund ist der niedrigere spezifische Widerstand des extrazellulären (ECW) im Vergleich zum intrazellulären Wasser (ICW) [35, 36, 38, 39].

- Durch die Adipositas verändert sich die Körpergeometrie. Adipositas betrifft den ganzen Körper, mit steigender Adipositas zunehmend auch die Abdominalregion. Da Arme und Beine

den Großteil des Resistanzwertes (R) ausmachen, fällt eine abdominale Adipositas über den Gesamt-R-Wert kaum auf, da der Rumpf nur einen geringen Anteil daran nimmt [4, 18, 33, 35, 57]. Die FFM-Werte werden zu niedrig ausgewiesen und das Körperfett überschätzt.

- Das ansteigende Volumen des Fettgewebes relativ zum Muskelgewebe bei Übergewichtigen beeinflusst die Messung der Resistanz direkt. Die theoretische Basis dieser Hypothese liegt in der Parallelschaltung der Widerstände der unterschiedlichen Gewebe [4] wie in Abb. 3 S. 27 veranschaulicht.

Für Personen mit ausgeprägter Adipositas sollten populationspezifische BIA-Gleichungen, z. B. innerhalb von Patientengruppen mit unterschiedlichem BMI, erarbeitet werden. Möglicherweise können segmentale Messungen bei stark adipösen Patienten einen Vorteil bieten [128].

Liegt neben der Adipositas zusätzlich ein Lymph- bzw. Lipolymphödem der Beine wie bei G1 und G2 vor, so können weitere Verschiebungen vermutet werden.

Da darüber keine Literatur gefunden wurde, werden eigene Überlegungen über mögliche direkte Veränderungen der Resistanz durch lymphödematös verändertes Gewebe angestellt:

Durch das Lymphödem als interstitiellem Ödem steigt der Anteil an extrazellulärer Flüssigkeit (ECF) der LBM, somit sinkt der Widerstand R. Andererseits steigt der Anteil an extrazellulären festen Bestandteilen (ECS) der LBM durch Gewebeveränderungen als Folge des eiweißreichen Ödems. Durch diese höhere Zellmasse steigt der Widerstand.

Je nach Konsistenz des Ödems, die wiederum abhängig ist von der Krankheitsdauer und der Differentialdiagnose Lymph- oder Lipolymphödem, fällt die eine oder andere Komponente mehr ins Gewicht.

Es kann spekuliert werden, ob die ECS-Anstiege von der Nutri4- und Segal-Auswertung nicht fälschlicherweise dem TBF zugewiesen werden (s. S. 109 und S. 119).

Hinzu kommt der bereits beschriebene ICW-Anstieg der fettfreien Fettmasse bedingt durch die Adipositas, der ebenfalls unter Umständen falsch zum TBF zugeordnet wird. Somit würde die FFM bzw. LBM dann zu niedrig ausgewiesen.

Beim Lymphödem bzw. Lipolymphödem in dieser Studie sind beide Beine betroffen.

Ein Ansteigen des ECW von z. B. 40 % in einem Körpersegment führt laut Chumlea [24] nur zu einem Anstieg von 10 % des ECW-Gesamtvolumens. Somit könnte vermutet werden, dass sich eine Verringerung des Bein-R-Wertes bedingt durch das Lymphödem in der Ganzkörpermessung „verliert“. Dies ist in vorliegender Studie nicht der Fall wie Abb. 7 und 8 S. 52 zeigen.

Die grundlegenden Studien zur 4HFD-Formel nach Durnin und Womersley wurden bei Personen mit mehr als 15 % Körperfett bei bis zu 121,5 kg absolutem Körpergewicht durchgeführt. Ihre Ergebnisse stimmten relativ genau mit denen der Referenzmethode Densitometrie überein [51]. In der Literatur werden die durch diese Auswertungsformel ermittelten Ergebnisse dennoch unterschiedlich bewertet. Die verwendeten Referenzmethoden mit ihren jeweiligen Schwachstellen ist wahrscheinlich entscheidend für die Beurteilung [167].

Wilmore et al. [181] fanden heraus, dass die 4HFD-Formel das prozentuale Körperfett bei bestimmten Populationen um 3 - 4 % überschätzt. Jenkins [88] führt Studien an, die ergaben, dass das prozentuale Körperfett bei diesen Gruppen um 1,7 - 17 % unterschätzt wurde.

Auch nach der Erfahrung von Fulcher et al. [58] unterschätzen die Hautfaltenmessungen den prozentualen Fettgehalt bei stark Übergewichtigen und überschätzen somit die LBM.

Laut Gray et al. [65] existiert sowohl für das Unter- wie auch für das Überschätzen des prozentualen Körperfettgehaltes durch die 4HFD-Formel eine plausible Hypothese:

Das intraabdominale Fett steigt im Vergleich zum subkutanen Fett stärker an mit zunehmendem TBF, deshalb neigt die Hautfaltenmessung, die subkutanes Fett misst, dazu das TBF zu unterschätzen. Wenn aber das ansteigende TBF verbunden ist mit einem Anstieg der extrazellulären Flüssigkeit, so reduziert sich die Dichte der Magermasse unter den festgelegten Wert von  $1,1 \text{ kg/dm}^3$  und das prozentuale Körperfett scheint durch diese Auswertung überschätzt zu werden.

Über die Vergleichbarkeit der Werte, die durch Impedanzmessung und Anthropometrie erhalten werden, gehen die Meinungen in der Literatur ebenfalls auseinander.

Obwohl keine direkte theoretische Verbindung zwischen Impedanz und relativem Körperfettanteil besteht, gibt es laut Houtkooper et al. [83] eine gute Vergleichbarkeit. Dies berichten auch andere Arbeitsgruppen [38, 41, 43].

Einige Studien haben keinen besonderen Vorteil der BIA-Messungen mit Einfrequenzgeräten gegenüber der Hautfaltendickemessung ergeben, egal ob die Referenzmethode Densitometrie [41, 59], Wasserverdünnungstechniken [130] oder die verfeinerten Vier-Kompartiment-Techniken [60] sind. Dagegen sind laut Fulcher et al. [58] und Kushner et al. [100] die durch BIA gewonnenen Werte von LBM sicherer als die durch die 4HFD-Formel bestimmten Werte. Gray et al. [65] fanden, dass mit ansteigendem Körperfett die Residuen, im Vergleich BIA und Anthropometrie zur Referenzmethode Densitometrie, von negativ auf positiv gehen. Also überschätzen die beiden Methoden bei Personen mit niedrigerem Körperfett den prozentualen Körperfettgehalt, während sie ihn bei Personen mit hohem Fettgehalt unterschätzen. Dies zeigt, dass mit dem sich ändernden Körperfett eine Verzerrung entweder in der HFD-Messung und der BIA oder bei der Referenzmethode des Unterwasserwiegens stattfindet.

In vorliegender Studie kommt es beim Vergleich der FFM-Werte bei BIA-Nutri4 und 4HFD bei G1 (KPE und Fasten) und G2 (KPE) zu einem systematischen Fehler mit negativem Vorzeichen, also die 4HFD-Formel weist höhere Werte aus, bei G3 (Fasten) hingegen mit positivem Vorzeichen. Die Auswertung nach Bland-Altman zeigt, dass die beiden Methoden in ihrem Ergebnis, aufgrund der großen individuellen Unterschiede in der FFM, nicht vergleichbar sind.

Es existiert im Moment keine Methode mit der man den prozentualen Körperfettgehalt fehlerfrei bestimmen könnte [43], denn keine Methode wurde beim Menschen validiert. Bisher wurden nur acht menschliche Leichen direkt gemessen, aber keine indirekten Messungen im Vergleich dazu durchgeführt. In der Praxis bedeutet das, da Ganzkörperzählung und Körperwassermessungen nur selten verwendet werden, dass faktisch alle Techniken zur Bestimmung des Körperfettes auf den speziellen Annahmen beruhen, denen die Densitometrie unterliegt, die fälschlicherweise immer noch als Goldstandard betrachtet wird [115].

Der aus dem Methodenvergleich erhaltene TBF-Gehalt prozentual zum Körpergewicht, zeigt, dass die Patienten der Gruppen G1 und G2 anhand der BIA-Auswertungen nicht nur schwerer, sondern auch adipöser als die Patienten von G3 sind. Dagegen liegen nach der 4HFD-Formel die Gruppen G1 und G3 im prozentualen Fettgehalt annähernd gleich, während der Wert von G2 höher ist. Alle drei Gruppen, auch die Gruppen mit lymphödematös veränderten Beinen, weisen einen eindeutig erhöhten prozentualen Körperfettanteil auf.

Die statistischen Verhältnisse der Gruppen zueinander ändern sich durch die Behandlungen nicht. Der prozentuale Fettgehalt nimmt unabhängig von der angewandten Methode in allen drei Gruppen um etwa einen Prozentpunkt ab, ein Hinweis auf den hohen Anteil an Fettgewebs-

abnahme an der Körpergewichtsreduktion. Um eine eindeutige Veränderung des prozentualen Fettgehaltes bei 95 % der untersuchten Individuen aufzudecken, müsste er sich laut Evans [47] allerdings um mindestens 3,8 Prozentpunkte verändern.

Eine Beurteilung, welches Messergebnis aus den drei angewandten Formeln dem tatsächlichen Fettgehalt des Körpers am besten entspricht, ist nur über eine Evaluierung mit exakteren Methoden, wie z. B. der Computertomographie, möglich.

Für die Praxis ist entscheidend, dass die Methoden über weite Gewichtsbereiche hinweg zuverlässig Veränderungen in der Körperzusammensetzung ermitteln können, ohne dass jedoch die mit verschiedenen Methoden ermittelten Ergebnisse direkt miteinander vergleichbar sind [149].

#### **5.1.4.2 Veränderungen von FFM und TBF im Methodenvergleich**

Es muss betont werden, dass die getroffenen Beurteilungen der Veränderungen der Körperzusammensetzung sich von den tatsächlichen Veränderungen unterscheiden, weil keine in-vivo-Methode verfügbar ist, die als "Goldstandard" betrachtet werden kann.

Wie bereits diskutiert, existieren unterschiedliche Meinungen, inwieweit die BIA-Methode Veränderungen der Körperzusammensetzung, z. B. durch Energieeinschränkung oder Sport, sicher vorhersagen kann. Mit der konventionellen Arm-Bein-Messung bei tetrapolarer Elektrodenanordnung konnten in einigen Studien sichere Aussagen zur Veränderung der Körperzusammensetzung berichtet werden [100, 101, 143], aber nicht in allen Studien [40, 76, 160, 163].

BIA erfasst Veränderungen der FFM bei leicht bis stark Übergewichtigen mit größerer Sicherheit als die 4HFD-Messung mit Deuteriumoxid-Dilution als Referenzmethode [100].

Han [67] favorisiert die Segal-Formel nach Vergleich verschiedener BIA-Formeln mit der Anthropometrie (BMI und 4HFD-Formel) und Hydrodensitometrie als Referenzmethode.

Laut Heitmann et al. [75] sind Fehler in den Referenzmethoden, die durch getroffene Annahmen zustande kommen, weniger von Bedeutung, wenn Veränderungen der Körperzusammensetzung betrachtet werden. Dies kann durch vorliegende Studie bestätigt werden, denn, obwohl die Höhe der absoluten FFM-Werte zwischen den einzelnen Methoden variieren, zeigen alle ungefähr dieselbe Sensitivität gegenüber der Reduktion der FFM.

Über die Darstellung der durchschnittlichen Differenzen im Paarvergleich der drei Auswertungsmethoden zeigt sich, dass die Höhe der systematischen Fehler während der Therapien annähernd gleich bleiben, obwohl die Höhe der Diskrepanz beträchtlich ist.

Daraus kann gefolgert werden, dass die Methoden (BIA-Nutri4, BIA-Segal und 4 HFD) nicht im Austausch gegeneinander verwendet werden sollten um relative Veränderungen der Körperzusammensetzung bei übergewichtigen Patienten während der Therapien aufzuzeigen.

In vorliegender Studie liegt in allen drei untersuchten Gruppen bei allen drei Methoden die durchschnittliche absolute TBF-Abnahme höher ( $G1 > G3 > G2$ ) als die durchschnittliche absolute FFM-Abnahme ( $G1 > G3 > G2$ ) bei hohen Standardabweichungen.

Laut Forbes [55] ist der Anteil des TBF an der Gewichtsabnahme um so höher, je höher das Körpergewicht ist. Das Verhältnis der Abnahme von Mager- zu Fettmasse liegt bei Schlanken größer 0,6, bei Adipösen um 0,2 - 0,3 [55, 167]. Die typische Zusammensetzung der Gewichtsreduktion beträgt 15-25 % FFM und 75-85 % TBF [47, 123].

Die Ergebnisse der FFM- und TBF-Anteile an der Gewichtsreduktion der drei hier untersuchten Gruppen liegen in dieser Größenordnung. Auch G2 mit lymphödematösen Beinen und alleiniger KPE-Behandlung liefert eine eher kleine FFM-Abnahme im Vergleich zur TBF-Abnahme. Dies lässt spekulieren, ob der Fettabbau durch die unterkalorische Ernährung (1700 kcal) bedingt ist oder die KPE dafür verantwortlich ist, da dadurch Blutfluss und Vasomotion steigen und somit der Fettstoffwechsel angekurbelt wird [175]. Földi [53] meint, dass über die KPE selbst erst in der Phase II eine Reduktion der Fibrose zustande kommt und [52] eventuell eine Reduktion des Fettgewebes. Eine weitere Möglichkeit wäre, dass die BIA-Methode das Lymphödem fälschlicherweise dem Körperfett (TBF) zuordnet und entsprechend die Ödemreduktion durch Therapie über eine TBF-Abnahme ausweist.

Zwei Unstimmigkeiten in vorliegender Studie bezüglich der Bestimmung der FFM-Veränderung als Teilkomponente der Körpergewichtsveränderung sind zu erwähnen.

Bei der Nutri4-Auswertung kommt es in den Gruppen G1 und G3 in je einem Fall vor, dass die FFM-Abnahme größer als die Körpergewichtsabnahme ausgewiesen wird. Dies berichten auch Tagliabue [150] und Deurenberg et al. [39], die allerdings mit Einfrequenzgeräten gemessen haben und dies auch als Begründung anführen. Die Geräte seien nicht in der Lage glykogengebundenes Wasser zu registrieren.

Außerdem kommt es bei allen drei Auswertungsverfahren bei einigen Patienten aller drei Untersuchungsgruppen zu Zunahmen der FFM bei gleichzeitiger Abnahme des Körpergewichtes.

Tagliabue [150] und Heitmann [75] fanden dies bei Einfrequenzmessungen ebenfalls.

In vorliegender Untersuchung wurden neben der Segal-Formel, die nur mit der Frequenz 50 kHz arbeitet, die Nutri4-Auswertungssoftware (4 Frequenzen) verwendet. Warum diese Unstimmigkeiten dennoch auftraten, kann nicht erklärt werden. Die vorliegenden Ergebnisse könnten beeinträchtigt sein durch die Unzulänglichkeit der Methode oder durch nicht sorgfältig eingehaltene Untersuchungsbedingungen. Über eine strenge Standardisierung (s. S. 40) wurde versucht alle bekannten, die BIA beeinflussenden Faktoren, möglichst auszuschalten.

Es muss gefolgert werden, dass die verwendeten Methoden nicht valide sind um Veränderungen der FFM beim individuellen Patienten zu bestimmen.

### **5.1.5 BIA-Software Nutri4 zur weiteren Auswertung**

Eine weitere Differenzierung von Fettfreier Masse (FFM) und Körperfett (TBF) erfolgt unter Vorbehalt, da sich beim Zweikompartimentmodell Fehler "fortpflanzen" können [84].

Wie im vorigen Kapitel diskutiert, kommen die Schwierigkeiten der Auswertung bei FFM nicht nur in den Gruppen G1 und G2 mit lymphödematös veränderten Beinen, sondern auch in der nur adipösen Gruppe G3 vor.

Generell ist es schwierig die Komponenten der Körperzusammensetzung als spezifisch leitende Bahnen innerhalb des Körpervolumens darzustellen, da sie keine getrennten Räume einnehmen, sondern in unterschiedlicher Konzentration in den Körpergeweben verteilt sind [4].

### 5.1.5.1 Körperzellmasse (BCM) und Extrazellulärmasse (ECM)

Die BCM ist die Komponente der Körpermasse, die verantwortlich ist für alle sauerstoffverbrauchenden und kohlendioxidproduzierenden Prozesse. Sie umfasst alle lebenden, stoffwechselaktiven Zellen des Körpers und liefert den Ruheumsatz. Nimmt der Ruheumsatz ab, kann es nach der Diätphase zum unerwünschten Jo-Jo-Effekt bzw. weight-cycling kommen [14, 86, 129]. Die Größe der BCM innerhalb der Fettfreien Masse variiert stark zwischen gesunden Menschen [74]. Sie ist eine Komposition von Zellmassen der verschiedensten Gewebe und ist wie die FFM kein homogenes Kompartiment, sondern abhängig von Fettleibigkeit, Alter und Geschlecht [61]. Die ECM, die Extrazellulärflüssigkeit (ECF) und Extrazellulärfeststoffe (ECS) umfasst, ist hingegen nicht stoffwechselaktiv und umfasst lediglich Stütz- und Transportfunktionen [33]. Das Lymphödem wird der ECM zugeordnet mit extrazellulärem Wasser (ECF) und "festen" Veränderungen (ECS) wie Fibrosierungen.

Die ECM / BCM - ratio ist eine gewichtsunabhängige Größe, beschreibt das Verhältnis Extrazellulärmasse zu Körperzellmasse und somit den Ernährungszustand [33, 50]. Beim gesunden Menschen ist die Körperzellmasse BCM grundsätzlich größer als die Extrazellulärmasse ECM ( $ECM / BCM < 1$ ).

Der prozentuale BCM-Ausgangswert in Relation zur FFM ist in allen drei untersuchten Gruppen mit  $51,00 \% \pm 1,58$  bei G1, mit  $48,82 \% \pm 4,21$  bei G2 und  $51,45 \% \pm 3,93$  bei G3 niedrig. ECM / BCM - Ausgangswerte größer 1 liegen in den beiden Gruppen mit lymphödematös veränderten Beinen G1 bei 13 von 16 Patienten und G2 bei 6 von 12 vor, aber auch in der nur adipösen Gruppe G3 bei 8 von 24 Patienten.

Gründe dafür können das Übergewicht und das höhere Lebensalter der Untersuchten sein. Fettgewebe hat eine hohe ECF und wenig fettfreie Zellmasse pro Gewichtseinheit. Mit ansteigendem Übergewicht kommt es zu einem Anstieg der ECF relativ zur intrazellulären Flüssigkeit. ECF kann stärker ansteigen als BCM mit steigendem Übergewicht somit kommt es zu einer Reduktion der BCM in Relation zur FFM [61, 168]. Bei konstant bleibender FFM wird die BCM mit zunehmendem Alter kleiner [61].

Die Abnahme der BCM ist in G1 (KPE und Fasten) mit  $-1,48 \pm 1,02$  kg und G3 (Fasten) mit  $-1,38 \pm 1,06$  kg statistisch signifikant, nicht bei G2 mit  $-0,27 \pm 0,89$  kg. Prozentual zum BCM-Ausgangsbestand verlieren die Fastengruppen G1  $-5,6 \%$  und G3  $-5,1 \%$ , die KPE-Gruppe G2 knapp  $-1 \%$ .

Die Erhaltung der BCM ist die zentrale Aufgabe bei allen Formen der Ernährungstherapie, da eine BCM-Reduktion, wenn überhaupt, wesentlich langsamer vom Körper kompensiert wird als z. B. eine Reduktion des Körperfettes [117]. Eine Reduktion der Körperzellmasse in der BIA-Analyse kann durch einen echten Substanzverlust der Körperzellmasse, aber auch durch temporären intrazellulären Wasserverlust entstehen. Um einen echten BCM-Verlust handelt es sich nur, wenn gleichzeitig der Phasenwinkel und die Reaktanz ( $X_c$ ) sinken [33]. Die Reaktanz ( $X_c$ ) ist theoretisch ein Maß für die Anzahl der Zellmembranen, da diese den kapazitiven Widerstand bilden. Sie hängt also wesentlich von der BCM ab [98, 128].

In vorliegender Studie verändern sich die  $X_c$ -Werte bei 50 kHz im Vorher-Nachher-Vergleich nicht statistisch signifikant, bei tendenzieller Zunahme, während der Phasenwinkel bei 50 kHz bei G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) statistisch signifikant abnimmt.

