



UNIVERSITÄT PADERBORN
Die Universität der Informationsgesellschaft

Fakultät für Naturwissenschaften
Department Sport und Gesundheit

Entwicklung und Evaluation eines Muskelkräftigungsprogramms für Hochbetagte

PATRAS
(Paderborner Trainingsprogramm für Senioren)

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
doctor rerum medicinalium (Dr. rer. medic.)

vorgelegt im
September 2005

von

Dipl. Sportlehrerin
Heinke Möllenhoff

Vorwort

Die vorliegende Arbeit „Entwicklung und Evaluation eines Muskelkräftigungsprogramms für Hochbetagte – PATRAS (Paderborner Trainingsprogramm für Senioren)“ wurde von der Fakultät für Naturwissenschaften, Dep. Sport & Gesundheit, der Universität Paderborn im November 2005 als Dissertation angenommen.

Für die stete Förderung und die kritische Auseinandersetzung mit meiner wissenschaftlichen Arbeit möchte ich mich bei meinen Doktorvätern, Herrn Prof. Dr. Helmut Heseker und Herrn Prof. Dr. Michael Weiß, herzlich bedanken. Durch ihre Anregungen und ihre große Unterstützung ist das Zustandekommen dieser Arbeit erst möglich geworden.

Ich danke allen Kolleginnen und Kollegen des Dep. Sport & Gesundheit, ebenso wie den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, für fachliche und motivierende Gespräche, für manche Hilfestellung und freundliche Worte.

Mein Dank gilt auch all jenen, die in meinem persönlichen Umfeld die Voraussetzungen geschaffen haben, eine solche Arbeit entstehen zu lassen. Bedanken möchte ich mich bei meiner Familie, vor allem bei meinen Eltern, für die umfangreiche und liebevolle Unterstützung in den vergangenen Jahren.

Schließlich möchte ich herzlich danken für die intensive Hilfe beim Formatieren, durch die diese Arbeit erst in die entsprechende äußere Form gebracht wurde.

Paderborn, im Dezember 2005

Heinke Möllenhoff

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Theoretische Grundlagen	3
2.1 Alternstheorien	3
2.1.1 Molekulare Theorien.....	3
2.1.2 Zelluläre Theorien	4
2.1.3 Systemische Theorien.....	6
2.2 Alternsprozesse.....	7
2.2.1 Allgemeine Alternsprozesse	7
2.2.2 Altersassoziierte Veränderungen der Muskulatur (Sarkopenie)	11
2.2.2.1 Definition und Ursache der Sarkopenie.....	11
2.2.2.2 Auswirkungen der Sarkopenie auf den allgemeinen Gesundheitszustand und die Lebensqualität.....	17
2.3 Der Protein- und Aminosäurenstoffwechsel des älteren Menschen	20
2.3.1 Proteinstoffwechsel und Aminosäurenpool	20
2.3.2 Netto-Muskelprotein-Balance	23
2.3.3 Der Homocystein-Stoffwechsel im Methionin-Homocystein- Glutathion-System.....	23
2.3.4 Bedeutung der Proteine für die Energiebereitstellung unter Belastung	29
2.3.4.1 Die Biosynthese von Kreatin und das ATP-Kreatinphosphat-System	29
2.3.4.2 Der Glucose-Alanin-Zyklus.....	30
2.3.5 Verknüpfung des Methionin-Homocystein-Glutathion-System mit der Kreatinsynthese.....	31
2.3.6 Für den Muskelstoffwechsel bedeutsame Aminosäuren und Aminosäuregruppen	32
2.4 Beeinflussbarkeit durch Training	37
3 Beschreibung der PATRAS-Studie und der Methoden.....	41
3.1 Das PATRAS-Trainingsprogramm	41
3.1.1 Aufbau einer Trainingseinheit.....	41
3.1.2 Die Trainingsgeräte	42
3.1.3 Die Kräftigungsübungen	43
3.2 Untersuchungsdesign.....	48
3.3 Untersuchungsmethoden	49
3.3.1 Methoden zur Ermittlung der körperlichen Situation.....	49
3.3.1.1 Motorische Tests (Testbatterie).....	49
3.3.1.2 Klinisch-chemische Untersuchung (Blutentnahme).....	54
3.3.1.3 Anthropometrische Untersuchungen	56
3.3.1.4 Ernährungsprotokolle	57

3.3.1.5	Befragungen.....	58
3.3.2	Methode zur Erfassung der psychischen und gesundheitlichen Situation der Probanden.....	59
3.4	Datenverarbeitung und statistische Methoden	59
3.5	Beschreibung des Probandenkollektivs	60
3.5.1	Die Senioreneinrichtungen und ihr Gesamtbewohnerkollektiv (inklusive Teilnehmer)	60
3.5.2	Ein- und Ausschlusskriterien zur Teilnahme an der PATRAS-Studie.....	61
3.5.3	Die Teilnehmer der PATRAS-Studie	62
3.5.3.1	Anthropometrische Daten.....	63
3.5.3.2	Gesundheitszustand	64
3.5.3.3	Soziodemographische Daten	67
4	Ergebnisse	71
4.1	Trainingsteilnahme und Trainingsbelastung.....	71
4.2	Testergebnisse.....	73
4.2.1	Motorische Tests (Testbatterie).....	74
4.2.1.1	Maximale Gehgeschwindigkeit.....	74
4.2.1.2	Zwei-Minuten-Gehen.....	75
4.2.1.3	Five-chair-stand	76
4.2.1.4	Gleichgewicht.....	77
4.2.1.5	Maximalkraft.....	78
4.2.2	Metabolische, biologische und anthropometrische Parameter	83
4.2.2.1	Klinisch-chemische Untersuchungen	83
4.2.2.2	Körperzusammensetzung	87
4.2.2.3	Körpergewichtsveränderungen, Body-Mass-Index (BMI) ...	88
4.2.2.4	Ernährungsdaten.....	90
4.3	Ergebnisse Fragebogen	92
4.3.1	Gesundheit.....	92
4.3.2	Körperliche Leistungsfähigkeit	95
4.3.2.1	Aktivitäten des täglichen Lebens (ADLs).....	95
4.3.2.2	Freizeitaktivitäten	99
4.3.2.3	Stürze.....	99
5	Diskussion.....	101
5.1	Einleitung	101
5.2	Diskussion der Methode.....	103
5.2.1	Diskussion der Tests / Messungen	103
5.2.2	Diskussion des Trainingsprogramms	105
5.3	Diskussion der Ergebnisse.....	105
5.3.1	Übersicht über die wichtigsten Studien der letzten Jahre.....	105
5.3.2	Trainingsteilnahme und Trainingsbelastung	110
5.3.3	Metabolische, biologische und anthropometrische Parameter	111

5.3.3.1	Die Körperzusammensetzung	111
5.3.3.2	Body-Mass-Index, Körpergewicht und Ernährungsdaten ..	113
5.3.3.3	Die Auswirkungen des Krafttrainings auf die Aminosäuren-Konzentration im Blutplasma	116
5.3.3.4	Routine-Blutparameter	123
5.3.3.5	Krankheiten, Medikation, Gesundheit und Schmerzen.....	124
5.3.4	Motorische und funktionelle Parameter	125
5.3.4.1	Motorische Tests (Testbatterie).....	126
5.3.4.2	Aktivitäten des täglichen Lebens	133
5.3.4.3	Sturzhäufigkeit.....	135
5.3.4.4	Freizeitaktivitäten	135
5.3.5	Diskussion der Gesamtergebnisse.....	136
6	Zusammenfassung	139
7	Literatur	141
8	Anhang	151
8.1	Tabellen	151
8.1.1	Zu den Aktivitäten des täglichen Lebens (ADLs).....	151
8.1.2	Zur Bioelektrischen Impedanz-Analyse (BIA), Körpergewichtsveränderung, Body-Mass-Index (BMI)	154
8.1.3	Zu den Ergebnissen der motorischen Tests (Testbatterie).....	155
8.1.4	Zu den Ergebnissen der Fragebögen.....	158
8.1.4.1	Gesundheit.....	158
8.1.4.2	Ernährung	160
8.1.4.3	Körperliche Leistungsfähigkeit.....	161
8.2	Instrumente zur Datenerhebung (Fragebogen)	162
8.2.1	Bewohner des Betreuten Wohnens (T1)	162
8.2.2	Bewohner des Betreuten Wohnens (T4)	162
8.2.3	Altenheimbewohner (T1)	162
8.2.4	Altenheimbewohner (T4)	162
8.2.5	Betreuer (T1)	162
8.2.6	Betreuer (T4)	162

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Zahl der Einwohner in Deutschland, die 80 Jahre und älter sind	1
Abbildung 2-1:	Potentielle Mechanismen, die zur Sarkopenie führen	12
Abbildung 2-2:	Folgen der Sarkopenie	18
Abbildung 2-3:	Der Aminosäurenpool im Proteinstoffwechsel	21
Abbildung 2-4:	Aminosäuren und ihre vielfältigen Funktionen	22
Abbildung 2-5:	Das Methionin-Homocystein-Glutathion-System	25
Abbildung 2-6:	Die Biosynthese von Kreatin	30
Abbildung 2-7:	Glucose-Alanin-Zyklus	31
Abbildung 3-1:	Zeitstrahl mit Testzeitpunkten und den entsprechenden Tests	48
Abbildung 3-2:	Zum Kraftmessgerät entwickelter und umgebauter Rollstuhl	53
Abbildung 3-3:	Zeichnung der Bewegungsrichtung und der entsprechenden Kraftaufnehmer des Rollstuhls	54
Abbildung 3-4:	Anzahl der angegebenen Krankheiten je Teilnehmer	65
Abbildung 3-5:	Anzahl der ärztlich verschriebenen Medikamente	66
Abbildung 4-1:	Hand-Trainingsbelastung der Gruppen TG-AH und TG-BW	73
Abbildung 4-2:	Fuß-Trainingsbelastung der Gruppen TG-AH und TG-BW	73
Abbildung 4-3:	Mittelwerte der Testleistung „maximale Gehgeschwindigkeit“ an T ₁ (Woche 0) und T ₄ (Woche 16) der verschiedenen Gruppen	74
Abbildung 4-4:	Mittelwerte der innerhalb von 2 Minuten zurückgelegten Strecke der verschiedenen Gruppen an den 4 Messzeitpunkten	75
Abbildung 4-5:	Mittelwerte der Testleistung „Five-chair-stand“ der verschiedenen Gruppen an den 4 Messzeitpunkten	76
Abbildung 4-6:	Gleichgewicht im Stand an den vier Messzeitpunkten der Trainingsgruppe (TG-alle)	77
Abbildung 4-7:	Mittelwerte der maximalen Handkraft der linken Hand der verschiedenen Gruppen an den 4 Messzeitpunkten	78
Abbildung 4-8:	Mittelwerte der maximalen Handkraft der rechten Hand der verschiedenen Gruppen an den 4 Messzeitpunkten	79
Abbildung 4-9:	Mittelwerte der Maximalkraft der Altenheimbewohner (AH) an T ₃ (Woche 10) und T ₄ (Woche 16)	80
Abbildung 4-10:	Mittelwerte der Maximalkraft der Trainingsgruppe der Altenheim- bewohner (TG-AH) an T ₃ (Woche 10) und T ₄ (Woche 16)	81
Abbildung 4-11:	Mittelwert der Maximalkraft der Bewohner des Betreuten Wohnens (BW) an T ₂ (Woche 4) und T ₄ (Woche 16)	82
Abbildung 4-12:	Maximalkraft der Trainingsgruppe des Betreuten Wohnens (TG-BW) an T ₂ (Woche 4) und T ₄ (Woche 16)	82

Abbildung 4-13:	Ergebnisse der Fettmasse-, Magermasse-, Körperzellmasse- und Extrazellulärmasse-Messung der Trainingsgruppe (TG-alle, TG-AH, TG-BW) an T ₁ (Woche 0) und T ₄ (Woche 16)	87
Abbildung 4-14:	Veränderungen des durchschnittlichen Körperwassers der Gruppen TG-alle, TG-AH und TG-BW an den Messzeitpunkten T ₁ (Woche 0) und T ₄ (Woche 16)	87
Abbildung 4-15:	Durchschnittliche Körpergewichtsveränderungen der Teilnehmer der verschiedenen Gruppen im Verlauf der Intervention	89
Abbildung 4-16:	Durchschnittliche Veränderung des BMI der Teilnehmer der verschiedenen Gruppen im Verlauf der Intervention	90
Abbildung 4-17:	Subjektive Einschätzung des Gesundheitszustandes aller Teilnehmer vor und nach der Intervention.....	92
Abbildung 4-18:	Beurteilung der Aktivitäten des täglichen Lebens der Gesamt-Trainingsgruppe (TG-alle) an T ₁ (Woche 0) und T ₄ (Woche 16) ...	96
Abbildung 4-19:	Beurteilung der Aktivitäten des täglichen Lebens von TG-AH an T ₁ (Woche 0) und T ₄ (Woche 16)	97
Abbildung 4-20:	Beurteilung der Aktivitäten des täglichen Lebens von TG-BW an T ₁ (Woche 0) und T ₄ (Woche 16)	97

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Primäre und sekundäre (krankheitsbedingte) Altersprozesse	9
Tabelle 3-1:	Methoden zur Ermittlung der körperlichen Situation der Probanden	49
Tabelle 3-2:	Die motorischen Tests und die dazugehörigen Untersuchungsziele	50
Tabelle 3-3:	Blut-Routineparameter und deren Bestimmungsmethoden.....	55
Tabelle 3-4:	Gehhilfen aller Bewohner der Einrichtungen	61
Tabelle 3-5:	Körpergröße, Körpergewicht und BMI der Probanden	63
Tabelle 3-6:	Pflegestufen aller Teilnehmer	64
Tabelle 3-7:	Angegebene Diagnosen aller Teilnehmer an T ₁ (Woche 0)	65
Tabelle 3-8:	Art der angegebenen, ärztlich verordneten Medikamente und Anzahl der Teilnehmer	66
Tabelle 3-9:	Familienstand der Teilnehmer	67
Tabelle 3-10:	Schulabschluss der Teilnehmer	68
Tabelle 3-11:	Soziale Kontakte zu Verwandten und Freunden	68
Tabelle 3-12:	Von den Senioren früher regelmäßig betriebene Sportarten und Anzahl der Teilnehmer	69
Tabelle 3-13:	Gründe, die dazu geführt haben, mit dem Sporttreiben aufzuhören, und Anzahl der Teilnehmer	70
Tabelle 4-1:	Die Trainingshäufigkeit der Teilnehmer unterteilt in die Gruppen..	71
Tabelle 4-2:	Gründe für die Nichtteilnahme an den Trainingseinheiten.....	72
Tabelle 4-3:	Trainingsengagement der Teilnehmer unterteilt in die Gruppen ...	72
Tabelle 4-4:	Blutwerte der Teilnehmer unterteilt in die Trainingsgruppen TG-AH und TG-BW an T ₁ (Woche 0) und T ₄ (Woche 16)	83
Tabelle 4-5:	Blutwerte der Teilnehmer der Gesamt-Trainingsgruppe TG-alle an T ₁ (Woche 0) und T ₄ (Woche 16).....	84
Tabelle 4-6:	Aminosäurenwerte der Teilnehmer unterteilt in die Trainingsgruppen TG-AH und TG-BW an T ₁ (Woche 0) und T ₄ (Woche 16)	85
Tabelle 4-7:	Aminosäurenwerte der Teilnehmer der Gesamt-Trainingsgruppe TG-alle an T ₁ (Woche 0) und T ₄ (Woche 16).....	86
Tabelle 4-8:	Gewichtsveränderungen der Teilnehmer	88
Tabelle 4-9:	Appetit der Teilnehmer vor der Intervention an T ₁ (Woche 0)	91
Tabelle 4-10:	Energiezufuhr der Teilnehmer der Trainingsgruppen an T ₁ (Woche 0) und T ₄ (Woche 16)	91

Tabelle 4-11:	Subjektive Einschätzung des Gesundheitszustandes aller Teilnehmer und der Trainingsgruppe unterteilt in AH und BW vor und nach der Intervention.....	93
Tabelle 4-12:	Gesundheit im Vergleich zu Gleichaltrigen aller Teilnehmer und der Trainingsgruppe vor der Intervention (T ₁ / Woche 0)	93
Tabelle 4-13:	Häufigkeit und Art der Schmerzen, unter denen die Teilnehmer an T ₁ (Woche 0) litten.....	94
Tabelle 4-14:	Veränderung der Schmerzsituation von T ₁ (Woche 0) zu T ₄ (Woche 16).....	94
Tabelle 4-15:	Soziale Kontakte durch das Training.....	95
Tabelle 4-16:	Subjektiver Eindruck über die Verbesserung der Beweglichkeit der Teilnehmer nach der Intervention im Gegensatz zum Zeitpunkt vor Beginn des Trainingsprogramms.....	98
Tabelle 4-17:	Subjektive Eindrücke einzelner Teilnehmer über Veränderungen ihrer Beweglichkeit	98
Tabelle 4-18:	Sturzhäufigkeit der Mitglieder der Trainingsgruppe in den letzten 12 Monaten vor Beginn der Trainingsintervention an T ₁ (Woche 0)	99
Tabelle 4-19:	Sturzhäufigkeit der Trainingsgruppe im Zeitraum von T ₁ (Woche 0) bis T ₄ (Woche 16).....	100
Tabelle 5-1:	Tabellarische Übersicht der Mittelwertveränderungen von T ₁ (Woche 0) zu T ₄ (Woche 16) der motorischen und funktionellen Tests der Gruppen TG-AH, TG-BW und TG-alle.....	101
Tabelle 5-2:	Tabellarische Übersicht über die Mittelwertveränderungen von T ₁ (Woche 0) zu T ₄ (Woche 16) der metabolischen und biologischen Tests der Gruppen TG-AH, TG-BW und TG-alle....	102
Tabelle 5-3:	Krafttrainingsstudien mit institutionalisiert lebenden Senioren I ..	106
Tabelle 5-4:	Krafttrainingsstudien mit institutionalisiert lebenden Senioren II .	107
Tabelle 5-5:	Krafttraining mit selbständig lebenden Senioren I	108
Tabelle 5-6:	Krafttraining mit selbständig lebenden Senioren II	109

Abkürzungen und Zeichen

Abb.	: Abbildung
ADP	: Adenosindiphosphat
AS	: Aminosäure
ADL / ATL	: Aktivitäten des täglichen Lebens (Activities of daily living)
ATP	: Adenosintriphosphat
AH	: Altenheimbewohner
AK-System	: ATP-Kreatinphosphat-System
BCAA	: Verzweigtkettige Aminosäuren
BIA	: Bioelektrische-Impedanz-Analyse
BMI	: Body-Mass-Index
BW	: Bewohner des Betreuten Wohnens
DNS	: Desoxyribonukleinsäure
EMG	: Elektromyographie
et al.	: et alteri (und andere)
Hcy	: Homocystein
IATL	: Instrumentelle Aktivitäten des täglichen Lebens
i. S.	: im Serum
kcal	: Kilokalorien
KP	: Kreatinphosphat
LDL	: Low Density Lipoprotein
n	: Anzahl
MHG-System	: Methionin-Homocystein-Glutathion-System
PATRAS	: Paderborner Trainingsprogramm für Senioren
RNA	: Ribonukleinsäure
s	: Standardabweichung
SAM	: S-Adenosyl-Methionin
T ₁	: Messzeitpunkt 1 (Woche 0)
T ₂	: Messzeitpunkt 2 (Woche 4)
T ₃	: Messzeitpunkt 3 (Woche 10)
T ₄	: Messzeitpunkt 4 (Woche 16)
Tab.	: Tabelle
TE	: Trainingseinheit
TG	: Trainingsgruppe
TN	: Teilnehmer
tRNA	: transfer-RNA
u.a.	: und andere
UT	: unregelmäßig Trainierende
Wdh.	: Wiederholungen
Vit.	: Vitamine
Vs.	: versus
x	: Mittelwert

1 Einleitung

Im Mittelalter gehörten Menschen mit über 35 Jahren bereits zu den Alten und Weisen, und noch vor 100 Jahren lag die durchschnittliche Lebenserwartung bei knapp 50 Jahren. Die Industrienationen haben es im letzten Jahrhundert (dem 20.) erreicht, diesen Wert um über 50% zu steigern. Eine verbesserte Ernährung, ein erhöhter Wohnstandard, eine bessere Ausbildung, weniger belastende Arbeitsplatzbedingungen, verbesserte individuelle und öffentliche hygienische Verhältnisse, verminderte Seuchengefahr und erfolgreiche Bekämpfung von Infektionskrankheiten durch Antibiotika, sowie schließlich eine niedrigere Geburtenrate sind Faktoren, die zu einer Zunahme des medianen Alters der Bevölkerung und einer Erhöhung der Lebenserwartung von Neugeborenen beitragen. Auch früher gab es schon vereinzelt Menschen, die sehr alt geworden sind. Weil aber in der heutigen Zeit immer mehr Menschen ein sehr hohes Alter erreichen, konnte sich die durchschnittliche Lebenserwartung insgesamt nach oben verschieben (Franke, 1996; Hazzard, 1989). Heute in Deutschland geborene Menschen haben sehr gute Chancen, ein hohes Lebensalter von über 80 Jahren zu erreichen. Frauen werden durchschnittlich fast 81 Jahre, Männer fast 75 Jahre alt (Statistisches Bundesamt, 2002). Aufgrund weiterer Verbesserungen in der Medizintechnik und der Lebensbedingungen älterer Menschen wird sich die durchschnittliche Lebenserwartung voraussichtlich weiter erhöhen und 100-Jährige werden in Zukunft in der deutschen Bevölkerung keine Ausnahme mehr darstellen.

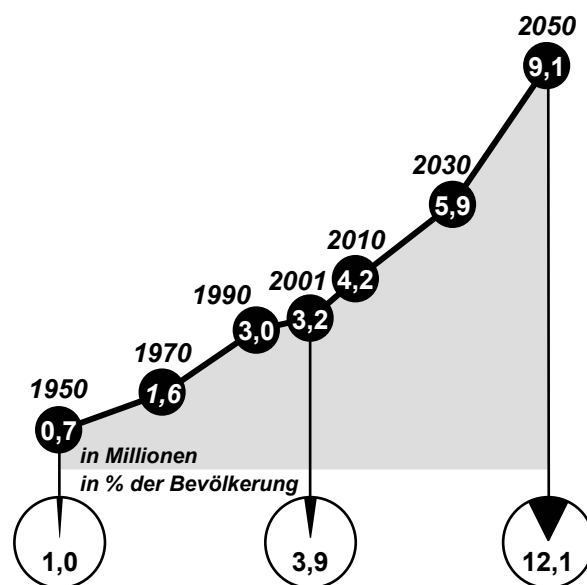


Abbildung 1-1: Zahl der Einwohner in Deutschland, die 80 Jahre und älter sind; 2010 bis 2050 Bevölkerungsvorausberechnung (mittlere Variante) (Quelle: Statistisches Bundesamt, 2003)

Mit der Zunahme alter Menschen an der Gesamtbevölkerung in Deutschland ist insbesondere eine überproportionale Zunahme des Anteils der Hochbetagten (> 80 Jahre) verbunden (4. Altenbericht der Bundesregierung; Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend, 2002). Frauen sind in dieser Altersgruppe überrepräsentiert aufgrund ihrer höheren

Lebenserwartung und geschichtlicher Umstände (Weltkriege, Weltwirtschaftskrise usw.). Die Zahl der Hochbetagten in Deutschland hat sich innerhalb einer Generation verdoppelt (siehe Abbildung 1-1): Während es 1970 1,6 Millionen hochbetagte Menschen (1 % der Gesamtbevölkerung) gab, waren es 2001 bereits 3,2 Millionen. Bis zum Jahr 2030 wird sich die Anzahl Hochbetagter nochmals fast verdoppeln. Nach weiteren Vorausberechnungen des Statistischen Bundesamtes wird bis zum Jahr 2050 die Anzahl der über 80 Jährigen auf über 9 Millionen Menschen angestiegen sein, womit sie ca. 12 % der Gesamtbevölkerung ausmachen werden; der Anteil der über 60 Jährigen wird sich dann auf knapp 40 % belaufen (Statistisches Bundesamt, 2002).

Das vorrangige Ziel der Gesundheitsvorsorge in den Industrienationen ist heutzutage nicht mehr primär, das Leben zu verlängern, sondern die hinzugewonnenen Jahre mit Leben(-squalität), das heißt mit Gesundheit und Aktivität, zu füllen. Die enge Verknüpfung zwischen dem Alterungsprozess und den sich anhäufenden Erkrankungen bei alten Menschen, die mannigfaltigen Behinderungen, unter welchen die Hochbetagten manifest und potentiell leiden, und deren chronisch progressiver Verlauf führen zu einem unverhältnismäßig hohen Pro-Kopf-Aufwand an Leistungen durch das Gesundheitswesen (Hazzard, 1989). Deshalb liegt es im besonderen Interesse der Gesellschaft, die Senioren zu befähigen, so lange wie möglich ein selbständiges Leben zu führen, ohne auf fremde Hilfe angewiesen zu sein.

Empirische Untersuchungen zur Trainierbarkeit älterer Menschen belegen, dass auch noch im höheren Lebensalter durch Training eine Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit möglich ist, bzw. der Leistungsrückgang nach dem Höchstleistungsalter deutlich minimiert werden kann.

In der vorliegenden Arbeit sollen daher die Auswirkungen eines neu entwickelten, altersgerechten Muskelkräftigungsprogramms „PATRAS“ (Paderborner Trainingsprogramm für Senioren), auf Altenheimbewohner und betreut lebende Senioren untersucht werden. Die Hauptziele lagen zum einen auf dem Erhalt bzw. der Verbesserung der Alltagsmobilität der Senioren und zum anderen auf der Aktivierung von Stoffwechselprozessen, die den Verlauf der Alternsprozesse, speziell der Sarkopenie, verlangsamen oder gar stoppen.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Alternstheorien

Um den Folgen des Alternsprozesses entgegen wirken zu können, ist eine nähere Auseinandersetzung mit dem Vorgang und den Problemen des Alterns erforderlich. Altern stellt eine komplexe Interaktion zwischen einem Individuum und seiner Umwelt im Verlauf der Zeit dar. In allen Individuen einer Art verläuft der Alternsprozess in der gleichen Richtung, jedoch in unterschiedlichem Ausmaß und ist im Gegensatz zur Phase der Entwicklung mit einer stetigen Abnahme körperlicher Funktionen und einer Häufung von Funktionsstörungen verbunden.

Der Vorgang des Alterns wird in primäres und sekundäres Altern unterschieden. Das primäre Altern ist bedingt durch intrinsische Faktoren, d.h., es ist genetisch determiniert und nicht änderbar. Demgegenüber wird das sekundäre Altern durch extrinsische Faktoren, persönliche, soziale und Umweltfaktoren bestimmt (Hazzard, 1989).

Der Begriff „Alternstheorien“ bezeichnet Erklärungsversuche für das Altern natürlicher, biologischer Systeme. In der existierenden Vielfalt und Vielzahl der Theorien zeigt sich die Unsicherheit der Wissenschaft bezüglich der tatsächlichen Ursachen des Alterns. Obwohl sich die gerontologische Grundlagenforschung seit vielen Jahrzehnten intensiv mit Alternsprozessen auseinandersetzt, ist ein allgemein akzeptierter Mechanismus des Alterns derzeit noch hypothetischer Natur. Einigkeit herrscht lediglich darüber, dass der Alternsprozess multifaktoriell verursacht wird, alle lebenden Organismen betrifft und progredient, aber nicht synchron oder uniform abläuft (Nikolaus und Zahn, 1997).

Grundsätzlich können Alternsveränderungen auf verschiedenen Ebenen, die sich gegenseitig beeinflussen, festgestellt werden. Im Folgenden sollen verschiedene Alternstheorien, die sich auf die molekulare, zelluläre und systemische Ebene beziehen, kurz dargestellt werden.

2.1.1 Molekulare Theorien

Molekulare Theorien gehen davon aus, dass die Alterung ebenso einer genetischen Steuerung unterliegt, wie Reifung und Fortpflanzung. Die aufeinander folgende Aktivierung bzw. Repression bestimmter Gene bestimmt die Dauer der einzelnen Phasen. Ob der Prozess der Alterung dabei der Kontrolle von Gerontogenen unterliegt oder durch eine toxische oder metabolische Schädigung eines „Langlebigkeitsgens“ hervorgerufen wird, ist unklar. (Nikolaus und Zahn, 2000).

Mutation und DNA-Schäden

Die Theorie der Mutation und DNA-Schäden geht davon aus, dass die Unversehrtheit des Genoms der kontrollierende Faktor im Alterungsprozess ist, und dass daher Mutationen, spontane (durch Desaminierung oder Depurinierung) oder induzierte (durch z.B. Strahlung, Viren oder Chemikalien) Veränderungen in der Polynucleotid-Sequenz, die nicht korrigiert

wurden, oder DNA-Schäden (chemische Änderungen in der Doppelhelix Struktur, die nicht vollständig repariert wurden) zum Alterungsprozess führen und dessen Geschwindigkeit bestimmen (Carey, 2003). Die Folgen der genetischen Veränderung betreffen nicht nur die Zelle, in welcher die Veränderungen stattfinden, sondern auch die neu gebildeten Zellen: die Mutation wird in allen künftigen Zellgenerationen kopiert, weil die „falschen“ Basensequenzen ebenso repliziert werden wie die „richtigen“.

Fehlerkatastrophen-Theorie

Die Fehlerkatastrophen-Theorie basiert auf Fehlern im Informationstransfer (Transskription, Translation) bedingt durch Änderungen in der RNA-Polymerase und der tRNA-Synthetase. Diese führen durch den Einbau falscher Nukleotide zu einer zunehmenden Produktion von abnormalen, defekten Proteinen und schließlich zum Zelltod (Nikolaus und Zahn, 2000).

2.1.2 Zelluläre Theorien

Die zellulären Theorien gehen davon aus, dass Altersveränderungen die Funktion, Struktur und Biomoleküle von anfangs intakten Zellen betreffen. Toxische Produkte des Zellstoffwechsels oder mechanische Beanspruchung sollen für die Schädigung der Zellen verantwortlich sein (Nikolaus und Zahn, 2000).

Theorie der freien Radikale

Die Theorie der freien Radikale basiert auf der Hypothese, dass die physiologische Schwächung des Organismus den intrazellulären Schäden zuzuschreiben ist, die durch verschiedene freie Radikale verursacht werden (Sohal und Weindruch, 1996). Als freie Radikale gelten Atome oder Moleküle, die ein oder mehrere ungepaarte Elektronen aufweisen und infolgedessen eine ausgeprägte chemische Reaktivität besitzen (Niess et al., 2002).

Alle biochemischen Vorgänge in unserem Körper beruhen auf elektrischen Ladungsdifferenzen. Die Verbindungs- und Teilungsreaktionen laufen nach dem Prinzip der Gegensätze (positive und negative Ladung von Teilchen) ab. Nach dem gleichen Muster funktionieren auch die schädigenden Einflüsse auf den Organismus. Vor allem beim oxidativen Metabolismus, dem Stoffwechselprozess der Energiegewinnung, wo in den Mitochondrien O_2 zu Wasser für den Substrat-Metabolismus und die ATP-Produktion reduziert wird, und beim ganz normalen Stoffwechselgeschehen (bei der unvollständigen Reduzierung des Sauerstoffs zu Wasser) entstehen die reaktiven Sauerstoffverbindungen, zum Teil auch durch Autoxidation reduzierter Stoffwechselzwischenprodukte (Löffler und Petrides, 2003). Im Optimalfall besteht zwischen den oxidativen und den reduktiven Prozessen ein Gleichgewicht. Überwiegen jedoch die oxidativen Reaktionen, spricht man vom „oxidativen Stress“. Ursachen für oxidativen Stress können z.B. Nikotin, Alkohol, ionisierende Strahlungen und eine einseitige, vitaminarme Ernährung, die stark fetthaltig ist, sein. Die Schädigung der verschiedenen Zellkomponenten (z.B. Fette, Proteine, DNS, Enzyme, Aminosäuren) ist schließlich ein Resultat der verschiedenen Typen von freien Radikalen, ihrer Menge, der strukturellen Unversehrtheit und der Aktivität der antioxidativen Abwehrmechanismen des Organismus (Sohal und Weindruch, 1996).

Um die zerstörerische Wirkung reaktiver Sauerstoffspezies unter Kontrolle zu halten, haben alle aeroben Organismen verschiedene Strategien entwickelt. Mit Hilfe von Antioxidantien – unter diesem Begriff wird jede Substanz, die in niedrigen Konzentrationen die Oxidation eines Substrates verzögert oder hemmt, verstanden – erfolgt die Abwehr auf drei Ebenen (Löffler und Petrides, 2003):

1. durch Verhinderung der Bildung reaktiver Sauerstoffspezies (Prävention)
2. durch Verhinderung ihrer Wirkung
3. durch Beseitigung und Reparatur der Schäden.

Die Antioxidantien werden unterschieden in nicht-enzymatische Antioxidantien, z.B. Vitamin C, E und Beta-Karotin, sowie sekundäre Pflanzenstoffe wie z.B. Flavonoide, und enzymatische Antioxidantien, z.B. Glutathionperoxidase, Superoxiddismutase und Hydroxyperoxidase, unterschieden. Die Faktoren, die zu gewebespezifischen Änderungen bei enzymatischen und nicht-enzymatischen Antioxidantien während des Alterns beitragen, sind bisher nicht vollständig geklärt. Die zelluläre Konzentration von Antioxidantien scheint jedoch muskelfaserspezifisch und durch die Nährstoffversorgung eines Individuums beeinflussbar zu sein (Ji et al., 1997; Papa und Skulachev, 1997). Antioxidantien erhöhen insgesamt die Abwehrbereitschaft gegenüber oxidativem Stress.

Sind trotz dieser Schutzmechanismen oxidative Schäden aufgetreten, versucht die Zelle diese durch zahlreiche Reparaturmechanismen zu beheben. Während die Reparatur bei der DNA tatsächlich auf eine „Instandhaltung“ hinausläuft, werden beschädigte Proteine und Lipide gezielt abgebaut und durch neue ersetzt (Stryer, 1999).

Theorie der Telomere

Eine weitere wichtige Theorie ist die Theorie der Telomere. Danach hängt die Lebensspanne eines Individuums von der Anzahl der Zellteilungen ab. Telomere stellen die Endstücke der chromosomalen DNA dar. Bei jeder Mitose verliert die Zelle einen Teil der Telomere, da für die Endstücke dieser DNA-Abschnitte kein Replikationsmechanismus existiert (Bodnar et al., 1998). Nach einigen Dutzend bis wenigen Hundert Zellteilungen sind sie aufgebraucht. Die Zelle kann sich nicht mehr teilen, beginnt zu degenerieren und erfüllt ihre vorgesehene Aufgabe nicht mehr. Somit stellt die Anzahl der Zellteilungen eine Art biologische Uhr dar, die die abgelaufenen Zellteilungen und damit die Lebensspanne misst. Für verschiedene Zelltypen existiert ein so genanntes Hayflick-Limit, das angibt, wie viele Mitosen für einen bestimmten Zelltyp biologisch möglich sind (Carey, 2003).

Metabolische Theorie

Die Metabolische Theorie basiert auf der Hypothese, dass eine Zelle im Laufe ihres Lebens mehr Stoffwechselrückstände produziert als sie eliminieren kann und schließlich daran stirbt. Besonders das Stoffwechselprodukt Lipofuszin lagert sich in der Zelle ab, so dass die normale Stoffwechselaktivität der Zelle beeinträchtigt wird und es zu altersassoziierten Pigmentflecken kommt. Nikolaus und Zahn (2000) berichten unter Bezug auf Tonna (1973), dass es einen Zusammenhang mit der Masse an Lipofuszin und dem Verlust an zytoplasmatischer Masse sowie der Anzahl von Mitochondrien und endoplasmatischen Retikulum besteht.

Abnutzungs- und Verschleißtheorie

Die Abnutzungs- und Verschleißtheorie beruht auf der Annahme, dass Zellen durch Gebrauch und Missbrauch geschädigt werden. Durch Toxine in der Nahrung und der Umwelt, durch die ultravioletten Strahlen der Sonne und physikalischen und emotionalen Stress werden die Organe geschwächt und die Zellen geschädigt. Während der junge Körper mit Hilfe eines eigenen Reparatursystems die Effekte eines normalen und übermäßigen Gebrauchs kompensieren kann, verliert der alternde Körper diese Fähigkeit (Klatz und Goldman, 1999; Carey, 2003).

2.1.3 Systemische Theorien

Die systemischen Theorien basieren auf der Grundhypothese, dass ein übergeordnetes Zentrum die Alterung des Organismus als Taktgeber steuert. Als Schrittmacher des Altersprozesses sollen bestimmte Organe oder Organsysteme fungieren (Nikolaus und Zahn, 2000).

„Rate-of-Living“-Theorie

Die „Rate-of-Living“-Theorie basiert auf der These, dass die metabolische Rate einer Spezies umgekehrt proportional zu ihrer Lebenserwartung ist. Carey (2003) erklärt unter Bezug auf Arking (1998), dass jedes Lebewesen eine vorbestimmte Menge metabolischer Energie hat, die dem Organismus zur Verfügung steht. Diese kann in Form von Sauerstoff konsumiert oder ebenso in Form von Kilokalorien verbraucht werden. Wenn diese Energie aufgebraucht ist, stirbt der Organismus.

Weitere „Rate-of-Living“-Theorien fokussieren auf andere limitierende Faktoren wie z.B. eine vorbestimmte Anzahl an Herzschlägen (Klatz und Goldman, 1999).

Neuroendokrinologische Kontroll-Theorie

Bei der „Neuroendokrinologischen Kontroll“-Theorie wird angenommen, dass die Effektivität der homöostatischen Anpassung mit dem Alter abnimmt. Dies führt zu einem ständigen Defekt der Anpassungsmechanismen und damit zum Altern und schließlich zum Tod (Carey, 2003; Frolkis, 1982).

Das endokrinologische System koordiniert die Aktivitäten von Zellen in verschiedenen Teilen des Körpers, indem es Hormone von den großen endokrinologischen Drüsen und Organen ins Blut abgibt. Diese werden in andere Teile des Körpers transportiert und erreichen dort ihre Zielzellen. Die Abgabe der verschiedenen Hormone wird vom Hypothalamus gesteuert (Hollmann und Hettinger, 2000). Das neurologische System ist untrennbar mit dem endokrinologischen verbunden. Die optimale Funktionsfähigkeit setzt synchrone neurologische und endokrinologische Signale und Reaktionen auf den Bedarf und die Anforderungen der Funktionen, die der Hypothalamus steuert, voraus. Mit zunehmendem Alter nimmt die Effektivität der beiden Systeme ab, was zu einer Reduktion der Funktionsfähigkeit und schließlich zu einer zunehmenden Häufigkeit von Erkrankungen führt (Carey, 2003).

Immunologische Theorie

Das Immunsystem ist das wichtigste System des Körpers zur Erhaltung der Individualstruktur durch Abwehr körperfremder Substanzen (Antigene) und durch die kontinuierliche Elimination anormaler Körperzellen (de Gruyter, 2001). Die qualitative und quantitative Fähigkeit des Immunsystems, die notwendigen Antikörper zu produzieren, nimmt mit zunehmendem Alter ab (Carey, 2003). Die klinischen Konsequenzen dieser altersassoziierten Veränderungen können die Zunahme von bakteriellen und viralen Infektionen sowie das vermehrte Auftreten von malignen Erkrankungen und Autoimmunerkrankungen sein. Carey (2003) bringt unter Bezug auf Arking (1998) die Veränderungen auch mit einer altersassoziierten Schrumpfung der Hypophyse in Zusammenhang.

Bei einigen der vorgestellten Alternstheorien, z.B. der Theorie der Telomere oder der Fehlerkatastrophen-Theorie, scheint es kaum möglich zu sein, aktiv in den Verlauf einzugreifen und den Alternsprozess zu verlangsamen. Bei anderen Theorien scheint der Alternsprozess dagegen von den Menschen selbst bedingt beeinflussbar zu sein. Der Alternsprozess in der „Theorie der freien Radikale“ basiert auf intrazellulären Schäden, die durch verschiedene freie Radikale verursacht werden, weil die antioxidativen Abwehrmechanismen den Organismus nicht ausreichend gegen den oxidativen Stress schützen können. Diese Schäden führen im Ergebnis zu einer zunehmenden physiologischen Schwächung des Organismus. Da die zelluläre Konzentration von Antioxidantien muskelfaserspezifisch und von der Nährstoffversorgung eines Individuums abhängig ist (Ji et al., 1997; Papa und Skulachev, 1997), scheint dieser Prozess beeinflussbar zu sein. Es wäre daher denkbar, dass durch eine gezielte Reizsetzung durch körperliches Training auf die Muskulatur und damit die reaktiven und antioxidativen Systeme die Abwehrbereitschaft des Organismus gegenüber oxidativem Stress erhöht wird, vorausgesetzt die Nährstoff- und Energiezufuhr ist ausreichend groß. Zusätzlich scheint es durch ein gezieltes, altersgerechtes Training auch im hohen Alter noch möglich zu sein, das Immunsystem zu stärken und die zunehmende physiologische Schwächung des Organismus zu verlangsamen, zu stoppen oder gar umzukehren und dadurch die Mobilität der Senioren zu erhalten oder sogar wieder zu verbessern.

2.2 Alternsprozesse

2.2.1 Allgemeine Alternsprozesse

Jeder Organismus wird im Laufe seines Lebens in unterschiedlichem Maße durch Infektionskrankheiten, Tumore, Arteriosklerose, mechanische, chemische und thermische Traumen soweit geschädigt, dass schließlich im Alter die pathologischen Mechanismen im Vordergrund stehen, so dass der Alternsprozess immer schwieriger davon zu trennen ist (Hazzard, 1989). Der Alterungsprozess und die Entwicklung von (chronischen und akuten) Krankheiten unterliegen großen individuellen Schwankungen. Altern ist keine Krankheit. Trotzdem leiden ältere Menschen häufiger an Beschwerden und sind öfter krank als jüngere. In erster Linie sind davon das Herz-Kreislauf-System (arterielle Hypertonie, koronare Herzkrankheit, Herzinsuffizienz) und der Bewegungsapparat (Wirbelsäulensyndrome, Arthrosen, rheumatische Erkran-

kungen) betroffen. Der Alternsprozess und die Entwicklung von Krankheiten sind von vielen verschiedenen Faktoren (Erbanlagen, Umweltfaktoren, persönliche Lebensweise) abhängig (Nikolaus und Zahn, 2000). Ein Charakteristikum des typischen geriatrischen Patienten ist das Auftreten von mehreren Krankheiten gleichzeitig (Multimorbidität), die sich wechselseitig beeinflussen und zu Funktionsverlusten führen. Sie wirken sich im physischen, psychischen und sozialen Bereich aus und bedrohen die Selbständigkeit der Patienten. Sowohl die Anzahl von Erkrankungen als auch die Schwere der Krankheit sind nur lose mit der Funktion verknüpft. Es gibt Patienten mit einer Vielzahl auch schwerer Krankheiten ohne Funktionsverlust. Andererseits kann bereits eine Einzelerkrankung (z.B. Schlaganfall) zu erheblichen Funktionseinbußen führen. Die Funktion entscheidet über die Behandlungsbedürftigkeit, die Krankheit über die therapeutischen Möglichkeiten (Nikolaus und Zahn, 2000). Die altersbedingten physiologischen Funktionseinbußen sind jedoch geringer als jene, die mit Körperbehinderungen oder mit Krankheiten verbunden sind. Deshalb ist es nicht das Altern an sich, sondern es sind die begleitenden Erkrankungen, welche eine Bedrohung für die Homöostase in jedem Alter darstellen. Von den Funktionseinschränkungen sind nicht gleichförmig alle Gewebe und Organe betroffen (individuelle Variabilität). Es kommt ferner zu einer mit fortschreitendem Alter zunehmenden interindividuellen Streubreite der Befunde. Eine Unterscheidung zwischen physiologischen Altersveränderungen und krankhaften Prozessen ist nicht immer leicht; die Grenzen sind häufig fließend (Volkert, 2002).

In der Übersicht von Hazzard (1989), Tabelle 2-1, sind für jedes einzelne Organ die eigentlichen physiologischen Alternseffekte („primär altersbedingte Veränderung“), die Wirkungen, welche durch Erkrankungen im Alter hervorgerufen werden („sekundär altersbedingte Faktoren“) und schließlich die klinische Manifestation dargestellt. Mit zunehmender Lebenserwartung und zunehmendem Lebensalter nimmt die Schwierigkeit, zwischen primären und sekundären Alterungseffekten zu unterscheiden, deutlich zu (Hazzard, 1989).

Ein Verlust der Selbständigkeit ist häufig das gemeinsame Endresultat vieler chronischer Erkrankungen, an denen der alte Mensch leidet (Hazzard, 1989). Gelingt es, die funktionellen Ressourcen gut zu nützen, können auch ältere Patienten erfolgreich rehabilitiert werden. Das Training von funktionellen Fähigkeiten hat die größtmögliche Selbständigkeit des Betroffenen zum Ziel. So könnte auch im Alter trotz evtl. bleibender Behinderung ein selbstbestimmtes Leben mit einem hohen Maß an Zufriedenheit und Lebensqualität ermöglicht werden (Nikolaus und Zahn, 2000).

Tabelle 2-1: Primäre und sekundäre (krankheitsbedingte) Altersprozesse (nach Hazzard 1989)

Organsystem	Klinische Manifestation	Primär altersbedingte Veränderung	Sekundär altersbedingte Faktoren (Erkrankungen und zeitbedingte Faktoren, inkl. Medikamentenwirkung)
Haut	Runzeln, Purpura nach kleinem Trauma, Gefährdung für Dekubitalulzera und längere Heilungszeit, Trockene Haut/Pruritis Haarverlust, graues Haar	Atrophie (speziell subkutan), verminderte Elastizität, erhöhte Fragilität der Gefäße, vermindertes Schwitzen und Abnahme der Sekretion der Salzdrüsen, Haarverlust und Abnahme des Haarpigments, verminderte Zellvermehrung	Sonnenexposition, Chemikalienexposition
Augen	Presbyopie, Verschlechterung der Dunkeladaptation Katarakt Glaukom Makuladegeneration	Veränderte Elastizität der Linsen Veränderung der Biochemie und Physiologie des Glaskörpers und der Retina	Diabetes mellitus Katarakt Glaukom Makuladegeneration Medikamentenwirkung (Miose)
Ohren	Hörverlust: speziell bei hohen Frequenzen, verschlechterte Tondiskrimination Abnahme des Lagesinns – „Schwindel“, Stürze	Abnahme der Haarzellfunktion im vestibulären System Abnahme der vestibulären Funktion	Traumatischer Hörverlust Morbus Menière Toxizität von Medikamenten „gutartiger Positionsschwindel“
Nase und Mund	Verminderter Geschmack- und Geruchssinn (Appetitverlust, trockener Mund)	Abnahme der Funktion des Nervus olfactorius Abnahme der Anzahl der Geschmacksknospen, Verminderung des Geschmacksempfindens und der Speichelbildung	Zinkmangel Periodontale Erkrankung Medikamentös induzierter trockener Mund, verminderte Salivation Verminderung der sozialen Bedeutung des Essens
Gastrointestinaltrakt	Dysphagie, gastroösophagealer Reflux Hypoacidität mit bakterieller Besiedelung Obstipation Veränderter Medikamentenmetabolismus	Abnahme der Ösophagusmotilität und der Sphinkterfunktion Abnahme der Sekretion von Säure, Pepsin oder Tyrosin Verminderte Mobilität des Magendarmtraktes Veränderung der Leberenzyme	Hiatushernie Perniziöse Anämie Obstipation sekundär auf schlackenarme Kost, Laxantienabusus Abusus von Chemikalien, welche den Medikamentenmetabolismus verändern (Rauchen, Alkohol)
Respiratorisches System	Verminderung von Vitalkapazität, FEV1, Atemgrenzwert	Abnahme der Lungenelastizität Atrophie der respiratorischen Muskulatur	Chronisch obstruktive Lungenerkrankung als Folge von Rauchen, Luftverschmutzung Verminderung der Kraft der respiratorischen Muskeln als Folge eines Trainingsverlustes
Kardiovaskuläres System	Verminderte Herzreserven, erhöhter Pulsdruck, erhöhte Anfälligkeit auf Hypotonie und Synkope	Abnahme der Anzahl an Herzzellen, Erhöhung des linksventrikulären und arteriellen Widerstandes, verminderte chronotropische Reaktionsfähigkeit, Abnahme der Empfindlichkeit der vaskulären (adrenergen) Barorezeptoren	Arteriosklerotisch bedingte Ischämie, ventrikuläre Dysfunktion, Arrhythmien, hypertensive Herzerkrankungen, Herzinsuffizienz

Urogenital-System	Verminderte glomeruläre Filtrationsrate, tubuläre Rückresorption Obstruktive Uropathie und Überlaufinkontinenz, Stressinkontinenz	Abnahme der Anzahl der Nephronen, Veränderung der tubulären Funktion Abnahme des Blasentonus, Verminderung der Blasenkapazität, verminderter Sphinktertonus, Prostatahyperplasie (Männer), verminderter Tonus der Beckenbodenmuskulatur (Frauen)	Hypertoniebedingte Nephrosklerose Medikamenteninduzierte Nierenerkrankung (Aminoglykoside, nicht-steroidale antientzündliche Medikamente) Harnwegsinfektionen
Endokrin-metabolisches System	Menopause (vasomotorische Symptome, vaginale Atrophie) Verminderte Libido, Potenz und sexueller Trieb beim Mann Relative Glucoseintoleranz Verminderte Reserven der Schilddrüse	Hypogonadismus Rasches Auftreten (Frauen) Langsames Auftreten (Männer) Verminderte Insulinsekretion auf Glucosebelastung, vermindertes Ansprechen auf Insulin (vermehrte Adipositas) Herabgesetzte Regulationsempfindlichkeit der Schilddrüse	Chirurgisch bedingter Hypogonadismus (Ophorektomie), Hypogonadismus als Folge eines Alkoholabusus Erhöhte Inzidenz des Diabetes mellitus Autoimmun-Thyreoiditis und Hypothyreose, Hyperthyreose (oft apathisch)
Muskulo-skelettales System	Abnahme der Kraft Erhöhtes Risiko für Frakturen Abnahme der Gelenkbeweglichkeit und erhöhte Entzündungsgefahr	Abnahme der Anzahl an Muskelfasern und des Muskelfaserquerschnitts Abnahme des Mineralgehaltes der Knochen Verminderte Knochenneubildung Erhöhte Steifigkeit der Sehnen und des Bindegewebes Verminderung des Gelenkknorpels	Atrophie als Folge eines Nichtgebrauchs (sitzende Lebensweise) Gonadaler Steroidmangel, Osteoporose (durch Diät, Alkohol, Tabak und Medikamente bedingt) Osteomalazie als Folge von Vitamin-D-Mangel (diätetisch bedingt und fehlende Sonnenexposition) Medikamenteninduzierte arthrotische Veränderungen (Fluorid) Traumatische Arthrosen (berufsbedingt, freizeitbedingt)
Zentralnervensystem	Hypothermie Hyperthermie Dehydration Posturale Hypotonie, „Schwindel“, Synkopen, Stürze Verlangsamung der Bewegung Lernschwierigkeiten Gestörte Gleichgewichtsreaktionen, Stürze Verändertes Schlafmuster	Abnahme der Toleranz auf Temperaturschwankungen Vermindertes Durstgefühl und Abnahme der Trinkmenge Abnahme der posturalen Reflexe und der autonomen Regulation Verlust von Neuronen im Nucleus basalis, Abnahme der cholinergischen Neurotransmitter und der Acetylcholintransferaseaktivität Abnahme der Funktionen der Basalganglien Abnahme der Funktion der Columna dorsalis	Hypothermie als Folge einer Hypothyreose Hyperosmolares, nichtketotisches Coma diabetikum Medikamenteninduzierte Dehydration Funktionsverlust des autonomen Systems Medikamenteninduzierte kognitive Funktionsausfälle Delirium Medikamenteninduzierter Parkinsonismus Morbus Alzheimer Morbus Parkinson Medikamenteninduzierte Ataxie, alkoholische zerebelläre Degeneration
Immunsystem	Erhöhte Anfälligkeit für Infektionen und maligne Erkrankungen Schlechtere Antwort auf Immunisation Erhöhter Anteil an Autoantikörpern	Abnahme der zellulären Immunität (Verminderung der Helferzellen) Verminderung der primären Antikörperreaktion Erhöhung der abnormen Immunglobuline und der Autoimmunität	Ernährungsmangel Autoimmunerkrankungen (Thyreotoxikose, Thyreoiditis, perniziöse Anämie)

2.2.2 Altersassoziierte Veränderungen der Muskulatur (Sarkopenie)

2.2.2.1 Definition und Ursache der Sarkopenie

Die hauptsächliche Funktion der Muskulatur ist die Erzeugung von Kraft und das Erbringen von Leistung bzw. Arbeit durch die Umformung von chemischer in mechanische Energie. Die Muskelkraft und -arbeit ist erforderlich, um eine strukturelle Unversehrtheit und eine aufrechte Körperhaltung zu erhalten für Bewegung, für die Atmung, für die Verdauung und für letztendlich fast alle Funktionen des Körpers (Timiras, 2003). Die Muskelkraft des Menschen erreicht ihren Höhepunkt zwischen dem 20. und 30. Lebensjahr.

Bis zum 70. Lebensjahr hat der Mensch allerdings wieder ca. 30 % seiner Muskelkraft und ca. 40 % seiner Muskelmasse verloren. Diese Verluste schreiten bei zunehmendem Alter noch schneller voran, ungeachtet, welche Muskelgruppe auch betrachtet wird (Waters et al., 2000; Baumgartner et al., 1999/ 1998; Evans, 1995; Lexell et al., 1988). Es gibt allerdings große Unterschiede unter den Muskelgruppen im Ausmaß des Kraftverlusts. Während der Fokus in der vorliegenden Arbeit besonders auf der Skelettmuskulatur liegt, sind viele der altersassoziierten Veränderungen ähnlich auch beim Herzmuskel und der glatten Muskulatur zu beobachten.

Rosenberg (1989) nutzte den aus dem griechischen stammenden Ausdruck "Sarkopenie" (Armut an Muskelfleisch) als erster, um damit den altersassoziierten Muskelmassenschwund zu beschreiben. Heute versteht man unter Sarkopenie alle altersassoziierten Veränderungen an der Skelettmuskelmasse, ebenso die Effekte der veränderten Innervation des Zentral- und peripheren Nervensystems, sowie den veränderten Hormonstatus, entzündliche Prozesse und die veränderte Energie- und Proteinaufnahme (Doherty, 2003).

Es existieren in der Literatur viele Definitionen von Sarkopenie, die sich im Wesentlichen sehr ähnlich sind. Die Sarkopenie wird von Roth et al. (2000) als ein progressiver unwillkürlicher Verlust der Muskelkraft, Muskelmasse und Muskelqualität mit fortschreitendem Alter definiert. Yarasheski (2003) bezeichnet sie als eine Imbalance zwischen Muskelproteinsynthese und -proteolyse, in welcher die Netto-Muskelprotein-Balance negativ ausfällt. Außerdem beschreibt er die Sarkopenie als altersassoziierte Veränderung der Muskelproteinquantität und -qualität, welche sich nachteilig auf die Muskelstruktur, die Körperzusammensetzung und die Funktion auswirkt.

Roubenoff und Mitarbeiter (2003) definieren die Sarkopenie ebenfalls als altersassoziierte Veränderung der Muskelqualität und -quantität, als eine Konsequenz des normalen Alterns, die keine Erkrankung zum Auftreten benötigt, obwohl der Verlust der Muskelmasse durch eine chronische Erkrankung beschleunigt werden kann. Ähnlich wie Waters (2000) sieht Roubenoff die Sarkopenie außerdem als einen komplexen, multifaktoriellen Prozess, welcher im mittleren Lebensalter beginnt und sich nach dem 75. Lebensjahr beschleunigt. Die Sarkopenie betrifft alle älteren Individuen (Roubenoff und Castaneda, 2001). Welchen relativen Beitrag jeder einzelne dieser Faktoren leistet, ist bisher noch nicht geklärt. In Abbildung 2-1 sind die potentiellen Mechanismen, die zu einer Abnahme der Muskelmasse und -qualität und damit zur Sarkopenie und eventuellen Folgekrankheiten führen, dargestellt.

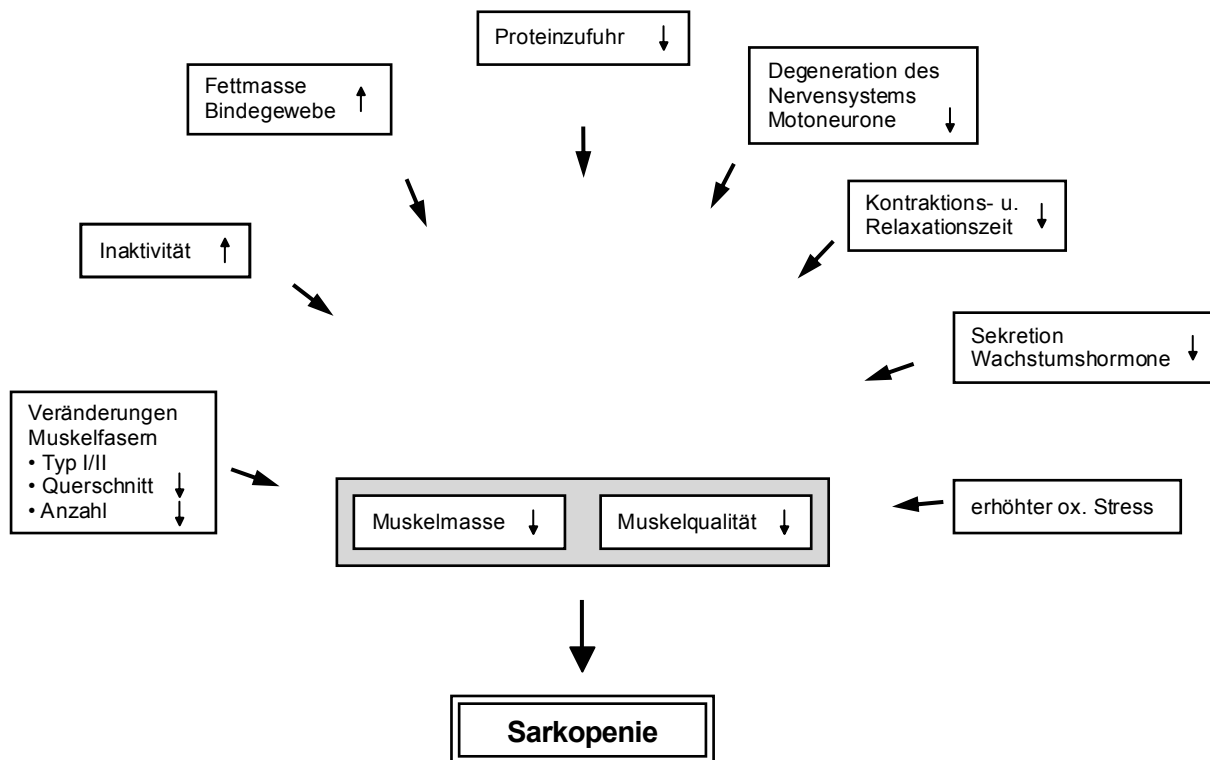


Abbildung 2-1: Potentielle Mechanismen, die zur Sarkopenie führen (modifiziert nach Roubenoff, 2003)

Die Gründe für den Qualitäts- und Massenverlust der Muskulatur können sowohl im neuronalen als auch im muskulären oder im hormonellen Bereich liegen.

Skelettmuskeln sind aus strukturell, funktionell, molekular und metabolisch verschiedenen Fasertypen zusammengesetzt und darum ein extrem heterogenes Gewebe (Pette, 1999). Als wesentliche altersassoziierte Veränderungen der Muskelfasern werden in der Literatur der Rückgang des Muskelfaserquerschnitts, die sinkende Anzahl der Muskelfasern und die damit einhergehende Abnahme des gesamten Muskelquerschnitts diskutiert. Die Ergebnisse aus mehreren Studien und Untersuchungen deuten darauf hin, dass bei praktisch unverändertem Verhältnis zwischen Typ-I- und Typ-II-Fasern der Verlust der Muskelmasse im Alter vorwiegend durch eine Größenreduktion der Typ-II-Fasern zustande kommt (Lexell et al., 1988; Rogers und Evans, 1993). Es ist jedoch noch nicht endgültig geklärt, ob dieser durch Nichtgebrauch oder Erkrankung bedingt ist oder einfach dem Alterungsprozess innewohnt (Basu et al., 2002).

Die Mehrzahl der Studien, deren histologische Daten überwiegend am M. vastus lateralis durch Biopsien gewonnen wurden, kam zu annähernd ähnlichen Ergebnissen für die altersassoziierte Muskelatrophie. Der durchschnittliche **Muskelfaserquerschnitt** der Typ-II-Faser nimmt mit ca. 20-50 % mit zunehmendem Alter deutlich ab, während der Faserquerschnitt der Typ-I-Faser in wesentlich geringerem Ausmaß, nämlich nur mit 1-25 %, davon betroffen ist (Larsson et al., 1979; Grimby und Saltin, 1983; Lexell et al., 1988; Lexell und Downham, 1992; Lexell, 1993; Doherty et al., 1993; Roos et al. 1997; Waters et al., 2000; Larsson et al., 2001; Vandervoort, 2002). Die Streubreite der Ergebnisse resultiert aus den Versuchsunterschieden, Messfehlern und den unterschiedlichen Kontrollgruppen (Doherty, 2003).

Neben der Abnahme des Muskelfaserquerschnitts kommt es mit zunehmendem Alter auch zu einer **Reduzierung der Anzahl der Muskelfasern**, was zu einem weiteren Verlust an Muskelvolumen führt. Die Reduktion der Muskelfaseranzahl beginnt, ebenso wie die Fasergrößenreduktion, ab dem 25. Lebensjahr (Frontera, 2000). Bis zum 80. Lebensjahr schreitet der Verlust immer schneller voran und kann 25-39 % ausmachen (Lexell et al., 1988). Hier von sind beide Muskelfasertypen gleichermaßen betroffen; die Verteilung von Typ-I- und Typ-II-Fasern bleibt daher proportional gleich (Grimby et al., 1982; Lexell et al., 1988; Rogers und Evans, 1993). Die Reduzierung beider Muskelfasertypen und vor allem die Abnahme des Muskelfaserquerschnitts der Typ-II-Fasern führen zu einem erhöhten relativen Anteil an Typ-I-Fasern in der Muskulatur des älteren Menschen. Dennoch stellte Lexell et al. (1988) eine erhebliche Variation in Anzahl und Größe der Fasern in allen Altersgruppen fest.

In vielen morphologischen Studien konnte für unterschiedliche Muskelgruppen der Extremitäten mit Hilfe von Ultraschall, Computertomographie, Kernspintomographie und direkter Messung durch Muskelbiopsien an Verstorbenen insgesamt eine **Abnahme des gesamten Muskelquerschnitts** - ohne eine genaue Ursache dafür zu benennen (siehe oben) - nachgewiesen werden (Doherty, 2003). So konnte Young et al. (1985) mit Hilfe einer Ultraschallmessung am M. quadrizeps älterer Menschen einen 25-35 %igen Rückgang des Muskelquerschnitts zeigen. Die Untersuchungen von Klitgaard et al. (1990) und Overend et al. (1992) erbrachten ähnliche Ergebnisse für den Querschnitt des gleichen Muskels bzw. in der Untersuchung von Rice et al. (1989) für den M. biceps brachii und den M. trizeps brachii. Bei allen drei Untersuchungen wurden die Ergebnisse durch eine Computertomographie gewonnen. Lexell et al. (1988) führte die Muskelquerschnittsmessungen in Form einer Muskelbiopsie an Verstorbenen durch und stieß auf eine Reduktion der Muskulatur von 40 % zwischen dem 20. und 80. Lebensjahr. Der durchschnittliche Muskelverlust bis zum 50. Lebensjahr betrug ca. 10 % und nahm dann deutlich zu. In einer neueren Studie bestimmte Janssen et al. (2000) die Skelettmuskelmasse von 268 Männern und 200 Frauen im Alter zwischen 18 und 88 Jahren mit Hilfe einer Kernspintomographie. Er stellte fest, dass Männer relativ zur Körpermasse (38,4 vs. 30,6 %) und auch absolut (33 vs. 21 kg) mehr Muskelmasse haben als Frauen, aber dass sie diese mit zunehmendem Alter auch signifikant schneller verlieren. Der Mechanismus, der zu einem größeren Muskelmasseverlust der Männer führt, ist bisher noch nicht vollständig geklärt; es wird aber davon ausgegangen, dass er vor allem durch hormonelle Faktoren verursacht wird (Janssen et al., 2000).

Ehrsam und Aeschlimann (1994) kommen in ihrer Übersichtsarbeit zu dem Schluss, dass die **Degeneration des Nervensystems** eine weitere wesentliche Ursache für den Muskelabbau im Alter ist. Sie stellen fest, dass die Motoneurone als erstes vom Alterungsprozess betroffen sind; die Zahl der aktiven Motoneurone nimmt mit zunehmendem Alter ab. Roger und Evans (1993) stellten einen Rückgang von ca. 25 % im ventralen Rückenmark zwischen dem fünften und zehnten Lebensjahrzehnt fest. Doherty (1993b) fand bei einer größeren Altersspanne der Probanden einen Verlust von Alpha Motoneuronen von 47 % bei älteren Männern (60-81 Jahre) im Vergleich zu jüngeren Männern (22-38 Jahre). Unklar ist allerdings noch, ob körperliche Aktivität oder hormonelle oder genetische Faktoren potentiellen Einfluss auf das Ausmaß und die Rate des Verlusts der motorischen Einheiten haben (Doherty, 2003). Trotz des Verlustes von motorischen Einheiten konnten Stalberg et al. (1989)

und Aniansson et al. (1992) eine Zunahme der Muskelfaseranzahl pro motorischer Einheit ab dem 60. Lebensjahr zeigen. Dieses wurde von ihnen als kompensatorische Adaptation gegenüber dem Rückgang an motorischen Einheiten gewertet. Neben dem Verlust von motorischen Einheiten nehmen mit zunehmendem Alter die Leitungsgeschwindigkeit der Axone und die Anzahl der terminalen Nervenfasern an den motorischen Endplatten ab (Siewers, 2001). Obwohl diese Veränderungen in allen Skelettmuskeln auftreten, scheinen die gewichtstragenden Muskeln stärker davon betroffen zu sein als die übrigen Muskeln (Waters, 2000).

Darüber hinaus scheint Altern eine Gruppierung der Fasertypen anzustoßen. Während beim jüngeren Menschen die verschiedenen Fasertypen (Typ-I- und Typ-II-Fasern) gleichmäßig mosaikartig über den Muskel verteilt sind, bilden sie beim älteren Menschen größere einheitliche **Gruppierungen**. Die Muskelfasertypen treten in sogenannten Clustern auf. Als Ursache wird ein kontinuierlicher Denervierungsprozess mit anschließender teilweise Reinnervierung durch ein anderes Neuron vermutet (Lexell, 1995; Andersen, 2003).

Auch die **Kontraktions- und Relaxationszeiten** verändern sich im Alter. Die Folge vom Verlust von motorischen Einheiten ist eine geringere Kraftproduktion, eine Abnahme der muskulären Ausdauer und eine generelle Verlangsamung der mechanischen Eigenschaften der Muskeln (Frontera, 2000; Larsson et al., 1997), welche nach Kirkendall und Garrett (1998) häufig größer ist als der Umfang des Verlustes der Muskelmasse hätte erwarten lassen. Vandervoort und McComas maßen bereits 1986 bei älteren Männern und Frauen eine deutlich längere Kontraktions- und Relaxationszeit des M. gastrocnemius und des M. soleus bis zum Erreichen der maximalen Muskelspannung als bei jüngeren. Die Kontraktionszeit des M. gastrocnemius zeigte dabei eine deutlichere Verschlechterung, was möglicherweise auf einen ehemals höheren Anteil Typ-II-Fasern zurückzuführen ist.

Mit zunehmendem Alter ändern sich auch die intrinsischen Eigenschaften der Muskulatur. Das Verhältnis von Muskel- und Fettmasse verschiebt sich drastisch. So nimmt die Muskeldichte ab und **Fettgewebe wird als Marmorierung in die Muskeln eingelagert** (Basu et al., 2002). Außerdem kommt es zu einer Zunahme von Muskelkollagen im Muskel. Overend et al. (1992) konnte anhand von computertomographischen Untersuchungen am M. quadrizeps eine fast 60 % größere Querschnittsfläche von intramuskulären Binde- und Fettgeweben bei älteren Männern im Vergleich zu jüngeren nachweisen. Die Veränderung der Körperzusammensetzung hat negative Folgen für den funktionellen Status der Muskulatur. Die Muskelflexibilität nimmt ab, wodurch die Muskelsteifheit größer wird (Gosselin, 1998; Basu et al., 2002). Die Zunahme der Fettmasse insgesamt ist eng mit dem Energieumsatz im Alter verbunden. Durch die Abnahme der stoffwechselaktiven Körpermasse, die Reduzierung der körperlichen Aktivität und die unveränderte Energieaufnahme steigt die Gefahr der Zunahme von Fettmasse. Der Energiebedarf nimmt beim Menschen vom 25-75. Lebensjahr um ca. 20 % (ca. 375 kcal) ab. Da das Hunger-Sättigungs-Empfinden nicht so eng an die Bedürfnisse des Energieumsatzes gekoppelt ist (Waters et al., 2000), ist eine inadäquate Energieaufnahme oft ein Problem älterer Menschen und ein wichtiger Einflussfaktor bei der Entstehung und dem Verlauf von Sarkopenie (Baumgartner et al., 1999; Baumgartner et al., 1998; Nair, 1995; Roberts, 1995). Andererseits stellt die im höheren Alter reduzierte Nahrungsaufnahme, die Altersanorexie, ein großes Problem dar. Das Risiko, eine Muskelatro-

phie zu entwickeln, so wie es durch Krankheit oder durch andere potentielle katabole Situationen, wie z.B. nach Hüftfraktur, der Fall ist, steigt (Morley et al., 2001). Vielschichtige Mechanismen und Interaktionen führen zu einer Altersanorexie. Es ist allerdings noch unklar, ob die geringere Proteinaufnahme, als zum Erhalt der Muskelmasse notwendig wäre, oder eine geringere als zum Erhalt der Muskelmasse notwendige Proteinaufnahme oder eine reduzierte Aufnahme von essentiellen Nährstoffen wie Kreatin wesentlich zur Sarkopenie beiträgt (Morley et al., 2001).

Anabolismus und Katabolismus eines Gewebes werden durch die Balance zwischen **Proteinsynthese** und Proteolyse bestimmt. Eine häufig zitierte Hypothese postuliert als wesentlichen Faktor für das Schwinden der Skelettmuskulatur – auch beim gesunden älteren Menschen – eine altersbedingte Reduktion der Proteinsynthese, wodurch der durch normalen Stoffwechsel bedingte Verlust an Muskelgewebe nur unzureichend kompensiert wird (Short und Nair, 2001). Roubenoff (2003) geht davon aus, dass die Reduktion der Proteinsynthese bei institutionalisiert lebenden, älteren Menschen durch eine Mangelversorgung mit Proteinen, hauptsächlich durch eine insgesamt unzureichende Nahrungsaufnahme und eine einseitige Ernährung verursacht wird. Daten von Castaneda et al. (1995) zeigen, dass die Zell- und Muskelmasse von gesunden älteren Frauen nach 9 Wochen geringer Proteinaufnahme (0,4 g/kg/Tag) deutlich reduziert und die Muskulatur schwächer war. Daher können ein paar Monate Protein-Mangelernährung bereits einen deutlichen Unterschied in der Muskelmasse und -kraft im Vergleich zu vorher erkennbar werden lassen (Roubenoff, 2003). Es ist noch unklar, wie hoch der Proteinmangel sein muss, um die Entstehung und den Verlauf der Sarkopenie zu beeinflussen (Doherty, 2003). Im Gegensatz dazu konnte Volpi et al. (2001) in Messungen an 26 jungen (28 ± 2 Jahre) und 22 älteren gesunden Männern (70 ± 1 Jahr) bei den Aktivitäten des täglichen Lebens sogar eine leicht erhöhte Proteinsynthese feststellen. Und in einer früheren Studie zeigte er (Volpi et al., 2000) eine im Vergleich zu jüngeren Männern reduzierte anabole Reaktion auf eine proteinreiche Mahlzeit bei älteren Männern. Roubenoff und Castaneda (2001) schließen daraus, dass eine zunehmende Insulinresistenz oder immunologische Faktoren, wie z.B. katabole Cytokine oder andere hormonelle oder immunologische Faktoren, einen entscheidenden Grund für die Pathogenese der Sarkopenie darstellen könnten.

Da Muskelprotein stoffwechselaktiv ist, ist der altersassoziierte Verlust der Muskelmasse nicht nur mit einem Verlust an körperlicher Funktionalität und einer zunehmenden Unfähigkeit, die Aktivitäten des täglichen Lebens auszuführen, verbunden, sondern wirkt sich auch auf andere Körperfunktionen aus, die auf Stoffwechselprodukte angewiesen sind, welche von der Muskulatur freigesetzt werden. Der Verlust der Muskelmasse bedeutet damit auch gleichzeitig eine Reduzierung des Aminosäurenpools und damit einhergehend einen Verlust der Immunfunktionen (Roubenoff und Harris, 1997). Der Muskel bildet die Proteinquelle für Funktionen wie Antikörperproduktion, Wundheilung und Produktion von Leukozyten während einer Erkrankung. Wenn die Proteinreserven des Körpers durch Sarkopenie erschöpft sind, können diese Funktionen bei Krankheit nicht erfüllt werden (Roubenoff, 2001). Darüber hinaus stellt die Muskelmasse einen einfach zu mobilisierenden Speicher von Aminosäure für die Glukoneogenese dar. Im Falle von ernährungsbedingten Energie- und Proteindefiziten wird dieses Gewebe daher besonders beeinträchtigt (Schutz, 2004)

Der **oxidative Stress** ist ein weiterer Faktor, der das zunehmende Schwinden der Muskelzellen begünstigt, damit geht einher, eine Abnahme der Muskelmasse und der Muskelqualität, und schließlich eine Verschlechterung der körperlichen Funktionen. Endogene metabolische Prozesse und Substanzen aus der Umwelt führen zu oxidativem Stress, dem in zunehmendem Maße eine wichtige Rolle beim Alterungsprozess (siehe Alternstheorien „Theorie der freien Radikale“) und der Pathogenese vieler Erkrankungen zugeschrieben wird (Nies et al., 2002).

Die ausreichende Produktion anabolisierender Hormone (**Wachstumshormon**, IGF-1, Geschlechtshormone) ist eine wesentliche Grundvoraussetzung für die Erhaltung der Muskelmasse im Alter. Drei Hormonsysteme, welche in den Muskelmetabolismus involviert sind, weisen mit zunehmendem Alter eine abnehmende Konzentration auf (Waters et al., 2000):

1. Insulin, Wachstumshormone und Insulin-like-Groth-Factor-I (IGF-I)
2. Steroidhormone (Östrogen und Testosteron)
3. Dehydroepiandrosteron (DHEA).

Ein Mangel an diesen Hormonen scheint eine Rolle bei der Pathogenese der Sarkopenie zu spielen (Baumgartner et al., 2002) und zu einer veränderten Körperzusammensetzung - mehr Körperfett kombiniert mit reduzierter Muskelmasse - zu führen (Basu, 2002; Waters et al., 2000).

Ein durch den Lebensstil beeinflussbarer Faktor ist die körperliche Aktivität bzw. **Inaktivität**. Die körperliche Inaktivität spielt eindeutig eine große Rolle bei der Entwicklung der altersbegleitenden Sarkopenie. Sie tritt auch bei fitten, athletischen älteren Menschen auf. Obwohl es bewiesen ist, dass Menschen, die körperlich aktiv bleiben, eine geringere Abnahme der Muskelmasse und -kraft haben als Menschen, die sehr viel sitzen, ist noch nicht geklärt, was Ursache und was Folge ist. Bleiben Menschen mit mehr Muskelmasse aktiver oder haben Menschen, die aktiver sind, deswegen mehr Muskelmasse?

Komplexe Abhängigkeiten lassen sich wie nachfolgend verdeutlichen:

Grundsätzlich neigen Menschen dazu, Dinge nicht mehr zu tun oder zu vermeiden, die sie kurzatmig machen. Bei ca. 80 % der VO_2max (maximalen Sauerstoffaufnahme) ist dieser Punkt erreicht. Der Mensch fühlt sich nicht mehr wohl und schränkt seine Aktivität ein. Es sei denn, er trainiert bewusst und gewollt. Roubenoff (2000) erklärt das an folgendem klassischen Beispiel: Ein Senior kann eine Strecke um ein paar Wohnblocks laufen, ehe er kurzatmig wird und seinen Spaziergang beendet. Nun wird dieser Senior krank und baut insgesamt körperlich etwas ab. Bei einer Bettruhe nimmt die fettfreie Körpermasse, insbesondere die Muskelmasse, deutlich ab; die aerobe Kapazität und Kraft sind reduziert (Greenleaf et al., 1982). Der Senior kann jetzt nur noch im Zimmer gehen, ehe er kurzatmig wird. Also wird er bei seinem ersten Spaziergang nach der Genesung deutlich seine Kurzatmigkeit schon nach kurzer Wegstrecke merken. Einen weiteren Spaziergang wird er wahrscheinlich gar nicht versuchen, da er die Kurzatmigkeit meidet. Sein Lebensraum hat sich erheblich verkleinert. Auf die reduzierte körperliche Aktivität folgt ein weiterer Verlust der Muskelmasse, beschleunigt durch den fehlenden Stimulus durch das Spaziergehen (Rouben-

noff, 2000). Ein Teufelskreis entsteht. Die Bettruhe als häufige Rehabilitationsmaßnahme bei Senioren begünstigt diesen Verlauf.

Ältere Männer und Frauen, die einen chronischen Bewegungsmangel haben und körperlich weniger aktiv sind, haben weniger Skelettmuskelmasse und darüber hinaus eine größere Verbreitung von körperlicher Beeinträchtigung (Roubenoff, 2000; Vandervoort 2002; Evans, 2002/ 1995b). Doherty (2003) räumt ein, dass es zwar schwer ist, anhand von Querschnittsuntersuchungen Rückschlüsse auf die Ursache zu ziehen, aber er stellt fest, dass die Ergebnisse einer Vielzahl von Studien gezeigt haben, dass Krafttraining Sarkopenie umkehren kann. Doherty (2003) sieht darin den einwandfreien Beweis für die Beziehung zwischen körperlicher Aktivität und Skelettmuskelmasse und- kraft.

Wie oben ausführlich dargestellt, ist die Pathogenese der Sarkopenie ein multifaktorieller Prozess. Die primäre Ursache ist bisher allerdings unklar. Die Folge aller Mechanismen und Einflussfaktoren ist eine Reduktion der Muskelquantität und -qualität. Sie ist der Hauptgrund für die körperliche Beeinträchtigung und Schwäche älterer Menschen.

2.2.2.2 Auswirkungen der Sarkopenie auf den allgemeinen Gesundheitszustand und die Lebensqualität

Die mit fortschreitendem Alter immer stärker auftretende Sarkopenie hat Risiken zur Folge, die in Abbildung 2-2 dargestellt werden. So kann es durch die physiologischen Veränderungen, zu einer Demineralisierung der Knochen und damit zu einem erhöhten Osteoporose-Risiko kommen. Eine wesentliche Voraussetzung der Mobilität ist die Muskelkraft. Diese ist als Folge der Sarkopenie reduziert. Das wurde in einer Vielzahl an Studien, in denen die Extremitäten unter isometrischen und isotonischen Bedingungen getestet wurden, belegt. Meistens wurden dabei Gruppen von gesunden jungen, mittelalten und alten Männern und Frauen miteinander verglichen. Die Knieextensoren wurden aufgrund ihrer funktionellen Wichtigkeit, der Verfügbarkeit vergleichbarer histologischer Daten, und weil sie sich relativ leicht messen lassen, am häufigsten getestet (Doherty, 2003).

