

**Diplomarbeit**

**Krafttraining als Sturzprophylaxe bei Patienten im  
höheren Lebensalter unter der besonderen  
Berücksichtigung der Schnellkraft**

eingereicht von

**Martin Göttfried**

Mat.Nr.: 0211029

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde**

**(Dr. med. univ.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt an der

**Universitätsklinik für Unfallchirurgie**

unter der Anleitung von

**ao. Univ. Prof. Mag. Dr. Franz Josef Seibert**

Datum der Einreichung: Jänner 2009

### *Eidesstattliche Erklärung*

*Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwende habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.*

*Graz, im Jänner 2009*

*Martin Göttfried*

### *Gleichheitsgrundsatz*

*Um nicht den Lesefluss durch eine ständige Nennung beider Geschlechter zu stören, wird entweder eine geschlechtsneutrale Formulierung verwendet oder es wird je nur eines der beiden Geschlechter angegeben. Im letzteren Fall sind selbstverständlich immer beide Geschlechter gemeint.*

### *Autorenerklärung*

*Der Autor erklärt, dass er keine finanziellen Verbindungen mit einer Firma hat, deren Produkt in dieser Arbeit eine wichtige Rolle spielt (oder mit einer Firma, die ein Konkurrenzprodukt vertreibt).*



## Danksagungen

An erster Stelle möchte ich mich bei Herrn Univ. Prof. Mag. Dr. Franz Josef Seibert für die Betreuung und für die Möglichkeit dieses interessante Thema bearbeiten zu dürfen, bedanken.

Mein Dank gilt auch Prim. Univ. Doz. Dr. Thomas Bochsansky für die Beantwortung meiner Fragen.

Ein weiteres Dankeschön geht an meine Familie, insbesondere an Michi für ihren Rückhalt in vielerlei Hinsicht.

Ein besonderer Dank und die Widmung dieser Arbeit gelten meiner Mutter, die mich in allen Lebenslagen fortwährend unterstützt.

## Zusammenfassung

**Einleitung:** Stürze im höheren Lebensalter ziehen nicht nur weitreichende physische und psychische Konsequenzen für die betroffenen Personen nach sich, sondern stellen aus sozioökonomischer Sicht auch eine erhebliche finanzielle Belastung für das Gesundheitssystem dar. Auf Grund der demographischen Entwicklung in Österreich und in den westlichen Industrieländern kann bei Ausbleiben von geeigneten Präventionsmaßnahmen von einer zukünftigen Zunahme an sturzbedingten Verletzungen ausgegangen werden.

Ursachen für Stürze im Alter sind in erster Linie auf strukturelle Veränderungen im neuro-muskulären System, welche im Rahmen des Alterungsprozesses entstehen, zurückzuführen. In zahlreichen Studien konnte jedoch gezeigt werden, dass ein Erhalt und eine Wiederherstellung neuro-muskulärer Strukturen und Leistungen mittels körperlichen Trainings auch im hohen Alter gegeben ist.

Ziel der Arbeit war es daher einen geeigneten Trainingsplan hinsichtlich eines Sturzpräventionsprogrammes, aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse zu dieser Thematik, zu erstellen. Ein weiterer Teil der Arbeit beschäftigte sich mit der Häufigkeit sturzbedingter Verletzungen im Verlauf der letzten 10 Jahre am LKH Graz.

**Material und Methoden:** Eine Literaturrecherche anhand von elektronischen Datenbanken (PubMed, Medline, cochrane library), Online-Bibliothekskatalogen (medizinische Universitätsbibliothek Graz, Institutsbibliothek für Sportwissenschaften, Fernleihen), relevanten Internetseiten und elektronischen Fachzeitschriften.

Des Weiteren eine statistische Auswertung ambulanter Befunde der letzten 10 Jahre an der Universitätsklinik für Unfallchirurgie am LKH Graz auf sturzbedingte Frakturen im Bereich des proximalen Humerus, Radius und speziell des Schenkelhalses bei Personen über dem 60. Lebensjahr.

**Ergebnis/Conclusio:** Ein hochintensives, progressives, explosives Schnellkrafttraining in Kombination mit einem progressiven Balancetraining scheint den größten Nutzen hinsichtlich eines Sturzpräventionsprogrammes bei Patienten im höheren Lebensalter zu versprechen.

## Abstract

**Introduction:** Falls in high age is often not only a reason for psychological and physiological problems of the victims but also a financial burden for the health care system of the country. Due to the demographic development in Austria and other Western industrialised countries it can be expected that the number of falls will rise if prevention measures are not taken.

Reasons for falls among elderly people are the structural transformations of the neuro-muscular structure in the body related to senescence. However, surveys have shown that preservation and regeneration of neuro-muscular structures is possible by means of physical training even in high age.

The aim of this thesis is to create a training plan which serves as a fall-prevention-programme. This programme is based on empiric and scientific research. Further, the thesis analyses the frequency of injuries caused by fall in the last 10 years registered in the hospital (LKH) in Graz.

**Material and methods:** Online research (PubMed, Medline, cochrane library), online library catalogues (library of the medical university Graz, faculty library of sport science, inter-library loan), electronical journals and other relevant web-pages.

Furthermore, an analysis and interpretation of reports was done on ambulatory treatment of the last 10 years at the university hospital in Graz. The reports tell about fractures caused by falls. These could be fractures of the proximal humerus, distal radius and especially of the femoral neck of people over 60 years.

**Results/Conclusion:** A high-intensive, progressive, explosive power training in combination with progressive balance training appears to be the most effective method for fall prevention for people in high age.

# Inhaltsverzeichnis

DANKSAGUNGEN.....	IV
ZUSAMMENFASSUNG.....	V
ABSTRACT .....	VI
INHALTSVERZEICHNIS .....	VII
GLOSSAR UND ABKÜRZUNGEN .....	IX
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	X
TABELLENVERZEICHNIS .....	XI
<b>1 EINLEITUNG.....</b>	<b>1</b>
1.1 DEFINITION ALTER - „WER IST ALT?“.....	1
1.2 DEMOGRAPHISCHE ENTWICKLUNG ÖSTERREICHS .....	1
1.3 STÜRZE.....	3
1.3.1 Sturzdefinition.....	3
1.3.2 Epidemiologie der Stürze.....	4
1.3.3 Risikofaktoren und Sturzursachen .....	5
1.3.4 Sturzfolgen.....	8
1.4 NEUROMUSKULÄRE GRUNDLAGEN.....	11
1.4.1 Skelettmuskelfasertypen.....	11
1.4.2 Motorische Einheit .....	12
1.4.3 Sensomotorisches System im Überblick .....	13
1.4.4 Arten der Kraft.....	18
<b>2 MATERIAL UND METHODEN: LITERATURRECHERCHE.....</b>	<b>23</b>
2.1 LITERATURÜBERSICHT KRAFTVERLUST IM ALTER .....	23
2.1.1 Sarkopenie und Folgen.....	23
2.1.2 Sarkopenie als Risikofaktor für Stürze .....	25
2.1.3 Auswirkungen des Alterns auf die Schnellkraftfähigkeit und das Reflexverhalten .....	25
2.2 LITERATURÜBERSICHT ZU DEN AUSWIRKUNGEN VON KRAFTTRAINING IM ALTER... 29	
2.2.1 Krafttraining im Alter.....	29
2.2.2 Krafttraining als Prävention von Stürzen.....	33
2.2.3 Exzentrisches Krafttraining als Sturzprävention.....	38
2.2.4 Krafttraining und Schnellkraftfähigkeit als Prävention von Stürzen .....	39
<b>3 MATERIAL UND METHODEN: STATISTIK LKH GRAZ .....</b>	<b>50</b>
3.1 ANZAHL STURZBEDINGTER VERLETZUNGEN .....	51
3.2 BEVÖLKERUNGSSTRUKTUR DER STEIERMARK.....	52
3.3 STURZBEDINGTE FRAKTUREN: „LOCO TYPICO“ .....	53
3.4 GESCHLECHTERVERTEILUNG .....	56
<b>4 ERGEBNISSE.....</b>	<b>57</b>
4.1 KOMPONENTEN DES TRAININGSPLANS .....	57
4.2 HÄUFIGKEIT UND DAUER .....	60
4.3 ÜBUNGEN UND INTENSITÄT .....	61
4.4 TRAININGSPLÄNE .....	65
4.4.1 Otago-Balancetraining.....	65

4.4.2	<i>Schnellkrafttraining</i> .....	68
<b>5</b>	<b>DISKUSSION</b> .....	<b>71</b>
5.1	DISKUSSION DER METHODEN .....	71
5.2	DISKUSSION DER ERGEBNISSE .....	73
<b>6</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>76</b>
<b>7</b>	<b>ANHANG:</b> .....	<b>80</b>
7.1	ICD 10 CODES.....	80
<b>8</b>	<b>LEBENS LAUF</b> .....	<b>82</b>

## Glossar und Abkürzungen

<b>ADL</b>	activities of daily living
<b>BMI</b>	body mass index
<b>countermovement jump</b>	Der Counter-Movement-Jump, ein Sprung aus der Grundstellung mit Ausholbewegung nach unten, ist eine Sprungform zum Testen der konzentrischen Kraftfähigkeit der Sprungmuskulatur. Die Ausholbewegung und die damit erzeugte Vorspannung in der Sprungmuskulatur führt im unteren Umkehrpunkt der Bewegung bereits zu einer positiven Kraft, die größer ist als die Kraft durch das eigene Körpergewicht (biomechanisches Prinzip der Anfangskraft). In der Regel ist die Sprunghöhe größer als die Sprunghöhe beim Squat Jump. Ausholgeschwindigkeit und Beugetiefe beeinflussen das Ergebnis. Individuell optimale Ausholgeschwindigkeit und Beugetiefe maximieren die Sprunghöhe.
<b>Explosivkraft</b>	Größter Anstieg im Kraft-Zweitverlauf, das Produkt von Kraft und Geschwindigkeit, welche in den ersten 0,3sec der Bewegung produziert wird
<b>Intermuskuläre Koordination</b>	Koordination zwischen Muskeln, die bei einer Bewegung zusammenarbeiten
<b>Intramuskuläre Koordination</b>	Koordination innerhalb eines Muskels
<b>M.</b>	musculus
<b>Mio.</b>	Millionen
<b>Posturale Kontrolle</b>	Als posturale Kontrolle wird das Vermögen des menschlichen Körpers bezeichnet, unter dem Einfluss der Schwerkraft eine aufrechte Körperposition beizubehalten.
<b>1RM</b>	one repetition maximum
<b>sensomotorisches Training</b>	Gleichgewichtstraining
<b>WH</b>	Wiederholung

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Bevölkerungspyramide zitiert nach (Hanika, 2007) Quelle: Statistik Austria.....	2
Abbildung 2 Ursache - Wirkungsmodell von Stürzen: modifiziert nach Spirduso (1995) zitiert nach Granacher (2003).....	7
Abbildung 3 Die motorische Einheit zitiert nach Brooks u.a. (2000) modifiziert nach Granacher 2003.....	13
Abbildung 4 Das sensomotorische System zitiert nach Granacher 2003 .....	14
Abbildung 5 Die drei Hauptformen der Kraft zitiert nach (Weineck, 2000) .....	18
Abbildung 6 Graphische Darstellung der Abhängigkeit zwischen Lastgröße und Wiederholungszahl (nach Zaziorski/Wolkow/Kulik in Matwejew 1981, 52) zitiert nach (Weineck, 2000) .....	22
Abbildung 7 Darstellung des Kraft-Zeit-Verlaufs. Gezeigt wird die jährliche Reduktion der Maximalkraft und der Explosivkraft ab dem 65. Lebensjahr. Übernommen von Granacher et al., 2005 .....	26
Abbildung 8 Altersbedingte Veränderungen im sensomotorischem System übernommen von Granacher et al., 2005.....	28
Abbildung 9 Geschlechterverteilung sturzbedingter Verletzungen.....	56
Abbildung 10 Nintendo Wii balance board Quelle: www.nintendo.com.....	73
Abbildung 11 Balanceübungen mittels Nintendo Wii balance board Quelle: <a href="http://cee.de/category/entertainment/spiele/wii/page/2/">http://cee.de/category/entertainment/spiele/wii/page/2/</a> .....	74
Abbildung 12 basic operations for the wii balance board Quelle: www.nintendo.com.....	74