### 5.1.5.2 Gesamtkörper- (TBW), Extrazelluläres (ECW) und Intrazelluläres Wasser (ICW)

Die für die Berechnung des Körperwassers angegebenen BIA-Formeln unterschätzen dieses bei Norm- und Übergewichtigen nahezu regelhaft [117]. Multifrequenzgeräte können differenzieren zwischen extra- und intrazellulärem Wasser und Veränderungen im Wasserhaushalt aufzeigen [24, 31, 36, 117, 161], dennoch muss diese Technik noch weiter verbessert werden [21].

In vorliegender Studie ist der prozentuale Wassergehalt (TBW) bezogen auf das Körpergewicht in allen drei Gruppen mit 40,78 % (G1), 39,22 % (G2) und 44,01 % (G3) niedrig. Nach der Behandlung liegt er in allen drei Gruppen höher als vorher.

TBW-Vergleichswerte von adipösen Frauen in der Literatur [31, 64, 160, 168] liegen in derselben Größenordnung. Bei freiwilligem Fasten oder bei Mangelernährung infolge von Krankheit steigt der prozentuale Wassergehalt des Körpers allgemein aufgrund hoher Fettverluste an [6].

Das Verhältnis ECW / TBW liegt in vorliegender Studie bei den drei Gruppen zwischen 0,40 und 0,41 entsprechend den Vergleichswerten der Literatur von 0,41 [36] und 0,38 - 0,46 % [98]. Im Vergleich zu Normgewichtigen [36] mit 73 % liegt das Verhältnis ECW / ICW bei den Übergewichtigen in vorliegender Studie mit 66,97 % (G1), 67,41 % (G2) und 69,00 % (G3) niedrig. Die intra- und extrazelluläre Flüssigkeitsverteilung ist abhängig von einigen physiologischen Parametern wie Blutzirkulation, Stoffwechsel der Gewebe und Elektrolytkonzentration von intra- und extrazellulären Flüssigkeiten [89]. Sie variiert in Abhängigkeit vom prozentualen Fettgehalt und dem Grad der Malnutrition. Der ECW / ICW Quotient steigt mit dem Grad der Malnutrition, sowohl bei Über- als auch bei Unterernährung [98].

Nach Waki et al. [168] zeigt die Gruppe der Übergewichtigen eine große Variationsbreite im Verhältnis ECW zu ICW. Als mögliche Erklärungen führen die Autoren an, dass bedingt durch das Übergewicht, bereits subklinische Komplikationen vorliegen können, die mit einer Ausdehnung der Extrazellulärflüssigkeit einhergehen, z. B. ein Ödem kombiniert mit dem Vorhandensein von Schlafapnoe, pulmonaler Hypertonie, kardialer Dysfunktion. Die große individuelle Variabilität bzgl. der Reaktion auf hormonelle Einflüsse (z. B. Insulin, Kortison) und Ausweitung des Fettgewebes (Fettgewebsverteilung, Adipozytenzahl) kann eine Rolle spielen oder aber technische Fehler, da die Vergleichswerte von Normalgewichtigen stammen.

In vorliegender Studie liegen die TBW-Abnahmen im Vorher-Nachher-Vergleich nach durchschnittlich 17 Untersuchungstagen bei  $-1,28 \pm 1,56$  für G1, bei  $-0,60 \pm 1,50$  für G2 und bei  $-1,22 \pm 1,26$  kg bei G3 (G1>G3>G2). Aufgrund dieser kleinen Werte ist eine weitere Unterteilung des Gesamtwasserverlustes in extra- und intrazellulären Wasserverlust mit Vorbehalt zu interpretieren. Das ICW nimmt in allen drei Gruppen mit  $-0,74 \pm 0,83$  kg (G1),  $-0,43 \pm 0,66$  kg (G2) und  $-0,83 \pm 0,49$  (G3) kg mehr ab (G3>G1>G2) als das ECW mit  $-0,53 \pm 0,85$  kg (G1),  $-0,18 \pm 0,87$  kg (G2) und  $-0,39 \pm 0,80$  kg (G3) (G1>G3>G2).

Der Anteil der ECW-Abnahme an der TBW-Abnahme hätte bei G2 (KPE) bedingt durch die erwartete Ödemausschwemmung höher angenommen werden können.

Der Wasserverlust während einer kurzen Fastenperiode bzw. schneller Gewichtsreduktion durch Fasten betrifft vornehmlich das intra- und weniger das extrazelluläre Wasser, da Körperzellmasse verloren geht [6]. Die Glykogenvorräte werden abgebaut, glykogengebundenes Wasser (=ICW) geht ab. Der Gewichtsverlust ist somit nicht automatisch ein Verlust an extrazellulärem Wasser [85, 123, 150].

Während die Ganzkörperresistanz R hauptsächlich TBW misst, verschafft die Reaktanz Xc eine Schätzung der ECW / ICW Ratio [98]. Xc sinkt bei steigendem ECW / ICW, da sie umgekehrt

proportional vom Volumen des Extrazellulärwassers ist [184]. In vorliegender Studie korrelieren die Veränderungen der ECW / ICW-Ratio nur in G3 signifikant mit der Ganzkörperreaktanz  $X_c$  bei 50 kHz.

Der spezifische Widerstand von TBW ist nicht, wie oft angenommen, konstant, sondern ändert sich bereits durch eine kleine Veränderung des ECW / ICW- Verhältnisses. Aufgrund des unterschiedlichen Gehaltes an dissoziierten Elektrolyten hat das intrazelluläre (ICW) einen 3-4 fach höheren spezifischen Widerstand als das extrazelluläre Wasser (ECW) [6, 31, 35, 36, 38, 150]. Während eines Gewichtsverlustes kommt es zu einer Veränderung der Verteilung und / oder des Gehaltes an Elektrolyten in Körperflüssigkeiten. Ein Verlust hauptsächlich an ICW resultiert in einer niedrigeren als erwarteten Abnahme der Gesamtkörperimpedanz, wohingegen ein Verlust hauptsächlich an ECW in einer höheren als der erwarteten Gesamtkörperimpedanz resultiert [36].

Die Messung der Körperimpedanz führt bei einer fixen Frequenz von 50 kHz entweder zu einer Unter- oder Überschätzung der FFM, je nachdem welche Veränderungen stattgefunden haben [150]. BIA bei einer Frequenz von 50 kHz hängt mehr vom extra- als vom intrazellulären Wasser ab [57].

So lassen sich die Ergebnisse von Deurenberg et al. [39, 40] (beide mit 50 kHz-Geräten) erklären, die feststellten, dass nach kurzen Fastenzeiten die Impedanz nicht anstieg, trotz nachweisbarem Wassergewichtsverlust von ca. 1,2 kg laut Referenzmethode. Da die Zellmembranen bei 50 kHz eine hohe Reaktanz ausweisen und "nicht vollständig durchdrungen werden", kann der Verlust an intrazellulärem, glykogengebundenem Wasser nicht gemessen werden. Im Kostenaufbau kommt es zu einer Expansion des intrazellulären Wassers durch das Wiederauffüllen der Glykogenspeicher, was bei 50 kHz nicht adäquat aufgezeigt wird. Deshalb werden Veränderungen des TBW von BIA nicht sicher vorhergesagt [47].

Durch den Einsatz mehrerer Messfrequenzen können TBW und ECW besser voneinander getrennt und unabhängig voneinander untersucht werden (121). Obwohl in vorliegender Studie mit einem Vierfrequenz-Gerät gearbeitet wurde, kam es zu keinen großen Veränderungen der Resistanz-Werte (s. S. 54). Dennoch wurde der ICW-Verlust der Fastengruppen G1 und G3 gut ausgewiesen (s. S. 65).

Auch wenn der Strom bei der MFBIA die Zellmembrane durchdringen kann, ist der Anstieg der Impedanz, der aus dem Verlust an intrazellulärem Wasser resultiert, niedriger als aufgrund des TBW-Verlustes zu erwarten, da der spezifische Widerstand der Körperflüssigkeit (TBW) durch den Verlust an intrazellulärem Wasser mit seinem hohem spezifischen Widerstand sinkt.

Die Vorhersagekraft der MFBIA bei der Schätzung des Ganzkörper-ECW scheint schwächer zu sein als bei TBW, offenbar weil die MFBIA den Extrazellulärwassergehalt des Rumpfes nicht differenzieren kann. In den Extremitäten sind Muskel- und Fettflächen uniform ausgerichtet wie in Abbildung 3 S. 27 dargestellt, so dass niederfrequenter Wechselstrom durch die meisten Extrazellulärräume passieren kann. Im Gegensatz dazu enthält der Rumpf nicht uniform ausgerichtete viszerale Organe und Darmschlingen. Deshalb wird ein beträchtlicher Teil des niederfrequenten Stromes umgeleitet. So wurden in einer Studie von Cha et al. [21] nach Anlegen eines niederfrequenten Stromes über MFBIA ca. 50 % der Peritonealflüssigkeit (ECW) nicht entdeckt.

## 5.2 Diskussion der Ergebnisse der Armuntersuchungen

Stewart et al. [147] belegen, dass bei gesunden Personen der Impedanzindex  $L^2 / R$  des Armes repräsentativ für das leitfähige Volumen des restlichen Körpers ist. Die segmentale BIA-Messung ist somit eine einfache und preisgünstige Methode die Körperzusammensetzung abzuschätzen, wenn Ganzkörpermessungen nicht möglich sind oder, wie in vorliegender Untersuchung, die Beine lymphödematös verändert sind und eine Beurteilung der Körperzusammensetzung unter Ausschluss der kranken Beine vorgenommen werden soll. Zusätzlich dienen die Ergebnisse der Arme als Interpretationshilfe der Ergebnisse der Beine.

### 5.2.1 Ausgangsmessungen der Arme

Die Auswertung der anthropometrischen Messungen ergibt, dass die Gruppen G1 (KPE und Fasten) und G2 (KPE) sich nicht statistisch signifikant in Armvolumen, Armumfängen (Oberarm, Ellenbogen, Handgelenk) und Armhautfalten (Trizeps, Bizeps) unterscheiden. G1 und G3 (Fasten) unterscheiden sich nicht im Armvolumen, Ellenbogen- und Handgelenksumfang und Bizepshautfalte, jedoch in Oberarmumfang und Trizepshautfalte (G1 größer G3). Die Ausgangswerte der Armvolumina entsprechen in der statistischen Auswertung zwischen den drei Gruppen den Verhältnissen des Ausgangskörpergewichtes. Die Streuungen um den Mittelwert im Armvolumen sind bei den Gruppen mit Beinlymphödemem G1 und G 2 größer als bei G3, entsprechend den Verhältnissen bei Ausgangskörpergewicht und Ausgangsbeinvolumina.

Bei Clarys et al. [27] finden sich Angaben nach denen das Armgewicht ca. 4,04 % vom Körpergewicht ausmacht, bei einer ermittelten spezifischen Dichte des Armes von  $1,0814 \text{ kg/dm}^3$ . In vorliegender Studie liegen die Armgewichte niedriger bei G1 mit  $3,95 \pm 0,41 \%$ , bei G2 mit  $3,84 \pm 0,69 \%$  und bei G3 mit  $3,79 \pm 0,35 \%$  des Ausgangskörpergewichtes. Dies könnte bedingt sein durch die Adipositas aller drei Gruppen und die abdominale Fettverteilung bei G3 oder durch die mehr anatomische / chirurgische Bestimmung bei Clarys [27]. Baumgartner et al. [4] ermittelte Armvolumina bei übergewichtigen Frauen von durchschnittlich 4,64 l durch Magnetresonanztomographie (MRI), während in vorliegender Arbeit die anthropometrische Volumenberechnung ohne Berücksichtigung der Hand Werte von  $3,38 \pm 0,70 \text{ l}$  (G1),  $3,75 \pm 0,90 \text{ l}$  (G2) und  $2,96 \pm 0,40 \text{ l}$  (G3) ergibt.

Die BIA-Ergebnisse zeigen zwischen den drei Gruppen keine signifikanten Unterschiede in der Resistanz R, der Reaktanz Xc, den Impedanz-Indices bei den Frequenzen 5, 50 und 100 kHz und dem Phasenwinkel Alpha bei 50 kHz, weder beim linken noch beim rechten Arm. Die Werte der beiden Arme der jeweiligen Gruppen korrelieren signifikant und sind annähernd seitengleich. Die Angabe des rechten Armes als dominant, kann über die BIA-Methode bei keiner Gruppe statistisch signifikant über kleinere Resistanz-Werte aufgezeigt werden.

### 5.2.2 Korrelation des Armvolumens mit anderen Parametern

In vorliegender Studie korreliert bei allen drei Gruppen das Armvolumen signifikant über alle drei Messungen mit dem Körpergewicht und dem Oberarmumfang, was auf eine Adipositas hinweist. Keine signifikante Korrelation liegt vor mit dem Alter, der Trizepshautfalte, der Resistanz (R) und der Reaktanz (Xc) je bei 50 kHz.

Der Impedanzindex  $L^2 / R_{50}$  des Armes zur Abschätzung des leitfähigen Armvolumens links und rechts korreliert mit dem anthropometrischen Armvolumen signifikant bei G2 und G3.

Für G1 liefert dagegen nur die Abschlussmessung des linken Armes ein signifikantes Ergebnis. Ein möglicher Grund könnte sein, dass bei G1 im Gegensatz zu den beiden anderen Gruppen keine signifiante Korrelation des anthropometrischen Armvolumens mit der Armlänge besteht.

Bei den beiden Gruppen mit lymphödematösem Krankheitsbild G1 und G2 setzt sich das Armvolumen nur bei einem Parameter, dem Extrazellulärwasser des Ganzkörpers (ECW), mit dem es nicht korreliert, von G3 ab. Bei den Fastengruppen G1 und G3 korrelieren die Armvolumina im Gegensatz zu G2 signifikant mit fettfreier Masse des Ganzkörpers (FFM), Gesamtkörperwasser (TBW) und mit dem Beinvolumen.

Für die Gruppe G1 mit gesunden adipösen Armen und lymphödematösen Beinen erstaunt die statistisch signifikante Korrelation von anthropometrisch ermitteltem Arm- und Beinvolumen.

Der Körperfettgehalt (TBF) des Ganzkörpers (Nutri4) korreliert mit dem Armvolumen bei G1 über alle drei Messungen signifikant, nicht bei G2 und bei G3 nur bei der Abschlussmessung. Eine mögliche Interpretation ist, dass G1 ein gynoides Fettverteilungsmuster vorweist und allgemein adipös ist, bei G2 die lymphödematös veränderten Beine großen Einfluss auf das Körpergewicht haben und die Arme eine untergeordnete Rolle spielen und G3 ein androides Fettverteilungsmuster aufweist.

### 5.2.3 Anthropometrische Verlaufsmessungen der Arme

Die Ergebnisse der anthropometrischen Messungen zeigen bei G1 (KPE und Fasten) statistisch signifikante Abnahmen in Armvolumen, Ellenbogenumfang und den beiden Hautfalten (THF, BHF), nicht dagegen in Oberarm- und Handgelenksumfang. Bei G2 (KPE) liegen keine statistisch signifikanten Veränderungen der anthropometrisch erhobenen Werte, aber tendenzielle Abnahmen, vor. Während bei G3 (Fasten) statistisch signifikante Abnahmen im Armvolumen, allen drei erhobenen Umfängen und den beiden Hautfalten vorliegen.

Die durchschnittlichen Armvolumenabnahmen der fastenden Gruppen G1 mit  $-0,122 \pm 0,15$  l und G3 mit  $-0,117 \pm 0,11$  l werden als statistisch signifikant ausgewiesen, während die Durchschnittsabnahmen des Armvolumens bei G2 gering und nicht statistisch signifikant sind. Bei letzterer liegen große individuelle Unterschiede des Armvolumens vor, sowohl vereinzelte Zunahmen als auch hohen Abnahmen (s. Abb.15 S.81).

Es kann vermutet werden, dass die Armvolumenabnahme die reine Fastenwirkung widerspiegelt (G1 und G3 > G2). Im Vergleich dazu überwiegt bei der Darstellung der anthropometrisch ermittelten Beinvolumenabnahme die KPE-Wirkung (G1 und G2 > G3).

Oberarmumfang (UOA) und Trizepshautfalte (THF) sind weitere Parameter zur Abschätzung einer Adipositas. Der Oberarmumfang kann für sich allein zur Beurteilung des Ernährungszustandes sowie zur Berechnung der Muskulatur herangezogen werden [117].

Mit Oberarmumfängen von  $36,2 \pm 5,20$  bzw.  $37,3 \pm 4,74$  bzw.  $32,5 \pm 2,63$  cm (G2>G1>G3) liegen die untersuchten Gruppen weit über den Normalwerten für Frauen mit < 23,2 cm [117]. Dies entspricht den Verhältnissen des Oberschenkelumfangs, aber die Arme sind gesund und adipös, während die Beine der Gruppen G1 und G2 an Lymph- bzw. Lipolymphödem erkrankt und adipös sind.

Auch die THF-Standardwerte für Frauen mit 17-22 mm [6] werden in vorliegender Studie mit  $34,7 \pm 4,38$  bzw.  $35,1 \pm 6,89$  bzw.  $28,3 \pm 5,50$  mm weit überschritten (G2>G1>G3).

Die THF repräsentiert gut die Fettreserven des ganzen Körpers. Bei Frauen korreliert die THF allein besser mit dem Körperfettgehalt als der BMI [167].

Im Paarvergleich unterscheiden sich die beiden Gruppen mit Beinlymphödemen G1 und G2 nicht in UOA und THF, aber G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) zu allen Messzeitpunkten. Beim Oberarm wird lediglich die Umfangsabnahme von Gruppe G3 mit  $-0,88 \pm 1,43$  cm als statistisch signifikant ausgewiesen, bei der THF die Abnahmen von G1 mit  $-2,8 \pm 4,61$  mm und G3 mit  $-1,9 \pm 3,61$  mm.

Auch bei G2 (KPE) kommt es zu tendenziellen, nicht statistisch signifikanten Abnahmen des UOA und der THF, wahrscheinlich bedingt durch die kalorische Unterversorgung mit 1700 Kilokalorien und eventuell der vermehrten körperlichen Bewegung durch die Lymphgymnastik.

Der Oberarmumfang und das Körpergewicht korrelieren in G1 und G3 zu allen drei untersuchten Messzeitpunkten, bei G2 lediglich bei der letzten Messung.

Oberarmumfang und Körperfettgehalt (TBF) korrelieren in G1 bei allen drei Messungen, in G2 in keiner und in G3 in den beiden letzten Messungen, nicht zu Beginn. Trizephshautfalte (THF) und Körperfettgehalt (TBF) korrelieren in G1 und G2 vor und nach der Behandlung, in G3 nur nach der Behandlung.

Die durchschnittliche Abnahme des Oberarmumfanges korreliert in keiner Gruppe, auch nicht der nur adipösen Gruppe G3, mit der Abnahme des Oberschenkelumfanges.

Der Armumfang ist ein Index der Querschnittsfläche der Gewebe, die den elektrischen Strom leiten und ist hoch korreliert mit FFM [147].

In vorliegender Studie korreliert der UOA mit der Fettfreien Masse (FFM) in den Fastengruppen G1 in der Verlaufs- (M3) und der Endmessung (M7), in G3 in der Anfangs- (M1) und der Verlaufsmessung (M3), während bei G2 keine signifikante Korrelation vorliegt.

Die Untersuchung analog mit dem Oberschenkelumfang (UOS) und FFM (Nutri4) verläuft in G2 und G3 nicht signifikant, in G1 nur in der Endmessung signifikant.

#### **5.2.4 BIA-Verlaufsmessungen der Arme**

Die Ergebnisse der BIA-Messungen der Arme zeigen bei G1 (KPE und Fasten) statistisch signifikante Abnahmen der Impedanzindex-Werte  $L^2/R$  links und rechts bei allen drei ausgewerteten Frequenzen sowie beim Phasenwinkel Alpha bei 50 kHz links und rechts im Verlauf und im Vorher-Nachher-Vergleich.

Die statistischen Auswertungen der BIA-Werte bei G3 (Fasten) entsprechen denen von G1. G2 (KPE) hingegen zeigt keine Veränderungen im Therapieverlauf, mit Ausnahme des Impedanz-Index des rechten Armes bei 50 kHz, aber nicht im Vorher-Nachher-Vergleich. Der Impedanz-Index weist eine nicht statistisch signifikante minimale Zunahme des leitfähigen Volumens auf.