Das Ausmaß des Kraftverlustes schwankt je nach Zeitspanne und Kollektiv zwischen 17 und 36 % zwischen der 2. und 7. Lebensdekade (Cannon, 1998). Querschnittsuntersuchungen von Hollmann und Hettinger (1982) haben ergeben, dass die Kraft zwischen dem 30. und 55. Lebensjahr relativ wenig abnimmt oder fast unverändert bleibt, aber danach in beschleunigtem Maße abnimmt (bis zu 30 % in der 8. Dekade), wenn man die Maximalkraft am Ende der Pubertät als Basiskriterium nimmt. Metter et al. (1997) berichtet ebenfalls von einem zunächst nur geringen Kraftverlust, der nach dem 50. Lebensjahr deutlich bis auf ca. 12-14 % pro Lebensdekade zunimmt. Einen sogar noch etwas größeren Kraftverlust registrierte Aniansson et al. (1992) in seiner Längsschnittuntersuchung.

Wie oben bereits erwähnt, gibt es einige Unterschiede zwischen den Muskelgruppen im Bezug auf das Ausmaß des Kraftverlusts. So ist bei Männern die Abnahme der Muskelkraft der unteren Extremitäten größer als bei den oberen (Ratanen, 1997). Darüber hinaus verlieren die Männer sowohl konzentrische als auch exzentrische Muskelkraft, während Frauen die exzentrische Muskelkraft länger erhalten (Basu, 2002). Frontera et al. (2000) und Vander-

voort und McComas (1986) konnten in ihren Untersuchungen einen deutlichen Zusammenhang von Muskelkraft und Muskelmasse zeigen. Junge Männer waren zwar grundsätzlich kräftiger als ältere, nach Adjustierung der Kraftwerte auf die Muskelmasse waren die Unterschiede allerdings kaum noch erkennbar (Frontera et al., 2000). Roubenoff (2003) bestätigt, dass zwar die Beziehung zwischen Muskelmasse und Muskelkraft linear verläuft - die Beziehung zwischen Muskelkraft und körperlicher Funktionalität jedoch nicht.

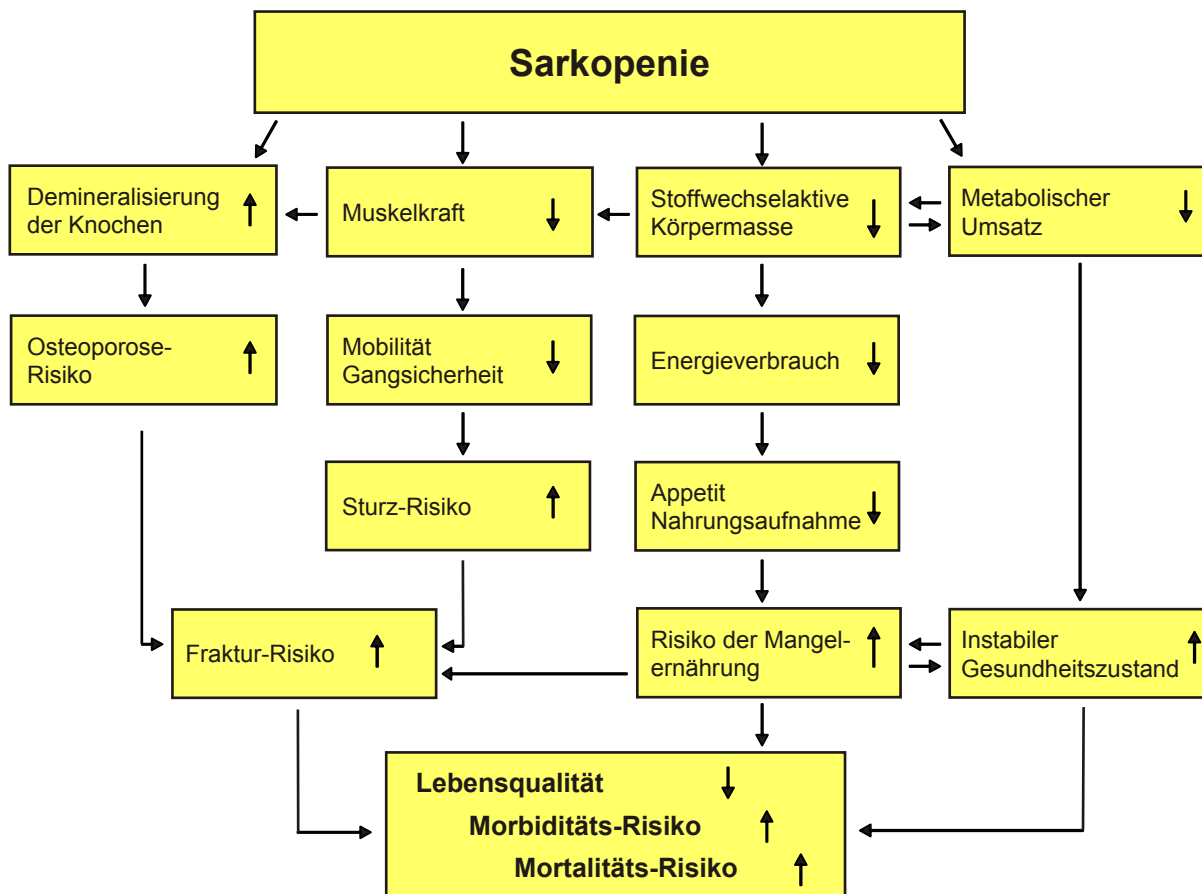


Abbildung 2-2: Folgen der Sarkopenie (modifiziert nach Heseke und Schmid, 2000)

Rantanen et al. (1999) führte eine Handkraftmessung mit 6089 gesunden Männern im Alter von 45-68 Jahren durch und wiederholte diese 25 Jahre später. Er stellte fest, dass die Menschen der Gruppe mit der niedrigsten Handkraft bei der ersten Messung, egal ob dünn, von mittlerem Körpergewicht oder schwer, die höchste Sterberate in den folgenden 25 Jahren aufwiesen.

Funktionelle Beeinträchtigung tritt bei älteren Menschen häufig in Form von reduzierter Mobilität und Gangsicherheit auf. Der Verlust der Mobilität und Gangsicherheit stellt neben kognitiven und sensorischen Einschränkungen die größte Bedrohung dar, ein selbstbestimmtes und unabhängiges Leben führen zu können. Das Sturzrisiko steigt dramatisch an, die Sturzhäufigkeit nimmt pro Lebensdekade um ca. 10 % zu. Sturzangst führt zu einem Verlust des Selbstvertrauens und zur weiteren Einschränkung der Aktivitäten. Ein Teufelskreis aus nachlassender Kraft, erhöhter Sturzgefahr und schließlich Umzug in eine Pflegeeinrichtung ist die Folge (Becker und Scheible, 1998). Bei Alten- und Pflegeheimbewohnern stürzt mehr als

jeder zweite mindestens einmal im Jahr, dabei müssen die Folgen von etwa 10 % der Stürze medizinisch behandelt werden. Unfälle, besonders mit schweren Verletzungen, sind im Alter zu mehr als 80 % Folge von Stürzen (Becker und Scheible, 1998; Pollock et al., 1991). Durch das erhöhte Sturz- und Osteoporose-Risiko nimmt auch die Gefahr einer Fraktur zu.

Wie oben beschrieben, kommt es bei der Pathogenese der Sarkopenie zu einer Reduktion der stoffwechselaktiven Körpermasse. Dieses hat zum einen Auswirkungen auf den metabolischen Umsatz und zum anderen auf den Energieverbrauch des Körpers. Solange die Sarkopenie noch nicht weit voran geschritten ist, unterscheiden sich der Nahrungsbedarf und die Nahrungszufuhr junger Senioren nicht wesentlich von denen im Erwerbsleben stehender Erwachsener. Bei Hochbetagten treten dagegen in qualitativer und quantitativer Sicht Ernährungsprobleme auf, die es zunehmend schwieriger werden lassen, Nährstoffbedarf und -zufuhr in Einklang zu bringen. Zum einen nimmt der Grundumsatz aufgrund des Verlusts der stoffwechselaktiven Körpermasse zwischen dem 25. und 75. Lebensjahr bei Männern um ca. 375 kcal/Tag (ca. 20 %) und bei Frauen um ca. 200 kcal/Tag (ca. 15 %) ab, zum anderen wird der Energiebedarf durch zunehmende körperliche Inaktivität noch zusätzlich reduziert (Heseker, 2002). Der Appetit und die Nahrungsaufnahme, und damit die Nährstoffzufuhr, sinken. Doch im Gegensatz zum abnehmenden Energiebedarf scheint der tägliche Bedarf an Vitaminen, Mineralstoffen, speziellen Aminosäuren und essentiellen Fettsäuren bei älteren Menschen nicht reduziert zu sein. Er ist bei einigen Vitaminen wie z.B. Vitamin C, D und B₆ im Alter sogar eher erhöht (Heseker, 2002). Die Abnahme des Appetits hängt neben eventueller Kau- oder Schluckbeschwerden vieler Senioren auch häufig mit den unerwünschten Nebenwirkungen vieler Medikamente, z.B. der Übelkeit, zusammen. Aufgrund ihrer Multimorbidität müssen viele hochbetagte Menschen im Rahmen einer intensiven medikamentösen Therapie mehrere (teilweise zehn und mehr) verschiedene verordnete Medikamente einnehmen. Krankheiten und Medikamente können die Nährstoffverwertung stören und den Bedarf an Energie und Nährstoffen erhöhen (Volkert, 1997). Bei entsprechend reduzierter Nahrungsaufnahme kann das zum Risiko der Mangelernährung führen. Die Abnahme des metabolischen Umsatzes und Ernährungsfehler wirken sich zusätzlich ungünstig auf den Gesundheitszustand aus. Der instabile Gesundheitszustand und die Mangelernährung stehen in enger Wechselwirkung zueinander, denn der Gesundheitszustand ist in jedem Alter ein wesentlicher Einflussfaktor auf den Ernährungszustand, umgekehrt tritt eine Mangelernährung meistens im Zusammenhang mit Krankheiten auf (Volkert, 1997).

Sämtliche Risiken, die durch die Sarkopenie verursacht werden, führen auf die eine oder andere Art letztendlich jedoch insgesamt zu einer Abnahme der Lebensqualität und zu einer Zunahme des Morbiditäts- oder sogar Mortalitäts-Risikos. Empirische Untersuchungen zeigen jedoch, dass es möglich ist, die Entwicklung und den negativen Verlauf der Sarkopenie durch Training zu verlangsamen, zu stoppen oder gar umzukehren.

2.3 Der Protein- und Aminosäurenstoffwechsel des älteren Menschen

2.3.1 Proteinstoffwechsel und Aminosäurenpool

Sowohl bei den Alternstheorien (Theorie der freien Radikale) als auch bei den Faktoren, die die Sarkopenie beeinflussen, wurde der oxidative Stress und die daraus resultierende Schädigung der Proteine bereits beschrieben. Aminosäuren (AS), aus denen Proteine gebildet werden, spielen eine große Rolle bei der Abwehr des oxidativen Stresses durch das antioxidative Glutathion-System. Darüber hinaus führt der Einbau von kontraktilen Proteinen zu einer Zunahme der Muskelkraft, die eine wesentliche Voraussetzung zum Erhalt der körperlichen Mobilität darstellt. Daher ist eine kurze Übersicht über den Aminosäuren- und Proteinstoffwechsel älterer Menschen an dieser Stelle sinnvoll.

Der Proteinanteil des menschlichen Organismus liegt bei einem gesunden Erwachsenen bei 15-20 % (ca. 10-12 kg), wobei die Muskulatur etwa 65-70 % der Körperproteine enthält (Weicker und Strobel, 1994). Nur ca. 0,05 % aller im Organismus enthaltenen AS bilden den freien AS-Pool. Die entsprechenden AS liegen in freier Form vor, d.h. sie stehen nicht-proteingebunden dem Intermediärstoffwechsel für verschiedene Stoffwechselwege zur Verfügung. Auch die AS - sowohl die Synthese als auch der Abbau der AS - unterliegen verschiedenen und sehr komplexen Stoffwechselwegen, die teilweise miteinander verknüpft sind. Der Gesamt-AS-Stoffwechsel wird von zahlreichen Faktoren wie der Höhe ihrer Konzentration im Blut, der Konkurrenz der einzelnen AS untereinander, den Rückkopplungsmechanismen und der Verfügbarkeit von weiteren Nährstoffen bestimmt. Die Synthesegeschwindigkeit ist vom Turnover der verschiedenen Eiweiße abhängig (Strobel und Weicker, 1994). Der freie AS-Pool besteht aus verschiedenen Kompartimenten im Organismus. Die AS-Zusammensetzung in den Kompartimenten ist sehr unterschiedlich und wird durch Faktoren wie Alter, Geschlecht, Ernährung, körperliche Betätigung und Krankheit beeinflusst. So zeigt das Muster an Plasma-AS keine Proportionalität zum AS-Muster der Gewebs- und Nahrungsproteine, was vor allem mit den Unterschieden im Stoffwechsel und im Transport der einzelnen AS zusammenhängt.

Abbildung 2-3 gibt im Folgenden einen Überblick über den AS-Stoffwechsel. Zu den exogen zugeführten Nahrungsproteinen kommen im Intestinaltrakt endogen sezernierte Proteine aus intestinaler Sekretion und abgestoßenen Epithelzellen hinzu (Löffler und Petrides, 2003). Die Proteine werden im Verlauf des Verdauungsprozesses durch eiweißabbauende Enzyme (Proteasen) hydrolysiert und in Form von freien Aminosäuren in den Blutkreislauf resorbiert. Die Verdauung und die Re- bzw. Absorption der Proteine verlaufen sehr effizient. Während die endogenen Proteine wieder nahezu vollständig verdaut und resorbiert werden, werden weniger als 10 % der Nahrungsproteine (bei ballaststoffreicher Nahrung bis zu 30 %) nur unvollständig absorbiert und mit dem Stuhl ausgeschieden.

Das Blut hat die Aufgabe, die AS in Form von Plasmaproteinen zu den einzelnen Organen zu transportieren. Von dort gelangen sie in interstitielle (Bindegewebe) und intrazelluläre Speicher (z.B. Muskulatur). In den Zellen liegt eine viel höhere Konzentration an AS vor als im Plasma. Die höchste Konzentration von z.B. Glutamin findet sich in den Muskelzellen. Die Hauptaufgabe der mit der Nahrung aufgenommenen AS ist ihr Einbau in körpereigene Prote-

ine. So werden sie mittels Proteinbiosynthese zu Funktionsproteinen, wie z.B. Enzymproteine, oder zu Strukturproteinen, wie z.B. Muskelproteinen, umgebaut.

Um den unregelmäßigen „stoßartigen“ Zustrom von AS nach der Nahrungsaufnahme auszugleichen und damit ein kontinuierliches Angebot zur Synthese dieser Substanzen und der Proteinsynthese zu gewährleisten, verfügt der Körper über verschiedene Regulationsmechanismen. In allen Organgeweben des menschlichen Körpers findet ein intensiver AS-Stoffwechsel statt, dennoch ist die Leber das zentrale Organ, das Zentrum des AS-Stoffwechsels (Fürst, 1999). Sie gleicht die Schwankungen der AS-Konzentration im Blut vor allem mittels Abbau und Umbau von AS sowie durch Proteinsynthese aus und synthetisiert ständig das erforderliche Spektrum an Aminosäuren, das in der Peripherie für den Stoffwechsel benötigt wird (Williams, 1997). Zwischen den Aminosäuren im Blut, in der Leber und den Geweben findet ein ständiger Austausch statt. Die Muskulatur synthetisiert aus den in der Blutbahn angebotenen AS kontraktile Proteine, aber auch Enzyme oder Kreatinphosphat, für die Energiebereitstellung zu synthetisieren. Dabei können die Zellen nur so viele AS aufnehmen, wie sie tatsächlich aktuell benötigen. Die Fähigkeit zur Speicherung von akut nicht genutzten AS besitzen sie nicht.

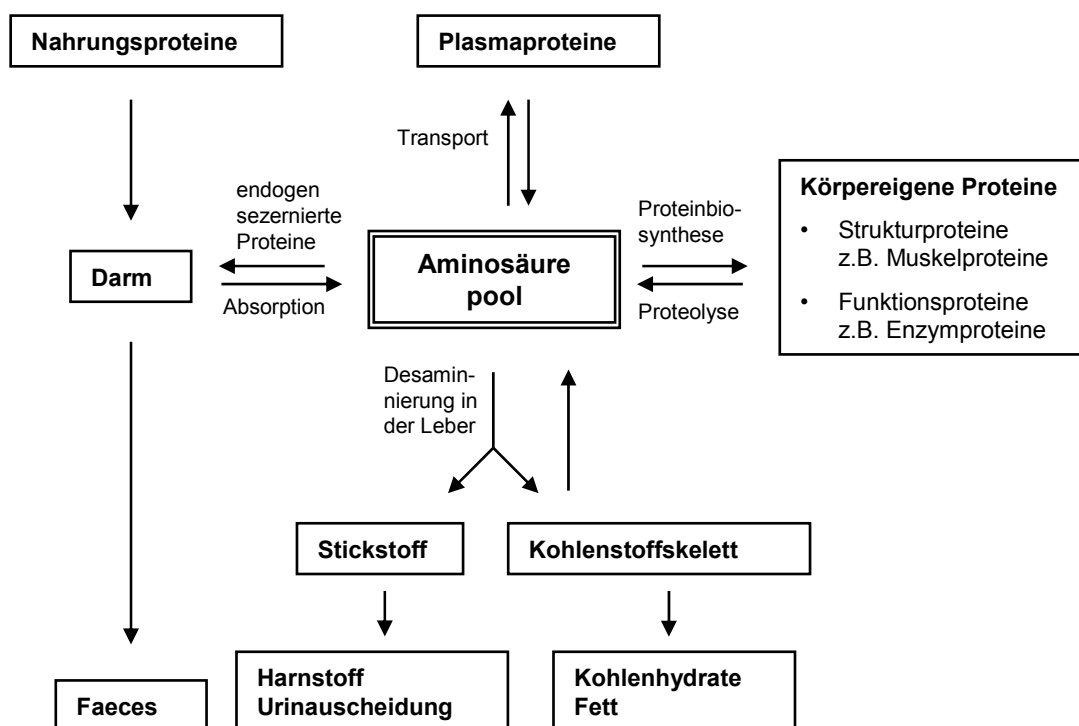


Abbildung 2-3: Der Aminosäurenpool im Proteinstoffwechsel (modifiziert nach Williams, 1997)

Auch der Abbauprozess von Proteinen (Proteolyse) findet intramuskulär statt. Wenn Proteine nicht mehr gebraucht oder abgenutzt sind, werden die beim Abbau frei werdenden AS wieder in die Blutbahn zurückgegeben (Löffler und Petrides, 2003). Der Abbau von AS geschieht über den Prozess der sogenannten Desaminierung, in dem die Aminogruppe abgespalten wird. Als Abbauprodukte entstehen dabei Ammoniak und in der Leber Harnstoff. Diese werden im Wesentlichen über die Niere mit dem Urin ausgeschieden. Geringe Men-

gen verlassen auch über die Haut, mit dem Schweiß, über die Haare, bei der Menstruation oder der Samenflüssigkeit den Körper (Weicker und Strobel, 1994). Das Kohlenstoffskelett der abgebauten Aminosäure kann sich zum einen wieder mit einer Aminogruppe zu einer neuen AS verbinden oder zum anderen in die Stoffwechselwege der Kohlenhydrate oder Fette eingeschleust und damit zur Energiebereitstellung genutzt werden (Löffler und Petrides, 2003).

Proteine und AS sind an allen wichtigen Prozessen des Organismus beteiligt. Es existiert nur ein relativ kleiner Pool an freien AS, der jedoch viele Prozesse bedienen muss und dadurch gleichzeitig zum Aufbau als auch zur Leistungserhaltung beiträgt. Die AS sind daher nicht nur als Bausteine von Proteinen von Bedeutung, sondern auch als Vorstufen für die Biosynthese einer großen Vielzahl biologisch und physiologisch wichtiger Verbindungen. Im Folgenden sollen die wichtigsten Funktionen der AS aus Sicht der Gesundheit und Fitness dargestellt werden (Abbildung 2-4):

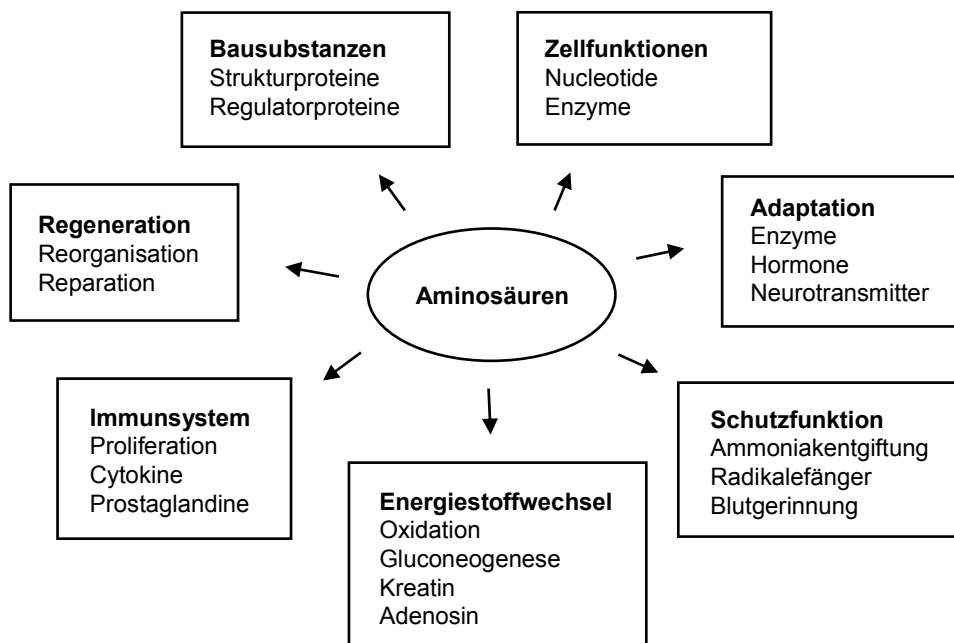


Abbildung 2-4: Aminosäuren und ihre vielfältigen Funktionen (Weiß et al., 1996)

Die AS haben über die genannte Funktion als Bausubstanz von Proteinen auch Zellfunktionen inne. Außerdem sind sie von großer Bedeutung für die Bildung von Enzymen, Hormonen und Neurotransmittern in der Adaptationsphase. AS übernehmen eine Schutzfunktion bezüglich der Ammoniakentgiftung und wirken desweiteren mit bei der Bildung von Radikalfängern, wie z.B. dem Glutathionsystem, und bei der Blutgerinnung (Fürst, 1999; Weiß et al., 1996). Darüber hinaus dienen sie den biochemischen Prozessen der Reorganisation und der Reparatur in der Regenerationsphase. Auch im körpereigenen Immunsystem besitzen AS eine Schlüsselrolle, z.B. als Antikörper. Bei der Energiebereitstellung in Ruhe spielen sie allerdings eher eine untergeordnete Rolle, da hierfür die Kohlenhydrate und Fette in besonderem Maße geeignet und zuständig sind (Weicker und Strobel, 1994).

2.3.2 Netto-Muskelprotein-Balance

Die metabolische Basis für das Wachstum der Skelettmuskulatur liegt in der Beziehung zwischen der Muskelproteinsynthese und der Muskelproteolyse. Beide Stoffwechsel-Prozesse laufen sowohl in Ruhe als auch unter Belastung kontinuierlich nebeneinander ab. Es überwiegt lediglich das anteilige Verhältnis des einen oder anderen Prozesses. So überwiegt bei körperlicher Belastung der Netto-Protein-Abbau, während in der Nachbelastungsphase die Netto-Protein-Synthese im Vordergrund steht (Tipton und Wolfe, 2001). Gesunde, gewichts-stabile Erwachsene befinden sich in einem „steady state“ der Netto-Muskelprotein-Balance, d.h. die Muskelproteinsynthese ist genauso groß wie die Muskelproteolyse. In vielen Studien ist nachgewiesen worden, dass Training einen nachhaltigen Effekt auf den Muskelprotein-stoffwechsel hat. Die Reaktion wird durch bestimmte Stimuli gefördert, wie z.B. die Art des Trainings, die Trainingsintensität und den Trainingsstatus des Individuums (Tipton und Wolfe, 2001). Der Trainingsreiz muss so groß gewählt werden, dass auch ein trainierter Muskel „angeregt“ und die Proteinsynthese stimuliert wird. Bei einem regelmäßigen Krafttraining über eine ausreichende Zeitspanne kommt es dann während der Trainingsperiode zu einer Zunahme der Muskelproteinsynthese. Jeder Zuwachs von Muskelprotein aufgrund eines Trainings ist eine Folge der positiven Netto-Protein-Balance (Tipton und Wolfe, 2001).

Der Effekt von Training und Krafttraining auf den Muskelprotein-Metabolismus und das Muskelwachstum muss immer im Kontext der Interaktionen zwischen dem Training, der Ernährung und den hormonellen Faktoren, die an einem normalen Tag gegeben sind, betrachtet werden. Der Muskelprotein-Metabolismus wird vor allem durch den intrazellulären Aminosäurenpool reguliert. Da der Muskelproteinabbau bis zu 24 Stunden und die Muskelproteinsynthese bis zu 48 Stunden nach der Belastung erhöht ist (Phillips et al., 1997; MacDougall, 1995), kann jede eingenommene Mahlzeit während dieser Zeit den Muskelprotein-Metabolismus beeinflussen. Eine Zunahme der intrazellulären AS-Verfügbarkeit maximiert die Stimulation der Muskelproteinsynthese und führt zu einem größeren Muskelanabolismus als ohne die essentiellen AS (Tipton und Wolfe, 2001). Wenn dagegen eine mangelhafte Nahrungsaufnahme erfolgt, wie dies gerade bei vielen alten und multimorbiden Menschen der Fall ist, nehmen zwar sowohl die Proteinsynthese als auch der Proteinabbau als Reaktion auf das Krafttraining zu, aber die Rate der Proteolyse übertrifft die der Synthese, so dass die Muskelprotein-Balance negativ wird (Phillips et al., 1999, Biolo, 1995). Daher kann eine Muskelhypertrophie nur dann erfolgreich geschehen, wenn in den 24 bis 48 Stunden nach der Belastung auch ausreichend Nährstoffe mit der Nahrung aufgenommen werden (Tipton und Wolfe, 2001), damit die Muskelproteinsynthese größer ist als die Muskelproteolyse.

2.3.3 Der Homocystein-Stoffwechsel im Methionin-Homocystein-Glutathion-System

Homocystein (Hcy) ist eine nicht-proteinogene, dem Cystein homologe, hochtoxische, schwefelhaltige Aminosäure mit einer zusätzlichen Methylgruppe in der Seitenkette (Resch, 1995). Es entsteht als ein Abbauprodukt der essentiellen AS Methionin. Im Plasma liegt Homocystein zu ca. 65 % protein-gebunden und zu ca. 35 % als freies Hcy in reduzier-

ter und oxidiert Form oder als gemischtes Disulfid, zum Beispiel mit Cystein, vor (Weiß, 2003). Etwa 75 % des Plasma-Hcy stammen aus der Kreatinsynthese in der Leber (Selhub, 1999). Die Korrelation mit Kreatinin gilt als Indiz für die Verknüpfung des MHG-Systems mit dem Kreatin-Stoffwechsel (Rauh et al., 2001). Erhöhte Plasma-Hcy-Werte können grundsätzlich durch genetische, durch altersabhängige oder auch durch Umweltfaktoren, z.B. Nahrung (Vitamin B₆, B₁₂ und Folsäure), bedingt sein (Weiß, 2003).

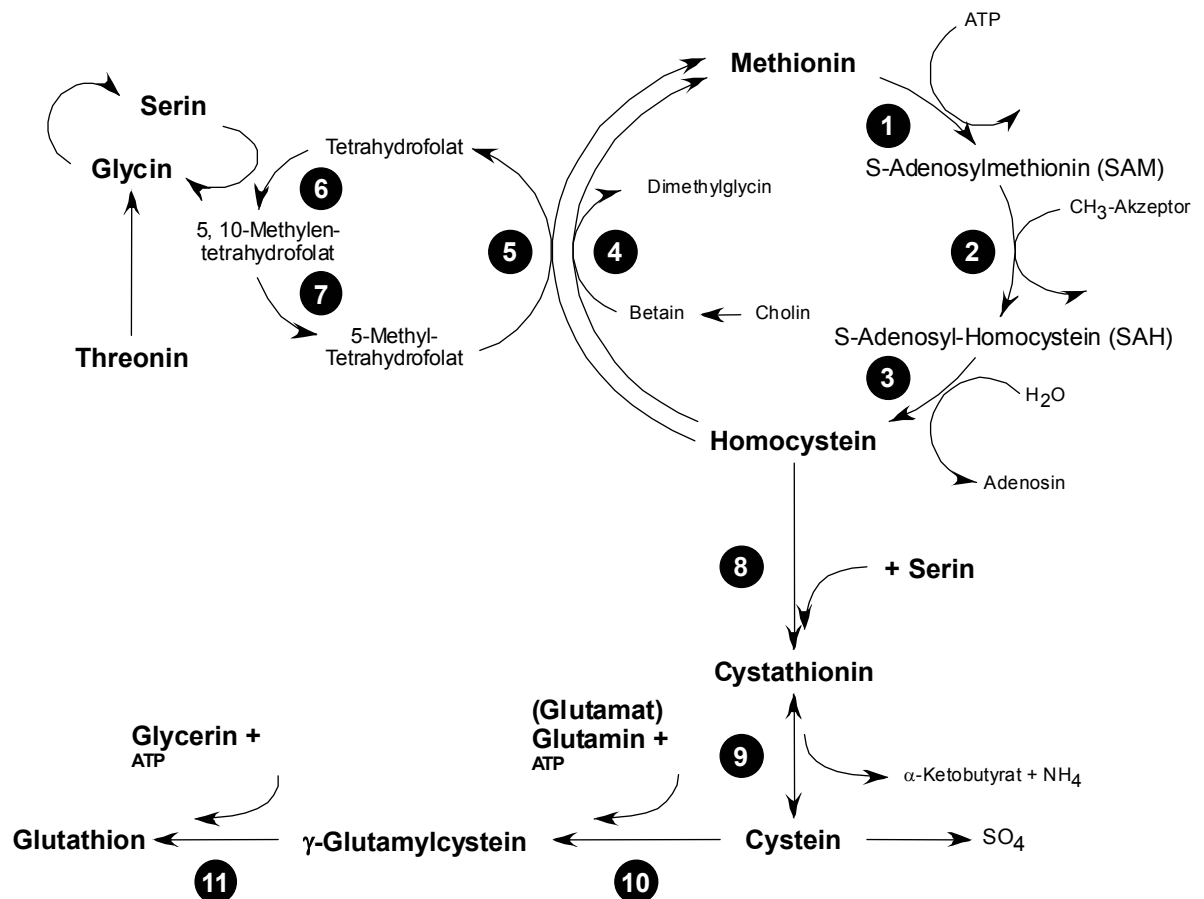
Die Mechanismen der gefäßschädigenden Wirkung von Homocystein sind vielfältig und werden hauptsächlich mit radikalbildenden Eigenschaften in Zusammenhang gebracht (Weiß et al., 1999). Erhöhte Hcy-Werte führen zur Adhäsion von Mastzellen an der Gefäßwand und leiten damit einen wichtigen Teilschritt in der Manifestierung arteriosklerotischer Gefäßveränderungen ein (Resch et al., 1995). Aus präventivmedizinischer Sicht wäre daher eine Reduzierung des Hcy-Spiegels wünschenswert (Weiß et al. 1999). Über die Gefäßveränderungen hinaus muss angenommen werden, dass Hcy allgemein auf zellulärem Niveau durch oxidative Schädigung und Folgereaktionen Enzyme, Strukturproteine, Membranlipide und Nucleinsäuren verändert und funktionell beeinträchtigt. Deswegen liegt eine Beziehung zwischen der beobachteten Zunahme des Hcy-Spiegels im Serum im höheren Lebensalter und den molekularen Alterungsprozessen auf zellulärer Ebene nahe (Resch et al., 1995; Joosten et al., 1993).

Hcy kann auf zwei verschiedenen metabolischen Stoffwechselwegen im menschlichen Organismus intrazellulär verstoffwechselt werden (Abbildung 2-5):

1. Remethylierung zu Methionin und
2. Transsulfurierung zu Cystein.

Hcy ist damit sowohl eine Vorstufe der schwefelhaltigen AS Methionin, als auch ein Zwischenprodukt bei der Synthese der schwefelhaltigen AS Cystein (Stryer, 1999). Der Hcy-Stoffwechsel ist von den Vitaminen B₆, B₁₂ und Folat sowie von der ständigen Verfügbarkeit von Serin und dessen Vorläufern Glycin und Threonin abhängig (Weiß, 2003).

Bei der **Remethylierung** wird Hcy zu Methionin rückverwandelt. Dies erfolgt durch die Vitamin-B₁₂-abhängige Methioninsynthase (**Reaktion 5**). 5-Methyl-Tetrahydrofolat wirkt bei dieser Reaktion als Methylgruppendonator (Stryer, 1999; Biesalski und Grimm 2002), welches eine Methylgruppe auf Cobalamin (Vitamin B₁₂) überträgt und zu Tetrahydrofolat wird. Hcy übernimmt die Methylgruppe vom methylierten Cobalamin, wodurch wieder Methionin entsteht. Die Umwandlung von Tetrahydrofolat zu 5,10-Methylen-Tetrahydrofolat (**Reaktion 6**) erfolgt mit Hilfe des Pyridoxalphosphat (PLP)-abhängigen Enzyms Serin-Transhydroxymethylase. Dabei überträgt Serin eine Methylgruppe auf das Tetrahydrofolat und wird zu Glycin abgebaut. Glycin kann durch die reversible Übernahme einer Hydroxymethylgruppe zurück in Serin überführt werden. Das entstandene 5,10-Methylen-Tetrahydrofolat wird durch das Enzym Methylen-Tetrahydrofolat-Reduktase zu 5-Methyl-Tetrahydrofolat reduziert (**Reaktion 7**) und steht der Remethylierung von Hcy erneut zur Verfügung (Löffler und Petrides, 2003).



- | | |
|--|--|
| 1. S-Adensyl-L-Methionin Synthetase = Methionin-Adenosyltransferase | 7. Methylen-Tetrahydrofolat Reduktase |
| 2. Transmethylierungsreaktionen | 8. Cystathionin β-Synthase, B ₆ anhängig |
| 3. S-Adenosyl-L-Homocystein-Hydrolase | 9. γ-Cystathionase = Cystathionin-γ-Lyase, B ₆ abhängig |
| 4. Betain-Homocystein Methyltransferase | 10. Glutamyl-Cystein-Synthetase |
| 5. Homocystein-Methyltransferase = Methionin- Synthase, B ₁₂ abhängig | 11. Glutathion-Synthetase |
| 6. Serin-Transhydroxymethylase, B ₆ abhängig | |

Abbildung 2-5: Das Methionin-Homocystein-Glutathion-System (modifiziert nach Löffler und Petrides, 2003; Resch et al., 1995)

Neben der Methionin-Synthase-Reaktion ist eine Methylbildung auch durch die Betain-Homocystein-Methyltransferase (**Reaktion 4**) möglich. Hierbei übernimmt Hcy die Methylgruppe vom Betain, welches ein Oxidationsprodukt von Cholin ist. Betain wird über Dimethylglycin und Monomethylglycin zu Glycin überführt (Karlson et al., 1994). Das bei der Remethylierung entstandene Methionin wird über den Stoffwechselweg der Transmethylierung erneut zu Hcy umgewandelt. Zunächst wird unter Verwendung von ATP mit Hilfe der Methionin-Aldenosyltransferase (**Reaktion 1**) S-Adenosyl-Methionin (SAM) gebildet. SAM fungiert als der wichtigste Methylgruppendonator im Zellstoffwechsel (Löffler und Petrides, 2003). Außerdem spielt es eine wichtige Rolle als ein allosterischer Hemmer der Methyl-Tetrahydrofolsäure und ein Aktivator der Cystathionin-β-Synthase. SAM ist auf diese Weise der Steuerungsmechanismus in beiden Abläufen, wohingegen Hcy als Kenngröße dient. Es steuert also die Umbaurichtung des Hcy in Richtung Methionin bzw.

Cystathionin (Resch, 1995). Durch die Methylgruppenabgabe bzw. Transmethylierungsreaktionen (**Reaktion 2**) entsteht S-Adenosyl-Homocystein (SAH), das durch hydrolytische Abspaltung des Adenosyl-Restes zu Homocystein wird (**Reaktion 3**). Je nach Methylgruppenbedarf kann Hcy zwischen 1,5 und 3,9 mal rezykliert werden, ehe es in den Abbauweg der Transsulfurierung eintritt (Selhub und Miller, 1992).

Beim Abbau von Hcy verliert dieses durch eine **Transsulfurierung** seine Sulfhydrylgruppe. Die Sulfhydrylgruppe von Hcy und die Hydroxylgruppe von Serin kondensieren unter Katalyse der Cystathionin- β -Synthase, eines PLP-Enzyms, zu Cystathionin (**Reaktion 8**), das dann desaminiert und durch ein weiteres PLP-Enzym, die Cystathionase, zu α -Ketoburatyrat und Cystein gespalten wird (**Reaktion 9**). Dieser Stoffwechselweg dient dazu, das nicht zum Methyltransfer benötigte toxische Hcy abzubauen (Resch et al., 1995). Cystein hat Redox-Eigenschaften und ist gleichzeitig der limitierende Schritt in der Synthese des wichtigsten antioxidativen Systems Glutathion (Lit. bei Weiß, 2003). Zur Glutathionsynthese wird schließlich eine Peptidbindung zwischen der Carboxylgruppe des Glutamats und der Aminogruppe des Cysteins gebildet (**Reaktion 10**); eine Reaktion, die unter Verwendung von ATP, von der Glutamyl-Cystein-Synthetase katalysiert wird. Es entsteht Glutamylcystein. Im letzten Schritt (**Reaktion 11**) kondensiert unter ATP-Verbrauch die Aminogruppe des Glycins mit der Carboxylgruppe des Glutamylcystein, so dass mit Hilfe der Glutathion-Synthetase schließlich die Umwandlung zu Glutathion erfolgt (Stryer, 1999).

Neben den Redox- und Entgiftungsfunktionen durch Glutathion hat das MHG-System vor allem Stoffwechsel-Bedeutung durch die Rolle des Methionins nach Aktivierung zum S-Adenosyl-Methionin (SAM) als Methylgruppendonator in der Synthese einer ganzen Reihe vital bedeutender Verbindungen wie Kreatin, Carnitin, Adrenalin/Noradrenalin, Cholin/Acetylcholin, Thymin (Lit. bei Weiß, 2003). Ein sehr großer Prozentsatz (je nach untersuchtem Kollektiv bis zu 60 %) älterer Menschen hat allerdings erniedrigte oder pathologisch niedrigere Plasma-Konzentrationen der für das MHG-System wichtigen Vitamine Vit. B₆, Vit. B₁₂ und/oder Folsäure (Joosten et al., 1993). Die Gründe dafür sind vielfältig; so spielen z.B. ein quantitativer und qualitativer Rückgang der Resorptionsleistung des Darms oder auch negative Auswirkungen von Medikamenten auf den Metabolismus der B-Vitamine eine wichtige Rolle (Resch et al., 1995). Berg et al. (1993) ist der Meinung, dass ein „normaler“ Plasma-Spiegel an B-Vitaminen bzw. Folsäure bei älteren Menschen nicht generell einen funktionellen Mangel ausschließt. Denn es wäre beim älteren Menschen z.B. denkbar, dass zwar eine normale oder erhöhte B₁₂-Konzentration im Blut vorhanden ist, gleichzeitig aber durch quantitative oder qualitative Veränderungen der B₁₂-Transportproteine der Transport ins Gewebe gestört ist (Selhub et al., 1993).

Glutathion

Glutathion ist ein Tripeptid mit einer Sulfhydrylgruppe. Es ist in praktisch allen Zellen vorhanden und liegt in besonders hoher Konzentration im Erythrozyten vor. Seine Halbwertszeit beträgt ca. 3-4 Tage (Löffler und Petrides, 2003). Glutathion wird für die Aufrechterhaltung der immunologischen Reaktivität verantwortlich gemacht (Stehle, 2000). Es ist an verschiedenen Entgiftungs-, Transport- und Stoffwechselprozessen beteiligt und spielt im Immunsystem eine bedeutsame Rolle (Weiß et al., 1999).

Beispiele sind:

- der Abbau von Peroxiden durch Glutathion-Peroxidase
- das Abfangen freier Radikale
- die Erhaltung der Sulfhydrylgruppen von Proteinen im korrekten Oxidationszustand
- der Abbau von Nahrungsbestandteilen und von potentiell schädlichen Moleküle wie z.B. Medikamenten, Pestiziden
- der AS-Transport.

Glutathion kann als eine Art Redox-Puffer angesehen werden. Es wechselt zwischen einer reduzierten Thiolform (GSH) und einer oxidierten Disulfidform (GSSG). Oxidiertes und reduziertes Glutathion bilden das Redox-System, bei dem die reduzierte Form zu ca. 98 % vorliegt. Das Verhältnis von GSH zu GSSG ist in den meisten Zellen größer als 1:500 (Stryer, 1999). Das Aufrechterhalten eines optimalen Verhältnisses ist für den Zustand der Zellen entscheidend. Daher ist eine strenge Regulation des Systems zwingend notwendig, denn ein Defizit von GSH erhöht die Gefahr eines oxidativen Schadens. Ein Ungleichgewicht von GSH und GSSG ist bei vielen Erkrankungen und beim Altern beobachtet worden (Townsend, 2003).

Freie Radikale werden für das Altern verantwortlich gemacht (Theorie der "freien Radikale"; Sohal und Weindruch, 1996). Glutathion schützt den Körper vor einer Schädigung durch freie Radikale, indem es sie abfängt und unschädlich macht. Die Glutathionperoxidase ist der wichtigste Bestandteil des antioxidativen Schutzsystems. Ihre besondere Bedeutung liegt in der Eliminierung und Reduzierung von Wasserstoffperoxid und organischen Peroxiden.

Die reaktive Komponente des Glutathions ist die Sulfhydrylgruppe des Cysteinrests. Die Sulfhydrylgruppen von zwei Glutathionmolekülen (GSH) können über die Glutathion-Peroxidase zu einer Disulfidbindung kondensieren, wobei ein Glutathion-Dimer (GSSG) entsteht ($\text{GSH} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{GSSG} + 2\text{H}_2\text{O}$). Dabei werden andere Moleküle reduziert oder Radikale unschädlich gemacht. Glutathion verhindert dadurch die Initiative und Propagierung von Radikalkettenreaktionen. GSH wird anschließend enzymatisch durch eine Glutathionreduktase, die mit NADPH/ H^+ als Elektronendonator aus dem Pentosephosphatweg arbeitet, regeneriert (Löffler und Petrides, 2003). Durch eine Vermehrung der oxidierten Form (GSSG) kann die SAM-Synthetase in ihrer Aktivität gestört werden, so dass der Übergang von Methionin zu SAM erheblich gebremst wird. Klinische Bedeutung hat dies insofern, als dass das Glutathion, welches, wie oben näher ausgeführt, eine wichtige Rolle bei der Entfernung toxischer Peroxide spielt, die sich im Laufe des Wachstums und im Metabolismus unter aeroben Bedingungen bilden (Stryer, 1999; Resch, 1995), nicht mehr in ausreichendem Maße zum Schutz der Zellen zur Verfügung gestellt werden kann.

Glutathion enthält in seinem aktiven Zentrum die seltene AS Selenocystein. Es ist wahrscheinlich, dass ein Selen-Mangel beim Menschen aufgrund mangelnder Selenocystein-Synthese zu einem abgeschwächten Schutz vor oxidativem Stress führt und damit eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber verschiedenen Folgekrankheiten bedingt (Löffler und Petrides, 2003).

Cystein

Die nicht essentielle, schwefelhaltige AS Cystein kann vom gesunden Erwachsenen in der Leber in ausreichenden Mengen gebildet werden. Darüber hinaus kommt sie in vielen über die Nahrung aufgenommen Proteinen vor (Fürst und Stehle, 2004). Bei der Cystein-Biosynthese stammt das Schwefelatom von Cystein aus Methionin; Serin stellt das Kohlenstoffskelett und die Aminogruppe. Da Methionin zu den essentiellen AS gehört, beeinflusst ein Mangel an dieser AS auch die Verfügbarkeit von Cystein (Löffler und Petrides, 2003). Cystein existiert im Organismus überwiegend in Disulfidform als freies Cystin oder an Proteine gebunden. Cystein ist ein wichtiger Baustein des Tripeptids Glutathion und dadurch an allen Redoxprozessen beteiligt (Fürst und Stehle, 2004). Der Abbau von Cystein erfolgt durch die Desulfurierung oder durch die Transaminierung und Schwefelübertragung. Die Produkte des Cystein-Abbaus sind Pyruvat, aus dem der Schwefel enzymatisch abgespalten werden kann (Karlson et al., 1996), und Sulfat, welches entweder nach Aktivierung für Sulfatübertragungen, z.B. für Entgiftungsreaktionen, genutzt oder in Begleitung von Kationen in den Urin ausgeschieden wird (Löffler und Petrides, 2003). Zusammen mit Cystin und Methionin ist Cystein für die organische Schwefelbindung im Organismus verantwortlich (Weicker und Strobel, 1994). Cystein ist darüber hinaus die Vorstufe von Cysteamin, das zusammen mit dem biogenen β -Alanin, welches aus Aspartat entstehen kann, für die Synthese des Co-Enzyms A wichtig ist (Weicker und Strobel, 1994). Cystein hat mehrere äußerst wichtige Funktionen im Körper. Es kann die toxischen Wirkungen von Medikamenten und Chemikalien verringern. Darüber hinaus trägt es zur Synthese der Zellmembranen ebenso wie zu ihrer Regeneration bei. Zusammen mit der Pantothersäure bewirkt Cystein die Bildung wichtiger Fettsäuren für die Zellwände und für Myelin. Es ist außerdem ein Teil der strukturellen Proteine des Bindegewebes.

Bei einigen Belastungen und Krankheiten kann ein erhöhter Bedarf an Cystein entstehen. Das gilt vor allem für alle Alternsprozesse, für chronische Krankheiten, für schwere Leberkrankheiten, für Atemwegserkrankungen, für Arthritis und allgemein für ein schwaches Immunsystem.

Methionin, Serin, Glycin, Threonin

Die essentielle AS Methionin spielt nicht nur als Proteinbaustein, sondern auch als wichtiger Methylgruppendonator bei der Proteinsynthese im Organismus eine wesentliche Rolle. Nach der Methionin-Aktivierung zu S-Adenosyl-Methionin (SAM) wird die Methylgruppe durch die Methyltransferase auf den jeweiligen Akzeptor übertragen (Weicker und Strobel, 1994) und steht für wichtige Syntheseprodukte wie z.B. Kreatin, Karnitin, Adrenalin/Noradrenalin, Cholin/Acetylcholin zur Verfügung. Nach Demethylierung kann Methionin über Hcy mit Hilfe von Serin zu Cystein metabolisiert und abgebaut (Weicker und Strobel, 1994) oder zu Methionin metabolisiert werden.

Die nicht-essentielle, glukoplastische AS Serin stellt eine Vorstufe von Glycin dar. Durch die Übertragung eines Kohlenstoffatoms auf Tetrahydrofolat entsteht Glycin. Da dieses eine reversible Reaktion ist, kann Serin wiederum auch aus Glycin synthetisiert werden (Stryer, 1999). Serin dient darüber hinaus auch als Vorstufe für weitere Biosynthesen wie z.B. von Cystein oder den Purinbasen. Glycin ist ebenfalls eine glukoplastische AS, die an zahlrei-

chen Stoffwechselprozessen, wie z.B. in der Glutathionsynthese, der Kreatinsynthese oder der Hämoglobinsynthese, dem Aufbau von DNS, RNS oder Kollagen, beteiligt ist (Spittler et al, 2004).

Die essentielle AS Threonin, die durch die PLP-abhängige Threoninaldolasereaktion zu Glycin und Acetaldehyd umgewandelt werden kann (Löffler und Petrides, 2003), kann dadurch indirekten Einfluss auf die Glycin- bzw. Serin-Verfügbarkeit haben.

2.3.4 Bedeutung der Proteine für die Energiebereitstellung unter Belastung

Eine Hauptaufgabe der Skelettmuskulatur ist es, die für die Bewegung jeglicher Art notwendige Kraft zur Verfügung zu stellen. Darüber hinaus hat sie auch eine bedeutende Stoffwechselfunktion, da sie den Hauptspeicher an Proteinen bzw. Aminosäuren darstellt (Rehner und Daniel, 2002). Wenn die Aminosäuren nach der Freisetzung aus Körperproteinen oder Nahrungseiweißen nicht zur erneuten Proteinsynthese oder zu anderen Funktionen, z.B. im Immunsystem, verwendet werden, können sie auch für den Energiestoffwechsel herangezogen werden. (Weicker und Strobel, 1994). Grundsätzlich spielen Eiweiße im Energiestoffwechsel unter Belastung eine eher untergeordnete Rolle, da hierfür besonders die Fette und Kohlenhydrate geeignet und zuständig sind. Wenn jedoch die endogenen Kohlenhydratdepots zur Neige gehen, wobei die kritische Grenze etwa bei einem Muskelglykogengehalt von 33-55 % liegt, muss der Skelettmuskel vermehrt Proteine zur Verbrennung bzw. zur Gluconeogenese heranziehen. Unter körperlicher Aktivität steigt dann die Umsatzrate der Proteine und ihre energetische Nutzung an. Bei den meisten, auch intensiven Kraftbelastungen, liegt der Beitrag der Aminosäuren bei einem gesunden jungen Menschen unter 5 % des Gesamtenergieumsatzes. Das liegt unter anderem daran, dass die „Verbrennungs“-Geschwindigkeit für die Eiweiße wesentlich geringer ist und damit viel weniger ATP pro Zeiteinheit bereitgestellt werden kann als bei der Nutzung von Kohlenhydraten. Das quantitative Ausmaß des Beitrags der Eiweiße zur Energiebereitstellung ist von verschiedenen Faktoren abhängig, wie z.B. Intensität und Dauer einer Belastung, Verfügbarkeit von anderen Brennstoffen für die Muskulatur (Williams, 1997), Gesundheitszustand und Körperzusammensetzung des Trainierenden.

2.3.4.1 Die Biosynthese von Kreatin und das ATP-Kreatinphosphat-System

Kreatin wird im menschlichen Organismus aus den drei AS Arginin, Glycin und Methionin gebildet. Bei der Biosynthese von Kreatin wird zunächst die Guanidinogruppe des Arginin auf das Glycin übertragen (Abbildung 2-6). Das entstandene Guanidinoacetat wird methyliert und zu Kreatin umgewandelt. Als Methylgruppendonator fungiert S-Adenosyl-Methionin (SAM), welches ein Zwischenprodukt im MHG-System ist. An dieser Stelle kommt es zu einer Verknüpfung des MHG-Systems mit dem Kreatin-Stoffwechsel (Rauh et al., 2001).

Das für das **ATP-Kreatinphosphat (AK)-System** notwendige Kreatin wird hauptsächlich in der Leber, der Niere und dem Pankreas aus Glycin und Arginin synthetisiert. Im Skelettmuskel selbst ist die Synthese nicht möglich (Stehle, 2004). Endogen bereitgestelltes Kreatin wird durch die exogene Zufuhr mit der Nahrung ergänzt.

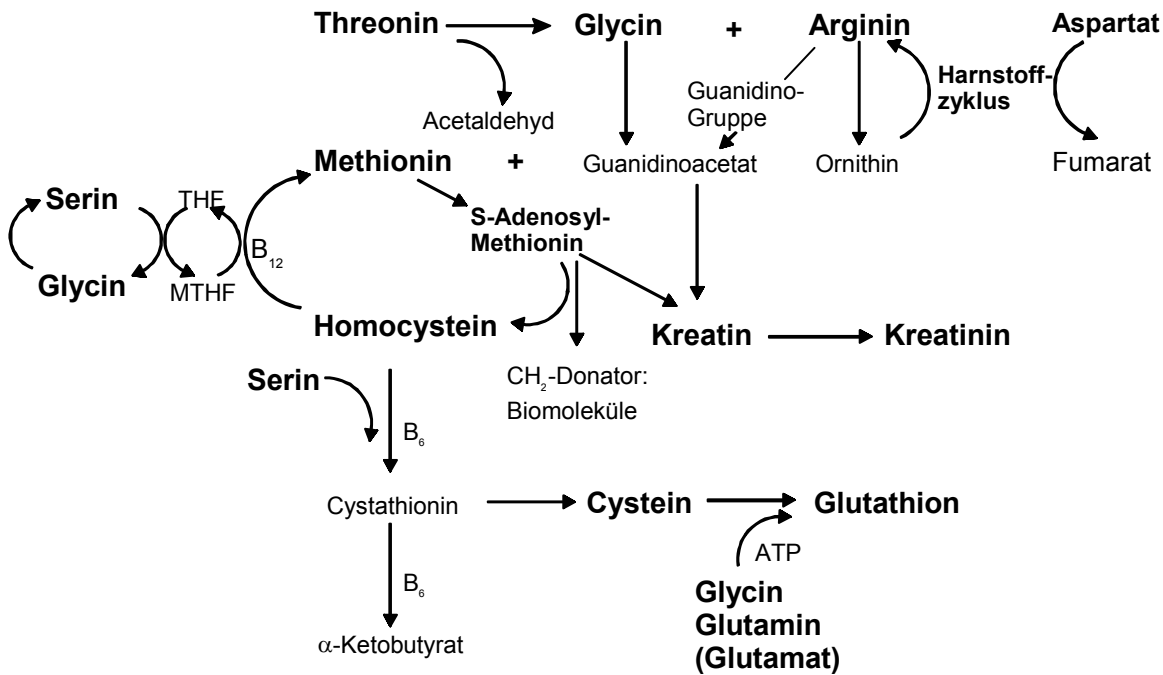


Abbildung 2-6: Die Biosynthese von Kreatin (Weiß et al., 1999)
 THF= Tetrahydrofolat, MTHF= Methyltetrahydrofolat

Das Kreatin, das bei der Muskelkontraktion verbraucht wird, wird über den Blutstrom ersetzt. Durch die mitochondriale Kreatinkinase wird das Kreatin unter Verbrauch von ATP zu Kreatinphosphat (KP) phosphoryliert. ATP und KP bilden das System der energiereichen Phosphate, das für jede Form der Energiebereitstellung von Bedeutung ist, vor allem aber für sehr kurze und hochintensive Belastungen genutzt wird, wie beispielsweise beim Krafttraining oder beim Sprung, beim Wurf oder beim Sprint. KP wird nur in kleinen Mengen in der Muskulatur gespeichert und dient der schnellen Resynthese von ATP. Im arbeitenden Muskel bleibt so der ATP-Spiegel weitgehend konstant, während der KP-Spiegel abfällt (Löffler und Petrides, 2003). Bei maximaler Belastung ist diese Energiereserve bereits nach ca. 5-6 Sekunden erschöpft. Die Kreatinkinase katalysiert die Übertragung einer Phosphorylgruppe von KP auf ADP, wobei ATP und Kreatin entsteht (Stryer, 1999). In der Erholungsphase erfolgt unter ATP-Verbrauch eine zügige Rephosphorylierung des Kreatins zu KP.

Kreatinkinase-Reaktion: Kreatinphosphat (KP) + ADP \rightleftharpoons Kreatin + ATP

2.3.4.2 Der Glucose-Alanin-Zyklus

Alanin ist zusammen mit Glutamin die AS, die im Muskel und im Plasma die höchste Konzentration besitzt. Neben seiner bevorzugten Stellung als Proteinbaustein spielt Alanin vor allem bei der Glukoneogenese als wichtigste Glukosevorstufe eine wesentliche Rolle (Weicker und Strobel, 1994). Die Glucose-Remetabolisierung aus Alanin in der Leber wird als „**Glucose-Alanin-Zyklus**“ (siehe Abbildung 2-7) bezeichnet. Alanin wird dabei aus Pyruvat und einer NH_2 -Gruppe, welche beim Abbau der verzweigtkettigen AS Leucin, Isoleucin und Valin entstehen, im Muskel gebildet. Die Abbauwege von Valin, Leucin und Isoleucin sind sich sehr ähnlich und weisen mehrere gemeinsame enzymatische Reaktionen auf. Ihre End-

produkte sind entweder direkt (Alpha-Ketosäure) oder nach Umwandlung (Glucose-Alanin-Zyklus) vom Citratzyklus verwertbare Metaboliten (Rehner und Daniel, 2002).

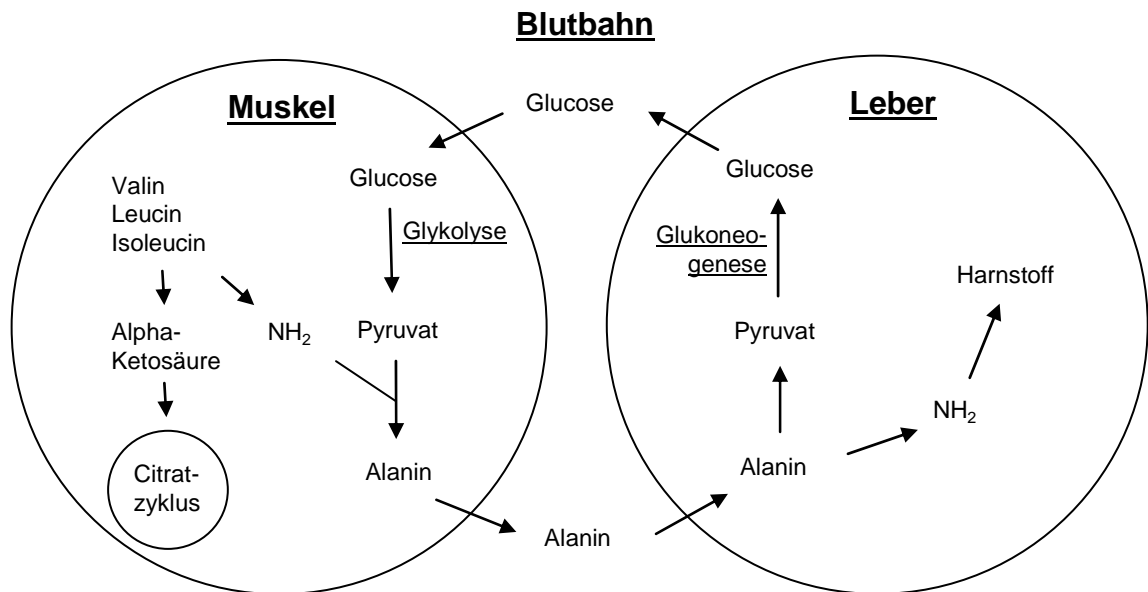


Abbildung 2-7: Glucose-Alanin-Zyklus (modifiziert nach Williams, 1997)

Das neu entstandene Alanin wird von der Muskulatur in die Blutbahn abgegeben und zur Leber transportiert. Hier wird durch umgekehrte Transaminierung Alanin zu Pyruvat umgewandelt und im Stoffwechselprozess der Glukoneogenese zu Glucose remetabolisiert, während die freigesetzte Aminogruppe zu Harnstoffbildung verwendet wird (Löffler und Petrides, 2003). Die neu entstandene Glucose wird ihrerseits wieder ans Blut abgegeben. Sie gelangt zum arbeitenden Muskel zurück. Über den Stoffwechselprozess der Glykolyse wird Glucose wieder zu Pyruvat abgebaut. Durch die Transaminierung des Pyruvat entsteht schließlich wieder Alanin (Stryer, 1999). Der Glucose-Alanin-Zyklus dient zum einen dem Abtransport von Ammoniak (NH_3) aus dem Muskel zur Leber (Karlson et al., 1996) und zum anderen vor allem bei Ausdauerbelastungen der Energieversorgung des Muskels. Bei den kurzen Belastungsphasen wie im Krafttraining, auch bei der Summation mehrerer Trainingseinheiten und bei Einhaltung entsprechender Pausen, ist die Bedeutung der Proteine sowohl für die oxidative Energiebereitstellung als auch für die Aufrechterhaltung der Glucose-Homöostase durch die glukoneogenetische Glucoseproduktion in der Leber aus glukogenen Aminosäuren bei gesunden, jungen Menschen eher gering (Weicker und Strobel, 1994). Bei Glykogenverarmung, wie z.B. bei hochbetagten multimorbiden Menschen, kann dieser Zyklus jedoch bei Belastungen mit hoher metabolischer Beanspruchung die Einschleusung von AS in den oxidativen Stoffwechsel fördern (Hollmann und Hettinger, 2000).

2.3.5 Die Verknüpfung des Methionin-Homocystein-Glutathion-Systems mit der Kreatinsynthese

Körperliche Aktivität stellt für den Organismus generell eine akute Belastung dar und führt zu einer Erhöhung des Stoffwechsels. Als direkte Energiequelle für die Muskelkontraktion dient

dabei ATP. Der ATP-Vorrat in der Muskelzelle ist allerdings sehr gering, so dass er nur für Sekundenbruchteile reicht. Um weitere Muskellarbeit zu gewährleisten, wird das ATP in extrem hoher Geschwindigkeit durch den zellulären Kreatinphosphat-Speicher resynthetisiert (ATP-Kreatinphosphat-System). Auch dieser Speicher ist in der Muskulatur nur sehr begrenzt. Die Größenmenge wird vom Muskelfasertyp - die FT-Fasern der Muskulatur haben einen höheren Kreatingehalt als die ST-Fasern -, vom Alter, vom Geschlecht, von der Ernährung, von verschiedenen Erkrankungen und vom Trainingszustand beeinflusst (Engelhard et al., 1998). Das Kreatin, das zur Energiebereitstellung permanent gebraucht wird, wird zusätzlich zur exogenen Zufuhr mit der Nahrung, endogen in der Leber und den Nieren aus Glycin und Arginin synthetisiert. Als Methylgruppendonator fungiert dabei Methionin bzw. S-Adenosyl-Methionin (SAM), welches ein Zwischenprodukt im MHG-System ist. An dieser Stelle kommt es zu einer Verknüpfung der Kreatinsynthese mit dem MHG-System (Rauh et al., 2001, Sen, 1999). Daher sind bei körperlicher Belastung, zumindest theoretisch, Homocystein-Veränderungen im Plasma wahrscheinlich (Weiß et al, 1999).

Neben der Schnittstelle über die Kreatinsynthese für das ATP-Kreatinphosphat-System ist der Belastungsstoffwechsel außerdem noch über den möglichen Verbrauch glukoplastischer AS für die Energiegewinnung mit dem MHG-Stoffwechsel verbunden, an dessen Ende die Synthese von Glutathion, steht. Das Redoxsystem Glutathion-Glutathiondisulfid (GSH-GSSG) gilt als eines der wichtigsten endogenen antioxidativen Systeme (Ji, 1998). Der arbeitende Muskel liefert Vorläufer für die Synthese des bedeutsam erachteten Glutathions. Daher ist das MHG-System eines der wichtigsten Stoffwechselsysteme für die Gesunderhaltung, und die Erhaltung bzw. der Aufbau der stoffwechselaktiven Muskelmasse eine wichtige präventive Maßnahme und Voraussetzung für Lebensqualität im Alter.

2.3.6 Für den Muskelstoffwechsel bedeutsame Aminosäuren und Aminosäurengruppen

Der Bedarf an Proteinen und einzelnen AS ändert sich mit dem Alter. Bei Kindern und Jugendlichen wird der Bedarf an Proteinen auf das Wachstum bezogen. Er wird mit zunehmendem Alter geringer und ist beim älteren Menschen entsprechend gering. Exakte Werte liegen nicht vor. Ab dem 25. Lebensjahr verliert der Mensch Gewebesubstanz und damit Protein (Löffler und Petrides, 2003). Aus klinischen Studien ist allerdings bekannt, dass sich in bestimmten klinischen Situationen der Bedarf an einzelnen Aminosäuren krankheitsbedingt verändert bzw. für weitere Aminosäuren Bedarf besteht (Fürst und Stehle, 2004). Da sich die vorliegende Arbeit im Wesentlichen mit dem Aminosäurenstoffwechsel in der Muskulatur beschäftigt, sollen hier nur die für den Muskelstoffwechsel bedeutsamen AS und Aminosäurengruppen aufgeführt und beschrieben werden.

Mit einem Mengenanteil von 20 % ist **Glutamin**, das Säureamid von Glutamat, Hauptbestandteil des Pools an freien AS im Blutplasma und besitzt auch im freien AS-Pool der Muskulatur die höchste Konzentration (Fürst, 1999). Die Gesamtkonzentration an AS beträgt im Muskel ca. 35 mmol/l intrazelluläres Wasser, freies Glutamin erreicht dabei mit 19,5 % mmol/l Intrazellulärwasser mehr als 50 %. Es wird neben Alanin in überproportional hohen Mengen aus dem Muskel freigesetzt. Glutamin ist eine glukogene AS, die bevorzugt

in der Glukoneogenese der Niere, wie auch in der Leber metabolisiert wird (Weicker und Strobel, 1994). Glutamin entsteht hauptsächlich aus Glutamat und Aspartat. Zusammen mit Cystein und Serin ist Glutamin außerdem ein Ausgangsstoff für die Bildung von Glutathion.

Unter physiologischen Bedingungen sind praktisch alle Gewebe in der Lage, Glutamin zu synthetisieren bzw. abzubauen. Beide Vorgänge laufen jedoch in unterschiedlichen Kompartimenten der Zelle ab. Das für die Synthese aus Glutaminsäure zuständige Enzym Glutaminsynthetase findet sich im Cytosol; die Glutaminasereaktion als initialer Schritt des Glutaminabbaus ist dagegen im Mitochondrium lokalisiert (Fürst, 1999). Glutamin stellt nicht nur einen Baustein für die Proteinsynthese dar, sondern spielt als Zwischenprodukt in einer Vielzahl von Stoffwechselwegen eine wichtige Rolle (Fürst, 1999). Seine Funktionen im intermediären Stoffwechsel können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- 1.) **Regulator für die Muskelproteinsynthese und –proteolyse**
Glutamin wird im Muskel synthetisiert und ist ein mitentscheidender Regulator der Muskelproteinbilanz. Zwischen dem Glutamingehalt des Muskels und der Proteinsyntheserate besteht eine auffallende direkte Korrelation (Fürst, 1999). Verzweigtkettige AS hemmen z.B. einen spezifischen Membrantransporter für Glutamin im Skelettmuskel. Dadurch ist die freie Diffusion des Glutamins über die Muskelfasermembran eingeschränkt. Die daraus resultierende Erhöhung des intrazellulären Glutamingehalts könnte ein Signal für die Muskelproteinsynthese darstellen (Biesalski und Grimm, 2001).
- 2.) **Vehikel für den Transfer von Stickstoff zwischen den Organen**
Glutamin ist quantitativ die wichtigste nicht essentielle Stickstoffquelle des Körpers. Es spielt eine wesentliche Rolle beim Transport von Kohlen- und Stickstoffgerüsten zwischen den einzelnen Organen, d.h. von Gehirn und Muskulatur zu Niere, Leber und Mukosa des Gastrointestinaltraktes (Löffler und Petrides, 2003). Überschüssige Aminogruppen werden z.B. von Glutamin aus der Muskulatur transportiert und dann über den Urin ausgeschieden (Williams, 1997).
- 3.) **wichtiges Substrat für die Ammoniakentgiftung**
Durch oxidative Desaminierung von AS im AS-Stoffwechsel entsteht Ammoniak. Da das Ammoniak schon in verhältnismäßig niedrigen Konzentrationen als Zellgift wirkt, ist eine Umwandlung in andere Verbindungen nötig. Durch die Bildung von Glutamin - dabei wird Glutamat vermehrt durch Ammoniak über die Glutaminsynthetase aminiert (Löffler und Petrides, 2003) - kann überschüssiges Ammoniak entgiftet und über den Harnstoff im Urin ausgeschieden werden (Karlson et al., 1996).

Unter Belastung steigt die Glutaminkonzentration an. Bei anaeroben Kurzzeitbelastungen (Krafttraining) ist die Glutaminzunahme vorwiegend auf das Ammoniak zurückzuführen, das durch die Desaminierung von Adenosinmonophosphat (AMP) durch die AMP-Desaminase im Purinnukleotidzyklus gebildet wird, das in den Typ-II-/Fast-Twitch-Fasern seine höchste Aktivität besitzt (Weicker und Strobel, 1994).

- 4.) **wichtiges Substrat für das Immunsystem**
Glutamin ist ein wichtiges Bindeglied zwischen Muskelmasse und Immunsystem. Der

Muskel fungiert dabei als wichtigstes Glutaminreservoir des Organismus. Bei der Proteinsynthese und Regeneration zahlreicher Zellen, besonders von Lymphozyten in der zellulären Immunreaktion und Mukosazellen des Darms, wird Glutamin benötigt (Weicker und Strobel, 1994). Da Glutamin für alle sich schnell vermehrenden Zellen, vor allem die Immunzellen, ein wichtiges Energiesubstrat darstellt (Williams, 1997), könnte eine verringerte Glutaminverfügbarkeit eine bedeutende Rolle für die erhöhte Infektanfälligkeit betagter, multimorbider Personen spielen.

- 5.) wesentlicher Vorläufer für die Synthese von Purinnukleotiden
In der Biosynthese der Purinnucleotiden dient Glutamin als wichtiger Stickstoffdonator (Karlson et al., 1996).

Viele Untersuchungen deuten darauf hin, dass bei chronischen Krankheiten, Traumen, intestinalen Störungen, Infektionen etc. der erhöhte Bedarf der glutaminverbrauchenden Organe nicht durch die endogene Synthese und Freisetzung von Glutamin aus dem Skelettmuskel gedeckt werden kann. Die Folge daraus ist eine Katabolie der Muskulatur (Fürst, 1999; Biesalski und Grimm, 2001).

Die saure AS **Glutamat** liegt intrazellulär in wesentlich höheren Konzentrationen vor als im Blutplasma. Der Konzentrationsunterschied liegt vor allem daran, dass Glutamat als eine der wichtigsten exzitatorischen Neurotransmitter nicht unkontrolliert aus den Zellen austritt, sondern wie an der Blut-Hirn-Schranke kontrolliert und reguliert wird (Weicker und Strobel, 1994). Der Aminostickstoff der verschiedenen AS kann grundsätzlich durch Transaminierungen in einzelnen AS gesammelt werden, von denen er, je nach Stoffwechsellage, für Biosynthesen wieder übernommen oder zwecks Ausscheidung zur Harnstoffbiosynthese herangezogen wird. Glutamat, Alanin und Aspartat bieten sich hierzu besonders an, weil ihr Kohlenstoffskelett in Form der zugehörigen α -Ketosäuren ständig im Stoffwechsel produziert wird (Löffler und Petrides, 2003). Glutamat (α -Aminoglutarat) nimmt dabei eine Schlüsselstellung ein. Es stellt die Drehscheibe des Aminostickstoff-Stoffwechsels dar, weil

- freies Ammoniak durch Fixierung mit α -Ketoglutarat Glutamat bilden kann.
- die Aminogruppe von Glutamat durch reversible Transaminierung (Alanin-Aminotransferase) auf die α -Ketosäure Pyruvat unter Bildung von Alanin, dem wesentlichen Transportstoff für Aminogruppen im Blutplasma, übertragen werden kann.
- die Aminogruppe von Glutamat durch reversible Transaminierung (Aspartat-Aminotransferase) auf die α -Ketosäure Oxalacetat unter Bildung von Aspartat übertragen werden kann, dessen Aminostickstoff für zahlreiche Biosynthesen und vor allem die Bildung von Harnstoff Verwendung findet. Das entstandene α -Ketoglutarat ist darüber hinaus geschwindigkeitsbestimmend für die Durchsatzrate im Citratzyklus.
- durch Fixierung von Ammoniak Glutamin gebildet wird (Glutamin-Synthesereaktion), welches ebenfalls als Aminogruppendonator bei verschiedenen Biosynthesen und beim Stickstofftransport im Blutplasma wirkt.

- überschüssiges Ammoniak durch Desaminierung aus Glutamat freigesetzt (Glutamat-Dehydrogenase) und zur Harnstoffbildung verwendet werden kann (Löffler und Petrides, 2003).

Während einzelne Organe die gesamte entsprechende Enzymausstattung für alle diese Prozesse besitzen, sind andere auf einzelne Funktionen spezialisiert, so dass sie zur metabolischen Integration von der Zusammenarbeit mit anderen Organen abhängig sind (Stryer, 1999). Der Glutamat-Zyklus ist außerdem die Drehscheibe für zahlreiche cytosolisch-mitochondriale Transporte, die an der Mitochondrienmembran ablaufen (Weicker und Strobel, 1994). Ferner dient Glutamat als Vorstufe des wichtigsten körpereigenen Redoxsystems, dem Tripeptid Glutathion.

Der Stoffwechsel der nicht essentiellen AS **Aspartat** steht in engem Zusammenhang mit dem Glutamat-Metabolismus. Der in Glutamat gesammelte Stickstoff wird durch reversible Transaminierung unter Bildung von Aspartat auf Oxalacetat übertragen (Löffler und Petrides, 2003). Aspartat übernimmt im Stoffwechsel verschiedene Aufgaben. So ist es Aminogruppendonor bei der Harnstoff- und Argininsynthese und für die Übertragung von Aminostickstoffen auf verschiedene α -Ketosäuren wichtig, aber auch für die Transaminierung und oxidative Desaminierung. Außerdem ist es an der Synthese von Adenosinmonophosphat (AMP) und Purinen beteiligt und spielt auch im Rahmen des Purin-Nucleotid-Zyklus eine bedeutende Rolle. Der Purin-Nucleotid-Zyklus reguliert die Konzentrationsverhältnisse von ATP, ADP und AMP, um eine ausreichende ATP-Synthese bei hohem Energiebedarf, z.B. beim Training, sicherzustellen (Graham et al., 1995). Durch den Aspartat-Zyklus werden eine Reihe cytosolisch-mitochondrialer Funktionen als kompartiment-überschreitender Shuttle-Mechanismen geregelt, z.B. Malat-Aspartat-Shuttle oder Aspartat- und Glutamatzyklus (Weicker und Strobel, 1994).

Durch die Aufnahme einer Aminogruppe von Glutamin kann aus Aspartat das Säureamid **Asparagin** entstehen. Asparagin ist wie Glutamin, Glutamat und Aspartat für die Übertragung von Aminostickstoff auf verschiedene α -Ketosäuren, für die Transaminierung und die oxidative Desaminierung wichtig. Auch an der Harnstoff-, an der Purinsynthese sowie an der Bildung der für das Immunsystem wichtigen Glykoproteine ist Asparagin beteiligt (Karlson et al., 1996; Weicker und Strobel, 1994).

Valin, Leucin und Isoleucin sind essentielle, neutrale AS mit verzweigten Seitenketten. Diese „verzweigtkettigen Aminosäuren“ werden in der englischsprachigen Literatur „Branched Chain Amino Acids“ (BCAA) genannt. Leucin ist die wichtigste ketoplastische AS, wohingegen Isoleucin und Valin nur fakultativ ketoplastisch sind und auch zur Glukoneogenese heran gezogen werden können. Im Allgemeinen ist der Endabbau aller AS auf die Leber konzentriert. Lediglich die Gruppe der verzweigtkettigen AS bildet dabei eine Ausnahme. Nach Zufuhr mit der Nahrung werden sie unter Umgehung einer Metabolisierung in der Leber direkt an die peripheren Organe, wie z.B. Muskulatur und Niere, abgegeben, wo sie bevorzugt metabolisiert werden (Weicker und Strobel, 1994). Im Gehirn konkurrieren sie mit den Aminosäuren Tyrosin und Tryptophan um die Aufnahme. Die AS Valin, Leucin und Isoleucin zeigen große Gemeinsamkeiten im Abbau. Nach der Transaminierung in die entsprechende α -Ketosäure erfolgt eine oxidative Decarboxylierung zum CoA-Derivat (Stryer, 1999).

Die nächsten Schritte (Dehydrierung und Wasseranlagerung) sind denen der Fettsäureoxidation vergleichbar; die Tatsache, dass die Kohlenstoff-Ketten hier verzweigt sind, bedingt allerdings einige Abweichungen von der normalen β -Oxidation (Karlson, 1996). Die Endprodukte sind entweder direkt oder nach geringfügiger Umwandlung im Citratzyklus verwertbare Metaboliten. Sie tragen also, wenn auch in quantitativ unbedeutendem Maße, vor allem bei Kohlenhydrat-Substratmangel zur Energieversorgung des Muskels bei (Rehner und Daniel, 2002). Der Stoffwechsel der verzweigtkettigen AS (BCAA) übt darüber hinaus eine regulatorische Funktion für den Kohlenstofffluss im Citratzyklus aus und veranlasst eine vergrößerte Produktion von Glutamin. Eine Erhöhung des intrazellulären Glutamingehalts ist gleichbedeutend mit einem muskelaufbauenden (anabolen) Effekt (Hollmann und Hettinger, 2000).

Die verzweigtkettigen AS dienen auch als Stickstoffdonatoren für die Synthese von Alanin, Glutamin, Glutamat und Aspartat. Valin spielt zudem eine wichtige Rolle bei der Biosynthese von Pantothersäure und Penicillin und ist wichtig für die Nerven- und Muskelfunktionen. Bei starkem physischen Stress, beispielsweise bei (chronischen) Krankheiten, Verletzungen und Operationen, kann der Bedarf an den verzweigtkettigen Aminosäuren steigen. Sie werden dann schneller abgebaut, wobei auch die Protein-Reserven in den Muskeln aufgelöst werden können.

Die aromatische AS **Tyrosin** wird als nicht essentielle AS für gesunde Erwachsene eingestuft. Die endogene Biosynthese von Tyrosin erfolgt in der Leber über die Hydroxylierung von Phenylalanin. (Fürst und Stehle, 2004). Tyrosin kann genau wie Phenylalanin sowohl als glukoplastische als auch als ketoplastische AS im Stoffwechsel herangezogen werden. Es trägt über die Beteiligung am Hormonstoffwechsel und an der Synthese wichtiger körpereigener Proteine und Neurotransmitter zu vielen Funktionen im Körper bei und wird als Vorstufe von Melanin, Dopamin, der Schilddrüsenhormone und der Katecholamine benötigt (Karlson et al., 1996; Weicker und Strobel, 1994). Unter verschiedenen pathophysiologischen Situationen, wie z.B. bei Lebererkrankungen oder bei starkem Stress, beispielsweise durch Infektionen, Traumen oder chronische Erkrankungen, gilt Tyrosin jedoch als eine essentielle AS, was an der verminderten Aktivität des Enzyms Phenylalaninhydroxylase liegt (Fürst und Stehle, 2004). Ein Ansteigen der Plasma-Tyrosin-Konzentration wird in der Literatur mit katabolen Protein-Stoffwechselprozessen in Zusammenhang gebracht (Blomstrand et al., 1991).