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Definitionen des Alterns der WHO zitiert nach (Nigg and Steidl, 2005).....	1
Tabelle 2 Anzahl sturzbedingter Verletzungen *ICD-10 Codes, siehe Anhang; ** Stand 15.8.2008 .....	51
Tabelle 3 Bevölkerungsstruktur der Steiermark Quelle der Daten: steirische Statistiken, Heft 1/2008 (Mayer, 2008) .....	52
Tabelle 4 Prognose Bevölkerungsstruktur der Steiermark: Quelle der Daten: steirische Statistiken, Heft 1/2008 (Mayer, 2008) .....	53
Tabelle 5 sturzbedingte Frakturen "loco typico" am LKH Graz im Verlauf der letzten 10 Jahre *Stand 15.8.2008.....	54
Tabelle 6 mediale vs. pertrochantäre Schenkelhalsfrakturen I *Stand 15.8.2008 .....	55
Tabelle 7 mediale vs. pertrochantäre Schenkelhalsfrakturen II *Stand 15.8.2008 .....	55
Tabelle 8 Trainingsprogramm: Otago Balancetraining (Campbell and Robertson, 2003) Quelle der Illustrationen: mit freundlicher Genehmigung von Accident Compensation Corporation, New Zealand .....	67
Tabelle 9 Trainingsprogramm: Schnellkrafttraining Quelle der Illustrationen: mit freundlicher Genehmigung von Kieser Training AG .....	70

# 1 Einleitung

## 1.1 Definition Alter - „Wer ist alt?“

Der Begriff „Altern“ kann nicht anhand eines einzelnen Kriteriums (kalendarisches Alter, Austritt aus der Erwerbstätigkeit, biologische Faktoren) festgemacht werden. Vielmehr gibt es unterschiedliche Ansätze, Theorien und Meinungen, wann „Altern“ eigentlich beginnt, beziehungsweise wodurch „Altern“ bedingt ist. Da sich die vorliegende Arbeit mit Personen im höheren Lebensalter befasst, möchte ich trotz der vielen unterschiedlichen Definitionen von dem Begriff „Altern“, mich auf eine häufig verwendete Einteilung, welche von dem Wiener Soziologen Leopold Rosenmayr vorgeschlagen und auch von der WHO verwendet wird, bedienen.

<b>Kalendarisches Alter</b>	<b>Bezeichnung</b>
60 – 75 Jahre	älterer Mensch
75 – 90 Jahre	alter Mensch
90- 100 Jahre	hochbetagter /sehr alter Mensch
Über 100 Jahre	Langlebige

Tabelle 1 Definitionen des Alterns der WHO zitiert nach (Nigg and Steidl, 2005)

## 1.2 Demographische Entwicklung Österreichs

In den kommenden Jahren wird es in Österreich, wie in den übrigen industrialisierten Ländern, zu einem Bevölkerungswachstum und einer dramatischen Änderung der Altersstruktur kommen.

Laut Statistik Austria wird die Zahl der über 60-Jährigen in den nächsten Jahrzehnten um 80% steigen. Gleichzeitig wird ein Rückgang von Kindern und Jugendlichen im Alter von unter 15 Jahren von 1,3 Millionen (Stand 2008) auf 1,21 Millionen (2015), das entspricht einem Rückgang von sieben Prozent, prognostiziert. Die zukünftigen Zuwächse bei den über 60-jährigen Personen werden auf die Baby-Boom-Jahrgänge 1950 bzw. 1960 zurückgeführt.

Aufgrund der steigenden Lebenserwartung und angesichts des Übergangs, der gegenwärtig 60-Jährigen ins höhere Lebensalter, werden in Zukunft mehr Menschen als in der vergangenen Zeit ein höheres Lebensalter erreichen. (Hanika, 2007)

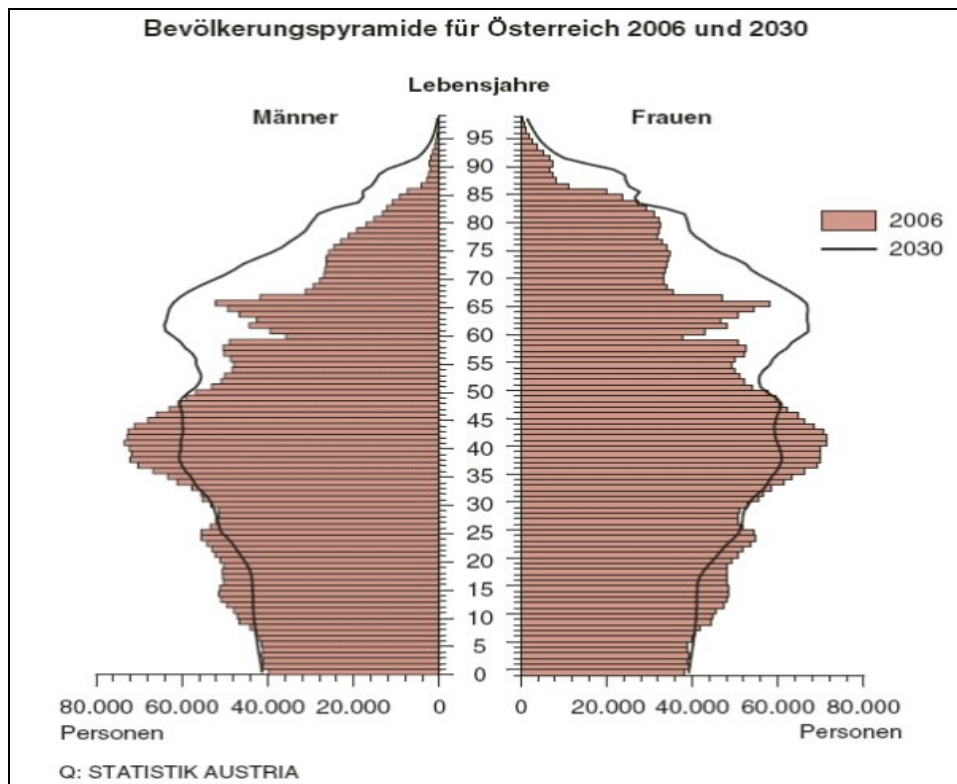


Abbildung 1 Bevölkerungspyramide zitiert nach (Hanika, 2007)  
Quelle: Statistik Austria

Infolgedessen wird sich die Anzahl der über 60-Jährigen innerhalb von 2006 bis 2015 um 14%, das heißt auf 2,07 Millionen Menschen erhöhen. Für 2030 wird ein Anstieg von 55% (2,81 Mio.) und für 2050 sogar eine Steigerung von 79% (3,26 Mio.) erwartet.

Das bedeutet, dass aktuell jeder 5. Österreicher über 60 Jahre alt ist und es 2020 bereits jeder 4. Österreicher sein wird. Auf lange Sicht gesehen wird jeder 3. Österreicher über 60 Jahre alt sein.

Auch die Zahl der über 75-jährigen Personen wird sich bis 2030 von 647.000 Menschen (Stand 2006) auf 1,02 Mio. erhöhen (+58%). Bis 2050 wird mit einer weiteren Steigerung auf 1,60 Mio. (+147%) gerechnet. (Hanika, 2007)

Diese Änderung der Bevölkerungsstruktur bringt erhebliche volkswirtschaftliche und gesellschaftspolitische Probleme mit sich. Die Änderung der Altersstruktur

führt vor allem zu Problemen im Bereich des Gesundheitssystems und dessen Finanzierung.

## **1.3 Stürze**

### **1.3.1 Sturzdefinition**

Da sich die vorliegende Arbeit mit Stürzen und deren Prävention beschäftigt, ist es von Nöten, den Begriff Sturz zu definieren.

Hauer et al. führten dazu eine systematische Überprüfung (Cochran Review) von 90 Publikationen, welche sich mit der Thematik Sturzprävention befassten, durch. Ziel dieser Studie war es, einer einheitlichen Definition von dem Begriff Sturz auf den Grund zu gehen. (2006)

Es zeigte sich, dass bei 44 Studien keine Definition von dem Begriff Sturz vorausgesetzt worden war. In den restlichen Publikationen fanden sich wesentliche Unterschiede in der Definition und den Methoden, Stürze zu messen beziehungsweise zu definieren.

Die häufigsten Zitate über die Definition von Stürzen entstammten aus der kellogg working group sowie der FICSIT collaboration-Studie. Autoren änderten aber häufig die dortigen originalen Definitionen um oder verwendeten unterschiedliche Definitionen, ohne dies mit Verweisen zu versehen.

Die einzige homogene Komponente, die in den Publikationen gefunden wurde, war, dass eine Person auf einer tieferen Ebene zu Ruhe kommen muss. (Hauer et al., 2006)

Basierend auf dieser wissenschaftlich fundierten Erkenntnis möchte ich für die vorliegende Arbeit eine Definition gebrauchen, die dieser Erkenntnis gerecht wird und auch häufig in der geriatrischen Sturzforschung verwendet wird.

*„Als Sturz wird jedes Ereignis bezeichnet, bei dem ein Patient unkontrolliert auf eine tiefere Ebene herabfällt“ (Runge and Rehfeld, 2001, S.24)*

### 1.3.2 Epidemiologie der Stürze

Über die genaue Anzahl von Sturzereignissen kann nur schwer Auskunft gegeben werden, da ältere Personen Stürze oft verheimlichen und diese somit statistisch nicht erfasst werden können. Dadurch entsteht eine unbekannte Dunkelziffer. Ein Grund für das Verschweigen von Sturzereignissen bei älteren Menschen liegt oft darin, dass dieses Ereignis aus Scham oder aus Angst vor einer Einweisung in eine stationäre Altenpflegeeinrichtung geschieht. (Pierobon and Funk, 2007)

Des Weiteren kommt es, wie oben erwähnt, durch unterschiedliche Definitionen und Messmethoden von Stürzen zu einer erschwerten Vergleichbarkeit von Daten. (Hauer et al., 2006)

Ungeachtet dessen kann anhand von Daten aus Studien und Statistiken [vgl. (Pierobon and Funk, 2007; Todd and Skelton, 2004)] das Ausmaß der Sturzproblematik vor Augen geführt werden.

- 30 % der Personen über 65 und 50% der Personen über 80 Jahre erleiden jährlich einen Sturz.
- Ältere Personen, die einen Sturz in der Anamnese angeben, haben ein zwei bis dreifach erhöhtes Risiko einen erneuten Sturz innerhalb eines Jahres zu erleiden.
- Zwanzig bis dreißig Prozent der Gestürzten erleiden Verletzungen, welche die Mobilität und Unabhängigkeit der Person reduzieren und das Risiko für einen vorzeitigen Tod erhöht.
- Ältere Personen werden wegen sturzbedingten Verletzungen fünfmal häufiger hospitalisiert als sie für Verletzungen mit anderen Ursachen eingeliefert werden. Stürze sind die Hauptursache von verletzungsbedingten Todesfällen bei Personen von 60 Jahren und älter; die Hälfte der Stürze ereignen sich im Eigenheim.
- Für Frauen über 55 und Männer über 65 Jahren nimmt die altersspezifische Todes-, und Krankenhauseinweisungsrate für Verletzungen mit dem Alter exponentiell zu. Mehr als ein Drittel aller Frauen erleiden einen durch Osteoporose bedingten Bruch in ihrem Leben, wobei die Mehrzahl dieser Fälle durch einen Sturz bedingt ist.