Der Ductus thoracicus ist für die Drainage der gesamten linken Körperseite und zusätzlich der rechten Körperseite unterhalb des Zwerchfells zuständig [53, 175]. Da in vorliegender Arbeit das anthropometrische Volumen des linken Armes gemessen wurde, wäre es denkbar, dass dieser im Rahmen der KPE-Behandlung der lymphödematösen Beine aufgrund der oberflächlichen Verschiebung der Lymphflüssigkeit über die Hautareale in Richtung Ductus thoracicus vorübergehend an Volumen zunimmt.

Zwar nimmt der Impedanz-Index des linken Armes bei G2 (KPE) im Therapieverlauf tatsächlich zu, der des rechten Armes allerdings auch. Die Zunahmen liegen im Bereich der Messgenauigkeit der Methode und sind nicht statistisch signifikant. Dagegen zeigt G1 (KPE und Fasten) keine Zunahmen, weder von anthropometrisch ermitteltem noch von leitfähigem Volumen des

Armes. Es kann spekuliert werden, ob das begleitend durchgeführte Fasten zu einem schnelleren Abfluss bzw. einer besseren Resorption der Ödemflüssigkeit führt.

Bei Durchsicht der Literatur fällt auf, dass manche Arbeitsgruppen die Armlänge anders bestimmen und mit teilweise unterschiedlicher Elektrodenpositionierung [11, 28] arbeiten. Dennoch entsprechen die Ergebnisse der drei Gruppen in vorliegender Arbeit mit Resistanzwerten bei 50 kHz zwischen  $260$  und  $272 \pm 21,8 - 30,3$  Ohm den Werten aus der Literatur wie in der Übersicht bei Bracco [11] sowie bei anderen Arbeitsgruppen [22, 23, 28, 59, 121] dargestellt. So führen Ward et al. [170] und Baumgartner et al. [4] R-Werte übergewichtiger Frauen mit  $291$  ( $259-351$ ) Ohm und mit  $270 \pm 31$  Ohm an, Woodrow et al. [184] Werte normalgewichtiger Frauen und Männer mit  $R$   $279 \pm 58,7$  und  $X_c$   $28,6 \pm 6,3$  Ohm.

In vorliegender Arbeit sind die Standardabweichungen der BIA-Rohdaten kleiner. Die Oberarmumfänge, die Trizeps- und die Bizepshautfalten sind wesentlich höher. Die Studienpatientinnen aller drei Gruppen weisen somit einen höheren Fettgehalt des Armes auf.

Einige Autoren [28, 170, 184] sehen signifikante Unterschiede der Resistanzwerte zwischen dominantem und nicht dominantem Arm. Bei Woodrow [184] ergaben sich aus den Messungen und Auswertungen des rechten und dominanten Armes größere Werte für Körperwasser und fettfreie Masse mit einem entsprechend niedrigeren Fettgehalt verglichen mit der linken Seite des Körpers.

In vorliegender Studie wurde keine Dominanz bei den Armen über signifikant kleinere R-Werte gefunden, obwohl alle untersuchten Patientinnen angaben Rechtshänder zu sein.

Die Seitenvergleiche der beiden Arme innerhalb jeder Gruppe ergaben signifikante Korrelationen sowohl bei den Resistanzwerten der Frequenzen 5, 50 und 100 kHz als auch bei der Reaktanz bei 50 und 100 kHz. Eine Ausnahme bilden die Reaktanz ( $X_c$ )-Werte bei 5 kHz, die bei Gruppe G3 erst bei der letzten Messung signifikant korrelieren, bei G1 und G2 nicht in der Ausgangsmessung, aber in allen Folgemessungen. Die Alpha-Werte bei 50 kHz zur Untersuchung auf Gewebestatus unterscheiden sich nicht statistisch signifikant zwischen den drei Gruppen.

Der Impedanzindex  $L^2/R50$  des rechten und linken Armes korrelieren in allen Gruppen über alle Messungen ( $p \leq 0,00001$ ). Somit kann das leitfähige Volumen in beiden Armen als praktisch identisch angenommen werden. Sie sind als annähernd seitengleich einzustufen.

Bei den Fastengruppen G1 und G3 kommt es bei 5, 50 und 100 kHz zu signifikanten Zunahmen des Resistanz-Wertes (Ausnahme: G3 bei 5 kHz links) und definitionsgemäß zu einer Abnahme des leitfähigen Gewebes. Die Gesamtzunahmen der R-Werte bei den drei Frequenzen resultieren aus Zunahmen während der Vorfasten- und Fastenphase. In der Nachfastenphase werden bei allen drei Frequenzen leichte Abnahmen ausgewiesen (s. Abb. 8 S. 52).

Dies kann als Entwässerung der Arme interpretiert werden, die durch die Fastentherapie bewirkt wird. Denn bei G2, die lediglich mit einer KPE der Beine behandelt wurde, kommt es zu keiner signifikanten Veränderung der Armwiderstände.

Bei G1 kommt es in der Nachfastenphase zu einer kleineren Abnahme der Resistanzwerte und somit Zunahme des leitfähigen Gewebes als bei G3. Es kann spekuliert werden, ob die Arme von G1 ebenfalls lymphödematös verändert sein könnten, und es deshalb zu keinem so starken „Rücklauf“ nach dem Fasten kommt. Auch die Abnahme des Impedanz-Index bei 5 kHz ist bei G1 höher (Ödem ist extrazelluläres Wasser) bzw. die KPE ist noch nicht abgeschlossen.

Im Impedanzindex  $L^2/R50$ , der das leitfähige Volumen verkörpert, unterscheiden sich die Werte der drei Gruppen an keinem der Messzeitpunkte signifikant. Im Verlaufe der Behandlungen kommt es in allen drei Gruppen zu signifikanten Veränderungen, wobei im nachgeschalteten

Wilcoxon-Test nur für G1 mit  $-0,47 \pm 0,47$  [cm<sup>2</sup> / O] und G3 mit  $-0,37 \pm 0,56$  [cm<sup>2</sup> / O] die Abnahmen als statistisch signifikant ausgewiesen werden ( $p < 0,01$ ). Bei G2 hingegen kommt es sogar eher zu einer minimalen Zunahme des leitenden Armvolumens, was die zuvor ermittelten anthropometrischen Armvolumenveränderungen bestätigt.

Gruppe G3 weist einen Impedanz-Index in derselben Größenordnung auf wie G1, trotz wesentlich kleinerem anthropometrisch ermittelt Armvolumen. Dies entspricht den Verhältnissen der Beine (s. S. 89). Das leitfähige Armvolumen ist gleich, das anthropometrisch ermittelte Armvolumen unterschiedlich, folglich müssen die Unterschiede durch verschieden hohe Fettgehalte zustande kommen. Was bei den gesunden Armen der beiden Gruppen so erwartet werden konnte, überrascht bei den lymphödematös veränderten Beinen von G1!

Die Armimpedanz zeigt höhere Korrelation mit FFM des Ganzkörpers als die Beinimpedanz. Die höchste Korrelation zeigen Ganzkörperimpedanz und Ganzkörper-FFM [3]. In vorliegender Studie korreliert L<sup>2</sup>/R50 Arm mit FFM (Nutri4) des Ganzkörpers in G1 während aller Messungen ( $p \leq 0,001$ ), ebenso in G3 ( $p \leq 0,0001$ ). Keine signifikante Korrelation wurde für G2 gefunden. Im Vergleich dazu korreliert L<sup>2</sup>/R50 Bein in allen drei Gruppen zu allen Messungen mit FFM, ebenso L<sup>2</sup>/R50 Ganzkörper zu FFM.

## 5.3 Diskussion der Ergebnisse der Beinuntersuchungen

### 5.3.1 Ausgangsmessungen der Beine

Die Auswertung der anthropometrischen Messungen ergibt, dass sich die lymphödematösen Beine der Gruppen G1 und G2 nicht statistisch signifikant unterscheiden im Beinvolumen, den Umfängen von Oberschenkel, Knie und Fessel (Ausnahme: Wadenumfang) und der Wadenhautfalte. Dagegen unterscheiden sich die Beine zwischen G1 und G3 sowie zwischen G2 und G3 im Volumen, den vier erhobenen Umfängen (Oberschenkel, Knie, Wade, Fessel) und der Wadenhautfalte.

Die absoluten Ausgangswerte des anthropometrisch ermittelten Beinvolumens liegt bei den beiden Gruppen mit lymphödematös veränderten Beinen G1 mit  $14,96 \pm 3,43$  l und G2 mit  $16,99 \pm 4,23$  l höher als bei den gesunden Beinen von G3 mit  $11,94 \pm 1,58$  l. Auch prozentual zum Ausgangskörpergewicht sind die Beine der G3 mit  $15,05 \pm 1,20$  % leichter als die von G1 mit  $17,19 \pm 2,08$  % und G2 mit  $16,99 \pm 1,98$  %. Dies kann begründet werden mit den gesunden Beinen, aber auch mit dem androgenen Fettverteilungsmuster, denn im Gruppenvergleich der gesunden Arme sind die der Gruppe G3 prozentual zum Körpergewicht ebenfalls die leichtesten. Baumgartner et al. [4] liefern einen Vergleichswert für übergewichtige jüngere Frauen mit einem Beinvolumen von 15,3 l. Bei Clarys et al. [27] finden sich Angaben nach denen das Beingewicht ca. 17,23 % des Körpergewichtes entspricht, bei einer ermittelten spezifischen Dichte des Beines von  $1,064 \text{ kg/dm}^3$ . Die Daten resultieren allerdings aus der Untersuchung von sechs eher untergewichtigen Leichen (3 Frauen und 3 Männer), nicht von übergewichtigen Frauen. Außerdem wurde die Beinlänge von dieser Arbeitsgruppe [27] „anatomisch“ ermittelt, während in vorliegender Studie die Beinlänge über die Körpergröße abzüglich der Sitzhöhe bestimmt wurde.

Bei den segmentalen BIA-Messungen unterscheiden sich die drei Gruppen nicht statistisch signifikant in den Resistanz-, Reaktanz- und Impedanzindex-Werten des linken und rechten Beines bei den drei untersuchten Frequenzen, obwohl die Absolutwerte von G2 niedriger sind als von G1 und G3, die Standardabweichungen von G1 und G2 höher. G1 und G3 unterscheiden sich im Phasenwinkel Alpha bei 50 kHz des linken und rechten Beines statistisch signifikant ( $G3 > G1$ ). In der Ausgangsmessung unterscheiden sich die Gruppen mit lymphödematös veränderten Beinen G1 und G2 in den Resistanzwerten bei 5, 50 und 100 kHz nicht statistisch signifikant, aber in den Folgemessungen. Dies kommt durch die starke Zunahme der Resistanzwerte der Gruppe G1 (KPE und Fasten) zustande, die mehr an leitfähigem Gewebe verliert als G2 (KPE).

Die Ergebnisse der drei Gruppen in vorliegender Arbeit mit Resistanzwerten der Beine bei 50 kHz in der Größenordnung zwischen  $189,1 \pm 57,0$  Ohm des linken Beines bei G2 und  $229,9 \pm 39,6$  Ohm des rechten Beines bei Gruppe G1 liegen niedriger als Vergleichswerte für Gesunde in der Literatur. So finden sich Werte bei Stewart [147] mit  $232,83 \pm 22,71$  Ohm, Baumgartner et al. [3] mit  $296,24 \pm 34,07$  Ohm, Pietrobelli et al. [126] mit  $256 \pm 26$  Ohm und Chumlea et al. [22] mit  $299 \pm 34$  Ohm.

Die Literatur zu Beinlymphödemem und BIA ist spärlich. Eine japanische Arbeitsgruppe um Watanabe [171, 172] untersuchte Beinlymphödeme mit MFBIA bei Frequenzen von 1-500 kHz, arbeitete aber mit einem anderen Gerätesystem und liefert deshalb keine Vergleichswerte.

Valensi et al. [158] arbeiteten mit einem BIA-System bei 5 kHz und 1 MHz und untersuchten über Ganzkörpermessungen allgemein Schwellungen bei Adipositas.

Pullicino et al. [130] verwendeten den Quotienten der Messergebnisse aus den angelegten Frequenzen 1 kHz zu 50 kHz um das ECW des Ganzkörpers bei multiplen Ödemen zu erfassen.

Ward et al. [170] konnten Erfolge der KPE bei Armlymphödemen durch BIA aufzeigen. Die Impedanzwerte bei 0 und 50 kHz waren beim lymphödematösen Arm signifikant geringer und invers korreliert mit dem Armvolumen. Aber bei beiden Frequenzen überlappten sich die Spannweiten der Einzelwerte der lymphödematösen Arme mit denen der Kontrollarme.

Pietrobelli et al. [126] fanden bei Gesunden, dass angelegte Frequenzen bis zu 300 kHz Vorteile bei der Bestimmung der Muskelmasse des Beines gegenüber der konventionell angelegten Frequenz von 50 kHz haben. Die höchstmöglich anzulegende Frequenz in vorliegender Studie war 100 kHz.

Bei der Elektrodenpositionierung an Knöchel und Oberschenkel des lymphödematösen Beines können negative Veränderungen der Messgenauigkeit vermutet werden, analog den Ergebnissen von Baumgartner et al. [4] für das adipöse Bein. Auch beim lymphödematösen Bein ist die Muskelschicht möglicherweise kleiner als die ödendurchtränkte Subkutanschicht und führt deshalb zu Verzerrungen bei den BIA-Messungen. Beim Lipolymphödem sind zusätzlich Knöchelregion und Fußrücken betroffen, d. h. auch dort kommt es wie am Oberschenkel zu hohen Übergangswiderständen, was sich besonders bei niedrigeren Frequenzen negativ auf die Messgenauigkeit auswirken kann.

### 5.3.2 Korrelation des Beinvolumens mit anderen Parametern

Bei allen drei Gruppen korreliert das Beinvolumen signifikant über alle Messungen mit dem Körpergewicht, dem Körperfettgehalt (TBF), dem Knie- und dem Wadenumfang.

Keine signifikante Korrelation liegt vor mit dem Alter, der Beinlänge, der Resistanz (R) bei 50 kHz und der Reaktanz ( $X_c$ ) des Beines bei 50 kHz (Ausnahme bei G3 in der Endmessung).

Das anthropometrische Beinvolumen korreliert mit dem Impedanzindex ( $L^2/R50$ ), der für das leitfähige Volumen steht, bei Gruppe G1 erst gegen Ende der Behandlungen, bei G2 in keiner Messung und bei G3 nur in der Verlaufsmessung.

Casley-Smith [20] führt eigene Ergebnisse von 40 standardisierten, experimentell induzierten Lymphödemem an, bei denen die BIA eine schlechte Korrelationen zwischen Leitfähigkeit und eiweißreichem Ödem aufweist. Als Gründe nennt er die Unterschiede in der kranken Gewebearchitektur und in der Ödemflüssigkeit bei länger bestehenden eiweißreichen Ödemen.

Körperfettgehalt (TBF) und Beinvolumen korrelieren in allen drei Gruppen signifikant. TBF und Armvolumen weisen nur bei G1 und bei G3 lediglich in der letzten Messung eine statistisch signifikante Korrelation auf.

Bei Gruppe G3 korreliert das Beinvolumen signifikant mit der fettfreien Masse (FFM), dem Gesamtkörperwasser (TBW) und dem Extrazellulärwasser (ECW).

Bei den beiden Gruppen mit Beinlymphödemem G1 und G2 hingegen liegen sich verändernde Ergebnisse vor. Erst bei den Verlaufs- bzw. den Endmessungen kommen für FFM und TBW signifikante Korrelationen mit dem Beinvolumen zustande. Für das ECW liegen für G1 und G2, über alle Messungen keine signifikanten Korrelationen mit dem Beinvolumen vor.

Die laterale Wadenhautfalte liefert bei Gruppe G1 für die Anfangs- und die Endmessung signifikante Korrelationen mit dem Beinvolumen, bei G2 in der Anfangs- und Verlaufsmessung, während für G3 keine Signifikanz ausgewiesen wird.

Bei G1 korreliert das Beinvolumen signifikant mit dem Fesselumfang, nicht bei G2 und G3. Keine signifikante Korrelation findet sich zum Oberschenkelumfang bei G2 im Gegensatz zu G1 und G3.

### 5.3.3 Anthropometrische Verlaufsmessungen der Beine

Die Ergebnisse der Anthropometrie zeigen für G1 (KPE und Fasten) signifikante Abnahmen von Beinvolumen sowie den vier gemessenen Umfängen und der Wadenhautfalte.

Bei G2 (KPE) nehmen Beinvolumen, Oberschenkel- und Knieumfang signifikant ab, nur tendenziell der Umfang von Wade und Fessel sowie die Wadenhautfalte.

Gründe dafür können sein, dass die KPE-Wirkung von proximal nach distal verläuft [175] und die KPE noch nicht bei allen Patientinnen abgeschlossen ist oder aber durch fibrosierendes Gewebe, das nach der KPE übrig bleibt. Primäre Lymphödeme entwickeln sich ascendierend [15, 53], so kann der Unterschenkelbereich verstärkt von Spätschäden betroffen sein.

Bei G3 (Fasten) nimmt das Beinvolumen signifikant ab, durch Abnahme von Oberschenkel-, Knie- und Wadenumfang. Nicht signifikante tendenzielle Abnahmen kommen bei Fesselumfang und Wadenhautfalte zustande.

Die Abnahme des Beinvolumens bei G1 (KPE und Fasten) mit  $-1,25 \pm 0,79$  l, bei G2 (KPE) mit  $-0,92 \pm 0,93$  l und bei G3 (Fasten) mit  $-0,71 \pm 0,58$  l wird in allen drei Gruppen als statistisch signifikant ausgewiesen, allerdings mit sehr großen Streuungen um den Mittelwert. Prozentual zum Ausgangsvolumen der Beine liegt die nur adipöse G3 mit  $5,9 \pm 4,4$  % nach G1 mit  $8,1 \pm 4,6$  %, aber vor G2 mit  $5,3 \pm 5,2$  % der Beinvolumenabnahme.

Vergleichswerte finden sich bei Brenke und Heinrich [12], die Beinödemaabnahmen durch KPE von  $1970 \pm 1427$  ml bei 11 ambulanten Patienten und von  $2991 \pm 2321$  ml bei 13 stationären Patienten ermittelten sowie bei Schaffer [137], die über Beinvolumenabnahmen (n = 19) von  $1436 \pm 1213$  ml mit einer Schwankungsbreite von 147 bis 4048 ml berichtet.

Die angeführten Vergleichsstudien zeigen ebenfalls kleine Fallzahlen und sehr unterschiedliche Beinödemausprägungen. Sie enthalten ausschließlich Lymphödempatienten, nicht wie in vorliegender Arbeit Lymph- und Lipolymphödempatienten.

Dies kann eine mögliche Erklärung für die in vorliegender Studie im Vergleich geringeren Beinvolumenabnahmen sein. Weiter mögliche Gründe sind zum einen, dass zwar alle Patientinnen kurz nach ihrer stationären Aufnahme der KPE bzw./und der Fastentherapie zugeführt wurden, aber die Fastenzeiten mit 9,3 bzw. 8,4 Tagen und somit die Untersuchungszeiträume (17,3 bzw. 16,4 Tage) kürzer als die KPE-Behandlung mit durchschnittlich 18 Tage waren, die nach der letzten Messung noch fortgesetzt wurde. Zum anderen wurde das Volumen wie beschrieben (s. S. 45) erhoben, nicht über die oft angewandte Vierzentimetermethode [97].

Für Herpertz [79] sind Beinvolumenabnahmen bis 400 ml je Bein physiologisch. Die hohe Beinvolumenabnahme bei G3 geht über das physiologische Maß hinaus, sicher als Ergebnis der Fastentherapie. Da die Adipositas aber oft mit dem Vorliegen von Ödemen verbunden ist [158, 183], könnte auch hier eine Ödemreduktion an der Abnahme mitwirken.

Literatur über Beinvolumenabnahmen durch Fastentherapie liegt nicht vor. Lützner [114] zeigt lediglich verschiedene Verlaufskurven u. a. von Umfangsabnahmen des Oberschenkels während eines 21-tägigen Fastens, die er der Gewichtskurve gegenüberstellt.

Gruppe G3 (Fasten) nimmt prozentual zum jeweiligen Ausgangswert beim linken Bein (nicht beim rechten) mehr leitfähiges Volumen und mehr anthropometrisch bestimmtes Beinvolumen ab als G2 (KPE). Ob durch eine zusätzlich durchgeführte KPE bei der adipösen Gruppe G3

eventuell ähnlich hohe Beinvolumenabnahmen wie bei G1 zustande kommen könnten, bleibt Spekulation. Wissenschaftliche Literatur über Ergebnisse der Anwendung der KPE bei Adipösen liegt bislang nicht vor. Die Durchführung von Lymphdrainagen für "schlankere Beine" ist in Kosmetikstudios gängige Praxis.