Die essentielle AS **Tryptophan** ist ebenso sowohl keto- als auch glucoplastisch. Sie liegt zu 1-2 % in den meisten Proteinen vor, fehlt jedoch z.B. bei Kollagen und Insulin (Weicker und Strobel, 1994). 90 % des Tryptophans im Plasma ist an Albumin gebunden, nur 10 % liegt in freier Form vor (Jakeman, 1998). Tryptophan spielt eine wesentliche Rolle im Leberstoffwechsel und ist Ausgangsprodukt von biogenen Aminen wie Serotonin, Tryptamin und Melatonin, die Gewebshormone darstellen (Weicker und Strobel, 1994), außerdem dient es als Provitamin für die Synthese von Nicotinsäure, ein Vitamin des B-Komplexes (Löffler und Petrides, 2003). Der Tryptophan-Stoffwechsel ist auch für die Neurotransmitterfunktion des ZNS wesentlich (Weicker und Strobel, 1994). In der Sportmedizin wird das Verhältnis von Tryptophan zu den drei BCAA in Zusammenhang gebracht. Alle genannten AS benutzen den gleichen Carrier zum Überwinden der Blut-Hirn-Schranke. Bei Belastung werden

allerdings die BCAA bevorzugt im Energiestoffwechsel einbezogen. Dadurch sinkt ihre Konzentration im Plasma, und Tryptophan wird verstärkt ins Gehirn transportiert. Durch das vermehrte Angebot von Tryptophan kommt es zu einer gesteigerten Bildung des Neurotransmitters Serotonin, welches dämpfend auf das Zentralnervensystem wirkt und zur Ermüdung führt (Blomstrand et al., 1995).

Lysin ist eine essentielle ketogene AS, die metabolisch verhältnismäßig reaktionsträge ist. Nur bei hohem Angebot wird es zu Crotonyl-CoA abgebaut, wodurch der Anschluss an die β -Oxidation der Fettsäuren hergestellt ist (Karlson et al., 1996). Das aus der Hydroxylierung von Lysin entstehende Derivat ist Hydroxylysin, ein Bestandteil des Kollagens (Löffler und Petrides, 2003; Weicker & Strobel, 1994). Lysin hat viele Funktionen im Körper: So trägt es zur Gewebereparatur und zur Bildung von Enzymen und Hormonen bei; es hält die Stickstoffbalance im Körper aufrecht und spielt eine wichtige Rolle im Immunsystem. Bei einem Mangel an Lysin können alle vom Lysin abhängigen Funktionen im Körper gestört sein.

Histidin gilt für Erwachsene als nicht essentielle AS, für Kinder in der Wachstumsphase und für Menschen mit chronischem Nierenversagen jedoch als essentiell. Beim Abbau von Histidin wird in mehreren Reaktionsschritten nach Übertragung der Formimino-Gruppe schließlich Glutamat gebildet (Karlson et al., 1996). Durch Decarboxylierung von Histidin entsteht das biogene Amin Histamin, welches als Mediators substanz bei allergischen Reaktionen eine Rolle spielt (Weicker und Strobel, 1994). Histidin ist an der Synthese von Hämoglobin beteiligt und trägt zu einem gut funktionierenden Immunsystem bei, da es außerdem die Aktivität der Leukozyten unterstützt. Es kann entzündungshemmend und antioxidativ wirken. Histidin ist darüber hinaus ein struktureller Teil verschiedener Enzyme, die am Stoffwechsel von Kohlenhydraten, Proteinen und Nukleinsäuren beteiligt sind. Es dient dabei als eine wichtige Quelle für Kohlenatome bei der Bildung von Purinen, die wiederum dazu beitragen, Nuklein- und Harnsäuren zu generieren. Die AS 3-Methylhistidin, die nach Synthese der Myofilamente durch Methylierung von Histidin entsteht, eignet sich als Marker zur Überprüfung der Muskeldegradation, da sie nicht metabolisiert wird (Weicker und Strobel, 1994). Besonders Menschen mit bestimmten Formen der Anämie, bei rheumatoider Arthritis, stärkeren Stressbelastungen und chronischen Erkrankungen, vor allem bei chronischem Nierenversagen, haben einen erhöhten Bedarf an Histidin.

2.4 Beeinflussbarkeit durch Training

In diesem Kapitel wurden Theorien über mögliche Mechanismen der Alternsprozesse vorgestellt. Der Mensch unterliegt altersassoziierten Veränderungen unterschiedlichster Art. Eine dieser altersassoziierten Veränderungen ist die Sarkopenie, der Verlust von Muskelmasse und Muskelqualität. Die Folgen davon sind ein erhöhtes Morbiditäts- und Mortalitätsrisiko und eine reduzierte Lebensqualität durch funktionelle Einschränkungen, die die Alltagsmobilität alter Menschen gefährden. Es konnte gezeigt werden, dass das Phänomen der Sarkopenie durch viele Faktoren beeinflusst wird und beeinflussbar ist. Empirische Untersuchungen zur Trainierbarkeit älterer Menschen zeigen jedoch, dass sich keine andere Intervention als

so effizient wie Krafttraining gegen die Entwicklung und den negativen Verlauf der Sarkopenie erwiesen hat (Doherty 2003).

Die Muskulatur hat einen erheblichen Einfluss auf den Kohlenhydrat-, Fett- und Proteinstoffwechsel. Vermehrte Bewegung durch Training und eine daraus resultierende größere Muskelmasse gehen mit einem höheren Energiebedarf einher und steigern somit den Appetit, die aufgenommene Nahrungsmenge und daher auch die Nährstoffzufuhr. Bei adäquater Nahrungsaufnahme und Nährstoffzufuhr kann ein regelmäßiges Krafttraining, in der richtigen Intensität durchgeführt, vielfältige Anpassungsvorgänge im Organismus bewirken, die ein höheres Kraftniveau ermöglichen. Beispiele wie ein verändertes Innervationsmuster der Muskelfasern, eine Änderung der Aktivität von Enzymen des Energiestoffwechsels, eine Zunahme von Kapillardichte und muskulärer Substratspeicher zeigen Adaptationsprozesse, welche die körperliche Leistungsfähigkeit insgesamt verbessern. Außerdem werden diese Prozesse durch wichtige Faktoren ergänzt, wie z.B. durch die Hochregulierung verschiedener protektiver Mechanismen, die zur Toleranzentwicklung gegenüber Einflüssen von physischem Stress führen (Nies et al., 2002). Eine wesentliche Rolle spielen dabei vor allem trainingsbedingte Anpassungsprozesse im Bereich der antioxidativen Schutzsysteme. Durch ein regelmäßiges Krafttraining soll der Muskelstoffwechsel erhöht und das Methionin-Homocystein-Glutathion-System (MHG-System), welches auch als Methylgruppendonator in der Synthese für Kreatin fungiert, angeregt werden. Eine dadurch höhere Glutathion-Verfügbarkeit führt zu einem besseren antioxidativen Schutz des Körpers vor einer Schädigung durch freie Radikale.

Sowohl bei den Alternstheorien, speziell der Theorie der freien Radikale, als auch bei den Faktoren, die die Sarkopenie beeinflussen, wurden der oxidative Stress und die daraus resultierende Schädigung der Proteine bereits beschrieben. Aminosäuren spielen eine große Rolle bei der Abwehr des oxidativen Stresses durch das antioxidative Glutathion-System. Aufgrund einer bei alten Menschen niedrigen Plasma-Konzentration der für das MHG-System wichtigen B-Vitamine und Folsäure kann es zu einer reduzierten Leistungsfähigkeit des MHG-Systems kommen. Die Folge ist eine eingeschränkte Abwehr freier Radikale und eine reduzierte Aktivität als Methylgruppendonator in der Synthese einer ganzen Reihe vital bedeutender Verbindungen wie z.B. Kreatin, Adrenalin/Noradrenalin, Cholin/Acetylcholin. Aminosäuren sind darüber hinaus in unterschiedlicher Form an allen wichtigen Prozessen des Organismus beteiligt. Daher führt eine negative Netto-Muskelprotein-Balance, wie sie bei alten Menschen häufig aufgrund von mangelhafter Nährstoff- und Energieaufnahme und erhöhtem Aminosäurenverbrauch durch das Immunsystem (Multimorbidität) besteht, zu einer Beschleunigung der Sarkopenie. Auch bei den für den Muskelstoffwechsel bedeutsamen Aminosäuren und Aminosäuren-Gruppen konnten altersassoziierte Veränderungen gezeigt werden, die sich vielfältig negativ auf den Metabolismus der Muskulatur auswirken. Durch Krafttraining ist es möglich, den Muskelstoffwechsel anzuregen und den Muskel-Metabolismus positiv zu beeinflussen. Der arbeitende Muskel ist der wichtigste Glutaminlieferant. Durch die erhöhte Glutaminabgabe aus der trainierten Muskulatur wird das Immunsystem und damit die Widerstandsfähigkeit der Senioren gegenüber krankmachenden Einflüssen gestärkt. Auch Anpassungseffekte im Bereich von Bindegewebe und Knochen gehören zu den positiven Effekten eines regelmäßigen Krafttrainings.

Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde das Krafttrainingsprogramm PATRAS (Paderborner Trainingsprogramm für Senioren) entwickelt. Es enthält ein speziell für ältere Menschen konzipiertes, regelmäßiges Krafttraining, mittels Hypertrophietrainingsmethode, das der Sarkopenie aktiv entgegenwirkt durch Aufbau, Erhalt und Verbesserung der Muskelmasse und Muskelkraft. Zusätzlich zum Krafttraining ist bei älteren Menschen besonders ein Training der neuromuskulären Steuerungs- und Regulationsmechanismen in Form eines Koordinations- und Gleichgewichtstrainings von großer Wichtigkeit. Da mit zunehmendem Alter nicht nur die muskuläre, sondern auch die koordinative Leistungsfähigkeit abnimmt, was sich in neuronalen Abbau-Erscheinungen und im Nachlassen der Kraft und des Gleichgewichts äußert, soll durch ein Koordinations- und Gleichgewichtstraining die Alltagsmobilität der Teilnehmer verbessert und die selbständige Durchführung der Aktivitäten des täglichen Lebens erleichtert werden.

3 Beschreibung der PATRAS-Studie und der Methoden

3.1 Das PATRAS-Trainingsprogramm

3.1.1 Aufbau einer Trainingseinheit

Die Teilnehmer der Studie trainierten nach der Hypertrophie-Trainingsmethode 16 Wochen, 2x pro Woche dem Ausgangszustand angepasst, progressiv steigernd, Kraft und Geschicklichkeit. Die Belastungsintensität entsprach ca. 70-80 % der Maximalkraft. Um die Intensität der Belastung einzustufen, sollte das Trainingsgewicht entsprechend der Borg-Skala vom Teilnehmer als „schwer“ empfunden werden und die Zielmuskulatur nach zehnmaliger Wiederholung der jeweiligen Kräftigungsübung erschöpft sein. Von den Teilnehmern wurde wie bei Vincent et al. (2002) pro Übung nur ein Satz mit 10 Wiederholungen absolviert. Die Dauer einer Trainingseinheit betrug einschließlich kommunikativer und sozialer Anteile ca. 60 Minuten.

Als Organisationsform wurde der Stuhlkreis gewählt, da sowohl der Übungsleiter alle Teilnehmer sehen, als auch von allen gesehen werden konnte. So ließen sich vor allem kognitiv eingeschränkte Senioren gut in die Gruppe integrieren. Das Kräftigungstraining wurde mit zwei Übungsleitern durchgeführt. Der eine machte die Übungen vor und gab das Bewegungstempo an, der zweite kümmerte sich um die schwächeren Teilnehmer und gab ihnen gegebenenfalls Hilfestellung. Wurden Übungen im Stand durchgeführt, stand immer ein zweiter Stuhl hinter den Senioren, damit sie sich bei Unwohlsein oder anderen Beschwerden sofort hinsetzen konnten. Darüber hinaus gab der Stuhl ihnen zusätzliche Sicherheit bei der Durchführung der Übungen. Die Übungen wurden so gewählt, dass sie funktionell und alltagsnah und in den Senioreneinrichtungen von den Senioren selbständig, ohne großen Aufwand und ohne Hilfestellung durchgeführt werden konnten.

Jede Trainingseinheit wurde unterteilt in 4 große Segmente/Bestandteile:

1. Erwärmung,
2. Mobilisation/Koordination,
3. Kräftigung und
4. Spiele.

Zur körperlichen und kognitiven Vorbereitung auf die folgende Gymnastik (Erwärmung) begann die Trainingseinheit mit einem ca. 3 Minuten dauernden Lied/Marsch/Sitztanz, bei dem, durch unterschiedliche Bewegungsaufgaben für die Arme und Beine nicht nur das Rhythmusgefühl geschult, sondern auch die Koordination angesprochen wurde.

Im zweiten Teil des Trainings lag der Schwerpunkt auf der verstärkten Koordinationsschulung, der Mobilisation der Gelenke und der leichten Dehnung der Muskulatur. Auch Elemente der Körperwahrnehmung zogen sich durch dieses Segment. Denn zusätzlich zum Krafttrain-

ning ist bei älteren Menschen besonders ein Training der neuromuskulären Steuerungs- und Regulationsmechanismen in Form eines Koordinations- und Gleichgewichtstrainings notwendig, da mit zunehmendem Alter nicht nur die muskuläre, sondern auch die koordinative Leistungsfähigkeit abnimmt. Ursachen sind neuronale Abbau-Erscheinungen und das Nachlassen der Kraft und des Gleichgewichts. Bei der neuromotorischen Regulation kann besonders die Rekrutierung der motorischen Einheiten durch Training gefördert werden, da sowohl die Auswahl des stimulierten α -Motoneurons als auch die Intensität seiner Stimulation von den zentralen Impulsen abhängig ist. Koordinationstraining bewirkt deshalb eine verbesserte neuromotorische Stimulation bei der Erregungsbildung und eine ökonomischere metabolische Energiebereitstellung, wodurch die rekrutierten motorischen Einheiten länger arbeitsfähig bleiben. Es werden daher sowohl die intra- als auch die intermuskuläre Koordination verbessert. Bei der intramuskulären Koordination kommt es zu einer Verbesserung der Synchronisation der Muskelfasern, während sich bei der intermuskulären Koordination die Abstimmung der synergistisch und antagonistisch tätigen Muskeln verbessert. Koordinationstraining führt außerdem zu einer Steigerung der bioelektrischen Hirnaktivität. Je komplexer und komplizierter die Bewegung ist, desto mehr Gehirnareale werden zugeschaltet und verstärkt durchblutet. Kaum ein Training aktiviert das Gehirn so umfassend wie ein koordinatives Übungsprogramm. Durch entsprechende Übungsreize kann es somit auch zu einer Steigerung der Leistungsfähigkeit des Gehirns kommen (Weineck, 2000b).

Den größten zeitlichen Raum der Trainingseinheit nahm die Durchführung der Kräftigungsübungen ein, die den Schwerpunkt des gesamten Trainings bildeten. Deshalb werden die Krafttrainingsübungen in einem eigenen Kapitel „Die Kräftigungsübungen“ (siehe S. 43) ausführlich beschrieben. Durch das Kräftigungstraining sollte vor allem die Muskulatur angeregt und gekräftigt werden. Durch entsprechende Trainingsreize kann zusätzlich der Knochenstoffwechsel aktiviert, und durch eine erhöhte Knochenfestigkeit das Frakturrisiko langfristig reduziert werden.

Den Abschluss jeder Trainingseinheit bildete schließlich ein Spiel, welches der kognitiven und körperlichen Leistungsfähigkeit der Gruppenteilnehmer angepasst und gelegentlich gewechselt wurde. Die Hauptziele der Spiele waren vor allem die Verbesserung der Motivation, der Konzentration und der kognitiven Fähigkeiten der Teilnehmer. Darüber hinaus sollte der Spaß am gemeinsamen Sporttreiben bzw. Spielen vermittelt, die soziale Kontaktfreudigkeit wiederhergestellt und der Vereinsamung und Depression entgegen gewirkt werden. Kleine Erfolgserlebnisse, z.B. das selbständige Fangen und Werfen eines Balles, haben zusätzlich die Compliance zur Teilnahme am Training gestärkt.

3.1.2 Die Trainingsgeräte

Die Hand-Trainingsgeräte (Gewichtssäckchen)

Um in den Händen, Armen und dem Oberkörper Kraft aufbauen zu können, musste ein Trainingsgewicht (z.B. Hanteln) verwendet werden. Viele Senioren hatten jedoch große Hemmungen, Hanteln zu benutzen, wurden diese doch wegen der Assoziation zum Hochleistungssport als zu schwer antizipiert und deshalb unter Umständen abgelehnt.

Für das Trainingsprogramm wurden von der Autorin neue Hand-Trainingsgeräte entwickelt. Es handelt sich dabei um Stoffsäckchen, die mit unterschiedlich großen Stahlkugeln (\varnothing 5-10 mm) befüllt sind. Die Hand-Trainingsgeräte wurden in verschiedenen Gewichtsklassen (150 g, 250 g, 500 g, 750 g, 1000 g, 1250 g, 1500 g, 1750 g, 2000 g, 2250 g, 2500 g) hergestellt. Jede Gewichtsklasse hat eine andere Farbe.

Die neu entwickelten, flexiblen Hand-Trainingsgeräte weisen mehrere Vorzüge zu den handelsüblichen Hanteln auf:

1. sie reizen die Tiefensensibilität der Hände und der Hand- und Fingernerven;
2. sie können von jeder, auch der durch Krankheit deformierten Hand gehalten werden / passen sich jeder Handform an;
3. sie kräftigen dynamisch die Fingermuskulatur (bei Hanteln nur ein starres Festhalten);
4. sie verursachen keine schwereren Verletzungen, wenn sie aus der Hand auf Bein oder Fuß fallen;
5. sie haben einen hohen Aufforderungscharakter (zum einen durch den Stoff, zum anderen, weil es keine negativen Assoziationen dazu gibt);
6. sie sind günstig in der Herstellung / im Einkauf.

Fußmanschetten und sonstige Kleingeräte

Die Kräftigungsübungen für die unteren Extremitäten wurden mit "ALLPRO-Gewichtsmanschetten" der Firma Rölke Pharma (Hamburg) durchgeführt. Es handelt sich dabei um Fußgelenksmanschetten, die individuell in 250 Gramm-Schritten bis hin zu fünf Kilogramm bestückt werden können. Die Manschetten sind gepolstert, und die Gewichte abseits von den Knöcheln platziert, so dass sie den Trainierenden nicht behindern oder in seiner Bewegungsfreiheit einschränken.

Außerdem wurden in den Koordinations- und Spielsegmenten der Trainingseinheiten verschiedene handelsübliche Kleingeräte wie z.B. Schaumstoffbälle \varnothing 20 cm, Igelbälle, Tennisringe der Firma Thieme Sport benutzt.

3.1.3 Die Kräftigungsübungen

Das Kräftigungsprogramm besteht aus zwölf verschiedenen Übungen, die insgesamt eine Verbesserung der Muskelkraft zum Ziel haben. Dadurch können die Aktivitäten des täglichen Lebens leichter durchgeführt, die Mobilität verbessert und die Lebensqualität gesteigert werden. Im Folgenden sind die Übungen aufgelistet und anschließend einzeln näher beschrieben:

- Handkraft
- Bizeps
- Seitliche Schulterheber

- Schultern und oberer Rücken
- Armstrecker/-beuger
- Schulterpresse
- Kniestrecker/ vordere Oberschenkelmuskulatur
- Hüftabspreizer
- Hüftstrecker
- Hintere Oberschenkelmuskulatur
- Waden- und Schienbeinmuskulatur
- Hüftbeuger

Handkraft

Übungsbeschreibung: Die Übung ist in ihrem Aufbau dreigeteilt. Die Senioren sitzen mit aufrechter Körperhaltung auf einem Stuhl und haben in jeder Hand ein Gewichtssäckchen. Die Säckchen werden mit den Fingern intensiv durchgeknetet, so dass man die kleinen Kügelchen deutlich hören kann. Neben der Gewöhnung an das Gerät führt das Kneten zu einer vermehrten Durchblutung der Hände und Unterarme.

Im zweiten Teil der Übung wird die Feinmotorik verbessert. Jeder Teilnehmer soll jeweils mit der rechten und der linken Hand eine kleine Kugel des Gewichtssäckchens zunächst zwischen Daumen und Zeigefinger, dann nacheinander Daumen und Mittelfinger, Daumen und Ringfinger, Daumen und kleinem Finger, hin und her bewegen, so dass er sie an den Fingerkuppen deutlich spüren kann.

Im dritten Teil wird die Hand- und Unterarmmuskulatur gekräftigt. Dabei werden die Säckchen wie Schwämme mit einer Ausatmung möglichst fest zusammengedrückt und wieder locker gelassen. Diese Übung wird mit beiden Händen gleichzeitig durchgeführt und 10-mal wiederholt. Zwischen den Wiederholungen liegt eine kurze Pause.

Bizeps

Übungsbeschreibung: Die Senioren sitzen in aufrechter Körperhaltung mit möglichst geradem Rücken, die Schulterblätter nach hinten unten gezogen, ohne sich anzulehnen, auf einem Stuhl. In jeder Hand halten sie ein Gewichtssäckchen. Die Handflächen zeigen zur Decke. Die Oberarme, die locker seitlich am Rumpf herabhängen, und die Schultern bleiben während der Durchführung der Übung ruhig.

Die Arme werden im Ellenbogengelenk gebeugt. Gleichzeitig werden mit einer Ausatmung beide Hände, mit den Handflächen zuerst, in Richtung Schultern bewegt (die rechte Hand zur rechten Schulter, die linke Hand zur linken Schulter). Mit einer Einatmung werden die Hände langsam wieder in die Ausgangsposition zurück gebracht. Diese Übung wird 10-mal wiederholt. Zwischen den Wiederholungen liegt eine kurze Pause, um einmal tief durchatmen zu können.

Seitliche Schulterheber / Schultern

Übungsbeschreibung: Die Senioren sitzen in aufrechter Körperhaltung mit möglichst geradem Rücken, die Schulterblätter nach hinten unten gezogen, ohne sich anzulehnen, auf einem Stuhl. In jeder Hand halten sie ein Gewichtssäckchen. Die Arme hängen locker rechts und links am Rumpf herab. Die Handflächen zeigen zum Körper. Mit einer Ausatmung werden nun die Arme mit leicht gebeugten Ellenbogen seitlich nach oben in die Waagerechte geführt - die Handrücken zeigen nun zur Decke - und mit der Einatmung wieder langsam und kontrolliert zurück in die Ausgangsposition gebracht. Diese Übung wird mit beiden Armen gleichzeitig – oder auch nur mit einem Arm - durchgeführt und 10-mal wiederholt. Zwischen den Wiederholungen liegt jeweils eine kurze Pause.

Mögliche Probleme: Die Arme werden nach vorne und nicht seitlich des Rumpfes angehoben. Dadurch wird nicht die gewünschte Zielmuskulatur trainiert.

Schultern und oberer Rücken

Übungsbeschreibung: Die Senioren sitzen in aufrechter Körperhaltung mit möglichst geradem Rücken, die Schulterblätter nach hinten unten gezogen, ohne sich anzulehnen, auf einem Stuhl. In jeder Hand halten sie ein Gewichtssäckchen. Die Arme sind angewinkelt. Die Hände werden vor dem Brustbein gehalten, so dass sich die Finger leicht berühren und die Handrücken Richtung Decke zeigen. Hände und Ellenbogen werden ungefähr in Schulterhöhe gehalten. Beide Ellenbogen ziehen nun mit einer Ausatmung nach hinten, wobei die Schulterblätter zusammen gedrückt und das Brustbein nach vorne rausgeschoben wird. Gleichzeitig bewegen sich die Hände rumpfnah zur jeweiligen Körperseite. Die Gewichtssäckchen werden auf dem umgekehrten Weg wieder ruhig zurück in die Ausgangsposition geführt. Die Ellenbogen bleiben während der ganzen Übung gebeugt und bewegen sich in Schulterhöhe vor bzw. zurück. Diese Übung wird 10-mal wiederholt. Zwischen den Wiederholungen liegt jeweils eine kurze Pause.

Mögliche Probleme: Bei dieser Übung wird der Brustmuskel, der durch die häufig gebeugte Körperhaltung der Senioren zur Verkürzung neigt, besonders gedehnt. Das kann von den Teilnehmern als unangenehm empfunden werden.

Armstrecker/-beuger

Übungsbeschreibung: Die Senioren sitzen jeweils auf einem Stuhl, der Oberkörper ist vorgebeugt, so dass der rechte Ellenbogen auf dem rechten Oberschenkel abgelegt werden kann. Die linke Hand wird zum Fixieren auf den rechten Unterarm gelegt. In der rechten Hand befindet sich ein Gewichtssäckchen.

Im ersten Teil der Übung zeigt die Handfläche der rechten Hand Richtung Decke. Die Hand wird nun im Handgelenk gebeugt und so weit wie möglich langsam nach oben und nach unten bewegt. Der Unterarm bleibt dabei ruhig auf dem Oberschenkel liegen. Nach 10 Wiederholungen wird die Hand gedreht, so dass jetzt der Handrücken Richtung Decke zeigt. Wiederum wird das Gewichtssäckchen in der Hand mit 10 Wiederholungen maximal nach oben und unten bewegt. Im Anschluss daran wird die linke Hand trainiert.

Mögliche Probleme: Der Unterarm wird mit auf und ab bewegt statt ihn ruhig zu halten. Dadurch wird vor allem der m. biceps brachii, aber nicht die Armstrecker/-beuger trainiert. Einige Senioren haben Schwierigkeiten den Ellenbogen auf dem Oberschenkel abzulegen. Sie können stattdessen auch die Armlehne dazu benutzen.

Schulterpresse

Übungsbeschreibung: Die Senioren sitzen in aufrechter Körperhaltung mit möglichst geradem Rücken, die Schulterblätter nach hinten unten gezogen, ohne sich anzulehnen, auf einem Stuhl. In jeder Hand halten sie ein Gewichtssäckchen. Die Ellenbogen sind gebeugt, und die Hände werden mit den Handflächen nach vorne in Schulterhöhe gehalten. Mit einer Ausatmung werden beide Arme gleichzeitig so weit wie möglich nach oben Richtung Decke gestreckt, so dass sich die Gewichte im höchsten Punkt leicht berühren. Dabei dürfen sich die Handflächen zu keinem Zeitpunkt nach innen drehen. Auf dem umgekehrten Weg werden die Gewichtssäckchen langsam und kontrolliert in die Ausgangsposition zurück bewegt. Diese Übung wird 10-mal wiederholt.

Mögliche Probleme: Häufig ist die Beweglichkeit im Rücken und/oder in den Schultern schon soweit eingeschränkt, dass die Senioren es gar nicht schaffen, die Arme Richtung Decke zu strecken.

Kniestrecker/vordere Oberschenkelmuskulatur

Übungsbeschreibung: Die Senioren sitzen in aufrechter Körperhaltung mit möglichst geradem Rücken, die Schulterblätter nach hinten unten gezogen, ohne sich anzulehnen, auf einem Stuhl. Die Fußmanschetten sind oberhalb der Sprunggelenke an den Beinen befestigt. Beide Füße stehen auf dem Boden. Mit einer Ausatmung wird der linke Fuß so weit wie möglich nach vorne angehoben, bis das ganze Bein gestreckt ist. In der höchsten Position soll der Fuß gestreckt und wieder gebeugt werden. Anschließend wird er leise und kontrolliert wieder auf dem Boden abgesetzt. Diese Übung wird wechselseitig mit jeweils 10 Wiederholungen pro Fuß durchgeführt.

Mögliche Probleme: Die Senioren behalten bei der Übung nicht die aufrechte Sitzhaltung bei und weichen mit dem Rücken nach hinten aus.

Hüftabspreizer

Übungsbeschreibung: Die Senioren stehen mit möglichst aufrechter Körperhaltung jeweils hinter einem Stuhl und halten sich an der Stuhllehne fest. Die Fußmanschetten sind oberhalb der Sprunggelenke an den Beinen befestigt. Das Körpergewicht wird auf den linken Fuß verlagert. Dann wird das rechte, im Kniegelenk gestreckte Bein mit einer Ausatmung langsam zur Seite und wieder an den Körper heran bewegt. Die Taille darf dabei nicht gebeugt werden. Die Zehenspitzen zeigen während der gesamten Übung nach vorne.

Mit jeweils 10 Wiederholungen wird die Übung zunächst mit dem einen, dann mit dem anderen Bein durchgeführt.

Mögliche Probleme: Das Bein wird nicht zur Seite, sondern nach vorne gestreckt. Oder der Anstrengung dieser Übung wird durch eine Außenrotation des Beines ausgewichen.

Hüftstrecker

Übungsbeschreibung: Die Senioren stehen mit etwas Abstand jeweils hinter einem Stuhl und halten sich an der Stuhllehne fest. Der Oberkörper ist ein wenig nach vorne gebeugt, um eine Hohlkreuzbildung während der Übung zu vermeiden, und soll in seiner Position nicht verändert werden. Die Fußmanschetten sind oberhalb der Sprunggelenke an den Beinen befestigt. Das Körpergewicht wird auf den linken Fuß verlagert. Dann wird das rechte gestreckte Bein so weit wie möglich nach hinten geführt, ohne dabei das Kniegelenk zu beugen. Am entferntesten Punkt soll der Fuß gestreckt und wieder gebeugt werden, ehe er langsam auf dem umgekehrten Weg in seine Ausgangsposition zurück bewegt wird. Diese Übung wird wechselseitig mit 10 Wiederholungen pro Bein durchgeführt. Zwischen den Wiederholungen liegt eine kurze Pause.

Mögliche Probleme: Gerade den schwächeren Senioren fällt es sehr schwer, das Bein gestreckt nach hinten zu führen. Trotz Erinnerung ist bei fast allen eine leichte Beugung im Kniegelenk zu erkennen.

Hintere Oberschenkelmuskulatur

Übungsbeschreibung: Die Senioren stehen mit möglichst aufrechter Körperhaltung jeweils hinter einem Stuhl und halten sich an der Stuhllehne fest. Die Fußmanschetten sind oberhalb der Sprunggelenke an den Beinen befestigt. Das Körpergewicht wird auf den linken Fuß verlagert. Danach wird das rechte Knie gebeugt und der Fuß mit einer Ausatmung Richtung Gesäß angehoben. Die Oberschenkel bleiben dabei möglichst parallel zueinander. Auf dem umgekehrten Weg bewegt sich der Fuß langsam und kontrolliert wieder in die Ausgangsposition zurück. Diese Übung wird wechselseitig mit 10 Wiederholungen pro Bein durchgeführt.

Waden- und Schienbeinmuskulatur

Übungsbeschreibung: Die Senioren stehen mit möglichst aufrechter Körperhaltung jeweils hinter einem Stuhl und halten sich an der Stuhllehne fest. Die Fußmanschetten sind oberhalb der Sprunggelenke an den Beinen befestigt. Das Körpergewicht wird auf die Zehenspitzen (den Vorfuß) verlagert. Gleichzeitig drücken sich die Senioren hoch in den Hochzehenstand. Die Fersen lösen sich dabei vom Boden. Langsam und kontrolliert wird das Körpergewicht wieder bis in den normalen Stand abgesenkt. Das Körpergewicht wird nun nach hinten auf die Fersen verlagert und die Zehenspitzen werden aktiv hochgezogen. Durch die gleichmäßige Gewichtsverlagerung nach vorne und hinten soll eine fließende Bewegung entstehen. Diese Übung wird 10-mal wiederholt.

Mögliche Probleme: Bei der Gewichtsverlagerung auf die Fersen wird das Gesäß nach hinten rausgeschoben, damit der Fersenstand zustande kommt, statt eine aufrechte Körperhaltung beizubehalten. Darüber hinaus können nicht standfeste Stühle eine Gefahr darstellen, wenn die Senioren bei der Gewichtsverlagerung nach hinten an dem Stuhl ziehen und dieser nachgibt.

Hüftbeuger

Übungsbeschreibung: Die Senioren stehen mit möglichst aufrechter Körperhaltung jeweils zwischen zwei Stühlen und halten sich an den Stuhllehnen fest. Der Oberkörper bleibt wäh-

rend der Übung möglichst in aufrechter Position. Die Fußmanschetten sind oberhalb der Sprunggelenke an den Beinen befestigt. Das Körpergewicht wird auf das linke Bein verlagert. Mit einer Ausatmung wird das rechte Knie Richtung Brust hochgezogen bis der Oberschenkel waagerecht ist. Die Zehenspitzen werden dabei hochgezogen. Mit der Einatmung wird der Fuß langsam und leise wieder auf den Boden aufgesetzt. Diese Übung wird wechselseitig durchgeführt; pro Bein 10 Wiederholungen.

Mögliche Probleme: Senioren mit einem künstlichen Hüftgelenk dürfen das Bein nur maximal bis zur Waagerechten anheben.

3.2 Untersuchungsdesign

Bei der vorliegenden PATRAS-Studie handelt es sich um eine theoriegeleitete Feldbeobachtung mit einer Intervention. Die Intervention bestand aus einem zweimal wöchentlich, über 16 Wochen durchgeführten, Kräftigungstraining. Angestrebt wurde eine Kräftigung vor allem folgender Muskelgruppen: Fußextensoren, Knieflexoren und -extensoren, Hüftflexoren und -extensoren, Schultergürtel, Bizeps, Trizeps, Unterarm- und Handmuskulatur. Es wurden dabei ausschließlich freie Gewichte genutzt. Die Dauer einer Trainingseinheit betrug einschließlich kommunikativer und sozialer Anteile ca. 60 Minuten. Für jeden Teilnehmer wurden die Anwesenheit und Besonderheiten während des Trainings dokumentiert. Bereits zwei Wochen vor Studienbeginn begann das Training in Form einer Run-in-Phase, in der die Kräftigungsübungen demonstriert und ohne Gewichtsbelastung geübt wurden. Diese Trainingseinheiten hatten einen deutlich höheren kommunikativen Anteil und dauerten im Schnitt ca. 45 Minuten. An vier vorher festgelegten Zeitpunkten (T_1 =Woche 0, T_2 =Woche 4, T_3 =Woche 10, T_4 =Woche 16) erfolgten Datenerhebungen in Form von Befragungen bezüglich des Gesundheitszustandes, der Beweglichkeit und Mobilität, des Ernährungszustandes und der allgemeinen Befindlichkeit, Blutentnahmen zur Messung biologischer Parameter und motorische und funktionelle Tests gemäß folgendem Untersuchungsdesign (Abbildung 3-1):

Zeitlicher Verlauf

Untersuchungsplan:

I = Trainingseinheit (32 TE)

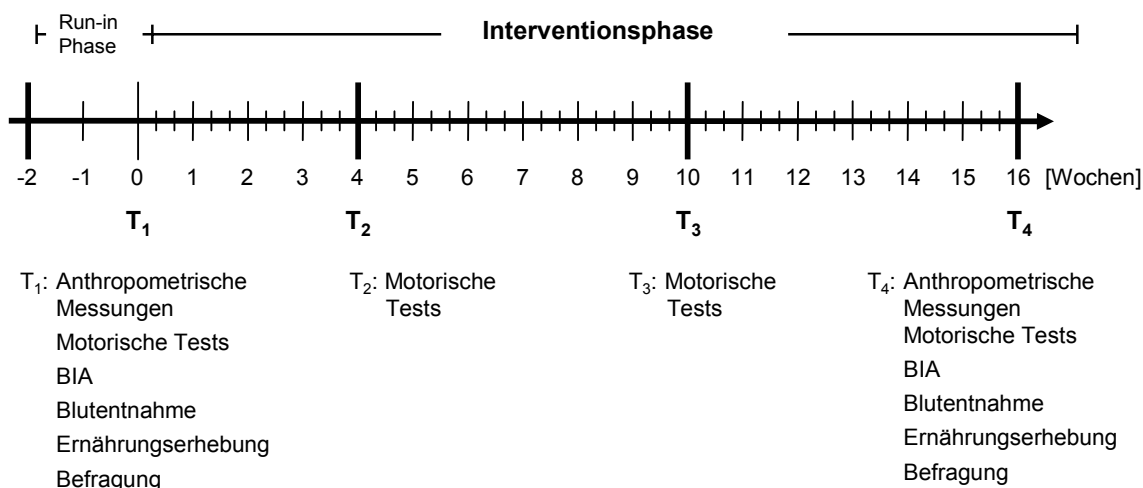


Abbildung 3-1: Zeitstrahl mit Testzeitpunkten und den entsprechenden Tests

3.3 Untersuchungsmethoden

3.3.1 Methoden zur Ermittlung der körperlichen Situation

Zur Ermittlung der körperlichen Situation der Probanden wurden motorische, biochemische, anthropometrische und aktivitäts- und gesundheitsbezogene Tests und Erhebungen durchgeführt:

Tabelle 3-1: Methoden zur Ermittlung der körperlichen Situation der Probanden

Test	Untersuchungsziel
Motorische Tests (Testbatterie):	zur Kontrolle der Kraft, der Beweglichkeit, der Gleichgewichtsfähigkeit und der Koordination
Blutentnahme:	zur Bestimmung der klinisch-chemischen Parameter
Body-Mass-Index:	zur Messung des Körpergewichts und zur Bestimmung des Verhältnisses von Körpergewicht zu Körperlänge
Bioelektrische Impedanz-Analyse:	zur Ermittlung der Körperzusammensetzung
Befragung:	zur Ermittlung der sozioökonomischen Umstände, der Mobilität, der gesundheitlichen Situation (subjektiver Eindruck des Befragten und objektiv durch Diagnosen und Medikation) und des Ernährungszustandes (subjektiver Eindruck des Befragten)
Ernährungsprotokolle:	zur Erhebung der täglichen Energiezufuhr
Mini Nutrition Assessment (MNA):	zur Beurteilung des Ernährungszustandes

Im Folgenden sollen die Tests näher beschrieben werden:

3.3.1.1 Motorische Tests (Testbatterie)

Die motorischen Tests wurden in Anlehnung an erfolgreich praktizierte Studien (Buchner, 1993; Fiatarone, 1994; Guralnik, 1994; Nikolaus et al., 2001) und bereits bestehende Testbatterien (Berg-Balance-Skala) zusammengestellt. Dabei konnte auch auf Empfehlungen und Erfahrungen von Lindemann et al. (1999; persönliche Mitteilung, 2000) der Universität Ulm zurückgegriffen werden. Die Tests wurden hinsichtlich ihrer Validität, Reliabilität, Funktionalität, Alltagsnähe, Durchführbarkeit in Alteneinrichtungen und ihres geringen Kosten- und Zeitaufwands ausgewählt. Alle Tests wurden den Probanden erklärt und demonstriert. Bei jeder Testung waren mindestens zwei Tester anwesend, um die Sicherheit der Probanden zu gewährleisten.

Die motorischen Tests setzen sich folgendermaßen zusammen:

Tabelle 3-2: Die motorischen Tests und die dazugehörigen Untersuchungsziele

Test	Untersuchungsziele
Gleichgewicht im Stand:	Gleichgewichtsmessung
Gleichgewicht im Sitzen:	Gleichgewichtsmessung (Oberkörperkontrolle)
Five-chair-stand:	Koordinations-, Kraft- und Gleichgewichtsmessung beim Aufstehen
2-Minuten-Gehen:	Messung der kardiopulmonalen Leistungs-einschränkung und zeitbegrenzten Gehgeschwindigkeit sowie der Gangsicherheit
Maximale Gehgeschwindigkeit:	Messung der maximalen Gehgeschwindigkeit
Maximalkraft-Messung: • Hand, • Fußgelenksexension, • Kniegelenksexension, • Kniegelenksflexion	Maximalkraft-Messung

Gleichgewicht im Stand

Der Proband sollte nacheinander 5 verschiedene Standpositionen (hüftbreiter Stand, geschlossener Stand, Semi-Tandem-Stand, Tandem-Stand, Einbein-Stand) einnehmen, die in der Durchführung immer anspruchsvoller wurden:

- hüftbreiter Stand: Der Proband steht in bequemer aufrechter Körperhaltung. Die Füße stehen etwa hüftbreit auseinander, wobei die Fußspitzen ungefähr auf einer Höhe sind
- geschlossener Stand: Die Fußspitzen stehen auf einer Höhe und die Fußinnenseiten berühren sich.
- Semi-Tandem-Stand: Die Füße stehen leicht versetzt, so dass die Großzehe des hinteren Fußes die Innenseite der Ferse des vorderen Fußes berührt.
- Tandem-Stand: Die Füße stehen direkt hintereinander, so dass die Großzehe des hinteren Fußes die Ferse des vorderen Fußes berührt.
- Einbeinstand: Der Proband steht auf einem Bein.

Jede Position wurde nur einmal getestet und sollte vom Probanden 15 Sekunden gehalten werden können. Wenn der Teilnehmer nicht dazu in der Lage war, sich am Untersucher festhielt oder vorzeitig seine Position verlassen musste, wurde der nachfolgende Testteil nicht mehr durchgeführt. Zum Erreichen der jeweiligen Position war die Hilfestellung durch den Tester erlaubt, danach nicht mehr. Die Arme und der Oberkörper durften während des Tests bewegt werden. Der Test galt als „nicht bestanden“, wenn der Teilnehmer sich an einem Gegenstand (Wand, Türrahmen usw.) oder dem Tester festhielt, oder wenn ein Fuß versetzt wurde. Jede Position wurde einzeln bewertet in:

- nicht geschafft
der Proband hatte den vorherigen Teiltest nicht geschafft bzw. konnte die geforderte Position nicht einnehmen

- teilweise geschafft:
der Proband konnte einige Sekunden in der entsprechenden Position verharren, ehe er ein Abbruchkriterium erfüllte
- geschafft:
der Proband konnte die geforderten 15 Sekunden in der entsprechenden Position verharren.

Die Testteilleistungen und eventuelle Besonderheiten wurden vermerkt, damit bei der Durchführung des Tests an den späteren Testzeitpunkten die gleichen Bedingungen eingehalten werden und so die Leistungen der Probanden verglichen werden konnten. Die Zeitnahme erfolgte per Handstopkung.

Gleichgewicht im Sitzen

Der Proband sollte sicher auf einem Stuhl mit Armlehnen sitzen, ohne sich dabei anzulehnen oder die Armlehnen zu benutzen. Die Hände waren vor dem Oberkörper verschränkt, beide Füße standen fest auf dem Boden. Diese Position sollte 15 Sekunden gehalten werden können. Die Zeitnahme erfolgte per Handstopkung. Der Test wurde nur einmal durchgeführt. Für die Beurteilung hatte der Tester folgende Auswahlmöglichkeiten:

- hält Gleichgewicht
- unsicher, aber fähig, selbständig auszugleichen
- Teilunterstützung während des Tests, oder
sitzt, aber folgt nicht den Testanweisungen
- nicht fähig, ohne fremde Unterstützung das Gleichgewicht zu halten.

Die erreichte Leistung wurde bewertet und mit eventuellen Besonderheiten notiert.

Five-chair-stand

Der Proband saß mit dem Rücken angelehnt auf einem Stuhl mit Armlehnen, die Füße fest auf dem Boden stehend. Auf ein Startkommando sollte der Proband nun 5x hintereinander, in maximaler Geschwindigkeit, aufstehen, bis er ganz aufrecht stand (die Knie durchgestreckt, soweit das möglich ist), und sich wieder vollständig setzen (der Rücken soll die Stuhllehne berühren). Die Zeit wurde gestoppt, wenn der Proband nach dem fünften Aufstehen und Setzen mit dem Rücken wieder die Stuhllehne berührte. Einmal „Probeaufstehen“ war dem Probanden erlaubt.

Die Übung sollte mit vor der Brust gekreuzten Armen durchgeführt werden. War das aufgrund mangelnder körperlicher Leistungsfähigkeit nicht möglich, durfte der Proband zur Unterstützung die Arme, zum Aufstützen auf die Armlehnen, zu Hilfe nehmen. Konnte der Test nicht zu Ende geführt werden, weil der Proband nicht 5-mal hintereinander aufstehen konnte, wurde das ebenso vermerkt wie das Verwenden der zusätzlichen Hilfestellung (Arme auf der Lehne aufstützen) und andere Besonderheiten, damit auch bei der Durchführung des Tests zu den anderen Testzeitpunkten die gleichen Testbedingungen eingehalten werden konnten. Die für 5 Wiederholungen erforderliche Zeit wurde notiert und mit der Leistung des Probanden an den anderen Testzeitpunkten verglichen. Die Zeitnahme erfolgte per Handstopkung.

2-Minuten-Gehen

Aufgrund des überwiegend schlechten gesundheitlichen Zustandes der Probanden wurde in der Studie nur der 2-Minuten-Gehtest durchgeführt. Der 6-Minuten-Gehtest (Guralnik, 1994) hätte möglicherweise von mehreren Probanden nicht bewältigt werden können und wäre damit als aussagekräftiger Test nicht geeignet gewesen.

Für den Gehtest wurde der Proband aufgefordert, zügig, aber dennoch sehr sicher, über einen Zeitraum von zwei Minuten zu gehen. Wenn der Proband üblicherweise eine Gehhilfe benutzte, sollte er diese bei der Durchführung des Tests ebenfalls verwenden. Die Benutzung der Gehhilfe wurde im Testprotokoll vermerkt, damit auch bei der Durchführung des Tests zu den anderen Testzeitpunkten die gleichen Testbedingungen eingehalten werden konnten. Die Zeitnahme erfolgte per Handstoppong. Zum Messen und zur Sicherheit ging dicht neben dem Probanden ein Tester, der das Streckenmessgerät (Leicht-Messrad Streckenmessgerät, Fa. Erhard Sport, Rothenburg o.d.T. Deutschland) mit sich führte. Am Ende der Messzeit konnte die zurückgelegte Strecke am Messrad abgelesen und notiert werden.

Maximale Gehgeschwindigkeit

Der Proband wurde aufgefordert, eine festgelegte Strecke (8 m, vom Start bis zur Ziellinie) so zügig wie möglich, aber dennoch sicher, zurückzulegen. Um die Startgeschwindigkeit und Reaktionszeit auf der einen und das Abbremsen schon vor der Ziellinie auf der anderen Seite auszuschließen, begann die Zeitmessung – durch Lichtschranken – für den Probanden unbemerkt, erst 3 m nach dem vermeintlichen Start und endete bereits nach 6 m, also 2 m vor dem angegebenen Ziel. Wenn der Proband üblicherweise eine Gehhilfe beim Gehen benutzte, sollte er diese bei der Durchführung des Testes ebenfalls verwenden. Die Benutzung der Gehhilfe wurde vermerkt, damit auch bei der Durchführung des Tests zu den anderen Testzeitpunkten die gleichen Testbedingungen eingehalten werden konnten.

Mit jedem Probanden wurden zwei Messungen durchgeführt. Gewertet wurde der bessere Versuch. Die Geschwindigkeit wurde aus der gemessenen Zeit und der definierten Strecke errechnet. Zur Sicherheit ging direkt neben dem Probanden ein Tester.

Maximalkraft-Messungen

Hand: Die Probanden saßen während der Messung. Der Oberarm bildete zum Unterarm ungefähr einen rechten Winkel. Die Senioren wurden gebeten, einen birnenförmigen Druckball eines handelsüblichen Vigorimeters der Firma „Martin“ auf Kommando maximal zusammen zu drücken. Diesen Druckball gibt es in drei verschiedenen Größen. Der für die jeweilige Größe der Hand entsprechende Ball wurde von den Probanden bei jeder Messung genutzt.

Bei der Messung der Handkraft handelte es sich um eine isotonische Maximalkraftmessung. Jeder Proband hatte mit der rechten und der linken Hand jeweils drei Versuche. Zwischen den Messungen lagen mindestens zwei Minuten Pause. Die jeweils beste Messung der drei Versuche wurde gewertet.

Fußgelenksextension, Kniegelenksextension, Kniegelenksflexion: Die Maximalkraftmessungen der Beinmuskulatur erfolgten mit Hilfe eines selbst entwickelten Kraftmess-Roll-

stuhls (siehe Abbildung 3-2). Es handelte sich dabei um einen handelsüblichen Standard-Rollstuhl der Firma Meyra GmbH & Co.KG (Typ 3.600), der speziell für die Maximalkraftmessungen technisch verändert wurde. Die beweglichen Fußstützen des Rollstuhls wurden durch eine einzige durchgehende Metallplatte ersetzt. Auf dieser Platte wurde die Messvorrichtung, die nach rechts und links zur abwechselnden Kraftmessung der Beine verschiebbar war, installiert. Die Messvorrichtung bestand aus einer weiteren Metall- und Fußsohlenplattenkonstruktion. Unter der Fußsohlenplatte war ein Kraftaufnehmer der Firma Mecha-Tronic GmbH, Typ DigiMax (5 kN Zug- und Druckbelastung), angebracht, der die Maximalkraft der Kniegelenksexension und Kniegelenksflexion maß (siehe Abbildung 3-2). Vorne an der Fußsohlenplatte war ein identischer Kraftaufnehmer vertikal montiert. Dieser maß die Maximalkraft der Fußgelenksexension.

Zur Standardisierung der Messung wurden der entsprechende Fuß und das Bein fixiert. Dazu setzte sich der Proband in den Rollstuhl und stellte den Fuß so auf die Fußsohlenplatte, dass er mit der Ferse hinten an eine Begrenzungsschiene stieß. Diese Schiene war anhand einer Skalierung nach vorne und hinten beweglich und wurde so eingestellt, dass sich bei allen Probanden der Drehpunkt der Fußsohlenplatte zur Messung der maximalen Fußextensionskraft unter der Fußknöchelachse Malleolus medialis – Malleolus lateralis befand. Um eine Winkelstellung des Kniegelenks (Oberschenkel zu Unterschenkel) von 90° zu erreichen, saß der Proband auf einem entsprechend hohen Kissen. Zum Fixieren wurde das Bein kurz oberhalb des Sprunggelenks und oberhalb des Kniegelenks mit Gurten am Rollstuhl befestigt. Bei den Maximalkraftmessungen der Beinmuskulatur handelte es sich um isometrische Messungen.



Abbildung 3-2: Zum Kraftmessgerät entwickelter und umgebauter Rollstuhl

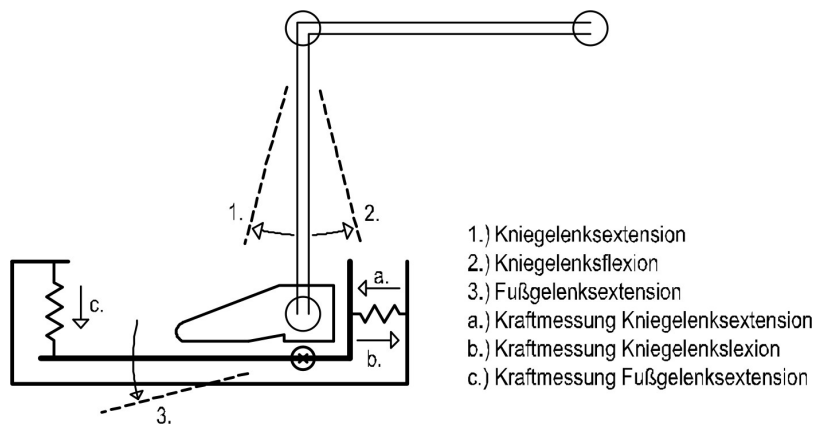


Abbildung 3-3: Zeichnung der Bewegungsrichtung und der entsprechenden Kraftaufnehmer des Rollstuhls

Zur Maximalkraftmessung der Fußgelenkextension sollte der Proband die Fußsohlenplatte so intensiv wie möglich mit dem Vorderfuß herunter drücken. Als Hilfe zum Verdeutlichen der Bewegung wurde das Beispiel „Pedaltreten beim Autofahren“ herangezogen.

Zur Maximalkraftmessung der Kniegelenkextension erhielt der Proband die Aufforderung so intensiv wie möglich zu versuchen, das Bein in die Streckung zu bringen. Für die Messung der Kniegelenksflexion sollte der Proband versuchen, das Bein zu beugen.

Die Werte der Maximalkraftmessungen wurden von den oben erwähnten Kraftaufnehmern an der Messvorrichtung über ein PC-Interface und PC-Netzteil der Firma Mecha-Tronic (Modell DigiMax) zu einem handelsüblichen Laptop der Marke Highscreen, Modell Advance II (mit Intel Pentium Prozessor mit 233 MHz), überspielt, der die Daten mit Hilfe der DigiMax Mess- und Auswerte-Software Windigi 100 Hz-Netz-Version 8.1 auswertete.

3.3.1.2 Klinisch-chemische Untersuchung (Blutentnahme)

Die Blutentnahme aus einer Armvene zur Bestimmung der klinisch-chemischen Parameter erfolgte frühmorgens nüchtern an T1 (Woche 0) und nach Abschluss der Trainingsintervention an T4 (Woche 16). Die Blutproben wurden in vorgekühlten Vakutainern (speziell dafür geeignete Boxen) gesammelt und unmittelbar nach der Entnahme auf Eis gekühlt.

Labormethoden

Die Bestimmung des Aminosäurespektrums und der Homocystein-Konzentration im Plasma erfolgte im Labor des Sportmedizinischen Instituts der Universität Paderborn, während die Routineparameter der Blutproben mit den üblichen Verfahren im Labor des Vinzenz-Krankenhauses in Paderborn analysiert wurden (siehe Tabelle 3-3):

Tabelle 3-3: Blut-Routineparameter und deren Bestimmungsmethoden

Parameter	Methode	Firma	Gerät
Weißer Blutkörperchen	Impedanzmessung	Sysmex Hamburg	Sysmex XE 2100
Rote Blutkörperchen	Impedanzmessung	Sysmex Hamburg	Sysmex XE 2100
Hämoglobin	photometrisch	Sysmex Hamburg	Sysmex XE 2100
Hämatokrit	rechnerisch		
Thrombozyten	Impedanzmessung	Sysmex Hamburg	Sysmex XE 2100
Kreatinin i. S.	PAP-Methode	Roche Diagnostics	Cobas 800 Roche
Harnstoff i. S.	Enzymatischer UV-Test	Roche Diagnostics	Cobas 800 Roche
Harnsäure i. S.	PAP-Methode	Roche Diagnostics	Cobas 800 Roche
Bilirubin	DPD und Jendrassik	Roche Diagnostics	Cobas 800 Roche
Total Protein	Biuret-Reaktion	Roche Diagnostics	Cobas 800 Roche
GPT	DYKC optimiert, 25°C	Roche Diagnostics	Cobas 800 Roche
GGT	Methode nach Szasz	Roche Diagnostics	Cobas 800 Roche
Alkalische Phosphate	IFCC, 25°C	Roche Diagnostics	Cobas 800 Roche
Kreatinkinase	IFCC, DYKC optimiert, 25°C	Roche Diagnostics	Cobas 800 Roche
Glucose i. S.	Hexokinase	Roche Diagnostics	Cobas 800 Roche
C-reaktives-Protein	Immunturbidimetrie	Roche Diagnostics	Cobas 800 Roche
Cholesterin i. S.	CHOD-PAP-Methode	Roche Diagnostics	Cobas 800 Roche
HDL	CHOD-PAP-Methode	Roche Diagnostics	Cobas 800 Roche
LDL	rechnerisch		
Triglyceride	GPO-PAP-Methode	Roche Diagnostics	Cobas 800 Roche
Eisen	Ferrozine	Roche Diagnostics	Cobas 800 Roche
Ferritin	ELISA-Methode	FA. Ebbott	Elecsys 2010 Roche

Aminosäuren-Analytik mittels HPLC-OPA (Hochdruckflüssigkeits-Chromatographie - o-Phthaldialdehyd)-Methode

Primäre Amine können mit o-Phthaldialdehyd OPA mit 2-Mercaptoethanol Derivat im alkalischen Milieu (pH 9-10) zu einem fluoreszierenden Isoindolderivat umgesetzt werden. Die Nachweisgrenze von mit OPA derivatisierten Aminosäuren liegt bei ca. 5 pmol.

Die Derivatisierung erfolgt automatisch im Autosampler mit Hilfe eines Injektorprogramms derivatisiert. Im Anschluss wurden die einzelnen Aminosäuren über eine RP-18 Säule mit einem Puffer/Methanol-Gradienten getrennt, mittels Fluoreszenzdetektor bei einer Anregungswellenlänge von 330 nm und einer Emissionswellenlänge von 450 nm detektiert und über einen internen Standard (z.B. Ethanolamin 100 µmol/l) quantifiziert.

Materialgewinnung und Aufbereitung: 5 ml Heparin-Blut bei 3000 U/min für 5 Minuten bei 4°C zentrifugiert
 Vom gewonnen Heparinplasma wurden 930 µl mit 70 µl SSA (Sulfosalizilsäure 57 %) versetzt. Die Probe wurde gevortext und zentrifugiert (3000 U/min, 10 Minuten). Nach der Zentrifugation wurden 10 µl des

Überstandes + 10 µl Ethanolamin Standardlösung (100 µmol/ l) in die HPLC-Vial (High performance liquid chromatography) als Probe injiziert. Die Derivatisierung der Probe wurde automatisch durchgeführt.

HPLC-Bedingungen:

Analytische Säule: ODS-Hypersil von Agilent Technologies
5 µm, 250 x 4 mm
Säulentemperatur: 27°C
Eluent: Laufmittel A: 0,05 M Natriumacetat (pH 7,0)
Laufmittel B: Methanol
Flussrate: 1 ml/ min gradient
Detektion: Fluoreszenzdetektor
Anregungswellenlänge: 330 nm
Emissionswellenlänge: 450 nm

Bestimmung der Homocystein-Konzentration im Plasma mittels HPLC

Das Homocystein im Plasma ist nach ClinRep-Komplettkit von der Firma Recipe durchgeführt worden. In der vorliegenden Untersuchung wurde das Homocystein in der Probenvorbereitung, in ihrer oxidierten und reduzierten Form, in fluoreszierende Derivate überführt. Hierzu wurde ein Aliquot der Plasmaprobe mit Internem Standard und Reduktionsmittel Tri-n-butylphosphin versetzt. Nach kurzem Mischen wurden die Proteine aus der reduzierten Probe gefällt und durch Zentrifugation abgetrennt. Danach wurden die Analyten (bei 65°C Wasserbad mit SBDF) bei optimierten Reaktionsbedingungen derivatisiert. Von der so vorbereiteten Probe wurden 20 µl in das HPLC-System injiziert. Nach der Kalibrierung wurde die Messung mit Hilfe der Internen-Standard-Methode ausgewertet.

HPLC-Bedingungen:

Pumpe (Flussrate): 0,6 ml/ min
Säulenofen: 27°C
Floureszenz-Detektor: Anregungswellenlänge: 385 nm
Emissionswellenlänge: 515 nm
Säule: Lichrospher 100 RP 18,5 µm 125 x 4 mm

3.3.1.3 Anthropometrische Untersuchungen

Bioelektrische Impedanz-Analyse (BIA)

Die Bioelektrische Impedanz-Analyse erfolgte mit dem Multifrequenzgerät „Bioelectrical Impedance-Analyzer 2000-M“ der Firma Data Input GmbH. Die Bioelektrische Impedanz Analyse (BIA) ist ein wissenschaftlich anerkanntes, zuverlässiges, nicht-invasives Standard-Messverfahren, das umfassende Auskunft über die Körperzusammensetzung gibt:

- Körperfett
- fettfreie Masse oder Magermasse
(= Extrazelluläre Körpermasse + Körperzellmasse),

- extrazelluläre Körpermasse
(Plasma, interstitielles und transzelluläres Wasser, Collagen, Elastin, Haut, Sehnen, Faszien und Skelett),
- Körperzellmasse
(die Zellen der Skelettmuskulatur, des Herzmuskels, der glatten Muskulatur, der inneren Organe, des Gastrointestinaltraktes, des Blutes, der Drüsen und des Nervensystems),
- Gesamtkörperwasser (Auskunft Firma Data Input GmbH).

Über vier Hautklebelektroden, jeweils zwei der Elektroden werden an der Hand und dem Fuß der rechten Körperseite befestigt, wird ein homogenes elektrisches Feld mit konstanter Stromstärke und unterschiedlichen Frequenzen (1 kHz, 5 kHz, 50 kHz, 100 kHz) im Probanden erzeugt. Gemessen wird der Widerstand (Impedanz) des Wechselstroms in Ohm. Der Strom wird im Körper durch die im Körperwasser enthaltenen, gelösten Elektrolyte geleitet. Darüber hinaus wird auch die Phasenverschiebung des Wechselstroms im Körpergewebe gemessen. Durch die gemessenen Daten der Phasenverschiebung und der Widerstände der unterschiedlichen Frequenzen, unter Verwendung der anthropometrischen Daten der Messperson (Alter, Größe, Gewicht und Geschlecht), konnte eine komplexe Analyse der Körperzusammensetzung nach internen Daten des Geräteherstellers geschätzt werden.

Für die Vergleichsmessung war es wichtig, dass die BIA-Messung immer zur gleichen Tageszeit, in gleicher Messposition, mit möglichst immer an der gleichen Stelle platzierten Elektroden, durchgeführt wird. Die Senioren wurden morgens vor dem Aufstehen und noch vor der Einnahme ihres Frühstücks und ihrer Medikation, im Bett, auf dem Rücken liegend, gemessen.

Body-Mass-Index

Zur Messung der Körperlänge mit einem Maßband sollte die Testperson aufrecht, ohne Schuhe, an der Wand stehen. Bei Rollstuhlfahrern wurde ersatzweise die Armspanne ermittelt. Die Körpermasse der Probanden wurde mit einer geeichten Personenwaage der Fa. Seca gemessen. Da es sich bei diesem Modell nicht um eine Sitzwaage handelte, war es nur zwei von sieben Rollstuhlfahrern möglich, sich mit entsprechender Hilfestellung messen zu lassen. Aus den ermittelten Daten, dem Körpergewicht und der Körperlänge, wurde der Body-Mass-Index (BMI) berechnet:

$$\text{BMI [kg/m}^2\text{]} = \text{Körpergewicht [kg]} / (\text{Körperlänge [m]})^2$$

3.3.1.4 Ernährungsprotokolle

Wiege- und Schätz-Protokoll-Methode

Zur Erhebung der täglichen Energiezufuhr der Senioren wurden vor Beginn und nach Beendigung der Trainingsintervention jeweils über drei Tage, zwei Wochentage und ein Wochenende, Ernährungsprotokolle angefertigt.

In den Altenheimen, deren Bewohner zentral durch die hauseigene Küche versorgt werden, wurden die Daten mittels **Wiege-Protokoll-Methode** bei den Essensausgaben ermittelt. Bei dieser Art von Verzehrsprotokollen werden alle zum Verzehr bestimmten Lebensmittel vor der Mahlzeit einzeln gewogen. Nach dem Essen werden die Essensreste erneut erfasst. Mit der Wiegeprotokollmethode können sehr genaue Ergebnisse gewonnen werden (Schneider 1997).

Die Bewohner des Betreuten Wohnens führten ein 3-Tage-Ernährungsprotokoll. Bei diesen Teilnehmern war die Wiegeprotokollmethode nicht durchführbar, da sie sich noch vollständig selbst versorgen. Deshalb wurde für diese Teilnehmer die **3-Tage-Schätz-Protokoll-Methode** gewählt. Bei der Schätzprotokollmethode wird die Verzehrsmenge nicht gewogen, sondern mittels haushaltsüblicher Maße (z.B. Tasse) geschätzt oder gezählt und die verwendeten Produkte einzeln notiert (Biesalski und Grimm, 2002; Schneider, 1997).

Mini Nutritional Assessment (MNA)

Der Mini Nutritional Assessment (MNA) wurde an den Universitäten Toulouse (Frankreich) und New Mexiko (USA) in Zusammenarbeit mit dem Nestlé Forschungszentrum in Lausanne (Schweiz) entwickelt (siehe Anhang). Der gut dokumentierte und validierte Test ermöglicht eine routinemäßige Beurteilung des Ernährungszustandes. Neben anthropometrischer Daten schließt der MNA Fragen zum Allgemeinzustand, den Ernährungsgewohnheiten sowie zur Selbsteinschätzung des Gesundheitszustandes ein. Die Antworten werden mit Punktwertung gewichtet. Der insgesamt ermittelte Index erlaubt eine Einordnung der untersuchten Person in eine der drei Gruppen:

- Zufriedenstellender Ernährungszustand
- Risikobereich für eine Unterernährung
- Schlechter Ernährungszustand, bestehende Mangelernährung.

Der MNA liefert geeignete Kriterien, eine Mangelernährung bereits im frühen Stadium und ohne großen Kosten- und Zeitaufwand diagnostizieren zu können (Heseker, 2000).

Die Daten für den MNA wurden bei der Befragung, der Ermittlung der körperlichen Situation und mit Hilfe der Ernährungsprotokolle erhoben.

3.3.1.5 Befragungen

Die körperliche Leistungsfähigkeit bzw. Mobilität bei den „**Aktivitäten des täglichen Lebens**“ [**ADLs (activities of daily life)**] nach Garms-Homolová und Gilgen (2000) wurde anhand einer mündlichen Einzelbefragung aller Teilnehmer vor und nach der Intervention erhoben (Fragebögen siehe Anhang). Bei Personen, die nicht selbst in der Lage waren, vollständige Auskunft zu geben, wurden die Betreuer oder Pflegepersonen zu Rate gezogen.

Bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens wurde zusätzlich das Assessment der „**Instrumentellen Aktivitäten des täglichen Lebens**“ [**IADL (Instrumental activities of daily life)**] nach Lawton und Brody (1969) durchgeführt (siehe Anhang).

3.3.2 Methode zur Erfassung der psychischen und gesundheitlichen Situation der Probanden

Zur Erfassung der psychischen und gesundheitlichen Situation der Probanden erfolgte eine etwa 30-minütige, mündliche Einzelbefragung vor Beginn und nach Abschluss der Intervention (Fragebögen siehe Anhang). Die Fragen wurden aus dem „Mini-Data-Set“ des „Resident Assessment Instrument“ einer „Beurteilung, Dokumentation und Pflegeplanung in der Langzeitpflege und geriatrischen Rehabilitation“ von Garms-Homolová und Gilgen (2000) entnommen und teilweise modifiziert. Bei Personen, die nicht selbst in der Lage waren, Auskunft zu geben, wurden die Betreuer oder Pflegepersonen zu Rate gezogen.

3.4 Datenverarbeitung und statistische Methoden

Die Dateneingabe erfolgte an Personalcomputern der Fakultät für Naturwissenschaft, Department Sport & Gesundheit, der Universität Paderborn. Die eingegebenen und geprüften Daten wurden mit dem statistischen Programmpaket SPSS für Windows, Version 11.0 (SPSS GmbH Software, München), ausgewertet.

Auswertung

Deskriptive Statistik:

- Klassifizierte Variablen werden mit absoluten und relativen Häufigkeiten beschrieben.
- Stetige Variablen werden mit Mittelwert [arithmetisches Mittel (\bar{x})] und Standardabweichung ($\pm s$) und den Perzentilwerten 10 und 90 dargestellt.

Schließende Statistik:

- Vorzeichentest:
Der Vorzeichentest wird zum nichtparametrischen Vergleich zweier abhängiger Stichproben bei klassierten Variablen genutzt. Er zählt die Anzahl positiver und negativer Differenzen aus.
- Kolmogorov-Smirnov-Test (K-S-Test):
Zur Prüfung auf Normalverteilung wurde der Kolmogorov-Smirnov-Test durchgeführt, um zu entscheiden, ob Unterschiede zwischen den Testzeitpunkten über den Mittelwert (+ Standardabweichung) sowie Varianzanalyse mit Messwiederholung mit dem T-Test für gepaarte Stichproben oder mit dem Wilcoxon-Rangsummentest für gepaarte Stichproben auf Signifikanz untersucht werden sollen.
- T-Test:
Der T-Test prüft auftretende Mittelwertunterschiede zweier Stichproben auf ihre Signifikanz. Der Vergleich von Mittelwerten untereinander setzt voraus, dass diese aus Stichproben mit normalverteilten Werten stammen.
Die Mittelwertunterschiede zwischen den Gruppen wurden mit dem T-Test für unab-

hängige Stichproben und die zwischen den Messzeitpunkten mit dem T-Test für abhängige Stichproben untersucht.

- **Wilcoxon-Rangsummentest:**
Der Wilcoxon-Test für abhängige Stichproben kann anstelle des T-Tests für abhängige Stichproben verwendet werden. Er ist ein nichtparametrischer Test, der nicht voraussetzt, dass die Messgrößen, bzw. die Differenzen, normalverteilt sind.
- **Einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung (ANOVA):**
Mit diesem Verfahren lässt sich untersuchen, ob sich ein Parameter über die Dauer von mehreren Messzeitpunkten signifikant verändert. Da die ANOVA lediglich eine Signifikanz anzeigt, aber nicht genau angibt, welche Messzeitpunkte sich im Einzelnen signifikant unterscheiden, müssen post-hoc-Tests auf Signifikanzen zwischen den einzelnen Messzeitpunkten mit T-Test durchgeführt werden. Diese können die signifikanten Unterschiede aufdecken.

3.5 Beschreibung des Probandenkollektivs

3.5.1 Die Senioreneinrichtungen und ihr Gesamtbewohnerkollektiv (inklusive Teilnehmer)

Die Studienteilnehmer wurden aus drei Senioreneinrichtungen in Paderborn rekrutiert. Es handelt sich dabei um

- ein Altenheim (A),
- eine Einrichtung des Betreuten Wohnens (B)
- eine Einrichtung, welche beide Wohnformen anbietet (C).

Der Unterschied zwischen den Wohnformen Altenheim und Betreutes Wohnen liegt in der unterschiedlich intensiven Betreuung der Bewohner. Während die Altenheimbewohner durch Pflegekräfte komplett versorgt und betreut werden, leben die Bewohner des Betreuten Wohnens weitgehend selbständig und versorgen sich selbst. Ihre Betreuung liegt lediglich in der täglichen Kontrolle des Wohlbefindens und der Unversehrtheit.

In der Einrichtung A wohnten zum Zeitpunkt der Studie 63 Personen. Einrichtung B hatte 54 betreut lebende Bewohner, und in Einrichtung C lebten 106 Altenheimbewohner und 11 betreut lebende Senioren. Insgesamt wohnten in den drei Einrichtungen 234 Senioren, 43 Männer und 190 Frauen. Das Durchschnittsalter aller Bewohner betrug 84,5 Jahre, wobei die jüngste Bewohnerin 54 und die älteste 101 Jahre alt war.

Aus der unterschiedlichen Art der Betreuung in den verschiedenen Wohnformen ergibt sich auch die Kenntnis über persönliche und medizinische Belange der Bewohner. So ist der Heimleitung im Altenheim die Pflegestufe, die Diagnose und auch die Medikation der einzelnen Bewohner bekannt, während dies im Betreuten Wohnen nicht der Fall ist.

Demnach lagen die Pflegestufen der Bewohner aus den Einrichtungen A und C zur Auswertung vor. Im Betreuten Wohnen konnten die Pflegestufen jedoch nur durch die Teilnehmer selbst angegeben werden. Die Angaben von 33 Senioren (Nichtteilnehmern) aus dem betreuten Wohnen fehlen; sie konnten nicht ermittelt werden.

Keine Pflegestufe 27

Pflegestufe 1 68

Pflegestufe 2 77

Pflegestufe 3 29

Angaben von insgesamt 201 Personen

Neben der Einteilung in Pflegestufen kann auch über die Anzahl der Personen mit Gehhilfen eine Charakterisierung der gesamten Bewohnerschaft vorgenommen werden (siehe Tabelle 3-4). In Haus B, der Einrichtung des Betreuten Wohnens, waren die Senioren noch sehr mobil, d.h. dass 50 % der Bewohner ohne Hilfsmittel zum Gehen auskamen; Rollstuhlfahrer oder Bettlägerige gab es gar nicht.

Tabelle 3-4: Gehhilfen aller Bewohner der Einrichtungen [Prozent]

	Einrichtung A	Einrichtung B	Einrichtung C	Insgesamt
keine	19	50	13,7	23,5
Gehstock	12,7	16,7	5,1	9,8
Rollator	20,6	33,3	30,7	28,6
Rollstuhl	30,2	0	27,4	21,8
bettlägerig	17,5	0	23,1	16,2
gesamt	100	100	100	100

In den Häusern A und C war die Situation fast umgekehrt. Entsprechend hoch ist auch der Anteil derjenigen, die auf Hilfsmittel zum Gehen angewiesen bzw. Rollstuhlfahrer oder bettlägerig waren.

3.5.2 Ein- und Ausschlusskriterien zur Teilnahme an der PATRAS-Studie

Die Voraussetzungen für eine Teilnahme am Trainingsprogramm waren zum einen der Bewohnerstatus in einem der drei Senioreneinrichtungen und zum anderen die schriftliche oder mündliche Einverständniserklärung des Bewohners bzw. des gesetzlichen Vormundes.

Senioren wurden ausgeschlossen bei akuten oder chronischen instabilen Erkrankungen, starken Schmerzen jeglicher Art, maligner Hypertonie, Myokarditis, schwerer Herzinsuffizienz, problematischen Herz-Kreislaufkrankungen in den letzten 12 Monaten, Lungenemphysem, schwerer Anämie, starken kognitiven Beeinträchtigungen, z.B. schwere Demenz, oder bei starken Depressionen, die eine Gefährdung ihrer selbst oder anderer Personen darstellen konnten. Auch Immobilität, in Form von Bettlägerigkeit, führte zu einem Ausschluss aus der Studie.

Von insgesamt 234 Bewohnern aller drei Einrichtungen entsprachen 133 Senioren den festgelegten Kriterien. Davon hatten 71 Personen kein Interesse an einem Training. Die Nichtteilnahme an der Studie wurde ähnlich wie bei Fiatarone (1994) zum einen mit der zeitlichen Bindung an die Studie und zum anderen mit den damit verbundenen unerwünschten Unbequemlichkeiten (körperliche Betätigung) begründet. Andere Senioren (16) nahmen zwar an der Anfangsbefragung und an einigen Eingangstests teil, besuchten aber keine einzige Trainingseinheit. 46 Senioren waren bei mindestens einer Trainingseinheit anwesend.

3.5.3 Die Teilnehmer der PATRAS-Studie

Aufgrund einer Vorauswahl der potentiellen Teilnehmer durch den sozialen Dienst nahmen nur die rüstigeren und damit einhergehend auch die kognitiv stärkeren Senioren der Einrichtung an der Trainingsintervention teil. Es handelte sich dabei um 46 Senioren, von denen 25 im Altenheim und 21 im Betreuten Wohnen lebten. Fünf Altenheimbewohner und ein Bewohnerin des Betreuten Wohnens der 46 Teilnehmer brachen das Training im Verlauf der Studie ab. Eine Teilnehmerin schied bereits nach der ersten Trainingseinheit aus, da sie mit dem Training bzw. der Ausführung der Übungen und der Gruppe kognitiv überfordert war. Drei Teilnehmer verloren aus persönlichen Gründen das Interesse an der Studie. Sie nahmen eher sporadisch, nur 3-8 mal, am Training teil. Eine weitere Teilnehmerin beendete ihr Training nach zehn Trainingseinheiten vorzeitig aus gesundheitlichen Gründen, die nicht im Zusammenhang mit der Studie standen. Es gab einen nicht im Bezug zur Studie stehenden Todesfall. Dieser Teilnehmer absolvierte insgesamt acht Trainingseinheiten.

Unter den Teilnehmern befanden sich 6 Rollstuhlfahrer (Altenheimbewohner), die nur teilweise, entsprechend ihrer Beeinträchtigung (z.B. Apoplexie, Amputation beider Beine), an den Übungen teilnehmen konnten, aber regelmäßig zum Training erschienen. Um im Folgenden die Beschreibungen und Ergebnisse besser beurteilen und zuordnen zu können, wurde das Kollektiv zur Auswertung in verschiedenen Gruppierungen betrachtet:

1. nach der Art der Wohnform:

Altenheimbewohner (AH)
Bewohner des Betreuten Wohnens (BW)
2. nach der Trainingsteilnahme:

unregelmäßig Trainierende (UT)	1-23 absolvierte Trainingseinheiten
	Teilnehmer, die durch ihre unregelmäßige Teilnahme nicht die Bedingungen eines systematischen Trainings erfüllten
Trainingsgruppe (TG):	24-32 absolvierte Trainingseinheiten
	Teilnehmer, die die Bedingungen eines systematischen Trainings erfüllten
alle Teilnehmer (alle):	1-32 absolvierte Trainingseinheiten
	auch Teilnehmer, die durch ihre unregelmäßige Teilnahme nicht die Bedingungen eines systematischen Trainings erfüllten
3. Einzelfallbetrachtungen

3.5.3.1 Anthropometrische Daten

Geschlecht und Alter

Das Teilnehmerkollektiv setzte sich zu Beginn der Studie aus 9 Männern und 37 Frauen mit einem mittleren Alter von $83,8 \pm 7$ Jahren (Median 85,5 Jahre) zusammen. Das Durchschnittsalter der Altenheimbewohner (AH) betrug $83,5 \pm 7,8$ Jahre (Median 85 Jahre) und das der Bewohner des Betreuten Wohnens (BW) $84,2 \pm 6$ Jahre (Median 86 Jahre). Die meisten Teilnehmer der Gesamtgruppe (42 Personen / 91,3 %) waren 75 bis 94 Jahre alt. Der älteste Teilnehmer des Trainingsprogramms war 96 Jahre alt.

Das Durchschnittsalter der intensiv trainierenden Teilnehmer, der Gesamt-Trainingsgruppe (TG-alle), betrug $85,2 \pm 6,2$ Jahre, das der Trainingsgruppe Altenheimbewohner (TG-AH) $86,2 \pm 6,1$ Jahre und das der Trainingsgruppe Bewohner des Betreuten Wohnens (TG-BW) $84,2 \pm 6,4$ Jahre.

Körpergröße, Körpergewicht, Body-Mass-Index

Die Gesamtgruppe der Teilnehmer war im Mittel $1,59 \pm 0,07$ m groß. Die Körperlänge der Altenheimbewohner betrug im Durchschnitt $1,56 \pm 0,06$ m. Die Bewohner des Betreuten Wohnens waren durchschnittlich etwas größer, nämlich $1,61 \pm 0,08$ m (siehe Tabelle 3-5).

Tabelle 3-5: Körpergröße, Körpergewicht und BMI der Probanden inklusive Abbrecher

	Gesamtgruppe n = 46 (100 %)			Altenheimbewohner n = 25 (54 %)			Betreutes Wohnen n = 21 (46 %)		
	Körpergröße [m] (n = 46)	Körpergewicht [kg] (n = 41)	BMI [kg/m ²] (n = 41)	Körpergröße [m] (n = 25)	Körpergewicht [kg] (n = 20)	BMI [kg/m ²] (n = 20)	Körpergröße [m]	Körpergewicht [kg]	BMI [kg/m ²]
x	1,59	66	26,1	1,56	63,9	26,0	1,61	68,0	26,3
s	0,07	10,8	4,2	0,06	11,1	4,5	0,08	10,4	3,9
Median	1,57	65,9	25,4	1,56	65,4	25,8	1,60	69,8	25,4
min.	1,40	40,0	17,3	1,40	40,0	17,3	1,50	48,6	20,5
max.	1,76	83,3	37,3	1,70	83,3	37,3	1,76	81,5	35,8

Das Körpergewicht konnte nicht von allen Teilnehmern ermittelt werden, da es sich bei der geeichten Waage um eine normale Standwaage handelte, die von Rollstuhlfahrern nur schlecht oder gar nicht zu nutzen war. Lediglich zwei Rollstuhlfahrern war es möglich, mit Hilfestellung die zum Wiegen nötige Standposition einzunehmen. Es fehlen daher die Angaben von fünf Altenheimbewohnern. Das durchschnittliche Körpergewicht der Teilnehmer betrug $66 \pm 10,8$ kg (siehe Tabelle 3-5). Die Altenheimbewohner waren dabei im Mittel ($63,7 \pm 11,1$ kg) etwas leichter als die Bewohner des Betreuten Wohnens ($68,0 \pm 10,4$ kg). Dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant. Das geringste Gewicht (40 kg) hatte ein männlicher Teilnehmer aus dem Altenheim, der kurze Zeit später verstarb.