(Pierobon and Funk, 2007; Todd and Skelton, 2004)

Bei Personen in stationären Altenpflegeeinrichtungen ist die Anzahl an Stürzen auf Grund von Mehrfachstürzen pro Bewohner wesentlich höher. (1400 Stürze pro 1000 Bewohner pro Jahr)

Eine noch häufigere Anzahl von Stürzen lässt sich bei Personen finden, welche vorübergehend in Krankenhäusern oder Rehabilitationseinrichtungen untergebracht sind. (1600 Stürze pro 1000 Patienten pro Jahr)

(Pierobon and Funk, 2007)

### **1.3.3 Risikofaktoren und Sturzursachen**

Sturzursachen bzw. Sturzrisikofaktoren werden in der Literatur einheitlich in interne (physiologische) beziehungsweise in externe (physikalische) Faktoren unterteilt. (Tideiksaar, 2000; Tragl, 1991; American Geriatrics Society, 2001; Nigg and Steidl, 2005)

Zu den internen Faktoren werden folgende gezählt:

- Nachlassender Gleichgewichtssinn
- Veränderung des Gangbildes
- Muskelatrophie vor allem der unteren Extremität
- Verschlechterung des Sehvermögens
- Nachlassendes Gehör
- Funktionelle und kognitive Einschränkungen
- Geringere Flexibilität des Bewegungsapparates
- schwache Hand-, bzw. Griffkraft
- Erkrankungen des Bewegungsapparates
- Neurologische Erkrankungen
- Veränderungen des Herz-Kreislauf-Systems
- Mangelernährung (Vitamin D Mangel, niedriger BMI)
- Psychologischer Status: Angst vor Stürzen

(Nigg and Steidl, 2005; Tragl, 1991; Tideiksaar, 2000; American Geriatrics Society, 2001; Todd and Skelton, 2004)

Externe Faktoren sind:

- Schlechte Lichtverhältnisse
- Lose Teppiche
- Ein Fehlen von Sicherheitsequipment im Badezimmer ( fehlende Haltegriffe)
- Schuhe mit hohen Absätzen
- Gegenstände im Gehbereich
- Glatter Fußboden
- Unebene Oberflächen
- Zu niedrige Betten

(Nigg and Steidl, 2005; Tragl, 1991; Tideiksaar, 2000; American Geriatrics Society, 2001; Todd and Skelton, 2004)

Die Einnahme von 4 oder mehr vorgeschriebenen Medikamenten (Polypharmazie) wird als ein weiterer Risikofaktor betrachtet und in der Literatur einerseits oft als interner Faktor (Tideiksaar, 2000), andererseits oft als externer Faktor bezeichnet. (American Geriatrics Society, 2001).

Insbesondere die Einnahme von Psychopharmaka, Klasse 1a Antiarrhythmika, Digoxin und Diuretika gehen mit einem signifikant erhöhten Sturzrisiko einher. (American Geriatrics Society, 2001)

Meist kann für einen Sturz nicht ein einziger Risikofaktor verantwortlich gemacht werden, sondern man geht heutzutage davon aus, dass es durch eine Kombination beider Faktorengruppen zum Sturzgeschehen kommt. (Tideiksaar, 2000)

Diese Multifaktorialität des Sturzes und Vernetzungen von Risikofaktoren werden in Abbildung 2 deutlich demonstriert.

Dabei zeigt sich auch, dass gewisse Risikofaktoren, wie zum Beispiel muskuläre Schwäche, ein reduziertes Balancegefühl und Defizite im sensomotorischen System besonders stark hervorgehoben und demnach gewichtet wurden. (Granacher, 2003)

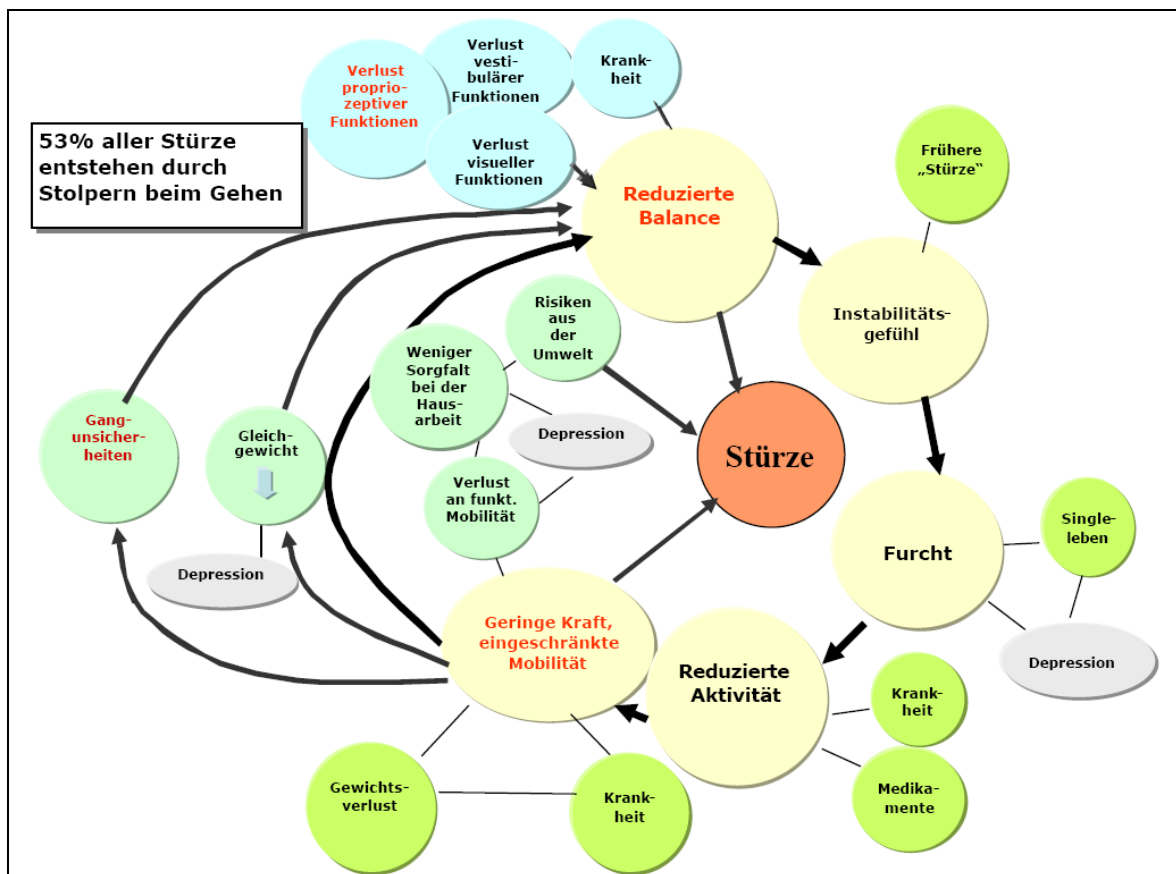


Abbildung 2 Ursache - Wirkungsmodell von Stürzen: modifiziert nach Spirduso (1995) zitiert nach Granacher (2003)

Des Weiteren findet sich in der „Guideline fort he Prevention of Falls in Older Persons“, welche bereits 2001 erschienen ist, Ergebnisse einer univariaten Analyse, die die häufigsten allgemeinen Risikofaktoren für Stürze anhand von 16 Studien untersuchte. Folgende Risikofaktoren wurden identifiziert und der Häufigkeit nach gereiht:

1. Muskelschwäche
2. frühere Stürze
3. Gangunsicherheit
4. Gleichgewichtsdefizit
5. Verwendung von Hilfsgeräten
6. Sehdefizite
7. Arthritis
8. reduzierte Aktivität (ADL)
9. Depression

10. Kognitive Beeinträchtigung

11. Alter > 80 Jahre

(American Geriatrics Society, 2001)

Diese Ergebnisse können bei genauerer Betrachtung auch in Abbildung 2 wieder gefunden werden. Somit lässt es sich vielleicht nicht exakt erklären, welchen Einfluss ein einziger Risikofaktor auf die Sturzinzidenz ausübt, doch kann eine Gewichtung von Risikofaktoren vorgenommen werden. Dadurch können Präventionsprogramme entwickelt werden, die an der „richtigen Stelle“ ansetzen.

### **1.3.4 Sturzfolgen**

Stürze können im Alter zu einer Einschränkung der körperlichen Leistungsfähigkeit, zur Entstehung von Frakturen, Immobilität, Furcht vor weiteren Stürzen, einer erhöhten Pflegebedürftigkeit der betroffenen Personen, Verringerung der Lebensqualität, verstärkter Inanspruchnahme von Ressourcen des Gesundheitswesens führen und sind eine der häufigsten Todesursachen bei alten Menschen. (Kaeding, 2006; Tideiksaar, 2000)

#### **1.3.4.1 Mortalität**

Jährlich sterben circa 10 000 Personen im höheren Lebensalter an den Folgen eines Sturzes und das Risiko an einem Sturz zu versterben nimmt mit dem Lebensalter zu. Menschen in der Altersgruppe 65 und älter haben ein 10 bis 150-fach erhöhtes Risiko als jüngere Menschen an einem Sturz zu versterben. 75-Jährige haben im Vergleich zu Menschen zwischen dem 65. und 74. Lebensjahr ein um das achtfach erhöhtes Risiko.

Nur die Hälfte aller Patienten, welche aufgrund eines Sturzes in ein Krankenhaus eingeliefert wurden, überlebt das erste Jahr nach dem Sturz und circa 10% versterben noch vor der Krankenhauserlassung. (Tideiksaar, 2000)

### **1.3.4.2 Morbidität**

Stürze führen nicht nur zu körperlichen Schäden, sondern haben oft auch psychosoziale Probleme und Immobilität zur Folge.

#### ***1.3.4.2.1 Frakturen***

Hüftfrakturen, Unterarmfrakturen, Kopf-, und Weichteilverletzungen, Platzwunden und Muskelzerrungen sind, um nur die häufigsten zu nennen, körperliche Verletzungen, die direkt infolge von Stürzen entstehen können. (Rubenstein L.Z. (1996) zit. n. Tideiksaar, 2000)

Die Schenkelhalsfraktur ist die wohl am häufigsten auftretende Fraktur bei Personen im höheren Lebensalter. Mit einer Inzidenz von 120.000 Frakturen pro Jahr in der Bundesrepublik Deutschland ist sie die zahlreichste Fraktur der über 60-Jährigen. Auffallend ist, dass die Inzidenzrate bis zum 70. Lebensjahr annähernd linear verläuft und danach exponentiell. (Pierobon and Funk, 2007)

Seit 1994 ist es zu einer stetigen Steigerung von Schenkelhalsfrakturen gekommen, was laut Pierobon auf eine Veränderung der Altersstruktur zurückzuführen ist. (2007)

In Deutschland sind circa 90% aller Hüftfrakturen durch Stürze bedingt. Wobei sich 80% der Stürze bei Menschen im höheren Lebensalter bei Aktivitäten des täglichen Lebens, also Aktivitäten, die keine höheren Ansprüche an die koordinative Leistungsfähigkeit stellen, ereignen. (Runge 1998 zit. n. Kaeding, 2006)

In Nordamerika ist die Hüftfraktur für die meisten stationären Behandlungen muskuloskeletaler Verletzungen verantwortlich und die Kosten belaufen sich auf circa 10 Milliarden Dollar. (Carter 2001; Runge 1998 zit. n. Kaeding, 2006)

Eine weitere häufige Fraktur, die in Folge von Stürzen bei älteren Menschen auftritt, ist die Unterarmfraktur, genauer gesagt, die distale Radiusfraktur. Diese Fraktur entsteht vor allem dadurch, dass es bei einem Sturz zu einer Reflexbewegung der Person kommt, wobei versucht wird, mit dem nach außen gestreckten Arm den Sturz abzufangen und dabei das Handgelenk massiv nach

dorsal extendiert wird. Interessanterweise nehmen Radiusfrakturen im Alter, im Vergleich zu Hüft-, und Kopffrakturen, nach dem 70. Lebensjahr ab. Dies wird mit einer Verringerung des sogenannten Schutzreflexes (Auswärtsstrecken der Arme, Ausgleichsbewegungen) im Alter assoziiert. (Tideiksaar, 2000)

#### *1.3.4.2.2 Psyche*

Stürze brechen nicht nur Knochen, sondern auch das Selbstbewusstsein. Patienten, welche einen Sturz erlitten haben, fürchten sich meist vor weiteren Stürzen und schränken daher ihre täglichen Aktivitäten und oft auch ihre sozialen Kontakte ein. Ältere Menschen schämen sich meist für ihre Stürze und haben häufig Angst vor einer Einweisung in ein Altersheim durch ihre Verwandten. Mehr als 60% aller Stürze werden daher nicht erwähnt. (Runge et al., 2000)

Eine solche Furcht vor weiteren Stürzen wird auch als Post-Fall Syndrom beschrieben. (Pierobon and Funk, 2007)

Dadurch kommt es zu einer weiteren Steigerung der Immobilität, welche wiederum einen Einfluss auf die lokomotorischen Fähigkeiten hat. Dadurch entsteht ein *circulus vitiosus*, der zu sozialem Rückzug, gesteigerter Pflegebedürftigkeit, Depression und Verlust von Lebensqualität und schließlich zur Immobilität führt. (Pierobon and Funk, 2007; Tideiksaar, 2000)

Die entstehende Immobilität führt zu weiteren körperlichen und psychischen Erkrankungen:

- Muskelatrophie
- Dekubitus
- Pneumonie
- Orthostatische Hypotonie
- Harnwegsinfektionen
- Inkontinenz
- Obstipation
- vestibuläre Dysfunktion/Balancedefizit
- Depression
- Verlust des Selbstwertgefühle
- Soziale Isolation

(Tideiksaar, 2000)

## **1.4 Neuromuskuläre Grundlagen**

### **1.4.1 Skelettmuskelfasertypen**

Die Skelettmuskelfaser beziehungsweise Skelettmuskelzelle lässt sich in verschiedene Fasertypen unterscheiden. Als grobe Vereinfachung kann man sie in weiße und rote Muskelfasern unterteilen.