Während Cornish et al. [28] die Multifrequenz-BIA als sensibler in der frühen Diagnose und dem Aufzeigen von Veränderungen des Extrazellulärwassers erachten als die Volumenmessung über Umfänge, ist Cashley-Smith [20] speziell beim Beinlymphödem anderer Meinung. Er betont, dass ein Lymphödem nicht nur vermehrtes extrazelluläres Volumen bedeutet, sondern durch seinen hohen Proteingehalt auch Gewebeeränderungen wie vermehrte Fibrose u. a. zelluläre und nicht zelluläre Veränderungen im Interstitium und eine Proliferation der Blut- und Lymphgefäße. Der Anstieg von interstitieller Flüssigkeit ist seiner Meinung nach kleiner als der fester Elemente [20]. BIA erfasst aber nur die Flüssigkeit.

Die Volumenabnahme bei lymphödematösen Beinen kann, muss aber nicht der Ödemvolumenabnahme entsprechen [20, 78]. Ward et al. [170] untersuchten einseitige Armlymphödeme im Vergleich zu einer Normgruppe bei 50 kHz und bestimmte über eine Referenzmethode die Volumina. Sie fanden, dass die Volumenmessung allein keine Ersatzmessung für die Größe des Ödems ist, und Volumendifferenzen im Seitenvergleich nicht notwendigerweise etwas mit der Entwicklung des Ödems zu tun haben.

Der Wert der durchschnittlichen Abnahme des Beinvolumens von G2, der Gruppe mit Beinlymphödem unter ausschließlicher KPE-Behandlung, korreliert statistisch signifikant mit der Abnahme des Extrazellulärwassers des Ganzkörpers wie bei Valensi et al. [158] beschrieben, nicht so bei Gruppe G1 mit KPE- und Fastentherapie und bei Gruppe G3 mit Fastentherapie. Dagegen korreliert die Armvolumenabnahme in keiner der untersuchten Gruppen mit der ECW-Abnahme. Dies gibt Anlass zu der Spekulation, dass die KPE-Wirkung bei den Beinen von G2 doch aufgezeigt wird und in G1 von der Fastenwirkung (ICW) überdeckt wird.

Die Beinvolumenabnahme korreliert in keiner der untersuchten Gruppen signifikant mit deren Körpergewichtsabnahme, auch nicht bei G3, wohl wegen ihres androgenen Fettverteilungsmusters.

Die Beinumfänge der beiden Gruppen G1 und G2 mit lymphödematösem Krankheitsbild unterscheiden sich nicht statistisch signifikant beim Oberschenkel-, Knie- und Fesselumfang. Beim Wadenumfang jedoch sind die absoluten Werte von G2 signifikant höher als bei G1, wodurch die absoluten BIA-Werte der Beine dann im Vergleich niedriger sind.

Gruppe G1 weist alle erhobenen Beinumfang als statistisch signifikant höher aus als G3.

Alle Gruppen zeigen tendenzielle Abnahmen der Beinumfang im Therapieverlauf.

Oberschenkel- und Knieumfang werden bei allen drei Gruppen, der Wadenumfang bei G1 und G3 und der Fesselumfang bei G1 als statistisch signifikant ausgewiesen. G1 mit KPE- und Fastentherapie zeigt mit Ausnahme des Fesselumfanges höhere durchschnittliche Abnahmen der Beinumfang trotz niedrigeren durchschnittlichen Ausgangswerten im Vergleich zu G2 mit ausschließlicher KPE-Behandlung.

Die Untersuchung der Wadenhautfalte erfolgte als Beispiel zur Demonstration von Gewebeeränderungen beim Lymphödem. In vorliegender Studie betragen die Ausgangswerte der lateralen Wadenhautfalte bei G1  $30,9 \pm 6,78$  mm, bei G2  $37,7 \pm 9,69$  mm und bei G3  $20,4 \pm 8,12$  mm, im Vergleich zu  $12 \pm 3,7$  mm als Wert von normgewichtigen Frauen aus den Literatur [22].

Die Wadenhautfalte unterscheidet sich in den drei Gruppen zu allen drei Messzeitpunkten signifikant ( $p=0,0000$ ), zwischen den beiden Gruppen mit lymphödematös veränderten Beinen G1 und G2 allerdings im nachgeschalteten Paarvergleich nicht. Nur bei G1 kommt es mit

-2,7 ± 2,15 mm zu einer signifikanten Abnahme der Wadenhautfalte. Bei G2 ist die Abnahme mit -2,8 ± 4,83 mm zwar zahlenmäßig ähnlich hoch, aber aufgrund der sehr großen Streuung nicht statistisch signifikant. Eine Patientin der Gruppe G2 konnte wegen einer ausgeprägten Papillomatose in diesem Bereich nicht gemessen werden. Laut Gudivaka et al. [66] verzerren Verletzungen und Veränderungen der Haut auch die Ergebnisse aus BIA-Messungen. Bei den Gruppen G1 und G2 liegen die Werte der Wadenhautfalte deutlich höher, was als Hinweis für Ödeme samt Spätfolgen zu werten ist und nicht als Adipositasparameter. Der Phasenwinkel Alpha bei 50 kHz, ebenfalls ein Parameter für Gewebeeränderungen bzw. Zellintegrität [33], zeigt nur bei G3 statistisch signifikante Abnahmen im Vorher-Nachher-Vergleich. Seine absoluten Werte der End- und Ausgangsmessung der Beine liegen bei G3>G1>G2.

### 5.3.4 BIA-Verlaufsmessungen der Beine

Die Ergebnisse der Beinmessungen über BIA im Therapieverlauf (Friedman-Test) zeigen in vielen Parametern statistisch signifikante Veränderungen auf, die dann allerdings im Vorher-Nachher-Vergleich (Wilcoxon-Test) nicht mehr als statistisch signifikant bestätigt werden können. Somit gilt dann "nachher wie vorher".

Dies ist bei den lymphödematösen Beinen bei G1 (KPE und Fasten) der Fall. Der Friedman-Test liefert für das linke Bein für die Resistanz R bei 5, 50 und 100 kHz, der Reaktanz Xc bei 50 und 100 kHz sowie dem Impedanz-Index bei 5, 50 und 100 kHz und dem Phasenwinkel Alpha bei 50 kHz signifikante Veränderungen. Für das rechte Bein ergeben sich dafür ebenfalls signifikante Veränderungen mit Ausnahme der Resistanz und des Impedanzindex bei 5 kHz. Die Parameter konnten im Vorher-Nachher-Vergleich alle nicht mehr als statistisch signifikant bestätigt werden.

Für G2 (KPE) liefert bereits der Friedman-Test keine signifikanten Ergebnisse in allen untersuchten BIA-Parametern mit Ausnahme der Reaktanz Xc bei 100 kHz des rechten Beines. Der anschließende Wilcoxon-Test konnte auch diesen Wert nicht mehr als signifikant ausweisen. G2 zeigt bei der BIA-Messung trotz KPE-Therapie keine statistisch signifikanten Veränderungen im Therapieverlauf. Somit resultiert die anthropometrisch ermittelte signifikante Volumenabnahme aus Fettabnahme oder aber BIA erkennt die Lymphflüssigkeit nicht als FFM. Das würde bedeuten, dass der Strom nicht durch die Strukturen fließen kann, eventuell aufgrund verlegter Lymphkanäle durch das Ödem und seiner Folgen wie Sklerosierung und Fibrosierung. Es kann vermutet werden, dass auch in der Ausgangsmessung das Lymphödem nicht korrekt erfasst, also nicht dem leitfähigen Volumen, sondern dem Körperfett (TBF) zugeordnet wurde.

Bei G3 (Fasten) mit adipösen, aber nicht lymphödematös veränderten Beinen, werden mit Ausnahme des Resistanzwertes des rechten Beines bei 50 kHz alle Parameter im Friedman-Test als statistisch signifikant verändert ausgewiesen. Im Wilcoxon-Test werden dann nur noch die Reaktanz Xc des linken Beines bei 5 kHz, sowie der Phasenwinkel Alpha bei 50 kHz beider Beine als statistisch signifikant vermindert ausgewiesen. Ein Hinweis, dass sich der Gewebeszustand verschlechtert hat.

Die Vermutung, dass die Veränderungen der Parameter wegen ihrer geringen Höhe nicht zuverlässig von BIA erfasst werden können, kann nicht gehalten werden, da die zahlenmäßig kleineren Ergebnisse analog beim Arm aufgezeigt werden. Zudem zeigt der Seitenvergleich der Beine über das leitfähige Volumen bzw. den Impedanzindex, dass die beiden lymphödematös veränderten Beine der Gruppen G1 und G2 über das physiologische Maß hinaus unterschiedlich sind (Abb.

17 S. 89). Dies entspricht den Schilderungen in der Literatur, dass beidseitige Lymphödeme nie ganz symmetrisch sind [53, 175].

Auffallend ist, dass bei den beiden Gruppen G1 und G2 mit lymphödematösen Beinen die absoluten Resistanzwerte des rechten Beines bei den Frequenzen 5, 50 und 100 kHz immer größer sind als die des linken. Das linke Bein scheint jeweils stärker betroffen zu sein, zu sehen an den niedrigeren R-Werten und interpretierbar als größere Ödemeinlagerungen (Abb. 8 S. 52). Bei der adipösen Gruppe G3 finden sich nahezu identische Absolutwerte.

Mögliche Erklärungen könnten zum einen der Messmodus sein, denn in vorliegender Studie wird immer zuerst die linke, anschließend die rechte Körperseite gemessen, d. h. der Patient liegt länger still vor Messung der rechten Seite, was sich eventuell bei Lymphödempatienten stärker auswirkt als bei Adipösen.

Denn nach Wechsel von stehender zu liegender Position steigt die Impedanz innerhalb der ersten zehn Minuten stark an, ca. 3 % der Ausgangsimpedanz unmittelbar nach dem Hinlegen, weitere 2 % innerhalb der ersten 10 Minuten. Dieser Effekt ist bedingt durch orthostatische Veränderungen der Querschnittsfläche und des Flüssigkeitsgehaltes der Muskulatur der unteren Extremität [99]. Zum anderen kann die Argumentation von Watanabe et al. [171] angeführt werden, dass das linke Bein leichter ödematös werden kann als das rechte, da die rechte gemeinsame Beckenschlagader (A. iliaca communis) über die linke gemeinsame Beckenvene (V. iliaca communis) kreuzt.

Im Seitenvergleich beider Beine mit dem Spearman-Rangkorrelationstest fällt auf, dass bei den Resistanz-Werten der Gruppen G1 und G3 die beiden Seiten bei den drei Frequenzen während allen Messungen signifikant korrelieren, nicht hingegen in Gruppe G2.

Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass nach der KPE-Therapie ein Unterschied bei einseitigen Ödemen verstärkt wird, da nach Drainage des Ödems unterschiedlich viel fibröses Gewebe in den beiden Beinen verbleibt. Hier sei an die Funktionsweise der KPE [53] erinnert. Die Phase I der Entstauung führt lediglich zur Reduktion des Volumens über die Entfernung der rückgestauten eiweißreichen Flüssigkeit, das proliferierte Gewebe bleibt. Erst die Phase II der Konservierung und Optimierung bewirkt durch die Kompressionstherapie einen langsamen Abbau des fibrotischen Gewebes.

Die Unterschiede der beiden Beine in G2 lassen sich durch einen Seitenvergleich der Resistanzwerte bei 5 kHz verdeutlichen und weisen somit eher auf Verschiebungen im Wasserhaushalt hin, was für ein unterschiedlich starkes Ansprechen der beiden Beine auf die KPE-Therapie stehen könnte. Die sehr hohen Werte für die Standardabweichungen bei den Differenzen sollten allerdings zu vorsichtiger Interpretation veranlassen.

Die Reaktanzwerte  $X_c$  bei 50 und 100 kHz korrelieren bei beiden Beinen in allen drei Gruppen zu allen Messungen, während dies bei 5 kHz nur in G3 zu allen Messungen der Fall ist.

Die Reaktanz ( $X_c$ ) spiegelt den Anteil der Körperzellmasse wider und sinkt bei steigenden ECW/ICW-Werten [98].

In vorliegender Studie kommt es zu signifikanten Veränderungen der Reaktanzwerte der Beine in G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) im Therapieverlauf. Intrazelluläres Wasser geht im Fasten verloren und wird im Aufbau wieder eingelagert. Deshalb wird im Vorher-Nachher-Vergleich dann keine signifikante Veränderung mehr ausgewiesen.

Gruppe G3 zeigt einen gleich großen Impedanz-Index des Beines, also gleiches leitfähiges Volumen, wie G1, obwohl ihr anthropometrisch ermitteltes Beinvolumen mit  $11,94 \pm 1,58$  l wesentlich unter dem von G1 mit  $14,96 \pm 3,43$  l liegt. Daraus könnte man folgern, dass sich

beide Gruppen im Fettgehalt unterscheiden müssen, da das leitfähige Volumen und entsprechend die Fettfreie Masse (FFM), praktisch gleich sind. Dies entspricht den Verhältnissen der Arme im Vergleich von G1 und G3.

Im Verlauf der Behandlungen kommt es innerhalb der Fastengruppen G1 und G3 zu statistisch signifikanten Veränderungen des Impedanzindex der Beine. Diese werden im nachgeschalteten Vorher-Nachher-Vergleich nicht mehr als signifikant ausgewiesen. Die Abnahmen der Impedanzindices der Arme werden dagegen bei beiden Gruppen als statistisch signifikant ausgewiesen.

Zur Zeit der Versuchsplanung und Durchführung dieser Studie stand noch keine Methode zur Verfügung, die in der Lage war segmentales extrazelluläres Flüssigkeitsvolumen direkt zu bestimmen. Im Gegensatz dazu kann das Extrazellulärwasser (ECW) im Ganzkörper mittels Tracer-Dilutionstechniken bestimmt werden [10].

Tatara und Tsuzaki [151] lieferten in einer jüngeren Arbeit (1998) eine Formel mit der sie über die segmentalen BIA-Ergebnisse das ECW des Beines bestimmten. Diese Formel ist jedoch nicht allgemein anerkannt, auch liegen noch keine Vergleichswerte zur Interpretation der gewonnenen Ergebnisse vor. Sollte sie weiterentwickelt werden, können in Zukunft Fragestellungen wie in vorliegender Arbeit quantitativ bearbeitet werden.

## 6 Zusammenfassung

Patientinnen mit Lymph- oder Lipolymphödem beider Beine sind häufig auch adipös. Einerseits verschlechtert eine Adipositas das ödematöse Krankheitsbild, andererseits führen Lymphostasen zu einer lipödematösen Fettgewebsumwandlung. Bewegungseinschränkung und Frustessen fördern die Adipositas. Mögliche Schwierigkeiten in der Differentialdiagnose können dazu führen, dass die Adipositas in ihrem Ausmaß unterschätzt wird und eine notwendige Adipositas-therapie zusätzlich zur Therapie des Lymph- oder Lipolymphödems unterbleibt.

Vorliegende Studie sollte über die Untersuchung der Körperzusammensetzung klären, welchen Anteil am Übergewicht die Adipositas und welchen das lymphödematöse Krankheitsbild einnimmt. Ziel war, das Angebot eines möglicherweise effektiveren Therapieprogrammes durch Kombination der üblichen Komplexen Physikalischen Entstauungstherapie (KPE) mit einem Kurzzeitfasten als intensivdiätetische Maßnahme für stationäre Patientinnen mit Lymph- oder Lipolymphödem der Beine bei gleichzeitig bestehender Adipositas bezüglich Beinödembabnahme und Körpergewichtsreduktion anhand einer praxisnahen Methodenauswahl zu überprüfen.

Hierzu wurden insgesamt 52 Patientinnen in drei Gruppen unterteilt. Eine Gruppe von Patientinnen mit Lymph- bzw. Lipolymphödem der Beine (G1; n=16) wurde zusätzlich zur KPE mit Fasten therapiert, während eine zweite Gruppe (G2; n=12) die KPE als alleinige Therapie durchlief. Um die fastenspezifischen Wirkungen herauszuarbeiten, wurde als Kontrolle eine nur adipöse Gruppe ohne lymphödematöse Beine (G3; n=24) mit Fasten therapiert.

Statuserhebungen und Verlaufsmessungen des Ganzkörpers wurden über die BIA-Methode bei vier Frequenzen (1, 5, 50, 100 kHz) und konventioneller Elektrodenanordnung erhoben und mit der Nutri4-Formel (Fa. Data Input, Frankfurt) und der Formel von Segal ausgewertet. Daneben wurden anthropometrische Einzelwerte erfasst und eine Auswertung mit der Vierhautfaltenformel (4HFD) nach Durnin und Womersley durchgeführt. Segmentale BIA-Messungen der Arme und Beine wurden über die Impedanz-Indices der verschiedenen Frequenzen bewertet.

Folgende Ergebnisse können zusammengefasst werden:

1. Die Studienteilnehmerinnen aller drei Gruppen sind anhand der Auswertung der anthropometrischen Parameter eindeutig adipös, unabhängig von den Beinlymphödem der Gruppen G1 und G2. Dies zeigen die hohen Werte der zentralen Umfänge von Taille und Hüfte, der subskapularen und der suprailiakalen Hautfalten sowie die peripheren Adipositasparameter Oberarmumfang und Trizepshautfalte der gesunden Arme. Bei Gruppe G3 liegt eindeutig ein abdominales Fettverteilungsmuster vor, zu sehen an der hohen waist-to-hip-ratio (WHR) und der hohen waist-to-thigh-ratio (WTR). Bei Gruppe G1 findet sich ein eher gynoides Fettverteilungsmuster mitbedingt durch die lymphödematös veränderten Beine und bei Gruppe G2 ein abdominales bei sehr hohen zentralen Umfängen und hohen Oberschenkelumfängen. Unabhängig von der verwendeten Auswertungsformel weisen alle drei Untersuchungsgruppen mit durchschnittlich >39 % einen deutlich erhöhten prozentualen Körperfettanteil auf. Beim absoluten Körperfettgehalt (TBF) weisen die beiden BIA-Formeln keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen G1 und G2 aus, aber die 4HFD-Formel (G2>G1). Die Segal-Formel weist die absoluten TBF-Werte in allen Gruppen höher aus als die Nutri4-Formel, besonders große Unterschiede finden sich bei der nur adipösen Gruppe G3.

Die Arme der Gruppen G1 und G2 sind statistisch betrachtet gleich im anthropometrisch ermittelten Volumen und gleich im leitfähigen Volumen (Impedanzindex). Die Werte von G1

sind im Vergleich zu denen von G3 statistisch signifikant höher in Oberarmumfang und Trizephshautfalte, also adipöser, bei statistisch gleichem anthropometrisch bestimmtem Volumen und leitfähigem Volumen.

Die lymphödematösen Beine der Gruppen G1 und G2 sind statistisch gesehen gleich im anthropometrisch ermittelten Volumen und gleich im leitfähigen Volumen. Bei Gruppe G1 sind die absoluten Resistanzwerte der Beine höher als bei G2 und höher als die Werte der gesunden Beine der Gruppe G3. Die linken Beine der Gruppen G1 und G2 weisen größere Impedanzindices auf, scheinen also stärker lymphödematös verändert zu sein als die rechten. Die Gruppe G2 (KPE) weist bei beiden Beinen deutlich größere Absolutwerte im Impedanzindex auf als G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten).

Bei Gruppe G1 scheinen weniger stark ausgeprägte Lymphödeme bzw. Lipolymphödeme vorzuliegen oder aber ein höherer Anteil an Lipolymphödemem und weniger Lymphödeme als bei Gruppe G2. Die niedrigen Beinresistenzwerte von G2 wirken sich deutlich auf die Ganzkörper-Resistenzwerte aus.

Die Beine der Gruppen G1 und G3 unterscheiden sich statistisch signifikant im anthropometrisch ermittelten Volumen, den Beinumfangen und der Wadenhautfalte (G1 größer G3), aber nicht im leitfähigen Volumen.

Es kann nicht geklärt werden, ob die Beine von Gruppe G1 adipöser sind als die von G3, analog den Armen, oder ob die BIA-Methode das Lymph- bzw. Lipolymphödem nicht als Fettfreie Masse (FFM) erkennt, also keine niedrigeren Resistanzwerte anzeigt, sondern es dem Körperfett (TBF) zuordnet.