Die Teilnehmer wurden vor Beginn der Intervention auch nach ihren Körpergewichtsveränderungen in den letzten Wochen befragt. Über die Hälfte der Teilnehmer (26 Personen /

56,5 %) hatte keine Gewichtsveränderungen wahrgenommen, doch acht Teilnehmer (17,4 %) berichteten, dass sie eine Gewichtszu- und 9 (19,6 %) eine Gewichtsabnahme festgestellt hätten. Keine Angabe konnten drei Teilnehmer (6,5 %) dazu machen.

Der Body-Mass-Index (BMI) ist bei den Teilnehmern beider Wohnformen im Mittel nahezu gleich. Die Altenheimbewohner haben einen durchschnittlichen BMI von $26,0 \pm 4,5 \text{ kg/m}^2$ und die Bewohner des Betreuten Wohnens $26,3 \pm 3,9 \text{ kg/m}^2$. Daraus ergibt sich, dass der durchschnittliche BMI aller gemessenen Teilnehmer $26,1 \pm 4,2 \text{ kg/m}^2$ beträgt.

3.5.3.2 Gesundheitszustand

Pflegestufe

Tabelle 3-6 zeigt eine Übersicht über die Einteilung der Teilnehmer in Pflegestufen. Insgesamt waren 41,3 % (19 Personen) der Teilnehmer in Pflegestufen eingestuft, wovon 26,1 % (12 Personen) in Pflegestufe I und 15,2 % (7 Personen) in Pflegestufe II eingestuft waren.

Tabelle 3-6: Pflegestufen aller Teilnehmer inklusive Abbrecher

	Gesamtgruppe n = 46 (100 %)		Altenheim n = 25 (54 %)		Betreutes Wohnen n = 21 (46 %)	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
keine	27	58,7	9	36	18	85,7
Pflegestufe I	12	26,1	9	36	3	14,3
Pflegestufe II	7	15,2	7	28	0	0
gesamt	46	100	25	100	21	100

Während 85,7 % der Bewohner des Betreuten Wohnens noch keine Pflegehilfe benötigten, hatten fast zwei Drittel der Altenheimbewohner (64 %, 16 Personen) eine Einstufung in eine Pflegestufe. Die Senioren der Pflegestufe II waren die Rollstuhlfahrer der Gruppe.

Krankheiten

In Tabelle 3-7 sind die angegebenen Erkrankungen und Diagnosen aller Teilnehmer aufgelistet. Herz-Kreislauf-Erkrankungen wurden von den Teilnehmern am häufigsten angegeben, dagegen war die Anzahl der Erkrankungen des Bewegungsapparates unerwartet gering.

Tabelle 3-7: Angegebene Diagnosen aller Teilnehmer an T_1 (Woche 0)

Angegebene Diagnosen	Häufigkeit
Herz-Kreislauf-Erkrankungen	
Herzinsuffizienz	24
Herzinfarkt	4
Koronare Herzkrankheit	2
Bluthochdruck / Hypertonie	22
Durchblutungsstörungen	6
Erkrankungen der Sinnesorgane, des Nervensystems und der Psyche	
Schlaganfall	8
Parkinson, Multiple Sklerose	9
Augenerkrankungen	13
Schwerhörigkeit	22
Psychische Erkrankungen	13
Stoffwechselerkrankungen	
Diabetes mellitus	14
Schilddrüsenfunktionsstörungen	7
Fettstoffwechselstörungen	6
Erkrankungen des Bewegungsapparates	
Gelenkerkrankungen	15
Osteoporose	10
Atemwegserkrankungen	7
Krebs	6
Magen-Darm-Erkrankungen	6
Nierenerkrankungen	5
Andere Erkrankungen	25

In Abbildung 3-4 sind die Anzahl der angegebenen Krankheiten je Teilnehmer dargestellt. Es gab keinen einzigen vollständig gesunden Teilnehmer. Jeder hatte mindestens eine diagnostizierte Krankheit, die allermeisten sogar mehrere. 32 Teilnehmer (ca. 70 %) hatten 3 bis 6 Krankheiten. Der Durchschnitt lag bei 4 Krankheiten pro Teilnehmer. Es handelte sich somit insgesamt um ein multimorbides Teilnehmer-Kollektiv.

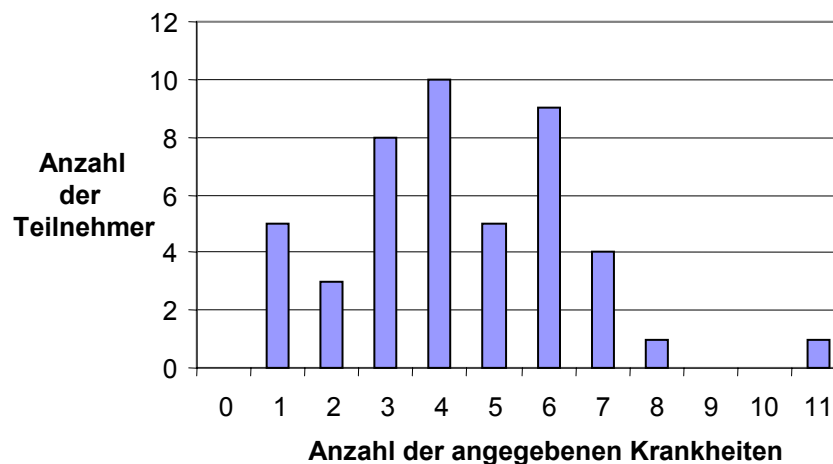


Abbildung 3-4: Anzahl der angegebenen Krankheiten je Teilnehmer

Medikamente

Bei der Auswertung der Medikamenteneinnahme konnte nur auf die Daten von 45 Teilnehmern zurückgegriffen werden, da ein Teilnehmer nicht bereit war, Auskunft darüber zu geben (siehe Abbildung 3-5).

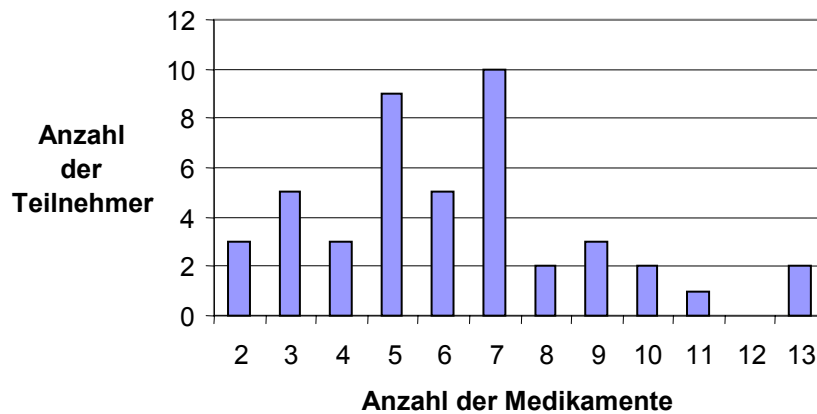


Abbildung 3-5: Anzahl der ärztlich verschriebenen Medikamente ohne Differenzierung in Dauermedikation und kurzfristig für begrenzten Zeitraum verordnete Mittel

Die Anzahl der verschriebenen und angegebenen Medikamente ist ähnlich groß wie die der Krankheiten bzw. Gesundheitsstörungen. Die Auswertung erfolgte ohne Differenzierung in Dauermedikation und in für begrenzten Zeitraum verschriebene Mittel. Ganz ohne Medikamente kam keiner der Teilnehmer aus; ca. die Hälfte der Teilnehmer (24 Personen) nahm 5 bis 7 Medikamente ein; der Durchschnitt lag bei 6 Medikamenten. Ein Teilnehmer gab an, 13 Medikamente verschrieben bekommen zu haben.

Tabelle 3-8 gibt eine detailliertere Übersicht über die angegebenen, ärztlich verordneten Medikamente und die Anzahl der Teilnehmer, die das jeweilige Medikament einnahmen.

Tabelle 3-8: Art der angegebenen, ärztlich verordneten Medikamente und Anzahl der Teilnehmer, die diese einnahmen an T_1 (Woche 0)

Medikamentengruppen	Anzahl der Teilnehmer
Herzmedikamente	
Antiarhythmica	2
Diuretika	22
Kardiaca	14
Koronarmittel	18
Beta Blocker	23
Antihypertonica	14
Gerinnungsbeeinflussende Medikamente	
Antikoagulantien	1
Thrombozytenaggregationshemmer	3
Stoffwechselbeeinflussende Medikamente	
Lipidsenker	1
Antidiabetica	10
Corticoide	2
Schilddrüsenmittel	4
Gichtmittel	1

Medikamentengruppen	Anzahl der Teilnehmer
Neurologisch / psychiatrisch wirksame Medikamente	
Hypnotica / Sedativa	3
Psychopharmaca	15
Parkinsonmittel	6
Analgetica	22 (s.u.)
Neuropathiemittel	1
Antidementiva	8
Schmerzmittel	
Analgetica	22 (s.o.)
Antirheumatica	2
Antiphlogistica	1
Atmung beeinflussende Medikamente	
Spasmolytica	1
Broncholytica / Antiasthmatica	1
Antitussiva / Expectorantia	2
Urologische Medikamente	8
Magen-Darm-Medikamente	15
Durchblutungsfördernde Mittel / Venentherapeutica	1
Antibiotika / Antiinfektiva	2
Antiallergica	1
Augenmedikation / Ophthalmica	4

Die Einnahme von Mineralstoff- und/oder Vitaminpräparaten wurde von 20 Teilnehmern (43,5 %) angegeben.

3.5.3.3 Soziodemographische Daten

Familienstand und Schulabschluss

Tabelle 3-9 zeigt eine Übersicht über den Familienstand der Teilnehmer. Es wurde unterschieden in „verheiratet“, „geschieden“, „verwitwet“ und „ledig“.

Tabelle 3-9: Familienstand der Teilnehmer inklusive Abbrecher

	Anzahl	Prozent
verheiratet	3	6,5
geschieden	2	4,3
verwitwet	37	80,7
ledig	4	8,7
gesamt	46	100

In Tabelle 3-10 wird die Schul- und Hochschulausbildung der Teilnehmer gezeigt, geordnet jeweils nach dem höchsten erreichten Abschluss. Qualifizierende Abschlüsse bei höherer Ausbildung sind in dieser Statistik in die Angaben integriert (z.B. Abitur im Hochschulabschluss).

Tabelle 3-10: Schulabschluss der Teilnehmer inklusive Abbrecher

	Anzahl	Prozent
ohne Abschluss	0	0
Volksschule/Hauptschule	28	60,9
Mittlere Reife	14	30,4
Abitur	2	4,3
Hochschulabschluss	2	4,3
gesamt	46	100

Einzugsdatum / bisherige Wohndauer in der Einrichtung

Die bisherige Aufenthaltsdauer in den Einrichtungen war sehr unterschiedlich und stand nicht in Beziehung zum Alter der Teilnehmer. Während einige Teilnehmer nur wenige Tage vor Beginn der Studie eingezogen waren, lebten andere schon mehrere Jahre dort; ein Teilnehmer sogar schon 24 Jahre. Im Durchschnitt lag das Einzugsdatum ca. 4,2 Jahre (Median 2 Jahre) zurück.

Soziale Kontakte zu Verwandten und Freunden

Auf die Frage nach der Häufigkeit der Kontakte zur Familie und/oder zu Freunden und Bekannten lauteten die Antwortmöglichkeiten: „täglich“, „1-2 x in der Woche“, „2 x mal im Monat“, „1 x im Monat“ und „gar nicht“ (siehe Tabelle 3-11).

Tabelle 3-11: Soziale Kontakte zu Verwandten und Freunden inklusive Abbrecher

	Anzahl	Prozent
täglich	13	28,3
1-2 x pro Woche	25	54,3
2 x im Monat	4	8,7
1 x im Monat	3	6,5
gar nicht	1	2,2
gesamt	46	100

Über die Hälfte der Teilnehmer (25 Personen) gab an, 1-2 Mal in der Woche mit Freunden und Verwandten in Verbindung zu stehen. Bei 13 Teilnehmern war dies sogar täglich der Fall. Vier Teilnehmer hatten alle zwei Wochen und drei immerhin einmal im Monat mit ihren Familien und Bekannten Kontakt. Ein Teilnehmer hatte gar keinen Kontakt mehr.

Sportbiographie

Im Rahmen der PATRAS-Studie wurde auch versucht, die Sportbiographie der Teilnehmer zu ermitteln. Dies gestaltete sich jedoch deutlich schwieriger als erwartet. So lieferten die Fragen nach der Zeit/den Jahren, in der/denen eine Sportart betrieben wurde, oder nach Umfang, Dauer und Intensität des Trainings nur wenig brauchbare Antworten, weil die Teil-

nehmer sich überwiegend nicht mehr detailliert äußern konnten und wollten. Allerdings wussten 19 Teilnehmer noch, dass sie früher aktive Mitglieder in Sportvereinen waren, und mehr als die Hälfte (58,7 %) der Teilnehmer (27 Personen) gab an, früher sportlich aktiv gewesen zu sein. Zwei (4,3 %) Teilnehmer sind dies sogar bis heute. Dafür verfügten mehr als ein Drittel (37 %) der Teilnehmer über keine sportliche Erfahrung. In Tabelle 3-12 sind die von den Teilnehmern genannten Sportarten aufgelistet, die sie ausgeübt haben. Einige Teilnehmer haben auch mehrere Sportarten betrieben.

Tabelle 3-12: Von den Senioren früher regelmäßig betriebene Sportarten und Anzahl der Teilnehmer, die diese betrieben (n=46)

Sportarten	Anzahl der Teilnehmer
Fahrradfahren	10
Turnen	9
Schwimmen	8
Wandern	6
Gymnastik	5
Leichtathletik	5
Fußball	5
Handball	3
Tanzen	2
Kegeln	2
Rudern	2
Tennis	1
Skifahren	1
Wassergymnastik	1
Motorradfahren	1

Am häufigsten wurden die Sportarten Fahrradfahren, Turnen und Schwimmen genannt. Auch Wandern, Gymnastik, Leichtathletik und Fußball wurden von mehreren Teilnehmern betrieben. Der Rest der aufgelisteten Sportarten ist nur von einzelnen, wenigen durchgeführt worden.

Es wurden von den Teilnehmern verschiedene Gründe angegeben, warum sie aufgehört haben, Sport zu treiben (Tabelle 3-13). Am häufigsten wurde der 2. Weltkrieg genannt. Acht Teilnehmer beendeten aufgrund des Krieges endgültig ihre sportlichen Aktivitäten. Viele Teilnehmer berichteten allerdings, dass sie nach Ende des Krieges wieder mit ihrem Sport angefangen hätten. Als Gründe für die neuerliche Beendigung der Aktivitäten wurden gesundheitliche, berufliche oder private Gründe genannt. Ein Teilnehmer konnte sich gar nicht mehr an den Grund für das Aufhören erinnern.

Tabelle 3-13: Gründe, die dazu geführt haben, mit dem Sporttreiben aufzuhören und Anzahl der Teilnehmer, die diese Gründe genannt haben (n=46)

Gründe	Anzahl der Teilnehmer
Krieg	8
Gesundheitliche Gründe	6
Berufliche Gründe	5
Umzug / Stadtwechsel	4
Familiäre Gründe (Heirat, Kinder)	3
Kann mich nicht erinnern!	1

4 Ergebnisse

Alle Fragebögen und die Tabellen der dargestellten Grafiken werden am Ende der Arbeit im Anhang aufgeführt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind sowohl das Streuungsmaß als auch die Varianz den entsprechenden Tabellen dort zu entnehmen.

Bei der Darstellungsweise der Grafiken ist keine lineare Interpolation beabsichtigt, sondern es soll lediglich verdeutlicht werden, dass der nächste Wert höher bzw. niedriger als der vorangegangene ist.

4.1 Trainingsteilnahme und Trainingsbelastung

Trainingsteilnahme

Die Anzahl der Trainingsteilnahmen verhält sich bei den Teilnehmern beider Wohnformen ähnlich (siehe Tabelle 4-1). Jeweils 13 Personen (65 %) nahmen an mindestens zwei Drittel der angebotenen Trainingseinheiten teil und erfüllten damit die Bedingungen eines systematischen Trainings.

Tabelle 4-1: Die Trainingshäufigkeit der Teilnehmer unterteilt in die Gruppen

	AH		BW		alle	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
1-16 TE (UT)	2	10	4	20	6	15
17-24 TE (UT)	5	25	3	15	8	20
25-28 TE (TG)	2	10	8	40	10	25
29-32 TE (TG)	11	55	5	25	16	40
gesamt	20	100	20	100	40	100

Gründe für die Nichtteilnahme am Training

Der Grund für die Nichtteilnahme am Training wurde für jede Trainingseinheit protokolliert (siehe Tabelle 4-2). Im Wesentlichen ließen sich die Trainingsabsagen in zwei Kategorien unterteilen: „Krankheit oder Unwohlsein“ und „Urlaub, Arztbesuch, Training vergessen und andere Termine“.

24 Teilnehmer (60 %) sagten Trainingseinheiten wegen Krankheit oder Unwohlsein ab, wovon 4 Teilnehmer (10 %) deswegen häufiger als viermal fehlten. Wegen eines Urlaubs, eines Arztbesuchs, der eigenen Vergesslichkeit oder anderer Termine fehlten 32 Teilnehmer an einzelnen Trainingseinheiten. Die Hälfte davon verpasste deswegen mindestens fünf Trainingseinheiten.

Tabelle 4-2: Gründe für die Nichtteilnahme an den Trainingseinheiten; ohne Abbrecher

	Krankheit oder Unwohlsein		Urlaub, Arztbesuch, andere Termine, Training vergessen	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
0 TE	16	40	8	20
1-4 TE	20	50	16	40
> 4 TE	4	10	16	40
gesamt	40	100	40	100

Trainingsengagement

Das Trainingsengagement wurde nach jeder Trainingseinheit durch die Übungsleiter bewertet. Am Ende der Studie wurde für jeden Teilnehmer ein Durchschnittswert ermittelt. Als Bewertungskategorien standen „macht engagiert mit“, „macht mit“, „macht kaum mit“ und „macht widerwillig mit“ zur Verfügung. In (siehe Tabelle 4-3) ist das Ergebnis dieser Beurteilung aufgelistet.

Tabelle 4-3: Trainingsengagement der Teilnehmer unterteilt in die Gruppen

	AH		BW		alle	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
macht engagiert mit	9	45	17	85	26	65
macht mit	7	35	3	15	10	25
macht kaum mit	3	15	0	0	3	7,5
macht widerwillig mit	1	5	0	0	1	2,5
gesamt	20	100	20	100	40	100

Fast zwei Drittel der Teilnehmer hatten im Durchschnitt engagiert und begeistert am Training teilgenommen. Das Engagement der Bewohner des Betreuten Wohnens war dabei allerdings deutlich größer (17 Personen) als die der Altenheimbewohner (9 Personen).

Trainingsbelastung

In Abbildung 4-1 sind die Entwicklungen der Trainingsbelastung der Hand- und Fußgewichte der Trainingsgruppen dargestellt, unterteilt in Altenheimbewohner (TG-AH) und Bewohner des Betreuten Wohnens (TG-BW). TG-BW begann die Trainingsintervention im Durchschnitt mit einem höheren Grundgewicht (vor allem bei den Fußmanschetten) als TG-AH.

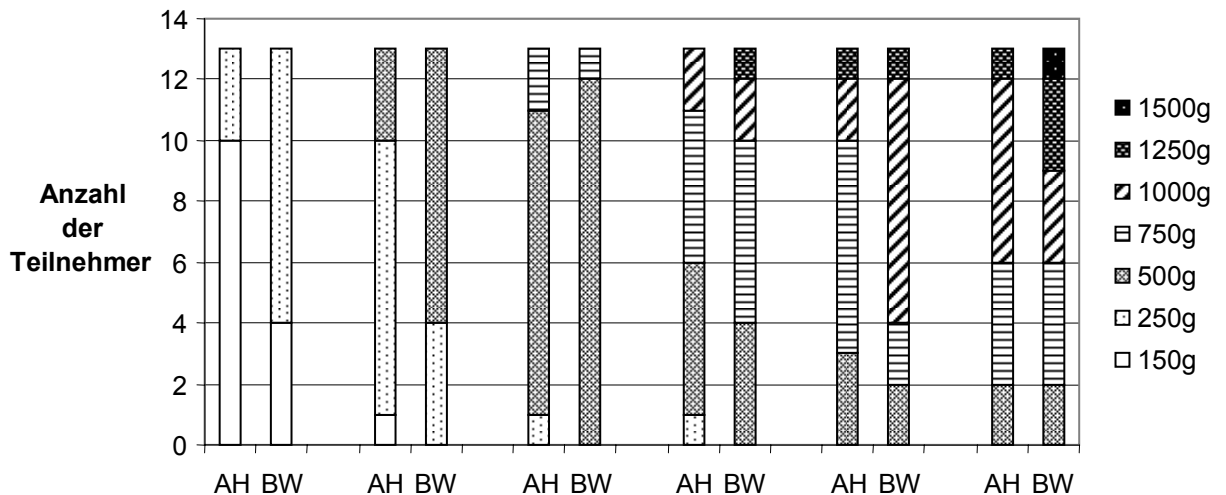


Abbildung 4-1: Hand-Trainingsbelastung der Gruppen TG-AH (n=13) und TG-BW (n=13) im Verlauf der Studie

Von den Bewohnern des Betreuten Wohnens wurde ein höheres Endgewicht sowohl bei den Hand- als auch bei den Fußgewichten in der 32. Trainingseinheit erreicht (siehe Abbildung 4-2). Bei einigen wenigen Teilnehmern aus beiden Gruppen („TG-BW“ und „TG-AH“) konnte die Belastung im Trainingsverlauf nicht ausreichend gesteigert werden. Sie trainierten selbst in der letzten Trainingseinheit noch mit sehr leichten Gewichten. Der Grund dafür waren sehr starke Gelenkschmerzen, über die die Teilnehmer während und nach der Trainingseinheit bei der Nutzung höherer Gewichte klagten.

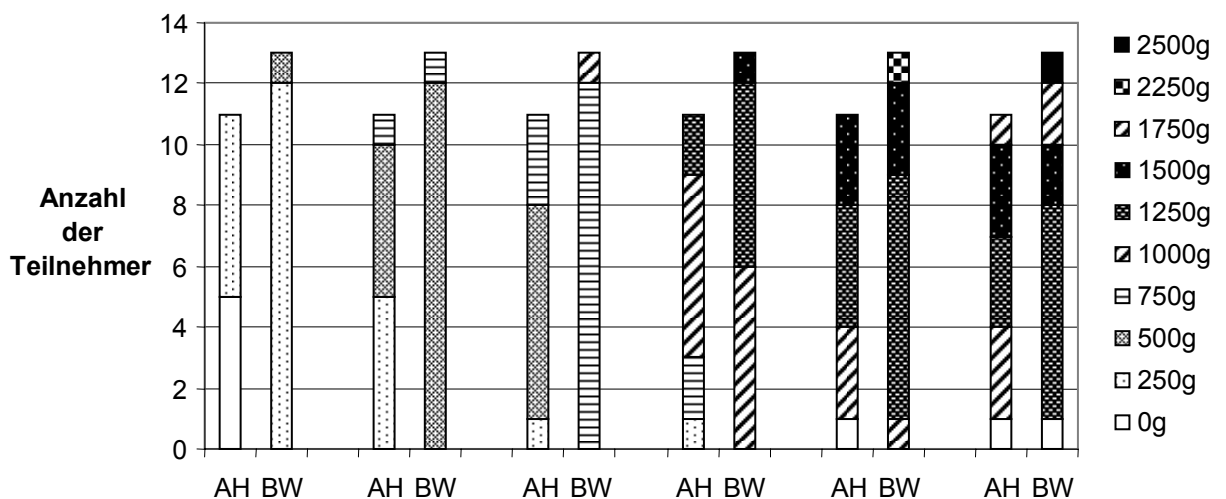


Abbildung 4-2: Fuß-Trainingsbelastung der Gruppen TG-AH (n=11) und TG-BW (n=13) im Verlauf der Studie

4.2 Testergebnisse

Ausgewertet wurden nur Daten von Probanden, die an allen Messzeitpunkten den jeweiligen Test absolviert hatten. Die Testbatterie konnte aus methodischen Gründen nicht komplett an einem Tag durchgeführt werden. Da sich die Bereitschaft, an den Tests teilzunehmen und

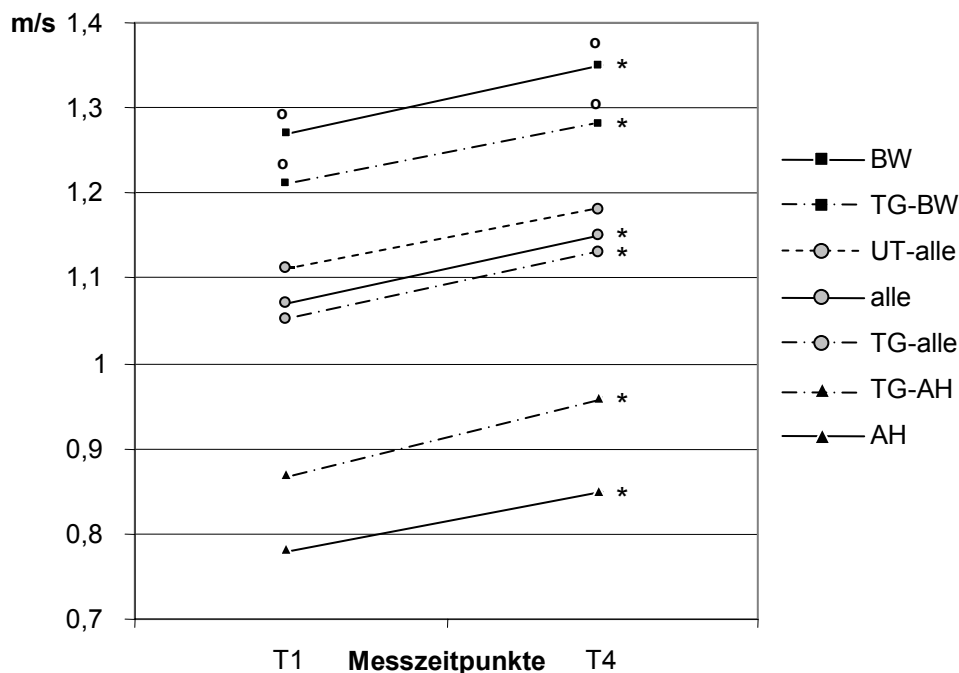
das körperliche Wohlbefinden bei einigen Teilnehmern von einem Tag zum anderen erheblich änderten, kam es bei den einzelnen Tests zu einer unterschiedlich großen Anzahl an Teilnehmern. Erkrankungen und funktionelle Einschränkungen führten darüber hinaus zu einer Reduktion der Probanden.

Aufgrund der sehr geringen Anzahl an Teilnehmern der Gruppen der unregelmäßig Trainierenden, UT-AH; UT-BW (jeweils maximal 7 Personen), ist eine statistische Auswertung wenig aussagekräftig und nicht sinnvoll. Die Mittelwerte der Testleistungen der beiden Gruppen sind dennoch in den Tabellen im Anhang aufgeführt.

4.2.1 Motorische Tests (Testbatterie)

4.2.1.1 Maximale Gehgeschwindigkeit

Die maximale Gehgeschwindigkeit hatte sich von T₁ (Woche 0) zu T₄ (Woche 16) in allen Gruppen signifikant verbessert (alle $p=0,000$; BW $p=0,005$; AH $p=0,005$; TG-alle $p=0,000$; TG-BW $p=0,007$ und TG-AH $p=0,003$) (siehe Abbildung 4-3).



* = signifikant gegenüber der Leistung zum vorherigen Messzeitpunkt

° = signifikant gegenüber der Leistung der jeweils anderen Gruppe

(BW ↔ AH oder TG-BW ↔ TG-AH oder TG-alle ↔ UT-alle)

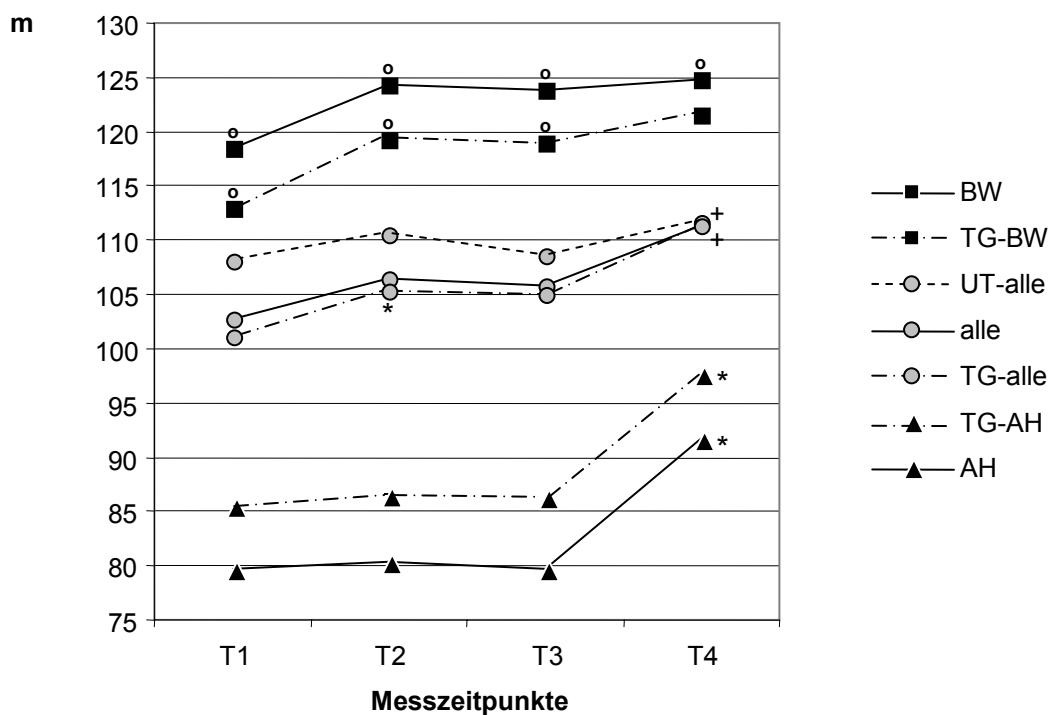
Abbildung 4-3: Mittelwerte der Testleistung „maximale Gehgeschwindigkeit“ an T₁ (Woche 0) und T₄ (Woche 16) der verschiedenen Gruppen; ohne Abbrecher

Zwischen den Bewohnern des Betreuten Wohnens und den Altenheimbewohnern bestand an beiden Messzeitpunkten ein signifikanter Leistungsunterschied, der an T₁ (Woche 0) und T₄ (Woche 16) nahezu identisch war (an T₁: BW ↔ AH $p=0,000$ und TG-BW ↔ TG-AH

$p=0,030$; an T_4 : $BW \leftrightarrow AH$ $p=0,000$ und $TG-BW \leftrightarrow TG-AH$ $p=0,042$). Während die Teilnehmer der Trainingsgruppe der Altenheimbewohner (TG-AH) an T_1 und T_4 schneller gingen als AH, gingen BW und „alle“ an T_1 und T_4 schneller als die Teilnehmer ihrer jeweiligen Trainingsgruppen (TG-BW und TG-alle). Die größte Verbesserung der maximalen Gehgeschwindigkeit konnte die Gruppe AH-TG erreichen, die an T_4 durchschnittlich 0,09 m/s schneller gehen konnte als an T_1 .

4.2.1.2 Zwei-Minuten-Gehen

Beim Test „Zwei-Minuten-Gehen“ (siehe Abbildung 4-4) gab es an den vier Messzeitpunkten nur drei signifikante Veränderungen gegenüber der Leistung zum vorherigen Testzeitpunkt: nach 4 Wochen (an T_2) konnte die Gesamt-Trainingsgruppe (TG-alle) signifikant mehr Meter in zwei Minuten zurücklegen ($p=0,046$); an T_4 (Woche 16) gelang dies TG-AH ($p=0,047$) und AH ($p=0,013$). Die Teilnehmer der Gruppen alle und TG-alle konnten ihre durchschnittliche Gehleistung auch von T_1 (Woche 0) zu T_4 (Woche 16) bis zum Ende der Intervention signifikant verbessern (alle $p=0,041$; TG-alle $p=0,049$).



* = signifikant gegenüber der Leistung zum vorherigen Messzeitpunkt

° = signifikant gegenüber der Leistung der jeweils anderen Gruppe
($BW \leftrightarrow AH$ oder $TG-BW \leftrightarrow TG-AH$ oder $TG-alle \leftrightarrow UT-alle$)

+ = signifikant gegenüber der Leistung an T_1

Abbildung 4-4: Mittelwerte der innerhalb von 2 Minuten zurückgelegten Strecke der verschiedenen Gruppen an den 4 Messzeitpunkten

Wie schon bei der maximalen Gehgeschwindigkeit bestand auch bei diesem Test an T_1 ; T_2 und T_3 sowohl zwischen den Altenheimbewohnern und den Bewohnern des Betreuten Wohnens (T_1 $p=0,003$; T_2 $p=0,001$; T_3 $p=0,001$), als auch den entsprechenden Trainingsgruppen

(T_1 $p=0,043$; T_2 $p=0,022$; T_3 $p=0,021$) ein signifikanter durchschnittlicher Leistungsunterschied. An T_4 ist nur noch der Leistungsunterschied zwischen BW und AH signifikant ($p=0,043$). TG-BW und TG-alle erbrachten an allen Messzeitpunkten durchschnittlich schlechtere Geh-Leistungen als die Gesamtgruppe BW und alle. Dem gegenüber stand eine durchschnittlich bessere Geh-Leistung der TG-AH im Vergleich mit der Gesamtgruppe AH.

Die größte Leistungssteigerung erzielte TG-AH, indem die Teilnehmer im Durchschnitt 12,3 m in 2 Minuten mehr am vierten Messzeitpunkt (T_4 /Woche 16) zurück legten als am ersten (T_1 /Woche 0). Die Gruppe TG-BW verbesserte sich lediglich um durchschnittlich 8,55 m in 2 Minuten.

4.2.1.3 Five-chair-stand

AH und TG-AH stellen gemeinsam nur eine Kurve dar, weil die Teilnehmer der Untergruppen in diesem Test identisch waren. Die großen Mittelwertveränderungen der Gruppe AH / TG-AH resultieren aus einer großen Streuung der durchschnittlichen Leistung von Einzelpersonen, die sich sehr stark verbessert haben (Daten einer Teilnehmerin der Gruppe AH / TG-AH: $T_1=50,8$ sek.; $T_2=32,7$ sek.; $T_3=22$ sek.; $T_4=17,1$ sek.) (siehe Abbildung 4-5).

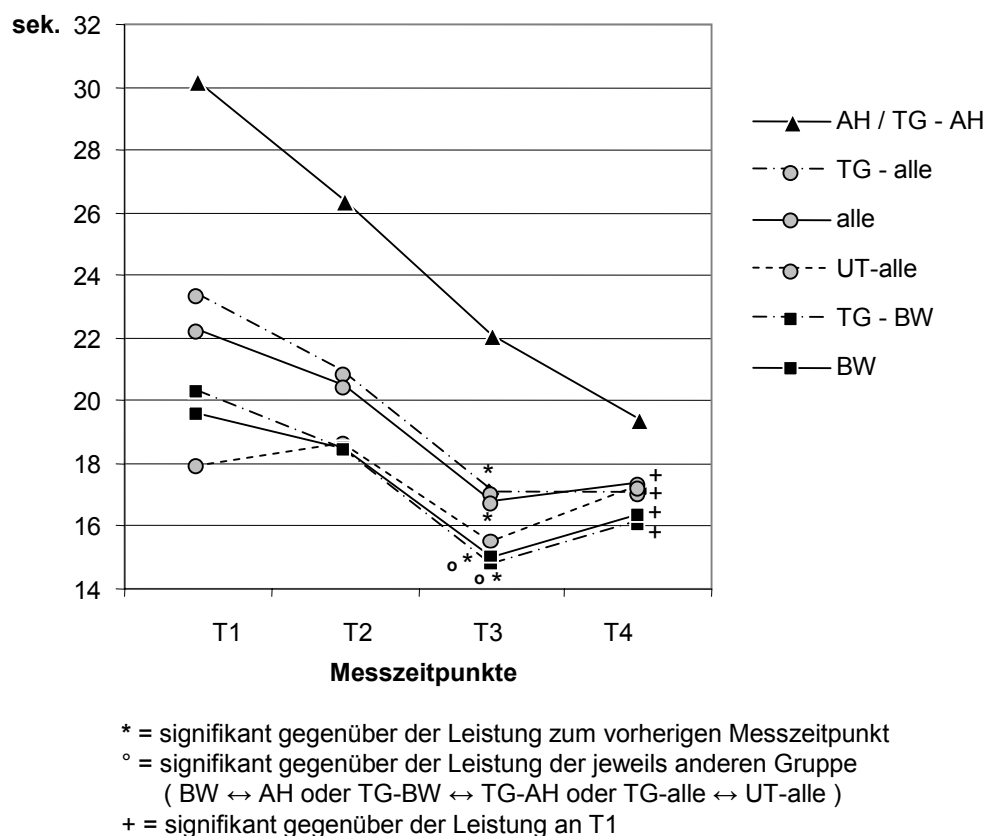


Abbildung 4-5: Mittelwerte der Testleistung „Five-chair-stand“ der verschiedenen Gruppen an den 4 Messzeitpunkten

Bereits vom zweiten (T_2 / Woche 4) zum dritten Messzeitpunkt (T_3 / Woche 10) konnten die Teilnehmer der Untergruppen „alle“ ($p=0,001$), TG-alle ($p=0,003$), BW ($p=0,004$) und TG-BW

($p=0,011$) ihre Leistung, fünfmaliges Aufstehen von einem Stuhl und Niedersetzen, signifikant steigern. Obwohl die durchschnittliche Leistung der Teilnehmer dieser Gruppen zum vierten Messzeitpunkt dann stagnierte oder sogar abnahm, war die Verbesserung vom ersten zum vierten Messzeitpunkt insgesamt signifikant (alle $p=0,011$; TG-alle $p=0,012$; BW $p=0,018$ und TG-BW $p=0,020$). Ausschließlich am Messzeitpunkt T_3 (Woche 10) bestand außerdem ein signifikanter durchschnittlicher Leistungsunterschied der Gruppen BW \leftrightarrow AH ($p=0,023$) und TG-BW \leftrightarrow TG-AH ($p=0,035$).

4.2.1.4 Gleichgewicht

Gleichgewicht im Stand

Abbildung 4-6 stellt die Ergebnisse des motorischen Tests „Gleichgewicht im Stand“ der Trainingsgruppe TG-alle dar.

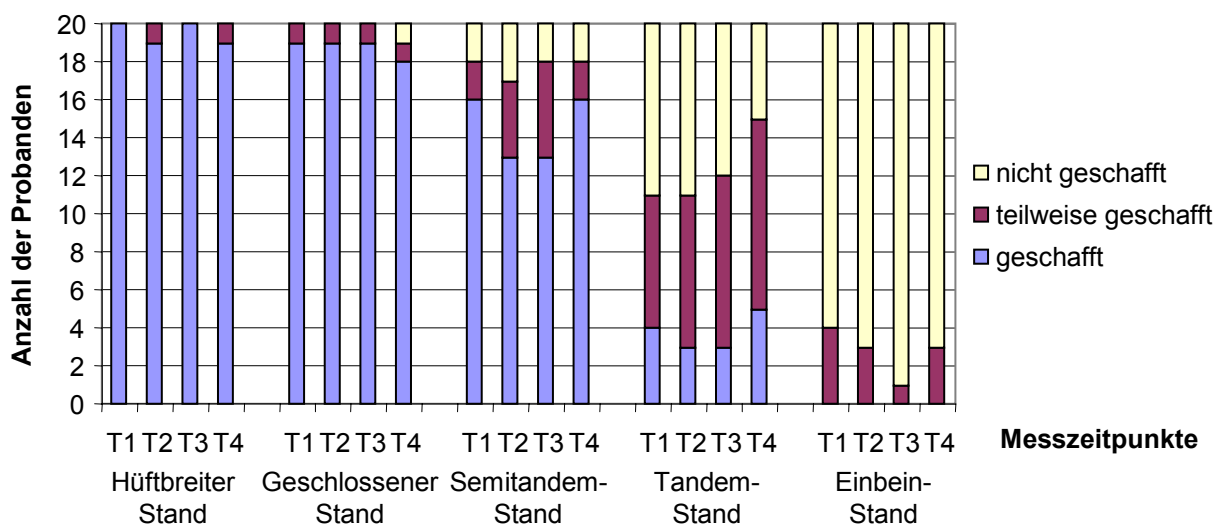


Abbildung 4-6: Gleichgewicht im Stand an den vier Messzeitpunkten der Trainingsgruppe (TG-alle)

Es gab zu keinem Messzeitpunkt eine signifikante Veränderung der Leistung. Lediglich beim Tandem-Stand ist an T_3 und T_4 ein Trend Richtung Verbesserung des Gleichgewichts feststellbar.

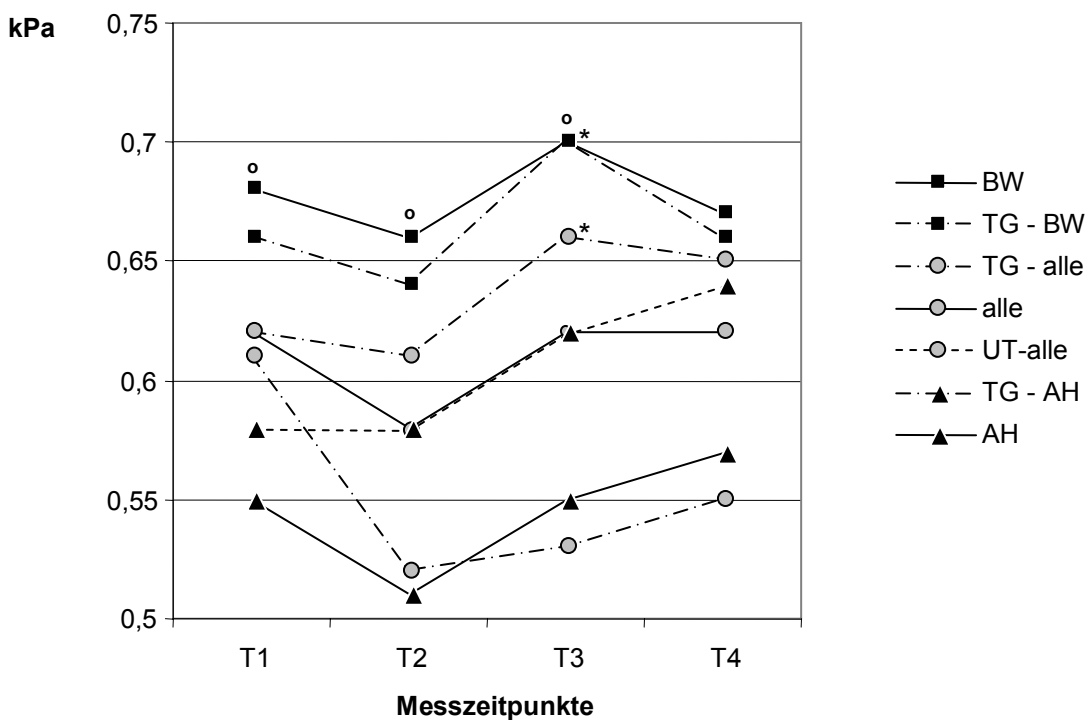
Gleichgewicht im Sitzen

Alle Senioren konnten an allen Messzeitpunkten selbständig ihr Gleichgewicht im Sitzen halten. Nur drei Rollstuhlfahrern war dies aufgrund ihrer Behinderung nicht möglich.

4.2.1.5 Maximalkraft

Handkraft links

Zwischen den Altenheimbewohnern und den Bewohnern des Betreuten Wohnens bestand bei diesem, wie bei den anderen motorischen Tests, ein Leistungsunterschied (siehe Abbildung 4-7). Beim Vergleich der beiden Gruppen BW ↔ AH war dieser zu den Messzeitpunkten T₁ ($p=0,016$), T₂ ($p=0,015$) und T₃ ($p=0,019$) signifikant. Der Leistungsunterschied zwischen den Gruppen TG-BW ↔ TG-AH und TG-alle ↔ UT-alle war jedoch zu keinem Messzeitpunkt signifikant.



* = signifikant gegenüber der Leistung zum vorherigen Testzeitpunkt

° = signifikant gegenüber der Leistung der jeweils anderen Gruppe
(BW ↔ AH oder TG-BW ↔ TG-AH oder TG-alle ↔ UT-alle)

+ = signifikant gegenüber der Leistung an T1

Abbildung 4-7: Mittelwerte der maximalen Handkraft der linken Hand der verschiedenen Gruppen an den 4 Messzeitpunkten

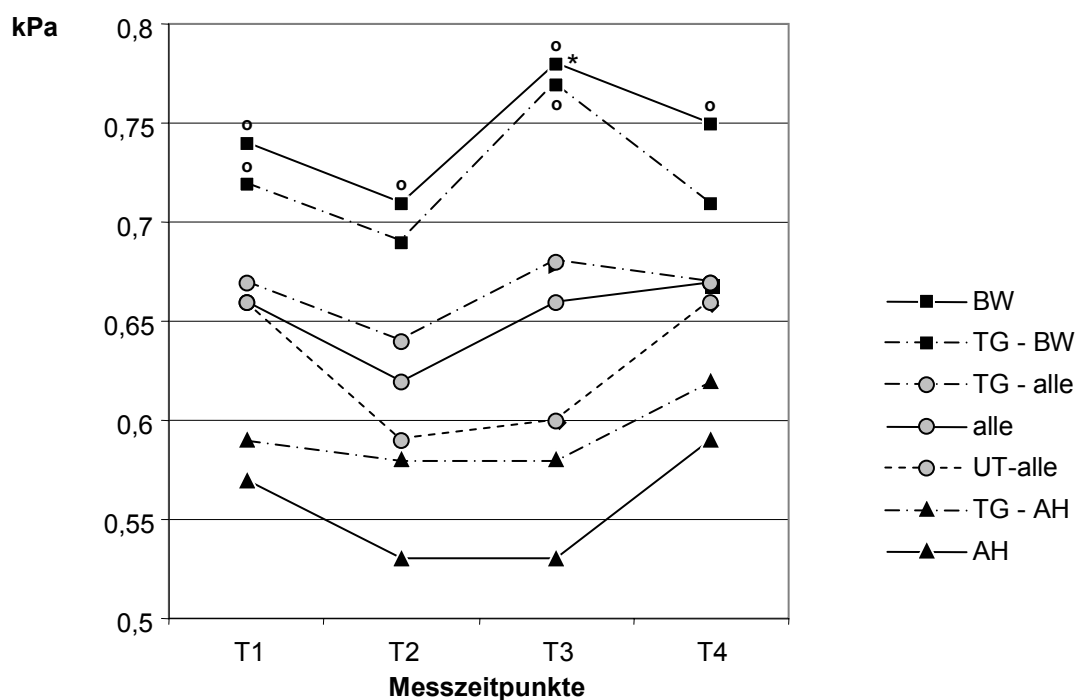
Die durchschnittliche Leistung der Teilnehmer der Gruppe TG-AH war deutlich besser als die der Teilnehmer der Gruppe AH. Während der Unterschied der mittleren Maximalkraft der linken Hand bei der Gruppe AH im Vergleich mit der Gruppe TG-AH an T₁ noch nicht sehr groß war (ca. 0,03 kPa), änderte sich dies zu T₄. Obwohl beide Gruppen insgesamt durchschnittlich an maximaler Handkraft zunahmen, vergrößerte sich der Leistungsunterschied im Mittel auf mehr als das Doppelte (ca. 0,07 kPa). Die Trainingsgruppe-Altenheimbewohner verbesserte die Maximalkraft derart, dass sie an T₄ kräftiger waren als der Durchschnitt der Gesamtgruppe „alle“. Im Gegensatz dazu war die Leistung der Gruppe TG-BW schlechter als die der Gruppe BW. Zum dritten Messzeitpunkt (T₃/ Woche 10) waren die durchschnittlichen Testergebnisse der beiden Gruppen TG-BW und BW jedoch identisch. An T₃ (Wo-

che 10) konnte bei allen Gruppen eine Steigerung der mittleren Leistung im Vergleich zu T₂ festgestellt werden. Bei den Gruppen TG-BW ($p=0,015$) und TG-alle ($p=0,048$) war diese sogar signifikant.

Handkraft rechts

Die Ergebnisse der Maximalkraftmessung der rechten Hand sind denen der linken Hand im Wesentlichen sehr ähnlich (siehe Abbildung 4-8). Da bei der Mehrheit der Probanden die rechte Hand die dominierende war, waren auch die durchschnittlichen Maximalkraftwerte der rechten Hand höher als die der linken Hand. Im Verlauf der Intervention änderte sich dieser Leistungsunterschied nicht. Er betrug an allen Messzeitpunkten ca. 0,5 kPa.

Auch bei dieser Messung ist der Leistungsunterschied zwischen den Altenheimbewohnern und den Bewohnern des Betreuten Wohnens wieder deutlich zu erkennen: zwischen BW und AH ist er an allen Messzeitpunkten signifikant (T_1 $p=0,001$; T_2 $p=0,002$; T_3 $p=0,001$; T_4 $p=0,011$), während er zwischen der durchschnittlichen Leistung der Gruppen TG-BW und TG-AH nur an den T_1 ($p=0,030$) und T_3 ($p=0,029$) signifikant war. Der Leistungsvergleich der beiden Gruppen TG-alle mit UT-alle erbrachte keine signifikanten Unterschiede.



* = signifikant gegenüber der Leistung zum vorherigen Messzeitpunkt

° = signifikant gegenüber der Leistung der jeweils anderen Gruppe
(BW ↔ AH oder TG-BW ↔ TG-AH oder TG-alle ↔ UT-alle)

Abbildung 4-8: Mittelwerte der maximalen Handkraft der rechten Hand der verschiedenen Gruppen an den 4 Messzeitpunkten

Während bei der Messung der linken Hand nach dem Leistungsverlust aller Gruppen an T₂ alle Gruppen eine Leistungssteigerung zu T₃ erlebten, blieb dies bei der Messung der rechten Hand für die Altenheimbewohner (TG-AH und AH) aus. Die Leistung stagnierte und stieg

erst zu T₄ an. Eine signifikante Verbesserung der Maximalkraft erbrachte lediglich die Gruppe BW ($p=0,049$) an T₃.

Fußgelenksextension, Kniegelenksextension, Kniegelenksflexion

Die Maximalkraftmessungen der Beinmuskulatur konnten aus technischen Gründen erst spät beginnen. Deswegen liegen von den Bewohnern des Betreuten Wohnens die Daten erst von T₂ und T₄, und von den Altenheimbewohnern sogar erst von T₃ und T₄ vor. Aufgrund der unterschiedlich großen Zeiträume zwischen der ersten und der zweiten Messung wurden die Bewohner des Betreuten Wohnens und die Altenheimbewohner getrennt ausgewertet.

Bei der Auswertung der Testergebnisse ist eine große Streuung der Maximalkraftwerte der unteren Extremitäten festgestellt worden, da Menschen mit wenigen Kilogramm Muskelmasse weniger Kraft haben als Menschen mit mehr Muskelmasse. Eine Reduktion des Streuungsausmaßes hätte erreicht werden können, wenn die Kraftwerte auf die Konstitution bzw. die vorhandene Körpermasse der jeweiligen Probanden bezogen worden wäre. Am Ergebnis der statistischen Tests, wie sie vorliegend durchgeführt wurden, hätte sich durch die Datentransformation allerdings nichts geändert.

Eine statistische Auswertung auf signifikante Unterschiede der durchschnittlichen Leistung der Teilnehmer der Gruppen AH (4 Personen) (siehe Abbildung 4-9) und TG-AH (3 Personen) (siehe Abbildung 4-10) von T₃ zu T₄ ist aufgrund der geringen Teilnehmerzahl nicht aussagekräftig, daher werden lediglich die Mittelwerte in der Grafik dargestellt.

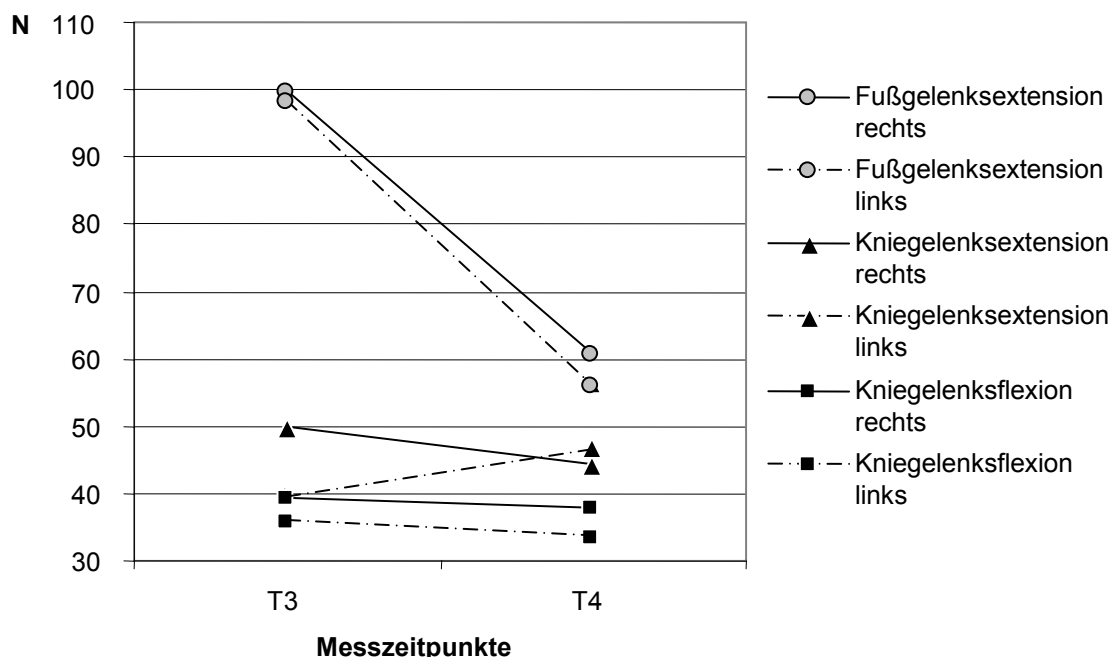


Abbildung 4-9: Mittelwerte der Maximalkraft der Altenheimbewohner (AH) an T₃ (Woche 10) und T₄ (Woche 16)

Besonders auffällig war der Maximalkraftverlust der Fußextensoren (rechter und linker Fuß) von T₃ zu T₄ bei den Gruppen (AH und TG-AH). Dieser ist entweder auf Mitkontraktionen anderer Muskelgruppen während der Messung zu T₃ (Woche 10) oder auf Messfehler zurückzuführen.

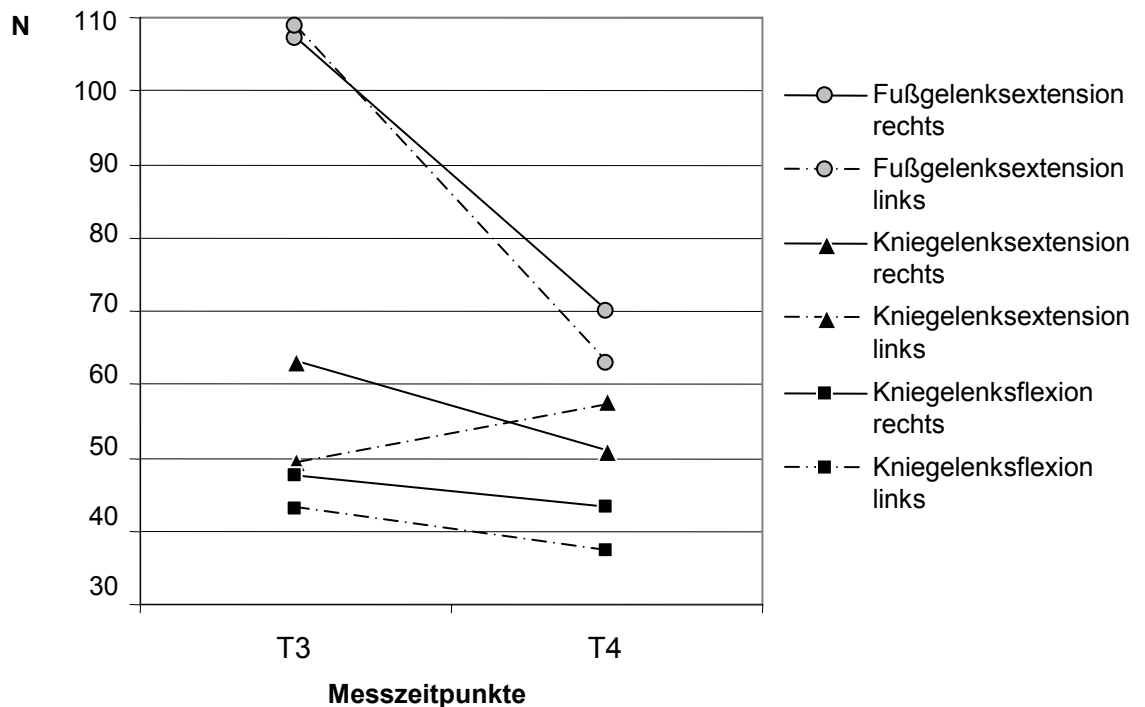


Abbildung 4-10: Mittelwerte der Maximalkraft der Trainingsgruppe der Altenheimbewohner (TG-AH) an T_3 (Woche 10) und T_4 (Woche 16)

Insgesamt war bei den Altenheimbewohnern die Kniegelenksflexion rechts der einzige Maximalkraftwert, der sich verbessert hatte. Im Gegensatz dazu haben sich bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens alle Maximalkraftwerte, mit Ausnahme der Kniegelenksextension links und der Kniegelenksflexion links, sowohl bei BW (17 Personen) (siehe Abbildung 4-11) als auch bei TG-BW (11 Personen) (siehe Abbildung 4-12), vom ersten zum zweiten Messzeitpunkt verbessert. In beiden Gruppen war die Steigerung der Maximalkraft der Fußextensoren rechts sogar signifikant (BW $p=0,003$; TG-BW $p=0,026$). Darüber hinaus fällt auf, dass bei der Gesamtgruppe des Betreuten Wohnens (BW) bei der Fußgelenksextension beim ersten Messzeitpunkt der rechte und der linke Fuß im Mittel fast gleich kräftig waren, während sich dieses zur zweiten Messung geändert hatte. Auch bei diesem Test war der Leistungsunterschied zwischen der Gesamtgruppe BW und der Trainingsgruppe TG-BW bemerkenswert. Erneut erbrachten die Teilnehmer der Gruppe TG-BW, wie auch schon bei den anderen motorischen Tests, im Mittel schlechtere Leistungen als die Teilnehmer der Gruppe BW.

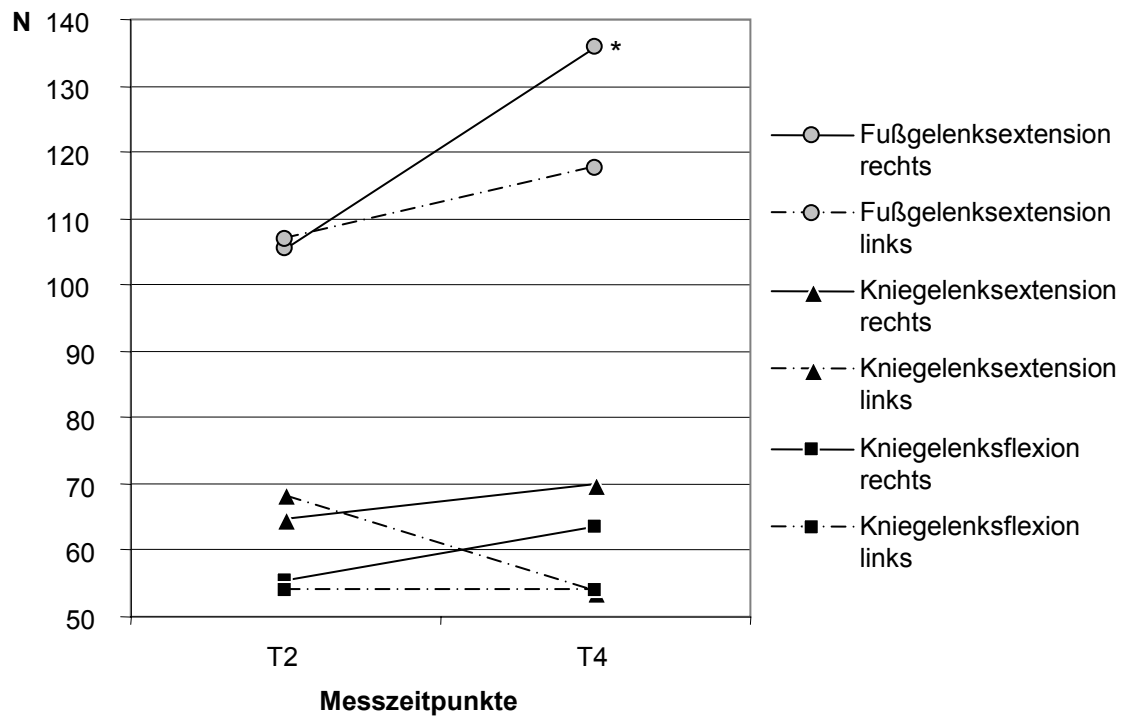
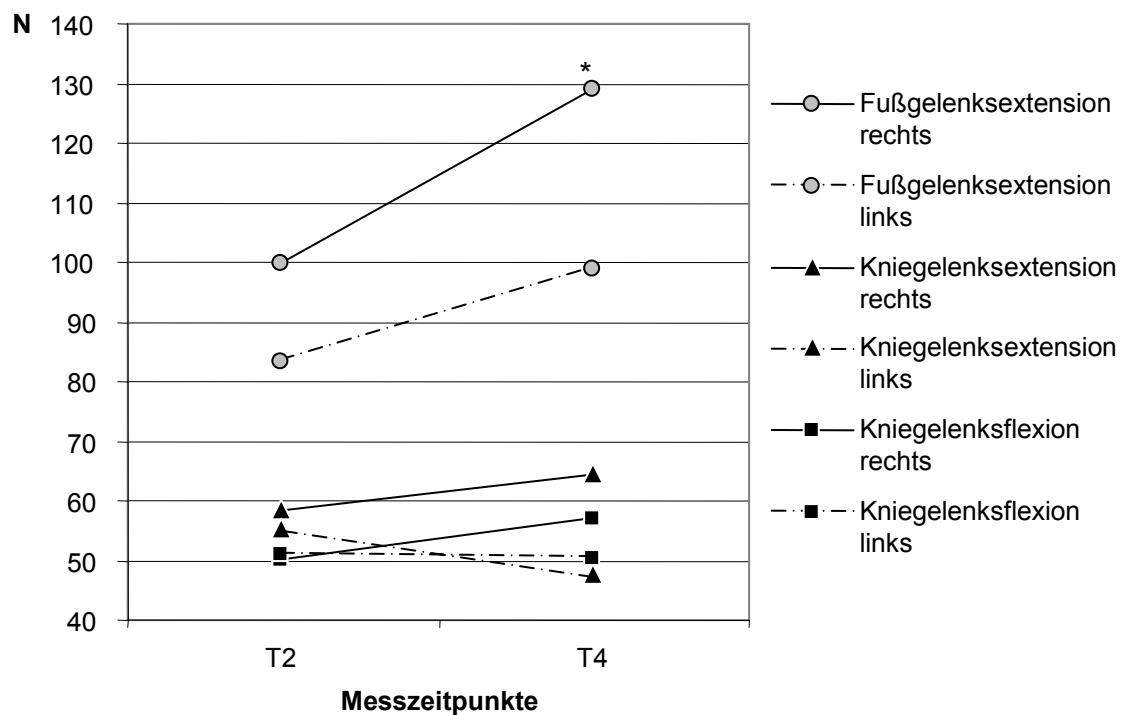


Abbildung 4-11: Mittelwert der Maximalkraft der Bewohner des Betreuten Wohnens (BW) an T_2 (Woche 4) und T_4 (Woche 16)



* = signifikant gegenüber der Leistung zum vorherigen Testzeitpunkt

Abbildung 4-12: Maximalkraft der Trainingsgruppe des Betreuten Wohnens (TG-BW) an T_2 (Woche 4) und T_4 (Woche 16)

4.2.2 Metabolische, biologische und anthropometrische Parameter

4.2.2.1 Klinisch-chemische Untersuchungen

Routine-Blutparameter

In Tabelle 4-4 werden die Ergebnisse der Blutanalyse der Teilnehmer, unterteilt in die Trainingsgruppen TG-BW und TG-AH, an T_1 (Woche 0) und T_4 (Woche 16) dargestellt.

Tabelle 4-4: Blutwerte der Teilnehmer unterteilt in die Trainingsgruppen TG-AH und TG-BW an T_1 (Woche 0) und T_4 (Woche 16); ohne Abbrecher; signifikante Parameter sind grau hinterlegt; ↓; ↑ = Veränderungen des Mittelwertes; GPT= Glutamat-Pyruvat-Transaminase; GGT= Gamma-Glutamyl-Transpeptidase

Blutwerte	TG-AH (n=12)				TG-BW (n=8)			
	T1	T4		p	T1	T4		p
Weiße Blutkörperchen (*10 ³ / µl)	5,77 ± 1,1	5,54 ± 1,4	↓	n.s.	5,21 ± 1,6	5,33 ± 1,3	↑	n.s.
Rote Blutkörperchen (*10 ⁶ / µl)	4,42 ± 0,6	4,22 ± 0,5	↓	0,034	4,58 ± 0,4	4,53 ± 0,4	↓	n.s.
Hämoglobin (g/ dl)	13,12 ± 1,9	12,41 ± 1,7	↓	n.s.	13,63 ± 1,0	13,23 ± 1,4	↓	n.s.
Hämatokrit (%)	39,97 ± 5,14	38,46 ± 39,9	↓	n.s.	42,66 ± 2,7	40,59 ± 4	↓	n.s.
Thrombozyten (*10 ³ / µl)	232,08 ± 75,2	234,25 ± 54,5	↑	n.s.	240 ± 83,1	236,75 ± 66,8	↓	n.s.
Harnstoff (mg/ dl)	50,75 ± 21,4	53,92 ± 37,8	↑	n.s.	39,29 ± 13	46,57 ± 26,8	↑	n.s.
Kreatinin (mg/ dl)	0,98 ± 0,3	1,04 ± 0,4	↑	n.s.	0,76 ± 0,1	0,85 ± 0,2	↑	n.s.
Harnsäure (mg/ dl)	6,78 ± 1,7	6,99 ± 2,3	↑	n.s.	5,0 ± 1,0	5,36 ± 1,0	↑	n.s.
Bilirubin (mg/ dl)	0,63 ± 0,3	0,49 ± 0,2	↓	n.s.	0,45 ± 0,1	0,47 ± 0,2	↑	n.s.
Total Protein (g/ dl)	6,57 ± 0,4	6,63 ± 0,4	↑	n.s.	6,77 ± 0,3	6,99 ± 0,3	↑	n.s.
GPT (U/ l)	8,5 ± 3,1	8,41 ± 3,0	↓	n.s.	10,19 ± 5,2	10,3 ± 3,0	↑	n.s.
GGT (U/ l)	14,5 ± 7,9	11,78 ± 6,3	↓	n.s.	13,27 ± 9,2	13,91 ± 6,9	↑	n.s.
Alkalische Phosphate (U/ l)	84,08 ± 15,5	80,33 ± 17,5	↓	n.s.	78,86 ± 15,3	78 ± 14,3	↓	n.s.
Kreatinkinase (U/ l)	62,42 ± 115,5	29,08 ± 28,3	↓	n.s.	40,86 ± 22,2	32,71 ± 13	↓	n.s.
Glucose (mg/ dl)	100,33 ± 18,4	99,58 ± 27,4	↓	n.s.	91,86 ± 11,4	85,29 ± 10,1	↓	n.s.
C-reaktives-Protein (mg/ dl)	0,99 ± 1,3	0,45 ± 0,4	↓	n.s.	0,24 ± 0,2	0,19 ± 0,2	↓	n.s.
Cholesterin (mg/ dl)	226,42 ± 59,9	223,25 ± 48,2	↓	n.s.	226,14 ± 27,8	205,71 ± 42,1	↓	n.s.
Triglyceride (mg/ dl)	141,92 ± 53,7	138 ± 74,1	↓	n.s.	113 ± 24,3	132,14 ± 51,6	↑	n.s.
HDL-Cholesterin (mg/ dl)	51,42 ± 13,4	43,75 ± 18,2	↓	n.s.	56,29 ± 9,2	52,71 ± 10,0	↓	n.s.
LDL-Cholesterin (mg/ dl)	147 ± 49,3	151,75 ± 39,2	↑	n.s.	147,14 ± 32,8	125,29 ± 43,2	↓	n.s.
Eisen (µg/ dl)	76,58 ± 22,0	66 ± 20,3	↓	n.s.	82,86 ± 20,4	77,57 ± 27,1	↓	n.s.
Ferritin (ng/ml))	62,92 ± 51,4	67,67 ± 53,3	↑	n.s.	48,13 ± 30,9	43,75 ± 21,0	↓	n.s.

Da nicht alle Teilnehmer zu einer Blutabnahme bereit waren, können hier auch nur die Veränderungen eines Teilkollektivs der Gruppen gezeigt werden. Insgesamt hat sich lediglich ein Wert signifikant verändert: die roten Blutkörperchen (TG-AH $p=0,034$) der Trainingsgruppe TG-AH haben abgenommen. Die Ergebnisse der Routine-Blutanalyse aller Trainierenden (TG-alle) werden in Tabelle 4-5 gezeigt. Hier war sowohl das Hämoglobin (TG-alle $p=0,042$) als auch das Hämatokrit (TG-alle $p=0,026$) bis zum Ende der Trainingsintervention signifikant reduziert.

Tabelle 4-5: Blutwerte der Teilnehmer der Gesamt-Trainingsgruppe TG-alle an T₁ (Woche 0) und T₄ (Woche 16); ohne Abbrecher; signifikante Parameter sind grau hinterlegt; ↓; ↑; ↔ = Veränderungen des Mittelwertes; GPT= Glutamat-Pyruvat-Transaminase; GGT= Gamma-Glutamyl-Transpeptidase

Blutwerte	TG-alle (n=20)			
	T1	T4		p
Weißer Blutkörperchen (*10 ³ / µl)	5,54 ± 1,3	5,45 ± 1,3	↓	n.s.
Rote Blutkörperchen (*10 ⁶ / µl)	4,49 ± 0,5	4,34 ± 0,5	↓	n.s.
Hämoglobin (g/ dl)	13,32 ± 1,6	12,74 ± 1,6	↓	0,042
Hämatokrit (%)	41,05 ± 4,5	39,31 ± 4,5	↓	0,026
Thrombozyten (*10 ³ / µl)	235,25 ± 76,4	235,25 ± 58,0	↔	n.s.
Harnstoff (mg/ dl)	46,53 ± 19,2	51,21 ± 33,5	↑	n.s.
Kreatinin (mg/ dl)	0,9 ± 0,3	0,97 ± 0,3	↑	n.s.
Harnsäure (mg/ dl)	6,13 ± 1,7	6,39 ± 2,1	↑	n.s.
Bilirubin (mg/ dl)	0,56 ± 0,2	0,48 ± 0,2	↓	n.s.
Total Protein (g/ dl)	6,65 ± 0,4	6,77 ± 0,4	↑	n.s.
GPT (U/ l)	9,12 ± 4	9,11 ± 3,1	↓	n.s.
GGT (U/ l)	14,05 ± 8,2	12,57 ± 6,4	↓	n.s.
Alkalische Phosphate (U/ l)	82,16 ± 15,2	79,47 ± 16	↓	n.s.
Kreatinkinase (U/ l)	54,47 ± 91,8	30,42 ± 23,4	↓	n.s.
Glucose (mg/ dl)	97,21 ± 16,4	94,32 ± 23,3	↓	n.s.
C-reaktives-Protein (mg/ dl)	0,72 ± 1,1	0,35 ± 0,3	↓	n.s.
Cholesterin (mg/ dl)	226,32 ± 49,5	216,79 ± 45,7	↓	n.s.
Triglyceride (mg/ dl)	131,26 ± 46,5	135,84 ± 65,2	↓	n.s.
HDL-Cholesterin (mg/ dl)	53,21 ± 12	47,05 ± 16	↓	n.s.
LDL-Cholesterin (mg/ dl)	147,05 ± 42,9	142,0 ± 41,6	↑	n.s.
Eisen (µg/ dl)	78,89 ± 21,1	70,26 ± 23	↓	n.s.
Ferritin (ng/ml))	57,0 ± 44,0	58,1 ± 44,2	↑	n.s.

Aminosäuren

Auch die Aminosäuren wurden zu den Zeitpunkten T₁ (Woche 0) und T₄ (Woche 16) gemessen. In Tabelle 4-6 werden die Ergebnisse der beiden Trainingsgruppen wiederum unterteilt in TG-AH und TG-BW dargestellt.

Tabelle 4-6: Aminosäurenwerte der Teilnehmer unterteilt in die Trainingsgruppen TG-AH und TG-BW an T₁ (Woche 0) und T₄ (Woche 16), ohne Abbrecher; signifikante Parameter sind grau hinterlegt;

↓; ↑ = Veränderungen des Mittelwertes

Aminosäuren (μmol/l)	TG-AH (n=12)				TG-BW (n=8)			
	T1	T4		p	T1	T4		p
Alanin	258,75 ± 73,0	320,92 ± 83,0	↑	n.s.	296,0 ± 49,3	320,38 ± 72,8	↑	n.s.
Valin	153,08 ± 22,9	210,08 ± 50,0	↑	0,008	157,75 ± 20,9	217,5 ± 19,7	↑	0,000
Leucin	74,08 ± 13,8	83,25 ± 18,4	↑	n.s.	69,63 ± 7,3	86,75 ± 13,6	↑	0,003
Isoleucin	42,25 ± 9,6	59,67 ± 15,8	↑	0,015	42,63 ± 4,8	61,5 ± 10,3	↑	0,001
Glutamin	572,83 ± 90,0	652,75 ± 112,8	↑	n.s.	570,75 ± 100,8	729,34 ± 101,7	↑	0,014
Glutamat	32,17 ± 16,0	42,33 ± 29,4	↑	n.s.	25,0 ± 21,4	38,25 ± 16,0	↑	0,048
Glycin	239,42 ± 63,9	247,25 ± 67,1	↑	n.s.	236,0 ± 98,6	249,13 ± 60,6	↑	n.s.
Serin	79,92 ± 19,3	89,17 ± 17,5	↑	n.s.	81,63 ± 22,9	101,0 ± 33,6	↑	0,035
Threonin	79,25 ± 22,5	89,25 ± 18,2	↑	n.s.	79,5 ± 30,9	99,0 ± 31,3	↑	n.s.
Arginin	83,58 ± 27,9	86,92 ± 20,1	↑	n.s.	83,88 ± 23,5	87,13 ± 20,0	↑	n.s.
Tyrosin	49,75 ± 13,7	50,83 ± 11,0	↑	n.s.	44,13 ± 5,2	55,63 ± 19,9	↑	n.s.
Tryptophan	23,08 ± 6,7	28,17 ± 5,4	↑	0,025	23,13 ± 7,6	31,88 ± 7,4	↑	0,012
Asparagin	35,67 ± 9,3	42,5 ± 6,1	↑	n.s.	41,38 ± 11,5	52,0 ± 15,1	↑	0,035
Lysin	88,83 ± 13,1	86,0 ± 18,4	↓	n.s.	81,5 ± 16,7	80,5 ± 20,5	↓	n.s.
Histidin	55,17 ± 7,7	50,25 ± 21,5	↓	n.s.	114,17 ± 154,5	115,17 ± 147,0	↑	n.s.
Methionin	17,42 ± 3,6	21,5 ± 3,8	↑	n.s.	16,88 ± 4,7	22,5 ± 5,3	↑	0,000
Homocystein	13,51 ± 6,0	15,34 ± 6,7	↑	n.s.	11,12 ± 2,6	9,99 ± 1,9	↓	n.s.
Cystein	369,5 ± 84,7	346,17 ± 76,0	↓	n.s.	351,88 ± 40,2	302,63 ± 39,2	↓	0,001
Glutathion-gesamt	716,92 ± 106,4	984,67 ± 217,8	↑	0,001	792,0 ± 103,8	978,25 ± 263,9	↑	n.s.

Sowohl bei den Teilnehmern der Trainingsgruppe der Altenheimbewohner als auch bei denen des Betreuten Wohnens haben sich bis zum Ende der Intervention (T₄, Woche 16) einige AS-Werte signifikant verändert. Bei beiden Gruppen hat die Plasma-Konzentration der verzweigtkettigen AS Valin (TG-AH, p=0,008; TG-BW, p=0,000) und Isoleucin (TG-AH, p=0,015; TG-BW, p=0,001) signifikant zugenommen, bei TG-BW zusätzlich auch Leucin (p=0,003). Außerdem konnten bei den Altenheimbewohnern signifikante Konzentrationszunahmen im Plasma von Tryptophan (p=0,025) und Glutathion-gesamt (p=0,001) festgestellt werden. Auch bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens war der Wert von Tryptophan

($p=0,012$) an T_4 (Woche 16) deutlich höher als an T_1 (Woche 0). Darüber hinaus konnten zusätzlich noch deutlich erhöhte Plasma-Konzentrationen von Glutamin ($p=0,014$), Glutamat ($p=0,048$), Serin ($p=0,035$), Asparagin ($p=0,035$), Methionin ($p=0,000$) und Cystein ($p=0,001$) gemessen werden.

In den Werten der Gesamttrainingsgruppe TG-alle (siehe Tabelle 4-7) spiegeln sich die Veränderungen der Untergruppen TG-AH und TG-BW wider. Deswegen konnten hier sehr ähnliche Signifikanzen gemessen und festgestellt werden: Valin ($p=0,000$), Leucin ($p=0,012$), Isoleucin ($p=0,000$), Glutamin ($p=0,004$), Glutamat ($p=0,008$), Serin ($p=0,014$), Threonin ($p=0,028$), Tryptophan ($p=0,001$), Asparagin ($p=0,006$), Methionin ($p=0,001$), Cystein ($p=0,000$) und Glutathion-gesamt ($p=0,000$).

Tabelle 4-7: Aminosäurenwerte der Teilnehmer der Gesamt-Trainingsgruppe TG-alle an T_1 (Woche 0) und T_4 (Woche 16); ohne Abbrecher; signifikante Parameter sind grau hinterlegt;

↓; ↑ = Veränderungen des Mittelwertes

Aminosäuren (μmol/l)	TG-alle (n=20)			
	T1	T4		p
Alanin	273,65 ± 65,8	320,7 ± 78,9	↑	n.s.
Valin	154,95 ± 21,7	213,05 ± 40,0	↑	0,000
Leucin	72,3 ± 11,6	84,65 ± 16,4	↑	0,012
Isoleucin	42,4 ± 7,9	60,4 ± 13,6	↑	0,000
Glutamin	572,0 ± 91,8	683,4 ± 112,5	↑	0,004
Glutamat	29,3 ± 18,1	40,7 ± 24,5	↑	0,008
Glycin	238,05 ± 77,1	248,0 ± 62,9	↑	n.s.
Serin	80,6 ± 20,2	93,9 ± 25,0	↑	0,014
Threonin	79,35 ± 25,4	93,15 ± 24,0	↑	0,028
Arginin	83,7 ± 25,6	87,0 ± 19,5	↑	n.s.
Tyrosin	47,5 ± 11,2	52,75 ± 14,9	↑	n.s.
Tryptophan	23,1 ± 6,9	29,65 ± 6,4	↑	0,001
Asparagin	37,95 ± 10,3	46,3 ± 11,4	↑	0,006
Lysin	85,9 ± 14,7	83,8 ± 18,9	↓	n.s.
Histidin	74,8 ± 88,7	71,89 ± 87,5	↓	n.s.
Methionin	17,2 ± 4,0	21,9 ± 4,4	↑	0,001
Homocystein	12,56 ± 5,0	13,2 ± 5,9	↑	n.s.
Cystein	362,45 ± 69,5	328,75 ± 66,3	↓	0,000
Glutathion-gesamt	746,95 ± 109,3	982,1 ± 230,5	↑	0,000

4.2.2.2 Körperzusammensetzung

Die Messung der Körperzusammensetzung mit der Bioelektrischen Impedanzanalyse (BIA) war aus methodischen Gründen nur bei 21 Teilnehmern der Trainingsgruppen möglich. Sie erbrachte bei einem Parameter eine signifikante Veränderung: die Extrazellulärmasse nahm bei der Altenheim-Trainingsgruppe (TG-AH) signifikant ($p=0,039$) von T₁ (Woche 0) zu T₄ (Woche 16) zu (siehe Abbildung 4-13 und Abbildung 4-14).