Die Weiße (helle), „schnelle“, dicke Muskelfaser wird auch als FT-Faser („fast twitch“) oder Typ II bezeichnet und ist vor allem bei schnellkräftigen und intensiven Muskelarbeiten involviert. Diese lässt sich wiederum in drei Subkategorien unterteilen:

- IIb-Fasern (fast twitch glycolytic)
- IIa-Fasern (fast twitch oxidative)
- IIc-Fasern (intermediäre Faser)

Diese Muskelfasern unterscheiden sich in ihrer Morphologie und Funktionalität auf Grund unterschiedlicher Kombinationen von leichten und schweren Proteinketten. (Weineck, 2000)

Die Rote, dünne, „langsame“ Muskelfaser wird auch als ST-Faser (slow twitch) oder Typ I bezeichnet und ist bei Muskelarbeit mit geringer Intensität beteiligt. Demnach können beim Menschen vier unterschiedliche Muskelfasern unterschieden werden: Typ I, Typ IIa, Typ IIb und Typ IIc.

Die einzelnen Muskelfasern unterscheiden sich nicht nur im Bereich der Morphologie und Funktionalität, sondern auch in ihrer Energiegewinnung, somit in ihrem Stoffwechsel. Besitzen FT-Fasern vor allem Enzyme des anaeroben Stoffwechsels, so weisen ST-Fasern einen hohen Anteil an Enzymen des aeroben Stoffwechsels auf. Auch im Bereich der neuronalen Innervation unterscheiden sich die Muskelfasertypen dahingehend, dass ST-Fasern über langsam leitende Neuriten von kleinen motorischen Vorderhornzellen (Alpha-Motoneuronen) des Rückenmarkes innerviert werden und mit einer niederfrequenten Dauerstimulation (20 Aktionspotentiale pro Sekunde) erregt werden. Dieses Erregungsmuster macht die ST-Fasern zu langsameren, aber dafür ermüdungsresistenten

Muskelfasern. Man findet sie vor allem in Muskeln mit stützmotorischen Funktionen, wie dem M. soleus zum Beispiel. (Weineck, 2000; Granacher, 2003)

Im Gegensatz dazu werden FT-Fasern über schnell leitende Neuriten von größeren Alpha-Motoneuronen innerviert, welche aber schneller ermüden. Das Erregungsmuster ist diskontinuierlich, daher kennzeichnend für Muskeln mit zielmotorischen Funktionen, wie zum Beispiel dem M. triceps brachii. (Granacher, 2003; Weineck, 2000)

Wichtig ist es noch zu erwähnen, dass die Veranlagung und der prozentuale Anteil von verschiedenen Muskelfasern genetisch determiniert ist. Als Beispiel hierfür kann Carl Lewis genannt werden, der einen 90%-Anteil von FT-Fasern in der Beinmuskulatur aufzuweisen hatte. (Weineck, 2000)

#### **1.4.2 Motorische Einheit**

Wenn elektrische Impulse, von Alpha-Motoneuronen ausgelöst und über efferente Bahnen an die Muskelfasern weitergegeben werden, entsteht Kraft in der Skelettmuskulatur. (Granacher, 2003)

Dabei bildet ein einziges Motoneuron mit allen, von dem Motoneuron innervierten Muskelfasern, eine sogenannte *motorische Einheit*. Um die Muskelfasern der einzelnen motorischen Einheiten versorgen zu können, welche bis über eine Fläche von 1cm<sup>2</sup> verteilt sein können, teilt sich das Motoneuron in Kollateralen und Endbäumchen auf. Des Weiteren ist die Anzahl der zu versorgenden Muskelfasern von einem Motoneuron höchst unterschiedlich und kann nur 25 (bei mimischer Muskulatur) bis weit über 1000 (M. temporalis) ausmachen. Man spricht auch von einem sogenannten Innervationsverhältnis. Eine Abstufung der Muskelaktivität wird dadurch ermöglicht, dass motorische Einheiten unterschiedlich rekrutiert werden. Je nach Bewegungsart werden entweder schnelle, langsame, viel oder wenige motorische Einheiten rekrutiert. Besitzt ein Muskel viele motorische Einheiten so kann die Kontraktion feiner abgestimmt werden (Augenmuskeln) und je mehr Muskelfasern rekrutiert werden, desto kräftiger ist die Kontraktion. (Silbernagl and Despopoulos, 2003)

Die Zellen der Alpha-Motoneurone befinden sich in den Vorderhornzellen des Rückenmarks. In Abbildung 3 ist die motorische Einheit, bestehend aus Alpha-Motoneuron, efferentem Axon, motorischer Endplatte und innervierten Skelettmuskelfasern, dargestellt. (Granacher, 2003)

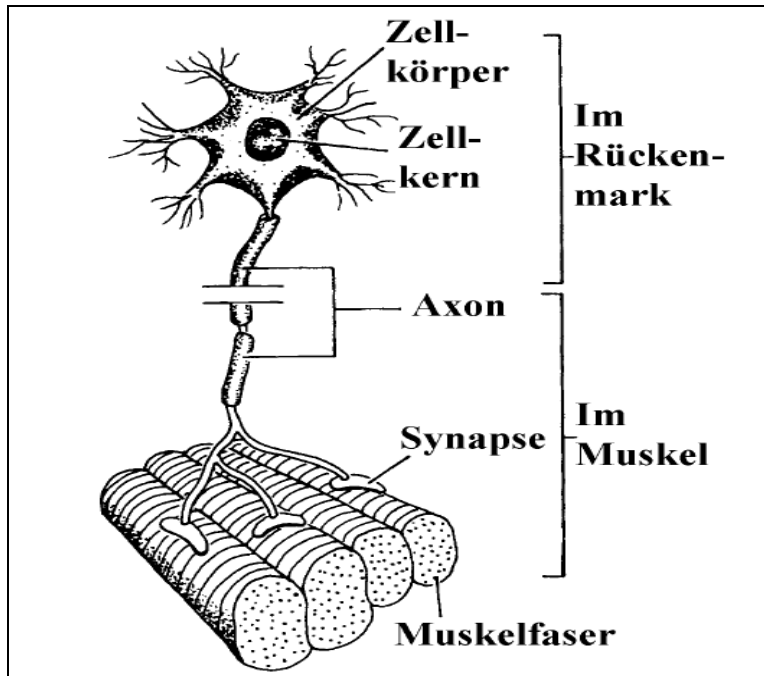


Abbildung 3 Die motorische Einheit zitiert nach Brooks u.a. (2000) modifiziert nach Granacher 2003

### 1.4.3 Sensomotorisches System im Überblick

Da sich die vorliegende Arbeit mit Stürzen und deren Prävention auseinandersetzt, ist es notwendig, sich die physiologischen Grundprinzipien der Sensomotorik kurz zu betrachten. Da nur bei intakten physiologischen Prozessen ein aufrechter Stand, Gang oder Reflexantworten möglich sind.

Das sensomotorische System besteht aus mehreren miteinander vernetzten Komponenten und ist für die Zusammenführung von komplex strukturierten Bewegungsregulationen zuständig. Des Weiteren ist sie für zielgerichtete Bewegungen (Zielmotorik) und für die aufrechte Stellung, Stellung im Raum und Gleichgewicht des Körpers (Stützmotorik), verantwortlich. (Silbernagl and Despopoulos, 2003)

Dieses Zusammenspiel ist in Abbildung 4 skizziert.

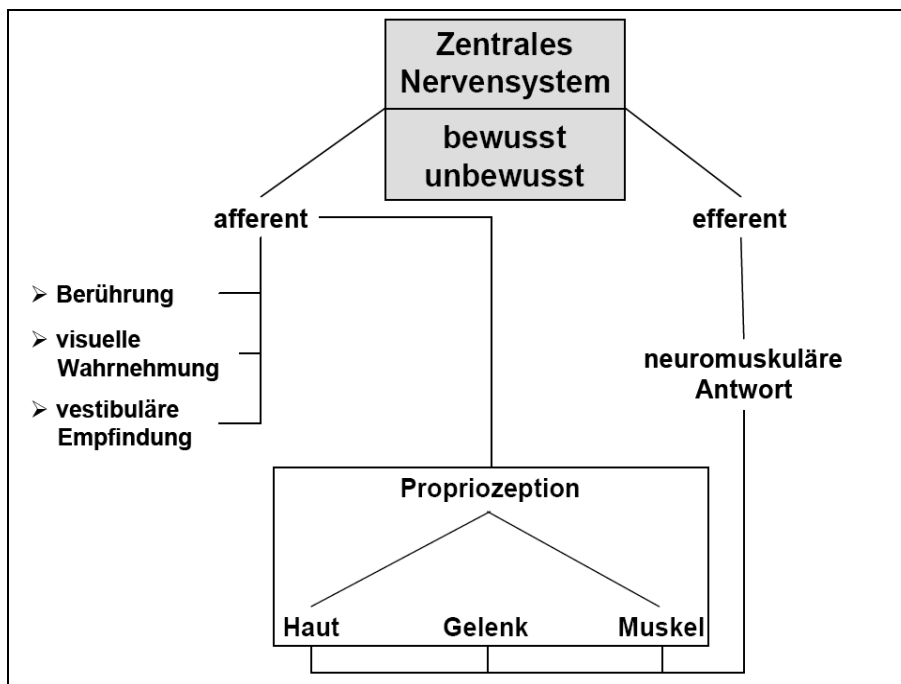


Abbildung 4 Das sensomotorische System zitiert nach Granacher 2003

Über Rezeptorsysteme werden Informationen aus der Umgebung aufgenommen, im ZNS verarbeitet und als gefilterte und daher zielgerichtete Befehle an die Muskulatur weitergegeben. Exterozeptoren oder Propriozeptoren können als Beispiele für Rezeptorsysteme genannt werden.

Lephardt unterscheidet folgende Sinnesrezeptoren, je nach Perzeptionsausrichtung. (Granacher, 2003)

- Enterozeptoren sind Rezeptoren, welche Informationen aus den inneren Organen über viszerale Nerven an das ZNS übermitteln. Als Beispiel dafür kann Durst oder Hunger genannt werden.
- Exterozeptoren nehmen über visuelle und auditive Systeme Informationen aus der Umwelt wahr und können daher Informationen von bewegten Objekten an das ZNS weiterleiten.
- Propriozeptoren können Änderungen der Muskellänge (Muskelspindel), Dehnung von Sehnen (Golgi-Sehnen-Apparat), Gelenksstellung im Raum (Ruffini-, Pacini Körperchen) und über das Vestibularorgan den Gleichgewichtszustand an das ZNS überliefern.  
(Granacher, 2003)

Daraus lässt sich die Wichtigkeit der Propriozeptoren für die Stütz und Zielmotorik, in Anbetracht einer Sturzprävention, erkennen. Von daher werden nun die einzelnen Propriozeptoren, welche vor allem für den Stellungssinn und Bewegungssinn verantwortlich sind, näher beschrieben.