2. Zwischen den Gruppen mit lymphödematösem Krankheitsbild G1 und G2 weist nur die 4HFD-Formel wie erwartet keine signifikanten Unterschiede in den FFM-Werten aus. Die Nutri4-Formel zeigt dagegen signifikante Unterschiede bei allen Messungen, die Segal-Formel ab der dritten Verlaufsmessung. Die beiden BIA-Auswertungen weisen somit auf eine unterschiedlich starke Ausprägung der Lymphödeme bzw. ein unterschiedliches Ansprechen auf die Therapien in den beiden Gruppen hin. Zwischen den Gruppen G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) weist keine der verwendeten Formeln statistisch signifikante Unterschiede in der Fettfreien Masse (FFM) und dem Körperfettgehalt (TBF) bei allen Messungen aus. Dagegen unterscheiden sich G2 (KPE) und G3 (Fasten) in allen FFM- und TBF-Vergleichen der verschiedenen Auswertungsformeln.

Die BIA-Ganzkörperauswertung liefert neben vielen eindeutigen auch einige nicht plausible Resultate. Zum einen werden in je einem Fall bei G1 (KPE und Fasten) und G3 (Fasten) die FFM-Abnahmen größer als die Körpergewichtsabnahmen ausgewiesen, zum anderen werden bei einigen Patientinnen aller drei Untersuchungsgruppen FFM-Zunahmen trotz gleichzeitiger Abnahme des Körpergewichtes angezeigt.

Eine Berechnung der prozentualen FFM-Abnahmen in den einzelnen Gruppen kann deshalb nicht durchgeführt werden. Eine individuelle Beurteilung der Patienten ist ausgeschlossen. Im Zweikompartimentmodell wirken sich diese Unstimmigkeiten auf die Ergebnisse der Fettmasse (TBF) aus und bei der weiteren Unterteilung auch auf die Ergebnisse von Körperzellmasse (BCM), Extrazellulärmasse (ECM) sowie von Körperwasser (TBW), Intrazellulär- (ICW-) und Extrazellulärwasser (ECW). Dies ist bei der Beurteilung zu berücksichtigen.

3. Die Frequenz 1 kHz liefert bei den lymphödematös veränderten Beinen der Gruppen G1 und G2 sowie bei den adipösen Beinen der Gruppe G3 keine zuverlässigen Ergebnisse und konnte nicht weiter ausgewertet werden. Mit dem verwendeten Gerät konnte keine Differentialdiagnose zwischen Lymph-, Lipolymphödem und adipösem Bein durchgeführt werden.

4. Die zusätzlich zur KPE durchgeführte Kurzfastentherapie bringt für Gruppe G1 einen größeren Therapieerfolg bezüglich der anthropometrisch ermittelten Beinvolumentabnahme absolut und prozentual zum Ausgangswert im Vergleich zur ausschließlichen KPE-Therapie bei Gruppe G2. Es kommt jedoch weder bei der Körpergewichts-, noch bei der Beinvolumentabnahme zu Summations- oder potenzierten Effekten aus den beiden Therapien.

Durch die angewandten Therapien nehmen alle drei Gruppen statistisch signifikant an Körpergewicht ab. Die durchschnittliche Körperfettabnahme (TBF) liegt bei allen drei Gruppen höher als die durchschnittliche Abnahme der fettfreien Masse (FFM), unabhängig von der verwendeten Auswertungsformel. Mit Ausnahme der über die Nutri4-Formel ermittelten FFM-Abnahme der Gruppe G2 werden alle Werte als statistisch signifikant ausgewiesen. Bei allen drei Auswertungsformeln weisen die absoluten FFM-Abnahmen bei G1 (KPE und Fasten) die höchsten Werte auf, gefolgt von G3 (Fasten), dann erst G2 (KPE). Die Fastenwirkung bei G3 schlägt höher zu Buche als die KPE-Wirkung bei G2. Bei Gruppe G2 liegt der Anteil der Fettgewebsabnahme an der Körpergewichtsabnahme hoch, trotz ausschließlicher KPE-Behandlung.

In der Ausgangsmessung unterscheidet sich der Wert der Körperzellmasse (BCM) in allen drei Gruppen nicht statistisch signifikant. Am Ende der Behandlungen unterscheiden sich dann die Werte der Gruppen mit lymphödematösem Krankheitsbild G1 (KPE und Fasten) und G2 (KPE), nicht die der Gruppen G1 und G3 (Fasten). In den Gruppen G1 und G3 resultiert der Verlust an Fettfreier Masse hauptsächlich aus der Abnahme an BCM, was als Fastenwirkung zu interpretieren ist.

Im Wert der Extrazellulärmasse (ECM) unterscheiden sich die Werte der Gruppen mit lymphödematös veränderten Beinen G1 und G2 zu allen Messzeitpunkten statistisch signifikant, nicht so die Werte zwischen G1 und G3. Die durchschnittliche absolute ECM-Abnahme bei Gruppe G2 (KPE) liegt höher als bei den beiden anderen Gruppen und höher als seine BCM-Abnahme, ist aber nicht statistisch signifikant und kann somit nicht eindeutig als KPE-Wirkung interpretiert werden.

In allen drei Gruppen nimmt das intrazelluläre Wasser (ICW) mehr ab als das extrazelluläre Wasser (ECW). Mit Ausnahme der Abnahmen von Gesamtkörperwasser (TBW) und ECW bei G2 (KPE) sind alle Ergebnisse statistisch signifikant. Wie erwartet zeigen die Gruppen G1 und G3 als Fastenwirkung eine hohe Abnahme des ICW mit  $G3 > G1 > G2$ . Dagegen liegt Gruppe G1 (KPE und Fasten) mit der absoluten Abnahme des ECW am höchsten, gefolgt von G3 (Fasten) und G2 (KPE). Der Anteil der ECW-Abnahme bei Gruppe G2 hätte aufgrund der Ödemausschwemmung durch die KPE-Therapie höher erwartet werden können.

Die Fastenwirkungen auf die Arme bei Gruppe G1 und G3 werden von der segmentalen BIA-Methode über eine statistisch signifikante Abnahme des Impedanzindex und damit des leitfähigen Volumens aufgezeigt und bestätigen die als signifikant ausgewiesenen anthropometrisch ermittelten Armvolumentabnahmen. Die Arme der nicht fastenden Gruppe G2 verändern sich erwartungsgemäß nicht signifikant weder an anthropometrisch ermitteltem noch an leitfähigem Volumen. Es kommt sogar zu geringen Zunahmen der beiden Messgrößen vermutlich durch Verschiebungen von Flüssigkeit durch die KPE-Therapie.

5. Die KPE- und Fastentherapie erzielen gute Erfolge bei Körpergewichts- und Extremitätenabnahmen. Für alle drei Gruppen wird die Körpergewichtsabnahme und die anthropometrisch ermittelte Beinvolumenabnahme als statistisch signifikant ausgewiesen, die Armvolumenabnahme nur für die fastenden Gruppen G1 und G3. Somit kann die KPE-Wirkung über die anthropometrische Beinvolumenabnahme bei G2 (KPE ohne Fasten) aufgezeigt werden. Dagegen zeigen die BIA-Parameter der Beine bei Gruppe G2 keine signifikanten Veränderungen weder bei den Verlaufsmessungen noch im Vorher-Nachher-Vergleich auf, weisen also keine statistisch signifikante Wirkung der KPE aus.
- Auch bei Gruppe G3 mit alleiniger Fastentherapie und gesunden Beinen kann die Fastenwirkung der Beine über BIA nur während der Therapieverlaufes, aber nicht im Vorher-Nachher-Vergleich als statistisch signifikant gesichert werden.
- Bei den Beinen der Gruppe G1, die mit KPE und Fasten behandelt wird, zeigen die BIA-Ergebnisse eine statistisch signifikante Abnahme des leitfähigen Volumens im Therapieverlauf, interpretierbar als Fastenwirkung. Sie lassen sich allerdings im Vorher-Nachher-Vergleich nicht als statistisch signifikant bestätigen.

Abschließend kann festgehalten werden, dass kurzfristige positive Fasteneffekte beim Vergleich der Ergebnisse der Gruppen G1 (KPE und Fasten) und G2 (KPE) zu sehen sind, die über die anthropometrischen Auswertungen aufgezeigt werden können.

Die Veränderungen der Ganzkörper- und Armuntersuchungen werden über die hier verwendete BIA-Methode bestätigt, nicht aber die Fastenwirkungen auf die Beine. Die in vorliegender Studie angewandte BIA-Methode mit vier Frequenzen (1, 5, 50, 100 kHz) ist nicht geeignet den KPE-Erfolg bei Beinlymphödemen und Veränderungen der Beine durch Fastentherapie zuverlässig zu bestimmen. Die anthropometrischen Umfangs- und Volumenmessungen der Beine zeigen den Therapieerfolg der KPE-Behandlung besser auf als die BIA-Methode.

Ob die Fastentherapie mit der anschließenden Aufbauphase in eine dauerhafte Ernährungsumstellung führen, das reduzierte Körpergewicht gehalten werden kann und Vorteile im Hinblick auf eine langsamere Progredienz der lymphödematösen Erkrankung bringt, muss bei dieser Kurzzeitbetrachtung offen bleiben.

Die Untersuchung der Langzeiteffekte von zyklischen Wiederholungen des kombinierten Therapieansatzes bieten interessante Möglichkeiten für weitere Studien. Sinnvoll wäre es, dann mit größeren Gruppen, entsprechenden Untergruppen und differenzierteren lymphödematösen Krankheitsbildern auch bezüglich Krankheitsdauer und Alter der Patientinnen zu arbeiten sowie sich der weiterentwickelten BIS-Geräte mit ihrem weitgefassten Frequenzspektrum zu bedienen.

# Literatur

- [1] Ailhaud G, Grimaldi P, Negrel R  
Cellular and molecular aspects of adipose tissue development  
Annu Rev Nutr 12: 207-233, 1992
- 
- [2] Baumgartner RN, Chumlea WC, Roche AF  
Bioelectric impedance phase angle and body composition  
Am J Clin Nutr 48: 16-23, 1988
- 
- [3] Baumgartner RN, Chumlea WC, Roche AF  
Estimation of body composition from bioelectrical impedance of body segments  
Am J Clin Nutr 50: 221-226, 1989
- 
- [4] Baumgartner RN, Ross R, Heymsfield SB  
Does adipose tissue influence bioelectric impedance in obese men and women?  
J Appl Physiol 84(1): 257-262, 1998
- 
- [5] Beier A, Siems W, Brenke R, Grune T  
Verstärkte Bildung freier Radikale beim chronischen Lymphödem  
Lymphol 18: 8-11, 1994
- 
- [6] Biesalski HK, Fürst P, Kasper H, Kluthe R, Pöler W, Puchstein C, Stähelin HB (Hrsg.)  
Schutz Y: Kap. 1 - 3, S. 8-26, in: Ernährungsmedizin, 2. überarb. u. erw. Aufl.  
Stuttgart; New York: Thieme, 1999
- 
- [7] Björntorp P  
Adipose tissue distribution and function  
Int J Obes 15: 67-81, 1991
- 
- [8] Björntorp P  
The regulation of adipose tissue distribution in humans  
Int J Obes 20: 291-302, 1996
- 
- [9] Bland JM, Altman DG  
Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement  
The Lancet February 8: 307-310, 1986
- 
- [10] Bracco D, Revelly JP, Berger MM, Chioloro RL  
Bedside determination of fluid accumulation after cardiac surgery using  
segmental bioelectrical impedance  
Crit Care Med 26(6): 1065-1070, 1998
- 
- [11] Bracco D, Thiebaud D, Chioloro ML, Landry M, Burckhardt P, Schutz Y  
Segmental body composition assessed by bioelectrical impedance analysis and DEXA in humans  
J Appl Physiol 81(6): 2580-2587, 1996
- 
- [12] Brenke R, Heinrich B  
Ergebnisse und Hafteffekt der Komplexen Physikalischen Entstauungstherapie bei Patienten mit  
Extremitätenlymphoedem  
Lymphol 21: 12-15, 1997
- 
- [13] Brodie DA, Eston RG, Coxon AY, Kreitzman SN, Stockdale HR, Howard AN  
Effect of Changes of Water and Electrolytes on the Validity of Conventional Methods  
of Measuring Fat-Free-Mass  
Ann Nutr Metab 35: 89-91, 1991
- 
- [14] Brubacher D, Jordan P, Wilhelmi-de Toledo F, Brubacher G  
Relationship between the rate of weight loss in a low calorie diet (250 kcal/day) and age,  
body mass index, gender and number of fasting cycles  
Akt Ernähr Med 24: 138-142, 1999
- 
- [15] Brunner U  
Krankheiten der Lymphgefäße.  
in : Siegenthaler, Kaufmann, Hornbostel, Waller (Hrsg.): Lehrbuch der inneren Medizin :  
Stuttgart: Thieme, 221-228, 1992
- 
- [16] Brunner U, Fleischlin-Frei C  
Gegenwärtiger Stand der kombinierten physikalischen Entstauungstherapie beim primären  
und sekundären Lymphödem der Beine  
VASA 22: Heft 1, 8-14, 1993
-

- [17] Bucher O, Wartenberg H  
Cytologie, Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen. 11.,vollst. überarb. Aufl.  
Bern, Stuttgart, Toronto: Huber, 166-170, 1989
- 
- [18] Carella MJ, Rodgers CD, Anderson D, Gossain VV  
Serial Measurements of Body Composition in Obese Subjects During a Very-Low-Energy-Diet (VLED) Comparing Bioelectrical Impedance with Hydrodensitometry  
Obesity Research 5 No.3: 250-256, 1997
- 
- [19] Casley-Smith JR  
Measuring and representing peripheral oedema and its alterations  
Lymphology 27: 56-70, 1994
- 
- [20] Casley-Smith JR  
Letters to the editor: Measuring peripheral oedema and bioimpedance  
Lymphology 28: 41-47, 1995
- 
- [21] Cha K, Chertow GM, Gonzales J, Lazarus JM, Wilmore DW  
Multifrequency bioelectrical impedance estimates the distribution of body water  
J Appl Physiol 79(4): 1316-1319, 1995
- 
- [22] Chumlea WC, Baumgartner RN, Mitchell CO  
The use of segmental bioelectrical impedance in estimating body composition  
in : Advances in In Vivo Body Composition Studies, edited by S. Yasumura et al.,  
Plenum Press, New York, 375-385, 1990
- 
- [23] Chumlea WC, Baumgartner RN, Roche AF  
Specific resistivity used to estimate fat-free mass from segmental measures of bioelectric impedance  
Am J Clin Nutr 48: 7-15, 1988
- 
- [24] Chumlea WC, Guo SS  
Bioelectrical impedance and body composition : Present status and future directions  
Nutr Rev 52: No. 4, 123-131, 1994
- 
- [25] Chumlea WC, Guo SS, Cockram DB, Siervogel RM  
Mechanical and physiologic modifiers and bioelectrical impedance spectrum determinants  
of body composition  
Am J Clin Nutr 64(suppl): 413S-422S, 1996
- 
- [26] Chumlea WC, Guo SS, Kuczmarski RJ, Vellas B  
Bioelectric and Anthropometric Assessment and Reference Data in the Elderly  
J Nutr 123: 449-453, 1993
- 
- [27] Clarys JP, Marfell-Jones MJ  
Anthropometric predictions of component tissue masses in the minor limb segments of the  
human body  
Human Biol 58: 761-769, 1986
- 
- [28] Cornish BH, Ward LC, Jones LC, Thomas, BJ  
Bioelectrical impedance for monitoring the efficacy of lymphoedema treatment programmes  
Breast Cancer Res Treat 38(2): 169-176, 1996
- 
- [29] Cornish BH, Ward LC, Thomas BJ, Bunce IH  
Quantification of Lymphedema using Multi - frequency Bioimpedance  
Appl Radiat Isot 49(5/6): 651-652, 1998
- 
- [30] Cornish BH, Ward LC, Thomas BJ, Jebb SA, Elia M  
Evaluation of multiple frequency bioelectrical impedance and Cole-Cole analysis for the  
assessment of body water volumes in healthy humans  
Eur J Clin Nutr 50: 159-164, 1996
- 
- [31] Cox-Reijven PL, Soeters PB  
Validation of bio-impedance spectroscopy : Effects of degree of obesity and ways of calculating  
volumes from measured resistance values  
Int J Obes 24: 271-280, 2000
- 
- [32] Daig R, Staiger H, Löffler G  
Pathophysiologie des Fettgewebes  
Ernährungs-Umschau 46(6): 208-214, 1999
- 
- [33] Data Input GmbH, Frankfurt / Main  
Nutri 4: Multifrequenzsoftware zur Bestimmung von Wasserhaushalt, Körperzusammensetzung und  
Ernährungszustand. Gebrauchsanleitung, 1996
-

- [34] De Lorenzo A, Andreoli A, Matthie J, Withers P  
Predicting body cell mass with impedance by using theoretical methods: a technical review  
J Appl Physiol 82(5): 1542-1558, 1997
- 
- [35] Deurenberg P  
Limitations of the bioelectrical impedance method for the assessment of body fat in severe obesity  
Am J Clin Nutr 64(suppl): 449S-452S, 1996
- 
- [36] Deurenberg P, Schouten FJM  
Loss of total body water and extracellular water assessed by multifrequency impedance  
Eur J Clin Nutr 46: 247-255, 1992
- 
- [37] Deurenberg P, Tagliabue A, Schouten FJM  
Multi-frequency impedance for the prediction of extracellular water and total body water  
Br J Nutr 73: 349-358, 1995
- 
- [38] Deurenberg P, van der Kooy K, Leenen R, Weststrate JA, Seidell, J. C  
Sex and age specific prediction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance: a cross-validation study  
Int J Obes 15: 17-25, 1991
- 
- [39] Deurenberg P, Weststrate JA, Hautvast JGAJ  
Changes in fat-free mass during weight loss measured by bioelectrical impedance and by densitometry  
Am J Clin Nutr 49: 33-36, 1989
- 
- [40] Deurenberg P, Weststrate JA, van der Kooy K  
Body composition changes assessed by bioelectrical impedance measurements  
Am J Clin Nutr 49: 401-403, 1989
- 
- [41] Diaz EO, Villar J, Immink M, Gonzales T  
Bioimpedance or anthropometry?  
Eur J Clin Nutr 43: 129-137, 1989
- 
- [42] Durnin JV, Womersley J  
Body fat assessed from body density and its estimation from skinfold thickness :  
measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years  
Br J Nutr 32: 77-97, 1974
- 
- [43] Eaton AW, Israel RG, O'Brien KF, Hortobagyi T, McCammon MR  
Comparison of four methods to assess body composition in women  
Eur J Clin Nutr 47: 353-360, 1993
- 
- [44] Elia M  
The bioimpedance "craze"  
Eur J Clin Nutr 47: 825-827, 1993
- 
- [45] Ellrott T, Gries FA, Hamann A, Hauner H, Heseke H, Husemann B, Klose G,  
Liebermeister H, Löffler G, Margraf J, Otto C, Pudel V, Reuter V, Sailer D, Schusdziarra V,  
Schwandt P, Steinmetz A, Wechsler JG, Wirth A, Wolfram G  
Leitlinien der Deutschen Adipositas-Gesellschaft  
Adipositas 16, 8.Jh.: 5-28, 1998
- 
- [46] Ellrott T, Pudel V  
Adipositas therapie: aktuelle Perspektiven  
Stuttgart; New York: Thieme 1997
- 
- [47] Evans EM, Saunders MJ, Spano MA, Arngrimsson SA, Lewis RD, Cureton KJ  
Body-composition changes with diet and exercise in obese women : a comparison of estimates from  
clinical methods and a 4-component model  
Am J Clin Nutr 70: 5-12, 1999
- 
- [48] Evans WD, McClagish H, Trudgett C  
Factors affecting the in vivo precision of bioelectrical impedance analysis  
Appl Radiat Isot 49 No.5/6: 485-487, 1998
- 
- [49] Fahrner, H.  
Fasten als Therapie, 2., erw. u. neubearb. Aufl.  
Stuttgart: Hippokrates, 1991
- 
- [50] Fischer H, Lembke B  
Die Anwendung der bioelektrischen Impedanzanalyse (BIA) zur Beurteilung der  
Körperzusammensetzung und des Ernährungszustandes  
Inn Med 18: 13-17, 1991
-