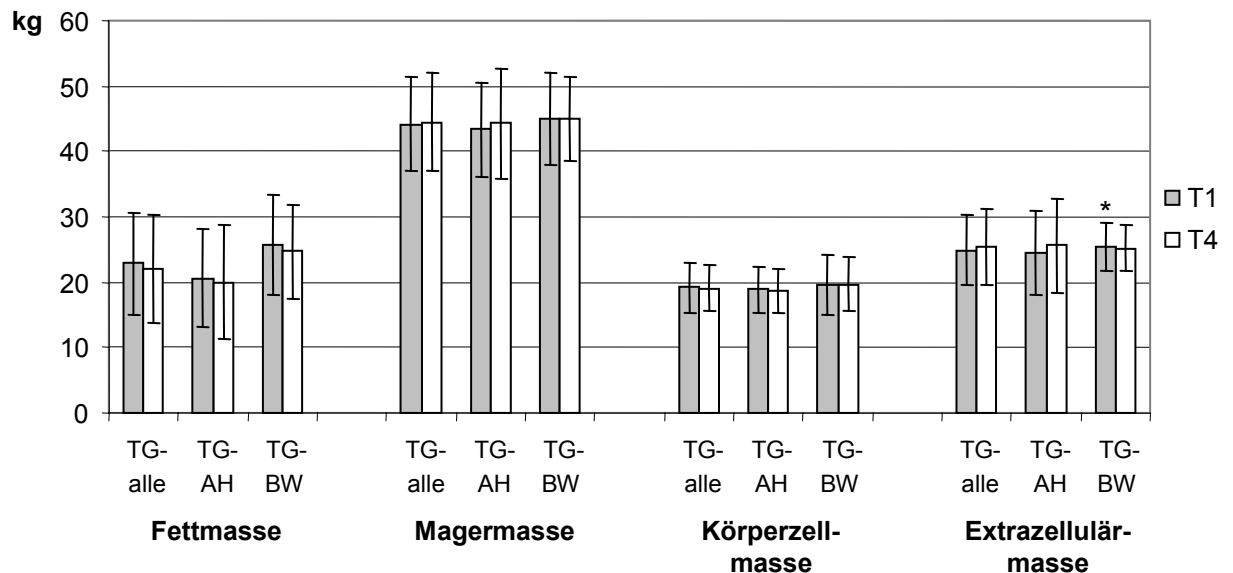


Abbildung 4-13: Ergebnisse der Fettmasse-, Magermasse-, Körperzellmasse- und Extrazellulärmasse-Messung der Trainingsgruppe (TG-alle, TG-AH, TG-BW) an T₁ (Woche 0) und T₄ (Woche 16); ohne Abbrecher

Bei allen anderen Messungen gab es zwar geringfügige Änderungen, diese waren jedoch nicht signifikant.

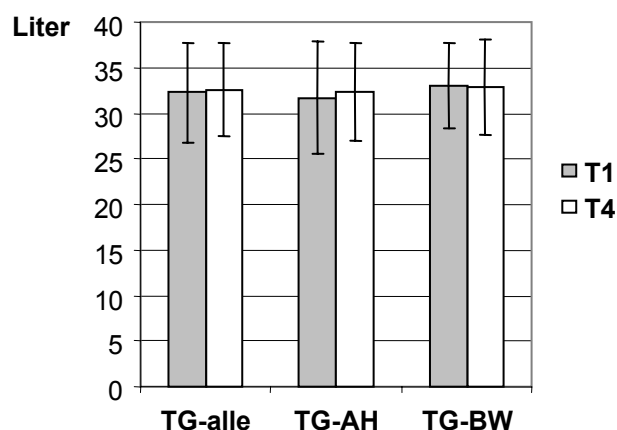


Abbildung 4-14: Veränderungen des durchschnittlichen Körperwassers der Gruppen TG-alle, TG-AH und TG-BW an den Messzeitpunkten T₁ (Woche 0) und T₄ (Woche 16); ohne Abbrecher

4.2.2.3 Körpergewichtsveränderungen, Body-Mass-Index (BMI)

Das Körpergewicht und die Gewichtsveränderungen sind sowohl im Hinblick auf Über- als auch auf Untergewicht von großer gesundheitlicher Bedeutung. Aus technischen Gründen war es jedoch nicht möglich, die Körpergewichtsdaten von allen Teilnehmern zu allen Messzeitpunkten zu erheben. Darum liegen für die Auswertung der Körpergewichtsveränderung der Gesamtgruppe auch nur die Daten von 29 Teilnehmern [13 Altenheimbewohner (AH) und 16 Bewohner des Betreuten Wohnens (BW)] und aus der Trainingsgruppe von 21 Teilnehmern (9 AH und 12 BW) vor.

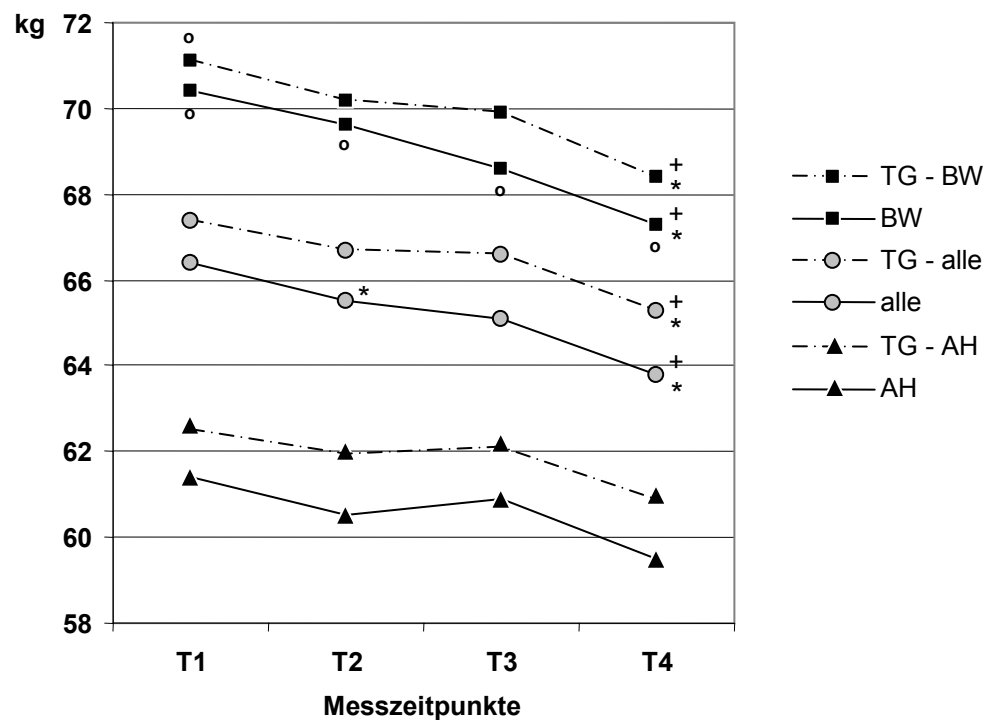
Von den 29 Teilnehmern haben 19 (65,5 %) vom ersten (Woche 0 / T_1) bis zum vierten Messzeitpunkt (Woche 16 / T_4) an Körpergewicht verloren. Die Gewichtsreduktion der einzelnen Teilnehmer war dabei unterschiedlich groß (siehe Tabelle 4-8). Der sehr große Gewichtsverlust von drei Teilnehmern - über 10 % des Eigengewichtes - war überraschend, da bei keinem der Teilnehmer eine neue akute Erkrankung oder ein akutes außergewöhnliches Ereignis (z.B. der Tod eines Verwandten) vorlag.

Tabelle 4-8: Gewichtsveränderungen der Teilnehmer, von denen an allen 4 Messzeitpunkten Daten vorlagen (n=29)

Gewichtsveränderungen	Anzahl der Teilnehmer
abgenommen	19
< 5 %	7
5 – 7,5 %	3
7,5 – 10 %	6
> 10 %	3
gleich geblieben (max. ± 1 kg)	7
zugewonnen	3

Bei allen Gruppen hat das mittlere Körpergewicht der Teilnehmer von T_1 (Woche 0) zu T_4 (Woche 16) abgenommen (siehe Abbildung 4-15). Bei den Gruppen TG-BW ($p=0,000$), BW ($p=0,000$), TG-alle ($p=0,001$) und der Gesamtgruppe „alle“ ($p=0,000$) war der Verlust sogar signifikant. Während der Interventionsphase nahmen die Teilnehmer besonders zwischen dem 3. und 4. Messzeitpunkt (zwischen Woche 10 und 16) an Körpergewicht ab. Wiederum war der Verlust bei den Gruppen TG-BW ($p=0,004$), BW ($p=0,007$), TG-alle ($p=0,002$) und „alle“ ($p=0,004$) sogar signifikant. Bei der Gruppe „alle“ war darüber hinaus bereits von T_2 (Woche 4) zu T_3 (Woche 10) der Gewichtsverlust signifikant ($p=0,009$).

Die Bewohner beider Wohnformen, Altenheimbewohner (AH) und Bewohner des Betreuten Wohnens (BW), wiesen im Mittel ein sehr unterschiedliches Körpergewicht auf. Der Unterschied war zu allen Messzeitpunkten signifikant (T_1 $p=0,011$; T_2 $p=0,014$; T_3 $p=0,034$; T_4 $p=0,031$). Während die Altenheimbewohner vor der Intervention, in Woche 0 (T_1), ein durchschnittliches Körpergewicht von $61,4 \pm 7,8$ kg hatten, wogen die Bewohner des Betreuten Wohnens im Mittel $70,4 \pm 9,7$ kg. Zwischen den Gruppen TG-BW und TG-AH war der Körpergewichtsunterschied nur an T_1 (Woche 0) signifikant ($p=0,043$).



- * = signifikant gegenüber dem Körpergewicht zum vorherigen Testzeitpunkt
 ° = signifikant gegenüber dem Körpergewicht der jeweils anderen Gruppe
 (BW ↔ AH oder TG-BW ↔ TG-AH)
 + = signifikant gegenüber dem Körpergewicht an T1

Abbildung 4-15: Durchschnittliche Körpergewichtsveränderungen der Teilnehmer der verschiedenen Gruppen im Verlauf der Intervention; ohne Abbrecher

Das Körpergewicht ist neben der Körperlänge die Variable, mit der der Body-Mass-Index (BMI) errechnet wird (siehe Abbildung 4-16). Da sich innerhalb der Interventionsdauer die Körperlänge der Teilnehmer nicht wesentlich verändert hatte, sind die Änderungen der BMI-Werte auf die Körpergewichtsveränderungen zurückzuführen. Die Verläufe der Kurven der einzelnen Gruppen ähneln daher denen der Körpergewichtsveränderung. Auch die Signifikanzen treten im Wesentlichen an den gleichen Stellen auf (TG-BW: T1-T4: $p=0,000$, T3-T4: $p=0,004$; BW: T1-T4: $p=0,000$, T3-T4: $p=0,007$; TG-alle: T1-T4: $p=0,001$, T3-T4: $p=0,005$; alle: T1-T2: $p=0,038$, T1-T4: $p=0,000$, T3-T4: $p=0,003$).

Im Gegensatz zu den Körpergewichtsveränderungen bestand allerdings zu keinem Messzeitpunkt ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen AH ↔ BW oder TG-AH ↔ TG-BW. Bei den BMI-Werten der Bewohner des Betreuten Wohnens lagen an den Messzeitpunkten zum Teil fast 16 kg/m^2 zwischen dem leichtesten und dem schwersten Teilnehmer (BMI $20,2$ bis 36 kg/m^2). Die Streuung der BMI-Werte war bei den Altenheimbewohnern nicht ganz so groß ($18,6$ bis $28,7 \text{ kg/m}^2$).

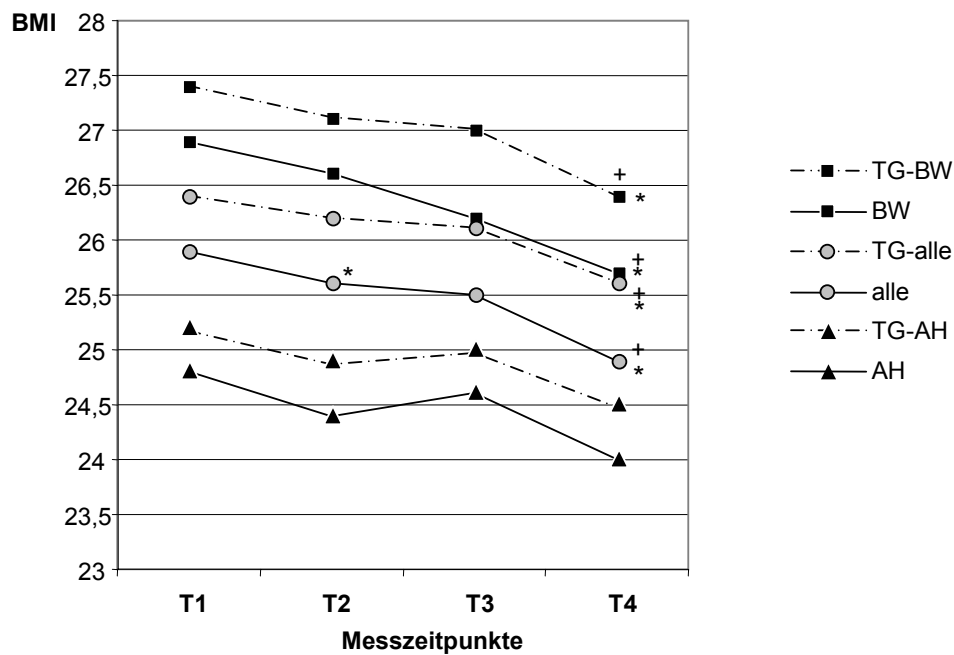


Abbildung 4-16: Durchschnittliche Veränderung des BMI der Teilnehmer der verschiedenen Gruppen im Verlauf der Intervention; ohne Abbrecher

4.2.2.4 Ernährungsdaten

Im Rahmen der PATRAS-Studie wurde auch eine umfangreiche Ernährungserhebung durchgeführt und ausgewertet, die im Detail nicht Gegenstand dieser Arbeit ist. Dennoch sollen einige für die spezielle Thematik dieser Arbeit interessante Fragen näher betrachtet werden.

Appetit und Trinkmenge pro Tag

Vor Beginn der Trainingsphase (T₁) bezeichneten 30 Probanden (75 %) ihren Appetit als „sehr gut“ oder „gut“ und 10 (25 %) als „mäßig“. Als „schlecht“ empfand keiner der Teilnehmer seinen Appetit (siehe Tabelle 4-9).

Die Beurteilung des eigenen Appetits nach der Bewegungsintervention erbrachte keine signifikant veränderte Einschätzung. Ein wenig anders, aber auch nicht signifikant ($p=0,227$), sieht die Beurteilung der Trainingsgruppe aus. Hier stellten insgesamt 10 Teilnehmer (34,5 %) eine Verbesserung ihres Appetits fest. Denen standen nur 3 Teilnehmer (10,4 %) gegenüber, die über einen schlechteren Appetit klagten. Es ist also eventuell ein Trend Richtung Appetitsverbesserung zu erkennen.

Tabelle 4-9: *Appetit der Teilnehmer vor der Intervention an T₁ (Woche 0); ohne Abbrecher (n=40)*

	Anzahl	Prozent
sehr gut	5	12,5
gut	25	62,5
mäßig	10	25
schlecht	0	0
gesamt	40	100

Es wurde auch die Trinkmenge pro Tag erhoben. Dabei wurde nicht zwischen einzelnen Getränkesorten unterschieden, sondern nur die Gesamtfüssigkeitsmenge erfragt. Alle Teilnehmer gaben an, in ausreichender Menge Flüssigkeit zu sich zu nehmen (mehr als 5 Gläser), lediglich vier Teilnehmer (10 %) tranken „nur“ 3-5 Gläser Flüssigkeit.

Ernährungsprotokolle

Mit der Wiege-Protokoll-Methode wurde die Energiezufuhr der teilnehmenden Altenheimbewohner der Trainingsgruppe erhoben. Die der Trainingsgruppe der Bewohner des Betreuten Wohnens wurde durch ein 3-Tage-Ernährungsprotokoll ermittelt. Sechs Teilnehmer konnten das 3-Tage-Ernährungsprotokoll aus unterschiedlichen Gründen nicht anfertigen. In Tabelle 4-10 sind die Ergebnisse der Protokolle dargestellt:

Tabelle 4-10: *Energiezufuhr der Teilnehmer der Trainingsgruppen an T₁ (Woche 0) und T₄ (Woche 16); ohne Abbrecher (n=26); ↓; ↑ = Veränderungen des Mittelwertes*

	TG-AH (n= 13)				TG-BW (n= 7)			
	T1	T4		p	T1	T4		p
Energiezufuhr (kcal)	1590 ± 302,9	1455,62 ± 308,4	↓	n.s.	1487,14 ± 454,1	1447,14 ± 604,3	↓	n.s.
Fett (g)	72,62 ± 12,4	72,78 ± 15,9	↑	n.s.	67,91 ± 13	69,97 ± 26,5	↑	n.s.
Kohlenhydrate (g)	170,15 ± 42,6	145,31 ± 31,9	↓	0,039	153,01 ± 71,2	146,27 ± 87,4	↓	n.s.
Proteine (g)	62,53 ± 14,3	52,28 ± 15,8	↓	0,006	62,64 ± 16,1	64,64 ± 23	↑	n.s.

Von T₁ (Woche 0) zu T₄ (Woche 16) nahm die Energiezufuhr durch Kohlenhydrate (p= 0,039) und Proteine (p= 0,006) bei den Teilnehmern der Gruppe TG-AH signifikant ab.

Mini Nutritional Assessment (MNA)

Es konnte keine signifikante Veränderung des Ernährungszustandes der Teilnehmer der Trainingsgruppe vom ersten (T₁, Woche 0) bis zum zweiten Messzeitpunkt (T₄, Woche 16) festgestellt werden.

4.3 Ergebnisse Fragebogen

4.3.1 Gesundheit

Subjektive Einschätzung des Gesundheitszustandes und der Gesundheit im Vergleich mit etwa Gleichaltrigen

Abbildung 4-17 zeigt eine Übersicht über die subjektive Einschätzung des eigenen Gesundheitszustandes aller Teilnehmer vor und nach der Intervention. Die subjektive Beurteilung wurde in „sehr gut“, „gut“, „mittel“, „weniger gut“ und „schlecht“ unterschieden.

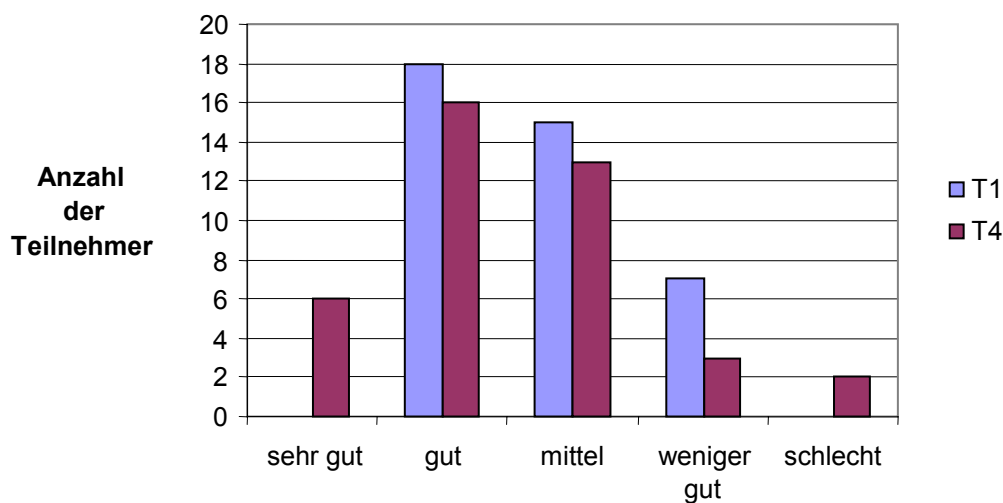


Abbildung 4-17: Subjektive Einschätzung des Gesundheitszustandes aller Teilnehmer vor und nach der Intervention; ohne Abbrecher (n=40); T1= Woche 0; T4= Woche 16

Keiner der Teilnehmer empfand seine Gesundheit vor Beginn der Intervention als „sehr gut“. Dennoch wurde der eigene Gesundheitszustand von 33 Teilnehmern (82,5 %) entweder als „gut“ (18 Personen / 45 %) oder als „mittel“ (15 Personen / 37,5 %) bezeichnet. Lediglich 7 Teilnehmer (17,5 %) schätzten ihren Gesundheitszustand als „weniger gut“ ein. Die subjektive Einschätzung des eigenen Gesundheitszustandes hatte sich nach der Intervention bei der Trainingsgruppe (TG-alle) signifikant ($p=0,013$) verbessert. Insgesamt schätzten 12 Teilnehmer (46,2 %) der Trainingsgruppe ihre eigene Gesundheit besser als vorher ein (siehe Tabelle 4-11).

Auch bei der Unterteilung in die Gruppen Altenheimbewohner (AH) und Bewohner des Betreuten Wohnens (BW) zeigten sich Signifikanzen. Sowohl bei allen Bewohnern des Betreuten Wohnens ($p=0,003$) als auch bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens der Trainingsgruppe ($p=0,039$) gab es signifikante Verbesserungen in der Selbsteinschätzung.

Tabelle 4-11: Subjektive Einschätzung des Gesundheitszustandes aller Teilnehmer und der Trainingsgruppe unterteilt in AH und BW vor und nach der Intervention; ohne Abbrecher; T₁= Woche 0; T₄= Woche 16

	T1								T4							
	Alle Teilnehmer				Trainingsgruppe				Alle Teilnehmer				Trainingsgruppe			
	AH	%	BW	%	AH	%	BW	%	AH	%	BW	%	AH	%	BW	%
sehr gut	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	4	20	1	7,7	1	7,7
gut	10	50	8	40	6	46,2	3	23,1	6	30	10	50	5	38,5	7	53,8
mittel	6	30	9	45	4	30,8	9	69,2	7	35	6	30	6	46,2	5	38,5
weniger gut	4	20	3	15	3	23,1	1	7,7	3	15	0	0	1	7,7	0	0
schlecht	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	0	0	0	0	0	0
gesamt	20	100	20	100	13	100	13	100	20	100	20	100	13	100	13	100

Gesundheit im Vergleich zu etwa Gleichaltrigen

Auf die Frage: „Wie schätzen Sie Ihren Gesundheitszustand im Vergleich mit gleichaltrigen Personen ein?“ hielten 22 Teilnehmer (55 %) ihn für besser und 7 Teilnehmer (17,5 %) für vergleichbar. Nur zwei Teilnehmer (5 %) empfanden ihre gesundheitliche Situation schlechter als die von Gleichaltrigen. Geringfügig besser fällt die subjektive Einschätzung bei der Trainingsgruppe aus (siehe Tabelle 4-12).

Tabelle 4-12: Gesundheit im Vergleich zu Gleichaltrigen aller Teilnehmer und der Trainingsgruppe vor der Intervention (T₁/ Woche 0); ohne Abbrecher

	Alle Teilnehmer		Trainingsgruppe	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
besser	22	55	15	57,7
gleich gut	7	17,5	5	19,2
schlechter	2	5	1	3,8
weiß nicht	9	22,5	5	19,2
gesamt	40	100	26	100

Von T₁ (Woche 0) zu T₄ (Woche 16) sind keine signifikanten Veränderungen aufgetreten.

Schmerzen

Insgesamt gaben 23 Teilnehmer (57,5 %) an, täglich (5 Personen; 12,5 %) oder seltener als täglich (18 Personen; 45 %), unter Schmerzen zu leiden. Die übrigen 17 (42,5 %) Teilnehmer waren beschwerdefrei. Im Folgenden sind die genannten Schmerzen der Häufigkeit nach aufgelistet. Mehrfachnennungen waren selbstverständlich möglich (siehe Tabelle 4-13):

Tabelle 4-13: Häufigkeit und Art der Schmerzen, unter denen die Teilnehmer an T₁ (Woche 0) litten, ohne Abbrecher

Art der Schmerzen	Häufigkeit
Knochen- und Gelenksschmerzen	13
Rückenschmerzen	11
Hüftschmerzen	5
Magenschmerzen	4
Muskelschmerzen	3
Kopfschmerzen	3
Brustschmerzen	2
Sonstige Schmerzen	6

Die 23 an Schmerzen leidenden Teilnehmer wurden gebeten, die Intensität ihrer Schmerzen anzugeben. Sie hatten dafür die Einteilungsmöglichkeiten „leichter Schmerz“, „mittlerer Schmerz“ und „Perioden mit unerträglichem Schmerz“ zur Verfügung. 15 Teilnehmer befanden, dass es sich bei ihrem Schmerz um einen „leichten Schmerz“ handelte und 7 Teilnehmer gaben als Schmerzintensität einen „mittleren Schmerz“ an. Eine Teilnehmerin empfand ihre Schmerzen als streckenweise „unerträglich“.

Am Ende der Studie wurden die Teilnehmer erneut nach ihrer Schmerzsituation befragt. Die Teilnehmer, die vorher keine Schmerzen hatten, erklärten, nach wie vor beschwerdefrei zu sein. Tabelle 4-14 zeigt die Schmerzsituation der übrigen Teilnehmer zum Messzeitpunkt T₄ (Woche 16).

Tabelle 4-14: Veränderung der Schmerzsituation von T₁ (Woche 0) zu T₄ (Woche 16); ohne Abbrecher (n=23)

	Anzahl	Prozent
verbessert (schmerzfrei)	9 (5)	39,2 (21,7)
gleich geblieben	13	56,5
Verschlechtert	1	4,3
Gesamt	23	100

Bei einer Teilnehmerin hatte sich die Schmerzsituation wegen einer nicht im Bezug zum Training stehenden Kompressionsfraktur eines Wirbelkörpers aufgrund ihrer Osteoporose-Erkrankung deutlich verschlechtert. Neun (39,2 %) Teilnehmer gaben eine zum Teil erhebliche Verbesserung an. Davon stellten fünf (21,7 %) das Ausbleiben jeglicher Schmerzen fest und bezeichneten sich selbst jetzt als beschwerdefrei.

Soziale Kontakte

Weil in den einzelnen Wohngruppen nicht genügend für die Studie geeignete Teilnehmer vorhanden waren, um eine eigene Gymnastikgruppe zu installieren, wurden die Teilnehmer in hauseigene Gruppen zusammengefasst. Aus diesem Grund war es möglich, dass die Teilnehmer des jeweiligen Hauses sich kennen lernen und über die Trainingseinheit hinaus Kontakte pflegen konnten. 22 Teilnehmer (55 %) gaben an, durch die Teilnahme an der Gymnastik neue Kontakte zu Mitbewohnern/Gruppenteilnehmern oder anderen Menschen geknüpft oder bereits bestehende Verbindungen intensiviert zu haben (siehe Tabelle 4-15).

Tabelle 4-15: Soziale Kontakte durch das Training; ohne Abbrecher (n=40)

	Anzahl	Prozent
ja	22	55
nein	18	45
gesamt	40	100

4.3.2 Körperliche Leistungsfähigkeit

4.3.2.1 Aktivitäten des täglichen Lebens (ADLs)

Die Kategorien zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit bei der Durchführung der Aktivitäten des täglichen Lebens (ADLs) der Teilnehmer stammten aus dem „Mini-Data-Set“ des „Resident Assessment Instrument“ von Garms-Homolová und Gilgen (2000).

Acht verschiedene Aktivitäten des täglichen Lebens waren Gegenstand der Erhebung:

- Transfer zwischen den Einrichtungsgegenständen, z.B. vom Stuhl zum Bett
- Fortbewegen / Gehen
- An- und Auskleiden
- Essen und Trinken
- Toilettenbenutzung
- Persönliche Hygiene
- Baden / Duschen
- Bewegen im Bett, z.B. Lageveränderung im Bett

In Abbildung 4-18 ist die Beurteilung der Teilnehmer der Trainingsgruppe TG-alle an T₁ und T₄ für jede Aktivität einzeln dargestellt.

Trainingsgruppe TG-alle:

Die Bewertung aller Aktivitäten war sehr ähnlich. Die meisten Teilnehmer (13-19 Personen) empfanden die Durchführung der Alltagsaktivitäten vor Beginn der Trainingsintervention als „leicht“. Lediglich „Essen und Trinken“ nahm dabei eine Sonderstellung ein, da es schon zu T₁ (Woche 0) als insgesamt leichter beurteilt wurde. Als einzige wurde diese Tätigkeit von niemandem als „schwer“ empfunden (siehe Abbildung 4-18).

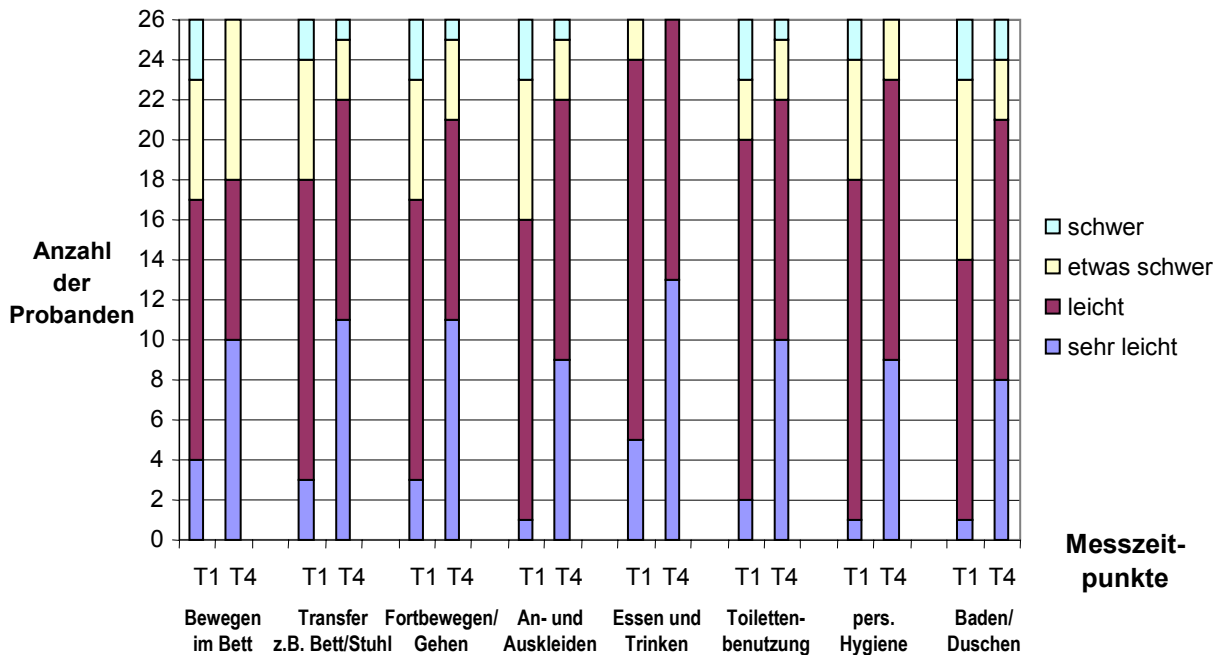


Abbildung 4-18: Beurteilung der Aktivitäten des täglichen Lebens der Gesamt-Trainingsgruppe (TG-alle) an T₁ (Woche 0) und T₄ (Woche 16), n=26

Nach der Intervention hatte sich die subjektive Bewertung aller Aktivitäten signifikant verbessert („Bewegen im Bett“ p=0,021; „Transfer“ p=0,002; „Fortbewegen“ p=0,001; „An- und Auskleiden“ p=0,001; „Essen und Trinken“ p=0,013; „Toilettenbenutzung“ p=0,035; „persönliche Hygiene“ p=0,001 und „Baden/Duschen“ p=0,004). Bei allen Alltagsaktivitäten stellten 12-16 Teilnehmer Verbesserungen, jedoch nur 1-3 Teilnehmer Verschlechterungen fest. Die meisten Verbesserungen traten bei der Beurteilung von „leicht“ zu „sehr leicht“ auf.

Die Durchführung der beiden Alltagsaktivitäten „Bewegen im Bett“ und „pers. Hygiene“ wurde von keinem Teilnehmer der Trainingsgruppe mehr als „schwer“, und „Essen und Trinken“ wurde sogar von niemandem mehr als „etwas schwer“ bewertet.

Trainingsgruppen (TG-AH und TG-BW)

Die Altenheimbewohner (siehe Abbildung 4-19) und die Bewohner des Betreuten Wohnens (siehe Abbildung 4-20) nahmen bei allen Aktivitäten des täglichen Lebens eine grundsätzlich unterschiedliche Beurteilung vor: Die Bewohner des Betreuten Wohnens empfanden schon vor Beginn der Intervention die Durchführung aller Tätigkeiten deutlich leichter als die Altenheimbewohner.

Trainingsgruppe-Altenheimbewohner (TG-AH):

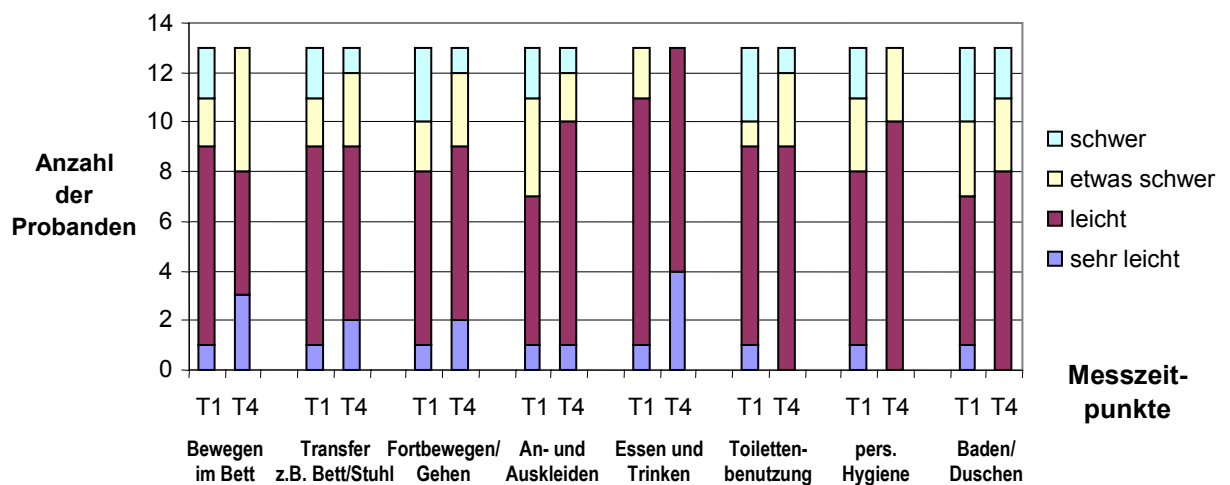


Abbildung 4-19: Beurteilung der Aktivitäten des täglichen Lebens von TG-AH an T_1 (Woche 0) und T_4 (Woche 16), $n=13$

Nach der Intervention war bei den Altenheimbewohnern keine signifikante Verbesserung der Aktivitäten des täglichen Lebens nachweisbar.

Trainingsgruppe-Bewohner des Betreuten Wohnens (TG-BW):

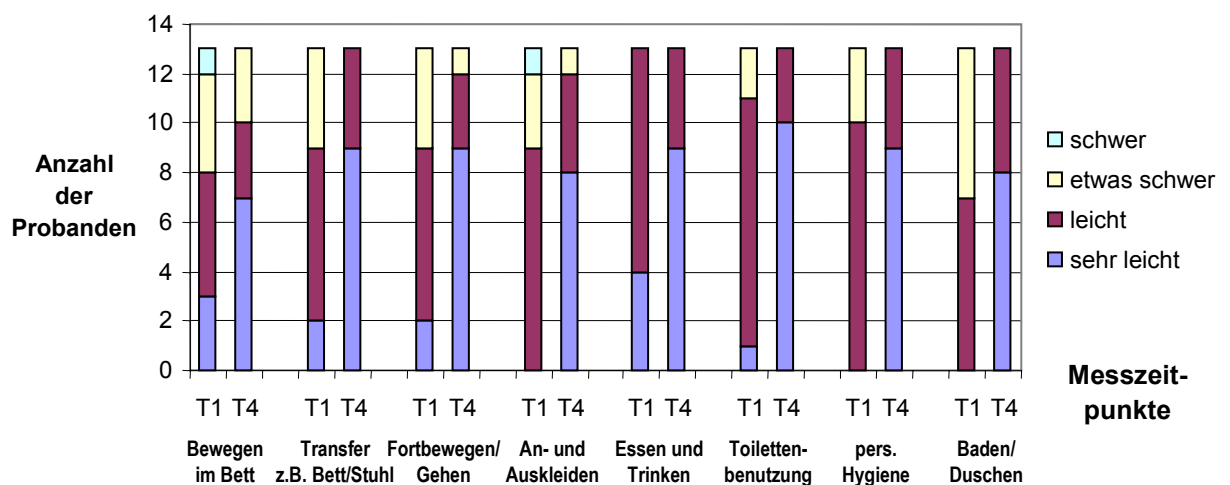


Abbildung 4-20: Beurteilung der Aktivitäten des täglichen Lebens von TG-BW an T_1 (Woche 0) und T_4 (Woche 16), $n=13$

Im Gegensatz dazu hatte sich die Bewertung aller ausgewählten Aktivitäten des täglichen Lebens bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens mit Ausnahme von „Essen und Trinken“ ($p=0,180$) signifikant verbessert („Transfer“ $p=0,002$; „Fortbewegen“ $p=0,004$; „An- und Auskleiden“ $p=0,001$; „Toilettenbenutzung“ $p=0,004$; „persönliche Hygiene“ $p=0$; „Baden/Duschen“ $p=0$ und „Bewegen im Bett“ $p=0,039$). Beim „Baden/Duschen“ bemerkten sogar ausnahmslos alle Teilnehmer eine Verbesserung.

Die Durchführung der Alltagsaktivitäten „Transfer“, „Toilettenbenutzung“, „persönliche Hygiene“ und „Baden/Duschen“ wurde nach der Intervention von keinem Teilnehmer mehr als

„schwer“ oder „etwas schwer“ empfunden. Die Teilnehmer wurden auch nach dem subjektiven Eindruck über die Veränderung ihrer Beweglichkeit seit Trainingsbeginn (T_1 / Woche 0) befragt (Tabelle 4-16).

Tabelle 4-16: Subjektiver Eindruck über die Verbesserung der Beweglichkeit der Teilnehmer nach der Intervention im Gegensatz zum Zeitpunkt vor Beginn des Trainingsprogramms, ohne Abbrecher (n=40)

	AH		BW		alle	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
Ja	13	65	16	80	29	72,5
Nein	7	35	4	20	11	27,5
Gesamt	20	100	20	100	40	100

Das Ergebnis dieser Befragung fiel eindeutig aus. Insgesamt 29 Teilnehmer (72,5 %) stellten eine Verbesserung fest. Bei den Altenheimbewohnern waren es immerhin 13 Teilnehmer (65 %) und bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens 16 (80 %). Die Teilnehmer wurden darüber hinaus gebeten, die Situation oder Tätigkeit zu nennen, bei der sie die Verbesserung feststellten. In Tabelle 4-17 sind die am häufigsten genannten Antworten aufgelistet:

Tabelle 4-17: Subjektive Eindrücke einzelner Teilnehmer über Veränderungen ihrer Beweglichkeit, (ohne Abbrecher)

<ul style="list-style-type: none"> • „Ich habe wieder ein besseres Gleichgewicht.“ • „Ich habe wieder eine größere Gangsicherheit.“ • „Ich bin weniger steif.“ • „Ich habe weniger Schmerzen bei den Bewegungen.“ • „Ich kann bei der Pflege wieder aktiv mitmachen.“ • „Ich habe mehr Handkraft.“ • „Ich habe insgesamt mehr Kraft.“ 	<ul style="list-style-type: none"> • „Ich kann Essen (Fleisch) wieder klein schneiden.“ • „Ich kann wieder längere Strecken (am Rollator) gehen und darum wieder selbst einkaufen.“ • „Ich bin wieder sicherer beim Treppensteigen.“ • „Ich kann wieder leichter aus einem Sessel/ von einem Stuhl aufstehen.“ • „Ich kann mich wieder alleine anziehen.“ • „Alltägliche Verrichtungen fallen mir leichter.“
--	--

Bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens wurde zusätzlich das Assessment der **„Instrumentellen Aktivitäten des täglichen Lebens“** [IADL (Instrumental activities of daily life)] nach Lawton und Brody (1969) durchgeführt (siehe Anhang). Alle Tätigkeiten konnten von den Teilnehmern bereits zum ersten Messzeitpunkt ohne nennenswerte Schwierigkeiten ausgeführt werden. Damit war eine Verbesserung der Fähigkeiten mit Hilfe dieses Tests nicht mehr feststellbar. Grobe Verschlechterungen, die sich im Testergebnis widerspiegelt hätten, waren nicht aufgetreten.

4.3.2.2 Freizeitaktivitäten

Um die Veränderung der Aktivität in ihrer Freizeit feststellen zu können, wurden die Teilnehmer an T_1 (Woche 0) und T_4 (Woche 16) gefragt, wie häufig sie folgende Freizeitbeschäftigungen durchführen:

- Spaziergehen im Haus,
- Spaziergehen außer Haus,
- Gymnastik,
- Kegeln,
- Kartenspielen,
- Handarbeiten,
- Kulturveranstaltungen besuchen,
- Besuch von speziellen Seniorenveranstaltungen.

Die Auswahl der genannten Freizeitaktivitäten stammt aus dem „Mini-Data-Set“ des „Resident Assessment Instrument“ von Garms-Homolová und Gilgen (2000). Bei der Auswertung der Antworten musste berücksichtigt werden, dass die Aktivitäten zum einen sehr stark von den physischen und kognitiven Voraussetzungen der Teilnehmer und zum anderen von den Angeboten und Möglichkeiten der Mitarbeiter und Einrichtungen abhängig waren. Wegen der zum Teil erheblich unterschiedlichen Voraussetzungen der Teilnehmer wurde das Freizeitverhalten der Teilnehmer in den Untergruppen AH und BW getrennt betrachtet. Im Freizeitverhalten der Teilnehmer sind nur wenige signifikante Veränderungen aufgetreten. Die Altenheimbewohner gaben am Ende der Intervention signifikant häufiger „Spaziergehen außer Haus“ ($p=0,021$) und „Gymnastik“ ($p=0,035$) an. Dafür besuchten sie signifikant weniger „Seniorenveranstaltungen“ ($p=0,022$). Bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens änderte sich lediglich die Häufigkeit der „Besuche von Kulturveranstaltungen“ ($p=0,021$).

4.3.2.3 Stürze

In Tabelle 4-18 ist die Sturzhäufigkeit der Trainingsgruppenmitglieder in den letzten 12 Monaten vor Beginn des Trainingsprogramms (T_1 / Woche 0) aufgelistet.

Tabelle 4-18: Sturzhäufigkeit der Mitglieder der Trainingsgruppe in den letzten 12 Monaten vor Beginn der Trainingsintervention an T_1 (Woche 0); ohne Abbrecher

	AH		BW		alle	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
nicht gestürzt	5	38,5	7	53,8	12	46,2
1-3x gestürzt	6	46,2	4	30,8	10	38,4
häufiger als 3x gestürzt	2	15,4	2	15,4	4	15,4
gesamt	13	100	13	100	26	100

Über die Hälfte der Teilnehmer (14 Personen, 53,8 %) der Gesamttrainingsgruppe (TG-alle) berichtete, in den vergangenen 12 Monaten mindestens einmal gestürzt zu sein (siehe Tabelle 4-19). Insgesamt gaben 61,6 % (8 Personen) der Altenheimbewohner und 46,2 % (6 Personen) der Bewohner des Betreuten Wohnens, an in diesem Zeitraum gestürzt zu sein.

Tabelle 4-19: Sturzhäufigkeit der Trainingsgruppe im Zeitraum von T_1 (Woche 0) bis T_4 (Woche 16); ohne Abbrecher

	AH		BW		alle	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
nicht gestürzt	11	84,6	13	100	24	92,4
1-3x gestürzt	1	7,7	0	0	1	3,8
häufiger als 3x gestürzt	1	7,7	0	0	1	3,8
gesamt	13	100	13	100	26	100

Nach der Trainingsintervention, nach vier Monaten an T_4 (Woche 16), wurden die Teilnehmer erneut nach ihrer Sturzhäufigkeit befragt. Diesmal allerdings nicht für den Zeitraum der zurückliegenden 12 Monate, sondern nach der Sturzhäufigkeit seit Beginn der Intervention. Die unterschiedliche Länge der Zeiträume erlaubt also keinen direkten Vergleich mit den Ergebnissen der Befragung zu T_1 (Woche 0).

5 Diskussion

5.1 Einleitung

In der vorliegenden Arbeit sollen die Auswirkungen eines nach theoretischen trainingswissenschaftlichen Überlegungen entwickelten, altersgerechten Muskelkräftigungsprogramms zur Verbesserung der Alltagsmobilität speziell von Altenheimbewohnern und betreut lebenden Senioren auf motorische und blutchemische Parameter untersucht werden.

Zur Evaluation wurde über 16 Wochen ein Krafttraining mit 46 multimorbiden Altenheimbewohnern und Bewohnern des Betreuten Wohnens mit zum Teil erheblichen funktionellen und/oder kognitiven Einschränkungen aus drei Paderborner Senioreneinrichtungen durchgeführt. An vier vorher festgelegten Testzeitpunkten (vor der Intervention, nach 4, 10 und 16 Wochen) erfolgten Datenerhebungen gemäß dem Untersuchungsdesign. Zusammenfassend sind folgende Ergebnisse festgestellt worden (siehe Tabelle 5-1 und Tabelle 5-2):

Tabelle 5-1: Tabellarische Übersicht der Mittelwertveränderungen von T_1 (Woche 0) zu T_4 (Woche 16) der motorischen und funktionellen Tests der Gruppen TG-AH, TG-BW und TG-alle; TN = Teilnehmer, ↓ = Mittelwert ist gestiegen, ↑ = Mittelwert ist gesunken, / = keine Angabe, – = keine Veränderung des Mittelwertes

Motorische und funktionelle Tests	TG-AH	TG-BW	TG-alle
Testbatterie:			
Max. Gehgeschwindigkeit	↑ (sig)	↑ (sig)	↑ (sig)
2-minute-walk	↑ (sig) T3-T4	↑	↑ (sig)
5-chair-stand	↑	↑ (sig)	↑ (sig)
Gleichgewicht	–	–	–
Maximalkraft (links, rechts):			
Handkraft	↑, ↑	↑, ↑	↑, ↑
Fußgelenksextension	↓, ↓	↑, ↑ (sig)	/
Kniegelenksextension	↑, ↓	↓, ↑	/
Kniegelenksflexion	↓, ↓	↓, ↑	/
Aktivitäten des täglichen Lebens:			
Transfer	–	↑ (sig)	↑ (sig)
Fortbewegen / Gehen	–	↑ (sig)	↑ (sig)
An- und Auskleiden	–	↑ (sig)	↑ (sig)
Essen und Trinken	–	↑	↑ (sig)
Toilettenbenutzung	–	↑ (sig)	↑ (sig)
Persönliche Hygiene	–	↑ (sig)	↑ (sig)
Baden / Duschen	–	↑ (sig)	↑ (sig)
Bewegen im Bett	–	↑ (sig)	↑ (sig)

Tabelle 5-2: Tabellarische Übersicht über die Mittelwertveränderungen von T1 (Woche 0) zu T4 (Woche 16) der metabolischen und biologischen Tests der Gruppen TG-AH, TG-BW und TG-alle
(Legende siehe Tabelle 5-1)

Metabolische und biologische Tests	TG-AH	TG-BW	TG-alle
Körpergewicht	↓	↓ (sig)	↓ (sig)
Body-Mass-Index	↓	↓ (sig)	↓ (sig)
Bioelektrische Impedanzanalyse:			
Fettmasse	↓	↓	↓
Magermasse	↑	↑	↓
Extrazellulärmasse	↑ (sig)	–	–
Gesundheit (subj. Eindruck im Vergleich mit Gleichaltrigen), Krankheit, Medikation	–	–	–
Schmerz	9 TN verbessert, davon 5 TN beschwerdefrei; 1 TN verschlechtert		
Blutwerte: (nur sig. Veränderungen)			
Rote Blutkörperchen	↓ (sig)	↓	↓
Hämoglobin	↓	↓	↓ (sig)
Hämatokrit	↓	↓	↓ (sig)
Aminosäuren: (nur sig. Veränderungen)			
Valin	↑ (sig)	↑ (sig.)	↑ (sig)
Isoleucin	↑ (sig)	↑ (sig.)	↑ (sig)
Leucin	↑	↑ (sig)	↑ (sig)
Glutamin	↑	↑ (sig)	↑ (sig)
Glutamat	↑	↑ (sig)	↑ (sig)
Serin	↑	↑ (sig)	↑ (sig)
Threonin	↑	↑	↑ (sig)
Tryptophan	↑ (sig)	↑ (sig)	↑ (sig)
Asparagin	↑	↑ (sig)	↑ (sig)
Methionin	↑	↑ (sig)	↑ (sig)
Cystein	↓	↓ (sig)	↓ (sig)
Glutathion	↑ (sig)	↑	↑ (sig)
Ernährungsdaten:			
Energiezufuhr	↓	↓	/
Fett	↑	↑	/
Kohlenhydrate	↓ (sig)	↓	/
Proteine	↓ (sig)	↑	/

5.2 Diskussion der Methode

5.2.1 Diskussion der Tests / Messungen

Funktionelle Tests

Die in dieser Studie verwendeten funktionellen Tests sind hinsichtlich ihrer Validität und Reliabilität bestätigt, dennoch sind sie stark von der Tagesform, die gerade bei multimorbiden alten Menschen sehr unterschiedlich sein kann, und der Motivation der Probanden abhängig.

Die Tests wurden von wechselnden Testern an unterschiedlichen Orten (in den jeweiligen Wohnungen und Wohnbereichen der Einrichtungen) zu unterschiedlichen Tageszeiten durchgeführt, weil es wegen der altersspezifischen Situation der Probanden nicht möglich war, diese an einem zentralen Ort zu testen.

Fragebogen

Die Befragung als Methode zur Datenerhebung bei hochbetagten Menschen ist durchaus kritisch zu betrachten, da bereits eine leichte Demenz, kognitive Einschränkung oder auch äußere Umstände, z.B. das Wetter (positivere Antworten bei Sonnenschein) dazu führen, dass nicht immer ganz korrekte Antworten gegeben werden. Bei Personen, bei denen bekannt war, dass sie nicht selbst in der Lage waren, Auskunft zu erteilen, wurden daher die Betreuer oder Pflegepersonen zu Rate gezogen.

Auch Sympathie oder Antipathie des Befragten gegenüber mit dem Tester konnte zu einer leichten Verschiebung der Antworten in die eine oder andere Richtung geführt haben.

Stürze

Die Frage nach der Häufigkeit der Stürze in den letzten 12 Monaten entstammt dem Mini-Data-Set nach Garms-Homolová und Gilgen (2000). Bei der Beantwortung dieser Frage konnte nicht auf bestehende Daten zurückgegriffen werden, da in den Altenheimen, in denen die Studie durchgeführt wurde, Stürze nicht regelmäßig dokumentiert wurden. Die Senioren bzw. die Betreuer machten daher Angaben aus ihrer Erinnerung heraus, was zu Ungenauigkeiten geführt haben kann. Denn erstens wurde der Sturz als Ereignis in der Frage nicht näher definiert, zweitens ist es vor allem für ältere, leicht dementiell veränderte Senioren, die die Fragen noch selbst beantworteten, schwierig, sich an bestimmte Gegebenheiten innerhalb eines längeren Zeitraumes zu erinnern, und drittens werden Stürze von den Senioren häufig verschwiegen oder nur ungern angegeben, weil sie sich dafür schämen oder es verheimlichen wollen. Stürze sind ein häufiger Grund für die Einweisung in eine Pflegeeinrichtung (dieser Punkt betraf die Bewohner des Betreuten Wohnens).

Eine Frage nach den Stürzen der letzten 4 Monate vor Beginn der Intervention wäre unter Umständen nicht nur einfacher zu beantworten, sondern für die Aussagekraft der Studie sinnvoller gewesen, da es einen „vorher-nachher“-Vergleich in der Auswertung zugelassen hätte. Das Mini-Data-Set ist als Assessment-Instrument daher nur in modifizierter Form für weitere Studien zu empfehlen.

Aktivitäten des täglichen Lebens (ADLs)

Die Abstufungen zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit bei der Durchführung der Aktivitäten des täglichen Lebens [ADLs (activities of daily life)] hätten noch etwas sensibler sein sollen, um auch kleinere Verbesserungen deutlicher feststellen und dokumentieren zu können.

Der Kraftmess-Rollstuhl

Aus gesundheitlichen Gründen war es den meisten Probanden nicht möglich, ihre Einrichtung zu verlassen, um Tests an einer herkömmlichen Kraftmaschine, welche im Sportmedizinischen Institut der Universität Paderborn zur Verfügung gestanden hätte, durchzuführen. Aus organisatorischen Gründen war es auch nicht möglich, eine solche Maschine in die Einrichtung zu bringen. Daher wurde für die Durchführung der Maximalkrafttests der unteren Extremitäten ein Kraftmess-Rollstuhl entwickelt, der es den Testern ermöglichte, in den Alteinrichtungen die Probanden individuell zu testen.

Die Messungen mit dem Kraftmess-Rollstuhl bargen allerdings einige Schwierigkeiten in sich. Als Problem stellte sich z.B. die statische Messung bzw. die damit verbundene Bewegungsaufgabe heraus. Viele Senioren taten sich schwer, die Testanweisung bzw. die Durchführung der Bewegungsaufgabe umzusetzen.

Sie hörten mit der Bewegung auf, als sie merkten, dass sie trotz großer Anstrengung nichts „bewegen“ konnten, und brachen dadurch den Test ab. Durch diese Verunsicherung haben letztendlich nicht alle Teilnehmer die Leistung gebracht, die sie zu bringen eigentlich im Stande gewesen wären. Mit einigen Senioren konnte der Test dennoch über das Prinzip der Imitation durchgeführt werden, andere waren kognitiv nicht mehr in der Lage, die Durchführung des Tests zu verstehen. Bei diesen Teilnehmern wurde auf den Test verzichtet. Eine dynamische Messung der Maximalkraft wäre sicher sinnvoller gewesen, auch in Hinblick auf die Art des Trainings. Die Muskelgruppen, die im Trainingsprogramm dynamisch trainiert wurden, sind mit dem Kraftmess-Rollstuhl statisch gemessen worden. Die Muskelkraft sollte aber möglichst mit derselben Kraftbeanspruchungsform gemessen werden, mit der sie trainiert wurde (Ehram und Aeschlimann, 1994). Dieses war jedoch aus technischen Gründen nicht möglich.

Für weitere Messungen bedarf der Kraftmess-Rollstuhl darüber hinaus noch einiger Verbesserungen: so sollte die montierbare Messvorrichtung etwas stabiler sein, damit Ausweichbewegungen während des Tests völlig ausgeschlossen werden können, außerdem sollte die Messvorrichtung noch etwas flexibler verstellbar für unterschiedliche Körper- und Beinlängen sein. Wie erwartet, gab es dagegen keine Probleme mit der Tatsache, dass das Messinstrument ein Rollstuhl war, da den Senioren Rollstühle aus den Einrichtungen vertraut waren.

Aus technischen Gründen konnten die Maximalkraftmessungen der Beinmuskulatur erst relativ spät beginnen, so dass der Ausgangs-Kraftwert an T_1 (Woche 0) nicht gemessen werden konnte. Außerdem lagen zwischen der ersten und der zweiten Messung der Altenheimbewohner und der Bewohner des Betreuten Wohnens unterschiedlich große Zeiträume, daher können die Werte bzw. die Veränderungen der Maximalkraft nicht miteinander verglichen werden.

5.2.2 Diskussion des Trainingsprogramms

Probleme bei der Durchführung der Übungen

Da es sich bei den Teilnehmern um ein sehr heterogenes und vor allem multimorbides Kollektiv handelte, klagten einzelne Senioren beim Training gelegentlich über Schmerzen, hauptsächlich in den Gelenken. Die Übungen wurden dann jeweils nur noch so weit durchgeführt, wie keine Beschwerden vorlagen. Die Belastung lag dadurch jedoch teilweise unter der für ein Hypertrophietraining benötigten Intensität.

Aufgrund von Bewegungseinschränkungen waren einige Senioren nicht in der Lage, bestimmte Übungen korrekt durchzuführen. In diesen Fällen wurde auch eine leicht veränderte Version der Übungsdurchführung akzeptiert, solange sie keine für den Organismus schädigende Wirkung hatte. Ein positiver Trainingseffekt konnte dadurch allerdings nicht immer erwartet werden.

5.3 Diskussion der Ergebnisse

5.3.1 Übersicht über die wichtigsten Studien der letzten Jahre

Es ist hinlänglich bewiesen, dass ältere Männer und Frauen weniger Skelettmuskelmasse, Muskelkraft und dadurch eine zunehmende Verbreitung/zunehmendes Auftreten von körperlicher Behinderung bzw. Beeinträchtigung haben (Evans, 2002; Vandervoort, 2002; Roubenoff, 2000). Selbstverständlich ist es schwer, anhand von Querschnittsuntersuchungen Rückschlüsse auf die genaue Ursache zu ziehen. Dennoch beschäftigten und beschäftigen sich eine Fülle von Untersuchungen mit dem multifaktoriellen Prozess der Sarkopenie und besonders den Möglichkeiten, diesen Prozess zu verlangsamen, zu stoppen oder gar ihn umzukehren. In Untersuchungen von Larsson et al. (1979), Lexell et al. (1988) und Klitgaard et al. (1990) konnte gezeigt werden, dass ein reines Ausdauertraining den altersbedingten Verlust an aktiver Muskelmasse nicht verhindern kann.

Neuere empirische Untersuchungen zur Trainierbarkeit älterer Menschen zeigen jedoch, dass durch körperliches Training eine – wenn auch langsame – Leistungsverbesserung in den motorischen Beanspruchungsformen Kraft und Balance durchaus auch noch im höheren Lebensalter möglich ist, bzw. der Leistungsrückgang nach dem Höchstleistungsalter deutlich minimiert werden kann. So ist festzustellen, dass der gesunde alte Mensch auf Trainingreize grundsätzlich genauso reagiert wie der gesunde junge Mensch, wenn es auch im Alter quantitative Unterschiede gibt (Siewers, 2001).

Speziell im Hinblick auf die altersbedingten Veränderungen der Muskulatur ist ein Training der Muskelkraft notwendig. Keine andere Intervention hat sich bisher als so effizient erwiesen wie Krafttraining, in Form eines Hypertrophietrainings, gegen die Entwicklung und den negativen Verlauf der Sarkopenie (Doherty, 2003). Deswegen wurden in den letzten Jahren besonders Krafttrainingsstudien durchgeführt. Sie unterscheiden sich jedoch teilweise erheblich in den untersuchten Parametern, der Belastungsnormative (Trainingseinheiten pro Woche, Anzahl der Serien, Wiederholungszahl, Belastungsintensität u.a.), den Trainingsmitteln

(freie Gewichte, Kraftmaschinen, Seilzug u.a.), den Trainingsmethoden, der Studiendauer und dem getesteten Probandenkollektiv. Angaben zum Trainingsstatus der Probanden fehlen häufig. Wegen der zahlreichen Unterschiede und der zum Teil unvollständigen oder ungenauen Angaben in den Veröffentlichungen sind die Ergebnisse solcher Studien nur unter Vorbehalt aufeinander zu beziehen bzw. miteinander zu vergleichen. Eine Zusammenfassung in eine gemeinsame, aussagekräftige Tabelle ist daher nur eingeschränkt möglich. Im Folgenden werden die wichtigsten Studien der letzten Jahre bzw. vereinzelt auch nur Teile bzw. Untergruppen der Studien, die Parallelen zur PATRAS-Studie aufweisen, in ihren wesentlichen Bestandteilen dargestellt (siehe Tabelle 5-3 bis Tabelle 5-6). Die Tabelle ist unterteilt in Studien mit institutionalisiert lebenden Senioren und Studien mit selbständig lebenden Senioren.

Tabelle 5-3: Krafttrainingsstudien mit institutionalisiert lebenden Senioren I

Autoren	McMurdo, Rennie, 1993	Judge et al., 1993	Sauvage et al., 1992	Fiatarone et al., 1990
Anzahl Probanden, Geschlecht (M= Männer, F= Frauen)	41	31 M / F	14 M	10 M / F
Alter (Jahre)	64–91	82,1 Ø	73 Ø	90 Ø
Dauer der Studie (Wochen)	30	12	12	8
Trainingshäufigkeit	2x (45 min) pro Woche	3x pro Woche	3x pro Woche	3x pro Woche,
Trainingsumfang (Wdh.=Wiederholungen)	k.A.	3 Sätze je 10–12 Wdh.	1–2 Sätze je 10 Wdh.	3 Sätze je 8 Wdh.
Trainingsintensität (% 1RM)	k.A.	80%	> 60%	80%
Trainingsmittel	Kräftigungsgymnastik im Sitzen	Freie Gewichte	Seilzug	Seilzug
Trainierte Muskelgruppen, Kraftzuwachs (in Klammern)	<ul style="list-style-type: none"> • Alle großen Muskelgruppen der oberen und unteren Extremitäten (sig.) • Handkraft (sig.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Kniegelenksexension, Kniegelenksflexion, Hüftgelenksexension, Hüftgelenksflexion, Fußgelenksflexion (sig.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Hüftgelenksflexion, Hüftgelenksexension, Hüftabductor, Hüftadductor, Fußgelenksexension, Kniegelenksexension (sig.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Kniegelenksexension (sig.)
Funktionelle Tests und Veränderungen (in Klammern)	<ul style="list-style-type: none"> • Beweglichkeit der Wirbelsäule (sig.) • chair to stand (Aufstehen von einem Stuhl) (sig.) • ADLs (sig.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Gehgeschwindigkeit (nicht sig.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Tinetti Mobilitäts-Test (insgesamt sig.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Gehgeschwindigkeit (sig.) • Chair-stand (sig.)
Muskelmassenzuwachs	k.A.	k.A.	k.A.	sig.

Tabelle 5-4: Krafttrainingsstudien mit institutionalisiert lebenden Senioren II

Autoren	Becker et al., 2003	Lindemann, 2004	Lazowski et al., 1999	Fiatarone et al., 1994
Anzahl Probanden, Geschlecht (M= Männer, F= Frauen)	509 M / F	19 M / F	68	25
Alter (Jahre)	85 Ø	85 Ø	80 Ø	87 Ø
Dauer der Studie (Wochen)	52	17	16	10
Trainingshäufigkeit	2x (75 min) pro Woche	2x (75 min) pro Woche	3x (45 min) pro Woche	3x (45 min) pro Woche
Trainingsumfang (Wdh.=Wiederholungen)	2 Sätze je 10 Wdh., 9 Übungen	2 Sätze je 10 Wdh., 9 Übungen	2 Sätze je 10 Wdh.	3 Sätze je 8 Wdh.
Trainingsintensität (% 1RM)	75%	75%	von den Teilnehmern selbst gewählt	80%
Trainingsmittel	Fußmanschetten und freie Gewichte	Kurzhandeln, Fußmanschetten, Kleingeräte	Hand- u. Fußgelenksmanschetten, elastische Bänder u. Kleingeräte	Kraftmaschinen
Trainierte Muskelgruppen, Kraftzuwachs (in Klammern)	<ul style="list-style-type: none"> Alle großen Muskelgruppen der oberen und unteren Extremitäten (k.A.) 	<ul style="list-style-type: none"> Alle großen Muskelgruppen der oberen und unteren Extremitäten (k.A.) Kniegelenksex-tension (nicht sig.) 	<ul style="list-style-type: none"> Kniegelenksex-tension (sig.) Hüftgelenksüber-greifende Muskulatur (sig.) Handkraft (nicht sig.) untere Extremitäten (sig.) obere Extremitäten (nicht sig.) 	<ul style="list-style-type: none"> Kniegelenksex-tension (sig.) Hüftgelenksex-tension (sig.)
Funktionelle Tests und Veränderungen (in Klammern)	<ul style="list-style-type: none"> 5-chair-stand (sig.) 6-minute-walk (sig.) Gleichgewicht im Stand (sig.) 	<ul style="list-style-type: none"> 5-chair-stand (sig.) 6-minute-walk (nicht sig.) Gehgeschwindigkeit (nicht sig.) Gleichgewicht im Stand (nicht sig.) 	<ul style="list-style-type: none"> Timed up and go - Aufstehen vom Stuhl, 3 m gehen, zurück zum Stuhl gehen u. hinsetzen (sig.) funk. Gleichgewicht (Berg Balance Scale) (sig.) Gehgeschwindigkeit (nicht sig.) Treppensteigen (nicht sig.) ADLs (nicht sig.) 	<ul style="list-style-type: none"> Gehgeschwindigkeit (sig.) Treppensteigen (sig.)
Muskelmassenzuwachs	k.A.	k.A.	k.A.	nicht sig., aber Zunahme

Tabelle 5-5: Krafttraining mit selbständig lebenden Senioren I

Autoren	de Vreede et al., 2005	Vincent et al., 2002	Rubenstein et al., 2000	Chandler et al., 1998
Anzahl Probanden, Geschlecht (M= Männer, F= Frauen)	98 F	62 M / F	31 M	50 M / F
Alter (Jahre)	> 70	60–83	74 Ø	77,6 Ø
Dauer der Studie (Wochen)	12	24	12	10
Trainingshäufigkeit	3x (60 min) pro Woche	3x pro Woche	3x (60 min) pro Woche	3x pro Woche
Trainingsumfang (Wdh.=Wiederholungen)	3 Sätze je 10 Wdh.	1 Satz, 8 Wdh., 8 Übungen	k.A.	nicht definiert, da eigenes Körpergewicht
Trainingsintensität (% 1RM)	k.A.	50% / 80%	k.A.	k.A.
Trainingsmittel	Hanteln, elastische Bänder, Fußmanschetten	Kraftmaschinen	Freie Gewichte, elastische Bänder	Übungen mit Elastischen Bändern und dem eigenen Körpergewicht
Trainierte Muskelgruppen, Kraftzuwachs (in Klammern)	<ul style="list-style-type: none"> • Kniegelenksexension (sig.) • Handkraft (sig.) • Bizeps (sig.) • Hüftbeuger (sig.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Alle großen Muskelgruppen der oberen und unteren Extremitäten (sig.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Kniegelenksflexion (sig.) • Kniegelenksexension (nicht sig.) • Hüftgelenksexension (nicht sig.) • Hüftgelenksflexion (nicht sig.) • Fußgelenksexension (nicht sig.) • Fußgelenksflexion (nicht sig.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Kniegelenksexension (sig.) • Kniegelenksflexion (sig.) • Fußgelenksexension (sig.) • Fußgelenksflexion (nicht sig.)
Funktionelle Tests und Veränderungen (in Klammern)	<ul style="list-style-type: none"> • ADLs (nicht sig.) • Timed up and go (Aufstehen vom Stuhl, 3 m gehen, zurück zum Stuhl gehen und hinsetzen) (sig.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Treppensteigen (sig.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Hindernisparcours abgehen (nicht sig.) • Gleichgewicht, Einbeinstand (nicht sig.) • 6-minute-walk (sig.) • Aufstehen vom Stuhl (sig.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Gehgeschwindigkeit (nicht sig.) • Aufstehen von einem Stuhl (nicht sig.) • Koordinative Aufgaben (nicht sig.) • 6-minute-walk (nicht sig.) • Gleichgewicht (Schwankungsmessung) (nicht sig.) • ADLs (nicht sig.)
Muskelmassenzuwachs	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.

Tabelle 5-6: *Krafttraining mit selbständig lebenden Senioren II*

Autoren	Wolfson et al., 1996	McCartney et al., 1995	Lexell et al., 1995a	Lord et al., 1995
Anzahl Probanden, Geschlecht (M= Männer, F= Frauen)	110 M/F	63 M 79 F	28 M/F	75 F
Alter (Jahre)	79 Ø	60–80	70–77	71,6 Ø
Dauer der Studie (Wochen)	12	42	11	52
Trainingshäufigkeit	3x (45 min) pro Woche	2x pro Woche	3x pro Woche,	2x (1h) pro Woche
Trainingsumfang (Wdh.=Wiederholungen)	70-75%	50-80%	3 Sätze je 6 Wdh.	nicht definiert, da eigenes Körpergewicht
Trainingsintensität (% 1RM)	k.A.	k.A.	85%	k.A.
Trainingsmittel	freie Gewichte, Übungen mit dem eigenen Körpergewicht, Kraftmaschinen	Kraftmaschinen	Hanteln, Kraftmaschinen	Kräftigungsübungen (eigenes Körpergewicht)
Trainierte Muskelgruppen, Kraftzuwachs (in Klammern)	<ul style="list-style-type: none"> • Kniegelenksflexion • Kniegelenksexension • Hüftgelenksexension • Hüftgelenksflexion • Hüftgelenksabduktion • Hüftgelenksadduktion • Fußgelenksexension • Fußgelenksflexion (insgesamt sig.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Alle großen Muskelgruppen der oberen und unteren Extremitäten (insgesamt sig.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ellenbogenflexion • Kniegelenksexension (insgesamt sig.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Kniegelenksexension • Kniegelenksflexion • Hüftgelenksexension • Hüftgelenksflexion • Fußgelenksflexion (insgesamt sig.)
Funktionelle Tests und Veränderungen (in Klammern)	<ul style="list-style-type: none"> • Gleichgewicht (nicht sig.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Treppensteigen (nicht sig.) • Fahrradergometer (sig.) • Laufband (sig.) 	---	<ul style="list-style-type: none"> • Gleichgewicht (Schwankungsmessung) (sig.) • Koordinative Aufgaben (sig.)
Muskelmassenzuwachs	k.A.	Kniegelenksexensor sig. (Computertomographie)	m. biceps brachii, Typ I sig., Typ II sig. m. vastus lateralis, Typ II sig.	k.A.

5.3.2 Trainingsteilnahme und Trainingsbelastung

Trainingsteilnahme

Gute Motivation ist eine wichtige Voraussetzung, um ein Training regelmäßig und erfolgreich durchzuführen. Ca. 90 % der Teilnehmer der PATRAS-Studie waren sehr gut motiviert und nahmen überwiegend engagiert und begeistert am Training teil. Das gute Trainingsengagement zeigte sich in der Häufigkeit der wahrgenommenen Trainingseinheiten. 65 % aller Teilnehmer der Intervention (ohne Abbrecher) absolvierten mindestens zwei Drittel aller angebotenen Trainingseinheiten und erfüllten daher die Bedingungen eines systematischen Trainings. Bei den Teilnehmern, die nur gelegentlich und unregelmäßig am Training teilnahmen, handelte es sich überwiegend entweder um besonders fitte oder um besonders schwache und kranke Senioren. Die fitten Senioren hatten noch zahlreiche Termine und soziale Kontakte auch außerhalb der Einrichtung, die sie wahrnahmen. Außerdem wurde die Teilnahme am Training von ihnen teilweise als nicht so wichtig eingestuft, weil die Notwendigkeit nicht erkannt wurde, da die meisten Aktivitäten des täglichen Lebens von ihnen noch ohne größere Probleme bewerkstelligt werden konnten. Bei den besonders schwachen und kranken Senioren war dagegen die Teilnahme am Training aufgrund ihrer körperlichen Beschwerden nicht regelmäßig möglich. Die durchschnittliche Trainingsteilnahme aller Teilnehmer lag, ähnlich wie bei Lazowski et al. (1999), bei ca. 80 %. Fiatarone et al. konnte bei ihren Studien 1990 und 1994 eine deutlich größere Teilnahmehäufigkeit feststellen, was an einer kürzeren Interventionsdauer und an einer deutlich geringeren Teilnehmerzahl, und dadurch eventuell intensiveren Betreuung, gelegen haben könnte.

Trainingsbelastung

In der PATRAS-Studie trainierten die Probanden, wie auch in anderen Krafttrainingsstudien mit Senioren, mit progressiver Belastung nach der Hypertrophie-Trainingsmethode. Die Belastungssteigerung wurde ähnlich wie in der Intervention von Becker et al. (2003) an Merkmalen wie z.B. dem Aussehen (angestrenzter Gesichtsausdruck, roter Kopf usw.), dem Verhalten und den Aussagen des Teilnehmers während des Trainings festgemacht, und die Belastung so gewählt, dass die jeweilige trainierte Muskelgruppe des Probanden nach zehnmaliger Wiederholung einer Übung mit dem entsprechenden Gewicht erschöpft war. Dieses sollte ca. 70-80 % der Maximalkraft entsprechen. Einige Senioren scheuten jedoch die große Anstrengung durch das Training und verweigerten eine weitere Erhöhung der Belastung. Sie nahmen in erster Linie aus sozialen Gründen an den Trainingseinheiten teil.

Fiatarone et al. (1994) beschränkte sich sowohl mit dem Training als auch bei der Kraftmessung und Auswertung nur auf vier vorher festgelegte Muskelgruppen. Um der wachsenden Muskelkraft der Probanden zu entsprechen und immer einen möglichst optimalen Trainingsreiz durch progressive Belastung zu setzen, wurde die Maximalkraft bei jedem Teilnehmer der Studie alle zwei Wochen erneut gemessen. So konnten die Teilnehmer mit genau 80 % ihrer Maximalkraft trainieren. Dieses war in der PATRAS-Studie nicht möglich. Zum einen wurde ein ganzheitliches Training aller wesentlichen Muskelgruppen durchgeführt. Das Testen der Maximalkraft bei der Vielzahl an trainierten Muskelgruppen und Teilnehmern hätte

einen in dieser Studie nicht zu leistenden zeitlichen und organisatorischen Aufwand bedeutet. Zum anderen waren viele Probanden kognitiv auch nicht mehr in der Lage, einen Maximalkrafttest durchzuführen. Die Belastungsintensität konnte daher nur den jeweiligen Möglichkeiten (Gesundheit, Kognition, Motivation) der einzelnen Teilnehmer angepasst und gesteigert werden.

Die Trainingsteilnahme und vor allem die Trainingsbelastung bzw. der Umfang und die Geschwindigkeit der Steigerung der Trainingsbelastung geben Auskunft über die Trainierbarkeit eines Teilnehmers. Die Teilnehmer der Trainingsgruppe des Betreuten Wohnens begannen die Trainingsintervention im Durchschnitt bereits mit einem höheren Grundgewicht (Hand- und Fußgewicht) als die Teilnehmer der Trainingsgruppe der Altenheimbewohner. Bei den Teilnehmern des Betreuten Wohnens konnte das Trainingsgewicht nach Beginn der Intervention zügig gesteigert werden, so dass sie schon nach kurzer Zeit überwiegend mit ihrer individuellen Trainingsbelastung entsprechend der Hypertrophie-Trainingsmethode kontinuierlich trainieren konnten. Bei den Altenheimbewohnern war dieser Prozess nicht so schnell umsetzbar, da es einige einschränkende Faktoren (kognitive und körperliche) gab, die eine zügige Steigerung der Belastung, und damit ein Krafttraining im Sinne der Hypertrophie-Trainingsmethode, zunächst verhinderten. Erst gegen Ende der Intervention hatten die meisten Altenheimbewohner einen Trainingszustand erreicht, mit dem ein Hypertrophie-Krafttraining erfolgreich durchgeführt werden konnte. Entsprechend wurde von den Bewohnern des Betreuten Wohnens bis zur 32. Trainingseinheit durchschnittlich ein höheres End-Trainingsgewicht erreicht, sowohl bei den Hand- als auch bei den Fußgewichten, wobei der Unterschied zwischen den Gruppen bei der Trainingsbelastung für die Muskulatur der unteren Extremitäten noch deutlicher ausfiel.

Der Verlauf der Trainingsbelastung spiegelt sich auch in den Ergebnissen der motorischen Tests wider. Im Gegensatz zu den Bewohnern des Betreuten Wohnens ist es auch hier erst zu einem späteren Zeitpunkt bei den Altenheimbewohnern zu einer messbaren Steigerung der Leistungsfähigkeit gekommen. Erst die kontinuierliche, dauerhafte Beanspruchung der Stoffwechselwege durch das Training führte zur notwendigen Anpassung der vielen am Hcy-Stoffwechsel beteiligten Enzyme in allen daran beteiligten Organen. Die antioxidativen Systeme waren daher erst später in der Lage, die mit der Entstehung von O₂-Radikalen verbundenen Trainingsreize für den Organismus nicht mehr zu oxidativem Stress führen zu lassen, sondern zu einem messbaren Trainingseffekt, der schließlich auch eine höhere Trainingsbelastung und als Folge davon bessere Testergebnisse zuließ.

5.3.3 Metabolische, biologische und anthropometrische Parameter

5.3.3.1 Die Körperzusammensetzung

Die Körperzusammensetzung wird durch die regelmäßige Einnahme von Diuretika verändert. Weil viele Senioren regelmäßig Diuretika einnehmen, werden bei der Messung ihrer Körperzusammensetzung mit Hilfe der Bioelektrischen Impedanz Analyse (BIA) häufig leicht ver-

fälschte Werte dargestellt. So verhielt es sich auch bei den Teilnehmern der PATRAS-Studie. Da sie die Diuretika aber sowohl bei der ersten (T_1 , Woche 0) als auch bei der zweiten (T_4 , Woche 16) Messung gleichermaßen einnahmen, kann zumindest der „vorher-nachher-Unterschied“ bzw. die Veränderungen nach 16 Wochen Interventionsstudie (von T_1 bis T_4) verglichen werden, nicht jedoch der Absolutwert.

Nach Abschluss der Intervention hatte sich lediglich ein einziger Wert signifikant verändert. Der Anteil der Extrazellulärmasse war bei den Altenheimbewohnern (TG-AH) deutlich größer geworden. Die Extrazellulärmasse umfasst laut „Data Input GmbH“ vor allem Körperbestandteile wie z.B. Gewebsflüssigkeit, Haut, Sehnen, Knochen, Collagen und Faszien. Extrazellulärmasse und Körperzellmasse (vor allem Muskulatur, Organmasse und Blutzellen) gemeinsam bilden die Magermasse des Körpers. Beim gesunden, jungen Menschen ist die Körperzellmasse grundsätzlich größer als die Extrazellulärmasse (Fischer und Lembcke, 1991). Durch die Folgen der Sarkopenie, also den Muskelmassenverlust, steigt der Anteil der Extrazellulärmasse jedoch mit zunehmendem Alter an, so dass sich das Verhältnis Extrazellulärmasse zu Körperzellmasse beim alten Menschen ändert. Bei fast allen Teilnehmern der Trainingsgruppen (TG-BW und TG-AH) war der Anteil der Extrazellulärmasse inzwischen größer als der der Körperzellmasse. Bei den Altenheimbewohnern (TG-AH) ist es im Interventionszeitraum von 4 Monaten noch zu einer weiteren geringen Abnahme der Körperzellmasse bei gleichzeitiger deutlicher Zunahme des Anteils der Extrazellulärmasse gekommen. Fischer und Lembcke (1991) deuten dieses als eine Verschlechterung des Ernährungszustandes, die charakteristisch für das Frühstadium einer Malnutrition sein kann. Eine andere mögliche Interpretation der vorliegenden Daten gibt dagegen eher Hinweise auf positive Stoffwechselvorgänge bei den Altenheimbewohnern. Die Extrazellulärmasse hat bei gleichbleibendem Wasseranteil zugunsten von Bindegewebe, Haut und Sehnen zugenommen. Außerdem waren weder die Körperzellmasse noch die Magermasse trotz Verlusts an Gesamtkörpermasse signifikant reduziert, was eigentlich charakteristisch für den Verlauf der Sarkopenie wäre. Die Werte könnten daher auch als ein Indiz für eine aktivierte Proteinsynthese und für einen reduzierten Verlauf der Sarkopenie gewertet werden.