### **1.4.3.1 Muskelspindel**

Nach BOYD befinden sich in der gesamten Skelettmuskulatur 25000 bis 30000 Muskelspindeln, wobei sich eine Verteilung von 4000 pro Arm und 7000 pro Bein ergibt. Des Weiteren ist die Anzahl pro Muskelspindel pro Gramm Muskelgewebe, also die Dichte, höchst unterschiedlich. Muskeln, welche für fein koordinierte Bewegungen zuständig sind, weisen eine hohe Anzahl an Muskelspindeln auf. (Granacher, 2003)

Muskelspindeln messen Gelenksstellungen bzw. Gelenkbewegungen und sind für die Regulierung der Muskellänge verantwortlich. (Silbernagl and Despopoulos, 2003)

Die Muskelspindel besteht aus 3 bis 10 dünnen, speziellen Muskelfasern, welche von einer spindelförmigen Bindegewebskapsel umgeben sind. Im Gegensatz zu den „extrafusalen“ Fasern der Arbeitsmuskulatur, werden diese „intrafusale“ Muskelfasern, welche parallel zur Arbeitsmuskulatur liegen, genannt. (Klinke and Silbernagl, 2003).

Es gibt zwei verschiedenen Arten von intrafusalen Muskelfasern.

- Kernkettenfasern bzw. P-Sensor
- Kernsackfasern bzw. D-Sensor

Spiralig sind die Kernsackfasern bzw. Kernkettenfasern von den Endigungen afferenter Typla-Neuronen und die Kernkettenfasern zusätzlich von afferenten Typ II-Neuronen umwickelt. Diese um die Muskelfasern umwickelten Nervenendigungen werden auch als anulospirale Endigungen bezeichnet. Sie sind Sensoren für die Längsdehnung der intrafusalen Fasern und melden Länge und auch Längsänderungen zum Rückenmark. Mittels Fusi-(y)-Motoneuronen kann die Länge der intrafusalen Muskelfasern und die Dehnungsempfindlichkeit verstellt werden. Dies geschieht dadurch, dass die Fusimotoneurone die kontraktile

Enden beider intrafusalen Muskelfasern efferent innervieren. (Silbernagl and Despopoulos, 2003)

### **1.4.3.2 Golgi-Sehnenorgan**

Golgi-Sehnenorgane sind Bindegewebskapseln mit einer Länge von circa 1mm, einem Durchmesser von 0,1 mm und dienen vor allem der Regelung der Muskelspannung. Sie liegen in Serie zur Arbeitsmuskulatur und werden jeweils von einer afferenten Nervenfasern der Gruppe Ib mit mehreren rezeptiven Endigungen versorgt. (Silbernagl and Despopoulos, 2003)

Der Golgi-Sehnenapparat wird aktiv, „... *wenn ein Muskel zu stark kontrahiert (niedrige Reizschwelle) oder passiv zu stark gedehnt wird (hohe Reizschwelle).*“ (Moritani 2003 zit.n.Granacher, 2003, S.24)

Der Golgi-Sehnenapparat schützt daher vor Überlastungen des Muskel-Sehnen-Komplexes.

### **1.4.3.3 Spinale Reflexmechanismen**

Von einem Reflex spricht man, wenn es durch Erregungen von Primärafferenzen über spinale Verschaltungen zu stereotypen motorische Reaktionen kommt. Je nach Art der beteiligten Afferenzen, Art der motorischen Reaktion und je nach Anzahl von Interneuronen, welche in den Verschaltungen miteinwirken, werden Reflexe in monosynaptische und polysynaptische Reflexe unterteilt. (Klinke and Silbernagl, 2003)

Der Reflex ist der funktionelle Baustein der Rückenmarksmotorik und ist durch die Aufeinanderfolge von Reizaufnahme, Erregungsleitung und Reizantwort gekennzeichnet. (Granacher, 2003)

#### ***1.4.3.3.1 Monosynaptischer Reflex***

Wird ein Skelettmuskel plötzlich, z.B. durch einen Schlag auf die Sehnen gedehnt, so wird dies von der Muskelspindel registriert. Die Dehnung der Muskelspindel

führt wiederum zu einer Erregung der Ia-Fasern, welche über die Hinterwurzel zum Vorderhorn des Rückenmarks ziehen, und dort die Alpha-Motoneurone desselben Muskels direkt erregen. Daraufhin kommt es zu einer Kontraktion des Muskels. Dadurch, dass Reiz und Antwort im selben Organ erfolgen, spricht man auch vom sogenannten *Eigenreflex*. Demzufolge ist die Reflexzeit von monosynaptischen Reflexen sehr kurz (circa 30ms). Die Funktion dieses Reflexes liegt darin, dass unbeabsichtigte Änderungen der Muskellänge und daraus folgend der Gelenksstellung, rasch korrigiert werden können.

Der Monosynaptische Reflex kann aber bei genauerer Betrachtung gar nicht als solcher bezeichnet werden, da es auch zu Verschaltungen zwischen Interneuronen und supraspinalen Strukturen kommt.

Dies kann man an folgendem Beispiel, des Patellarsehnenreflexes erkennen: durch einen kurzen Schlag auf die Patellarsehnen kommt es zu einer Streckung der Oberschenkelmuskulatur, gleichzeitig muss aber, um eine wirksame Streckung zu ermöglichen, die Alpha-Motoneurone des Oberschenkelbeugers gehemmt werden. Dies geschieht über inhibitorische Ia- Interneurone. (Silbernagl and Despopoulos, 2003)

#### ***1.4.3.3.2 Polysynaptischer Reflex***

Wie der Name schon vermuten lässt, kommt es beim polysynaptischen Reflex zur Beteiligung mehrere Verschaltungen. Ein weiterer Unterschied, im Vergleich zum monosynaptischen Reflex ist, dass Rezeptor und Effektor in unterschiedlichen Organen liegen. Er wird deshalb auch als *Fremdreflex* bezeichnet. Dadurch, dass der Reflexbogen über mehrere Synapsen/Verschaltungen verläuft, ist die Reflexzeit relativ lange. Nach Latash beträgt diese circa 70-90ms. (Granacher, 2003)

Zu den Fremdreflexen werden Schutzreflexe wie der Fluchtreflex, Nutritionsreflexe, vegetative Reflexe und im Hinblick auf die Sturzvermeidung wichtigen Lokomotionsreflexe hinzugezählt. (Silbernagl and Despopoulos, 2003)

Granacher verweist auf Untersuchungen von Grey, bei denen Störreize während des Gehens appliziert wurden, die von Muskelspindeln über II-Afferenzen wahrgenommen wurden und polysynaptische Reflexe als Kompensation

auslösten. Granacher beschreibt des Weiteren Studien von Berger (1984) und Gollhofer (1986) in denen jungen, gesunden Versuchspersonen während dem Gehen auf einem Laufband, mit konstanter Geschwindigkeit von 4km/h, unerwartet Störreize (kurzes Abstoppen/Beschleunigen während der Standbeinphase) induziert wurden. Die Latenzzeit von Applikation des Störreizes bis zur ersten kompensatorischen Reaktion lag bei 65ms bis 75ms. Aufgrund dieser Latenzzeiten vermuten die Autoren einen polysynaptischen Mechanismus auf spinaler Ebene, da die Latenzzeiten für einen monosynaptischen Reflex zu lang und für eine Beteiligung supraspinaler Strukturen zu kurz sei. (Granacher, 2003).

#### 1.4.4 Arten der Kraft

Aus Abbildung 5 lassen sich die drei Hauptformen der Kraft und deren Wechselbeziehung zueinander erkennen.

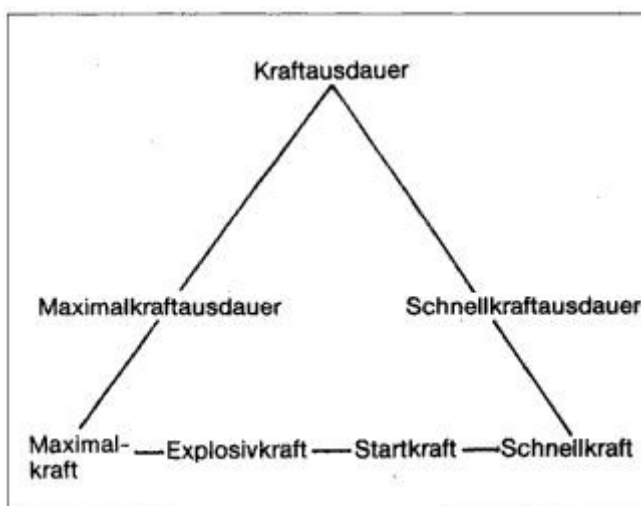


Abbildung 5 Die drei Hauptformen der Kraft zitiert nach (Weineck, 2000)

##### 1.4.4.1 Maximalkraft

Als Maximalkraft wird jene Kraft, welche die „...höchstmögliche Kraft, die das Nerv-Muskel-System bei maximaler willkürlicher Kontraktion auszuüben vermag“ definiert. (Weineck, 2000, S.237)

Die Maximalkraft lässt sich weiter, in eine dynamische beziehungsweise statische Maximalkraft unterteilen und ist von folgenden Faktoren abhängig:

- vom Querschnitt der Muskulatur

- von der intermuskulären Koordination
- von der intramuskulären Koordination

(Weineck, 2000)

Wenn eine Last gerade noch einmal gegen die Schwerkraft bewegt werden kann, spricht man von dynamischer-konzentrischer Maximalkraft. Man bezeichnet diese maximal einmal durchführbare Wiederholung als „one-repetition maximum“. Diese Größe hat besondere Bedeutung in der Trainingssteuerung und Trainingsplanung. Trainingsintensitäten werden meist in Prozent des one-repetition maximum angegeben.

Dadurch, dass die Last beschleunigt werden muss, liegt die dynamisch-konzentrische Maximalkraft meist 15 bis 50% unter der statischen Maximalkraft. Dynamisch-exzentrische Maximalkraft, welche bei Dehnung des Muskels entsteht, („bremsend gegen die Schwerkraft“) liegt wiederum, je nach Muskelgruppe und Trainingszustand bei bis zu 45% über der statischen Maximalkraft. Die Maximalkraft kann daher auf unterschiedlichem Wege trainiert beziehungsweise vergrößert werden. Einerseits durch eine Vergrößerung des Muskelquerschnitts auf der anderen Seite, aber auch durch Verbesserungen der Koordination innerhalb eines oder zwischen mehreren Muskeln. Bei Letztgenannten kommt es zu keiner Querschnittsvergrößerung und Gewichtszunahme.

Die Maximalkraft stellt die Basisfähigkeit für Schnellkraft, Reaktivkraft und Kombinationen von Ausdauer und Kraft zugrunde, welche dadurch als Subkategorien zu verstehen sind, und nimmt deshalb einen besonderen Stellenwert ein. (Radlinger, 1998)

#### **1.4.4.2 Absolutkraft**

Die Absolutkraft unterscheidet sich von der Maximalkraft dahingehend, dass diese nur unter besonderen Bedingungen, wie zum Beispiel unter Todesangst oder Hypnose, zu erreichen ist und je nach Trainingszustand zwischen 10% bei Trainierten bis 30% bei Untrainierten, über der Maximalkraft liegt. Diese Differenz wird auch als „Kraftdefizit“ bezeichnet. Diese Kraftform spielt in der

Trainingssteuerung aber nur eine untergeordnete Rolle und wird daher nicht näher erläutert.

#### **1.4.4.3 Schnellkraft**

Eine weitere bedeutende Hauptkomponente der Kraft stellt die Schnellkraft dar. In der Literatur wird Schnellkraft und dessen Training meist immer dem Sport zugeschrieben, doch bedienen sich auch rehabilitative Einrichtungen oft eines Trainings der Schnellkraft, welche vor allem für die unteren Extremitäten von besonderer Wichtigkeit sind. Man denke nur an schnelle Ausgleichsbewegungen, die bei einem falschen Tritt einen Sturz verhindern können.