- [51] Fogelholm M, van Marken-Lichtenbelt W  
Review Comparison of body composition methods: a literature analysis  
Eur J Clin Nutr 51: 495-503, 1997
- 
- [52] Földi E, Földi M, Tischendorf F  
Adipositas, Lipödem und Lymphostase  
Medwelt 34(4): 2-4, 1983
- 
- [53] Földi M, Kubik S  
Lehrbuch der Lymphologie, 3., neubearb. Aufl.  
Stuttgart; Jena; New York: Fischer, 1993
- 
- [54] Forbes GB  
Human Body Composition: Growth, Aging, Nutrition and Activity  
Springer, 1987
- 
- [55] Forbes GB  
Lean Body Mass - body fat interrelationship in humans  
Nutr Reviews 45 No. 8: 225-231, 1987
- 
- [56] Forbes GB, Simon W, Amatruda JM  
Is bioimpedance a good predictor of body-composition change?  
Am J Clin Nutr 56: 4-6, 1992
- 
- [57] Foster KR, Lukaski HC  
Whole body impedance - what does it measure?  
Am J Clin Nutr 64(suppl): 388-396, 1996
- 
- [58] Fulcher GR, Farrer M, Walker M, Rodham D, Clayton B, Alberti KGMM  
A comparison of measurements of lean body mass derived by bioelectrical impedance, skinfold thickness and total body potassium. A study in obese and non-obese normal subjects.  
Scand J Clin Lab Invest 51: 245-253, 1991
- 
- [59] Fuller NJ, Elia M  
Potential use of bioelectrical impedance of the "whole body" and of body segments for the assessment of body composition: comparison with densitometry and anthropometry  
Eur J Clin Nutr 43: 779-791, 1989
- 
- [60] Fuller NJ, Jebb SA, Laskey MA, Coward WA, Elia M  
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 Sci 82: 687-693, 1992
- 
- [61] Gallagher D, Visser M, Wang Z, Harris T, Pierson RN, Heymsfield SB  
Metabolically Active Component of Fat-Free Body Mass: Influences of Age, Adiposity, and Gender  
Metabolism 45 No.8: 992-997, 1996
- 
- [62] Gallagher MG, Walker KZ, O'Dea K  
The influence of a breakfast meal on the assessment of body composition using bioelectrical impedance  
Eur J Clin Nutr 52: 94-97, 1998
- 
- [63] Gold R  
Das Lipödem - Krankheit oder Fehlanlage?  
Lymphol 20: 73-75, 1996
- 
- [64] Gray DS  
Changes in bioelectrical impedance during fasting  
Am J Clin Nutr 48: 1184-1187, 1988
- 
- [65] Gray DS, Bray GA, Bauer M, Kaplan K, Gemayel N, Wood R, Greenway F, Kirk S  
Skinfold thickness measurements in obese subjects  
Am J Clin Nutr 51: 571-577, 1990
- 
- [66] Gudivaka R, Schoeller D, Kushner RF  
Effect of skin temperature on multifrequency bioelectrical impedance analysis  
J Appl Physiol 81(2): 838-845, 1996
- 
- [67] Han TS, Carter R, Currall JEP, Lean MEJ  
The influence of fat free mass on prediction of densitometric body composition by bioelectrical impedance analysis and by anthropometry  
Eur J Clin Nutr 50: 542-548, 1996
-

- [68] Han TS, McNeill G, Baras P, Foster MA  
Waist circumference predicts intra-abdominal fat mass better than waist:hip ratio in women  
Pro Nutr Soc 54: 152A(abstr), 1995
- 
- [69] Hanai T  
Electrical properties of emulsions.  
In: Sherman P (ed.): Emulsion science, London: Academic Press, 354-477, 1968
- 
- [70] Hannan WJ, Cowen SJ, Fearon KCH, Plester CE, Falconer JS, Richardson RA  
Evaluation of multi-frequency bio-impedance analysis for the assessment of extracellular and total body water in surgical patients  
Clin Sci 86: 479-485, 1994
- 
- [71] Hannan WJ, Cowen SJ, Plester C, Fearon KCH  
Proximal and Distal Measurements of Extracellular and Total Body Water by Multi-frequency Bioimpedance Analysis in Surgical Patients  
Appl Radiat Isot 49(5/6): 621-622, 1998
- 
- [72] Hauner H  
Gesundheitsrisiken von Übergewicht und Gewichtszunahme  
Deutsches Ärzteblatt 93 Heft 51-52: B2654-B2658, 1996
- 
- [73] Heitmann BL  
Review Impedance: a valid method in assessment of body composition?  
Eur J Clin Nutr 48: 228-240, 1994
- 
- [74] Heitmann BL  
Prediction of body water and fat in adult Danes from measurement of electrical impedance. A validation study  
Int J Obes 14: 789-802, 1990
- 
- [75] Heitmann BL, Kondrup J, Engelhart M, Kristensen JH, Podenphant J, Hoie LH, Andersen V  
Changes in fat free mass in overweight patients with rheumatoid arthritis on a weight reduction regimen. A comparison of eight different body composition methods  
Int J Obes 18: 812-819, 1994
- 
- [76] Hendel HW, Gotfredsen A, Hojgaard L, Andersen T, Hilsted J  
Change in fat-free mass assessed by bioelectrical impedance, total body potassium and dual energy X-ray absorptiometry during prolonged weight loss  
Scand J Lab Invest 56: 671-679, 1996
- 
- [77] Herpertz U  
Komplikationen bei Lymphödemen  
Lymphol 17: 48-53, 1993
- 
- [78] Herpertz U  
Messung und Dokumentation von Ödemen  
Lymphol 18: 24-30, 1994
- 
- [79] Herpertz U  
Das Lipödem  
Lymphol 19: 1-7, 1995
- 
- [80] Heymsfield SB, Gallagher D, Grammes J, Nunez C, Wang Z, Pietrobelli A  
Upper Extremity Skeletal Muscle Mass: Potential of Measurement with Single Frequency Bioimpedance Analysis  
Appl Radiat Isot 49 No.5/6: 473-474, 1998
- 
- [81] Heymsfield SB, Wang Z, Visser M, Gallagher D, Pierson Jr RN  
Techniques used in the measurement of body composition: an overview with emphasis on bioelectrical impedance analysis  
Am J Clin Nutr 64(suppl): 478-484, 1996
- 
- [82] Hoffer EC, Meador CK, Simpson DC  
Correlation of whole body impedance with total body water volume  
J Appl Physiol 27: 531, 1969
- 
- [83] Houtkooper LB, Lohman TG, Going SB, Howell WH  
Why bioelectrical impedance analysis should be used for estimating adiposity  
Am J Clin Nutr 64(suppl): 436S-448S, 1996
- 
- [84] Jacobs DO  
Bioelectrical Impedance Analysis: Implications for Clinical Practice  
Nutr Clin Pract 12: 204-210, 1997
-

- [85] Jansen DF, Korbijn CM, Deurenberg P  
Variability of body density and body impedance at different frequencies  
Eur J Clin Nutr 46: 865-871, 1992
- 
- [86] Jebb SA, Goldberg GR, Coward WA, Murgatroyd PR, Prentice AM  
Effects of weight cycling caused by intermittent dieting on metabolic rate and body composition in obese women  
Int J Obes 15: 367-374, 1991
- 
- [87] Jebb SA, Murgatroyd PR, Goldberg GR, Prentice AM, Coward WA  
In vivo measurement of changes in body composition: description of methods and their validation against 12 -d continuous whole-body calorimetry  
Am J Clin Nutr 58: 455-462, 1993
- 
- [88] Jenkins KA, Heyward VH, Cook KL, Hicks VL, Quatrochi JA, Wilson WL, Colville BC  
Predictive accuracy of bioelectrical impedance equations for women  
Am J Hum Biol 6: 293-303, 1994
- 
- [89] Kanai H, Haeno M, Sakamoto K  
Electrical measurement of fluid distribution in legs and arms  
Med Prog Technol 12: 159-170, 1987
- 
- [90] Kaulsar Sukul DMKS, den Hoed PT, Johannes EJ, van Dolder R, Benda E  
Direct and indirect methods for the quantification of leg volume: comparison between water displacement volumetry, the disk model method and the frustrum sign method, using the correlation coefficient and the limits of agreement  
J Biomed Eng 15: 477-480, 1993
- 
- [91] Knorz S, Heimann KD, Tiedjen KU  
Lymphologica: Kongreßband / Hrsg.: Gesellschaft Deutschsprachiger Lymphologen  
170-175, 1996
- 
- [92] Köhler W, Schachtel G, Voleske P  
Biostatistik: Einführung in die Biometrie für Biologen und Agrarwissenschaftler, 2. Aufl.  
Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 1996
- 
- [93] Kreitzman SN  
Factors influencing body composition during very-low-calorie diets  
Am J Clin Nutr 56: 217S-223S, 1992
- 
- [94] Kuczmarski RJ, Fanelli MT, Koch GG  
Ultrasonic assessment of body composition in obese adults: overcoming the limitations of the skinfold caliper  
Am J Clin Nutr 45: 717-724, 1987
- 
- [95] Kuhn C  
Fasten - Physiologie und methodische Notwendigkeiten  
Ärztzeitschrift f. Naturheilverf. 33: 569-576, 1992
- 
- [96] Kuhn C, Leweling H, Staedt U, Barth H, Saeger HD, Holm E  
Erfassung des Ernährungszustandes mit modernen Methoden  
Beitr Infusionsther. Basel, Karger vol. 25: 29-79, 1989
- 
- [97] Kuhnke E  
Volumbestimmungen aus Umfangmessungen  
Folia Angiologica 24 7/8: 228-232, 1976
- 
- [98] Kushner RF  
Bioelectrical impedance analysis: a review of principles and applications  
Am Coll Nutr 11 No.2: 199-209, 1992
- 
- [99] Kushner RF, Gudivaka R, Schoeller DA  
Clinical characteristics influencing bioelectrical analysis measurements  
Am J Clin Nutr 64(suppl): 423S-427S, 1996
- 
- [100] Kushner RF, Kunigh A, Alspaugh M, Andronis PT, Leitch CA, Schoeller DA  
Validation of bioelectrical-impedance analysis as a measurement of change in body composition in obesity  
Am J Clin Nutr 52: 219-223, 1990
- 
- [101] Kushner RF, Schoeller DA  
Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis  
Am J Clin Nutr 44: 417-424, 1986
-

- [102] Kushner RF, Schoeller DA, Fjeld CR, Danford L  
Is the impedance index ( $ht^2/R$ ) significant in predicting total body water?  
Am J Clin Nutr 56: 835-839, 1992
- 
- [103] Kußmaul B, Döring A, Filipiak B  
Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) in einer epidemiologischen Studie  
Ernährungs-Umschau 43: 46-48, 1996
- 
- [104] Latchford S, Casley-Smith JR  
Estimating limb volumes and alterations in peripheral edema from circumferences  
measured at different intervals  
Lymphology 30: 161-164, 1997
- 
- [105] Lean MEJ, Han TS, Seidell JC  
Impairment of health and quality of life in people with large waist circumference  
The Lancet 351 March 21: 853-856, 1998
- 
- [106] Leduc A, Leduc O  
Kombination verschiedener Therapiemaßnahmen in der Behandlung des Lymphoedems  
Lymphol 21: 10-11, 1997
- 
- [107] Leibel RL, Edens NK, Fried SK  
Physiologic basis for the Control of body fat distribution in humans  
Annu Rev Nutr 9: 417-443, 1989
- 
- [108] Linß W, Fanghänel J  
Histologie: Zytologie, allgemeine Histologie, mikroskopische Anatomie  
Berlin;New York: de Gruyter, 55-59, 1998
- 
- [109] Löffler G  
Pathophysiologie des Fettgewebes  
Dt Arztebl 94: A2003-A2006, 1997
- 
- [110] Lohman TG, Roche AF, Martorell R (eds.)  
Anthropometric standardization reference manual  
Champaign, IL: Human Kinetics Books, 1988
- 
- [111] Ludwig M, Vetter H  
Diagnose und Differentialdiagnose des dicken Beins  
Schweiz Rundschau Med 78 Nr. 37: 987-992, 1989
- 
- [112] Lukaski HC  
Biological indexes considered in the derivation of the bioelectrical impedance analysis  
Am J Clin Nutr 64(suppl): 397S-404S, 1996
- 
- [113] Lukaski HC  
Methods for the assessment of human body composition: traditional and new  
Am J Clin Nutr 46: 537-556, 1987
- 
- [114] Lützner H  
Aktive Diätetik - Fasten, Intensivdiätetik, Ernährungstherapie  
Stuttgart: Hippokrates, 238-245, 1993
- 
- [115] Martin AD, Drinkwater DT  
Variability in the Measures of Body Fat - Assumptions or Technique?  
Sports Med 11(5): 277-288, 1991
- 
- [116] Meisler JG, St Jeor S  
Summary and recommendations from the American Health Foundation's Expert Panel on  
Healthy Weight  
Am J Clin Nutr 63(suppl): 474S-477S, 1996
- 
- [117] Müller MJ  
Ernährungsmedizinische Praxis - Methoden, Prävention, Behandlung  
Berlin; Heidelberg: Springer, 1998
- 
- [118] Nunez C, Gallagher D, Visser M, Pi-Sunyer FX, Heymsfield SB  
Bioimpedance analysis: evaluation of leg-to-leg system based on pressure contact foot-pad electrodes  
Med Sc Sports Exerc 29 No.4: 524-531, 1997
- 
- [119] Nyboer J, Bango S, Barnett A, Halsey RH  
Radiocardiograms - the electrical impedance changes of the heart in relation of  
electrocardiograms and heart sounds  
J Clin Invest 19: 963, 1940
-

- [120] Oldham NM  
Overview of bioelectrical impedance analyzers  
*Am J Clin Nutr* 64(suppl): 405-412, 1996
- 
- [121] Organ LW, Bradham GB, Gore DT, Lozier SL  
Segmental bioelectrical impedance analysis: theory and application of a new technique  
*J Appl Physiol* 77(1): 98-112, 1994
- 
- [122] Owen OE, Smalley KJ, D'Alessio DA, Mozzoli MA, Dawson EK  
Protein, fat, and carbohydrate requirements during starvation: anaplerosis and cataplerosis  
*Am J Clin Nutr* 68: 12-34, 1998
- 
- [123] Pajmans IJM, Wilmore KM, Wilmore JH  
Use of Skinfolds and Bioelectrical Impedance for Body Composition Assessment After Weight Reduction  
*J Am College Nutr* 11: 145-151, 1992
- 
- [124] Pasquali R, Casimirri F, Morselli Labate AM, Tortelli O, Pascal G, Anconetano B, Gatto MRA, Flaminia R  
Body weight, fat distribution and the menopausal status in women  
*Int J Obes* 18: 614-621, 1994
- 
- [125] Pierson RN, Wang J, Heymsfield SB, Russell-Aulet M, Mazariegos M, Tierney M, Smith R, Thornton JC  
Measuring body fat: calibrating the rulers. Intermethod comparisons in 389 normal Caucasian subjects  
*Am J Physiol (Endocrinol Metab)* 261(24): E103-E108, 1991
- 
- [126] Pietrobelli A, Morini P, Battistini N, Chiumello G, Nunez C, Heymsfield SB  
Appendicular skeletal muscle mass: prediction from multiple frequency segmental bioimpedance analysis  
*Eur J Clin Nutr* 52: 507-511, 1998
- 
- [127] Pirlich M, Krüger A, Lochs H  
BIA-Verlaufsuntersuchungen: Grenzen und Fehlermöglichkeiten  
*Aktuel Ernähr Med* 25: 64-69, 2000
- 
- [128] Pirlich M, Plauth M, Lochs H  
Bioelektrische Impedanzanalyse: Fehlerquellen und methodische Grenzen bei der klinischen Anwendung zur Analyse der Körperzusammensetzung  
*Aktuel Ernähr Med* 24: 81-90, 1999
- 
- [129] Prentice AM, Jebb SA, Goldberg GR, Coward WA, Murgatroyd PR, Poppitt SD, Cole TJ  
Effects of weight cycling on body composition  
*Am J Clin Nutr* 56: 209S-216S, 1992
- 
- [130] Pullicino E, Coward WA, Elia M  
The potential use of dual frequency bioimpedance in predicting the distribution of total body water in health and disease  
*Clin Nutr* 11: 69-74, 1992
- 
- [131] Reißhauer A  
Das Lymphoedem in der klinischen Praxis  
*Lymphol* 21: 1-3, 1997
- 
- [132] Rodriguez G, Moreno LA, Sarria A, Fleta J, Bueno, M  
Letter to the Editor: Diurnal variation in the assessment of body composition using bioelectrical impedance in children  
*Eur J Clin Nutr* 53: 244, 1999
- 
- [133] Roos AN, Westendorp RGJ, Frölich M, Meinders AE  
Tetrapolar body impedance is influenced by body posture and plasma sodium concentration  
*Eur J Clin Nutr* 46: 53-60, 1992
- 
- [134] Ross R, Leger L, Marliss EB, Morris DV, Gougeon R  
Adipose tissue distribution changes during weight loss in obese adults  
*Int J Obes* 15: 733-739, 1991
- 
- [135] Ross R, Leger L, Martin P, Roy R  
Sensitivity of bioelectrical impedance to detect changes in human body composition  
*J Appl Physiol* 67: 1643-1648, 1989
-

- [136] Ryan TJ, Curri SP  
Cutaneous adipose tissue  
Clinics in Dermatology 6(4): 1989
- 
- [137] Schaffer I  
Klinische Untersuchungen zur Beteiligung freier Radikale an lokalen und generalisierten Gewebsschäden beim chronischen Lymphödem  
Medizinische Dissertation, Humboldt-Universität Berlin, 1998
- 
- [138] Scheltinga MR, Jacobs DO, Kimbrough TD, Wilmore DW  
Alterations in body fluid content can be detected by bioelectrical impedance analysis  
Journal of Surgical Research 50: 461-468, 1991
- 
- [139] Schiebler T  
Histologie: Zytologie, Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen unter Berücksichtigung der Histophysiologie, 4., korr. u. akt. Aufl.  
Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 172-179, 1996,
- 
- [140] Schuchhardt C, Herpertz U  
Lymphologische Terminologie  
Lymph Forsch 4: 31-33, 1998
- 
- [141] Schwartz RS  
Obesity in the Elderly. in: Bray GA, Bouchard C, James WPT (eds.).  
Handbook of Obesity. New York: M. Dekker, 103-114, 1998
- 
- [142] Segal KR, Burastero S, Chun A, Coronel P, Pierson RN, Wang J  
Estimation of extracellular and total body water by multiple-frequency bioelectrical- impedance measurement  
Am J Clin Nutr 54: 26-29, 1991
- 
- [143] Segal KR, Van Loan M, Fitzgerald PI, Hodgdon JA, Van Itallie TB  
Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: a four-site cross-validation study  
Am J Clin Nutr 47: 7-14, 1988
- 
- [144] Settle RG, Foster KR, Epstein BR, Mullen JL  
Nutritional assessment: whole body impedance and body fluid compartments  
Nutr Cancer 2: 72-80, 1980
- 
- [145] Smith DN  
Bioelectrical impedance and body composition  
The Lancet 341: 569-570, 1993
- 
- [146] Steiniger J, Janietz K, Schneider A, Steglich HD  
Zur Eiweißfrage beim Fasten  
Forsch Komplementärmed 6: 49-51, 1999
- 
- [147] Stewart SP, Bramley PN, Heighton R, Green JH, Horsman A, Losowsky MS, Smith MA  
Estimation of body composition from bioelectrical impedance of body segments: comparison with dual-energy X-ray absorptiometry  
Br J Nutr 69: 645-655, 1993
- 
- [148] Stolarczyk LM, Heyward VH, Van Loan MD, Hicks VL, Wilson WL, Reano LM  
The fatness-specific bioelectrical impedance analysis equations of Segal et al.: are they generalizable and practical?  
Am J Clin Nutr 66: 8-17, 1997
- 
- [149] Stroh S  
Methoden zur Erfassung der Körperzusammensetzung  
Ernährungs-Umschau 42: 88-91, 1995
- 
- [150] Tagliabue A, Cena H, Trentani C, Lanzola E, Silva S  
How reliable is bio-electrical impedance analysis for individual patients?  
Int J Obes 16: 649-652, 1992
- 
- [151] Tatara T, Tsuzaki K  
Segmental bioelectrical impedance analysis improves the prediction for extracellular water volume changes during abdominal surgery  
Crit Care Med 26(3): 470-475, 1998
- 
- [152] Taylor RW, Keil D, Gold EJ, Williams SW, Goulding A  
Body mass index, waist girth, and waist-to-hip ratio as indexes of total and regional adiposity in women: evaluation using receiver operating characteristic curves  
Am J Clin Nutr 67: 44-49, 1998
-