Positiv sah auch die Situation bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens (TG-BW) aus, obwohl sich kein gemessener BIA-Wert von T_1 (Woche 0) zu T_4 (Woche 16) signifikant verändert hatte. Während es zu einer deutlichen Abnahme der Gesamtkörpermasse bzw. des Körpergewichts gekommen war, konnte bei den Senioren im Mittel sogar eine leichte Zunahme der Körperzellmasse und der Magermasse festgestellt werden, was ein Hinweis auf anabole Stoffwechselvorgänge im Körper sein könnte. Um diese Vermutung weiter zu untermauern, müssen jedoch auch die Ergebnisse der anderen Tests im Folgenden berücksichtigt werden.

Auch in anderen Krafttrainingsstudien mit Senioren wurde die Körperzusammensetzung gemessen. Es wurden dazu aber verschiedene andere Techniken zur Bestimmung des Muskel- bzw. Fettanteils, wie z.B. radiologische Verfahren (Kernspintomographie und Computertomographie) oder die Hautfaltendicke-Messung, verwendet. Eine Besonderheit dieser Verfahren ist, dass es sich dabei im Gegensatz zur BIA-Messung um regionale bzw. lokale Messungen handelt. Frontera et al. (1988), Fiatarone et al. (1990, 1994), Vincent et al. (2002) und andere konnten jeweils eine überwiegend signifikante Muskelmassenzunahme bei der

trainierten und untersuchten Muskulatur und eine Abnahme der Fettmasse feststellen. Aussagen über die Gesamt-Körperzusammensetzung treffen sie allerdings nicht, da die Verteilung von Fett- und Muskelmasse im Körper keineswegs überall homogen ist, und diese Messungen nur bedingt Rückschlüsse auf die Veränderung der Gesamt-Körperzusammensetzung zulassen.

5.3.3.2 Body-Mass-Index, Körpergewicht und Ernährungsdaten

Da die Körpergröße mit dem Alter abnimmt und sich die prognostische Bedeutung des Körpergewichts verändert, wurden vom National Research Council der USA (National Research Council, 1989) für den Body-Mass-Index (BMI) Normbereiche veröffentlicht, die das Lebensalter bzw. die sich ändernden anthropometrischen Werte berücksichtigen. Mit zunehmendem Alter werden inzwischen höhere BMI-Werte als sinnvoll und wünschenswert angesehen. Der Normbereich für die über 65jährigen wurde daher auf 24-29 kg/m² festgelegt, basierend auf den Daten der „Build Study“, die im höheren Lebensalter die geringsten Mortalitätsraten bei höheren BMI-Werten belegen (Andres et al., 1985). Werte unter 24 kg/m² werden deswegen als Risiko für Unterernährung, Werte über 29 kg/m² als Übergewicht interpretiert (Volkert, 1997).

Legt man die Einteilung des National Research Council von 1989 zugrunde, waren die durchschnittlichen BMI-Werte aller Gruppen der PATRAS-Studie zu allen Messzeitpunkten im wünschenswerten Bereich zwischen 24 und 29 kg/m², auch unter Berücksichtigung der Tatsache, dass der BMI-Wert im Mittel bei allen – zum Teil sogar sehr deutlich - bis zum vierten Messzeitpunkt (Woche 16) abgenommen hatte.

Individuelle BMI-Werte zeigten jedoch, dass es auch innerhalb der Gruppen zahlreiche Abweichungen vom gewünschten Normbereich gab. Besonders in der Gruppe der Altenheimbewohner gab es Teilnehmer, deren BMI unter 24 kg/m² lag: TG-AH zu T₁ (Woche 0) 3 Personen (23,1 %; AH: 5 Personen, 25 %) und zu T₄ (Woche 16) 4 Personen (30,8 %; AH: 6 Personen, 30 %), was fast ein Drittel der Trainingsgruppe ausmachte.

Während der Anteil der Teilnehmer, die einen BMI unter 24 kg/m² aufwiesen, bei den Altenheimbewohnern lediglich um eine Person zunahm, stieg er bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens von T₁ zu T₄ bei der Trainingsgruppe um zwei und bei der Gesamtgruppe (BW) sogar um 4 Personen deutlich an (TG-BW: T₁, 2 Personen, 15,4 %; T₄, 4 Personen, 30,8 %; BW: T₁, 3 Personen, 15 %; T₄, 7 Personen, 35 %). Dahinter verbarg sich bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens allerdings vor allem der eigene Wunsch nach einer Gewichtsreduktion, die im Interventionszeitraum von den Teilnehmern aktiv forciert wurde. Der durchschnittliche BMI-Wert verringerte sich entsprechend bei den Gruppen BW, TG-BW, alle und TG-alle bis zum Ende der Intervention signifikant. Senioren, die ein Übergewicht, d.h. einen BMI-Wert von über 29 kg/m² aufwiesen, gab es nur bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens. Die Anzahl der untergewichtigen Teilnehmer nahm zu T₄ allerdings ab.

Da sich innerhalb der Interventionszeit im Wesentlichen die Variable „Körpergewicht“ in der Berechnung des BMI veränderte und sich daher die BMI-Werte entsprechend der Gewichtsweite entwickelten (inklusive Signifikanzen), werden im Folgenden anstelle der BMI-Werte

nur die Körpergewichtsveränderungen in der Interaktion mit den anderen Parametern und Testleistungen interpretiert.

Die Beurteilung eines gemessenen Körpergewichts bzw. die Festlegung eines idealen Körpergewichts einer älteren Person ist grundsätzlich nicht einfach, da sowohl repräsentative Gewichtsangaben von älteren Menschen als auch repräsentative Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen dem Körpergewicht bzw. dem BMI und weiterer Lebenserwartung bzw. Erkrankungswahrscheinlichkeit immer noch fehlen. Es besteht allerdings kein Zweifel daran, dass eine Beziehung zwischen Ernährungsfaktoren einerseits und der Lebenserwartung andererseits besteht (Volkert, 1997). Das Körpergewicht und Gewichtsveränderungen sind aber sowohl im Hinblick auf Über- als auch auf Untergewicht von großer gesundheitlicher Bedeutung. In der Nationalen Verzehrsstudie, einer repräsentativen bundesweiten Untersuchung mit ca. 20.000 Teilnehmern, wurde von einer Zunahme des Körpergewichts im mittleren, gefolgt von einer Abnahme im hohen Lebensalter berichtet (Adolf et al., 1995). Inwieweit die Gewichtsveränderungen im Alter jedoch dem Alternsprozess zuzuschreiben sind, lässt sich aufgrund von Einflussfaktoren, wie z.B. die persönliche Situation, die gesellschaftlichen Bedingungen wie Lebensmittelangebot, Lebensstil und Aktivität, Veranlagung, Ernährungsgewohnheiten und Schlankkeitsideal, nur schwer sagen. Sehr große Spannbreiten und individuelle Gewichtsschwankungen machen Aussagen zum Gewichtsverlauf mit zunehmendem Alter noch zusätzlich schwierig (Volkert, 1997). Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) stellte in ihrem Ernährungsbericht (1996) fest, dass ein erheblicher Teil der Bevölkerung nicht ausreichend mit lebensnotwendigen Nährstoffen versorgt ist. Eine Mangel- oder Unterernährung tritt dabei vor allem bei den über 65jährigen Menschen auf (Schlierf, 1996). Untersuchungen in Altenheimen und geriatrischen Krankenhäusern stellten bei Hochbetagten eine besonders ungünstige Gesundheits- und Ernährungssituation fest (Heseker, 2003). Ein schlechter Ernährungszustand hat aber besonders bei diesen Menschen eine Reihe von negativen Einflüssen auf die Entstehung und den Verlauf von Krankheiten. Neben dem Gewichtsverlust kommt es zusätzlich zu einer Schwächung des Immunsystems, einer verzögerten Wundheilung, erhöhten Komplikationsraten, schlechterer Medikamenten- bzw. Therapieverträglichkeit und zu Erschöpfung, Kraftlosigkeit, erhöhtem Sturz- und Frakturrisiko, Abnahme der Muskelkraft, reduzierter Belastbarkeit bzw. verzögerter Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit (Heseker, 2003).

Daher war es ein Ziel der PATRAS-Studie - neben dem Erhalt und der Verbesserung der Alltagsmobilität -, durch Bewegung den Appetit der Senioren anzuregen, und damit eine erhöhte Energie- bzw. Nährstoffaufnahme zur Verbesserung des Ernährungsstatus zu erzeugen.

Durch das Trainingsprogramm ist es zwar grundsätzlich zu einer vermehrten Bewegung gekommen, die Energie- und Nährstoffaufnahme, die mit Hilfe von Ernährungs- und Wiegeprotokollen erhoben wurde, hat sich jedoch bis zum Ende der Trainingsintervention nicht vergrößert, sondern ist im Durchschnitt tendenziell gesunken. Es ist dadurch zu einer deutlichen Reduktion des durchschnittlichen Körpergewichts gekommen. Die Bewohner des Betreuten Wohnens (TG-BW) haben, obwohl sie nicht signifikant weniger Energie in Form von Kalorien aufgenommen haben, signifikant an Körpergewicht verloren. Über zwei Drittel der Teilnehmer haben mindestens zwei oder teilweise deutlich mehr Kilogramm Körpergewicht im Ver-

lauf der Intervention abgenommen. Diese Entwicklung war jedoch nicht überraschend, da gerade die Teilnehmer dieser Gruppe den Wunsch nach Gewichtsreduzierung, vor allem mit Hilfe des Kräftigungstrainings, in der Befragung sehr häufig geäußert hatten. Die Gewichtsreduktion wurde daher durch den durch das Training erhöhten Energiebedarf verursacht, der gegen den Rat der Übungsleiter bewusst von den Senioren nicht durch eine gesteigerte Energiezufuhr ausgeglichen wurde. Es ist aber wahrscheinlich, dass es sich bei der Gewichtsreduktion überwiegend um einen Verlust von Fettmasse handelte, denn am Ende der Intervention konnten mit Hilfe der BIA-Messung andeutungsweise mehr Muskel- und weniger Fettmasse bei den Teilnehmern der Trainingsgruppe gemessen werden. Berücksichtigt man zum einen die Tatsache, dass die Teilnehmer (TG-BW) schon nach kurzer Zeit entsprechend der Hypertrophie-Trainingsmethode kontinuierlich trainieren konnten, und zum anderen, dass darüber hinaus die Aufnahme von Proteinen mit der täglichen Nahrung bis T₄ (Woche 16) im Mittel leicht gestiegen war, könnten diese Hinweise für anabole Stoffwechselvorgänge sein.

Die körperliche Situation der Altenheimbewohner (TG-AH) sah dagegen etwas anders aus. Obwohl die Mittelwerte von T₁ zu T₄ eine leichte Abnahme des Körpergewichts der Teilnehmer anzeigten, ist die Veränderung in dieser Ausprägung im Wesentlichen auf die deutliche Gewichtsreduktion einer einzelnen Person zurückzuführen, was bei der geringen Probandenanzahl entsprechenden Einfluss auf den Mittelwert bzw. die Statistik hat. Während über die Hälfte der Altenheimbewohner (TG-AH) entweder keine nennenswerten Körpergewichtsveränderungen (± 1 kg) hatten oder gar an Gewicht zunahmen, hatte der einzelne Teilnehmer bis zum Ende der Intervention 9,2 kg abgenommen. Seine Magenerkrankung ist die wahrscheinliche Ursache dafür gewesen.

Obwohl die Trainingsintensität der Altenheimbewohner zunächst nicht dem Krafttraining im Sinne der Hypertrophie-Trainingsmethode entsprach, haben sie dennoch durch das Trainieren und Üben Energie verbraucht, die nicht von allen durch die Nahrungsaufnahme in vollem Umfang wieder zugeführt und ausgeglichen werden konnte. Der Appetit und damit die Energie- und Nährstoffaufnahme scheinen durch das Training daher bei einigen Teilnehmern nicht in dem Umfang angeregt worden zu sein, wie es wünschenswert oder sogar sinnvoll gewesen wäre. Es ist – im Gegenteil – statistisch gesehen insgesamt zu einer leichten Reduktion der Energieaufnahme gekommen, wobei auch dieser Mittelwert durch die starke Veränderung des Essverhaltens einzelner Senioren kritisch zu bewerten ist. Die Kohlenhydrat- und Proteinzufuhr war sogar signifikant verringert. Besonders die deutlich reduzierte Aufnahme von Proteinen kann negative Auswirkungen auf den Muskelstoffwechsel, das Immunsystem und andere Stoffwechselsysteme haben. Da die Trainingsintensität bei den meisten Altenheimbewohnern jedoch noch nicht so groß gewesen ist, scheint der Energieverbrauch, trotz durchschnittlich geringerer Zufuhr, nicht zu einem größeren Körpergewichtsverlust geführt zu haben.

Fiatarone et al. (1994) führte mit 100 Altenheimbewohnern, im Alter von 72 bis 98 Jahren, über 10 Wochen eine Interventionsstudie durch, in der sie, im Gegensatz zur PATRAS-Studie, insgesamt eine geringe Zunahme des Körpergewichts bei den Teilnehmern der Untergruppen feststellen konnte. Die erste Gruppe trainierte dreimal pro Woche an Kraftmaschinen, die zweite Gruppe führte das gleiche Training durch und bekam zusätzlich täglich ein proteinreiches, hochkalorisches Ernährungssupplement, und die dritte Gruppe erhielt nur

das Supplement. Während bei der zweiten (Training + Supplement) und dritten Gruppe (Supplement) die erwartete Gewichtszunahme eintrat, scheint auch bei der ersten Gruppe (Training) der Appetit derart angeregt worden zu sein, dass es den Teilnehmern nicht nur gelang, die verbrauchte Energie durch die tägliche Nahrung wieder auszugleichen, sondern darüber hinaus auch noch zusätzliche Energie aufzunehmen. Fiatarone et al. (1994) untersuchte außerdem die Auswirkungen der Intervention auf die fettfreie Körpermasse. Sie konnte dabei zwar bei der ersten (Training) und der zweiten Gruppe (Training + Supplement) einen positiven Effekt zeigen, dieser war jedoch nicht signifikant und besonders bei der zweiten Gruppe (Training + Supplement) deutlich geringer ausgefallen als erwartet.

5.3.3.3 Die Auswirkungen des Krafttrainings auf die Aminosäuren-Konzentration im Blutplasma

Aussagekraft und Bewertung von Aminosäuren-Bestimmungen im Plasma

Bei der Interpretation von AS-Konzentrationen bleibt in der Literatur die begrenzte Aussagekraft von Bestimmungen im Plasma häufig unberücksichtigt. So umfasst z.B. der Plasma-AS-Pool nur einen geringen Anteil des Gesamt-AS-Pools des Körpers und kann daher auch nur ausschnittsweise Einblick in den Gesamt-AS-Pool geben. Weiterhin wird die AS-Konzentration im Plasma von vielen endogenen und exogenen Faktoren (anthropometrische, metabolische, hormonelle, immunologische, nutritive, u.a.) beeinflusst. Die Inter-Organ-Beziehungen machen eine Interpretation der Plasma-AS noch zusätzlich schwierig, da die Plasma-AS in komplexen Bezugssystemen zu den verschiedenen Organgeweben (z.B. Muskel, Leber, Gehirn, Niere) und zu zahlreichen Stoffwechselwegen stehen. Gravierende quantitative Veränderungen der Plasma-AS-Konzentrationen lassen dennoch eingeschränkt Rückschlüsse über Verschiebungen im Verhältnis von Aufnahme und Abgabe bzw. Produktion und Elimination zu, die im engen Zusammenhang mit den bekannten Stoffwechselwegen interpretiert werden können, da Aufnahme, Synthese und Metabolisierung von den hier untersuchten AS und von Homocystein in verschiedenen Geweben ablaufen.

Die Auswirkungen des Krafttrainings auf die Kreatinsynthese und das Methionin-Homocystein-Glutathion-System bzw. die metabolisch verbundenen Aminosäuren

Ein weiteres Ziel der PATRAS-Studie war es, die Auswirkungen des Krafttrainings auf den Stoffwechsel, insbesondere den Metabolismus von Aminosäuren (AS) bei Hochbetagten zu untersuchen. Hierbei lag das Interesse besonders auf dem Einfluss des Trainings auf die Plasma-Konzentrationsveränderungen der an der Kreatinsynthese beteiligten AS sowie auf das Methionin-Homocystein-Glutathion-(MHG-)System inklusive der metabolisch verbundenen AS. Der Ansatz beruht auf der Überlegung, dass in der Biologie des Alterns und in der Pathogenese der Alterspolypathie die oxidative Schädigung von Zellsubstanzen und genetischem Material (DNA) eine wichtige Rolle spielt bzw. zur Verhinderung dessen das antioxidative Potential hat. Aufgrund der im Theorieteil beschriebenen und bekannten Stoffwechselwege sind das antioxidativ wirksame MHG-System und der Belastungsstoffwechsel sowohl über die Kreatinsynthese als auch über den möglichen Verbrauch glukoplastischer Aminosäuren zur Energiegewinnung miteinander verbunden. Der Aufbau von oxidativem

Schutz durch körperliche Aktivität führt demnach zu einer Erhöhung der Funktionsfähigkeit des Immunsystems und Abwehrbereitschaft gegenüber oxidativem Stress.

Aus diesen Zusammenhängen ergibt sich die Frage, ob es durch das entwickelte progressive Krafttraining möglich war, die antioxidativen Systeme, speziell das MHG-System, der hochbetagten, multimorbiden Teilnehmer der PATRAS-Studie über den Belastungsstoffwechsel positiv zu beeinflussen. Auf die weiteren zahlreichen antioxidativ wirksamen enzymatischen Systeme, Substrate, Vitamine und Supplemente soll im Rahmen dieser Arbeit nicht näher eingegangen werden. Die körperliche Belastung hat im Durchschnitt zu einigen signifikanten Veränderungen der AS-Plasma-Konzentration bis zum Ende der Intervention geführt, die im Folgenden diskutiert werden sollen.

Die Plasma-Konzentration der im MHG-System wichtigen AS **Methionin** hat bei durchschnittlich allen Teilnehmern der PATRAS-Studie, vor allem bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens, bis zu T₄ (Woche 16) deutlich zugenommen. Methionin spielt besonders nach Aktivierung zum S-Adenosyl-Methionin (SAM) als Methylgruppendonator in der Synthese einer ganzen Reihe vital bedeutender Verbindungen wie z.B. Kreatin, Carnitin, Adrenalin/Noradrenalin, Cholin/Acetylcholin, eine wesentliche Rolle. Eine erhöhte Verfügbarkeit dieser AS kann daher den Belastungsstoffwechsel über eine gesteigerte Kreatinsynthese positiv beeinflussen. Nach Demethylierung kann Methionin einerseits über Hcy zu Cystein metabolisiert und über Serin abgebaut werden (Weicker und Strobel, 1994), andererseits könnte die erhöhte Verfügbarkeit von Methionin im Plasma am Ende der Intervention auch an der größeren Rückmetabolisierung von Hcy zu Methionin infolge ausreichender Vitamin B- und Serin-Verfügbarkeit liegen. Denn die Plasma-Konzentration der neutralen AS **Serin**, die entweder durch die Biosynthese aus Glycin oder aus dem nicht-proteinogenen Sarkosin gebildet wird (Weicker und Strobel, 1994), hatte bis zu T₄ (Woche 16) ebenfalls deutlich zugenommen. Der Wert war im Mittel bei allen Teilnehmern, bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens (TG-BW) und bei der Gesamttrainingsgruppe (TG-alle) sogar signifikant, gestiegen. Dieses ist ein Zeichen dafür, dass der durch die Aktivierung des MHG-Systems erhöhte Serin-Bedarf durch die endogene Serin-Synthese ausreichend gedeckt werden konnte. Aber auch die Plasma-Konzentrationen der Serin-Vorläufer **Threonin**, das durch die PLP-abhängige Threoninaldolasereaktion zu Glycin und Acetaldehyd umgewandelt werden kann (Löffler und Petrides, 2003), und Glycin waren bei den Teilnehmern zum Teil signifikant gestiegen und förderten dadurch die wichtige Serin-Synthese. **Glycin** ist eine der wichtigsten Ausgangssubstanzen in der Kreatin- und Kreatinphosphatbildung und kann nach der Umwandlung von Serin zu Pyruvat metabolisiert und im Energiestoffwechsel weiter verstoffwechselt werden (Weicker und Strobel, 1994). Neben anderen Stoffwechselaufgaben, z.B. als Vorstufe für verschiedene Biosynthesen, bildet Glycin außerdem im MHG-System zusammen mit Glutaminsäure und Cystein das Glutathion (Spittler et al, 2004). Ein möglicher Grund für die größere Verfügbarkeit der beiden ineinander überführbaren glukoplastischen AS **Serin und Glycin und von Threonin** im Plasma könnte in der verstärkten Verstoffwechslung von Kohlenhydraten und/oder Fetten und einer reduzierten Aktivität der Glukoneogenese liegen. Offenbar konnte durch das Training der Fett- und Kohlenhydratstoffwechsel der Senioren wieder entsprechend aktiviert werden.

Die basische AS **Arginin** ist wie Glycin ebenfalls an der Biosynthese von Kreatin wesentlich beteiligt. Arginin kann zusätzlich aber auch noch an anderen Stellen im Organismus, z.B. in der Stickstoffmonoxidsynthese oder im Harnstoffzyklus, verstoffwechselt werden. Bei den Teilnehmern aller Gruppen konnte auch hier wiederum im Mittel eine leichte Zunahme der Plasma-Konzentration am Ende der Intervention gemessen werden. Die Tatsache, dass bei durchschnittlich allen Teilnehmern zu T₄ (Woche 16) die Plasma-Werte von Harnstoff, Kreatinin und Harnsäure leicht angestiegen und die zur Biosynthese von Kreatin benötigten AS in ausreichender Menge vorhanden waren, könnte als Hinweis für die vermehrte Aktivierung des Kreatin-, aber auch des AS-Stickstoff- und Purinstoffwechsels unter Verbrauch von Arginin, Glycin und Methionin gewertet werden (Weiß et al., 1999).

Kreatin ist keine eigentliche AS, enthält jedoch Stickstoff. Es kann mit der Nahrung aufgenommen werden. Kreatin findet sich als natürlicher Lebensmittelinhaltsstoff vor allem in tierischen Nahrungsmittel-Produkten wie Fleisch oder Fisch. Da aber viele Senioren Schwierigkeiten beim Verzehr dieser Produkte haben (sie können sie z.B. nicht schneiden, kauen oder schlucken; sie mögen sie nicht), ist die alimentäre Zufuhr häufig deutlich reduziert. Kreatin wird darüber hinaus aber auch unter Belastung in der Leber oder Niere vom Organismus selbst synthetisiert, wobei Hcy entsteht, und im Muskel zu Kreatinphosphat umgebaut wird. Obwohl der Hcy- und der Kreatin-Stoffwechsel eng miteinander verknüpft sind, hatte in einer Interventionsstudie zwar das Krafttraining, nicht jedoch die Kreatin-Supplementation einen senkenden Effekt auf den Plasma-Hcy-Spiegel (Steenge et al., 2001). In den letzten Jahren wurde außerdem eine Vielzahl an Interventionsstudien in unterschiedlichen Sportarten durchgeführt, in denen Kreatinmonohydrat als Vorstufe von Kreatinphosphat verabreicht wurde. Der Gesamtgehalt an Kreatin im Muskel wurde dadurch signifikant erhöht, sofern ein niedriger Ausgangswert vorlag. Eine Leistungssteigerung konnte danach überwiegend bei kurzen, sich wiederholenden Belastungen hoher Intensität festgestellt werden (Maughan, 1995). Die Auswirkungen auf den Plasma-Hcy-Spiegel wurden allerdings außer Acht gelassen. Als negative Nebenwirkung der Kreatin-Supplementation ist es teilweise zusätzlich auch zu einer verstärkten Wassereinlagerung gekommen (Williams et al., 1997).

Grundsätzlich führt jedoch jede Erhöhung des muskulären Speichers an Kreatinphosphat zu einer Verlängerung der Leistungsfähigkeit im anaerob-alactaziden Bereich (Stehle, 2004). Viele Aktivitäten des täglichen Lebens der hochbetagten Senioren werden im kurzzeitig intensiven Belastungsbereich durchgeführt, z.B. Aufstehen von einem Stuhl, das Öffnen einer Flasche. Für sie würde also eine Verlängerung der Leistungsfähigkeit eine Verbesserung der Lebensqualität bedeuten. Die energetische Situation und besonders die Größe der ATP- und Kreatinphosphat-Speicher sind außerdem wichtige metabolische Signale, die die Zelldifferenzierung und das Zellwachstum, und damit den möglichen Muskelaufbau, steuern (Steinacker et al., 2002).

Bei der Plasma-Konzentration von **Hcy** konnten keine signifikanten Veränderungen festgestellt werden. Dennoch ist es der einzige Parameter, der sich bei den beiden Untergruppen tendenziell gegenläufig entwickelt hat. Während bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens (TG-BW) der Spiegel des gefäßschädigenden Hcys gesunken war, war der Ausgangswert bei den Altenheimbewohnern (TG-AH) schon auffallend hoch und ist zu T₄ (Woche 16) auch noch leicht angestiegen. Die Ursache dafür könnte in einer allgemein bereits sehr großen

Stoffwechselbelastung liegen, so wie es schon ein paar Mal in anderen Studien, z.B. der Paderborner Seniorenstudie, gezeigt wurde. Aus präventivmedizinischer Sicht wäre jedoch eine Erniedrigung des Hcy-Spiegels unbedingt wünschenswert (Weiß et al., 1999). Um Hcy allerdings mit Hilfe von Tetrahydrofolsäure/ Methyltetrahydrofolsäure zu Methionin zu remethylieren, wie auch zum Abbau von Hcy durch Transsulfurierung zu Cystathionin, Cystein und weiter unter Glycin-Verbrauch zu Glutathion, müssen ausreichend B-Vitamine und Folsäure vorhanden sein. Diese Parameter konnten jedoch im Rahmen der PATRAS-Studie nicht erhoben werden, so dass nur Vermutungen über mögliche Ursachen des erhöhten Hcy-Spiegels angestellt werden können: Der Plasma-Hcy-Spiegel ist im Wesentlichen nahrungsabhängig, aber auch genetische Faktoren und das Alter sind mitbestimmend (Weiß, 2003). Da die Teilnehmer der beiden Untergruppen (TG-BW und TG-AH) sich im Altersdurchschnitt nicht nennenswert unterschieden, könnte die Nährstoffzufuhr entscheidend für die unterschiedliche Entwicklung gewesen sein. So ist es z.B. denkbar, dass die Altenheimbewohner durch die von T₁ (Woche 0) zu T₄ (Woche 16) geringere Energiezufuhr auch weniger der wichtigen Nährstoffe mit der Nahrung aufgenommen haben. In der Literatur wird übereinstimmend darauf hingewiesen, dass eine unzureichende Versorgung des Organismus mit Folsäure, Cobalamin und Pyridoxin zu erhöhten Hcy-Plasma-Konzentrationen führen kann. Mit zunehmendem Alter, aber vor allem bei Hochbetagten, tritt eine Mangelversorgung der für das MHG-System wichtigen Vitamine (Vit. B₆, Vit. B₁₂) und/oder Folsäure besonders häufig auf (Joosten et al., 1993). Seiler und Stähelin (2004) halten diesen Mangelzustand als alimentär-bedingt und DeNong et al. (2001) konnte innerhalb von 17 Wochen nur durch Ernährungsintervention, durch Anheben der Vitaminspiegel, eine Absenkung des Plasma-Hcy bewirken. Für Resch et al. (1995) spielen dagegen für den Mangelzustand vielfältige Gründe eine wichtige Rolle, z.B. ein quantitativer und qualitativer Rückgang der Resorptionsleistung des Darms oder auch negative Auswirkungen von Medikamenten oder Erkrankungen auf den Metabolismus der B-Vitamine. Im Interventionszeitraum hat sich allerdings weder die Medikation der Teilnehmer verändert, noch sind neue Diagnosen hinzugekommen, so dass diese beiden Gründe als Ursache für eine Veränderung des Hcy-Spiegels ausgeschlossen werden können.

Die Plasma-Konzentration der schwefelhaltigen AS **Cystein**, die ein wichtiger Baustein des Tripeptids Glutathion ist, war am Ende der Intervention bei allen Gruppen durchschnittlich reduziert, bei TG-BW und TG-alle sogar signifikant. Ein deutliches Absinken von Cystein im Plasma kann ein Hinweis auf einen gesteigerten Verbrauch für Syntheseprozesse sein. Für die Glutathion-Synthese wird zusätzlich **Glutamat** benötigt, das überwiegend aus Glutamin stammt, da dies leichter durch die Zellmembran transportiert werden kann. Deshalb wird **Glutamin** auch als direkter Vorläufer von Glutathion gesehen (Roth et al., 1996). Eine vermehrte Verstoffwechslung von Cystein zu Glutathion wird wahrscheinlich zum einen durch die Tatsache, dass die dazu unbedingt nötigen AS Glycin und Glutamat bzw. Glutamin in ausreichender Menge zur Verfügung stehen, und zum anderen durch den Anstieg der Glutathion-Konzentration, der bei TG-AH und TG-alle signifikant und bei TG-BW fast signifikant ($p = 0,060$) war.

Zusammenfassend kann anhand der AS-Spiegelveränderungen im Plasma spekuliert werden, dass es durch die Krafttrainingsintervention gelungen ist, bei den Teilnehmern der Stu-

die eine Leistungssteigerung des antioxidativen MHG-Systems durch die Aktivierung der Kreatinsynthese über den Belastungsstoffwechsel zu erreichen. Die durchschnittlich gesteigerte Substratverfügbarkeit von Serin, Glycin, Threonin, Methionin und Glutamin im Plasma sowie der damit verbundene Abbau von Hcy konnte die Synthese von Glutathion und Cystein steigern und damit die Verarbeitung von oxidativem Stress fördern und den Muskel vor oxidativen Schäden schützen. Ein positiver Trainingseffekt war dann erreicht, wenn der mit Entstehung von O₂-Radikalen verbundene Trainingsreiz nicht mehr zu oxidativem Stress führt. Das MHG-System ist jedoch grundsätzlich von der Nahrungsaufnahme abhängig und daher anfällig für Defizite (Ji, 1999). Außerdem sind erst längerfristige kontinuierliche Beanspruchungen der Stoffwechselwege in der Lage, die notwendige Anpassung der vielen am Hcy-Stoffwechsel beteiligten Enzyme in allen daran beteiligten Organen herbeizuführen (Weiß, 2003), vorausgesetzt, ein adäquater Ernährungsstatus bleibt erhalten oder wird wieder erreicht. Dieses könnte der Grund sein, warum bei mehreren Parametern signifikante Trainingseffekte erst zwischen dem dritten (T₃, Woche 10) und vierten (T₄, Woche 16) Messzeitpunkt auftraten.

Die Auswirkungen des Krafttrainings auf die Aminosäuren-Konzentration einzelner für den Muskelstoffwechsel bedeutsamer Aminosäuren und Aminosäuren-Gruppen im Blutplasma

Anabolismus und Katabolismus eines Gewebes werden durch die Balance zwischen Proteinsynthese und Proteolyse bestimmt. Ein wesentlicher Faktor für das Schwinden der Skelettmuskulatur, der Sarkopenie, ist auch beim gesunden, älteren Menschen die altersbedingte Reduktion der Proteinsynthese, wodurch der mit normaler Halbwertszeit verlaufende Verlust an Muskelgewebe nur unzureichend kompensiert wird (Short und Nair, 2001). In gut kontrollierten Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass durch ein altersgerechtes Muskelkrafttraining der altersassoziierte Abbau der Muskelmasse aufgehalten und sogar neue Muskelmasse aufgebaut werden kann (siehe „Übersicht Krafttrainingsstudien“). In dem folgenden Abschnitt soll diskutiert werden, inwieweit es mit der Durchführung des vorliegenden Trainingsprogramms gelungen ist, die katabolen Stoffwechselprozesse der Teilnehmer positiv zu beeinflussen.

Für die Bewertung der für den Muskelstoffwechsel bedeutsamen AS-Konzentrationen im Plasma muss die Zeitspanne zwischen der letzten Trainingseinheit und der Blutabnahme berücksichtigt werden. Zwar sind der Muskelproteinabbau bis zu 24 Stunden und die Muskelproteinsynthese bis zu 48 Stunden nach der Belastung erhöht (Phillips et al., 1997; MacDougall, 1995), jedoch beeinflusst jede Mahlzeit während dieser Zeit den Muskelprotein-Metabolismus. Den Teilnehmern der PATRAS-Studie wurde am Morgen nach der letzten Trainingseinheit, vor dem Aufstehen, Blut abgenommen. Es lagen daher etwa 15 Stunden zwischen Training und Blutabnahme, in denen die Teilnehmer mindestens eine Mahlzeit einnahmen. Dieses Faktum ist bei der Bewertung und Beurteilung der festgestellten Werte zu berücksichtigen.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse fällt auf, dass sich die Konzentrationen der AS im Plasma bei den Untergruppen TG-BW und TG-AH tendenziell gleich entwickelt haben. Die Veränderungen waren jedoch teilweise bei TG-BW etwas deutlicher als bei den Altenheimbe-

wohnern. An T₄ (Woche 16) war die Plasma-Konzentration fast aller oben genannten AS gestiegen. Dieses spiegelt sich auch in dem insgesamt gestiegenen Blutwert „Total Protein“ wider. Da das Blut morgens in nüchternem Zustand abgenommen wurde und die Absorptionsprozesse nach der letzten Mahlzeit abgeschlossen bzw. nahezu abgeschlossen waren, muss ein zu T₄ durch Regenerationsprozesse besonders aktivierter AS-Stoffwechsel die Ursache dafür gewesen sein.

Wie in Kapitel 2 ausführlich beschrieben, existiert insgesamt nur ein relativ kleiner Pool an freien AS. Dieser hat die Aufgabe, viele Bereiche ständig mit den entsprechenden AS zu versorgen und damit auf vielfältige Weise zum Aufbau wie zur Erhaltung der Leistungsfähigkeit des Organismus beizutragen. Auch wenn AS im Energiestoffwechsel unter Belastung eine eher geringe Rolle spielen, werden die verzweigtkettigen AS, „Branched Chain Amino Acids“ (BCAA), **Valin, Leucin und Isoleucin** vor allem bei verminderten Glykogenreserven bevorzugt zur Energiegewinnung in den Energiestoffwechsel einbezogen (Fürst, 2004). Als Reaktion darauf sinken die BCAA-Konzentrationen im Plasma ab (Graham, 1995). Bei den Teilnehmern beider Gruppen (TG-AH und TG-BW) waren die Plasma-Konzentrationen aller BCAA am Ende der Intervention zu T₄ (Woche 16) im Mittel allerdings deutlich angestiegen. Es wäre daher möglich, dass der Muskel entweder noch über ausreichend Glykogenreserven verfügte oder wieder gelernt hatte, verstärkt Fette und Kohlenhydrate zu verstoffwechseln. Er war offensichtlich nicht auf die BCAA als Energieträger angewiesen.

Berücksichtigt man den oben erwähnten Zeitfaktor zwischen Training und Blutabnahme, ist es ebenso denkbar, dass die Teilnehmer durch ihre zwischenzeitliche(n) Mahlzeit(en) so viel BCAA aufgenommen hatten, dass eine eventuelle Reduktion gut ausgeglichen werden konnte, und die AS daher für andere Stoffwechselprozesse, z.B. Syntheseprozesse, zur Verfügung standen. Dieser Umstand würde, unterstützt durch die gesteigerte Verfügbarkeit von Leucin, welches neben Arginin, Ornithin und Lysin als anabol wirkende AS gilt, auf eine insgesamt anabole Stoffwechselsituation sowohl bei den Altenheimbewohnern (TG-AH) als auch bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens (TG-BW) hindeuten. Da die drei BCAA neben Energieträgern auch die Aminogruppen-Donatoren für die Synthese von Alanin und Glutamin sind, stehen die Plasma-Konzentrationen der BCAA mit den Plasma-Konzentrationen von Alanin und Glutamin in engem Zusammenhang. Eine hohe Verfügbarkeit der BCAA im Gewebe würde deswegen auch zu einer erhöhten Freisetzung von Alanin und Glutamin aus der Muskulatur führen (Stryer, 1999). Tatsächlich waren die Alanin-Konzentrationen der Teilnehmer leicht und die Glutamin-Konzentrationen sogar deutlich an T₄ (Woche 16) erhöht.

Die Plasma-Konzentration von **Alanin** steht über den Glucose-Alanin-Zyklus in enger Wechselbeziehung zum Muskel- und Leberstoffwechsel. Sie war bei beiden Gruppen, TG-AH und TG-BW, durchschnittlich leicht angestiegen. Da die Blutabnahme morgens in ausgeruhtem Zustand und ca. 15-20 Stunden nach der letzten Belastung bei den Teilnehmern erfolgte, ist eine belastungsinduzierte Aktivierung des Glukose-Alanin-Zyklusses eher unwahrscheinlich. Die Leber verfügte bereits wieder, vor allem durch die zwischenzeitliche(n) Mahlzeit(en), über genügend Glykogenvorräte, so dass die Glykogen-Homöostase aufrechterhalten werden konnte und kein Anlass zur Glukoneogenese bestand. Alanin ist neben dem Substrat für die Glukoneogenese auch ein bevorzugter Baustein für die Neubildung von abgebauten Pro-

teinen, vor allem in der Leber und der Muskulatur (Weicker und Strobel, 1996). Das im Blut verfügbare Alanin ist somit auch für Syntheseprozesse günstig und kann als ein vorsichtiger Hinweis auf eine anabole Stoffwechselsituation, sowohl bei TG-BW als auch bei TG-AH, gewertet werden.

Die Plasma-Konzentration von **Glutamin** war bei allen Teilnehmern nach der Intervention im Mittel, bei TG-BW deutlich, erhöht. Ursächlich dafür war die große Verfügbarkeit der drei BCAA, deren Transaminierung über Glutamat einen Stoffwechselweg für die Glutamin-Synthese darstellt. Nach Wagenmakers (1998) ist der arbeitende Muskel bei ausreichender Verfügbarkeit von verzweigtkettigen AS der wichtigste Glutaminlieferant. Für den älteren Menschen ist demnach nicht nur die Erhaltung oder der Aufbau von ausreichend stoffwechselaktiver Muskelmasse an sich von Wichtigkeit, sondern auch deren Stoffwechselleistungsfähigkeit, bzw. deren Trainingszustand. Glutamin ist nicht nur Baustein für die Proteinsynthese, sondern hat auch als Zwischenprodukt in einer Vielzahl von Stoffwechselwegen wichtige und zentrale Funktionen inne (Fürst, 1999). Glutamin ist ein entscheidender Regulator für die Muskelproteinsynthese und wichtiges Vehikel für den Transfer von Stickstoff zwischen den Organen. Desweiteren ist es auch bei der Ammoniakentgiftung und als wesentlicher Vorläufer für die Synthese von Purinnukleotiden von Bedeutung. Glutamin stellt für alle sich schnell vermehrenden Zellen, vor allem für die Immunzellen, ein wichtiges Energiesubstrat dar (Williams, 1997). Eine größere Glutaminverfügbarkeit gewährleistet daher eine größere Widerstandsfähigkeit gegen Infektanfälligkeit. Viele Untersuchungen deuten allerdings darauf hin, dass bei chronischen Krankheiten, Traumen, intestinalen Störungen, Infektionen etc., wie sie vor allem bei multimorbiden, hochbetagten Menschen häufig auftreten, der erhöhte Bedarf der Glutamin-verbrauchenden Organe nicht durch die endogene Synthese und Freisetzung von Glutamin aus dem Skelettmuskel gedeckt werden kann. Die Folge daraus ist eine Katabolie der Muskulatur (Biesalski und Grimm, 2001; Fürst, 1999). Dem stehen im vorliegenden Fall eine durchschnittlich größere Verfügbarkeit von Valin, Leucin, Isoleucin, Glutamin und Glutamat und zahlreiche weitere Hinweise auf eine Anabolie der Muskelstoffwechselsituation der Teilnehmer gegenüber.

Glutamat lag bei TG-BW zu T₄ (Woche 16) durchschnittlich in einer deutlich größeren Konzentration im Plasma vor als zu T₁ (Woche 0). Bei TG-AH war der Wert nur leicht angestiegen. Die Gründe für die Veränderung der Plasma-Konzentration sind nicht eindeutig festzumachen. Aufgrund der vorhandenen Feststellungen können mehrere Faktoren ursächlich sein. Denn Glutamat ist als Drehscheibe des Aminostickstoff-Stoffwechsels sowohl Aminogruppendonor als auch -akzeptor (Graham et al., 1995). Außerdem ist es wichtigster exzitatorischer Neurotransmitter des Gehirns, das nicht unkontrolliert aus den Zellen austritt, sondern vom Organismus kontrolliert und reguliert wird.

Asparagin hat als Säureamid von Aspartat bei vielen Austauschvorgängen zwischen Cytosol und Mitochondrien eine Schlüsselfunktion als kompartimentüberschreitender Shuttle-Mechanismus. Die wiederum bei allen Teilnehmern zum Teil sogar deutlich erhöhte Verfügbarkeit im Plasma kann ein Hinweis auf eine aktivierte Stoffwechselaktivität und durch die zwischenzeitliche Nährstoffzufuhr eventuell auf Syntheseprozesse sein. Asparagin ist wie Glutamin, Glutamat und Aspartat für die Übertragung von Aminostickstoff auf verschiedene

α -Ketosäuren, für die Transaminierung und die oxidative Desaminierung wichtig (Weicker und Strobel, 1994).

Ein signifikantes Ansteigen der Plasma-Konzentration von **Tryptophan** kann Ursache für eine zentrale Ermüdung sein (Newsholme et al., 1993). Da aber weder die Plasma-Konzentration der verzweigtkettigen AS gesunken ist, noch die Blutabnahme direkt nach oder während der Belastung erfolgte, scheint der Zustand der zentralen Ermüdung bei den Teilnehmern nicht zutreffend zu sein. Die erhöhte Konzentration von Tryptophan könnte auch in einer gesteigerten Stoffwechselaktivität nach der letzten Belastung begründet sein, da diese AS auch als Provitamin für die Synthese von Nicotinsäure, einem Vitamin des B-Komplexes, dient. Durch die Aktivierung des MHG-Systems herrscht im Organismus ein erhöhter Bedarf an B-Vitaminen.

Nach Blomstrand et al. (1991) muss eine gestiegene Tyrosin-Plasma-Konzentration als proteinkatabole Stoffwechselsituation gewertet werden. Bei den Teilnehmern der PATRAS-Studie konnten aber im Mittel zum Zeitpunkt der zweiten Blutabnahme an T₄ (Woche 16) keine deutlichen Veränderungen der Plasma-Konzentrationen von **Tyrosin, Lysin und Histidin** gemessen und nachgewiesen werden.

Aus den insgesamt vorliegenden AS-Werten ist daher keine weitere Katabolie ableitbar. Es ergaben sich eher Hinweise auf eine Umkehrung der katabolen Prozesse der Sarkopenie.

5.3.3.4 Routine-Blutparameter

Bei den Routine-Blutparametern ist es insgesamt nur zu sehr wenigen Veränderungen von der ersten T₁ (Woche 0) bis zur zweiten Blutabnahme T₄ (Woche 16) gekommen. Lediglich bei den Altenheimbewohnern (TG-AH) ist die Konzentration der roten Blutkörperchen und bei der Gesamt-Trainingsgruppe (TG-alle) die Konzentration von Hämoglobin und damit der Hämatokrit-Wert signifikant gesunken. Diese Veränderungen können durch eine Volumenexpansion des Blutplasmas verursacht worden sein. Dabei sind zwei Möglichkeiten denkbar:

Zum einen könnte eine unterschiedlich große Synthese von Aldosteron an den beiden Testzeitpunkten T₁ und T₄ der Grund dafür gewesen sein. Aldosteron ist ein Nebennierenrinden-Hormon mit wesentlichem Einfluss auf die Steuerung des Natrium-, Kalium- und Wasserhaushaltes sowie des extrazellulären Flüssigkeitsvolumens und des Plasmavolumens. Wenn im Körper zu wenig Flüssigkeit vorhanden ist, wird in der Nebennierenrinde vermehrt Aldosteron gebildet. Dadurch scheiden die Nieren weniger Flüssigkeit aus. Nach Weiß (2005, mündl. Mitteilung) unterliegt die Aldosteron-Synthese einem circaanialen (jahresrhythmischen) Effekt; dadurch wird im Sommer mehr Flüssigkeit retiniert als im Winter. Dieses führt zu einer Zunahme des Plasmavolumens im Sommer. Da die Anzahl der roten Blutkörperchen sich jahreszeitlich nicht verändert, kommt es durch einen „Verdünnungseffekt“ zu einer tendenziellen Abnahme der roten Blutkörperchen.

Zum anderen könnte auch eine trainingsbedingte Zunahme des Blutvolumens das Absinken des Hämatokrit-Wertes verursacht haben. Neben anderen Anpassungserscheinungen kommt es durch Training zu einer Steigerung des Blutvolumens (Williams, 1997). Durch eine verringerte Viskosität wird das Herz-Kreislaufsystem entlastet. Darüber hinaus kann das

größere Plasmavolumen vom Organismus auch zur Wärmeregulation herangezogen werden (Weineck, 2000). Da die erste Blutabnahme im Winter (Februar) und die zweite im Sommer (Juni-Juli) erfolgte und sich die Blutwerte der Bewohner des Betreuten Wohnens, die schon seit Beginn der Intervention mit der Hypertrophie-Trainingsmethode erfolgreich trainierten, im Gegensatz zu denen der Altenheimbewohner nicht verändert hatten, erscheint die erste Möglichkeit der Blutvolumenexpansion als die wahrscheinlichere.

Bei allen Teilnehmern ist es im Mittel zu einem leichten Anstieg der Werte von Kreatinin, Harnstoff und Harnsäure von T1 (Woche 0) zu T4 (Woche 16) gekommen. Diese Veränderung kann entweder Ausdruck einer zunehmenden Einschränkung der Nierenfunktion sein, aber auch Ausdruck einer vermehrten Aktivierung des Kreatin-, Purin- und AS-Stickstoff-Stoffwechsels (Weiß et al. 1999). Kreatin korreliert zudem nicht nur mit dem Kreatinin-Phosphatgehalt der Muskulatur, sondern auch mit der Muskelmasse. Die Ergebnisse der BIA-Messungen zu T₄ können dieses als mögliche Ursache allerdings nicht untermauern.

5.3.3.5 Krankheiten, Medikation, Gesundheit und Schmerzen

Krankheiten und Medikamente

Neben den genannten physiologischen Veränderungen, körperlicher Behinderung oder geistiger Beeinträchtigung (z.B. Vergesslichkeit, Verwirrtheit, Depressionen) beeinflussen auch zahlreiche akute oder chronische Krankheiten (z.B. Parkinson) die Bewegung (Heseker und Schmid, 2002). Gerade Menschen mit hohem und sehr hohem Alter, wie die Teilnehmer der PATRAS-Studie, sind oftmals durch chronische und meist irreversible Krankheiten, die eine permanente medizinische Behandlung erfordern, charakterisiert (Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend, 2002). Im Durchschnitt konnte jeder Teilnehmer der PATRAS-Studie vier bei ihm diagnostizierte Krankheiten benennen. Die Vielzahl der Erkrankungen ist im Ergebnisteil dokumentiert. Bis zum Ende der Intervention ist es weder bei den Altenheimbewohnern (TG-BW) noch bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens (TG-BW) zu nennenswerten Veränderungen gekommen.

Multimorbidität erfordert häufig auch eine intensive medikamentöse Therapie. Nicht selten wurden von den Senioren fünf, zehn und mehr verordnete Medikamente eingenommen. Der Durchschnitt lag bei sechs verordneten Medikamenten. Zu den Neben- und Wechselwirkungen vieler Medikamente zählen Übelkeit, Müdigkeit und andere Beeinträchtigungen, die das allgemeine Wohlbefinden, die körperliche Belastbarkeit und den Appetit reduzieren können. Da auch hier bis zur zweiten Befragung an T₄ (Woche 16) keine nennenswerten Änderungen auftraten, konnte eine Reduktion der Medikamente aufgrund regelmäßiger körperlicher Bewegung nicht nachgewiesen werden.

Gesundheit

Neben der Erfassung von Diagnosen und Funktionen ermöglicht die subjektive Einschätzung des Gesundheitszustandes eine zusätzliche Aussage über den tatsächlichen Gesundheitszustand und die Lebensqualität des älteren Menschen. Obwohl oft große Unterschiede zum ärztlichen Urteil vorliegen, konnte gezeigt werden, dass das subjektive Empfinden ein aus-

sagekräftiger Indikator für den weiteren Krankheits- bzw. Gesundheitsverlauf ist (Weinberger et al. 1986). Nach der Intervention schätzten insgesamt fast 50 % der Teilnehmer der Trainingsgruppen ihre Gesundheit deutlich besser ein, vor allem die Bewohner des Betreuten Wohnens schienen subjektiv von dem Training profitiert zu haben. Sie schätzten nach 16 Wochen Training ihre Gesundheit im Durchschnitt deutlich besser ein als zu Beginn der Intervention. Ein Grund dafür kann die deutliche Verbesserung bzw. leichtere Durchführung der Aktivitäten des täglichen Lebens sein. Die Senioren hatten das Gefühl, wieder beweglicher und selbständiger zu sein, was sich positiv auf das subjektive Gesundheitsempfinden ausgewirkt hat. Die Altenheimbewohner schätzten dagegen ihre Gesundheit nur geringfügig positiver ein.

Lässt man die Teilnehmer ihre eigene Gesundheit mit der etwa Gleichaltriger vergleichen, ist ein Trend zur negativeren (oder eventuell realistischeren) Wahrnehmung der eigenen Person zu erkennen. Sowohl der Vergleich aller Probanden als auch der Vergleich der Teilnehmer der Trainingsgruppe miteinander, erbrachte insgesamt eine etwas schlechtere Einschätzung des Gesundheitszustandes zum Zeitpunkt T_4 (Woche 16) im Vergleich zu T_1 (Woche 0). Die direkte Vergleichsmöglichkeit mit den anderen Teilnehmern im Training, die zur Befragung an T_1 noch nicht gegeben war, könnte die Ursache dafür gewesen sein.

Schmerzen

Schmerz hat immer auch einen direkten Einfluss auf die Trainingseinstellung, Leistungsbereitschaft und Motivation. Über die Hälfte der Teilnehmer litt unter Schmerzen, zum Teil sogar täglich. Knochen- und Gelenksschmerzen (inklusive Hüftschmerzen) wurden dabei am häufigsten angegeben. Besonders Schmerzen am Bewegungsapparat können die Mobilität des Menschen stark einschränken. Bei neun Teilnehmern (ca. 40 %) ist es gelungen, die Schmerzsituation deutlich zu verbessern. Davon stellten fünf das Ausbleiben jeglicher Schmerzen fest und bezeichneten sich selbst als beschwerdefrei. Inwieweit dieser Erfolg jedoch tatsächlich auf die kontinuierliche körperliche Belastung zurückzuführen ist, kann nicht abschließend geklärt werden.

5.3.4 Motorische und funktionelle Parameter

Wie im vorangegangenen Kapitel über die metabolischen und biologischen Parameter gezeigt werden konnte, ist es bei allen Teilnehmern zu einer reduzierten Nährstoffzufuhr und besonders bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens (TG-BW) im Mittel zu einer deutlichen Abnahme des Körpergewichts gekommen. Trotz dieser eher ungünstigen Teilergebnisse konnte eine Aktivierung des antioxidativen MHG-Systems an T_4 (Woche 16) bei den Teilnehmern gezeigt werden. Aufgrund der BIA-Daten und der Aminosäuren-Situation konnte darüber hinaus zwar eine vorsichtige Tendenz in Richtung Muskelanabolie festgestellt, jedoch nicht signifikant nachgewiesen werden. Dennoch konnten die Teilnehmer der Trainingsgruppen bei den meisten motorischen Tests und den Aktivitäten des täglichen Lebens von T_1 (Woche 0) zu T_4 (Woche 16) im Mittel deutliche (subjektive und objektive) Leistungsverbesserungen erzielen. Es liegt daher nahe, davon auszugehen, dass durch das Trainingsprogramm vor allem die Koordination der Teilnehmer deutlich verbessert wurde. Die

neuronale Rekrutierung von bestehender, jedoch ungenutzter Skelettmuskulatur erklärt die funktionale Verbesserung.

Im Folgenden sollen die Ergebnisse der motorischen und funktionellen Tests näher betrachtet und analysiert werden:

5.3.4.1 Motorische Tests (Testbatterie)

Bei jedem Test der Testbatterie und zu fast jedem Testzeitpunkt war der Leistungsunterschied zwischen den Altenheimbewohnern und den Bewohnern des Betreuten Wohnens signifikant, sowohl zwischen den Trainingsgruppen (TG-BW ↔ TG-AH) als auch zwischen den Gesamtgruppen (BW ↔ AH). Die deutlich bessere Leistungsfähigkeit der Bewohner des Betreuten Wohnens ist auf ihre insgesamt bessere körperliche Verfassung zurückzuführen.

Die Gesamtgruppe der Teilnehmer wurde zur besseren Auswertung und Interpretation der Ergebnisse in Untergruppen unterteilt. Die Unterteilung in Altenheimbewohner (AH) und Bewohner des Betreuten Wohnens (BW) bzw. in AH und Trainingsgruppe Altenheimbewohner (TG-AH) und auch BW und Trainingsgruppe Bewohner des Betreuten Wohnens (TG-BW), ist aus statistischen Gründen jedoch nicht ganz unkritisch. Da die Anzahl an Teilnehmern je Gruppe dadurch relativ gering wurde (AH 20 Personen und BW 20 Personen), musste die Verbesserung sehr groß sein, damit eine Signifikanz zu erkennen war (bei sehr großen Gruppen reicht schon eine kleinere Verbesserung für eine Signifikanz aus). Bei den Altenheimbewohnern war aufgrund der größeren Heterogenität eine größere Streuung der Ergebnisse vorhanden. Deswegen könnte es sein, dass die Ergebnisse, obwohl Verbesserungen vorlagen, nicht als signifikant zu klassifizieren sind. Bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens war diese Heterogenität nicht derart ausgeprägt vorhanden. Darum könnten die Ergebnisse hier eher statistisch signifikant gewesen sein.

Betrachtet man die Untergruppen im Einzelnen, so kann man feststellen, dass die Teilnehmer der Trainingsgruppe der Altenheimbewohner (TG-AH) durchschnittlich bessere Testleistungen als der Durchschnitt aller Altenheimbewohner (AH) erbrachten. Wie im Kapitel „Trainingsteilnahme und Trainingsbelastung“ bereits erläutert, handelte es sich bei den Altenheimbewohnern, die nicht regelmäßig trainierten, in erster Linie um sehr kranke und schwache Senioren. Ihre Testleistungen waren auch dementsprechend gering. Darüber hinaus konnten sie aufgrund ihrer unregelmäßigen Teilnahme nicht viel vom Training profitieren und sich auch nicht verbessern, so dass die Gesamtleistung der Gruppe unter der der Trainingsgruppe lag.

Im Gegensatz dazu waren die Ergebnisse der Teilnehmer der Trainingsgruppe des Betreuten Wohnens (TG-BW) bei allen motorischen Tests durchschnittlich überraschend schlechter als die aller Bewohner des Betreuten Wohnens gemeinsam (BW), was dazu führte, dass auch die durchschnittliche Leistung der Gesamt-Trainingsgruppe (TG-alle) schlechter war als die aller Interventionsteilnehmer. Der Grund dieses eher unerwarteten Ergebnisses liegt darin, dass die sehr fitten Teilnehmer der Gruppe des Betreuten Wohnens noch ein sehr intensives und umfangreiches Privatleben mit vielen Bekannten, Terminen und Verpflichtungen auch außerhalb der Einrichtung führten, so dass sie häufiger beim Training fehlten. Sie erfüll-

ten daher nicht die Kriterien eines regelmäßigen Trainings und konnten bei der Auswertung auch nicht zur Trainingsgruppe gezählt werden, erzielten aber dennoch hervorragende Testergebnisse. Außerdem wurde die Teilnahme am Training von ihnen teilweise als nicht so wichtig eingestuft. Die Notwendigkeit des krafterhaltenden Trainings wurde von ihnen nicht erkannt, weil sie die meisten Aktivitäten des täglichen Lebens noch ohne größere Probleme alleine bewerkstelligen konnten.

Max. Gehgeschwindigkeit

Die Messung der Gehgeschwindigkeit (maximal und normal) ist ein in vielen Studien mit Senioren verwendeter Test. Sie ist ein wichtiger Indikator für die körperliche Leistungsfähigkeit. Sie verbessert sich, wenn ein schwacher Muskel, der wichtigste die Geschwindigkeit limitierende Faktor, durch Krafttraining angesprochen wird (Fiatarone et al., 1994). In der vorliegenden PATRAS-Studie konnte von allen Trainingsgruppen (TG-alle, TG-AH, TG-BW) eine signifikante Verbesserung der maximalen Gehgeschwindigkeit nach einem speziellen altersgerechten Kräftigungstraining erreicht werden. Im Gegensatz zu den Krafttrainingsstudien von Fiatarone et al. (1990, 1994), in denen ebenfalls eine signifikante Verbesserung der Gehgeschwindigkeit der Probanden nachgewiesen wurde, konnte bei den Teilnehmern der PATRAS-Studie jedoch keine signifikante Steigerung der Muskelkraft gemessen werden. Die Verbesserung der Gehgeschwindigkeit beruhte hier offenbar in erster Linie auf einer Verbesserung der koordinativen Fähigkeiten.

Eine überwiegend signifikante Verbesserung der normalen und/oder maximalen Gehgeschwindigkeit konnte auch in anderen größeren Krafttrainingsstudien nachgewiesen werden. So führten z.B. Sauvage et al. (1992); Lazowski et al. (1999) und Lindemann (2004) sowohl ein Kraft- als auch ein Koordinationstraining durch, während Chandler et al. (1988) und Judge et al. (1993) in reinen Krafttrainingsstudien mit freien Gewichten deutliche Leistungsverbesserungen feststellen konnten. In Studien, in denen ausschließlich an Krafttrainingsmaschinen trainiert wurde (z.B. Vincent et al., 2002; Lexell et al., 1995a), wurde dagegen auf koordinative Tests überwiegend verzichtet.

2-Minuten-Gehen

Das gleichmäßige, zügige Gehen über zwei Minuten erfordert neben der Kraft und der Koordination vor allem auch die Ausdauerleistungsfähigkeit der Senioren. Von den Teilnehmern der PATRAS-Studie wurde auch in diesem Test im Durchschnitt vom ersten (Woche 0) bis zum vierten (Woche 16) Messzeitpunkt eine Leistungsverbesserung erzielt. Bei den Altenheimbewohnern nahm die Leistungskurve jedoch einen besonderen Verlauf. Während an den ersten drei Messungen (bis zur 10. Woche) keine Veränderung der durchschnittlichen Testergebnisse festgestellt werden konnte, kam es von T₃ (Woche 10) zu T₄ (Woche 16) zu einem deutlichen Leistungsanstieg. Die Altenheimbewohner konnten signifikant mehr Wegstrecke in zwei Minuten zurücklegen. Die deutliche Leistungssteigerung setzte jedoch zunächst ein systematisches Üben als Vorbereitung voraus, um überhaupt erst einen Zustand der Trainierbarkeit herzustellen. Diese Trainierbarkeit in Abhängigkeit vom Ausgangszustand wurde bei den Altenheimbewohnern nach ca. 10 Wochen erreicht. Es wäre denkbar, dass erst die kontinuierliche Beanspruchung der Stoffwechselwege zur notwendigen Anpassung der vielen am Hcy-Stoffwechsel beteiligten Enzyme in allen daran beteiligten Organen

geführt hat. Die antioxidativen Systeme waren daher erst später in der Lage, die mit der Entstehung von O_2 -Radikalen verbundenen Trainingsreize für den Organismus nicht mehr zu oxidativem Stress führen zu lassen, sondern zu einem messbaren Trainingseffekt.

Demgegenüber befanden sich die Bewohner des Betreuten Wohnens zu Interventionsbeginn schon in einem Zustand der Trainierbarkeit. Sie konnten bereits zum zweiten (T_2 , Woche 4) und zu den weiteren Messzeitpunkten Leistungsverbesserungen erzielen. Diese waren jedoch nicht signifikant. Chandler et al. (1988) untersuchte die Frage, ob eine Verbesserung des Kraftniveaus auch mit einer Verbesserung funktioneller Fähigkeiten einhergeht. Seine Probanden waren selbständige, nicht institutionalisiert lebende Senioren mit einer relativ guten gesundheitlichen Verfassung. Chandler et al. (1988) konnte nach 10 Wochen beim 6-Minuten-Geh-Test seiner Probanden ebenfalls keine signifikante Veränderung feststellen. Becker et al. (2003) ließ in seiner Interventionsstudie mit 981 in Alten- und Pflegeheimen lebenden Probanden ebenfalls ein progressives Kraft- und Gleichgewichtstraining durchführen. Er konnte am Ende der Intervention allerdings eine signifikante Leistungssteigerung seiner Probanden beim 6-Minuten-Gehtest feststellen. Das Training seiner Intervention enthielt offenbar deutlich mehr Ausdauer-Elemente.

Five-chair-stand

Das selbständige Aufstehen von einem Stuhl ist eine notwendige und wichtige Fähigkeit für die Alltagsmobilität und das selbstbestimmte Leben eines älteren Menschen. Eine signifikante Verbesserung dieser Fähigkeit ist bei den Altenheimbewohnern der PATRAS-Studie insgesamt jedoch nicht feststellbar gewesen. Die großen Mittelwertveränderungen der Testleistungen resultieren aus einer sehr großen Streuung der durchschnittlichen Leistung von Einzelpersonen. Daher ist die Verbesserung zu T_4 (Woche 16), obwohl sie sehr deutlich zu sein scheint, nicht signifikant.

Im Gegensatz dazu fiel den Bewohnern des Betreuten Wohnens (BW und TG-BW) und der Gesamtgruppe (alle und TG-alle) das Aufstehen von einem Stuhl am Ende der Intervention insgesamt signifikant leichter. Auch Lindemann (2004), der ein Teilkollektiv der Probanden der Studie von Becker et al. (2003) im Rahmen seiner Dissertation gesondert trainierte und auswertete, konnte eine signifikante Verbesserung der Teilnehmer beim 5-chair-stand-Test feststellen. Die gemessenen Maximalkraftwerte hatten sich jedoch weder bei Lindemann noch in der PATRAS-Studie signifikant verändert. Die Teilnehmer waren demgegenüber aber durchschnittlich schneller in der Lage, fünfmal von einem Stuhl aufzustehen und sich wieder zu setzen. Die größere Schnelligkeit könnte auf eine deutliche Verbesserung der koordinativen Fähigkeiten zurückzuführen sein. Im Mittel die beste Leistung erbrachten die Gruppen „TG-BW“, „BW“, „TG-alle“ und „alle“ der PATRAS-Studie bei diesem Test an T_3 (Woche 10). Der Leistungsrückgang zu T_4 lässt sich durch die Vielzahl zum Teil recht aufwendiger Tests, die im Rahmen der Studie durchgeführt wurden, und durch die relativ kurzen Zeitabstände zwischen den Messzeitpunkten begründen. Für die Teilnehmer bedeutete dies einen sehr großen körperlichen und zeitlichen Aufwand, den sie nur bedingt zu leisten bereit waren. Als sie zu T_4 (zwischen T_3 und T_4 lagen nur sechs Wochen) erneut die gesamte Testbatterie durchlaufen sollten, war die Kooperationsbereitschaft deutlich reduziert. Besonders die motorischen Tests waren jedoch sehr stark von der Motivation der Probanden abhängig.

Die Altenheimbewohner hatten dagegen mit der Vielzahl der Tests weniger Probleme. Sie freuten sich über die häufigen Besuche der Tester.

Gerade weil das selbständige Aufstehen von einem Stuhl eine so notwendige und wichtige Fähigkeit für die Alltagsmobilität eines älteren Menschen ist, wurde es in vielen Studien als Bewertungskriterium herangezogen. Dazu wurden zum Teil recht unterschiedliche Tests verwendet, so dass die Ergebnisse nur unter Vorbehalt miteinander vergleichbar sind.

Fiatarone et al. (1990), Sauvage et al. (1992) und McMurdo und Rennie (1993) testeten die Fähigkeit, vom Stuhl aufstehen zu können, indem sie die Zeit maßen, die der Proband benötigte, um aus der sitzenden in die Standposition zu kommen. Alle Autoren stellten eine signifikante Schnelligkeitszunahme fest. Außerdem fanden sie – im Gegensatz zur PATRAS-Studie - signifikante Muskelkraftzunahmen in den Muskeln der unteren Extremitäten. Auch de Vreede et al. (2005) und Lazowski et al. (1999) konnten neben einer deutlichen Muskelkraftzunahme der unteren Extremitäten eine signifikante Leistungsverbesserung beim Aufstehen ihrer Probanden feststellen. Sie verwendeten dafür den motorisch etwas komplexeren „Timed-up-and-go“-Test. Rubenstein et al. (2000) ließ die Teilnehmer als Mobilitätstest so häufig wie möglich aufstehen. Doch obwohl die Trainierenden ihre durchschnittliche Anzahl an Wiederholungen nach 12 Wochen Kraft-, Ausdauer- und Gleichgewichtstraining deutlich steigern konnten, war die Leistung nicht signifikant, da die Kontrollgruppe gleichzeitig auch leichte Verbesserungen zeigte.

Gleichgewicht

Die Gleichgewichtsfähigkeit ist ein wichtiger Faktor für die Sturzprophylaxe eines älteren gebrechlichen Menschen. Für die Messung des Gleichgewichts gibt es, ähnlich wie für das Aufstehen von einem Stuhl, eine große Vielzahl unterschiedlicher Tests, deren Vergleich nur eingeschränkt möglich ist. In der PATRAS-Studie wurde das Gleichgewicht in unterschiedlichen Standpositionen und im Sitzen gemessen. Es konnte zu keinem Messzeitpunkt, weder im Stand noch im Sitzen, eine signifikante Veränderung, wohl aber eine leichte tendenzielle Verbesserung festgestellt werden. Obwohl die Trainingseinheiten auch immer Gleichgewichtselemente enthielten, schien der Trainingsreiz durch diese nicht ausreichend groß genug gewesen zu sein, um ein deutlich sichereres Gleichgewicht zu erzeugen. Da es sich bei den Teilnehmern der PATRAS-Studie überwiegend um sehr gebrechliche Senioren handelte, konnten die meisten Übungen während der Trainingseinheit aus Sicherheitsgründen nur im Sitzen durchgeführt werden.

Der gleiche Test wurde in der Studie von Becker et al. (2003) verwendet, in der er die Effektivität einer vielschichtigen Intervention auf Stürze in Senioreneinrichtungen untersuchte. Becker et al. (2003), der mit den rüstigeren Alten- und Pflegeheimbewohnern kaum Übungen im Sitzen durchführen ließ, konnte eine signifikant verbesserte Gleichgewichtsfähigkeit der Teilnehmer zeigen. Rubenstein et al. (2000) untersuchte die Auswirkungen eines Krafttrainings auf die Gleichgewichtsfähigkeit älterer nicht institutionalisiert lebender Senioren. Die Teilnehmer trainierten dreimal pro Woche ca. 60-75 Minuten und führten ihre Übungen mit freien Gewichten und elastischen Bändern durch. Die Gleichgewichtsfähigkeit der Teilnehmer wurde mit dem 15-Sekunden-Einbeinstand getestet. Diese Standposition war auch die schwerste in dem in der PATRAS-Studie verwendeten Test. Sie konnte nur von sehr weni-

gen PATRAS-Teilnehmern überhaupt eingenommen werden. Obwohl die Senioren in der Studie von Rubenstein et al. (2000) häufiger trainierten als die Teilnehmer der PATRAS-Studie, wurden ebenfalls keine signifikanten Veränderungen gemessen. Offenbar reicht ein reines Krafttraining auch mit freien Gewichten nicht aus, um die Gleichgewichtsfähigkeit wirklich deutlich zu verbessern.

Maximalkrafttests

Maximale Handkraft: Bei der Mehrheit der Probanden war die rechte Hand die dominierende. Daher waren die durchschnittlichen Maximalkraftwerte dieser Hand größer als die der linken Hand. Dieser Leistungsunterschied blieb an allen Messzeitpunkten gleich. Beim Training der Handkraft ist es ein häufig auftretendes Problem, die für die jeweilige Hand geeignete Belastung zu wählen. Bei gleicher Belastungsintensität ist das Trainingsgewicht für die häufiger benutzte, dominierende Hand oft zu gering, während die Belastung für die andere Hand ausreichend groß ist. Bei den meisten Teilnehmern der PATRAS-Studie war der Kraftunterschied der Hände so gering, dass sie keine unterschiedlich schweren Trainingsgewichte benötigten. Einige Teilnehmer, auch die Schlaganfall-Patienten, benutzten jedoch auch unterschiedliche Gewichte. Da der Leistungsunterschied zwischen der rechten und der linken Hand bis zum Ende der Intervention an allen Messzeitpunkten im Mittel gleich geblieben bzw. tendenziell gestiegen war, haben beide Hände der Teilnehmer ungefähr in gleichem Umfang vom Training profitiert.

Auch bei diesem Test konnte man gut erkennen, dass die Altenheimbewohner durch systematisches Üben zunächst in einen Zustand der Trainierbarkeit für Krafttraining im Sinne der Hypertrophie-Trainingsmethode versetzt werden mussten. Erst zu T_3 (Woche 10) T_4 (Woche 16) konnte ein Kraftzuwachs festgestellt werden. Er war jedoch nicht signifikant.

In den Testergebnissen der Bewohner des Betreuten Wohnens spiegelt sich dagegen die mangelnde Kooperationsbereitschaft wider, die gesamte Testbatterie in relativ kurzen Zeitabständen immer wieder zu durchlaufen. Der zweite Messzeitpunkt lag bereits vier Wochen nach dem ersten, so dass bei mehreren Senioren einfach die Motivation und die Bereitschaft zu erneuten Tests sehr gering waren. Ähnlich verhielt es sich bei den Testleistungen zu T_4 (Woche 16). Dennoch war eine Verbesserung der maximalen Handkraft bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens festzustellen. Zu T_3 (Woche 10) zeigte die Gesamtgruppe (BW) eine signifikant größere Handkraft als zu T_2 (Woche 4). Die besondere Größe des Leistungsanstiegs ist auf die oben erwähnte geringe Leistung zu T_2 zurückzuführen. Vergleicht man die Ergebnisse von T_3 mit denen von T_1 (Woche 0), so ist keine signifikante, sondern nur noch eine tendenzielle Verbesserung der durchschnittlichen Maximalkraftwerte nachweisbar.

Lazowski et al. (1999) führte mit Heimbewohnern eine Interventionsstudie durch, in der er dreimal pro Woche Kraft und Gleichgewicht trainieren ließ. Die Probanden nutzten, ähnlich wie die Teilnehmer der PATRAS-Studie, zum Training freie Gewichte und Kleingeräte. Auch spezielle Maximalkraftmessungen zur Bestimmung der genauen Trainingsbelastung gab es im Verlauf der Studie nicht. Lazowski et al. (1999) konnte am Ende der Intervention ebenfalls keine signifikante Verbesserung der maximalen Handkraft feststellen. Ein anderes Ergebnis erhielt de Vreede et al. (2005). Er verglich die Leistungsfähigkeit von drei Probandengruppen, alles selbständig lebende Senioren, miteinander. Mit der ersten Gruppe wurden funktio-

nelle Fähigkeiten zur Verbesserung der Aktivitäten des täglichen Lebens trainiert, mit der zweiten wurde mit Hilfe von freien Gewichten und elastischen Bändern ein reines Krafttraining durchgeführt, und die dritte Gruppe bildete die Kontrollgruppe. Da das Training der PATRAS-Studie in erster Linie dem der Krafttrainingsgruppe glich, wurden hier zum Vergleich auch die Ergebnisse dieser Untergruppe herangezogen. De Vreede et al. (2005) konnte eine deutlich größere Handkraft, aber auch insgesamt eine signifikante Kraftzunahme bei seinen Probanden zeigen, obwohl auch in dieser Studie die genaue Intensität der Belastung nicht mit zwischenzeitlichen Maximalkraftmessungen bestimmt wurde. Als Ursache für dieses Ergebnis ist der insgesamt größere Trainingsumfang denkbar. Während die Teilnehmer der PATRAS-Studie nur zweimal pro Woche jeweils einen Satz trainierten, ließ Lazowski die Teilnehmer dreimal pro Woche jeweils zwei Sätze und de Vreede sogar dreimal pro Woche drei Sätze Krafttraining durchführen. Darüber hinaus könnte die bessere körperliche Konstitution und der bessere Gesundheitszustand der noch selbständig lebenden Probanden der Studie von de Vreede et al. (2005) eine nicht unwichtige Rolle gespielt haben.

Maximalkraft der unteren Extremitäten: Aus technischen Gründen konnte die Maximalkraft der Beinmuskulatur erst nach Beginn der Intervention gemessen werden. Daher fehlen von allen Teilnehmern die Ausgangs-Maximalkraftwerte. Von den Bewohnern des Betreuten Wohnens liegen nur die Daten von T₂ (Woche 4) und T₄ (Woche 16) und von den Altenheimbewohnern von T₃ (Woche 10) und T₄ (Woche 16) vor.

Weil es nur wenigen Altenheimbewohnern überhaupt kognitiv möglich war, den Maximalkrafttest durchzuführen, war die statistische Auswertung der Testergebnisse aufgrund einer zu geringen Probandenanzahl auf signifikante Unterschiede nicht aussagekräftig. Dennoch können die Mittelwertveränderungen an T₃ und T₄ miteinander verglichen werden. Besonders auffällig waren dabei die außergewöhnlich hohen Ausgangswerte der Fußgelenksexensoren rechts und links an T₃ (AH und TG-AH). Diese resultieren vermutlich aus möglichen Mitkontraktionen anderer Muskelgruppen, die bei der Messung an T₄ ausgeschlossen werden konnten. Deutliche oder gar signifikante Veränderungen der Maximalkraft konnten in den letzten sechs Wochen der Intervention nicht festgestellt werden. Inwieweit die Maximalkraft allerdings vom Beginn der Studie bis zum Abschluss zugenommen hatte, konnte aus technischen Gründen nicht gemessen werden.

Die Messungen bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens ergaben ebenfalls keine statistisch signifikante Zunahme der durchschnittlichen Maximalkraftwerte der unteren Extremitäten, obwohl eine leichte Steigerung der durchschnittlichen Maximalkraft der rechten Beinmuskulatur zu erkennen war. Da die Typ-II-Fasern der Muskulatur vorwiegend durch „fast twitch“ Neuronen versorgt werden, benötigen sie zur Rekrutierung grundsätzlich eine größere Intensität oder einen längeren Trainingsstimulus als die Typ-I-Fasern. Daher kann es nur zur Hypertrophie und zur Kraftzunahme bzw. zur erfolgreichen Reduktion der Folgen der Sarkopenie kommen, wenn der Trainingsstimulus durch progressives Krafttraining tatsächlich intensiv genug ist (Waters et al., 2000). Bei einigen Senioren war es aufgrund von gesundheitlichen (z.B. Arthrose im Gelenk) und/oder motivationalen Gründen nicht möglich, die Belastung immer intensiv genug zu wählen, so dass sie gelegentlich nicht mit der für sie geeigneten Trainingsintensität trainiert haben bzw. trainieren konnten. Bei entsprechend intensivem Training beruht der Kraftzuwachs allerdings generell sowohl auf myogenen wie auf

neurogenen Adaptationen. Zu den myogenen Adaptationen gehört der vermehrte Einbau von kontraktilen Proteinen, was mit Hilfe der metabolischen Parametern näher untersucht wurde, bzw. Myofibrillen, was zu einer größeren Muskelmasse und zu einer Zunahme der Faserquerschnittsfläche führt (Mac Dougall et al., 1979). Deutliche Verbesserungen neurogener Faktoren sind schließlich die Ursache dafür, dass die Kraft in den ersten 3-4 Monaten eines Krafttrainingsprogramms wesentlich mehr zunimmt als der Zunahme der Muskelmasse bzw. des Muskelfaserdurchschnitts entsprechen würde. Die Koordination von Synergisten und Hilfsmuskeln, eine bessere Synchronisation der motorischen Einheiten, eine Zunahme im maximalen integrierten EMG und Änderungen im Rekrutierungsmuster der motorischen Einheiten sind die Gründe hierfür (Hoppeler, 1986). Auch bei den Teilnehmern der PATRAS-Studie ist es zu einer deutlichen Verbesserung der neurogenen Faktoren und damit zu einer Zunahme der Kraft gekommen. Das belegen vor allem die zu T_4 (Woche 16) positiven Ergebnisse der motorischen Tests und der Aktivitäten des täglichen Lebens (ADLs). Der Umfang der Kraftzunahme über die gesamte Studiendauer konnte jedoch infolge technischer Probleme nicht genau festgestellt werden. Innerhalb des Zeitraumes, der gemessen werden konnte, ist es nicht zu deutlichen Veränderungen der Maximalkraft gekommen. Aus den Ergebnissen zu T_2 (BW)/ T_3 (AH) zu T_4 ist jedoch eine Tendenz erkennbar, die Anlass gibt zu vermuten, dass bei längerer Dauer der Intervention ein größerer Kraftzuwachs zu erwarten gewesen wäre. Lediglich an den rechten Fußgelenksextensoren der Bewohner des Betreuten Wohnens konnte eine deutliche Kraftzunahme gemessen werden. Es war nicht eindeutig auszumachen, ob die Leistungssteigerung möglicherweise auf einem Messfehler durch Mitkontraktionen anderer Muskelgruppen oder auf einem tatsächlichen Trainingseffekt beruht. Da die Fußgelenksextensoren des linken Beines der Probanden durchschnittlich nur geringfügige Verbesserungen aufwiesen, könnte das Zustandekommen der Ergebnisse des rechten Fußgelenks aufgrund von Mitkontraktionen verfälscht worden sein.

Die Anzahl der Studien, die sowohl bei Männern als auch bei Frauen bis ins hohe Alter einen Kraftzuwachs nachweisen konnten, ist mittlerweile beachtlich (siehe Tabelle 5-3 Krafttrainingsstudien). So konnte Sauvage et al. (1992) bei Alten- und Pflegeheimbewohnern, die dreimal pro Woche an Seilzügen trainierten, eine signifikante Verbesserung der isokinetisch gemessenen Kraftwerte feststellen. Die Intervention dauerte 12 Wochen. Das entspricht genau dem Zeitraum, der zwischen der ersten (an T_2 , Woche 4) und zweiten (an T_4 , Woche 16) Maximalkraftmessung bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens der PATRAS-Studie lag. Es gibt im Wesentlichen zwei mögliche Ursachen für das durchschnittlich schlechtere Abschneiden der Bewohner des Betreuten Wohnens: Erstens trainierten die Teilnehmer der PATRAS-Studie nur zweimal in der Woche, zweitens liegen von den PATRAS-Teilnehmern nur Daten vor, bei denen ein möglicher Kraftgewinn durch neurogene Faktoren in der Anfangsphase des Trainings aus technischen Gründen nicht berücksichtigt werden konnte.