Definitionsgemäß spricht man von Schnellkraft, als ...*„die Fähigkeit des Nerv-Muskelsystems, den Körper, Teile des Körpers (z.B. Arme, Beine) oder Gegenstände (z.B. Bälle, Kugeln, Speere, Disken etc.) mit maximaler Geschwindigkeit zu bewegen.“* (Weineck, 2000, S.238)

Man kann Schnellkraft auch als *„Kraftanstieg pro Zeiteinheit“* definieren. (Radlinger, 1998, S.25)

Je nach Arbeitsweise der Muskulatur wird Schnellkraft nochmals unterteilt in *statische SK*, definiert als *„mittlerer Kraftanstieg bis zur statischen Maximalkraft“* beziehungsweise in *konzentrische Schnellkraft*, definiert als *„Muskelarbeit (= Kraft mal Weg), die in der Verfügung stehenden Zeit gegenüber der beweglichen Last verrichtet wird“*. (Radlinger, 1998, S.25)

Des Weiteren unterscheidet man:

- *Startkraft*: Kraftwert, der 50ms nach Kontraktionsbeginn erreicht wird
- *Explosivkraft*: größtmöglicher Kraftanstieg im Zuge einer schnellen Kraftentwicklung

Diese Schnellkraftkomponenten sind ausschlaggebende Eigenschaften bei schnellkräftigen Bewegungen, für die nur wenig Zeit zur Verfügung steht (weniger als 200ms). (Radlinger, 1998)

#### ***1.4.4.3.1 Reaktivkraft als Sonderform der Schnellkraft***

Reaktivkraft ist eine Sonderform der Schnellkraftfähigkeit mit gewisser Eigenständigkeit. Bei der Übergangsphase von exzentrischer zu konzentrischer Bewegung erlauben gewisse körperliche Vorgänge innerhalb eines Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus, wie dies zum Beispiel bei einem Nieder-Hochsprung der Fall ist, eine erhöhte Krafterleistung. Dies wird durch die Dehnung der kontrahierten Muskulatur in der exzentrischen Phase erreicht, welche eine erhöhte Anfangsspannung zu Beginn der Konzentrischen Phase und damit eine weitere Nutzung der kurzfristig gespeicherten Energie ermöglicht. (Pfeffer, 2002)

Definitionsgemäß versteht man unter Reaktivkraft, "... *exzentrisch-konzentrische Schnellkraft bei kürzest möglicher Koppelung beider muskulärer Arbeitsphasen, in einem Dehnungsverkürzungszyklus (Dehnung= exzentrische Phase; Verkürzung = konzentrische Phase 250ms)*". (Radlinger, 1998, S.26)

Drei Elemente können für den kraftsteigernden Effekt innerhalb des DVZ verantwortlich gemacht werden:

1. Willkürliche konzentrische Aktivierung der Muskulatur
2. Elastische Kräfte, welche in der exzentrischen Phase durch Dehnung kontraktiler und bindegewebiger Elemente des Muskels und der Sehnen auftreten
3. Dehnungsreflex, welcher in der exzentrischen Phase aktiviert wird

Darüber hinaus ist die Reaktivkraftfähigkeit entscheidend von einer zeitlichen Komponente abhängig. Man unterscheidet lange (größer 200ms) von kurzen (unter 200ms) DVZ. Als Beispiel eines kurzen DVZ kann eine kurze Bodenkontaktzeit bei Sprintern genannt werden, die durch Bodenkontaktzeiten unter 200ms, diesen Effekt optimal ausnutzen. (Pfeffer, 2002)

#### 1.4.4.4 Kraftausdauer

Nach Harre ist Kraftausdauer, „... die Ermüdungswiderstandsfähigkeit des Organismus bei lang andauernden Kraftleistungen. Kriterien für die Kraftausdauer sind Reizstärke (in Prozent der maximalen Kontraktionskraft) und Reizumfang (Summe der Wiederholungen)“. (Weineck, 2000, S.242)

Wie in Abbildung 6 dargestellt, nimmt mit Erhöhung der Last, die erreichbare Wiederholungszahl, exponentiell ab.

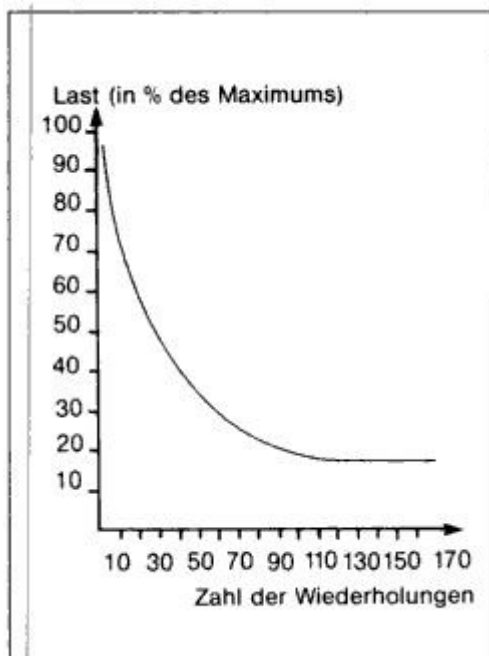


Abbildung 6 Graphische Darstellung der Abhängigkeit zwischen Lastgröße und Wiederholungszahl (nach Zaziorski/Wolkow/Kulik in Matwejew 1981, 52) zitiert nach (Weineck, 2000)

Kraftausdauer kann unterteilt werden in allgemeiner und lokaler, beziehungsweise dynamischer und statischer Kraftausdauer. Diese Einteilung erfolgt je nach prozentueller Beteiligung der gesamten Muskulatur. Von allgemeiner Kraftausdauer spricht man bei einem Einsatz von mehr als einem Siebtel bis einem Sechstel der gesamten Muskulatur. Von lokaler Kraftausdauer bei einem Einsatz von weniger als einem Siebtel der Gesamtmuskulatur (Weineck, 2000).

## **2 Material und Methoden: Literaturrecherche**

Der vorliegenden Arbeit liegt als Methode eine Literaturrecherche beziehungsweise Dokumentenanalyse zugrunde. Als Dokumentenanalyse ist eine Auswahl, Nachforschung und Bewertung wissenschaftlicher Texte zu verstehen. Es ist somit eine retrospektive Analyse bisheriger wissenschaftlicher Erkenntnisse. Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass auf diese Weise objektive Informationen gewonnen werden können. Dadurch wird eine erhöhte Validität erreicht.

Als Basis für die Recherche wissenschaftlicher Literatur wurden elektronische Datenbanken, wie Pubmed, Medline oder cochrane library verwendet. Häufig gesuchte Begriffe waren: sarcopenia, accident falls, falls prevention, strength training, um nur einige zu nennen. Des Weiteren wurden einschlägige Fachzeitschriften und Bücher für die Literaturrecherche herangezogen. Es wurde vor allem gezielt nach Literatur der letzten 10 Jahre gesucht, um möglichst aktuelle Studien in die Arbeit mit einzubeziehen und um eine sinnvolle Eingrenzung der Literatur durchzuführen. Nur in Ausnahmefällen wurde ältere Literatur, die aber hohe Relevanz für die Arbeit aufwies, berücksichtigt.

Resultate der Dokumentenanalyse sind bereits in der Einleitung wiedergegeben, doch werden in diesem Kapitel nun Ergebnisse, die mit dem Kernthema der Arbeit in Verbindung gebracht werden, vorgestellt.

### ***2.1 Literaturübersicht Kraftverlust im Alter***

#### **2.1.1 Sarkopenie und Folgen**

Als Sarkopenie wird ein Verlust von Muskelmasse (vor allem der Typ II-Muskelfasern), Verlust von Muskelkraft (insbesondere der unteren Extremität) und muskulärer Ausdauerleistung definiert. (Greenlund and Nair, 2003; Mayer et al., 2004)

Aus mehreren Studien geht hervor, dass es ab dem 40. Lebensjahr zu einem Muskelmasseverlust von 5% pro Dekade kommt. Dieser muskuläre Abbau wird

ab dem 65. Lebensjahr nochmals beschleunigt. Es wird ein Verlust von 12 bis 15 Prozent nach dem 65. Lebensjahr diskutiert. (Hunter et al., 2004)

Sarkopenie tritt in allen Altersgruppen als Folge des Alterns auf. Es können jedoch mehrere Faktoren, wie zum Beispiel Inaktivität, schlechte Ernährung oder chronische Krankheiten, diesen Umstand beschleunigen. (Greenlund and Nair, 2003)

Wird die genaue Ätiologie derzeit noch unzureichend verstanden, so sind die daraus resultierenden Spätfolgen, gut dokumentiert. Diese stellen ein großes Problem für das öffentliche Gesundheitswesen dar. Als Spätfolgen von einem Verlust an Muskelmasse werden Folgende genannt:

- Adipositas
- Vermehrte viszerale Fettverteilung
- Ein erhöhtes Risiko eine Dyslipidämie zu entwickeln
- Erhöhte Insulinresistenz
- Kardiovaskuläre Erkrankungen

Des Weiteren besteht ein Zusammenhang zwischen Knochendichte und Muskelmasse, beziehungsweise Muskelkraft und Sarkopenie als Faktor, der für das Fortschreiten der Osteopenie zur Osteoporose mitverantwortlich ist. (Hunter et al., 2004)

Sarkopenie ist auch dafür verantwortlich, dass Aktivitäten des täglichen Lebens (selbstständiges Ankleiden, Baden, Einkaufen) oft nicht mehr eigenständig von älteren Personen durchgeführt werden können. Somit ist Sarkopenie für einen massiven Verlust an Lebensqualität verantwortlich. Als Beispiel kann angeführt werden, dass eine große Anzahl von Personen über 55 Jahren Schwierigkeiten haben 0,4km zu gehen oder 11kg zu tragen. Ab dem 80. Lebensjahr sind 57% der Männer und 70% der Frauen nicht mehr in der Lage schwerere Hausarbeit zu verrichten. (Hunter et al., 2004; Greenlund and Nair, 2003; Tinetti, 2003)

### **2.1.2 Sarkopenie als Risikofaktor für Stürze**

Wie schon in den vorherigen Kapiteln beschrieben, stellt muskuläre Schwäche einen der größten Risikofaktoren einen Sturz zu erleiden, dar. Muskuläre Schwäche entsteht als Folge von Sarkopenie. Folglich nimmt Sarkopenie nicht nur eine große Rolle als Verursacher bzw. „beschleunigender Faktor“ von Krankheiten und Immobilität ein, sondern kann auch als ein wesentlicher Risikofaktor für Stürze genannt werden. In mehreren Studien wurde ein stark signifikanter Zusammenhang von muskulärer Schwäche und dem Auftreten von Stürzen gefunden. (Gardner et al., 2000; Tinetti, 2003)

Muskuläre Kraft ist aber auch in Situationen von Nöten, die mit einem Sturzgeschehen nur indirekt in Verbindung stehen. Als Beispiel hierfür kann die muskuläre Kraft der Arme, die für das Aufstehen nach einem Sturz erforderlich ist, genannt werden. Somit ist dies ein wesentlicher Prognosefaktor dafür, ob der Gestürzte sich wieder selbst aus der Lage befreien kann, oder auf fremde Hilfe angewiesen ist.

Nach den Autoren Runge und Kurrle können eine verminderte Balancefähigkeit und das Auftreten von Stürzen, als Folge eines Kraftverlustes, als gesichert angenommen werden. Den Faktor Kraft (vor allem der unteren Extremität) konnte Wolfson in einer Metaanalyse mehrerer Studien bei älteren Pflegeheimbewohnern und Älteren, welche noch selbstständig zu Hause lebten, als essentiellen Faktor für das Balancegefühl und Auftreten von Stürzen nachweisen. Pflegeheimbewohner, welche schon des Öfteren einen Sturz erlitten, hatten im Vergleich zu Pflegeheimbewohnern, welche noch nie gestürzt waren, etwa 50% weniger Kraft im Bereich der Knie- und Fußgelenke. Des Weiteren wiesen bereits gestürzte Bewohner eine um 58% verringerte Gehgeschwindigkeit im Vergleich zu nicht gestürzten Bewohnern auf. (Kaeding, 2006)

### **2.1.3 Auswirkungen des Alterns auf die Schnellkraftfähigkeit und das Reflexverhalten**

Im Alter kommt es zu degenerativen Veränderungen des sensomotorischen Systems, was sich negativ auf die sensomotorische Reizaufnahme und Antwort auswirkt. Diese degenerativen Prozesse münden in einem erhöhten Risiko, einen

Sturz zu erleiden. Aus Studien geht hervor, dass es nach dem 65. Lebensjahr zu einer weitaus größeren Reduzierung der Explosivkraft (3-4% pro Jahr) als Maximalkraft (1-2% pro Jahr) kommt. In Abbildung 7 wird dies dargestellt.