- [153] Thomas BJ, Cornish BH, Ward LC  
Bioelectrical impedance analysis for measurement of body fluid volumes: a review  
J Clin Engineering 17(6): 505-510, 1992
- 
- [154] Thomas BJ, Ward LC, Cornish BH  
Bioimpedance Spectrometry in the Determination of Body Water Compartments:  
Accuracy and Clinical Significance  
Appl Radiat Isot 49: 447-455, 1998
- 
- [155] Thomasett A  
Bioelectrical properties of tissue impedance  
Lyon Med 207: 107-118, 1962
- 
- [156] Trampisch HJ, Windeler J  
Medizinische Statistik  
Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 1997
- 
- [157] Utter AC, Nieman DC, Ward AN, Butterworth DE  
Use of the leg-to-leg bioelectrical impedance method in assessing body-composition change in obese women  
Am J Clin Nutr 69: 603-607, 1999
- 
- [158] Valensi P, Hermite FL, Behar A, Sandre-Banon D, Cohen-Boulakia F, Attali JR  
Extra cellular water and increase in capillary permeability to albumin in overweight women with swelling syndrome  
Int J Obes 24: 126-130, 2000
- 
- [159] Valtuena S, Blanch S, Barenys M, Salas-Salvado J  
Changes in body composition and resting energy expenditure after rapid weight loss: is there an energy-metabolism adaption in obese patients ?  
Int J Obes 19: 119-125, 1995
- 
- [160] van der Kooy K, Leenen R, Deurenberg P, Seidell JC, Westerterp KR, Hautvast JGAJ  
Changes in fat-free mass in obese subjects after weight loss: a comparison of body composition measures  
Int J Obes 16: 675-683, 1992
- 
- [161] van Loan MD, Mayclin PL  
Use of multi-frequency bioelectrical impedance analysis for the estimation of extracellular fluid  
Eur J Clin Nutr 46: 117-124, 1992
- 
- [162] van Marken Lichten W, Westerterp KR, Wouters L, Luijendijk SCM  
Validation of bioelectrical-impedance measurements as a method to estimate body-water compartments  
Am J Clin Nutr 60: 159-166, 1994
- 
- [163] Vazquez JA, Janosky JE  
Validity of bioelectrical-impedance analysis in measuring changes in lean body mass during weight reduction  
Am J Clin Nutr 54: 970-975, 1991
- 
- [164] Vettorazzi C, Barillas C, Pineda O  
A model for assessing body composition in amputees using bioelectrical impedance analysis  
Fed Proc 4: 5063, 1987
- 
- [165] Visser M, Deurenberg P, van Staveren WA  
Multi-frequency bioelectrical impedance for assessing total body water and extracellular water in elderly subjects  
Eur J Clin Nutr 49: 256-266, 1995
- 
- [166] Visser M, van den Heuvel E, Deurenberg P  
Prediction equations for the estimation of body composition in the elderly using anthropometric data  
Br J Clin Nutr 71: 823-833, 1994
- 
- [167] Vogel JA, Friedl KE  
Body Fat Assessment in Women; Sports Medicine 13(4): 245-269, 1992
- 
- [168] Waki M, Kral JG, Mazariegos M, Wang J, Pierson Jr RN, Heymsfield SB  
Relative expansion of extracellular fluid in obese vs. nonobese women  
Am J Physiol 261: E199-203, 1991
- 
- [169] Wang ZM, Deurenberg P, Wang W, Pietrobelli A, Baumgartner RN, Heymsfield SB  
Hydration of fat-free body mass: review and critique of a classic body-composition constant  
Am J Clin Nutr 69: 833-841, 1999
-

- [170] Ward LC, Bunce ICH, Cornish BH, Mirolo BR, Thomas BJ, Jones LC  
Multi-frequency bioelectrical impedance augments the diagnosis and management of lymphoedema in post-mastectomy patients  
Eur J Clin Invest 22: 751-754, 1992
- 
- [171] Watanabe R, Kotoura H, Morishita Y  
CT analysis of the use of the electrical impedance technique to estimate local oedema in the extremities in patients with lymphatic construction  
Med Biol Eng Comput 36: 60-65, 1998
- 
- [172] Watanabe R, Miura A, Inoue K, Haeno M, Sakamoto K, Kanai, H.  
Evaluation of leg edema using a multifrequency impedance meter in patients with lymphatic instruction  
Lymphology 22: 85-92, 1989
- 
- [173] Wechsler JG  
Diätetische Therapie der Adipositas  
Deutsches Ärzteblatt 94 Heft 36: B1830-B1836, 1997
- 
- [174] Wechsler JG, Schusdziarra V, Hauner H, Gries FA  
Therapie der Adipositas  
Deutsches Ärzteblatt 93 Heft 36: B751-B1753, 1996
- 
- [175] Weissleder H, Schuchhardt C  
Erkrankungen des Lymphgefäßsystems, 2., erw. u. vollst. überarb. Aufl.  
Bonn: Kagerer Kommunikation, 1996
- 
- [176] Werner GT, Rodiek SO  
Stellenwert der Kernspintomographie bei unklaren Beinödemen  
Lymphol 17: 3-5, 1993
- 
- [177] Wienert V, Leeman S  
Das Lipödem  
Hautarzt 42: 484-486, 1991
- 
- [178] Wilhelmi de Toledo F  
Therapeutisches Fasten nach Buchinger und Immunsystem: Erfahrung und Hypothesen  
Ärztzeitschrift f. Naturheilverf. 36: 331-341, 1995
- 
- [179] Wilhelmi de Toledo F, Friebe R, Hebisch D, Kuhn C, Platzer G, Schrag S  
The Buchinger clinic program for the treatment of obesity.  
In: Ditschuneit H, Gries FA, Hauner H, Schusdziarra V, Wechsler JG (eds.) :  
Obesity in Europe, John Libbey & Company Ltd., 289-293, 1994
- 
- [180] Williams DP, Going SB, Lohman TG, Hewitt MJ, Haber, AE  
Estimation of body fat from skinfold thickness in middle-aged and older men and women: a multiple component approach  
Am J Hum Biol 4: 595-605, 1992
- 
- [181] Wilmore KM, McBride PJ, Wilmore JH  
Comparison of bioelectric impedance and near-infrared interactance for body composition assessment in a population of self-perceived overweight adults  
Int J Obes 18: 375-381, 1994
- 
- [182] Wirth A  
Diagnostik bei Adipositas  
Z Allg Med 70: 1-10, 1994
- 
- [183] Wirth A  
Adipositas, 2., überarb. u. erw. Aufl.  
Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 2000
- 
- [184] Woodrow G, Oldroyd B, Smith MA, Turney JH  
The effect of arteriovenous fistulae in haemodialysis patients on whole body and segmental bioelectrical impedance  
Nephrol Dial Transplant 12: 524-527, 1997
- 
- [185] Zürcher G  
Diätetische Behandlungsmöglichkeiten des Lipödems  
Lymphol 20: 76-78, 1996
-

# Anhang

Tab. I: Resistanzwerte bei 50 kHz der Ganzkörper-, Arm- und Beinmessungen jeweils links und rechts über die fünf ausgewerteten Messungen

R 50 [W] ± sd		M1	M2	M3	M6	M7
<b>Ganzkörper</b>	<b>G1</b> li	530,6 ± 62,9	550,8 ± 70,4	557,2 ± 60,4	564,6 ± 56,8	549,3 ± 55,6
		re	535,5 ± 65,5	558,5 ± 64,0	563,9 ± 55,5	570,8 ± 44,7
	<b>G2</b> li	492,8 ± 83,4	489,2 ± 63,5	500,8 ± 59,3	501,2 ± 68,8	499,8 ± 67,5
		re	494,1 ± 72,5	498,4 ± 73,4	506,0 ± 49,6	506,8 ± 58,9
	<b>G3</b> li	525,7 ± 44,5	552,2 ± 51,2	535,2 ± 44,9	564,1 ± 44,6	545,0 ± 46,2
		re	518,2 ± 43,8	542,8 ± 47,3	528,7 ± 45,5	561,9 ± 49,4
<b>Arme</b>	<b>G1</b> li	272,4 ± 21,8	280,6 ± 27,6	278,4 ± 31,6	284,2 ± 25,5	283,5 ± 26,9
		re	269,2 ± 24,7	278,0 ± 27,2	279,2 ± 27,2	284,6 ± 22,3
	<b>G2</b> li	262,5 ± 30,3	265,0 ± 28,3	267,1 ± 23,9	268,8 ± 29,5	262,3 ± 26,2
		re	262,2 ± 27,0	266,3 ± 35,4	269,9 ± 20,9	266,0 ± 29,2
	<b>G3</b> li	264,3 ± 24,3	275,6 ± 27,7	271,9 ± 25,0	283,9 ± 26,1	272,6 ± 27,2
		re	260,0 ± 22,7	272,7 ± 25,4	268,4 ± 23,9	279,9 ± 25,4
<b>Beine</b>	<b>G1</b> li	222,3 ± 38,8	230,9 ± 42,7	240,2 ± 32,1	240,4 ± 33,8	224,1 ± 28,6
		re	229,9 ± 39,6	241,6 ± 38,8	247,7 ± 29,2	245,9 ± 26,4
	<b>G2</b> li	189,1 ± 57,0	184,5 ± 54,7	198,3 ± 49,5	196,5 ± 49,4	193,6 ± 43,1
		re	203,3 ± 55,4	201,3 ± 56,2	206,5 ± 45,4	208,8 ± 41,1
	<b>G3</b> li	224,3 ± 31,4	237,0 ± 36,0	223,5 ± 29,0	239,8 ± 25,1	230,7 ± 24,7
		re	226,7 ± 32,8	234,1 ± 33,2	226,3 ± 33,0	242,0 ± 29,6

## Legende zu Tabelle II:

Gruppen: G1, G2, G3;

\* : statistisch signifikante Unterschiede, ns: nicht statistisch signifikant,

- : nach den Regeln der Statistik nicht weiter geprüft;

Testverfahren: KW-Kruskal-Wallis, MW-Mann-Whitney, Friedman, Wilcoxon (s. S. 47);

R1 - R100: Resistanz bei den Frequenzen 1, 5, 50 und 100 kHz;

Xc5 - 100: Reaktanz bei den Frequenzen 5, 50 und 100 kHz;

$\alpha$ 50: Phasenwinkel  $\alpha$  (arctan Xc/R) bei 50 kHz;

L<sup>2</sup> / R5-100: Impedanzindex bei 5, 50 und 100 kHz;

KG: Körpergewicht; FFM<sub>N/S/H</sub>: Fettfreie Masse nach Nutri- / Segal- / 4 Hautfaltenformel;

TBF<sub>N/S/H</sub>: Körperfett nach Nutri- / Segal- / 4 Hautfaltenformel;

BCM: Körperzellmasse; ECM: Extrazellulärmasse; TBW: Körperwasser;

ECW: Extrazellulärwasser; ICW: Intrazellulärwasser;

UT: Taillenumfang; UH: Hüftumfang; SSHF: Subskapularhautfalte; SIHF: Suprailiakalhautfalte

Tab. II: Statistische Auswertungen der Ganzkörpermessungen im Überblick  
(Legende siehe Vorseite)

Ganzkörper	Ausgangsmessung M1				Endmessung M7				Verlaufsmessungen			Vorher-Nachher-Vergleich		
	KW G 1-3	MW			KW G 1-3	MW			Friedman			Wilcoxon		
		G1 G2	G1 G3	G2 G3		G1 G2	G1 G3	G2 G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3
KG	*	ns	ns	*	*	*	ns	*	*	*	*	*	*	*
FFM <sub>N</sub>	*	*	ns	*	*	*	ns	*	*	*	*	*	ns	*
FFM <sub>S</sub>	*	ns	ns	*	*	*	ns	*	*	*	*	*	*	*
FFM <sub>H</sub>	*	ns	ns	*	*	ns	ns	*	*	ns	*	*	-	*
TBF <sub>N</sub>	*	ns	ns	*	*	ns	ns	*	*	*	*	*	*	*
TBF <sub>S</sub>	*	ns	ns	*	*	ns	ns	*	*	*	*	*	*	*
TBF <sub>H</sub>	*	*	ns	*	*	*	ns	*	*	*	*	*	*	*
BCM <sub>N</sub>	ns	-	-	-	*	*	ns	*	*	ns	*	*	-	*
ECM <sub>N</sub>	*	*	ns	*	*	*	ns	*	*	*	*	ns	ns	ns
TBW <sub>N</sub>	*	*	ns	*	*	*	ns	*	*	ns	*	*	-	*
ICW <sub>N</sub>	*	*	ns	*	*	*	ns	*	*	*	*	*	*	*
ECW <sub>N</sub>	ns	-	-	-	*	*	ns	*	*	*	*	*	ns	*
UT	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	*	*	*	*	*
UH	ns	-	-	-	*	ns	ns	*	*	ns	*	*	-	*
SS HF	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	*	*	*	*	*
SI HF	*	*	ns	*	*	*	ns	*	ns	*	*	-	*	*
Alter	*	ns	*	ns										
Körp.größe	ns	-	-	-										
R1 li	ns	-	-	-	*	*	ns	*	ns	ns	ns	-	-	-
R5 li	ns	-	-	-	*	*	ns	*	*	ns	*	*	-	*
R50 li	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	ns	*	*	-	*
R100 li	ns	-	-	-	*	*	ns	*	*	ns	*	*	-	*
R1 re	ns	-	-	-	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	-	-	-
R5 re	ns	-	-	-	*	*	ns	ns	*	*	*	*	ns	*
R50 re	ns	-	-	-	*	*	ns	*	*	ns	*	ns	-	*
R100 re	ns	-	-	-	*	*	ns	*	*	ns	*	*	-	*
Xc5 li	ns	-	-	-	ns	-	-	-	ns	*	*	-	ns	ns
Xc50 li	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	ns	*	ns	-	ns
Xc100 li	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	ns	*	ns	-	ns
Xc5 re	ns	-	-	-	ns	-	-	-	ns	*	ns	-	ns	-
Xc50 re	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	*	*	ns	ns	ns
Xc100 re	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	*	*	ns	ns	ns
α50 li	*	ns	ns	*	ns	-	-	-	*	ns	*	ns	-	*
α50 re	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	*	*	*	ns	*
L <sup>2</sup> /R5 li	ns	-	-	-	*	*	ns	*	*	ns	*	*	-	ns
L <sup>2</sup> /R50 li	ns	-	-	-	*	*	ns	*	*	ns	*	*	-	*
L <sup>2</sup> /R100 li	ns	-	-	-	*	*	ns	*	*	ns	*	*	-	*
L <sup>2</sup> /R5 re	ns	-	-	-	*	*	ns	*	*	*	*	*	ns	*
L <sup>2</sup> /R50 re	ns	-	-	-	*	*	ns	*	*	ns	*	*	-	*
L <sup>2</sup> /R100 re	ns	-	-	-	*	*	ns	*	*	ns	*	*	-	*

Tab. III: Statistische Auswertungen der Armmessungen im Überblick

Arme	Ausgangsmessung M1				Endmessung M7				Verlaufsmessungen			Vorher-Nachher-Vergleich		
	KW	MW			KW	MW			Friedman			Wilcoxon		
		G1-3	G1-G2	G1-G3		G2-G3	G1-3	G1-G2	G1-G3	G2-G3	G1	G2	G3	G1
Armlänge	ns	-	-	-										
Armvol.	*	ns	ns	*	*	ns	ns	*	*	ns	*	*	-	*
UOA	*	ns	*	*	*	ns	*	*	ns	ns	*	-	-	*
UEL	ns	-	-	-	*	ns	ns	*	*	ns	*	*	-	*
U Hand	ns	-	-	-	ns	-	-	-	ns	ns	*	-	-	*
THF	*	ns	*	*	*	ns	*	*	*	ns	*	*	-	*
BHF	ns	-	-	-	*	ns	ns	*	*	ns	*	*	-	*
R5 li	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	*	*	*	ns	ns
R50 li	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	ns	*	*	-	*
R100 li	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	ns	*	*	-	*
R5 re	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	ns	*	*	-	*
R50 re	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	*	*	*	ns	*
R100 re	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	ns	*	*	-	*
Xc5 li	ns	-	-	-	ns	-	-	-	ns	ns	ns	-	-	-
Xc50 li	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	ns	ns	ns	-	ns
Xc100 li	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	ns	*	ns	-	ns
Xc5 re	ns	-	-	-	ns	-	-	-	ns	ns	ns	-	-	-
Xc50 re	ns	-	-	-	ns	-	-	-	ns	ns	*	-	-	ns
Xc100 re	ns	-	-	-	ns	-	-	-	ns	ns	ns	-	-	-
$\alpha$ 50 li	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	ns	*	*	-	*
$\alpha$ 50 re	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	ns	*	*	-	ns
L <sup>2</sup> /R5 li	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	ns	*	*	-	*
L <sup>2</sup> /R50 li	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	ns	*	*	-	*
L <sup>2</sup> /R100 li	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	ns	*	*	-	*
L <sup>2</sup> /R5 re	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	ns	*	*	-	*
L <sup>2</sup> /R50 re	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	*	*	*	ns	*
L <sup>2</sup> /R100 re	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	ns	*	*	-	*

Legende zu Tabelle III: Gruppen: G1, G2, G3;

\* : statistisch signifikante Unterschiede, ns: nicht statistisch signifikant,

- : nach den Regeln der Statistik nicht weiter geprüft;

Testverfahren: KW-Kruskal-Wallis, MW-Mann-Whitney, Friedman, Wilcoxon (s. S. 47);

R5 - R100: Resistanz bei den Frequenzen 5, 50 und 100 kHz;

Xc5 - 100: Reaktanz bei den Frequenzen 5, 50 und 100 kHz; L<sup>2</sup> / R5-100: Impedanzindex bei 5, 50 und 100 kHz,  $\alpha$ 50: Phasenwinkel  $\alpha$  (arctan Xc/R) bei 50 kHz;

UOA: Oberarmumfang; UEL: Ellenbogenumfang; UHand: Handumfang; THF: Trizepshautfalte;

BHF: Bizepshautfalte

Tab. IV: Statistische Auswertungen der Beinmessungen im Überblick

Beine	Ausgangsmessung M1				Endmessung M7				Verlaufsmessungen			Vorher-Nachher-Vergleich		
	KW	MW			KW	MW			Friedman			Wilcoxon		
		G1-3	G1-G2	G1-G3		G2-G3	G1-3	G1-G2	G1-G3	G2-G3	G1	G2	G3	G1
Beinlänge	ns	-	-	-										
Beinvol.	*	ns	*	*	*	ns	*	*	*	*	*	*	*	*
UOS	*	ns	*	*	*	ns	*	*	*	*	*	*	*	*
UK	*	ns	*	*	*	ns	*	*	*	*	*	*	*	*
UW	*	*	*	*	*	*	*	*	*	ns	*	*	-	*
UF	*	ns	*	*	*	ns	*	*	*	ns	ns	*	-	-
HFW	*	ns	*	*	*	ns	*	*	*	ns	*	*	-	ns
R5 li	ns	-	-	-	*	*	ns	*	*	ns	*	ns	-	ns
R50 li	ns	-	-	-	*	*	ns	*	*	ns	*	ns	-	ns
R100 li	ns	-	-	-	*	*	ns	*	*	ns	*	ns	-	ns
R5 re	ns	-	-	-	*	*	ns	*	ns	ns	*	-	-	ns
R50 re	ns	-	-	-	*	*	ns	*	*	ns	ns	ns	-	-
R100 re	ns	-	-	-	*	*	ns	*	*	ns	*	ns	-	ns
Xc5 li	ns	-	-	-	ns	-	-	-	ns	ns	*	-	-	*
Xc50 li	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	ns	*	ns	-	ns
Xc100 li	*	ns	ns	*	*	*	ns	*	*	ns	*	ns	-	ns
Xc5 re	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	ns	*	ns	-	ns
Xc50 re	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	ns	*	ns	-	ns
Xc100 re	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	*	*	ns	ns	ns
$\alpha$ 50 li	*	ns	*	ns	ns	-	-	-	*	ns	*	ns	-	*
$\alpha$ 50 re	*	ns	*	*	ns	-	-	-	ns	ns	*	-	-	*
L <sup>2</sup> /R5 li	ns	-	-	-	*	*	ns	*	*	ns	*	ns	-	ns
L <sup>2</sup> /R50 li	ns	-	-	-	*	*	ns	*	*	ns	*	ns	-	ns
L <sup>2</sup> /R100 li	ns	-	-	-	*	*	ns	*	*	ns	*	ns	-	ns
L <sup>2</sup> /R5 re	ns	-	-	-	ns	-	-	-	ns	ns	*	-	-	ns
L <sup>2</sup> /R50 re	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	ns	*	ns	-	ns
L <sup>2</sup> /R100 re	ns	-	-	-	ns	-	-	-	*	ns	*	ns	-	ns

Legende zu Tabelle IV: Gruppen: G1, G2, G3;

\* : statistisch signifikante Unterschiede, ns: nicht statistisch signifikant,

- : nach den Regeln der Statistik nicht weiter geprüft;