Auch Lazowski et al. (1999) konnte eine deutliche Kraftzunahme seiner ebenfalls institutionalisierten Probanden nach einem Training mit freien Gewichten, elastischen Bändern und Kleingeräten zeigen. Genau wie Sauvage et al. (1992) ließ er die Probanden dreimal pro Woche trainieren. Außerdem lag zwischen den Messungen ein Zeitraum von sogar 16 Wochen Krafttrainingsintervention. Lindemann (2004) führte über 17 Wochen nur zweimal wöchentlich ein Kraft- und Gleichgewichtstraining mit 19 Altenheimbewohnern durch. Das

Hauptziel dieser Studie war jedoch die Sturzprophylaxe, nicht ein maximaler Muskelkraft- oder Muskelmassengewinn der Teilnehmer. Als Trainingmittel wurden freie Gewichte, Fußmanschetten und Kleingeräte verwendet. Im Gegensatz zu Lazowski et al. (1999) und Sauvage et al. (1992), und wie in der PATRAS-Studie, konnte er trotz progressiven Krafttrainings keine signifikante Kraftzunahme der Kniegelenksextensoren feststellen.

McMurdo und Rennie (1993) führten ebenfalls zweimal pro Woche mit Probanden, die bereits in einer Senioreneinrichtung lebten, eine gezielte Kräftigungsgymnastik durch. Die Intervention dauerte 30 Wochen und damit fast doppelt so lange wie die PATRAS-Studie oder die von Lindemann (2004). McMurdo und Rennie (1993) konnten eine deutliche Kraftzunahme aller großen Muskelgruppen der oberen und unteren Extremitäten zeigen. Besonders bemerkenswerte Muskelkraft- und Muskelmassenzunahmen konnten inzwischen in vielen Studien nach progressivem Krafttraining an Kraftmaschinen bei institutionalisiert und selbstständig lebenden Senioren gezeigt werden. So berichtete z.B. Fiatarone et al. (1994) von einer Kraftzunahme der Beinkraft von Altenheimbewohnern, nach 10 Wochen Intervention, um 113 %. Auch Vincent et al. (2002), McCartney et al. (1995) und andere konnten mehr oder weniger deutliche Muskelkraftzunahmen nachweisen. Es besteht allerdings allgemein noch kein Konsens über die angemessene Quantität, Qualität oder Intensität des Krafttrainings, die nötig ist, um die Gesundheit und Mobilität der Senioren ausreichend zu verbessern bzw. zu erhalten. Der koordinative Aspekt, der erheblichen Einfluss auf die Funktionalität, die Alltagsmobilität und die Sturzanfälligkeit alter Menschen hat, wurde bei den reinen Krafttrainingsstudien häufig jedoch weder getestet noch berücksichtigt.

5.3.4.2 Aktivitäten des täglichen Lebens

Der Erhalt der Muskelkraft und der Mobilität ist kein Selbstzweck, sondern die Voraussetzung, sich in verschiedenen Situationen selbst entscheiden zu können, und damit unmittelbarer Ausdruck der Lebensqualität. Selbst aufstehen und sicher gehen zu können ist z.B. die Bedingung, um eigenständig die Toilette aufsuchen zu können. Durch gezielte Übungen wurde versucht, die Alltagsfähigkeiten und Aktivitäten des täglichen Lebens (ADLs) zu schulen und zu verbessern, damit sie länger beibehalten bzw. leichter wieder ausgeführt werden können. Für die Gesamtgruppe der Trainierenden (TG-alle) war bei allen abgefragten Aktivitäten eine deutliche Verbesserung der Durchführbarkeit eingetreten. Betrachtet man die beiden Untergruppen (TG-BW und TG-AH), so sind die Erfolge jedoch sehr unterschiedlich stark ausgefallen. Bei den Altenheimbewohnern konnten am Ende der Intervention (an T₄) insgesamt nur geringe Leistungssteigerungen nachgewiesen werden. Die Ursache hierfür kann wieder im Ausgangszustand der Senioren liegen. Sie mussten überwiegend, wie oben bereits erwähnt, durch das systematische Üben zunächst in einen Zustand versetzt werden, der eine Trainierbarkeit mit anschließend messbaren Erfolgen erlaubte. Dennoch gab es für einzelne Senioren große Erfolge, z.B. bei der Form der Nahrungsaufnahme. Bei einzelnen Teilnehmern konnte am Ende der Trainingsintervention auf das Zerschneiden der Kost durch Mitarbeiter der Einrichtung verzichtet werden, da sie normal zubereitete Mahlzeiten wieder alleine, mit dem eigenen Besteck, essen konnten. Auch bei der Mobilität gab es einzelne

Erfolge. So konnten einige Teilnehmer wieder leichter vom Stuhl aufstehen oder selbständiger das WC benutzen.

Die Bewohner des Betreuten Wohnens konnten dagegen zu T₄ (Woche 16) fast alle ADLs (außer Essen und Trinken, was ihnen vorher auch schon leicht fiel) signifikant leichter verrichten als vorher und berichteten daher von einer deutlichen Zunahme ihrer Lebensqualität. Darüber hinaus entdeckten die Teilnehmer aller Gruppen bei sich selbst, dass sie bestimmte Fähigkeiten noch besaßen, die sie aber scheinbar vergessen hatten. Sie wurden durch die Studie erst wieder auf ihre Fähigkeiten aufmerksam gemacht. Bewegungsabläufe wurden im Rahmen des Trainings geübt, die sie nun wieder mit Erfolg anwenden können.

Auch Sauvage et al. (1992) und McMurdo und Rennie (1993) konnten deutliche Leistungszuwächse mit Hilfe ihrer Trainingsintervention bei den institutionalisiert lebenden Senioren erzielen. Im Gegensatz zur PATRAS-Studie wurde bei diesen Teilnehmern jedoch zusätzlich eine deutliche Kraftzunahme gemessen.

Lazowski et al. (1999), der ebenfalls mit Alten- und Pflegeheimbewohnern trainierte, konnte nach 16 Wochen zwar eine deutliche Kraftzunahme, jedoch keine nachweisbaren Erfolge bei den ADLs erzielen. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Chandler et al. (1998) und de Vreede et al. (2005), die etwas rüstigere, noch selbständige Senioren testeten. De Vreede et al. (2005) trainierte noch parallel mit einer weiteren Gruppe ausschließlich funktionelle Fähigkeiten zur Verbesserung der Aktivitäten des täglichen Lebens. Die Probanden dieser Gruppe konnten im Anschluss an die Intervention signifikant leichter die ADLs verrichten, hatten dafür aber keine wirklich deutliche Zunahme ihrer Muskelkraft.

Neben der durch den Test von Garms-Homolová und Gilgen (2000) festgelegten Kategorien zur Beurteilung der Aktivitäten des täglichen Lebens wurden die Senioren der PATRAS-Studie auch nach ihren subjektiven Eindrücken über die Veränderung ihrer Beweglichkeit seit Beginn der Trainingsintervention befragt. Das Ergebnis fiel eindeutig aus. Fast Dreiviertel der Teilnehmer der Gesamtgruppe (TG-alle), 65 % der Teilnehmer von TG-AH und sogar 80 % der Teilnehmer von TG-BW, stellten deutliche Verbesserungen fest. Sie berichteten z.B. von einer größeren Gangsicherheit. Dadurch war z.B. das selbständige Einkaufen kleinerer Dinge auf dem Markt oder im Supermarkt wieder möglich, weil sie sich wieder sicherer fühlten und größere Strecken mit dem Rollator alleine zurücklegen konnten. Außerdem stellten einige Senioren fest, Treppen überhaupt und wieder sicherer gehen zu können. Die Gelenke und Muskeln fühlten sich weniger steif, also beweglicher, an. Die Teilnehmer erklärten insgesamt, wieder „aktiver am Leben teilnehmen“ zu können.

Auch die Probleme mit den Beinen und Füßen der Teilnehmer waren im Verlauf der Intervention weniger geworden. Beschwerden an den Beinen und Füßen können die Gangsicherheit, die Mobilität und damit auch die Lebensqualität des älteren Menschen sehr stark einschränken. Bei zehn Teilnehmern verschwanden nach eigenen Aussagen die Beinbeschwerden völlig.

Bei der Nutzung der Hilfsmittel zum Gehen ist es nur zu leichten Veränderungen gekommen. Dennoch hatten diese gravierende Auswirkungen auf die Lebensqualität der einzelnen Teilnehmer. Drei Senioren benötigten am Ende der Intervention keinen Rollator mehr, da sie durch das Training so gesicherter geworden waren, dass zwei Teilnehmerinnen nur noch ei-

nen Gehstock zur Fortbewegung benötigten und eine weitere völlig auf Gehhilfen verzichten konnte.

5.3.4.3 Sturzhäufigkeit

Ältere Menschen sind von der Sturzproblematik und den damit zusammenhängenden Komplikationen am häufigsten betroffen, da im Alter die Auswirkungen von chronischen und akuten Erkrankungen sowie von funktionellen Einschränkungen zunehmen und zu einer erhöhten Sturzneigung führen. Der Sturz ist von zahlreichen intrinsischen (z.B. neurologische Erkrankungen wie M. Parkinson) und extrinsischen (z.B. „Stolperfallen“) Faktoren abhängig. Ursachen und Folgen eines Sturzes stehen dabei in komplexen Wechselwirkungen zueinander. So lässt die Angst vor weiteren Stürzen das Selbstvertrauen sinken, so dass die betroffenen Senioren ihre körperlichen Aktivitäten reduzieren. Inaktivität und Immobilität führen gleichzeitig zu einer Abnahme der körperlichen und der kognitiven Leistungsfähigkeit und erhöhen damit wiederum das Sturzrisiko (Tideiksaar, 2000). Viele der intrinsischen und extrinsischen Sturfaktoren lassen sich durch geeignete Interventionen, z.B. progressives Kraft- und Koordinationstraining beeinflussen. An T₁ (Woche 0) wurde die Sturzhäufigkeit innerhalb der vergangenen 12 Monate vor Beginn der Intervention ermittelt. Es zeigte sich, dass die Bewohner des Betreuten Wohnens im Durchschnitt weniger häufig gefallen waren als die Altenheimbewohner. Nach der Trainingsintervention an T₄ (Woche 16) wurden die Teilnehmer erneut nach ihrer Sturzhäufigkeit befragt. Dieses Mal allerdings nach der Anzahl der Stürze innerhalb der vergangenen vier Monate, seit Beginn der Intervention. Die unterschiedliche Länge der Zeiträume erlaubt zwar keinen direkten Vergleich der Ergebnisse, dennoch waren die Angaben an T₄ sehr viel versprechend und lassen vorsichtige Erwartungen, durch positive Effekte des Trainings, auf eine Minderung der Sturzhäufigkeit und des Sturzrisikos zu.

Becker et al. (2001) führte ein über drei Jahre dauerndes Interventionstraining mit dem Ziel der Verminderung von sturzbedingten Verletzungen bei Alten- und Pflegeheimbewohnern durch. Der Schwerpunkt des Trainingsprogramms lag, ähnlich wie bei der PATRAS-Studie, auf einem kontinuierlichen Kraft- und Gleichgewichtstraining und wurde in sechs Ulmer Senioreneinrichtungen mit 975 Personen durchgeführt. In seinem zweiten Jahresbericht konnte Becker et al. bereits eine Reduktion der Sturzhäufigkeit um ca. 40 % feststellen.

Inzwischen liegen zahlreiche weitere Studien vor, die dokumentieren, dass körperliche Aktivierungsprogramme zu einer Risikoreduzierung und zumindest teilweise zu einer Verminderung der Sturzinzidenz führen. Deren Auflistung und nähere Betrachtung würde im Rahmen dieser Arbeit allerdings zu weit führen.

5.3.4.4 Freizeitaktivitäten

Das Angebot an Freizeitaktivitäten war in den verschiedenen Einrichtungen sehr unterschiedlich. Während den Altenheimbewohnern jeden Tag mehrere unterschiedliche Veranstaltungen angeboten wurden, mussten sich die Bewohner des Betreuten Wohnens um ihre Freizeitgestaltung selbst kümmern. Obwohl die Art der Freizeitgestaltung sehr Typ-abhängig

ist, fiel auf, dass signifikant mehr Altenheimbewohner am Ende der Intervention ihre wieder gewonnene Sicherheit beim Gehen für Spaziergänge auch außer Haus nutzten. Ein weiterer Grund für die Zunahme der Spaziergänge könnte auch die inzwischen zu T₄ (Woche 16) bessere Witterung gewesen sein. Die Intervention wurde im Frühjahr begonnen und endete im Sommer. Sowohl die wärmeren Temperaturen als auch die Straßenbedingungen sind gerade für Menschen, die beim Gehen etwas unsicher sind, für Spaziergänge besser geeignet. Bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens war diesbezüglich keine Änderung feststellbar.

Auch das Interesse an der eigenen Umgebung, an Kulturveranstaltungen und vor allem an der Weiterführung der Gymnastik ist im Verlauf der Studie bei den Senioren gestiegen.

Grundsätzlich scheinen besonders die Altenheimbewohner in ihrer Freizeit insgesamt aktiver geworden zu sein. Doch auch bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens war eine Zunahme der Aktivität erkennbar. Über die Hälfte der Teilnehmer gab an, durch die Gymnastik neue Kontakte zu Mitbewohnern oder Gruppenteilnehmern geknüpft bzw. bereits bestehende Verbindungen wieder intensiviert zu haben. Inwieweit diese allgemeinen Veränderungen durch die wieder gewonnene Selbstsicherheit aufgrund der besseren Beweglichkeit und größeren Gehsicherheit herbeigeführt wurden, lässt sich nicht eindeutig klären.

5.3.5 Diskussion der Gesamtergebnisse

Der mit zunehmendem Alter einhergehende Muskelmassen- und Muskelkraftabbau, der zu erheblichen funktionellen Einschränkungen führt, wird in Lehrbüchern häufig als altersbedingt und daher unvermeidbar dargestellt. Eine Vielzahl an gut kontrollierten Studien hat aber inzwischen gezeigt, dass viele dieser Prozesse lediglich altersassoziiert und durch äußere Faktoren gezielt beeinflussbar sind. In der vorliegenden Arbeit sollten daher die Auswirkungen des neu entwickelten, altersgerechten Muskelkräftigungsprogramms zur Verbesserung der Alltagsmobilität speziell von Altenheimbewohnern und betreut lebenden Senioren sowohl auf metabolische wie auf motorisch-funktionelle Parameter untersucht werden.

Schlierf (1996) und die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (1996) stellten fest, dass die Gefahr einer Mangel- und Unterernährung vor allem bei den über 65jährigen Menschen der Bevölkerung auftritt. Deswegen wurde die Auswirkung des Trainings auf die Nährstoff- und Energiezufuhr der Teilnehmer untersucht. Es konnte dabei von T₁ (Woche 0) zu T₄ (Woche 16) sowohl bei den Altenheimbewohnern (TG-AH) als auch bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens (TG-BW) eine leichte, nicht signifikante Reduktion der Gesamt-Energiezufuhr festgestellt werden. Die genauere Betrachtung der Zusammensetzung der Energiezufuhr erbrachte dann allerdings bei TG-AH eine signifikant reduzierte Protein- und Kohlenhydratzufuhr bei leicht gesteigerter Fettaufnahme, während sich bei TG-BW die Energieaufnahme in ihrer Zusammensetzung nicht wesentlich verändert hatte.

Bei der Auswertung der Trainingsbelastung zeigte sich, dass die Bewohner des Betreuten Wohnens sehr schnell in der Lage waren, ein Krafttraining im Sinne der Hypertrophie-Trainingsmethode durchzuführen. Die Altenheimbewohner mussten dagegen durch kontinuierliches Üben zunächst in einen Zustand der Trainierbarkeit versetzt werden, ehe sie am

Ende der Intervention ein Hypertrophie-Krafttraining erfolgreich durchführen konnten. Die deutlich gestiegene körperliche Belastung bei gleichzeitig unveränderter bis sogar leicht reduzierter Energieaufnahme führte zu einer durchschnittlich signifikanten Reduktion des Körpergewichts der Bewohner des Betreuten Wohnens. Diese wurde von den Teilnehmern jedoch bewusst herbeigeführt. Bei der genaueren Betrachtung der BIA-Daten fällt aber auf, dass sie vor allem Körperfett abgebaut hatten.

Bei den Altenheimbewohnern war die Körpergewichts-Entwicklung nicht so einheitlich. Das Körpergewicht hatte im Mittel jedoch leicht abgenommen. Da die Trainingsintensität bei den meisten Altenheimbewohnern insgesamt jedoch noch nicht so groß war, scheint der gesteigerte Energieverbrauch, trotz durchschnittlich geringerer Zufuhr, nur zu einem geringen Körpergewichtsverlust geführt zu haben. Die Interpretation der BIA-Daten gibt sogar vorsichtige Hinweise auf positive Stoffwechselvorgänge bei den Altenheimbewohnern. Die Magermasse war nicht, wie es eigentlich charakteristisch für den Verlauf der Sarkopenie wäre, reduziert, sondern hatte durchschnittlich leicht zugenommen. Dieser Wert könnte daher auch als ein Indiz für eine aktivierte Proteinsynthese und einen reduzierten Verlauf der Sarkopenie gewertet werden.

Auch die Beurteilung der Veränderung der Aminosäuren-Plasma-Konzentrationen der Teilnehmer erbrachte mehrere Hinweise, die auf eine anabole AS-Stoffwechselsituation der Muskulatur hindeuten. Bei allen Teilnehmern, TG-BW und TG-AH, wurden erhöhte „Total Protein“-Werte im Plasma gemessen. Die Plasma-Konzentration fast aller gemessenen AS war im Mittel erhöht, bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens sogar überwiegend signifikant. Daher ist anzunehmen, dass ein zu T₄ (Woche 16) durch Regenerationsprozesse nach einer Krafttrainingseinheit besonders aktivierter AS-Stoffwechsel die Ursache dafür war. Die Veränderungen der Plasma-Konzentrationen der für den Muskelstoffwechsel bedeutsamen AS und AS-Gruppen sprechen insgesamt dafür, dass es sich dabei um anabole Muskelstoffwechselprozesse handelte.

Darüber hinaus ist es sowohl bei den Altenheimbewohnern als auch bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens durch das regelmäßige Krafttraining gelungen, über die Aktivierung des Belastungsstoffwechsels den Methionin-Homocystein-Glutathion-Stoffwechsel anzuregen. Bei allen Teilnehmern ist es trotz durchschnittlich gesunkener Energie- und Nährstoffzufuhr zu einer zum Teil sogar signifikant gesteigerten Synthese des antioxidativ wirksamen Glutathions gekommen, was die Senioren widerstandsfähiger gegenüber umweltbedingten krankmachenden Einflüssen durch oxidative Schädigung von Zellsubstanzen und genetischem Material (DNA) macht.

Auch bei den motorischen Tests wurden bis zum Ende der Intervention Veränderungen gemessen. So konnte gezeigt werden, dass die Bewohner des Betreuten Wohnens aufgrund der unterschiedlichen Trainingsintensität deutlicher vom Krafttraining profitiert haben als die Altenheimbewohner. Sie konnten nicht nur bei den motorischen Tests überwiegend bessere Ergebnisse erzielen, sondern auch die Aktivitäten des täglichen Lebens, welche die Alltagsmobilität widerspiegeln, wieder erheblich besser bewältigen als vor der Intervention. Die leichtere Durchführung der ADLs und die bessere Leistungsfähigkeit sind, auf eine klare Verbesserung der koordinativen Fähigkeiten zurückzuführen. Inwieweit die bessere Koordi-

nation allerdings zu einer Zunahme der Maximalkraft geführt hatte, ließ sich nicht abschließend klären. Innerhalb des Zeitraums, in dem die Maximalkraft gemessen werden konnte, war bei den Teilnehmern im Mittel zwar eine Steigerung, aber keine signifikante Kraftzunahme messbar.

Angesichts der beschriebenen Ergebnisse konnte gezeigt werden, dass der durch das Krafttraining aktivierte Belastungsstoffwechsel auf zwei Wegen zum Erhalt der Muskelmasse beitragen kann:

1. Durch die Aktivierung der Kreatinsynthese kommt es über die Synthese von Kreatin, bei der Methionin bzw. S-Adenosyl-Methionin als Methylgruppendonator fungiert, zu einer Aktivierung des MHG-Systems. Bei ausreichender Verfügbarkeit von vor allem Serin, Glycin, Glutamat, B-Vitaminen und Folsäure wird das dabei entstandene Homocystein entweder zu Methionin remethyliert oder zu Glutathion, einem wichtigen Antioxidanz abgebaut. Dadurch kommt es zu einem größeren oxidativen Schutz des Muskels bzw. des Organismus vor freien Radikalen und damit vor Sarkopenie.
2. Durch die Aktivierung des Belastungsstoffwechsels kommt es auch zu einer Aktivierung des AS-Stoffwechsels, bei dem der Ernährungszustand bzw. die AS-Verfügbarkeit von entscheidender Bedeutung ist. Befindet der ältere Mensch sich in einem Ernährungszustand, in dem für den Organismus ausreichend Substrate zur Energiebereitstellung bei Belastung vorhanden sind, z.B. Kohlenhydrate und Fette, kann der durch ein Hypertrophie-Krafttraining ausgelöste Trainingsreiz zu einer Steigerung des anabolen Muskelstoffwechsels und damit zu einer Zunahme von Muskelmasse führen. Da ausreichend Kohlenhydrate und Fette verstoffwechselt werden können – bei Kurzzeitbelastungen wie dem Krafttraining greift der Organismus eher auf Kohlenhydrate zurück-, können die vorhandenen AS für Syntheseprozesse genutzt werden. Vor allem intensive Trainingreize durch Krafttraining sind in der Lage, die Typ-II-Fasern, die bei der Sarkopenie als erstes verloren gehen, zu aktivieren und damit zu erhalten.

Befindet der ältere Mensch sich allerdings in einem Zustand der Mangel- oder Unterernährung, und es stehen bei Belastung nicht ausreichend Kohlenhydrate und Fette zur Verfügung, greift der Energiestoffwechsel auf AS zurück, die über die Glukoneogenese zur Energiebereitstellung beitragen. Diese AS werden aus dem Muskel freigesetzt, da der Muskel der größte AS-Speicher des Körpers ist. Auch für andere Stoffwechselprozesse werden AS aus dem Muskel freigesetzt. Der Organismus baut also Muskelmasse ab, der Muskelstoffwechsel ist katabol. Der Verlauf der Sarkopenie wird beschleunigt.

Daher nimmt zum einen der Ernährungsstatus älterer Menschen bzw. die Verfügbarkeit von Aminosäuren, aber auch Kohlenhydraten und Fetten, im Organismus eine zentrale Rolle im Muskelstoffwechsel ein, zum anderen haben auch Umfang und Intensität von Trainingsreizen entscheidenden Einfluss darauf, ob Stoffwechselprozesse im Muskels bzw. in speziellen Muskelfasern anabol verlaufen.

6 Zusammenfassung

Die Muskulatur, die beim jüngeren Erwachsenen das größte Körperorgan darstellt, und die Muskelkraft nehmen mit zunehmendem Alter immer mehr ab. Ein noch schnellerer Kraftabbau erfolgt bei Erkrankungen und Bettlägerigkeit. Der altersassoziierte Verlust der Muskelmasse (Sarkopenie) wird hauptsächlich durch körperliche Inaktivität, Fehl- und Mangelernährung (besonders durch unzureichende Proteinzufuhr), Degeneration des Nervensystems und vermehrten oxidativen Stress begünstigt. Die Sarkopenie geht mit zum Teil erheblichen funktionellen und gesundheitlichen Beeinträchtigungen einher, die nicht selten auch das Morbiditäts- und Mortalitätsrisiko erhöhen und oft zu vermehrter Abhängigkeit und Pflegebedürftigkeit führen (Heseker, 2001). In Hinblick auf den stetig wachsenden Anteil an alten und hochaltrigen Menschen an der Bevölkerung stellt die zunehmende Anzahl an pflegebedürftigen Senioren ein großes Problem dar. Die Senioren müssen daher befähigt werden, so lange wie möglich ein selbständiges Leben zu führen, ohne auf fremde Hilfe angewiesen zu sein. Für die Gesundheit und das Wohlbefinden im Alter und besonders im hohen Alter spielen eine altersgerechte Bewegung und Ernährung eine entscheidende Rolle. Die Skelettmuskulatur ist dabei von zentraler Bedeutung. In der vorliegenden Arbeit sollten daher die Auswirkungen des neu entwickelten, altersgerechten Muskelkräftigungsprogramms „PATRAS“ (Paderborner Trainingsprogramm für Senioren) zur Verbesserung der Alltagsmobilität, speziell von Altenheimbewohnern und betreut lebenden Senioren sowohl auf metabolische wie auf motorisch-funktionelle Parameter untersucht werden.

Das Krafttraining, welches als Interventionstraining über 16 Wochen, 2x wöchentlich (insgesamt 32 Trainingseinheiten), durchgeführt wurde, bestand im Wesentlichen aus 12 Übungen, welche die wichtigsten Muskelgruppen kräftigten. Trainiert wurde mit selbst entwickelten Handtrainingsgeräten und Fußmanschetten. Das Training enthielt darüber hinaus auch Koordinations- und Gleichgewichtselemente. Bei den Teilnehmern handelte es sich um ein sehr heterogenes, multimorbides Kollektiv von 46 Altenheimbewohnern und Bewohnern des Betreuten Wohnens aus drei Paderborner Senioreneinrichtungen mit zum Teil erheblichen funktionellen und/oder kognitiven Einschränkungen. Das Durchschnittsalter der Trainingsgruppe betrug 85 Jahre.

An vier vorher festgelegten Testzeitpunkten (vor der Intervention, nach 4, 10 und 16 Wochen) erfolgten Datenerhebungen gemäß dem Untersuchungsdesign in Form von Befragungen bezüglich des Gesundheitszustandes, der Beweglichkeit und Mobilität, der Ernährungsgewohnheiten und der allgemeinen Befindlichkeit. Zur Messung metabolischer Parameter wurde Blut entnommen. Außerdem wurden motorische und funktionelle Tests durchgeführt, anthropometrische Messungen vorgenommen, die Körperzusammensetzung mittels Bioelektrischer Impedanzanalyse (BIA) gemessen und die aufgenommenen Lebensmittelmengen mit Hilfe von Ernährungsprotokollen erfasst.

Vor allem die Bewohner des Betreuten Wohnens haben von der Trainingsintervention profitiert. Durch ihre noch recht gute körperliche Leistungsfähigkeit war es ihnen möglich, das Krafttraining bereits kurz nach Beginn der Intervention im Sinne eines Hypertrophietrainings erfolgreich durchzuführen. Im Gegensatz dazu war die Mehrzahl der Altenheimbewohner

schon sehr schwach und hatte zahlreiche körperliche Einschränkungen. Diese Gruppe musste durch kontinuierliches Üben erst in die Lage versetzt werden, ein Krafttraining, das der Belastung eines Hypertrophietrainings entspricht, überhaupt durchführen zu können, was gegen Ende der Intervention zunehmend gelang. Dennoch konnte bei allen Teilnehmern durch die motorischen Tests eine Leistungssteigerung nachgewiesen werden. Diese war bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens größer, weil sie das Krafttraining länger mit der entsprechenden Intensität durchführen konnten.

Über die durch den Belastungsstoffwechsel aktivierte Kreatinsynthese ist es sowohl bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens als auch bei den Altenheimbewohnern zu einer Aktivierung des Methionin-Homocystein-Glutathion-Systems gekommen. Dadurch konnte mehr Glutathion synthetisiert werden, welches antioxidativ wirksam ist und zu einem größeren oxidativen Schutz des Muskels bzw. des Organismus vor freien Radikalen durch Umwelteinflüsse und körperliche Bewegung führt.

Obwohl die Teilnehmer beider Gruppen (AH und BW) etwas weniger Energie- und Nährstoffe aufgenommen und auch überwiegend Körpergewicht verloren haben, ergaben die BIA-Daten keinen Verlust von Muskelmasse. Bei den Altenheimbewohnern konnte am Ende der Intervention eine leichte Zunahme der Magermasse festgestellt werden, die einen vorsichtigen Hinweis auf anabole Muskelstoffwechselprozesse gab. Außerdem konnte auch gezeigt werden, dass der AS-Stoffwechsel der Teilnehmer durch das Krafttraining aktiviert wurde. Die Daten über die Konzentrationen der für den Muskelstoffwechsel bedeutsamen AS und AS-Gruppen im Plasma gaben sowohl bei den Altenheimbewohnern als auch bei den Bewohnern des Betreuten Wohnens Hinweise darauf, dass anabole Prozesse stattfanden.

Fazit:

Es ist insgesamt gelungen, mit Hilfe des neu entwickelten, altersgerechten Muskelkräftigungsprogramms „PATRAS“ (Paderborner Trainingsprogramm für Senioren) die Alltagsmobilität der Altenheimbewohner und betreut wohnenden Senioren zu verbessern. Des Weiteren konnten durch das Training Stoffwechselprozesse aktiviert werden, die den Verlauf der Sarkopenie verlangsamen bzw. eventuell sogar stoppen konnten.

Bei zukünftigem Krafttraining mit Senioren sollte daher verstärkt auf den Ernährungsstatus der Teilnehmer bzw. auf eine ausreichende Zufuhr von Energie und Nährstoffen geachtet werden, um möglichst große Erfolge erzielen zu können. Angesichts der beschriebenen Ergebnisse sollten in weiteren Studien die möglicherweise positiven Auswirkungen von Supplementen, die altersassoziierte und ernährungsbedingte Defizite ausgleichen, untersucht werden, um bei älteren Menschen den Trainingserfolg noch zu steigern. Außerdem bedarf es weiterer Untersuchungen über den Trainingsumfang und die Trainingsintensität, die zur optimalen Leistungssteigerung bei Senioren führen.

7 Literatur

- Adolf T., Schneider T., Eberhard W. (1995): Ergebnisse der Nationalen Verzehrsstudie (1985-1988) über die Lebensmittel- und Nährstoffaufnahme in der Bundesrepublik Deutschland. In: Kübler W, Anders H.J., Heeschen W. (Hrsg.): VERA-Schriftenreihe Band IX. Wissenschaftl. Fachverlag Dr. Fleck, Niederkleen.
- Andersen J.L. (2003): Muscle fiber type adaptation in the elderly human muscle. *Scan. J. Sci. Sports* 13; 40-47.
- Andres R., Elahi D., Tobin J.D. (1985): Impact of age on weight goals. *Ann. Intern. Med.* 106; 1030-1033.
- Aniansson A., Grimby G., Hedberg M. (1992): Compensatory muscle fiber hypertrophy in elderly men. *J. Appl. Physiol.* 73(3); 812-816.
- Balogopal P., Rooyackers O.E., Adey P.A., Nair K.S. (1997): Effects of aging on in vivo synthesis of skeletal muscle myosin heavy-chain and sarcoplasmic protein in humans. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 273; E790-800.
- Basu R., Basu A., Nair K.S. (2002): „Muscle changes in aging“. *J. Nutr. Health and Aging*, 6(5); 336-341.
- Baumgartner R., Iannuzzi-Scuich M., Prestwood K.M., Keeny A.M. (2002): Prevalence of sarcopenia and predictors of skeletal muscle mass in healthy, older men and women. *J. Gerontol. Med. Sci.* 57A; M772-777.
- Baumgartner R., Waters D., Gallagher D., Morley J., Garry P. (1999): Predictors of skeletal muscle mass in elderly men and women. *Mech. Ageing Dev.* 107(2); 123-136.
- Baumgartner R., Koehler K., Gallagher D., Romero L., Heymsfield S., Ross R., et al. (1998): Epidemiology of Sarcopenia among the Elderly in New Mexico. *Am. J. Epidem.* 147(8); 755-763.
- Becker C., Kron M., Lindemann U., Sturm E., Eichner B., Walter-Jung B., Nikolaus T. (2003): Effectiveness of a Multifaceted Intervention on Falls in Nursing Home Residents. *J. Am. Geriatr. Soc.* 51(3); 306-313.
- Becker C., Lindemann U., Kapfer E., Nikolaus T. (2001): Verminderung von sturzbedingten Verletzungen bei Alten- und Pflegeheimbewohnern. Mobilität und Mobilitätsstörungen von Heimbewohnern. Zweiter Jahresbericht des Ulmer Modellvorhabens. Internet: www.fit-in-jedem-alter.de.
- Becker C., Scheible S. (1998): Stürze und sturzbedingte Verletzungen älterer Menschen. *Fortschr. Med.* 116(32); 22-29.
- Biesalski H.K., Grimm P. (2002): Taschenatlas der Ernährung. Georg Thieme-Verlag, Stuttgart, New York; 2. Auflage.
- Biolo G., Tipton K.D., Klein S., Wolfe R.R. (1997): An abundant supply of amino acids enhances the metabolic effect of exercise a muscle protein. *Am. J. Physiol.* 273; E122-129.
- Biolo G., Maggi S.P., Williams B.D., Tipton K.D., Wolfe R.R. (1995): Increased rates of muscle protein turnover and amino acid transport after resistance exercise in humans. *Am. J. Physiol.* 268; E514-520.
- Blomstrand E.A., Anderson S., Hasten P., Emblem B., Newsholme E.A. (1995): Effect of branched-chain amino acid and carbohydrate supplementation on the exercise-induced change in plasma and muscle concentration of amino acids in human subjects. *Acta. Physiol. Scand.* 153(2); 87-96.
- Blomstrand E., Hassmen P., Ekblom B., Newsholme E.A. (1991): Administration of branched-chain amino acids during sustained exercise – effects on performance and on plasma concentrations of some amino acids. *Eur. J. Appl. Physiol.* 63; 83-88.
- Bodnar A.G. (1998): Extension of Life-span by introduction of telomerase into normal human cells. *Science* 279; 349.

- Buchner D.M., Hornbrook M.C., Kutner N.G., Tinetti M.E., Ory M.G., Mulrow C.D., Schechtman K.B., Gerety M.B., Fiatarone M.A., Wolf S.L. (1993): Development of the common data base for the FICSIT trials. *J. Am. Geriatr. Soc.* 41; 297-308.
- Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend (2002): Vierter Bericht zur Lage der älteren Generation in der Bundesrepublik Deutschland: Risiken, Lebensqualität und Versorgung Hochaltriger – unter besonderer Berücksichtigung demenzieller Erkrankungen.
- Cannon J. (1998): Intrinsic and extrinsic factors in muscle aging. *Ann. NY Acad. Sci.* 854; 72-77.
- Carey J.R. (2003): Theories of Life Span and Aging. In Timiras P.S. (Hrsg.): *Physiological Basis of Aging and Geriatrics*. CRC Press, Boca Raton, London, New York Washington, D.C.; 85-95.
- Chandler J.M., Duncan P.W., Kochersberger G., Studenski S (1998): Is lower extremity strength gain associated with improvement in physical performance and disability in frail, community-dwelling elders? *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 79; 24-29.
- Charette S., McEvoy L., Pyka G., Snow-Harter C., Guido D., Wiswell R.A., Marcus R. (1991): Muscle hypertrophy response to resistance training in older women. *J. Appl. Physiol.* 70(5); 1912-1916.
- Castaneda C., Chamley J.M., Evans W.J., Crim M.C. (1995): Elderly women accommodate to a low-protein diet with losses of body cell mass, muscle function, and immune response. *Am. J. Clin. Nutr.* 62; 30-39.
- De Nong N., Chin A., Paw M.J., de Groot L.C., Rutten R.A., Swinkels D.W., Kok F.J., van Staveren W.A. (2001): Nutrient-dense foods and exercise in frail elderly: effects on B vitamins, homocysteine, methylmalonic acid, and neuropsychological functioning. *Am. J. Clin. Nutr.* 73(2); 338-346.
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung (Hrsg.): *Ernährungsbericht 1996*. Eigenverlag, Druckerei Henrich, Frankfurt am Main.
- Doherty T.J. (2003): Physiology of Aging; Invited Review: Aging and sarcopenia. *J. Appl. Physiol.* 95; 1717-1727.
- Doherty T.J., Vandervoort A.A., Brown W.F. (1993): Effects of ageing on the motor units: a brief review. *Can. J. Appl. Physiol.* 18; 331-358.
- Doherty T.J., Vandervoort A.A., Taylor A.W., Brown W.F. (1993b): Effects of motor units losses on strength in older men and women. *J. Appl. Physiol.* 74(2); 868-874.
- Ehram R., Aeschlimann A. (1994): *Training der Muskelkraft im Alter*. Orthopäde 23, Springer-Verlag; 65-75.
- Engelhard M., Neumann M., Berbalk A., Reuter I. (1998): Creatin supplementation in endurance sports. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30(7); 1123-1129.
- Evans W.J. (2002): Effects of exercise on senescent muscle. *Clin. Orthop.*; 211-222.
- Evans W. (1995): What is sarcopenia? *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 50; 5-8.
- Evans W.J. (1995b): Exercise, nutrition, and aging. *Clin. Geriatr. Med.* 11; 725-734.
- Evans W., Campbell W. (1993): Sarcopenia and age-related changes in body composition and functional capacity. *J. Nutr.* 123(2Suppl.); 465-468.
- Fiatarone M.A., O'Neill E.F., Ryan N.D., Clemens K.M., Solares G.R., Nelson M.E., Roberts S.B., Kehayias J.J., Lipsitz L.A., Evans W.J. (1994): Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *New Engl. J. Med.* 330(25); 1769-1775.
- Fiatarone M.A., O'Neill E.F., Doyle N., Diet T., Clemens K.M., Roberts S.B., Kehayias J.J., Lipsitz L.A., Evans W.J. (1993): The Boston FICSIT study: the effects of resistance training and nutritional supplementation on physical frailty in the oldest old. *J. Am. Geriatr. Soc.* 41(3); 333-337.
- Fiatarone M.A., Marks E.C., Ryan N.D., Meredith C.N., Lipsitz L.A., Evans W.J. (1990): High-intensity strength training in nonagenarians. *JAMA* 263(22); 3029-3034.
- Fischer H., Lembcke B. (1991): Die Anwendung der bioelektrischen Impedanzanalyse (BIA) zur Beurteilung der Körperzusammensetzung und des Ernährungszustandes. *Inn. Med.* 18; 13-17.

- Franke H. (1996): Neuartige Probleme des menschlichen Höchstalters, Teil 1: Allgemeine Probleme. *Z. Gerontol. Geriatr.* 20; 51-64.
- Frolkis V.V. (1982): *Aging and Life-Prolonging Processes*, Springer-Verlag, Wien, New York.
- Frontera W.R., Suh D., Krivickas L.S., Hughes V., Goldstein R., Roubenoff R. (2000): Skeletal muscle fiber quality in older men and women. *Am. J. Physiol. Cell. Physiol.* 279(3): C611-618.
- Frontera W.R., Meredith C.N., O'Reilly K.P., Knuttgen H.G., Evans W.J. (1988): Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J. Appl. Physiol.* 64(3); 1038-1044.
- Fürst P., Stehle P. (2004): Proteine und Aminosäuren. In: Hartig W.; Biesalski H.K., Druml W., Fürst P., Weimann A. (Hrsg): *Ernährungs- und Infusionstherapie*. 8. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 9-20.
- Fürst P. (1999): Proteine. In: Biesalski H.K., Fürst P., Kasper H., Kluthe R., Pöler W., Puchstein C., Stähelin H.B. (Hrsg.): *Ernährungsmedizin*. 2. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York; 91-110.
- Garms-Homolová V., Gilgen R. (2000): RAI 2.0, Resident Assessment Instrument, Beurteilung, Dokumentation und Pflegeplanung in der Langzeitpflege und geriatrischen Rehabilitation. Verlag Hans Huber, Bern, Göttingen, Toronto, Seattle, 2. Auflage.
- Gosselin L.E., Adams C., Cutter T.A., McCormick R.J., Thomas D.P. (1998): Effect of exercise training on passive stiffness in locomotor skeletal muscle: role of extracellular matrix. *J. Appl. Physiol.* 85; 1011-1016.
- Graham T.E., Ruch J.W.E., MacLean D.A. (1995): Skeletal muscle amino acid metabolism and ammonia production during exercise. In: Hargreaves M. (Hrsg.): *Exercise Metabolism*. Human Kinetics Publishers, Inc., 132-175.
- Greenleaf J.E., Kozlowski S. (1982): Physiological consequences of reduced physical activity during bed rest. In: Terjung R.L. (ed.): *Exercise and sport sciences reviews*. Franklin Institut, 10; 84-119.
- Grimby G., Saltin B. (1983): The ageing muscle. *Clin. Physiol.* 3; 209-218.
- Grimby G., Danneskiold-Samsoe B., Hvid K., Saltin B. (1982): Morphology and enzymatic capacity in arm and leg muscles in 78-81 year old men and women. *Acta. Physiol. Scand.* 115; 125-134.
- Guralnik J.M., Simonsick E.M., Ferrucci L., Glynn R.J., Berkman L.F., Blazer D.G., Scherr P.A., Wallace R.B. (1994): A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J. Gerontol.* 49(2), M85-94.
- Häkkinen K., Pastinen U.M., Karsikas R., Linnamo V. (1995): Neuromuscular performance in voluntary bilateral and unilateral contraction and during electrical stimulation in men at different ages. *Eur. J. Appl. Physiol.* 70; 518-527.
- Hasten D.L., Pak-Loduka J., Obert K.A., Yarasheski K.E. (2000): Resistance exercise acutely increases MHC and mixed muscle protein synthesis rates in 78-84 and 23-32 yr olds. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 278; E620-626.
- Hazzard W.R. (1989): Biologie des Alterns. In: Deutsche Ausgabe Straub P.W. (Hrsg.): *Harrison: Prinzipien der Inneren Medizin*. Schwabe & Co. AG Verlag Basel, Band 1, 11. Auflage.
- Heseker H. (2003): Häufigkeit, Ursachen und Folgen der Mangelernährung im Alter. *Ernährungs-Umschau* 50(11); 444-446.
- Heseker H., Schmid A. (2002): Ernährung im hohen Alter und in der Geriatrie. *Ernährungs-Umschau* 49; B17-24.
- Heseker H., Schmid A. (2000): MNA – der Unterernährung auf die Spur kommen. *Geriatric Journal* 8; 19-22.
- Hirtz P. (1981): Koordinative Fähigkeiten – Kennzeichen, Altersgang und Beeinflussungsmöglichkeiten. *Med. Sport* 21; 348-351.

- Hollmann W., Hettinger T. (2000): Sportmedizin, Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin. Schattauer Verlag, 4. Auflage, Stuttgart, New York.
- Hood D.A., Terjung R.L. (1990): Amino acid metabolism during exercise and following endurance training. *Sports Med.* 9; 23-35.
- Hoppeler H. (1986): Exercise-induced ultrastructural changes in skeletal muscle. *Int. J. Sports Med.* 7; 187 – 204.
- Jakeman P.M. (1998): Amino acid metabolism, branched-chain amino acid feeding and brain monoamine function. *Proc. Nutr. Soc.* 57; 35-41.
- Ji L. (1999): Antioxidants and oxidative stress in exercise. *Soc. Experi. Biol. Med.* 222; 283-293.
- Ji L., Leuwenburgh C., Leichtweis S., Gore M., Fiebig R., Hollander J., Bejma J. (1998): Oxidative Stress and aging. Role of exercise and its influence on antioxidants systems. *Ann. NY Acad. Sci.*; 102-117.
- Joosten E., vd Berg A., Riezler R., Naurath H.J., Lindenbaum J., Stabler S., Allem R.H. (1993): Metabolic evidence that deficiencies of vitamin B12 (cobalamin), folate and vitamin B6 occur commonly in elderly people. *Am. J. Clin. Nutr.* 58; 468-476.
- Judge J.O., Underwood M., Genossa T. (1993): Exercise to improve gait velocity in older persons. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 74; 400-406.
- Karlsom P., Doenecke D., Koolman J. (1996): Kurzes Lehrbuch der Biochemie für Mediziner und Naturwissenschaftler. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 14. Auflage.
- Kirkendall D., Garrett W. (1998): The effects of aging and training on skeletal muscle. *Am. J. Sports Med.* 26(4); 598-602.
- Klatz R., Goldman R. (1999): Stopping the clock oder Wie man die Zeit anhält. Keats Publishing, Vier Flamingos Verlag, Rheine; 27-42.
- Klitgaard H., Manton M., Schiaffino S., Ausoni S., Gorza L., Laurent-Winter C., Schnohr P., Saltin B. (1990): Function, morphology and protein expression of ageing skeletal muscle: a cross-sectional study of elderly men with different training backgrounds. *Acta. Physiol. Scand.* 140; 41-54.
- Larsson L., Yu F., Hook P., Ramamurthy B., Marx J.O., Pircher P. (2001): Effects of aging on regulation of muscle contraction at the motor unit, muscle cell, and molecular levels. *Int. J. Sports Nutr. Exerc. Metab.* 11; S28-43.
- Larsson L., Li X., Frontera W.R. (1997): Effects of aging on shortening velocity and myosin isoform composition in single human skeletal muscle cell. *Am. Physiol. Cell. Physiol.* 272; C638-649.
- Larsson L., Grimby G., Karlsson J. (1979): Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology. *J. Appl. Physiol.* 46; 451-456.
- Lawton, M.P., Brody, E.M. (1969): Assessment of older people: Self-maintaining and instrumental activities of daily living. *The Gerontologist* 9; 179-186.
- Lazowski D.A., Ecclestone N.A., Myers A.M., Paterson D.H., Tudor-Locke C., Fitzgerald C., Jones G., Shima N., Cunningham D.A. (1999): A randomized outcome evaluation of group exercise programs in long-term care institutions. *J. Gerontol. Med. Sci.* 54A(12); M621-628.
- Lexell J. (1995): Human aging, muscle mass, and fiber type composition. *J Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* 50; 11-16.
- Lexell J., Downham D.Y., Larsson Y., Bruhn E., Morsing E. (1995a): Heavy-resistance training in older Scandinavian men and women: short- and long-term effects on arm and leg muscles. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 5; 329-341.
- Lexell J. (1993): Ageing and human muscle: observations from Sweden. *Can. J. Physiol.* 18; 2-18.
- Lexell J., Downham D.Y. (1992): What determines the muscle cross-sectional area?. *J. Neurol. Sci.* 111; 113-114.

- Lexell J., Taylor C.C., Sjöström M. (1988): What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. *J. Neurol. Sci.* 84; 275-294.
- Lindemann U., D'Ettore A., Kullmann S., Rettberg U., Walker M., Nikolaus T., Becker C. (1999): Balance and progressive resistance training in nursing homes. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*; Supplement:II/114.
- Löffler G., Petrides P.E. (2003): *Biochemie und Pathobiochemie*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 6. Auflage, 521-579.
- Lord S.R., Ward J.A., Williams P., Strudwick M. (1995): The effect of a 12-month exercise trial on balance, strength, and falls in older women: A randomized controlled trial. *J. Am. Geriatr. Soc.* 43(11); 1198-1206.
- MacDougall J.D., Gibala M.C., Tarnopolsky M.A., MacDonald J.R., Interisano S.A., Yarasheski K.E. (1995): The time course for elevated muscle protein synthesis following resistance exercise. *Can. J. Appl. Physiol.* 20: 480-486.
- Mac Dougall J.D., Sale D.G., Moroz J.R., Elder G.C.B., Sutton J.R., Howarld H. (1979): Mitochondrial volume density in human skeletal muscle following heavy resistance training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 11; 164-166.
- Martin P., Hagberg B., Poon L.W. (1997): „Predictors of loneliness in Centenarians: A Parallel Study“; *Journal of Cross-Cultural Gerontology* 12; P203-224.
- Maughan R.J. (1995): Creatine supplementation and exercise performance. *Int. J. Sport Nutr.* 5; 94-101.
- McCartney N., Hicks A.L., Martin J., Webber C.E. (1995): Long-term resistance training in elderly: effects on dynamic strength, exercise capacity, muscle, and bone. *J. Gerontol. Biol. Sci.* 50A(2); B97-104.
- McMurdo M.E., Rennie L. (1993) : A controlled trial of exercise by residents of old people's homes. *Age Ageing* 22(1); 11-15.
- Mecocci P., Fano G., Fulle S., MacGarvey U., Shinobu L., Polidori M., et al. (1999): Age-dependent increases in oxidative damage to DNA, lipids, and proteins in human skeletal muscle. *Free Radic. Biol. Med.* 26(3-4);303-308.
- Metter E.J., Conwit R., Tobin J.D., Fozard J. L. (1997): Age-associated loss of power and strength in the upper extremities in women and men. *J. Gerontol. Biol. Sci.* 52A; B267-276.
- Morley J.E., Baumgartner R.N., Roubenoff R., Mayer J., Nair K.S. (2001): Sarcopenia. *J. Lab. Clin. Med.* 137; 231-243.
- Nair K. (1995): Muscle protein turnover: methodological issues and the effect of aging. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 50; 107-112.
- National Research Council (1989): Diet and health. Implications for reducing chronic disease risk. National Academy Press, Washington DC; 563-593.
- Newsholme E.A., Blomstrand E., McAndrew N., Parry-Billings M. (1993): Biochemische Ursachen für Ermüdung und Übertraining. In: Shephard R.J., Astrand P.O. (Hrsg.): *Ausdauer im Sport*. Deutscher Ärzte-Verlag Köln; 341-353.
- Nichols J.F., Omizo D.K., Peterson K.K., Nelson K.P. (1993): Efficacy of heavy-resistance training for active women over sixty: muscular strength, body composition, and program adherence. *J. Am. Geriatr. Soc.* 41(3); 205-210.
- Niess A.M., Fehrenbach E., Northoff H., Dickhuth H.H. (2002): Freie Radikale und oxidativer Stress bei körperlicher Belastung und Trainingsanpassung – Eine aktuelle Übersicht; *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 53(12), 345-353.
- Nikolaus T., Zahn R.K. (2000): Alter und Altern. In Schmidt R.F., Thews G., Lang F. (Hrsg.): „Physiologie des Menschen“, 28. Auflage, Springer Verlag, Berlin, New York, Heidelberg; 708-716.

- Overend T.J., Cunningham D.A., Paterson D.H., Lefcoe M.S.: (1992): Thigh composition in young and elderly men determined by computed tomography. *Clin. Physiol.* 12; 629-640.
- Paffenbarger R.S., Hyde R.T., Wing A. L., Lee I.M., Jung D.L., Kampert J.P. (1993): The association of changes in physical-activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men. *N. Engl. J. Med.* 328; 538-545.
- Papa S., Skulachev V. (1997): Reactive oxygen species, mitochondria, apoptosis, and aging. *Mol. Cell. Biochem.* 174; 305-319.
- Pette D. (1999): Das adaptive Potential des Skelettmuskels. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 50(9); 262-271.
- Phillips S.M., Tipton K.D., Ferrando A.A., Wolfe R.R. (1999): Resistance training reduces the acute exercise-induced increase in muscle protein turnover. *Am. J. Physiol.* 276; E118-124.
- Phillips S.M., Tipton K.D., Aarsland A., Wolf S.E., Wolfe R.R. (1997): Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *Am. J. Physiol.* 273; E99-107.
- Polidori M.C., Mecocci P., Cherubini A., Senin U. (2000): Physical activity and oxidative stress during aging. *Int. J. Sports Med.* 21; 154-157.
- Pollock M.L., Carroll J. F., Graves J.E., Leggett S. H., Braith R.W., Limacher M., Hagberg J.M. (1991): Injuries and adherence to walk/ jog and resistance training programs in the elderly. *Med. Sci. Sport. Exerc.* 23; 1194-1200.
- Pschyrembel W., Dornblüth O. (Hrsg.) (2001): *Pschyrembel: Klinisches Wörterbuch*. Walter de Gruyter Verlag, 259. Auflage, Berlin, New York.
- Pyka G., Lindenberger E., Charette S., Marcus R. (1994): Muscle strength and fiber adaptations to a year-long resistance training program in elderly men and women. *J. Gerontol. Med. Sci.* 49 (1); M22-27.
- Rantanen T., Guralnik J., Foley D. et al. (1999): Midlife hand grip strength as a predictor of old age disability. *JAMA* 281; 558-560.
- Rantanen T., Avela J. (1997): Leg extension power and walking speed in very old people living independently. *J. Gerontol. Med. Sci.*, 52A; M225-M231.
- Rasmussen B.B., Tipton K.D., Miller S.L., Wolf S.E., Wolfe R.R. (2000): An oral essential amino acid-carbohydrate supplement enhances muscle protein anabolism after resistance exercise. *J. Appl. Physiol.* 88; 386-392.
- Rauh M., Verwied S., Knerr I., Dorr H.G., Sonnichsen A., Koletzko B. (2001): Homocysteine concentrations in a German cohort of 500 individuals: reference ranges and determinants of plasma levels in healthy children and their parents. *Amino Acids* 40; 409-418.
- Rehner G., Daniel H. (2002): *Biochemie der Ernährung*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, 2. Auflage.
- Resch K.L., Till U., Riezler R., Pütter S. (1995): Homocystein. Störungen des Vitamin B₆-, B₁₂- und Folsäure-Metabolismus: Beziehungen zwischen Homocysteinämie und arteriosklerotischen, neurologischen und geriatrischen Erkrankungen. Ponte Press Verlags GmbH, Bochum.
- Roberts S. (1995): Effects of aging on energy requirements and the control of food intake in men. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 50; 101-106.
- Rogers M.A., Evans W.J. (1993): Changes in skeletal muscle with aging: effects of exercise training. In: Holloszy J.O. (ed) *Exerc. Sport Sci. Rev.* 21. Williams & Wilkins, Baltimore; 65-102.
- Roos M.R., Rice C.L., Vandervoort A.A. (1997): Age-related changes in motor unit function. *Muscle Nerve* 20; 679-690.
- Rosenberg I.H. (1989): Summary comments. *Am. J. Clin. Nutr.* 50; 1231-1233.
- Roth E., Spittler A., Oehler R. (1996): Glutamin: Wirkung auf das Immunsystem, auf Eiweißhaushalt und Darmfunktionen. *Wien. Klein. Wochenschr.* 108; 669-676.

- Roubenoff R. (2003): Sarcopenia: Effects on Body Composition and Function. *J. Gerontol. Med. Sci.*, 58 A(11); 1012-1017.
- Roubenoff R, Castaneda C. (2001): Sarcopenia – Understanding the Dynamics of Aging Muscle. *JAMA* 286(10); 1230-1231.
- Roubenoff R. (2000): Sarcopenia: A major modifiable cause of frailty in the elderly. *J. Nutr. Health and Aging*, 4(3); 140-142.
- Roubenoff R., Heymsfield S.B., Kehayias J.J., Cannon J.G., Rosenberg I.H. (1997): Standardization of nomenclature of body composition in weight loss. *Am. J. Clin. Nutr.* 66; 192-196.
- Roubenoff R., Harris T. (1997b): Failure to Thrive, Sarcopenia and functional decline in the elderly. *Clin. Geriatr. Med.* 13(4); 613-622.
- Rubenstein L.Z., Josephson K.R., Trueblood P.R., Loy S., Harker J.O., Pietruszka F.M., Robbins A.S: (2000): Effects of a group exercise program on strength, mobility, and falls among fall-prone elderly men. *J. Gerontol. Med. Sci.* 55A(6); M317-321.
- Sauvage L.R., Myklebust B.M., Crow-Pan J., Novak S., Millington P., Hoffman M.D., Hartz A.J., Rudman D. (1992): A clinical trial of strengthening and aerobic exercise to improve gait and balance in elderly male nursing home residents. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* 71(6); 333-342.
- Schlierf G. (1996): Mangelernährung geriatrischer Patienten. In: Deutsche Gesellschaft für Ernährung (Hrsg.): Ernährungsbericht 1996. Eigenverlag, Druckerei Henrich, Frankfurt am Main; 233-250.
- Schneider R. (1997): Vom Umgang mit Zahlen und Daten: eine praxisnahe Einführung in die Statistik und Ernährungsepidemiologie. Umschau Zeitschriftenverlag Breidenstein GmbH, Frankfurt am Main, 101-132.
- Schutz Y. (2004): Bestimmung des Ernährungszustandes. In: Biesalski H.K.; Fürst P., Kasper H.: Ernährungsmedizin. 3. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York.
- Seiler W.O., Stähelin H.B. (2004): Malnutrition im Alter. In: Biesalski H.K.; Fürst P., Kasper H.: Ernährungsmedizin. 3. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York.
- Selhub J. (1999): Homocysteine metabolism. *Annu. Rev. Nutr.* 19; 217-146.
- Selhub J., Jacques P.F., Wilson P.W.F., Rush D., Rosenberg I.H. (1993): Vitamin status and intake as primary determinants of homocysteinemia in an elderly population. *JAMA* 270; 2693-2698.
- Selhub J., Miller J.W. (1992): The pathogenesis of homocysteinemia: interruption of the coordinate regulation by S-adenosyl-methionine of the remethylation and transsulfuration of homocysteine. *Am. J. Clin. Nutr.* 55; 131-138.
- Sen C.D. (1999): Glutathione homeostasis in response to exercise training and nutritional supplements. *Molecular and Cellular Biochemistry* 196; 31-42.
- Shepard R.J. (2002): Gender, Physical Activity and Aging. CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington.
- Siewers M. (2001): Muskelkrafttraining mit älteren Menschen. *Schleswig-Holsteinisches Ärzteblatt* 54(5); 49-55.
- Sohal R.S., Weindruch R. (1996): Oxidative stress, caloric restriction, and aging. *Science* 273 (5271), 59-63.
- Spittler A., Manhard N., Roth E. (2004): Immunologie und Ernährung (Immunonutrition). In: Biesalski H.K., Fürst P., Kasper H., Kluthe R., Pöler W., Puchstein C., Stähelin H.B. (Hrsg.): Ernährungsmedizin. Thieme Verlag, Stuttgart, New York; 313-331.
- Stalberg E., Borges O., Ericsson M., Essen-Gustavsson B., Fawcett P., Nordesjo L., Nordgren B., Uhlin R. (1989): The quadriceps femoris muscle in 20-70-year-old subjects: relationship between knee extension torque, electrophysiological parameters, and muscle fiber characteristics. *Muscle Nerve* 12(5): 382-389.
- Steenge G.R., Verhoef P., Greenhaff P.L. (2001): The effect of creatine and resistance training on plasma homocysteine concentration in healthy volunteers. *Arch. Int. Med.* 161; 1455-1456.

- Stehle P. (2004): Sport und Ernährung. In: Biesalski H.K., Fürst P., Kasper H., Kluthe R., Pöler W., Puchstein C., Stähelin H.B. (Hrsg.): Ernährungsmedizin. Thieme Verlag, Stuttgart, New York; 231-237.
- Stehle P. (2000): Immunonutrition – Nährstoffe mit immunmodellierender Wirkung. Teil 1: Aminosäuren. Ernährungsumschau 47; 216-222.
- Steinacker J.M., Wang L., Lormes W., Reißnecker S., Liu Y. (2002): Strukturanpassungen des Skelettmuskels auf Training; Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 53(12); 354-360.
- Stryer L. (1999): Die Koordination des Stoffwechsels. In: Biochemie. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford, 4. Auflage.
- Tideiksaar R. (2000): Stürze und Sturzprävention. Assessment – Prävention – Management. Verlag Hans Huber, Bern, Göttingen, Toronto, Seattle.
- Timiras P.S. (2003): Physiological basis of aging and geriatrics. CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington, 3. Auflage; 385-395.
- Tinetti M.E. (1986): Performance-Oriented Assessment of Mobility Problems in Elderly Patients. J. Am. Geriatr. Soc. 34(2); 119-126.
- Tonna E.A. (1973): An electron microscopic study of skeletal cell aging. II. The osteocyte. Exp Gerontol 8 (1), 9-16.
- Townsend M., Tew K.D., Tapiero H. (2003): The importance of glutathione in human disease. Biomedicine and Pharmacotherapy 57; 145-155.
- Vandervoort A. (2002): Aging of the human neuromuscular system. Muscle Nerve 25; 17-25.
- Vandervoort A., McComas A. (1986): Contractile changes in opposing muscles of the human ankle joint with aging. J. Appl. Physiol. 61(1): 361-367.
- Vincent K.R., Braith R.W., Feldman R.A., Magyari P.M., Cutler R.B., Persin S.A., Lennon S.L., Gabr A.H., Lowenthal D.T. (2002): Resistance exercise and physical performance in adults aged 60 to 83. J. Am. Geriatr. Soc. 50(6); 1100-1107.
- Volkert D. (1997): Ernährung im Alter. Quelle & Meyer-Verlag GmbH & Co., Wiesbaden.
- Volpi E., Sheffield-Moore M., Rasmussen B.B., Wolfe R.R. (2001): Basal muscle amino acid kinetics and protein synthesis in healthy young and older men. JAMA 286; 1206-1212.
- Volpi E., Mittendorfer B., Rasmussen B.B., Wolfe R.R. (2000): The response of muscle protein anabolism to combined hyperaminoacidemia and glucose-induced hyperinsulinemia is impaired in the elderly. J. Clin. Endocrinol. Metab. 85; 4481-4490.
- Wagenmakers A.J.M. (1998): Protein and amino acid metabolism in human muscle. Adv. Exp. Med. Biol. 441; 307-319.
- Waters D.L., Baumgartner R.N., Garry P.J. (2000): Sarcopenia: Current perspectives. J. Nutr. Health and Aging 4(3); 133-139.
- Weicker H., Strobel G. (1994): Sportmedizin, biochemisch-physiologische Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York.
- Weinberger M. (1986): Self-rated health as a predictor of hospital admission and nursing home placement in elderly public housing tenants. Am. J. Publ. Health 76; 457-462.
- Weindruch R. (1995): Interventions based on the possibility that oxidative stress contributes to sarcopenia. J. Gerontol. 50A; 157-161.
- Weineck J. (2000): Sportbiologie. Spitta-Verlag, Balingen, 7. Auflage.
- Weineck J. (2000b): Bewegung und Sport – wozu?. Promotions-Service Zenk, Forchheim.
- Weiß M. (2003). Homocystein – ein kardiovaskulärer Risikofaktor? – betrachtet unter Sportmedizinischen Aspekten. Dtsch. Z. Sportmed. 54(4); 102-107.
- Weiß M., Schmid A., Baum M., Liesen H (1999): Einfluss einer extensiven Belastung auf das Aminosäurespektrum und die Homocystein-Plasmakonzentration. Dtsch. Z. Sportmed. 50(5); 152-157.

- Weiß M., Hennig H., Schwefer H., Liesen H.: Belastungsinduzierte Veränderungen der Plasmaamino-säuren als Prädiktor für drohende Überlastung. In: Jeschke B., Lorenz R. (Hrsg.): Sportartspezi-fische Leistungsdiagnostik – Energetische Aspekte, Sportmedizinisches Symposium München 1996, Schriftenreihe BISP, Sport und Buch Strauß 1998, 1. Auflage, Köln, Band 6.
- Welle S., Thornton C., Jozefowicz R., Statt M. (1993): Myofibrillar protein synthesis in young and old men. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 264, E693-398.
- Werle J., Zimmer A. (1999): Sturzprophylaxe durch Bewegungsunsicherheit im Alter: Konzeption und Effektivitätsprüfung eines sensomotorischen Interventionsprogramms bei Osteoporose-Patientinnen. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie* (5); 348-351.
- Williams M.H., Rost R. (Hrsg.) (1997): Ernährung, Fitness und Sport. Ullstein Mosby Verlag, Berlin, Wiesbaden.
- Wolfson L., Whipple R., Derby C., Judge J., King M., Amerman P., Schmidt J., Smyers D. (1996): Balance and strength training in older adults: Intervention gains and Tai Chi maintenance: *J. Am. Geriatr. Soc.* 44(5); 498-506.
- Yarasheski K.E. (2003). Exercise, Aging and Muscle Protein Metabolism. *J Gerontol Med Sci*, 58A(10); 918-922.
- Yarasheski K.E., Zachwieja J.J., Campbell J.A., Bier D.M. (1995): Effect of growth hormone and resis-tance exercise on muscle growth and strength in older men. *Am J Physiol. Endocrinol. Metab.* 268, E268-276.
- Young A., Stokes M., Crowe M. (1985): The size and strength of the quadriceps muscles of old and young men. *Clin. Physiol.* 5; 145-154.

8 Anhang

8.1 Tabellen

8.1.1 Zu den Aktivitäten des täglichen Lebens (ADLs)

Gesamtgruppe unterteilt in AH und BW, ohne Abbrecher (n=40)

	Transfer							
	Altenheim				Betreutes Wohnen			
	T ₁		T ₄		T ₁		T ₄	
	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent
sehr leicht	2	10	2	10	3	15	14	70
leicht	10	50	10	50	13	65	6	30
etwas schwer	2	10	6	30	4	20	0	0
schwer	6	30	2	10	0	0	0	0
gesamt	20	100	20	100	20	100	20	100

	Fortbewegen							
	Altenheim				Betreutes Wohnen			
	T ₁		T ₄		T ₁		T ₄	
	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent
sehr leicht	2	10	2	10	3	15	14	70
leicht	9	45	9	45	13	65	5	25
etwas schwer	3	15	7	35	4	20	1	5
schwer	6	30	2	10	0	0	0	0
gesamt	20	100	20	100	20	100	20	100

	An- und Auskleiden							
	Altenheim				Betreutes Wohnen			
	T ₁		T ₄		T ₁		T ₄	
	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent
sehr leicht	2	10	1	5	2	10	14	70
leicht	8	40	11	55	14	70	5	25
etwas schwer	5	25	5	25	3	15	1	5
schwer	5	25	3	15	1	5	0	0
gesamt	20	100	20	100	20	100	20	100

	Essen und Trinken							
	Altenheim				Betreutes Wohnen			
	T ₁		T ₄		T ₁		T ₄	
	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent
sehr leicht	5	25	6	30	9	45	15	75
leicht	12	60	14	70	11	55	5	25
etwas schwer	3	15	0	0	0	0	0	0
schwer	0	0	0	0	0	0	0	0
gesamt	20	100	20	100	20	100	20	100

	Toilettenbenutzung							
	Altenheim				Betreutes Wohnen			
	T ₁		T ₄		T ₁		T ₄	
	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent
sehr leicht	2	10	0	0	3	15	16	80
leicht	10	50	12	60	15	75	4	20
etwas schwer	3	15	5	25	2	10	0	0
schwer	5	5	3	5	0	0	0	0
gesamt	20	100	20	100	20	100	20	100

	Persönliche Hygiene							
	Altenheim				Betreutes Wohnen			
	T ₁		T ₄		T ₁		T ₄	
	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent
sehr leicht	2	10	0	0	2	10	15	75
leicht	9	45	12	60	15	75	5	25
etwas schwer	4	20	6	30	3	15	0	0
schwer	5	25	2	10	0	0	0	0
gesamt	20	100	20	100	20	100	20	100

	Baden / Duschen							
	Altenheim				Betreutes Wohnen			
	T ₁		T ₄		T ₁		T ₄	
	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent
sehr leicht	2	10	0	0	1	5	14	70
leicht	7	35	9	45	12	60	6	30
etwas schwer	4	20	6	30	7	35	0	0
schwer	7	35	5	25	0	0	0	0
gesamt	20	100	20	100	20	100	20	100

	Bettmobilität							
	Altenheim				Betreutes Wohnen			
	T ₁		T ₄		T ₁		T ₄	
	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent
sehr leicht	3	15	3	15	6	30	12	60
leicht	10	50	8	40	9	45	5	25
etwas schwer	4	20	7	35	4	20	3	15
schwer	3	15	2	10	1	5	0	0
gesamt	20	100	20	100	20	100	20	100

Gesamtgruppe

	Transfer				Fortbewegen			
	T ₁		T ₄		T ₁		T ₄	
	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent
sehr leicht	5	12,5	16	40	5	12,5	16	40
leicht	23	57,5	16	40	22	55	14	35
etwas schwer	6	15	6	15	7	17,5	8	20
schwer	6	15	2	5	6	15	2	5
gesamt	40	100	40	100	40	100	40	100

	An- und Auskleiden				Essen und Trinken			
	T ₁		T ₄		T ₁		T ₄	
	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent
sehr leicht	4	10	15	37,5	14	35	21	52,5
leicht	22	55	16	40	23	57,5	19	47,5
etwas schwer	8	20	6	15	3	7,5	0	0
schwer	6	15	3	7,5	0	0	0	0
gesamt	40	100	40	100	40	100	40	100

	Toilettenbenutzung				Persönliche Hygiene			
	T ₁		T ₄		T ₁		T ₄	
	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent
sehr leicht	5	12,5	16	40	4	10	15	37,5
leicht	25	62,5	16	40	24	60	17	42,5
etwas schwer	5	12,5	5	12,5	7	17,5	6	15
schwer	5	12,5	3	7,5	5	12,5	2	5
gesamt	40	100	40	100	40	100	40	100

	Baden/Duschen				Bettmobilität			
	T ₁		T ₄		T ₁		T ₄	
	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent
sehr leicht	3	7,5	14	35	9	17,5	15	37,5
leicht	19	47,5	15	37,5	19	47,5	13	32,5
etwas schwer	11	27,5	6	15	8	20	10	25
schwer	7	7,5	5	12,5	4	10	2	5
gesamt	40	100	40	100	40	100	40	100

8.1.2 Zur Bioelektrischen Impedanz-Analyse (BIA), zur Körpergewichtsveränderung und zum Body-Mass-Index (BMI)

Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA)

	TG-alle			
	T1	T4		p
Körperzellmasse (kg)	19,18 ± 3,9	19,2 ± 3,6	↑	n.s.
Magermasse (kg)	44,1 ± 7,2	44,61 ± 7,5	↑	n.s.
Fettmasse (kg)	22,83 ± 7,8	22,24 ± 8,3	↓	n.s.
Extrazellulärmasse (kg)	24,92 ± 5,3	25,41 ± 5,8	↑	n.s.
Körperwasser (l)	32,29 ± 5,2	32,65 ± 5,5	↑	n.s.
Grundumsatz (kcal)	1219,05 ± 12,9	1216,67 ± 123,8	↓	n.s.

	TG-AH				TG-BW			
	T1	T4		p	T1	T4		p
Körperzellmasse (kg)	18,85 ± 3,4	18,68 ± 3,3	↓	n.s.	19,61 ± 4,5	19,9 ± 4	↑	n.s.
Magermasse (kg)	43,36 ± 7,3	44,28 ± 8,4	↑	n.s.	45,09 ± 7,1	45,06 ± 6,4	↓	n.s.
Fettmasse (kg)	20,65 ± 7,5	20,03 ± 8,7	↓	n.s.	25,73 ± 7,6	25,19 ± 7,2	↓	n.s.
Extrazellulärmasse (kg)	24,51 ± 6,4	25,61 ± 7,2	↑	0,039	25,48 ± 3,6	25,16 ± 3,5	↓	n.s.
Körperwasser (l)	31,73 ± 5,4	32,41 ± 6,1	↑	n.s.	33,02 ± 5,2	32,98 ± 4,7	↓	n.s.
Grundumsatz (kcal)	1208,33 ± 116,5	1204,17 ± 115,7	↓	n.s.	1233,33 ± 150	1233,33 ± 139,2	↔	n.s.

Körpergewichtsveränderungen

Gruppe	n	T1	T2	T3	T4
alle	29	66,4 ± 9,9	65,5 ± 10,1	65,1 ± 9,9	63,8 ± 9,8
TG-alle	21	67,4 ± 9,9	66,7 ± 9,8	66,6 ± 9,5	65,3 ± 9,0
UT-alle	8	63,5 ± 10,6	62,4 ± 11,0	61,3 ± 10,7	59,9 ± 11,4
BW	16	70,4 ± 9,7	69,6 ± 10,0	68,6 ± 9,8	67,3 ± 9,5
TG-BW	12	71,1 ± 9,4	70,2 ± 10,2	69,9 ± 9,3	68,4 ± 9,4
UT-BW	4	68,5 ± 11,5	67,6 ± 10,2	64,7 ± 11,3	63,6 ± 9,9
AH	13	61,4 ± 7,8	60,5 ± 8,2	60,9 ± 8,7	59,5 ± 8,8
TG-AH	9	62,6 ± 7,8	62,0 ± 7,2	62,2 ± 8,2	61,0 ± 6,7
UT-AH	4	58,5 ± 8,0	57,2 ± 10,4	57,8 ± 10,3	56,1 ± 13,0

Body-Mass-Index (BMI)

Gruppe	n	T1	T2	T3	T4
alle	29	25,9 ± 3,4	25,6 ± 3,7	25,5 ± 3,6	24,9 ± 3,6
TG-alle	21	26,4 ± 3,6	26,2 ± 3,9	26,1 ± 3,7	25,6 ± 3,6
UT-alle	8	24,6 ± 2,4	24,2 ± 2,8	23,8 ± 2,8	23,2 ± 3,2
BW	16	26,9 ± 3,9	26,6 ± 4,3	26,2 ± 4,1	25,7 ± 4,0
TG-BW	12	27,4 ± 4,2	27,1 ± 4,7	27,0 ± 4,3	26,4 ± 4,2
UT-BW	4	25,4 ± 2,9	25,1 ± 2,5	24,0 ± 3,0	23,6 ± 2,3
AH	13	24,8 ± 2,2	24,4 ± 3,0	24,6 ± 2,6	24,0 ± 2,8
TG-AH	9	25,2 ± 2,2	24,9 ± 2,0	25,0 ± 2,4	24,5 ± 2,1
UT-AH	4	23,9 ± 2,1	23,3 ± 3,1	23,6 ± 3,0	22,8 ± 4,2

8.1.3 Zu den Ergebnissen der motorischen Tests (Testbatterie)**Maximale Gehgeschwindigkeit**

Gruppe	n	T1	T2		p
alle	34	1,07 ± 0,4	1,15 ± 0,4	↑	p<0,000
TG-alle	24	1,05 ± 0,4	1,13 ± 0,4	↑	p<0,000
UT-alle	10	1,11 ± 0,5	1,18 ± 0,6	↑	p<0,137
BW	20	1,27 ± 0,3	1,35 ± 0,3	↑	p<0,005
TG-BW	13	1,21 ± 0,3	1,28 ± 0,3	↑	p<0,007
UT-BW	7	1,39 ± 0,3	1,49 ± 0,3	↑	-
AH	14	0,78 ± 0,4	0,85 ± 0,5	↑	p<0,005
TG-AH	11	0,87 ± 0,5	0,96 ± 0,5	↑	p<0,003
UT-AH	3	0,45 ± 0,1	0,45 ± 0,1	↔	-

2-minute-walk

Gruppe	n	T1	T2	T3	T4
alle	27	102,7 ± 35,1	106,4 ± 37,6	105,8 ± 37,7	111,4 ± 42,3
TG-alle	21	101,2 ± 31,2	105,3 ± 33,5	105,0 ± 33,3	111,3 ± 43,5
UT-alle	6	108,1 ± 49,6	110,5 ± 53,1	108,6 ± 54,1	111,6 ± 41,7
BW	16	118,5 ± 27,8	124,4 ± 30,9	123,8 ± 30,0	124,9 ± 38,3
TG-BW	12	113,0 ± 24,7	119,3 ± 28,7	119,0 ± 28,0	121,5 ± 42,5
UT-BW	4	135,2 ± 33,8	139,5 ± 36,5	138,0 ± 35,7	135,0 ± 22,7
AH	11	79,8 ± 32,6	80,4 ± 31,3	79,7 ± 32,7	91,8 ± 41,7
TG-AH	9	85,5 ± 33,4	86,6 ± 31,3	86,3 ± 31,7	97,8 ± 43,4
UT-AH	2	54,1 ± 9,8	52,5 ± 3,6	49,8 ± 20,9	64,7 ± 22,7

5-chair-stand

Gruppe	n	T1	T2	T3	T4
alle	20	22,3 ± 9,7	20,5 ± 6,4	16,8 ± 6,2	17,1 ± 5,6
TG-alle	16	23,4 ± 10,2	20,9 ± 6,8	17,1 ± 6,5	17,1 ± 5,8
UT-alle	4	17,9 ± 6,1	18,6 ± 4,4	15,5 ± 5,2	17,3 ± 6,0
BW	15	19,6 ± 5,7	18,5 ± 4,1	15,0 ± 4,1	16,4 ± 4,8
TG-BW	11	20,3 ± 5,7	18,5 ± 4,2	14,8 ± 3,9	16,1 ± 4,7
UT-BW	4	17,9 ± 6,1	18,6 ± 4,4	15,5 ± 5,2	17,3 ± 6,0
AH	5	30,2 ± 15,1	26,4 ± 8,7	22,1 ± 8,8	19,4 ± 7,8
TG-AH	5	30,2 ± 15,1	26,4 ± 8,7	22,1 ± 8,8	19,4 ± 7,8
UT-AH	0	-	-	-	-

Maximale Handkraft links

Gruppe	n	T1	T2	T3	T4
alle	33	0,62 ± 0,16	0,58 ± 0,18	0,62 ± 0,19	0,62 ± 0,17
TG-alle	23	0,62 ± 0,15	0,61 ± 0,15	0,66 ± 0,18	0,65 ± 0,15
UT-alle	10	0,61 ± 0,19	0,52 ± 0,23	0,53 ± 0,19	0,55 ± 0,20
BW	16	0,68 ± 0,16	0,66 ± 0,15	0,70 ± 0,17	0,67 ± 0,14
TG-BW	12	0,66 ± 0,16	0,64 ± 0,16	0,70 ± 0,19	0,66 ± 0,16
UT-BW	4	0,76 ± 0,14	0,71 ± 0,09	0,70 ± 0,12	0,70 ± 0,08
AH	17	0,55 ± 0,14	0,51 ± 0,18	0,55 ± 0,19	0,57 ± 0,19
TG-AH	11	0,58 ± 0,13	0,58 ± 0,13	0,62 ± 0,18	0,64 ± 0,16
UT-AH	6	0,51 ± 0,14	0,38 ± 0,20	0,42 ± 0,14	0,44 ± 0,19

Maximale Handkraft rechts

Gruppe	n	T1	T2	T3	T4
alle	32	0,66 ± 0,16	0,62 ± 0,16	0,66 ± 0,23	0,67 ± 0,18
TG-alle	23	0,66 ± 0,15	0,64 ± 0,13	0,68 ± 0,21	0,67 ± 0,16
UT-alle	9	0,67 ± 0,18	0,59 ± 0,25	0,60 ± 0,28	0,66 ± 0,24
BW	16	0,74 ± 0,15	0,71 ± 0,16	0,78 ± 0,20	0,75 ± 0,17
TG-BW	12	0,72 ± 0,15	0,69 ± 0,15	0,77 ± 0,22	0,71 ± 0,17
UT-BW	4	0,81 ± 0,15	0,79 ± 0,17	0,83 ± 0,17	0,85 ± 0,15
AH	16	0,75 ± 0,11	0,53 ± 0,14	0,53 ± 0,19	0,59 ± 0,16
TG-AH	11	0,59 ± 0,12	0,58 ± 0,08	0,58 ± 0,17	0,62 ± 0,14
UT-AH	5	0,55 ± 0,10	0,43 ± 0,19	0,42 ± 0,22	0,51 ± 0,19

Fußgelenksexension, Kniegelenksexension, Kniegelenksflexion

	AH (n=4)		TG-AH (n=3)	
	T3	T4	T3	T4
Fußgelenksexension rechts	99,8 ± 80,5	60,8 ± 37,3	107,3 ± 96,3	70,0 ± 39,7
Fußgelenksexension links	98,3 ± 71,3	56,0 ± 29,3	109,0 ± 83,1	63,0 ± 31,5
Kniegelenksexension rechts	50,0 ± 44,6	44,3 ± 20,7	63,3 ± 43,8	51,0 ± 19,2
Kniegelenksexension links	40,0 ± 41,2	47,0 ± 27,9	49,7 ± 44,6	57,7 ± 22,0
Kniegelenksflexion rechts	39,5 ± 39,6	38,0 ± 21,2	47,7 ± 44,1	43,3 ± 22,5
Kniegelenksflexion links	36,0 ± 18,9	33,5 ± 11,4	43,0 ± 15,6	37,3 ± 10,4

Fußgelenksexension, Kniegelenksexension, Kniegelenksflexion

	BW (n=17)			TG-BW (n=11)		
	T2	T4	p	T2	T4	p
Fußgelenksexension rechts	105,7 ± 28,8	136,0 ± 48,0	p<0,003	100,1 ± 34,3	129,1 ± 53,7	p<0,026
Fußgelenksexension links	107,1 ± 45,9	117,7 ± 55,9	n.s.	83,6 ± 31,7	99,1 ± 54,9	n.s.
Kniegelenksexension rechts	64,8 ± 33,7	69,9 ± 34,1	n.s.	58,4 ± 36,1	64,5 ± 38,1	n.s.
Kniegelenksexension links	68,5 ± 34,1	53,8 ± 21,5	n.s.	55,3 ± 31,8	47,5 ± 23,5	n.s.
Kniegelenksflexion rechts	55,5 ± 20,3	63,7 ± 31,8	n.s.	50,3 ± 21,4	57,2 ± 26,6	n.s.
Kniegelenksflexion links	54,1 ± 25,3	54,1 ± 27,3	n.s.	51,2 ± 25,6	50,5 ± 24,5	n.s.