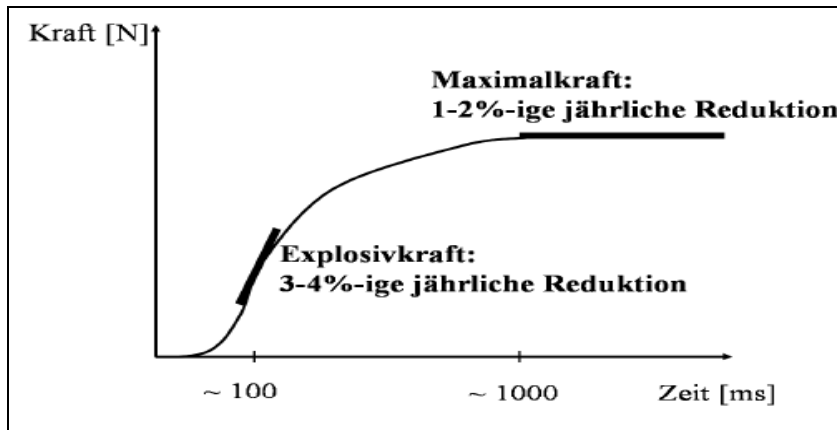


Abbildung 7 Darstellung des Kraft-Zeit-Verlaufs. Gezeigt wird die jährliche Reduktion der Maximalkraft und der Explosivkraft ab dem 65. Lebensjahr. Übernommen von Granacher et al., 2005

Als Ursachen für eine Verminderung der Schnellkraftfähigkeit im Alter werden mehrere Mechanismen diskutiert.

Eine Reduzierung von großen Alpha-Motoneuronen führt laut Meinung verschiedener Autoren einerseits zu einer kinetischen Verlangsamung einzelner Muskelfasern, als auch zu einem veränderten Rekrutierungs- und Frequenzierungsverhalten motorischer Einheiten. Eine Muskelfaser, welche nicht innerviert wird, degeneriert oder wird durch entstehende Kollaterale von kleinen Alpha-Motoneuronen wieder innerviert. Der ständige Wechsel von Innervation und Denervationsprozessen führt zu einer Vergrößerung des Innervationsverhältnisses der motorischen Einheiten. Diese Änderungen führen nach Häkkinen et al. zu einer verlangsamten Rekrutierungsabfolge motorischer Einheiten.

Das vergrößerte Innervationsverhältnis könnte nun dafür verantwortlich sein, dass das sensomotorische System älterer Menschen nicht mehr imstande ist, eine hohe Anzahl von Impulsen bei Beginn explosiver Kontraktionen zu erzeugen.

Eine gleichzeitige Aktivierung von Muskeln bei willkürlichen Bewegungen, welche zusammen ein Gelenk umgeben, wird als ein weiterer Grund für eine reduzierte Schnellkraftfähigkeit, diskutiert. Supraspinale Zentren älterer Menschen sind anscheinend nicht fähig, die Aktivität des Antagonisten während einer Bewegung,

gut genug zu unterdrücken. Dadurch kommt es zu einer verlangsamten Bewegungsausführung. Dieser Effekt hat aber den Vorteil, dass es dadurch zu einer erhöhten Gelenksteifigkeit kommt und demzufolge auch als Schutzmechanismus des aktiven und passiven Bewegungsapparats fungiert. (Granacher and Gollhofer, 2005)

Des Weiteren wirkt sich das Alter nicht nur auf die Schnellkraftfähigkeit aus, sondern beeinträchtigt auch das Reflexverhalten. Als Grund dafür wird eine reduzierte Nervenleitgeschwindigkeit im Alter angeführt. Als Ursache dafür nimmt man unter anderem eine Abnahme der sensorischen Neurone mit großem Axon-Durchmesser an. Als Folge der reduzierten Nervenleitgeschwindigkeit kommt es zu einer verlängerten Latenzzeit zwischen Reizeintritt und Reizantwort. Dies führt dazu, dass posturale Reaktionen auf äußere Störreize nicht mehr adäquat durchgeführt werden können. Zusätzlich kommt es neben der verlängerten Latenzzeit noch zu einer Reduzierung der Reflexaktivität im Alter, vor allem im Bereich des M. tibialis anterior, M. rectus femoris und des M. biceps femoris. Als Grund dafür werden drei Mechanismen diskutiert.

Eine Desensibilisierung der Muskelspindel und damit einhergehend eine verminderte posturale Sicherheit, welche nicht mehr über einen adäquaten Muskeldehnungsreflex sichergestellt werden kann. Darüber hinaus eine verstärkt wirkende präsynaptische Hemmung und ein Verlust von Interneuronen.

Granacher und Gollhofer nennen folgende in der Literatur beschriebene Mechanismen als Grund für eine Reduzierung des Kraft- und Reflexverhalten (siehe auch Abbildung 8):

- *Desensibilisierung der Muskelspindeln*
- *Demyelinisation und Verlust sensorischer Neurone*
- *Veränderungen in der präsynaptischen Hemmung*
- *Verlust von Interneuronen*
- *Verlust großer Alpha-Motoneurone*
- *Vergrößertes Innervationsverhältnis*
- *Verlangsamung der Kinetik einzelner Muskelfasern*
- *Verstärkte Koaktivierung agonistischer und antagonistischer Muskeln*

(Granacher and Gollhofer, 2005, S.72)

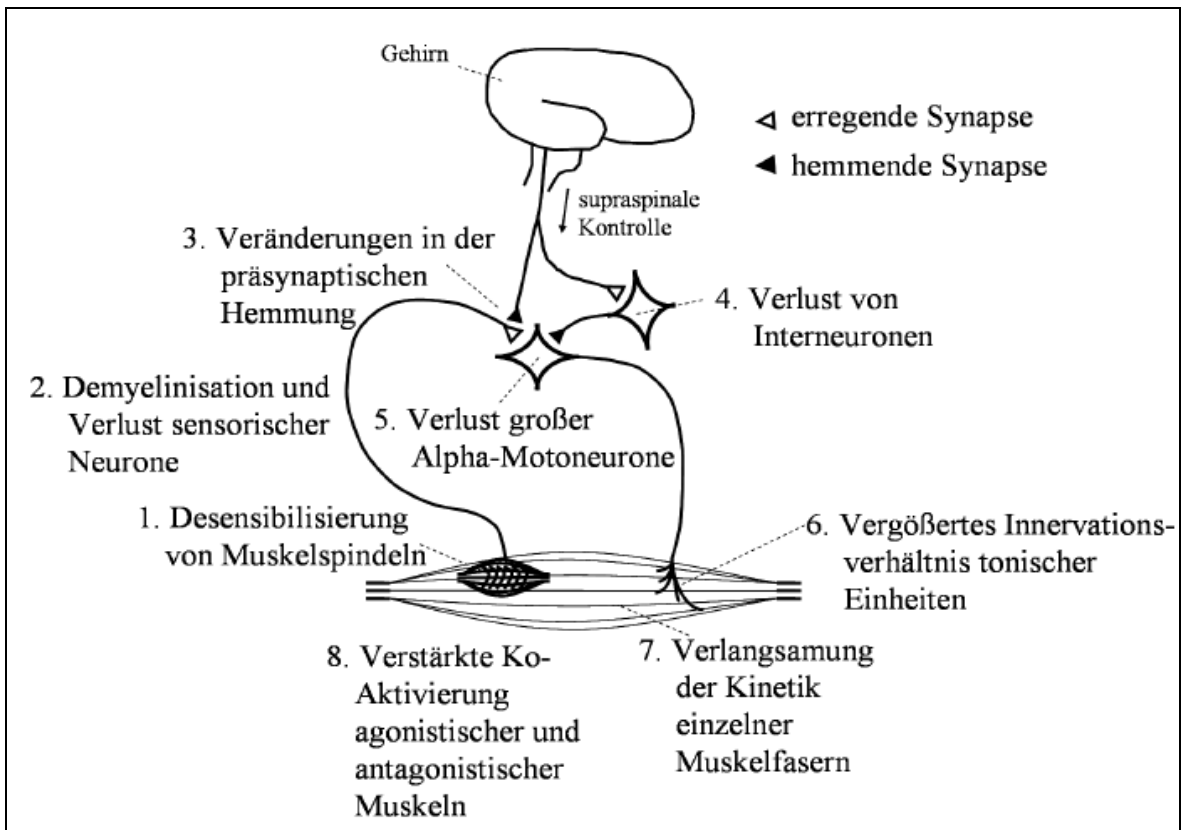


Abbildung 8 Altersbedingte Veränderungen im sensomotorischem System übernommen von Granacher et al., 2005

## **2.2 Literaturübersicht zu den Auswirkungen von Krafttraining im Alter**

Wie im vorherigen Kapitel dokumentiert, kommt es im Alter zu einem Verlust an Muskelmasse, respektive Muskelkraft. Im vorliegenden Kapitel werden nun Studien besprochen, welche die Möglichkeit der Trainierbarkeit von Kraft und Muskelmasse im höheren Lebensalter aufzeigen. Des Weiteren wird gesondert auf Schnellkraft- und Krafttraining als Präventionsprogramm für Stürze eingegangen.

### **2.2.1 Krafttraining im Alter**

Hurley und Roth bezeichnen Krafttraining als eine vielversprechende Intervention, um verlorene Muskelfunktionen wieder rückgängig zu machen, welche aufgrund des fortschreitenden Alters entstanden sind. Studien über Krafttraining im Alter weisen folgende Effekte auf:

- eine wirksame Intervention gegen Sarkopenie, da es zu einer wesentlichen Zunahme von Kraft, Muskelmasse und Muskelqualität kommt
- Zunahme der muskulären Ausdauerfähigkeit
- Normalisierung des Blutdrucks bei Personen mit hochnormalen Blutdruckwerten
- Reduzierung der Insulinresistenz
- Verringert Körperfett im allgemeinen, aber vor allem das intraabdominale Fettgewebe
- Erhöht den Grundumsatz
- Verhindert den Verlust von Knochendichte
- Reduziert Risikofaktoren für Stürze
- Kann Schmerz reduzieren und kann Funktionen des Kniegelenks bei Patienten mit Osteoarthritis verbessern  
(Hurley and Roth, 2000)

Die Autoren vertreten die Meinung, dass die Folgen der Sarkopenie ein für die Zukunft maßgebliches Problem für das Gesundheitssystem darstellen werden. Krafttraining im Alter könnte einige dieser Entwicklungen verzögern beziehungsweise verhindern. (Hurley and Roth, 2000)

In einer Studie von Ades nahmen Personen über 65 Lebensjahren teil. Die Teilnehmer wurden randomisiert und in zwei Gruppen aufgeteilt. Die eine Gruppe absolvierte ein 3-monatiges Krafttraining und die zweite Gruppe fungierte als Kontrollgruppe, welche an keinem Training teilnahm. Die Personen der Trainingsgruppe zeigten eine signifikante Verbesserung der Beinkraft und Gehstrecke im Vergleich zur Kontrollgruppe. (Greenlund and Nair, 2003)

Fiatarone et al. unterteilten 100 Personen einer Pflegeeinrichtung, welche ein Alter zwischen 72 bis 98 Jahren aufwiesen, in 3 Gruppen. Die Teilnehmer der ersten Gruppe nahmen an einem intensiven Krafttraining teil, die Personen der zweiten Gruppe bekamen Nahrungsergänzungsmittel, und die dritte Gruppe erhielt beide Interventionen.