Testverfahren: KW-Kruskal-Wallis, MW-Mann-Whitney, Friedman, Wilcoxon (s. S. 47);

R5 - R100: Resistanz bei den Frequenzen 5, 50 und 100 kHz; Xc5 - 100: Reaktanz bei den Frequenzen 5, 50 und 100 kHz; L<sup>2</sup> / R5-100: Impedanzindex bei 5, 50 und 100 kHz;

$\alpha$ 50: Phasenwinkel  $\alpha$  (arctan Xc/R) bei 50 kHz;

UOS: Oberschenkelumfang; UK: Knieumfang; UW: Knieumfang; UF: Fesselumfang;

HFW: Wadenhautfalte

Tab. V: Übersicht der Impedanzindices der Ganzkörpermessung L<sup>2</sup>/R [cm<sup>2</sup>/O] links und rechts bei den Frequenzen 5, 50 und 100 kHz sowie der Differenz der Endmessung absolut und prozentual zur Ausgangsmessung (\* bezeichnet signifikante Unterschiede)

<b>Ganzkörper</b>		<b>rechts</b>			<b>links</b>		
<b>L<sup>2</sup> / R5</b>		mean	sd	sem	mean	sd	sem
G1	M1	43,00	5,84	1,46	43,60	5,08	1,27
	Δ	-1,90 * (-3,88%)	3,17	0,79	-1,55 * (-3,21%)	2,86	0,72
G2	M1	48,87	8,47	2,44	50,17	9,28	2,68
	Δ	-0,67 (-0,62%)	3,27	0,94	-1,25 (-1,36%)	4,96	1,43
G3	M1	43,98	4,55	0,93	43,49	4,08	0,83
	Δ	-1,43 * (-2,99%)	2,92	0,60	-1,11 (-2,34%)	3,16	0,65
<b>L<sup>2</sup> / R50</b>		mean	sd	sem	mean	sd	sem
G1	M1	49,18	6,55	1,64	49,51	5,74	1,43
	Δ	-2,06 * (-3,62%)	3,54	0,89	-1,86 * (-3,45%)	2,90	0,73
G2	M1	55,58	9,23	2,67	56,13	10,55	3,05
	Δ	-0,89 (-0,96%)	3,32	0,96	-1,43 (-1,53%)	5,26	1,52
G3	M1	50,59	5,14	1,05	49,83	4,63	0,95
	Δ	-2,00 * (-3,78%)	2,93	0,60	-1,74 * (-3,33%)	3,22	0,66
<b>L<sup>2</sup> / R100</b>		mean	sd	sem	mean	sd	sem
G1	M1	51,80	6,90	1,73	52,08	6,06	1,52
	Δ	-2,51 * (-4,39%)	3,25	0,81	-2,01 * (-3,55%)	2,98	0,74
G2	M1	58,21	9,63	2,78	59,30	10,15	2,93
	Δ	-0,76 (-0,60%)	3,63	1,05	-1,44 (-1,51%)	5,25	1,52
G3	M1	53,36	5,53	1,13	52,51	4,94	1,01
	Δ	-2,20 * (-3,95%)	3,00	0,61	-1,93 * (-3,52%)	3,34	0,68

Tab. VI: Übersicht der Impedanzindices der Arm- (oben ) und Beinmessung (unten) L<sup>2</sup>/R [cm<sup>2</sup>/O] links und rechts bei den Frequenzen 5, 50 und 100 kHz sowie der Differenz der Endmessung absolut und prozentual zur Ausgangsmessung (\* bezeichnet signifikante Unterschiede)

Arm		rechts			links		
L <sup>2</sup> / R5		mean	sd	sem	mean	sd	sem
G1	M1	9,32	1,21	0,30	9,32	1,13	0,28
	Δ	-0,39 * (-4,10%)	0,48	0,12	-0,36 * (-3,96%)	0,43	0,11
G2	M1	10,17	1,78	0,51	10,18	1,90	0,55
	Δ	-0,02 (-0,14%)	0,59	0,17	-0,03 (+0,31%)	0,72	0,21
G3	M1	9,37	1,17	0,24	9,32	1,28	0,26
	Δ	-0,23 * (-2,43%)	0,59	0,12	-0,17 (-1,69%)	0,67	0,14
L <sup>2</sup> / R50		mean	sd	sem	mean	sd	sem
G1	M1	10,69	1,46	0,37	10,54	1,35	0,34
	Δ	-0,47 * (-4,33%)	0,47	0,12	-0,38 * (-3,74%)	0,40	0,10
G2	M1	11,40	1,86	0,54	11,44	2,04	0,59
	Δ	+0,06 (+0,44%)	0,64	0,18	-0,04 (+0,08%)	0,83	0,24
G3	M1	10,81	1,37	0,28	10,66	1,52	0,31
	Δ	-0,37 * (-3,46%)	0,56	0,12	-0,32 * (-2,80%)	0,65	0,13
L <sup>2</sup> / R100		mean	sd	sem	mean	sd	sem
G1	M1	11,19	1,55	0,39	11,03	1,40	0,35
	Δ	-0,51 * (-4,49%)	0,49	0,12	-0,42 * (-3,97%)	0,41	0,10
G2	M1	11,93	1,92	0,55	11,94	2,10	0,61
	Δ	+0,07 (+0,43%)	0,64	0,18	-0,03 (+0,20%)	0,83	0,24
G3	M1	11,35	1,44	0,30	11,18	1,62	0,33
	Δ	-0,41 * (-3,67%)	0,58	0,12	-0,36 * (-3,05%)	0,68	0,14

Bein		rechts			links		
L <sup>2</sup> / R5		mean	sd	sem	mean	sd	sem
G1	M1	23,05	5,73	1,43	23,90	5,56	1,39
	Δ	-1,30 (-3,49%)	3,73	0,93	-0,48 (-0,36%)	3,35	0,84
G2	M1	28,63	13,66	3,94	31,87	16,49	4,76
	Δ	-1,87 (-1,83%)	5,60	1,62	-2,83 (-3,71%)	6,32	1,83
G3	M1	23,07	4,31	0,88	23,14	4,15	0,85
	Δ	-0,93 (-2,34%)	2,97	0,61	-0,77 (-1,80%)	3,07	0,63
L <sup>2</sup> / R50		mean	sd	sem	mean	sd	sem
G1	M1	26,55	5,95	1,49	27,44	6,07	1,52
	Δ	-1,29 (-3,36%)	3,37	0,84	-0,64 (-0,93%)	3,47	0,87
G2	M1	32,74	14,91	4,30	36,19	18,29	5,28
	Δ	-1,89 (-1,77%)	5,42	1,56	-3,03 (-3,77%)	6,52	1,88
G3	M1	26,52	4,68	0,95	26,71	4,37	0,89
	Δ	-0,85 (-1,90%)	3,02	0,62	-0,98 (-2,50%)	3,10	0,63
L <sup>2</sup> / R100		mean	sd	sem	mean	sd	sem
G1	M1	28,05	6,19	1,55	28,95	6,29	1,57
	Δ	-1,40 (-3,56%)	3,47	0,87	-0,71 (-1,03%)	3,56	0,89
G2	M1	34,51	15,54	4,49	37,89	18,77	5,42
	Δ	-2,01 (-1,76%)	5,82	1,68	-3,11 (-3,68%)	6,80	1,96
G3	M1	28,25	4,76	0,97	28,30	4,54	0,93
	Δ	-1,05 (-2,61%)	3,07	0,63	-1,08 (-2,75%)	3,21	0,66

Tab. VII: Korrelationen des Körpergewichtes mit anderen Parametern (M1=Ausgangs-, M3=Verlaufs- und M7=Endwerte, Kennzeichnung eines signifikanten Zusammenhangs \* und des Spearman R-Koeffizienten)

Parameter	G 1 (KPE und Fasten)			G 2 (KPE)			G 3 (Fasten)		
	M1	M3	M7	M1	M3	M7	M1	M3	M7
Alter	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-0,055	-0,050	-0,072	-0,260	-0,260	-0,358	-0,107	-0,145	-0,143
Körpergröße	-	-	-	*	*	*	-	-	-
	0,049	0,040	0,089	0,841	0,841	0,820	0,319	0,283	0,305
Resistanz R 50 Ganzkörper rechts	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-0,366	-0,300	-0,379	-0,266	-0,119	-0,018	-0,321	-0,282	-0,388
Reaktanz Xc 50 Ganzkörper rechts	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-0,464	-0,229	-0,458	-0,060	0,042	0,112	0,054	0,012	-0,086
L <sup>2</sup> /R50 Ganzkörper rechts	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,497	0,294	0,459	0,448	0,427	0,308	0,507	0,514	0,463
TBF Ganzkörper (Nutri4)	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	0,918	0,959	0,964	0,902	0,930	0,965	0,908	0,928	0,920
FFM Ganzkörper (Nutri4)	*	*	*	-	*	-	*	*	*
	0,724	0,717	0,765	0,671	0,725	0,643	0,751	0,705	0,757
BCM Ganzkörper (Nutri4)	*	-	-	*	*	*	*	*	*
	0,673	0,605	0,513	0,804	0,841	0,768	0,576	0,581	0,534
ECM Ganzkörper (Nutri4)	*	*	*	-	-	-	-	-	-
	0,738	0,647	0,687	0,440	0,357	0,315	0,353	0,340	0,461
TBW Ganzkörper (Nutri4)	*	*	*	-	*	-	*	*	*
	0,724	0,712	0,765	0,671	0,725	0,643	0,749	0,705	0,759
ECW Ganzkörper (Nutri4)	-	-	-	-	-	-	*	-	-
	0,486	0,303	0,450	0,392	0,386	0,308	0,552	0,487	0,486
ICW Ganzkörper (Nutri4)	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	0,804	0,811	0,865	0,902	0,907	0,818	0,830	0,832	0,812
UOS (Umfang Oberschenkel)	*	*	*	*	*	*	-	-	-
	0,796	0,638	0,678	0,720	0,720	0,811	0,406	0,487	0,357
UOA (Umfang Oberarm)	*	*	*	-	-	*	*	*	*
	0,850	0,812	0,843	0,650	0,524	0,711	0,639	0,697	0,594
UT (Umfang Taille)	*	*	*	-	-	-	*	*	*
	0,829	0,756	0,809	0,420	0,392	0,416	0,775	0,795	0,743
UH (Umfang Hüfte)	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	0,868	0,846	0,788	0,860	0,846	0,825	0,826	0,852	0,792
THF (Trizeps-Hautfalte)	*	-	-	*	*	*	-	-	*
	0,721	0,515	0,550	0,758	0,811	0,860	0,475	0,489	0,638
SSHf (Subscapular-Hautfalte)	*	*	*	-	-	-	*	*	*
	0,839	0,800	0,829	0,310	0,158	-0,004	0,529	0,658	0,656

Abkürzungen: TBF: total body fat; FFM: fat free mass, BCM: body cell mass, ECM: extra cellular mass, TBW: total body water, ECW: extracellular water, ICW: intracellular water.

Tab. VIII: Korrelationen des Armvolumens mit anderen Parametern  
(M1=Ausgangs-, M3=Verlaufs- und M7=Endwerte, Kennzeichnung eines  
signifikanten Zusammenhangs \* und des Spearman R-Koeffizienten)

Parameter	G 1 (KPE und Fasten)			G 2 (KPE)			G 3 (Fasten)		
	M1	M3	M7	M1	M3	M7	M1	M3	M7
Alter	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-0,072	-0,044	-0,069	0,067	0,179	0,211	-0,021	-0,004	0,019
Armlänge	-	-	-	*	*	*	*	*	*
	0,419	0,425	0,341	0,727	0,783	0,783	0,694	0,710	0,681
Körpergewicht	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	0,909	0,885	0,891	0,832	0,818	0,713	0,718	0,703	0,730
Resistanz R 50 Arm links	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-0,353	-0,310	-0,415	-0,462	-0,666	-0,385	-0,113	-0,301	-0,078
Reaktanz Xc50 Arm links	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-0,452	-0,353	-0,581	-0,373	-0,490	-0,324	-0,128	-0,308	-0,119
L <sup>2</sup> /R50 Arm links	-	-	*	*	*	*	*	*	*
	0,604	0,535	0,636	0,837	0,823	0,804	0,667	0,824	0,598
FFM Ganzkörper (Nutri4)	*	*	*	-	-	-	*	*	*
	0,703	0,757	0,808	0,483	0,550	0,545	0,867	0,827	0,891
TBW Ganzkörper (Nutri4)	*	*	*	-	-	-	*	*	*
	0,703	0,749	0,808	0,483	0,550	0,545	0,868	0,827	0,887
ECW Ganzkörper (Nutri4)	-	-	-	-	-	-	*	*	*
	0,547	0,449	0,524	0,277	0,365	0,413	0,747	0,709	0,765
TBF Ganzkörper (Nutri4)	*	*	*	-	-	-	-	-	*
	0,841	0,820	0,839	0,664	0,629	0,531	0,441	0,503	0,536
UOA (Umfang Oberarm)	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	0,929	0,914	0,896	0,790	0,776	0,802	0,686	0,705	0,672
THF (Trizeps-Hautfalte)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,585	0,583	0,559	0,467	0,455	0,476	0,393	0,358	0,420
Beinvolumen	*	*	*	-	*	-	*	*	*
	0,800	0,826	0,726	0,622	0,734	0,608	0,625	0,666	0,687

Abkürzungen: FFM: fat free mass, TBW: total body water, ECW: extracellular water,  
TBF: total body fat, Xc: Reaktanz, L<sup>2</sup>/R: Impedanzindex

Tab.IX: Korrelationen des Beinvolumens mit anderen Parametern  
(M1=Ausgangs-, M3=Verlaufs- und M7=Endwerte, Kennzeichnung eines signifikanten Zusammenhangs \* und des Spearman R-Koeffizienten)

Parameter	G 1 (KPE und Fasten)			G 2 (KPE)			G 3 (Fasten)		
	M1	M3	M7	M1	M3	M7	M1	M3	M7
Alter	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-0,227	-0,230	-0,209	-0,246	-0,175	-0,119	-0,106	-0,212	-0,177
Beinlänge	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,395	0,424	0,473	0,536	0,438	0,522	0,355	0,377	0,355
Körpergewicht	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	0,812	0,776	0,697	0,867	0,874	0,902	0,809	0,810	0,800
Resistanz R 50 Bein links	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-0,263	-0,347	-0,415	-0,147	0,011	0,081	-0,288	0,298	-0,274
Reaktanz Xc50 Bein links	-	-	*	-	-	-	-	-	-
	-0,505	-0,614	-0,679	0,000	-0,007	-0,060	-0,052	-0,096	0,079
L <sup>2</sup> /R50 Bein links	-	*	*	-	-	-	-	*	-
	0,582	0,633	0,818	0,182	0,056	0,308	0,485	0,552	0,483
FFM Ganzkörper (Nutri4)	-	*	*	-	-	*	*	*	*
	0,597	0,689	0,721	0,692	0,690	0,734	0,775	0,776	0,729
TBW Ganzkörper (Nutri4)	-	*	*	-	-	*	*	*	*
	0,597	0,679	0,721	0,692	0,690	0,734	0,774	0,776	0,734
ECW Ganzkörper (Nutri4)	-	-	-	-	-	-	*	*	*
	0,422	0,353	0,473	0,504	0,421	0,455	0,647	0,627	0,591
TBF Ganzkörper (Nutri4)	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	0,729	0,700	0,652	0,832	0,839	0,839	0,718	0,742	0,704
UOS (Umfang Oberschenkel)	*	*	*	-	-	-	*	*	*
	0,809	0,679	0,814	0,615	0,650	0,615	0,687	0,736	0,682
UK (Umfang Knie)	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	0,846	0,837	0,930	0,804	0,818	0,809	0,696	0,642	0,735
UW (Umfang Wade)	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	0,943	0,907	0,886	0,748	0,790	0,797	0,753	0,735	0,751
UF (Umfang Fessel)	*	*	*	-	-	-	-	-	-
	0,690	0,722	0,655	0,354	0,510	0,524	0,372	0,496	0,462
HFW (Hautfalte Wade lateral); G2 : n = 11	*	-	*	*	*	-	-	-	-
	0,672	0,607	0,696	0,855	0,755	0,724	0,317	0,352	0,395

Abkürzungen: FFM: fat free mass, TBW: total body water, ECW: extracellular water,  
TBF: total body fat, Xc: Reaktanz, L<sup>2</sup>/R: Impedanzindex .

## **Danksagung**

Nach Fertigstellung meiner Arbeit möchte ich mich an dieser Stelle bei allen, die mich durch sachliche Informationen, aber auch durch Interesse und Anteilnahme unterstützt und motiviert haben, ganz herzlich bedanken.

Allen voran danke ich Herrn Prof. Dr. med. Günther Wolfram, der mich als externe Doktorandin angenommen hat und mir durch die Übernahme des Themas als Doktorvater betreuend zur Seite stand.

Die vorliegende Arbeit entstand neben meiner Tätigkeit als Oecotrophologin im Krankenhaus Simbach /Inn. Ganz herzlich danken möchte ich Herrn PD Dr. med. Rainer Brenke, dem früheren Klinikchef und Chefarzt der Abteilung Naturheilkunde, der mir die Möglichkeit bot mich dieses Themas anzunehmen und die Durchführung der Messungen unterstützte. Auch nach seinem Weggang aus Simbach hat er mich durch sein Interesse weiter motiviert und gefördert und so zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Meinen Kolleginnen und Kollegen im Krankenhaus Simbach danke ich für die freundliche Unterstützung durch die Übernahme der Blutabnahmen und durch die Mithilfe beim Zeitmanagement der Messtermine für die Patientinnen.

Danken möchte ich Herrn Dörhöfer von der Firma Data Input, Frankfurt, für die unbürokratische Unterstützung durch die Bereitstellung des Gerätes, der Elektroden sowie der Software und besonders für die "Hotline" in der Anfangsphase der Messungen.

Ganz besonders danke ich meinem Mann, der mein Arbeitszimmer "aufgerüstet" und mir damit erst die Voraussetzungen für die Bearbeitung des Datenmaterials geschaffen hat. Zudem hat er liebevoll verstanden sowohl größere EDV-technische als auch durchhaltetechnische Einbrüche abzuwenden.

# Lebenslauf

Name : Heike Kaupp, geb. Hertel  
geboren : 07. Juli 1961 in Geislingen/Steige  
Staatsangehörigkeit : deutsch  
Ehemann : Eberhard Kaupp, Dipl. Ing. (FH)  
Anschrift: Hermann-Winter-Weg 7  
84405 Dorfen

## Schulischer Werdegang:

1968 - 1972 Grundschole Böhmenkirch  
1972 - 1981 Helfenstein-Gymnasium Geislingen/Steige,  
mathematisch-naturwissenschaftlicher Zweig  
1981 - 1986 Studium der Haushalts- und Ernährungswissenschaften an der  
Rheinischen Friedrich-Wilhelm-Universität Bonn,  
Abschluss : Diplom-Oecotrophologin, Note: "gut" (1,9)

## Berufstätigkeiten:

10.86 - 03.87 Mitarbeit bei LAT-Labor GmbH Böhmenkirch (Labor für  
Lebensmittelanalytik und Lebensmitteltechnologie)  
04.87 - 09.91 Außendienst-Mitarbeiterin der Fa. Byk Gulden Pharmazeutika,  
Konstanz, einschließlich Fortbildung zur "Geprüften Pharmareferentin"  
10.91 - 10.94 Mitarbeiterin in der Allgemeinarztpraxis Dres. Dressler, Landshut,  
seit 11.94 Oecotrophologin am Kreiskrankenhaus Simbach a. Inn, "Erste  
deutsche Modellklinik für ganzheitsorientierte Grundversorgung"

## Berufsbegleitende Aktivitäten:

03.91 - 11.94 Freie Mitarbeit bei der Landesvereinigung der bayerischen  
Milchwirtschaft e.V.  
1993 Ausbildung zur "Fachberaterin für Vollwert-Ernährung" (UGB)  
1996 Ausbildung zur Übungsleiterin beim Bayerischen Landessportbund  
1997 Ausbildung zur „Fastenleiterin“ (UGB)  
11.95 - 10.97 aktive Teilnehmerin eines ersten Pilotierungsganges und  
seit 11.97 freie Mitarbeit an Entwicklung und inhaltlicher Gestaltung des Pilot-  
projektes "Weiterbildung zum Fachreferenten für Gesundheitstraining"  
am Zentrum für naturheilkundliche Forschung (ZnF) der  
II. Med. Klinik und Poliklinik der Technischen Universität München  
01.97 - 12.01 externe Doktorandin bei Prof. Dr. G. Wolfram, TU München -  
Weihenstephan, Lehrstuhl für Ernährungslehre