8.1.4 Zu den Ergebnissen der Fragebögen

8.1.4.1 Gesundheit

Subjektive Einschätzung des Gesundheitszustandes und der Gesundheit aller Teilnehmer im Vergleich mit etwa Gleichaltrigen an T₁ (Woche 0) und T₄ (Woche 16), ohne Abbrecher

	T1	T4
sehr gut	0	6
gut	18	16
mittel	15	13
weniger gut	7	3
schlecht	0	2
gesamt	40	40

Hör-Leistungsfähigkeit der Teilnehmer an T₁ (Woche 0) inklusive Abbrecher

	Anzahl	Prozent
gut hören	24	52,2
leichte Schwierigkeiten	12	26,1
nur in besonderer Situation	8	17,4
Hören stark beeinträchtigt	2	4,3
gesamt	46	100

Seh-Leistungsfähigkeit der Teilnehmer an T₁ (Woche 0) inklusive Abbrecher

	Anzahl	Prozent
gut	30	65,2
beeinträchtigt	14	30,4
stark beeinträchtigt	1	2,2
vollständig beeinträchtigt	1	2,2
gesamt	46	100

Rauchgewohnheiten der Teilnehmer an T₁ (Woche 0) inklusive Abbrecher

	Anzahl	Prozent
Raucher/Raucherin	2	4,3
Ehemaliger Raucher	13	28,3
Nichtraucher	31	67,4
gesamt	46	100

Veränderung der Schlafsituation der Teilnehmer von T₁ (Wiche 0) zu T₄ (Woche 16), ohne Abbrecher

	Anzahl	Prozent
verbessert	5	12,5
gleich geblieben	35	87,5
verschlechtert	0	0
gesamt	40	100

Stimmung (Depression) der Teilnehmer in den letzten vier Wochen; Befragung an T₁ (Woche 0) und T₄ (Woche 16), ohne Abbrecher

	T ₁		T ₄	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
nie	11	27,5	16	40
1 mal	7	17,5	4	10
2 mal	9	22,5	9	22,5
1-2 mal / Woche	7	17,5	8	20
täglich	6	15	3	7,5
gesamt	40	100	40	100

Vergesslichkeit der Teilnehmer an T₁ (Woche 0) und T₄ (Woche 16), ohne Abbrecher

	T1		T4	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
häufiger etwas vergessen (schwere Demenz)	6	15	6	15
manchmal etwas vergessen (leichte Demenz oder Depression)	16	40	15	37,5
nein, keine Probleme mit dem Gedächtnis	18	45	19	47,5
gesamt	40	100	40	100

Häufigkeit der Probleme der Teilnehmer mit den Beinen an T₁ (Woche 0) und T₄ (Woche 16), ohne Abbrecher

	T1		T4	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
ja, immer	14	35	15	37,5
ja, gelegentlich	14	35	7	17,5
nein	12	30	18	45
gesamt	40	100	40	100

8.1.4.2 Ernährung

Hilfe beim Essen an T₁ (Woche 0) und T₄ (Woche 16), ohne Abbrecher

	T1		T4	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
ja, immer	3	7,5	2	5
ja, teilweise	2	5	5	12,5
nein, aber Schwierigkeiten	5	12,5	3	7,5
nein, keine Schwierigkeiten	30	75	30	75
gesamt	40	100	40	100

Form der Nahrungsaufnahme an T₁ (Woche 0) und T₄ (Woche 16), ohne Abbrecher

	T1		T4	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
normal zubereitete Kost	30	75	33	82,5
klein geschnittene Kost	10	25	7	17,5
pürierte Kost	0	0	0	0
gesamt	40	100	40	100

Ergebnis des Mini Nutritional Assessment (MNA) der Teilnehmer der Trainingsgruppe an T₁ (Woche 0) und T₄ (Woche 16), ohne Abbrecher

	T1			T4		
	TG-AH	TG-BW	TG-alle	TG-AH	TG-BW	TG-alle
Zufriedenstellender Ernährungszustand	5	11	16	6	12	18
Risikobereich für Unterernährung	7	2	9	7	1	8
Schlechter Ernährungszustand	1	0	1	0	0	0
gesamt	13	13	26	13	13	26

8.1.4.3 Körperliche Leistungsfähigkeit

Verwendete Hilfsmittel der Teilnehmer zum Gehen an T₁ (Woche 0), ohne Abbrecher

	AH		BW		alle	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
keine	1	5	8	40	9	22,5
Stock	2	10	7	35	9	22,5
Rollator	11	55	5	25	16	40
Rollstuhl	6	30	0	0	6	15
gesamt	20	100	20	100	40	100

Verwendete Hilfsmittel der Teilnehmer zum Gehen an T₄ (Woche 16), ohne Abbrecher

	AH		BW		alle	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
keine	2	10	8	40	10	25
Stock	2	10	9	45	11	27,5
Rollator	10	50	3	15	13	32,5
Rollstuhl	6	30	0	0	6	15
gesamt	20	100	20	100	40	100

Schweregrad des hauptsächlich ausgeübten Berufs inklusive Abbrecher (n=46)

	Anzahl	Prozent
sitzende Tätigkeit	12	26,1
leichte körperliche Arbeit	11	23,9
schwere körperliche Arbeit	22	47,8
Schwerstarbeit	1	2,2
Gesamt	46	100

8.2 Instrumente zur Datenerhebung (Fragebogen)

8.2.1 Bewohner des Betreuten Wohnens (T1)

Der Fragebogen findet sich auf den folgenden Seiten (Umfang: 13 Seiten)

8.2.2 Bewohner des Betreuten Wohnens (T4)

Der Fragebogen findet sich auf den folgenden Seiten (Umfang: 10 Seiten)

8.2.3 Altenheimbewohner (T1)

Der Fragebogen findet sich auf den folgenden Seiten (Umfang: 7 Seiten)

8.2.4 Altenheimbewohner (T4)

Der Fragebogen findet sich auf den folgenden Seiten (Umfang: 5 Seiten)

8.2.5 Betreuer (T1)

Der Fragebogen findet sich auf den folgenden Seiten (Umfang: 8 Seiten)

8.2.6 Betreuer (T4)

Der Fragebogen findet sich auf den folgenden Seiten (Umfang: 7 Seiten)

8.2.7 Mini Nutritional Assessment (MNA)

Der Fragebogen findet sich auf den folgenden Seiten (Umfang: 1 Seite)



PATRAS
Paderborner Trainingsstudie für Senioren

Betreutes Wohnen (T1)

Wohnkomplex _____

Datum:

Hausarzt (Tel.) : _____

1. Allgemeine Fragen

1.1 Name _____

1.2 Geschlecht ☐ weiblich ☐ männlich

1.3 Geburtsdatum ____|____| ____|____| ____|____|____|

1.4 Einzugsdatum ____|____| ____|____| ____|____|____|

1.5 Familienstand

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|
| <input type="radio"/> verheiratet | <input type="radio"/> verwitwet |
| <input type="radio"/> geschieden | <input type="radio"/> ledig |
| <input type="radio"/> getrennt lebend | |

1.6 Haben Sie Kinder? Wie viele? _____ Kind(er)

1.7 Was war Ihr höchster erreichter Schulabschluss?

- | | |
|---|---|
| <input type="radio"/> Volksschule/Hauptschule | <input type="radio"/> Mittlere Reife |
| <input type="radio"/> Abitur | <input type="radio"/> keiner |
| <input type="radio"/> Hochschulabschluss | <input type="radio"/> anderer (Ausland) |

1.8 Ihr hauptsächlich ausgeübter Beruf war eine

- | | |
|--|--|
| <input type="radio"/> sitzende Tätigkeit | <input type="radio"/> leichte körperliche Arbeit |
| <input type="radio"/> schwere körperliche Arbeit | <input type="radio"/> Schwerstarbeit |

1.9 Pflegestufe

- ☐ keine ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

2. Fragen zur Gesundheit

2.1. Wie würden Sie selbst Ihre Gesundheit zurzeit einschätzen?

- | | |
|--------------------------------|---|
| <input type="radio"/> sehr gut | <input type="radio"/> weniger gut |
| <input type="radio"/> gut | <input type="radio"/> schlecht |
| <input type="radio"/> mittel | <input type="radio"/> weiß nicht/ keine Antwort |

2.2. Wie schätzen Sie Ihren Gesundheitszustand im Vergleich mit gleichaltrigen Personen ein?

- ☐ schlechter
- ☐ weiß es nicht
- ☐ gleich gut
- ☐ besser

2.3. Haben Sie das Gefühl, daß Sie in der letzten Zeit zu- oder abgenommen haben? Ist Ihnen Ihr Rock/Ihre Hose zu groß oder zu eng geworden?

- | | | |
|--|------------------------------------|---------------------------------------|
| <input type="radio"/> nein, ist gleich geblieben | | |
| <input type="radio"/> ich habe zugenommen | <input type="radio"/> mehr als 3kg | <input type="radio"/> weniger als 3kg |
| <input type="radio"/> ich habe abgenommen | <input type="radio"/> mehr als 3kg | <input type="radio"/> weniger als 3kg |
| <input type="radio"/> weiß nicht / keine Angabe | | |

2.4. Wie häufig hatten Sie im letzten Jahr eine Infektion (z.B. Grippe, Erkältung)?

- ☐ keine Infektion
- ☐ 1 oder 2x
- ☐ häufiger

2.5. Hatten Sie eine akute Krankheit oder psychischen Streß während der letzten 3 Monate?

- ☐ ja ☐ nein

2.6. Wie viele Krankenhausaufnahmen mit Übernachtungen hatten Sie in den letzten 90 Tagen?

___|___|

2.7. Haben Sie in der letzten Zeit manchmal oder häufiger etwas vergessen?

- ☐ ja, häufig (schwere Demenz)
- ☐ ja, manchmal (leichte Demenz oder Depression)
- ☐ nein, keine Probleme

2.8. Hat der Arzt bei Ihnen schon einmal eine der unten aufgeführten Erkrankungen festgestellt?

Diabetes mellitus (Zuckerkrankheit)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Hypertonie (Bluthochdruck)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Herzschwäche (Herzinsuffizienz)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Herzinfarkt	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Schlaganfall	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Bösartiger Tumor / Krebs	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Schilddrüsenüberfunktion (Hyperthyreose)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Schilddrüsenunterfunktion (Hypothyreose)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Erkrankungen der Atemwege (Bronchien)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Magen- oder Darmerkrankungen	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Welche? _____			
Nierenerkrankungen	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Leberkrankheiten	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Gelenkerkrankungen (Rheuma, Arthrose, Gicht)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Osteoporose (Knochenschwund)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Erhöhte Blutfettwerte	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Seelische Krankheiten (z.B. Depressionen)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Demenz	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Parkinson	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Augenerkrankungen	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Welche? _____			
Andere? _____			

2.9. Welche Medikamente nehmen Sie zurzeit regelmäßig ein? Wie hoch sind sie dosiert und wie häufig nehmen Sie diese?

(z.B. ASS 100, täglich, 1 Tablette)

2.10. Haben Sie darüber hinaus noch irgendwelche Medikamente eingenommen oder gibt es Medikamente, die Sie seltener als einmal in der Woche nehmen?

Nur vom Interviewer auszufüllen:

Tage, an denen folgende Medikamente verabreicht wurden
(Anzahl innerhalb der letzten 7 Tage eintragen; 0 = keine; 11 = Langzeitmedikation, die seltener als einmal pro Woche verabreicht wird)

Antipsychotika	—
Angstreduzierende Medikamente	—
Antidepressiva	—
Hypnotika	—
Diuretika	—

2.11. Stimmungslage und Verhalten –

Hinweise für Depressionen, Ängste und traurige Stimmungslage

Waren Sie in den letzten 4 Wochen häufiger niedergeschlagen oder traurig?

- ☐ nie
- ☐ 1 mal
- ☐ 2 mal
- ☐ 1-2 mal pro Woche
- ☐ täglich

2.12. Wie häufig hatten Sie in den letzten 4 Wochen Kontakt zu Ihrer Familie, Verwandten, Freunden und Bekannten?

- ☐ täglich
- ☐ 1-2 mal pro Woche
- ☐ 2 mal
- ☐ 1 mal
- ☐ nie

2.13. Schlafqualität

Leiden Sie an Schlafstörungen oder haben sich Ihre üblichen Schlafgewohnheiten geändert?

- ☐ nein ☐ ja

Sind Sie nachts oft unruhig und gehen umher?

- ☐ nein ☐ ja

Stehen Sie nachts auf, um zur Toilette zu gehen?

- ☐ nein ☐ ja

2.14. Haben Sie gelegentlich Schmerzen? Wie häufig haben Sie Schmerzen?

- ☐ keine Schmerzen (= > weiter mit 2.6.)
☐ seltener als täglich
☐ täglich

2.15. Wie stark sind Ihre Schmerzen dann (Schmerzintensität)?

- ☐ leichter Schmerz
☐ mittlerer Schmerz
☐ Perioden mit unerträglichem Schmerz

2.16. Wo haben Sie Ihre Schmerzen (Lokalisierung)?

- ☐ Rückenschmerzen
☐ Knochenschmerzen
☐ Brustschmerzen bei gewohnter Aktivität
☐ Kopfschmerzen
☐ Hüftschmerzen
☐ Wundschmerzen
☐ Gelenkschmerzen (außer Hüftschmerzen)
☐ Muskelschmerzen (Läsions-, Gewebeschmerzen)
☐ Magenschmerzen
Sonstiges _____

2.17. Litten Sie in den letzten 7 Tagen unter

- | | | |
|------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Schwindel/Benommenheit | <input type="radio"/> nein | <input type="radio"/> ja |
| unsichere Gangart | <input type="radio"/> nein | <input type="radio"/> ja |

2.18. Hören (mit Hörhilfe, falls vorhanden) _

- 0 Sie hören gut – normale Gespräche, Fernseher, am Telefon
- 1 Sie haben leichte Schwierigkeiten in unruhiger Umgebung
- 2 Sie hören nur in besonderer Situation – wenn sich die Partner in der Tonlage darauf einstellen und deutlicher sprechen
- 3 Ihr Hören ist stark beeinträchtigt – Sie hören praktisch nichts

2.19. Benutzen Sie irgendwelche Sehhilfen?

[Brille, Kontaktlinsen, Linsenimplantat, Vergrößerungsglas (Lupe)]

- ☐ nein ☐ ja

2.20. Wie gut können Sie sehen? _

(Sehfähigkeit bei guter Beleuchtung, falls nötig mit Brille/Sehhilfe)

- 0 Sie sehen gut – Sie sehen kleine Details, einschließlich gewöhnlicher Druckbuchstaben in Zeitungen/Büchern
- 1 das Sehen ist beeinträchtigt – Sie sehen große Druckbuchstaben, jedoch keine gewöhnlichen
- 2 das Sehen ist stark beeinträchtigt – Sie sind unfähig, Zeitungsüberschriften zu lesen; können aber Gegenstände identifizieren
- 3 das Sehen ist sehr stark beeinträchtigt - die Identifizierung von Gegenständen ist fraglich, aber Sie können Gegenständen mit den Augen folgen
- 4 das Sehen ist vollständig beeinträchtigt – Sie sind blind oder sehen lediglich Licht, Farben oder Umrisse

3. Fragen zur Ernährung

3.1. Glauben Sie, dass Sie gut ernährt sind?

- ☐ nein (schwerwiegende Unter-/Mangelernährung)
- ☐ weiß es nicht (oder leichte Unter-/Mangelernährung)
- ☐ ja (gut genährt)

3.2. Wie war Ihr Appetit in der letzten Zeit?

- ☐ sehr gut ☐ gut ☐ mäßig ☐ schlecht

Gibt es hierfür eine Erklärung?

3.4. Sind Sie beim Essen auf Hilfe angewiesen (z.B. beim Kleinschneiden) oder wird das Essen gereicht?

- ☐ ja, immer
- ☐ ja, teilweise
- ☐ nein, aber ich habe Schwierigkeiten beim Essen
- ☐ nein; ich habe auch keine Schwierigkeiten beim Essen
- ☐ weiß nicht / keine Angabe

3.5. In welcher Form nehmen Sie Ihre Nahrung gewöhnlich auf?
(Mehrfachantworten möglich)

- | | |
|---|--------------------------------------|
| <input type="radio"/> normal zubereitet | |
| <input type="radio"/> klein geschnittene Kost | <input type="radio"/> Sondennahrung |
| <input type="radio"/> pürierte Kost | <input type="radio"/> Flüssignahrung |

3.6. Gibt es bestimmte Lebensmittel(-gruppen), die Sie grundsätzlich nicht essen?

3.7. Lebensmittelauswahl: Essen Sie

- | | | |
|--|--------------------------|----------------------------|
| • mindestens einmal pro Tag Milchprodukte? | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| • mindestens ein- bis zweimal pro Woche
Hülsenfrüchte (Erbsen, Linsen, Bohnen) oder Eier? | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| • jeden Tag Fleisch, Fisch oder Geflügel? | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |

3.8. Essen Sie mindestens zweimal am Tag Obst oder Gemüse?

- ☐ nein ☐ ja

3.9. Wie viele Hauptmahlzeiten essen Sie am Tag?
(Frühstück, Mittag- und Abendessen)

___|

- 0 1 Mahlzeit
1 2 Mahlzeiten
2 3 Mahlzeiten

3.10. Haben Sie Schwierigkeiten beim Kauen?

- ☐ ja, immer ☐ gelegentlich ☐ selten/nie

3.11. Tragen Sie eine Zahn- oder Teilprothese?

- ☐ Zahnprothese
- ☐ Teilprothese
- ☐ nein

3.12. Haben Sie Schmerzen im Mund?

(z.B. durch Wunden, offene Stellen o.a.)

- ☐ nein
- ☐ ja

3.13. Haben Sie Schluckbeschwerden beim Essen?

- ☐ ja, immer
- ☐ gelegentlich
- ☐ selten/nie

3.14. Wie viel trinken Sie pro Tag?

(Wasser, Kaffee, Saft, Tee, Wein, Bier, ...)

- ☐ weniger als 3 Gläser/Tassen
- ☐ 3 bis 5 Gläser/Tassen
- ☐ mehr als 5 Gläser /Tassen

3.15. Nehmen Sie Vitamin- und Mineralstoffpräparate oder Stärkungsmittel ein?

- ☐ ja
- ☐ nein
- ☐ weiß nicht/keine Antwort

4. Fragen zur Beweglichkeit (Mobilität)

4.1. Haben Sie Probleme mit den Beinen (Wunden am Fuß, Krampfadern, Arthrose, Knie- oder Hüftschmerzen), die die Beweglichkeit einschränken?

- ☐ ja, immer ☐ ja, gelegentlich ☐ nein ☐ weiß nicht

**4.2. Haben Sie Fußprobleme?
wenn ja, welche:**

- ☐ nein ☐ ja

- | | |
|-----------------------------|---|
| verhornte Stellen | 0 |
| Hallux valgus | 0 |
| Hammerzehen | 0 |
| Druckstellen/offene Stellen | 0 |
| Fußinfektionen | 0 |
| sonstiges | |

4.3. Benutzen Sie Geh- und Bewegungshilfen?

- ☐ Stock
- ☐ Rollator
- ☐ Rollstuhl (Handbetrieb)
- ☐ Rollstuhl (muss geschoben werden, Elektrobetrieb)
- ☐ ständig auf den Rollstuhl angewiesen
- ☐ nichts zutreffend

4.4. Wie häufig sind Sie im letzten Jahr gestürzt?

- ☐ nicht gestürzt
- ☐ 1-3 mal
- ☐ häufiger als 3 mal

4.5. Körperliche Funktionsfähigkeit / ADL

A) ADL Leistungsfähigkeit

(durchschnittliche Eigenleistung/Selbstversorgung während der letzten 7 Tage)

0 = unabhängig – Keine Hilfe oder Überwachung oder Hilfe/Überwachung lediglich 1 bis 2x in den letzten 7 Tagen erforderlich

1 = Aufsicht – Überwachung, Anleitung, Ermutigung reichen aus und wurden 3 oder mehrmals während der letzten 7 Tage erforderlich, aber Überwachung und körperliche Hilfe nur 1-2 mal

2 = begrenzte Hilfe – beteiligt sich viel, erhält Unterstützung, um Beine gezielt zu bewegen oder musste 3x und öfter leicht gestützt werden; aber benötigte größere Hilfe nur 1 bis 2x in den letzten 7 Tagen

3 = verstärkte Hilfe – bei einzelnen Aktivitäten wurden während der letzten 7 Tage folgende Hilfen 3 oder mehrmals benötigt: starkes Stützen, vollständige Hilfe an einigen, aber nicht an allen der 7 Tage

4 = vollständige Abhängigkeit – vollständige Hilfe an allen 7 Tagen

8 = traf nicht zu

B) Unterstützung / Hilfe bei ADL-Leistungen

(nur mit Fremdhilfe)

- 0 weder Vorbereitung noch körperliche Hilfen werden gegeben
- 1 nur Vorbereitungen, keine körperlichen Hilfen
- 1a nur Aufsicht, keine körperlichen Hilfen
- 2 körperliche Hilfe nur durch eine Person
- 3 körperliche Hilfe durch 2 oder mehrere Personen
- 8 traf nicht zu

			A	B
a)	Bewegung im Bett	Hinlegen, Aufsitzen, Drehen, Lageveränderung	___	___
b)	Transfer	Zwischen Einrichtungsgegenständen (zu Bett, Stuhl, Rollstuhl) in aufrechter Position – ausgenommen Weg zur Toilette / zum Bad	___	___
c)	Gehen im Zimmer	Gehen im eigenen Zimmer	___	___
d)	Gehen (fortbewegen) auf dem eigenen Stockwerk	Gehen vom eigenen Zimmer auf den Korridor des Wohnbereichs bzw. zu anderen Räumen des Wohnbereichs; Selbständigkeit im Rollstuhl	___	___
e)	Gehen (fortbewegen) außerhalb des eigenen Wohnbereichs	Gehen zum Speisesaal, zu Gemeinschaftsräumen, außerhalb des Wohnbereichs; Selbständigkeit im Rollstuhl	___	___
f)	An- und Auskleiden	Straßenkleidung an- und ausziehen, zuknöpfen, Befestigung / Abnahme von Prothesen	___	___
g)	Essen / Trinken	Fähigkeit zu essen und zu trinken (abgesehen von Tischsitten), einschließlich Sonde und parenteraler Ernährung	___	___
h)	Toilettenbenutzung	Benutzung der Toilette (des Nachtstuhls, Urinals, Steckbeckens), hinsetzen und aufstehen, sich reinigen, Wechseln von Einlagen, Stoma / Katheter handhaben, anziehen	___	___
i)	Persönliche Hygiene	Fähigkeit, sich pflegen, kämmen, Zähne putzen, rasieren, schminken, Gesicht, Hände und Intimbereich waschen und abtrocknen zu können (ohne Baden und Duschen)	___	___
k)	Baden / Duschen	In welcher Weise ist der/die Bewohner(in) fähig, ein Vollbad / Sitzbad / Dusche (ein- und aussteigen) zu nehmen (Rücken- und Haarewaschen ausgenommen)?	___	___

Neue Kodierung für Spalte A:

- 0 unabhängig – keine Hilfe erforderlich
- 1 Aufsicht – Aufsicht / Überwachung reicht aus
- 2 begrenzte Hilfe – nur beim Ein- und Aussteigen
- 3 verstärkte Hilfe – beim Bade-/Duschvorgang
- 4 vollständig abhängig
- 8 traf nicht zu

4.6. Instrumentelle Aktivitäten des täglichen Lebens (IADL)

Telefon

- 1 Benutzt das Telefon aus eigener Initiative, wählt Nummern
- 1 Wählt einige bekannte Nummern
- 1 Nimmt ab, wählt nicht selbständig
- 0 Benutzt das Telefon überhaupt nicht

Einkaufen

- 1 Kauft selbständig die meisten benötigten Sachen ein
- 0 Tätigt wenige Einkäufe
- 0 Benötigt bei jedem Einkauf Begleitung
- 0 Unfähig zum Einkaufen

Kochen

- 1 Plant und kocht erforderliche Mahlzeiten selbständig
- 1 Bestellt erforderliche Mahlzeiten selbständig beim mobilen sozialen Dienst
- 0 Kocht selbständig, hält aber erforderliche Diät nicht ein
- 0 Benötigt vorbereitete und servierte Mahlzeiten

Haushalt

- 1 Führt Haushalt allein oder benötigt zeitweise Hilfe bei schweren Arbeiten
- 1 Führt selbständig kleine Hausarbeiten aus
- 1 Führt selbst kleine Hausarbeiten aus, kann Wohnungen aber nicht sauber halten
- 0 Benötigt Hilfe in allen Haushaltsverrichtungen
- 0 Nimmt an täglichen Verrichtungen im Haushalt nicht teil

Wäsche

- 1 Wäscht sämtliche Wäsche
- 1 Wäscht kleine Sachen
- 0 Wäsche muss auswärtig versorgt werden

Transportmittel

- 1 Benutzt öffentliche Transportmittel unabhängig / Taxi
- 1 Benutzt öffentliche Transportmittel in Begleitung
- 0 Beschränkte Fahrten im Taxi bzw. Auto nur in Begleitung
- 0 Reist überhaupt nicht

Medikamente

- 1 Nimmt Medikamente in genauer Dosierung und zum korrekten Zeitpunkt eigenverantwortlich
- 0 Nimmt vorbereitete Medikamente korrekt
- 0 Kann korrekte Einnahme von Medikamenten nicht handhaben

Geldhaushalt

- 1 regelt finanzielle Geschäfte selbständig
- 1 Erledigt täglich kleine Ausgaben, benötigt Hilfe bei Bankgeschäften
- 0 Ist nicht mehr fähig, selbständig mit Geld umzugehen

4.7. Wie leicht oder schwer gehen Ihnen die folgenden Alltagsverrichtungen von der Hand?

	sehr leicht	leicht	etwas schwer	schwer
Bewegen im Bett	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Transfer zwischen Einrichtungsgegenständen (zu Bett, Stuhl)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fortbewegen im Zimmer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fortbewegen auf dem eigenen Stockwerk	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fortbewegen außerhalb des eigenen Wohnbereichs	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
An- und Auskleiden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Essen / Trinken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Toilettenbenutzung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Persönliche Hygiene	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Baden / Duschen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4.8. Wie häufig in der Woche führen Sie folgende Freizeitbeschäftigungen durch?

Beschäftigung	Häufigkeit			
Spaziergehen (im Haus)	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Spaziergehen (außerhalb des Hauses)	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Gymnastik	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Kegeln	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Kartenspielen	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie

Handarbeiten	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Kulturveranstaltung besuchen	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Besuch von Seniorenveranstaltungen	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Andere _____	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie

4.9. Haben Sie früher aktiv Sport getrieben?

☐ nein ☐ ja

=> wenn ja, warum haben Sie damit aufgehört?

4.10. Waren Sie in einem Sportverein ein aktives Mitglied? In welchem?

4.11. Welche Sportart(en) haben Sie betrieben? Wie viele Jahre und wie häufig pro Woche?

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit



**PATRAS
Paderborner Trainingsstudie für Senioren**

Betreutes Wohnen (T4)

Wohnkomplex _____

Datum:

Name:

1. Fragen zur Gesundheit

1.1. Wie würden Sie selbst Ihre Gesundheit zurzeit einschätzen?

- | | |
|--------------------------------|---|
| <input type="radio"/> sehr gut | <input type="radio"/> weniger gut |
| <input type="radio"/> gut | <input type="radio"/> schlecht |
| <input type="radio"/> mittel | <input type="radio"/> weiß nicht/ keine Antwort |

1.2. Wie schätzen Sie Ihren Gesundheitszustand im Vergleich mit gleichaltrigen Personen ein?

- ☐ schlechter
- ☐ weiß es nicht
- ☐ gleich gut
- ☐ besser

1.3. Hatten Sie eine akute Krankheit oder psychischen Stress während der letzten 3 Monate?

- ☐ ja ☐ nein

1.4. Wie viele Krankenhausaufnahmen mit Übernachtungen hatten Sie in den letzten 90 Tagen?

____|

1.5. Hat Ihr behandelnder Arzt seit Trainingsbeginn eine neue Diagnose für Sie gestellt?

1.6. Welche Medikamente nehmen Sie zurzeit regelmäßig ein? Wie hoch sind sie dosiert und wie häufig nehmen Sie diese?

(z.B. ASS 100, täglich, 1 Tablette)

1.7. Haben Sie darüber hinaus noch irgendwelche Medikamente eingenommen oder gibt es Medikamente, die Sie seltener als einmal in der Woche nehmen?

1.8. Waren Sie in den letzten 4 Wochen häufiger niedergeschlagen oder traurig?

- ☐ nie
- ☐ 1 mal
- ☐ 2 mal
- ☐ 1-2 mal pro Woche
- ☐ täglich

1.9. Wie häufig hatten Sie in den letzten 4 Wochen Kontakt zu Ihrer Familie, Verwandten, Freunden und Bekannten?

- ☐ täglich
- ☐ 1-2 mal pro Woche
- ☐ 2 mal
- ☐ 1 mal
- ☐ nie

1.10. Haben sich Ihre Schlafgewohnheiten seit Beginn der Gymnastik verändert?

- ☐ verbessert
- ☐ gleich geblieben
- ☐ verschlechtert

1.11. Falls Sie vorher Schmerzen hatten, haben sich diese verändert?

- ☐ verbessert
- ☐ gleich geblieben
- ☐ verschlechtert
- ☐ keine Schmerzen gehabt

2.- Fragen zur Ernährung

2.1. Glauben Sie, dass Sie gut ernährt sind?

- ☐ nein (schwerwiegende Unter-/Mangelernährung)
- ☐ weiß nicht (oder leichte Unter-/Mangelernährung)
- ☐ ja (gut genährt)

2.2. Wie war Ihr Appetit in der letzten Zeit?

- ☐ sehr gut
- ☐ gut
- ☐ mäßig
- ☐ schlecht

2.3. Gibt es hierfür eine Erklärung?

2.4. Hat sich Ihr Appetit seit Beginn der Gymnastik verändert?

- ☐ verbessert
- ☐ gleich geblieben
- ☐ verschlechtert

2.5. Sind Sie beim Essen auf Hilfe angewiesen (z.B. beim Kleinschneiden) oder wird das Essen gereicht?

- ☐ ja, immer
- ☐ ja, teilweise
- ☐ nein, aber ich habe Schwierigkeiten beim Essen
- ☐ nein; ich habe auch keine Schwierigkeiten beim Essen
- ☐ weiß nicht / keine Angabe

2.6. In welcher Form nehmen Sie Ihre Nahrung gewöhnlich auf?
(Mehrfachantworten möglich)

- ☐ normal zubereitet
- ☐ klein geschnittene Kost
- ☐ pürierte Kost
- ☐ Sondennahrung
- ☐ Flüssignahrung

2.7. Haben Sie in der letzten Zeit Schwierigkeiten beim Kauen?

- ☐ ja, immer
- ☐ gelegentlich
- ☐ selten/nie

2.8. Haben Sie in der letzten Zeit Schmerzen im Mund?
(z.B. durch Wunden, offene Stellen o.ä.)

- ☐ ja
- ☐ nein

2.9. Haben Sie in der letzten Zeit Schluckbeschwerden beim Essen?

- ☐ ja, immer
- ☐ gelegentlich
- ☐ selten/nie

2.10. Wie viel trinken Sie pro Tag?
(Wasser, Kaffee, Saft, Tee, Wein, Bier, ...)

- ☐ weniger als 3 Gläser/Tassen
- ☐ 3 bis 5 Gläser/Tassen
- ☐ mehr als 5 Gläser /Tassen

2.11. Nehmen Sie Vitamin- und Mineralstoffpräparate oder Stärkungsmittel ein?

- ☐ ja
- ☐ nein
- ☐ weiß nicht/keine Antwort

3. Fragen zur Beweglichkeit (Mobilität)

3.1. Haben Sie Probleme mit den Beinen (Wunden am Fuß, Krampfadern, Arthrose, Knie- oder Hüftschmerzen), die die Beweglichkeit einschränken?

- ☐ ja, immer ☐ ja, gelegentlich ☐ nein ☐ weiß nicht

3.2. Haben Sie Fußprobleme? wenn ja, welche: ☐ nein ☐ ja

- | | |
|-----------------------------|-----------------------|
| verhornte Stellen | <input type="radio"/> |
| Hallux valgus | <input type="radio"/> |
| Hammerzehen | <input type="radio"/> |
| Druckstellen/offene Stellen | <input type="radio"/> |
| Fußinfektionen | <input type="radio"/> |
| sonstiges | <input type="radio"/> |
-

3.3. Benutzen Sie Geh- und Bewegungshilfen?

- ☐ Stock
- ☐ Rollator
- ☐ Rollstuhl (Handbetrieb)
- ☐ Rollstuhl (muss geschoben werden, Elektrobetrieb)
- ☐ ständig auf den Rollstuhl angewiesen
- ☐ nichts zutreffend

3.4. Wie häufig sind Sie seit Trainingsbeginn gestürzt?

- ☐ nicht gestürzt
- ☐ 1-3 mal
- ☐ häufiger als 3 mal

3.5. Körperliche Funktionsfähigkeit / ADL

A) ADL Leistungsfähigkeit

(durchschnittliche Eigenleistung/Selbstversorgung während der letzten 7 Tage)

0 = unabhängig – Keine Hilfe oder Überwachung oder Hilfe/Überwachung lediglich 1 bis 2x in den letzten 7 Tagen erforderlich

1 = Aufsicht – Überwachung, Anleitung, Ermutigung reichen aus und wurden 3 oder mehrmals während der letzten 7 Tage erforderlich, aber Überwachung und körperliche Hilfe nur 1-2 mal

2 = begrenzte Hilfe – beteiligt sich viel, erhält Unterstützung, um Beine gezielt zu bewegen oder musste 3x und öfter leicht gestützt werden; aber benötigte größere Hilfe nur 1 bis 2x in den letzten 7 Tagen

3 = verstärkte Hilfe – bei einzelnen Aktivitäten wurden während der letzten 7 Tage folgende Hilfen 3 oder mehrmals benötigt: starkes Stützen, vollständige Hilfe an einigen, aber nicht an allen der 7 Tage

4 = vollständige Abhängigkeit – vollständige Hilfe an allen 7 Tagen

8 = traf nicht zu

B) Unterstützung / Hilfe bei ADL-Leistungen

(nur mit Fremdhilfe)

- 0 weder Vorbereitung noch körperliche Hilfen werden gegeben
- 1 nur Vorbereitungen, keine körperlichen Hilfen
- 1a nur Aufsicht, keine körperlichen Hilfen
- 2 körperliche Hilfe nur durch eine Person
- 3 körperliche Hilfe durch 2 oder mehrere Personen
- 8 traf nicht zu

			A	B
a)	Bewegung im Bett	Hinlegen, Aufsitzen, Drehen, Lageveränderung	___	___
b)	Transfer	Zwischen Einrichtungsgegenständen (zu Bett, Stuhl, Rollstuhl) in aufrechter Position – ausgenommen Weg zur Toilette / zum Bad	___	___
c)	Gehen im Zimmer	Gehen im eigenen Zimmer	___	___
d)	Gehen (fortbewegen) auf dem eigenen Stockwerk	Gehen vom eigenen Zimmer auf den Korridor des Wohnbereichs bzw. zu anderen Räumen des Wohnbereichs; Selbständigkeit im Rollstuhl	___	___
e)	Gehen (fortbewegen) außerhalb des eigenen Wohnbereichs	Gehen zum Speisesaal, zu Gemeinschaftsräumen, außerhalb des Wohnbereichs; Selbständigkeit im Rollstuhl	___	___
f)	An- und Auskleiden	Straßenkleidung an- und ausziehen, zuknöpfen, Befestigung / Abnahme von Prothesen	___	___
g)	Essen / Trinken	Fähigkeit zu essen und zu trinken (abgesehen von Tischsitten), einschließlich Sonde und parenteraler Ernährung	___	___
h)	Toilettenbenutzung	Benutzung der Toilette (des Nachtstuhls, Urinals, Steckbeckens), hinsetzen und aufstehen, sich reinigen, Wechseln von Einlagen, Stoma / Katheter handhaben, anziehen	___	___
i)	Persönliche Hygiene	Fähigkeit, sich pflegen, kämmen, Zähne putzen, rasieren, schminken, Gesicht, Hände und Intimbereich waschen und abtrocknen zu können (ohne Baden und Duschen)	___	___
k)	Baden / Duschen	In welcher Weise ist der/die Bewohner(in) fähig, ein Vollbad / Sitzbad / Dusche (ein- und aussteigen) zu nehmen (Rücken- und Haarewaschen ausgenommen)?	___	___

Neue Kodierung für Spalte A:

- 0 unabhängig – keine Hilfe erforderlich
- 1 Aufsicht – Aufsicht / Überwachung reicht aus
- 2 begrenzte Hilfe – nur beim Ein- und Aussteigen
- 3 verstärkte Hilfe – beim Bade-/Duschvorgang
- 4 vollständig abhängig
- 8 traf nicht zu

3.6. Instrumentelle Aktivitäten des täglichen Lebens (IADL)

Telefon

- 1 Benutzt das Telefon aus eigener Initiative, wählt Nummern
- 1 Wählt einige bekannte Nummern
- 1 Nimmt ab, wählt nicht selbständig
- 0 Benutzt das Telefon überhaupt nicht

Einkaufen

- 1 Kauft selbständig die meisten benötigten Sachen ein
- 0 Tätigt wenige Einkäufe
- 0 Benötigt bei jedem Einkauf Begleitung
- 0 Unfähig zum Einkaufen

Kochen

- 1 Plant und kocht erforderliche Mahlzeiten selbständig
- 1 Bestellt erforderliche Mahlzeiten selbständig beim mobilen sozialen Dienst
- 0 Kocht selbständig, hält aber erforderliche Diät nicht ein
- 0 Benötigt vorbereitete und servierte Mahlzeiten

Haushalt

- 1 Führt Haushalt allein oder benötigt zeitweise Hilfe bei schweren Arbeiten
- 1 Führt selbständig kleine Hausarbeiten aus
- 1 Führt selbst kleine Hausarbeiten aus, kann Wohnungen aber nicht sauber halten
- 0 Benötigt Hilfe in allen Haushaltsverrichtungen
- 0 Nimmt an täglichen Verrichtungen im Haushalt nicht teil

Wäsche

- 1 Wäscht sämtliche Wäsche
- 1 Wäscht kleine Sachen
- 0 Wäsche muss auswärtig versorgt werden

Transportmittel

- 1 Benutzt öffentliche Transportmittel unabhängig / Taxi
- 1 Benutzt öffentliche Transportmittel in Begleitung
- 0 Beschränkte Fahrten im Taxi bzw. Auto nur in Begleitung
- 0 Reist überhaupt nicht

Medikamente

- 1 Nimmt Medikamente in genauer Dosierung und zum korrekten Zeitpunkt eigenverantwortlich
- 0 Nimmt vorbereitete Medikamente korrekt
- 0 Kann korrekte Einnahme von Medikamenten nicht handhaben

Geldhaushalt

- 1 regelt finanzielle Geschäfte selbständig
- 1 Erledigt täglich kleine Ausgaben, benötigt Hilfe bei Bankgeschäften
- 0 Ist nicht mehr fähig, selbständig mit Geld umzugehen

3.7. Wie leicht oder schwer gehen Ihnen die folgenden Alltagsverrichtungen von der Hand?

	sehr leicht	leicht	etwas schwer	schwer
Bewegen im Bett	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Transfer zwischen Einrichtungsgegenständen (zu Bett, Stuhl)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fortbewegen im Zimmer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fortbewegen auf dem eigenen Stockwerk	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fortbewegen außerhalb des eigenen Wohnbereichs	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
An- und Auskleiden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Essen / Trinken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Toilettenbenutzung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Persönliche Hygiene	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Baden / Duschen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3.8. Wie häufig in der Woche führen Sie folgende Freizeitbeschäftigungen durch?

Beschäftigung	Häufigkeit			
Spaziergehen (im Haus)	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Spaziergehen (außerhalb des Hauses)	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Gymnastik	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Kegeln	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Kartenspielen	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie

Handarbeiten	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Kulturveranstaltung besuchen	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Besuch von Seniorenveranstaltungen	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Andere _____	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie

3.9. Haben Sie das Gefühl, dass Sie sich durch die Gymnastik inzwischen besser bewegen können / beweglicher geworden sind?

- ☐ ja
 ☐ nein

3.10. Wobei stellen Sie die Verbesserungen fest?

3.11. Konnten Sie durch die Teilnahme an der Gymnastik neue Kontakte zu Mitbewohnern/Gruppenteilnehmern oder anderen Menschen knüpfen oder bestehende Verbindungen intensivieren?

- ☐ ja
 ☐ nein

3.12. Hat sich Ihre Stimmung seit Beginn der Gymnastik verändert?

- ☐ verbessert
☐ gleich geblieben
☐ verschlechtert

3.13. Was hat Ihnen an der Gymnastik besonders gut gefallen?

(Anregung: die Spiele, das Zusammensein mit den anderen, das Aufwärmen mit dem Marsch, die Übungen mit den Säckchen/Fußmanschetten, ich habe andere Bewohner kennen gelernt / neue Bekannte gewonnen, usw.)

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit



**PATRAS
Paderborner Trainingsstudie für Senioren**

Fragebogen für Altenheimbewohner (T1)

Seniorenheim _____

Datum:

1. Allgemeine Fragen

1.1. Name _____

1.2. Geschlecht ☐ weiblich ☐ männlich

1.3. Geburtsdatum __|__| __|__| __|__|

1.4. Familienstand

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|
| <input type="radio"/> verheiratet | <input type="radio"/> verwitwet |
| <input type="radio"/> geschieden | <input type="radio"/> ledig |
| <input type="radio"/> getrennt lebend | |

1.5. Haben Sie Kinder? Wie viele? _____ Kind(er)

1.6. Was war Ihr höchster erreichter Schulabschluss?

- | | |
|---|---|
| <input type="radio"/> Volksschule/Hauptschule | <input type="radio"/> Mittlere Reife |
| <input type="radio"/> Abitur | <input type="radio"/> keiner |
| <input type="radio"/> Hochschulabschluss | <input type="radio"/> anderer (Ausland) |

1.7. Ihr hauptsächlich ausgeübter Beruf war eine

- | | |
|--|--|
| <input type="radio"/> sitzende Tätigkeit | <input type="radio"/> leichte körperliche Arbeit |
| <input type="radio"/> schwere körperliche Arbeit | <input type="radio"/> Schwerstarbeit |

2. Fragen zu Ihrer Gesundheit

2.1. Wie würden Sie selbst Ihre Gesundheit zur Zeit einschätzen?

- | | |
|--------------------------------|---|
| <input type="radio"/> sehr gut | <input type="radio"/> weniger gut |
| <input type="radio"/> gut | <input type="radio"/> schlecht |
| <input type="radio"/> mittel | <input type="radio"/> weiß nicht/ keine Antwort |

2.2. Wie schätzen Sie Ihren Gesundheitszustand im Vergleich mit gleichaltrigen Personen ein?

- ☐ schlechter
- ☐ weiß es nicht
- ☐ gleich gut
- ☐ besser

2.3. Haben Sie das Gefühl, dass Sie in der letzten Zeit zu- oder abgenommen haben? Ist Ihnen Ihr Rock/Ihre Hose zu groß oder zu eng geworden?

- | | | |
|--|------------------------------------|---------------------------------------|
| <input type="radio"/> nein, ist gleich geblieben | | |
| <input type="radio"/> ich habe zugenommen | <input type="radio"/> mehr als 3kg | <input type="radio"/> weniger als 3kg |
| <input type="radio"/> ich habe abgenommen | <input type="radio"/> mehr als 3kg | <input type="radio"/> weniger als 3kg |
| <input type="radio"/> weiß nicht / keine Angabe | | |

2.4. Wie häufig haben Sie Schmerzen?

- ☐ kein Schmerz (=> weiter mit 2.6.)
- ☐ seltener als täglich
- ☐ täglich

2.5. Wie stark sind Ihre Schmerzen dann (Schmerzintensität)?

- ☐ leichter Schmerz
- ☐ mittlerer Schmerz
- ☐ Perioden mit unerträglichem Schmerz

2.6. Wo haben Sie Ihre Schmerzen (Lokalisierung)?

- ☐ Rückenschmerzen
- ☐ Knochenschmerzen
- ☐ Brustschmerzen bei gewohnter Aktivität
- ☐ Kopfschmerzen
- ☐ Hüftschmerzen
- ☐ Wundschmerzen
- ☐ Gelenkschmerzen (außer Hüftschmerzen)
- ☐ Muskelschmerzen (Läsions-, Gewebeschmerzen)
- ☐ Magenschmerzen

Sonstiges _____

2.7. Litten Sie in den letzten 7 Tagen an...

- | | | |
|------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Schwindel/Benommenheit | <input type="radio"/> nein | <input type="radio"/> ja |
| unsichere Gangart | <input type="radio"/> nein | <input type="radio"/> ja |

2.8. Benutzen Sie irgendwelche Sehhilfen?

[Brille, Kontaktlinsen, Linsenimplantat, Vergrößerungsglas (Lupe)]

- ☐ nein ☐ ja

2.9. Sehen (Sehfähigkeit bei guter Beleuchtung, falls nötig mit Brille/Sehhilfe) ____|

- 0 Sie sehen gut – Sie sehen kleine Details, einschließlich gewöhnlicher Druckbuchstaben in Zeitungen/Büchern
- 1 das Sehen ist beeinträchtigt – Sie sehen große Druckbuchstaben, jedoch keine gewöhnlichen
- 2 das Sehen ist stark beeinträchtigt – Sie sind unfähig, Zeitungsüberschriften zu lesen; können aber Gegenstände identifizieren
- 3 das Sehen ist sehr stark beeinträchtigt – die Identifizierung von Gegenständen ist fraglich, aber Sie können Gegenständen mit den Augenfolgen
- 4 das Sehen ist vollständig beeinträchtigt – Sie sind blind oder sehen lediglich Licht, Farben oder Umrisse

2.10. Rauchgewohnheiten: Sind Sie

- | | |
|--|---------------------------------------|
| <input type="radio"/> Raucher/in | <input type="radio"/> Nichtraucher/in |
| <input type="radio"/> ehemalige/r Raucher/in | <input type="radio"/> keine Angabe |

3. Fragen zu Ihrer Ernährung

3.1. Wie war Ihr Appetit in der letzten Zeit?

- ☐ sehr gut ☐ gut ☐ mäßig ☐ schlecht

3.2. Gibt es hierfür eine Erklärung?

3.3. Sind Sie beim Essen auf Hilfe angewiesen (z.B. beim Kleinschneiden) oder wird das Essen gereicht?

- ☐ ja, immer
☐ ja, teilweise
☐ nein, aber ich habe Schwierigkeiten beim Essen
☐ nein, ich habe auch keine Schwierigkeiten beim Essen
☐ weiß nicht / keine Angabe

3.4. In welcher Form nehmen Sie Ihre Nahrung gewöhnlich auf? (Mehrfachantworten möglich)

- | | |
|---|--------------------------------------|
| <input type="radio"/> normal zubereitet | |
| <input type="radio"/> klein geschnittene Kost | <input type="radio"/> Sondennahrung |
| <input type="radio"/> pürierte Kost | <input type="radio"/> Flüssignahrung |

3.5. Gibt es bestimmte Lebensmittel(-gruppen), die sie grundsätzlich nicht essen?

3.6. Glauben Sie, dass Sie gut ernährt sind?

- ☐ schwerwiegende Unter-/Mangelernährung
☐ weiß es nicht oder leichte Unter-/Mangelernährung
☐ gut genährt

3.7. Haben Sie Schluckbeschwerden beim Essen?

- ☐ ja, immer ☐ gelegentlich ☐ selten/nie

3.8. Haben Sie Schwierigkeiten beim Kauen?

- ☐ ja, immer ☐ gelegentlich ☐ selten/nie

3.9. Tragen Sie eine Zahn- oder Teilprothese?

- ☐ Zahnprothese
☐ Teilprothese
☐ nein

3.10. Haben Sie Schmerzen im Mund?

(z.B. durch Wunden, offene Stellen o.ä.)

- ☐ nein ☐ ja

3.11. Nehmen Sie Vitamin- und Mineralstoffpräparate oder Stärkungsmittel ein?

- ☐ ja
☐ nein
☐ weiß nicht / keine Antwort

4. Fragen zu Ihrer Beweglichkeit (Mobilität)

4.1. Wie leicht oder schwer gehen Ihnen folgende Alltagsverrichtungen von der Hand?

	sehr leicht	leicht	etwas schwer	schwer
Bewegen im Bett	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Transfer zwischen Einrichtungsgegenständen (zu Bett, Stuhl)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fortbewegen im Zimmer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fortbewegen auf dem eigenen Stockwerk	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fortbewegen außerhalb des eigenen Wohnbereichs	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
An- und Auskleiden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Essen / Trinken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Toilettenbenutzung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Persönliche Hygiene	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Baden / Duschen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4.2. Wie häufig in der Woche führen Sie folgende Freizeitbeschäftigungen durch?

Beschäftigung	Häufigkeit			
Spaziergehen (im Haus)	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Spaziergehen (außerhalb des Hauses)	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Gymnastik	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Kegeln	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Kartenspielen	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Handarbeiten	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Kulturveranstaltung besuchen	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Besuch von Senioren- veranstaltungen	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Andere _____	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie

4.3. Haben Sie früher aktiv Sport getrieben?

☐ ja ☐ nein

=> wenn ja, warum haben Sie damit aufgehört?

4.4. Waren Sie in einem Sportverein ein aktives Mitglied? In welchem?

4.5. Welche Sportart(en) haben Sie betrieben? Wieviele Jahre und wie häufig pro Woche?

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit !



**PATRAS
Paderborner Trainingsstudie für Senioren**

Fragebogen für Altenheimbewohner (T4)

Seniorenheim _____

Datum:

Name _____

1. Fragen zu Ihrer Gesundheit

1.1. Wie würden Sie selbst Ihre Gesundheit zurzeit einschätzen?

- | | |
|--------------------------------|---|
| <input type="radio"/> sehr gut | <input type="radio"/> weniger gut |
| <input type="radio"/> gut | <input type="radio"/> schlecht |
| <input type="radio"/> mittel | <input type="radio"/> weiß nicht/ keine Antwort |

1.2. Wie schätzen Sie Ihren Gesundheitszustand im Vergleich mit gleichaltrigen Personen ein?

- ☐ schlechter
- ☐ weiß es nicht
- ☐ gleich gut
- ☐ besser

1.3. Falls Sie vorher Schmerzen hatten, haben sich diese verändert?

- | | |
|--|--|
| <input type="radio"/> verbessert | |
| <input type="radio"/> gleich geblieben | <input type="radio"/> keine Schmerzen gehabt |
| <input type="radio"/> verschlechtert | |

2. Fragen zu Ihrer Ernährung

2.1. Wie war Ihr Appetit in der letzten Zeit?

- ☐ sehr gut ☐ gut ☐ mäßig ☐ schlecht

2.2. Gibt es hierfür eine Erklärung?

2.3. Hat sich der Appetit seit Beginn der Gymnastik verändert?

- ☐ verbessert
☐ gleich geblieben
☐ verschlechtert

2.4. Sind Sie beim Essen auf Hilfe angewiesen (z.B. beim Kleinschneiden) oder wird das Essen gereicht?

- ☐ ja, immer
☐ ja, teilweise
☐ nein, aber ich habe Schwierigkeiten beim Essen
☐ nein, ich habe auch keine Schwierigkeiten beim Essen
☐ weiß nicht / keine Angabe

2.5. In welcher Form nehmen Sie Ihre Nahrung gewöhnlich auf? (Mehrfachantworten möglich)

- | | |
|---|--------------------------------------|
| <input type="radio"/> normal zubereitet | <input type="radio"/> Sondennahrung |
| <input type="radio"/> klein geschnittene Kost | <input type="radio"/> Flüssignahrung |
| <input type="radio"/> pürierte Kost | |

2.6. Glauben Sie, dass Sie gut ernährt sind?

- ☐ schwerwiegende Unter-/Mangelernährung
☐ weiß es nicht oder leichte Unter-/Mangelernährung
☐ gut genährt

2.7. Haben Sie in der letzten Zeit Schluckbeschwerden beim Essen?

- ☐ ja, immer ☐ gelegentlich ☐ selten/nie

2.8. Haben Sie in der letzten Zeit Schwierigkeiten beim Kauen?

☐ ja, immer ☐ gelegentlich ☐ selten/nie

2.9. Haben Sie in der letzten Zeit Schmerzen im Mund?

(z.B. durch Wunden, offene Stellen o.a.)

☐ nein ☐ ja

2.10. Nehmen Sie Vitamin- und Mineralstoffpräparate oder Stärkungsmittel ein?

☐ ja
☐ nein
☐ weiß nicht / keine Antwort

3. Fragen zu Ihrer Beweglichkeit (Mobilität)

3.1. Wie leicht oder schwer gehen Ihnen folgende Alltagsverrichtungen von der Hand?

	sehr leicht	leicht	etwas schwer	schwer
Bewegen im Bett	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Transfer zwischen Einrichtungsgegenständen (zu Bett, Stuhl)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fortbewegen im Zimmer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fortbewegen auf dem eigenen Stockwerk	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fortbewegen außerhalb des eigenen Wohnbereichs	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
An- und Auskleiden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Essen / Trinken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Toilettenbenutzung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Persönliche Hygiene	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Baden / Duschen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3.2. Haben Sie das Gefühl, dass Sie sich durch die Gymnastik inzwischen besser bewegen können / beweglicher sind?

☐ ja ☐ nein

3.3. Wobei stellen Sie die Verbesserung fest?

(Intensiv nachfragen! Stichpunkte als Hilfestellung geben, z.B. „Ich kann besser/leichter vom Stuhl aufstehen“)

3.4. Konnten Sie durch die Gymnastik neue Kontakte zu Mitbewohnern/ Gruppenteilnehmern oder anderen Menschen knüpfen oder bereits bestehende Verbindung intensivieren?

- ☐ ja ☐ nein

3.5. Wie häufig in der Woche führen Sie folgende Freizeitbeschäftigungen durch?

Beschäftigung	Häufigkeit			
Spaziergehen (im Haus)	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Spaziergehen (außerhalb des Hauses)	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Gymnastik	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Kegeln	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Kartenspielen	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Handarbeiten	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie

Kulturveranstaltung besuchen	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Besuch von Senioren- veranstaltungen	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie
Andere _____	<input type="radio"/> mehrmals pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Woche wie lange?	<input type="radio"/> 1x pro Monat wie lange?	<input type="radio"/> selten / nie

3.6. Hat sich Ihre Stimmung seit Beginn der Gymnastik verändert?

- ☐ verbessert
- ☐ gleich geblieben
- ☐ verschlechtert

3.7. Was hat Ihnen an der Gymnastik besonders gut gefallen?

(Anregungen: die Spiele; das Zusammenspiel mit anderen; das Aufwärmen mit dem Marsch; die Übungen mit den Säckchen/ Fußmanschetten;...)

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit !



PATRAS
Paderborner Trainingsstudie für Senioren

Betreuer – Fragebogen (T1)

Seniorenheim _____

Datum:

1. Allgemeine Fragen

1.1 Name _____

1.2. Geschlecht ☐ weiblich ☐ männlich

1.3. Geburtsdatum __|__| __|__| __|__|__|__|

1.4. Einzugsdatum __|__| __|__| __|__|__|__|

1.5. Hausarzt (Tel.) _____

1.6. gesetzliche Betreuung liegt vor ☐ ja ☐ nein
(Name, Verwandtschaftsverhältnis, Adresse, Telefon-Nr.)

1.7. Pflegestufe

☐ keine ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

2. Fragen zur Gesundheit

2.1. Gewichtsverlust in den letzten 3 Monaten

- 0 Gewichtsverlust > 3 kg
- 1 weiß nicht
- 2 Gewichtsverlust zwischen 1 und 3 kg
- 3 kein Gewichtsverlust

2.2. Wie häufig hatte Frau/Herr _____ im letzten Jahr eine Infektion (z.B. Grippe, Erkältung)?

- ☐ keine Infektion
- ☐ 1 oder 2x
- ☐ häufiger

2.3. Wie viele Krankenhausaufnahmen mit Übernachtungen hatte Frau/Herr _____ in den letzten 3 Monaten?

___|___

2.4. Hatte Frau/Herr _____ eine akute Krankheit oder psychischen Stress während der letzten 3 Monate?

- ☐ nein
- ☐ ja

2.5. Psychische Situation

- 0 schwere Demenz
- 1 leichte Demenz oder Depression
- 2 keine Probleme

2.6. Hat Frau/Herr _____ Hautprobleme (Schorf oder Druckgeschwüre)?

- ☐ nein
- ☐ ja

2.7. Hat der Arzt bei Frau/Herrn ____ schon einmal eine der unten aufgeführten Erkrankungen festgestellt?

Diabetes mellitus (Zuckerkrankheit)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Hypertonie (Bluthochdruck)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Herzschwäche (Herzinsuffizienz)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Herzinfarkt	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Schlaganfall	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Bösartiger Tumor / Krebs	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Schilddrüsenüberfunktion (Hyperthyreose)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Schilddrüsenunterfunktion (Hypothyreose)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Erkrankungen der Atemwege (Bronchien)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Magen- oder Darmerkrankungen	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Welche? _____			
Nierenerkrankungen	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Leberkrankheiten	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Gelenkerkrankungen (Rheuma, Arthrose, Gicht)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Osteoporose (Knochenschwund)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Erhöhte Blutfettwerte	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Seelische Krankheiten (z.B. Depressionen)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Demenz	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Parkinson	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Augenerkrankungen	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> weiß nicht
Welche? _____			
Andere? _____			

2.8. Regelmäßige Medikamente laut Bewohnerakte (Dosis, Häufigkeit)?
(z.B. ASS 100, täglich, 1 Tablette)

2.9. Nimmt Frau/Herr _____ darüber hinaus noch irgendwelche Medikamente? Oder gibt es Medikamente, die sie/er seltener als einmal die Woche einnimmt?

Nur vom Interviewer auszufüllen:

Tage, an denen folgende Medikamente verabreicht wurden:

(Anzahl innerhalb der letzten 7 Tage eintragen; 0 = keine; 11 = Langzeitmedikation, die seltener als einmal pro Woche verabreicht wird)

Antipsychotika	____
Angstreduzierende Medikamente	____
Antidepressiva	____
Hypnotika	____
Diuretika	____

2.10. Erinnerungsfähigkeit

(alles ankreuzen, wozu er/sie innerhalb der letzten 7 Tage fähig war)

Jahreszeit angeben	<input type="radio"/>
Eigenes Zimmer finden	<input type="radio"/>
Namen/Gesichter der zuständigen Pflegeperson erinnern	<input type="radio"/>
Erkennen, daß er/sie sich in einer Institution befindet	<input type="radio"/>
nichts zutreffend	<input type="radio"/>

2.11. Stimmungslage und Verhalten –

Hinweise für Depressionen, Ängste und traurige Stimmungslage

Wie häufig war Frau/Herr _____ in den letzten 4 Wochen niedergeschlagen und traurig?

☐ nie
☐ 1 mal
☐ 2 mal
☐ 1-2 mal pro Woche
☐ täglich

2.12. Wie häufig hatte Frau/Herr _____ in den letzten 4 Wochen zu ihrer/seiner Familie, Verwandten, Freunden und Bekannten Kontakt?

☐ nie
☐ 1 mal
☐ 2 mal
☐ 1-2 mal pro Woche
☐ täglich

2.13. Schlafqualität

Leidet Frau/Herr _____ an Schlafstörungen oder hat sie/er die üblichen Schlafgewohnheiten geändert?

☐ nein ☐ ja

Ist Frau/Herr _____ nachts oft unruhig und geht umher?

☐ nein ☐ ja

Steht Frau/Herr _____ nachts auf, um zur Toilette zu gehen?

☐ nein ☐ ja

2.14. Wie gut kann Frau/Herr _____ hören (mit Hörhilfe, falls vorhanden)? _____

- 0 Hört gut – normale Gespräche, Fernseher, am Telefon
- 1 Leichte Schwierigkeiten in unruhiger Umgebung
- 2 Hört nur in besonderer Situation – wenn sich die Partner in Tonlage darauf einstellen und deutlicher sprechen
- 3 Stark beeinträchtigt – hört praktisch nichts

3. Fragen zur Ernährung

3.1. Hat Frau/Herr _____ einen verminderten Appetit? _____

Hat sie/er während der letzten Monate wegen Appetitverlusts, Verdauungsproblemen oder Schwierigkeiten beim Kauen oder Schlucken weniger gegessen (Anorexia)?

- 0 schwere Anorexia
- 1 leichte Anorexia
- 2 keine Anorexia

3.2. Wie viele Hauptmahlzeiten isst Frau/Herr _____ am Tag? _____ (Frühstück, Mittag- und Abendessen)

- 0 1 Mahlzeit
- 1 2 Mahlzeiten
- 2 3 Mahlzeiten

3.3. Lebensmittelauswahl: Isst Frau/Herr _____

- mindestens einmal pro Tag Milchprodukte? ☐ ja ☐ nein
- mindestens ein- bis zweimal pro Woche Hülsenfrüchte oder Eier? ☐ ja ☐ nein
- jeden Tag Fleisch, Fisch oder Geflügel? ☐ ja ☐ nein

3.4. Isst Frau/Herr _____ mindestens zweimal am Tag Obst oder Gemüse?

- ☐ nein ☐ ja

3.5. Wie viel trinkt Frau/Herr _____ pro Tag?

(Wasser, Kaffee, Saft, Tee, Wein, Bier, ...)

- ☐ weniger als 3 Gläser / Tassen
☐ 3 bis 5 Gläser / Tassen
☐ mehr als 5 Gläser / Tassen

3.6. Kann Frau/Herr _____ mit / ohne Hilfe essen?

____|

- 0 braucht Hilfe beim Essen
1 isst ohne Hilfe, aber mit Schwierigkeiten
2 isst ohne Hilfe, keine Schwierigkeiten

4. Fragen zur Beweglichkeit (Mobilität)

4.1. Hat Frau/Herr _____ Probleme mit den Beinen (Wunden am Fuß, Krampfadern, Arthrose, Knie- oder Hüftschmerzen), die die Beweglichkeit einschränken?

- ☐ ja, immer ☐ ja, gelegentlich ☐ nein ☐ weiß nicht

**4.2. Sind Ihnen Fußprobleme bekannt?
wenn ja, welche:**

- ☐ nein ☐ ja

- | | |
|-----------------------------|-----------------------|
| verhornte Stellen | <input type="radio"/> |
| Hallux valgus | <input type="radio"/> |
| Hammerzehen | <input type="radio"/> |
| Druckstellen/offene Stellen | <input type="radio"/> |
| Fußinfektionen | <input type="radio"/> |
| sonstiges | _____ |

4.3. Benutzte Frau/Herr _____ in den letzten 7 Tagen Geh- und Bewegungshilfen?

- ☐ Stock
- ☐ Rollator
- ☐ Rollstuhl (Handbetrieb)
- ☐ Rollstuhl (muss geschoben werden, Elektrobetrieb)
- ☐ ständig auf den Rollstuhl angewiesen
- ☐ nichts zutreffend

4.4. Wie häufig ist Frau/Herr _____ im letzten Jahr gestürzt?

- ☐ nicht gestürzt
- ☐ 1-3 mal
- ☐ häufiger als 3 mal

4.5. Körperliche Funktionsfähigkeit / ADL

A) ADL Leistungsfähigkeit

(durchschnittliche Eigenleistung/Selbstversorgung während der letzten 7 Tage)

0 = unabhängig – Keine Hilfe oder Überwachung oder Hilfe/Überwachung lediglich 1 bis 2x in den letzten 7 Tagen erforderlich

1 = Aufsicht – Überwachung, Anleitung, Ermutigung reichen aus und wurden 3 oder mehrmals während der letzten 7 Tage erforderlich, aber Überwachung und körperliche Hilfe nur 1-2 mal

2 = begrenzte Hilfe – beteiligt sich viel, erhält Unterstützung, um Beine gezielt zu bewegen oder musste 3x und öfter leicht gestützt werden; aber benötigte größere Hilfe nur 1 bis 2x in den letzten 7 Tagen

3 = verstärkte Hilfe – bei einzelnen Aktivitäten wurden während der letzten 7 Tage folgende Hilfen 3 oder mehrmals benötigt: starkes Stützen, vollständige Hilfe an einigen, aber nicht an allen der 7 Tage

4 = vollständige Abhängigkeit – vollständige Hilfe an allen 7 Tagen

8 = traf nicht zu

B) Unterstützung / Hilfe bei ADL-Leistungen

(nur mit Fremdhilfe)

- 0 weder Vorbereitung noch körperliche Hilfen werden gegeben
- 1 nur Vorbereitungen, keine körperlichen Hilfen
- 1a nur Aufsicht, keine körperlichen Hilfen
- 2 körperliche Hilfe nur durch eine Person
- 3 körperliche Hilfe durch 2 oder mehrere Personen
- 8 traf nicht zu

			A	B
a)	Bewegung im Bett	Hinlegen, Aufsitzen, Drehen, Lageveränderung	—	—
b)	Transfer	Zwischen Einrichtungsgegenständen (zu Bett, Stuhl, Rollstuhl) in aufrechter Position – ausgenommen Weg zur Toilette / zum Bad	—	—
c)	Gehen im Zimmer	Gehen im eigenen Zimmer	—	—
d)	Gehen (fortbewegen) auf dem eigenen Stockwerk	Gehen vom eigenen Zimmer auf den Korridor des Wohnbereichs bzw. zu anderen Räumen des Wohnbereichs; Selbständigkeit im Rollstuhl	—	—
e)	Gehen (fortbewegen) außerhalb des eigenen Wohnbereichs	Gehen zum Speisesaal, zu Gemeinschaftsräumen, außerhalb des Wohnbereichs; Selbständigkeit im Rollstuhl	—	—
f)	An- und Auskleiden	Straßenkleidung an- und ausziehen, zuknöpfen, Befestigung / Abnahme von Prothesen	—	—
g)	Essen / Trinken	Fähigkeit zu essen und zu trinken (abgesehen von Tischsitten), einschließlich Sonde und parenteraler Ernährung	—	—
h)	Toilettenbenutzung	Benutzung der Toilette (des Nachtstuhls, Urinals, Steckbeckens), hinsetzen und aufstehen, sich reinigen, Wechseln von Einlagen, Stoma / Katheter handhaben, anziehen	—	—
i)	Persönliche Hygiene	Fähigkeit, sich pflegen, kämmen, Zähne putzen, rasieren, schminken, Gesicht, Hände und Intimbereich waschen und abtrocknen zu können (ohne Baden und Duschen)	—	—
k)	Baden / Duschen	In welcher Weise ist der/die Bewohner(in) fähig, ein Vollbad / Sitzbad / Dusche (ein- und aussteigen) zu nehmen (Rücken- und Haarewaschen ausgenommen)?	—	—

Neue Kodierung für Spalte A:

- 0 unabhängig – keine Hilfe erforderlich
- 1 Aufsicht – Aufsicht / Überwachung reicht aus
- 2 begrenzte Hilfe – nur beim Ein- und Aussteigen
- 3 verstärkte Hilfe – beim Bade-/Duschvorgang
- 4 vollständig abhängig
- 8 traf nicht zu

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit



**PATRAS
Paderborner Trainingsstudie für Senioren**

Betreuer – Fragebogen (T4)

Seniorenheim _____

Datum:

Name _____

1. Allgemeine Fragen

1.1. Pflegestufe

- ☐ keine ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

2. Fragen zur Gesundheit

2.1. Gewichtsverlust in den letzten 3 Monaten _____

- 0 Gewichtsverlust > 3 kg
1 weiß nicht
2 Gewichtsverlust zwischen 1 und 3 kg
3 kein Gewichtsverlust

**2.2. Wie viele Krankenhausaufnahmen mit Übernachtungen hatte
Frau/Herr _____ in den letzten 3 Monaten?**

____|

**2.3. Hatte Frau/Herr _____ eine akute Krankheit oder psychischen Stress
während der letzten 3 Monate?**

- ☐ nein ☐ ja

2.4. Psychische Situation

—|

- 0 schwere Demenz
- 1 leichte Demenz oder Depression
- 2 keine Probleme

2.5. Hat Frau/Herr _____ Hautprobleme (Schorf oder Druckgeschwüre)?

- ☐ nein
- ☐ ja

2.6. Hat der Arzt bei Frau/Herrn _____ seit Trainingsbeginn eine neue Diagnose gestellt? Welche?

2.7. Hat sich seit Trainingsbeginn die Medikation von Frau/ Herrn _____ geändert? Neue Medikation:

**2.8. Stimmungslage und Verhalten –
Hinweise für Depressionen, Ängste und traurige Stimmungslage**

Wie häufig war Frau/Herr _____ in den letzten 4 Wochen niedergeschlagen und traurig?

- ☐ nie
- ☐ 1 mal
- ☐ 2 mal
- ☐ 1-2 mal pro Woche
- ☐ täglich

2.9. Wie häufig hatte Frau/Herr _____ in den letzten 4 Wochen zu ihrer/seiner Familie, Verwandten, Freunden und Bekannten Kontakt?

- ☐ nie
- ☐ 1 mal
- ☐ 2 mal
- ☐ 1-2 mal pro Woche
- ☐ täglich

2.10. Haben sich die Schlafgewohnheiten seit Trainingsbeginn verändert?

- ☐ verbessert
- ☐ gleich geblieben
- ☐ verschlechtert

2.11. Falls Frau/Herr _____ vorher Schmerzen hatte, haben sich diese verändert?

- ☐ verbessert
- ☐ gleich geblieben
- ☐ verschlechtert

3. Fragen zur Ernährung

3.1. Hat Frau/Herr _____ einen verminderten Appetit? _____
Hat sie/er während der letzten Monate wegen Appetit-
verlusts, Verdauungsproblemen oder Schwierigkeiten
beim Kauen oder Schlucken weniger gegessen (Anorexia)?

- 0 schwere Anorexia
- 1 leichte Anorexia
- 2 keine Anorexia

3.2. Lebensmittelauswahl: Isst Frau/Herr _____

- mindestens einmal pro Tag Milchprodukte? ☐ ja ☐ nein
- mindestens ein- bis zweimal pro Woche ☐ ja ☐ nein
Hülsenfrüchte oder Eier?
- jeden Tag Fleisch, Fisch oder Geflügel? ☐ ja ☐ nein

3.3. Isst Frau/Herr _____ mindestens zweimal am Tag Obst oder Gemüse?

- ☐ nein ☐ ja

3.4. Wie viel trinkt Frau/Herr _____ pro Tag?
(Wasser, Kaffee, Saft, Tee, Wein, Bier, ...)

- ☐ weniger als 3 Gläser / Tassen
- ☐ 3 bis 5 Gläser / Tassen
- ☐ mehr als 5 Gläser / Tassen

3.5. Kann Frau/Herr _____ mit / ohne Hilfe essen? _____

- 0 braucht Hilfe beim Essen
- 1 isst ohne Hilfe, aber mit Schwierigkeiten
- 2 isst ohne Hilfe, keine Schwierigkeiten

3.6. Hat sich der Appetit von Frau/Herrn _____ seit Beginn der Gymnastik verändert?

- ☐ verbessert
- ☐ gleich geblieben
- ☐ verschlechtert

4. Fragen zur Beweglichkeit (Mobilität)

4.1. Hat Frau/Herr _____ Probleme mit den Beinen (Wunden am Fuß, Krampfadern, Arthrose, Knie- oder Hüftschmerzen), die die Beweglichkeit einschränken?

- ☐ ja, immer ☐ ja, gelegentlich ☐ nein ☐ weiß nicht

4.2. Sind Ihnen Fußprobleme bekannt? ☐ nein ☐ ja
wenn ja, welche:

- | | |
|-----------------------------|-----------------------|
| verhornte Stellen | <input type="radio"/> |
| Hallux valgus | <input type="radio"/> |
| Hammerzehen | <input type="radio"/> |
| Druckstellen/offene Stellen | <input type="radio"/> |
| Fußinfektionen | <input type="radio"/> |
| sonstiges | <input type="text"/> |

4.3. Benutzte Frau/Herr _____ in der letzten Zeit Geh- und Bewegungshilfen?

- ☐ Stock
- ☐ Rollator
- ☐ Rollstuhl (Handbetrieb)
- ☐ Rollstuhl (muss geschoben werden, Elektrobetrieb)
- ☐ ständig auf den Rollstuhl angewiesen
- ☐ nichts zutreffend

4.4. Wie häufig ist Frau/Herr _____ seit Trainingsbeginn gestürzt?

- ☐ nicht gestürzt
- ☐ 1-3 mal
- ☐ häufiger als 3 mal

4.5. Haben Sie das Gefühl, dass Frau/Herr ____ sich durch die Gymnastik besser bewegen kann / beweglicher ist?

- ☐ nein ☐ ja

4.6. Wobei haben Sie die Verbesserung festgestellt?

4.7. Konnte Frau/Herr ____ durch die Gymnastik neue Kontakte zu Mitbewohnern/Gruppenteilnehmern oder anderen Menschen knüpfen oder bereits bestehende Verbindungen intensivieren?

- ☐ nein ☐ ja

4.8. Hat sich die Stimmung bei Frau/Herrn ____ seit Beginn der Gymnastik verändert?

- ☐ verbessert
☐ gleich geblieben
☐ verschlechtert

4.9. Körperliche Funktionsfähigkeit / ADL

A) ADL Leistungsfähigkeit

(durchschnittliche Eigenleistung/Selbstversorgung während der letzten 7 Tage)

0 = unabhängig – Keine Hilfe oder Überwachung oder Hilfe/Überwachung lediglich 1 bis 2x in den letzten 7 Tagen erforderlich

1 = Aufsicht – Überwachung, Anleitung, Ermutigung reichen aus und wurden 3 oder mehrmals während der letzten 7 Tage erforderlich, aber Überwachung und körperliche Hilfe nur 1-2 mal

2 = begrenzte Hilfe – beteiligt sich viel, erhält Unterstützung, um Beine gezielt zu bewegen oder musste 3x und öfter leicht gestützt werden; aber benötigte größere Hilfe nur 1 bis 2x in den letzten 7 Tagen

3 = verstärkte Hilfe – bei einzelnen Aktivitäten wurden während der letzten 7 Tage folgende Hilfen 3 oder mehrmals benötigt: starkes Stützen, vollständige Hilfe an einigen, aber nicht an allen der 7 Tage

4 = vollständige Abhängigkeit – vollständige Hilfe an allen 7 Tagen

8 = traf nicht zu

B) Unterstützung / Hilfe bei ADL-Leistungen

(nur mit Fremdhilfe)

0 weder Vorbereitung noch körperliche Hilfen werden gegeben

1 nur Vorbereitungen, keine körperlichen Hilfen

1a nur Aufsicht, keine körperlichen Hilfen

2 körperliche Hilfe nur durch eine Person

3 körperliche Hilfe durch 2 oder mehrere Personen

8 traf nicht zu

			A	B
a)	Bewegung im Bett	Hinlegen, Aufsitzen, Drehen, Lageveränderung	—	—
b)	Transfer	Zwischen Einrichtungsgegenständen (zu Bett, Stuhl, Rollstuhl) in aufrechter Position – ausgenommen Weg zur Toilette / zum Bad	—	—
c)	Gehen im Zimmer	Gehen im eigenen Zimmer	—	—
d)	Gehen (fortbewegen) auf dem eigenen Stockwerk	Gehen vom eigenen Zimmer auf den Korridor des Wohnbereichs bzw. zu anderen Räumen des Wohnbereichs; Selbständigkeit im Rollstuhl	—	—
e)	Gehen (fortbewegen) außerhalb des eigenen Wohnbereichs	Gehen zum Speisesaal, zu Gemeinschaftsräumen, außerhalb des Wohnbereichs; Selbständigkeit im Rollstuhl	—	—
f)	An- und Auskleiden	Straßenkleidung an- und ausziehen, zuknöpfen, Befestigung / Abnahme von Prothesen	—	—
g)	Essen / Trinken	Fähigkeit zu essen und zu trinken (abgesehen von Tischsitten), einschließlich Sonde und parenteraler Ernährung	—	—
h)	Toilettenbenutzung	Benutzung der Toilette (des Nachtstuhls, Urinals, Steckbeckens), hinsetzen und aufstehen, sich reinigen, Wechseln von Einlagen, Stoma / Katheter handhaben, anziehen	—	—
i)	Persönliche Hygiene	Fähigkeit, sich pflegen, kämmen, Zähne putzen, rasieren, schminken, Gesicht, Hände und Intimbereich waschen und abtrocknen zu können (ohne Baden und Duschen)	—	—
k)	Baden / Duschen	In welcher Weise ist der/die Bewohner(in) fähig, ein Vollbad / Sitzbad / Dusche (ein- und aussteigen) zu nehmen (Rücken- und Haarewaschen ausgenommen)?	—	—

Neue Kodierung für Spalte A:

- 0 unabhängig – keine Hilfe erforderlich
- 1 Aufsicht – Aufsicht / Überwachung reicht aus
- 2 begrenzte Hilfe – nur beim Ein- und Aussteigen
- 3 verstärkte Hilfe – beim Bade-/Duschvorgang
- 4 vollständig abhängig
- 8 traf nicht zu

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit

Publikationen

Aus dem Inhalt der vorliegenden Arbeit wurden bislang Daten in Abhandlungen folgender Quellen publiziert:

- Möllenhoff H., Weiß M., Hesecker H. (2005): Muskelkräftigung für Senioren. Ein Trainingsprogramm zum Erhalt und zur Verbesserung der Mobilität. Behr's Verlag, Hamburg.
- Möllenhoff H., Schmid A., Weiß M., Hesecker H. (2003). Entwicklung und Evaluation eines Muskelkräftigungsprogramms für Hochbetagte. Posterbeitrag 38. Kongress für Sportmedizin und Prävention 24.-27. Sept. 2003. In: Badtke G., Bittmann F., Böning D., Kittel R., Dtsch. Z. Sportmed., 54 Sonderheft (7-8).
- Möllenhoff H., Schmid A., Weiß M., Hesecker H. (2003): Entwicklung und Evaluation eines Muskelkräftigungsprogramms für Hochbetagte. Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung: Fachheftreihe Forschung und Praxis der Gesundheitsförderung (9).