Das Krafttraining war wie folgt:

- 3-mal pro Woche, 10 Wochen lang
- Hüftextensoren und Knieextensoren wurden mit einer Intensität von 80% des Ein-Wiederholungsmaximums trainiert
- Das Gewicht wurde bei jeder Trainingseinheit erhöht (soweit es von der Person toleriert wurde)
- Die Maximalkraft wurde alle zwei Wochen neu evaluiert und als neuer Basiswert verwendet
- Die Trainingsdauer war 45 min
- Es wurden 3 Sätze mit je 8 Wiederholungen durchgeführt
- Jede Wiederholung dauerte 6 bis 9 Sekunden und es wurde eine 1 bis 2 sekundliche Pause nach jeder Wiederholung durchgeführt
- Die Pausenzeit zwischen den Sätzen betrug 2 Minuten

Die Teilnehmer, welche ein Krafttraining absolvierten, konnten eine mittlere Steigerung der Muskelkraft von 113% realisieren. Des Weiteren konnten sie die

Gehgeschwindigkeit im Mittel um 11,8% erhöhen. Die Teilnehmer, welche Nahrungsergänzungsmittel verabreicht bekommen hatten, zeigten keinen Effekt hinsichtlich Muskelkraft und Gehgeschwindigkeit. Diese Studienergebnisse sind eine der am häufigsten zitierten Studien und die Ergebnisse konnten von Welsh und Ratherford 1996 bestätigt werden. (Fiatarone et al., 1994; Kaeding, 2006)

Borst führte 2004 eine systematische Überprüfung von 85 relevanten Studien, welche sich mit Testosteronersatz bei Männern, Wachstumshormonersatz und Krafttraining als mögliche Interventionsmaßnahmen bei Sarkopenie auseinandersetzten, durch. Die meisten Studien kamen zu dem Ergebnis, dass Testosteronersatz nur zu einem moderaten Anstieg der Muskelmasse und Kraft führt. Hohe Dosen Testosteron wurden aus Angst, eventuell ein vorhandenes Prostatakarzinom zum Wachstum anzuregen, nicht gegeben. Wachstumshormone als Intervention wiesen erhebliche Nebenwirkungen auf und es konnte kein Kraftanstieg verzeichnet werden. Borst kam zu dem Schluss, dass Krafttraining die beste Intervention für einen Muskelzuwachs und Kraftzuwachs bei Personen im höheren Lebensalter ist. (Borst, 2004)

Knobl et al. beschäftigte die Frage, ob es einen Unterschied gibt in Hinblick auf die Benutzung von freien Gewichten versus Kraftmaschinen, in Bezug auf den Effekt eines Krafttrainings. Um dieser Fragestellung auf den Grund zu gehen wurden 32 Frauen und Männer im Alter von 60 bis 86 Jahren in zwei Gruppen aufgeteilt. 16 Personen absolvierten ein 6-monatiges Krafttraining an freien Gewichten und 16 Personen an Maschinen, wobei beide Gruppen die gleichen Muskelgruppen mit derselben Intensität trainierten. Das Training fand 2-mal pro Woche statt und es wurde pro Training eine Übung pro Muskelgruppe durchgeführt. Jede Übung bestand aus 3 Sätzen zu je 10 bis maximal 12 WH. Nach 6 Monaten zeigten sich signifikante Kraftzuwächse in beiden Gruppen. Die Gruppe, welche freie Gewichte benutzte, konnte im Vergleich zur maschinengestützten Gruppe aber einen nochmals signifikant erhöhten Kraftzuwachs im Bereich der Beine und Oberarme im Vergleich zur anderen Gruppe erreichen. Es zeigte sich auch, dass bei den meisten restlichen Übungen die Benutzung freier Gewichte einen moderaten Vorteil hinsichtlich Kraftzuwachses aufzuweisen hatte.

Freie Gewichte erfordern eine gute Koordination und Balancefähigkeit. Gerade weil eine verminderte Kraft in den unteren Extremitäten mit einem erhöhtem Sturzrisiko assoziiert ist, ist diese Erkenntnis für ein zukünftig durchgeführtes Präventionsprogramm zusätzlich von Interesse. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass ein Training mit freien Gewichten auch bei Personen im höheren Lebensalter durchgeführt werden kann/soll und dies anscheinend nicht mit einem erhöhten Verletzungsrisiko verbunden ist. (Knobl and Schott, 2004)

Hunter et al. verglichen den Effekt eines Trainings mit hoher Intensität (3-mal pro Woche bei 80% der Maximalkraft) mit einem Training, welches auch 3-mal pro Woche durchgeführt wurde, aber mit einer variierenden Intensität von 80%, 65% und 50% des 1RM einmal wöchentlich. Das Trainingsprogramm wurde 6 Monate lang von 28 Männern und Frauen im Alter von über 60 Jahren durchgeführt. Diese wurden in zwei Trainingsgruppen unterteilt. Eine Gruppe von 8 Personen bildete die Kontrollgruppe. Das 1RM wurde alle 25 Tage, 6 Monate lang evaluiert. Nach 25 Wochen zeigten sich bei der Kontrollgruppe keine Veränderungen in den Parametern (BMI, fettfreie Körpermasse, Fettmasse, maximale isometrische Kraft bei Knieextension/Ellbogenflexion). Im Gegensatz dazu kam es in beiden Trainingsgruppen zu einem signifikanten Anstieg der Kraft ohne wesentliche Unterschiede. Jedoch konnte nachgewiesen werden, dass Personen, welche das Training mit variablen Trainingsintensitäten besuchten, Fähigkeiten, die im Hinblick auf die Ausübung von Aktivitäten des täglich Lebens gebraucht werden, gegenüber der anderen Trainingsgruppe, stärker verbessern konnten. Die Autoren schließen aus der Studie, dass hochintensives Krafttraining maximal 3-mal pro Woche ausgeführt werden sollte, um einen guten Effekt zu erzielen. (Hunter et al., 2001)

Die genannten Studien sind nur ein kleiner Exzerpt von einer Menge an Studien, welche einen positiven Effekt von Krafttraining im höheren Alter nachweisen konnten. Es ist daher eindeutig wissenschaftlich belegt, dass die Trainierbarkeit von Kraft und Muskelmasse auch bis ins hohe Alter aufrecht erhalten bleibt. Da sich die vorliegende Arbeit aber mit der Fragestellung: „Krafttraining als Prävention von Stürzen“ auseinandersetzt, ist die Betrachtung der wissenschaftlichen Literatur zu diesem Thema von besonderem Interesse. Im folgenden Kapitel wird

nun die Relevanz von Krafttraining als Möglichkeit einer Sturzprophylaxe erläutert.

### **2.2.2 Krafttraining als Prävention von Stürzen**

Wie in der Einleitung beschrieben, sind Stürze bei Personen im höheren Lebensalter ein ernst zunehmendes Problem. Die Steigerung der Kraft und Aufbau von Muskelmasse ist auch im hohen Alter noch möglich.

Daraus kann folgende *Hypothese* abgeleitet werden: *Mit einem geeigneten Training ist es möglich, das Sturzrisiko und dementsprechend auch Verletzungen, welche als Folge eines Sturzes auftreten (Hüftgelenksfrakturen, Radiusfrakturen, subcapitale Humerusfrakturen), zu verhindern.*

Diese Behauptung soll anhand wissenschaftlicher Studien im folgenden Kapitel untermauert werden.

Bereits 1999 konnte Campbell et al. in einer Langzeitstudie über 2 Jahre festhalten, dass Stürze und Verletzungen mit einem individuellen Heimtrainingsprogramm reduziert werden können. Zu Beginn nahmen 233 Frauen im Alter von über 80 Jahren an der Studie teil. Davon absolvierten 116 Frauen ein Heimtrainingsprogramm und 117 Frauen stellten die Kontrollgruppe dar. Von den 233 Frauen nahmen nach einem Jahr noch 213 an der Studie teil. Das Heimtrainingsprogramm bestand aus Kraftübungen, Balancetraining und einem Gehtraining. Das Programm wurde 3-mal pro Woche durchgeführt und von einem Physiotherapeuten telefonisch verfolgt. Während des Jahres wurden Stürze und Verletzungen von den Probanden notiert. Innerhalb von 2 Jahren kam es in der Kontrollgruppe zu 220 Stürzen und in der Heimtrainingsgruppe zu 138 Stürzen. Das relative Risiko einen Sturz während der 2 Jahre zu erleiden, betrug für die Heimtrainingsgruppe verglichen mit der Kontrollgruppe 0,69. Somit ein um 31% verringertes Risiko einen Sturz zu erleiden. Die Studie zeigte damit, dass es durch ein Krafttraining und Balancetraining zu einer signifikanten Reduzierung von Stürzen kam. (Campbell et al., 1999)

Liu-Ambrose et al. verglichen die Effektivität von Krafttraining, Koordinationstraining und Dehnübungen, einzeln, bezüglich einer Reduktion des

Sturzrisikos bei Frauen im Alter von 75 bis 85 mit niedriger Knochendichte. Das Studiendesign war eine randomisierte, kontrollierte Single-blind, prospektive Studie über 25 Wochen. Die Teilnehmerinnen wurden jeweils einer Gruppe von insgesamt drei Gruppen zugeteilt. 32 Frauen wurden der Krafttrainingsgruppe, 34 der Koordinationstrainingsgruppe und 32 der „Dehngruppe“ zugeteilt. Die jeweiligen Interventionen wurden zweimal pro Woche durchgeführt.

Das Sturzrisiko der Probanden wurde im Laufe der Studie 3-mal mittels dem „Physiological Profile Assessment (PPA)“ des „Prince of Wales Medical Research Institute“ gemessen. Das PPA ist ein anerkanntes und zuverlässiges Instrument, um das Sturzrisiko bei älteren Menschen zu bewerten.

Das Krafttraining wurde mit hohen Intensitäten absolviert und das Ziel war ein Kraftzuwachs der unteren Extremität und des Stammes. Dafür wurden Kraftmaschinen und freie Gewichte sowie für einige Übungen nur das eigene Körpergewicht verwendet. Das Trainingsprogramm bestand aus 9 Übungen mit jeweils 2 Sätzen, zu je 10 bis 15 Wiederholungen bei 50-60% des 1RM in der ersten Woche. Die Intensität wurde kontinuierlich auf 75-85% des 1RM, bei 6-8 Wiederholungen pro Satz, in der 4. Woche gesteigert. Die Trainingsintensität wurde erhöht sobald 2 Sätze, von 6-8 Wiederholungen, mit einwandfreier Technik und ohne Schmerzen durchgeführt werden konnten. Von dieser Richtlinie waren Kniebeugen, Ausfallschritte und Extensionsübungen des M. gluteus maximus, ausgenommen. Das Koordinationstraining hatte eine Verbesserung der Hand-Augen-Koordination, Fuß-Augen-Koordination, des dynamischen Gleichgewichts und der Reaktionszeit zum Ziel. Ballspiele, Staffelläufe, Tanzbewegungen und Hinderniskurse wurden dazu verwendet. Das Dehnprogramm bestand aus Dehn-, sowie Entspannungsübungen.

Am Ende der Studie war das Sturzrisiko (PPA) um 57,3% in der Krafttrainingsgruppe, um 47,5% in der Koordinationsgruppe, aber nur um 20,2% in der Dehngruppe reduziert. Das gute Ergebnis der Krafttrainingsgruppe und der Koordinationsgruppe wurde in erster Linie durch eine Verbesserung der Körperstabilität und Körperschwankung erreicht. Ein Rückgang der Körperschwankung lässt sich vor allem durch den erreichten Kraftanstieg der unteren Extremität während des Trainings erklären. Die Tatsache, dass andere Studien keinen Zusammenhang von Krafttraining und einer Verbesserung der Körperschwankung beziehungsweise Balancefähigkeit nachweisen konnten,

sehen die Autoren darin begründet, dass die gewählten Intensitäten zu niedrig waren. Daraus schließen die Autoren, dass ein Krafttrainingsprogramm zur Verbesserung der Balancefähigkeit mit Intensitäten von 75-85% des 1RM durchgeführt werden sollten. (Liu-Ambrose et al., 2004)

2001 untersuchte Robertson et al. den Nutzen eines Heimtrainingsprogrammes im Hinblick auf die Prävention von Stürzen. An der randomisierten, kontrollierten Studie nahmen insgesamt 240 Frauen und Männer im Alter von über 75 Jahren teil. Die Teilnehmer wurden in 2 Gruppen zu je einer Gruppe von 121 Personen, welche das Trainingsprogramm absolvierten und zu einer Gruppe von 119 Personen, die als Kontrollgruppe fungierte, geteilt. Das Trainingsprogramm, welches von einer Fachkraft zusammengestellt und von einer ausgebildeten Krankenschwester überwacht wurde, bestand aus Übungen zur Verbesserung der koordinativen Fähigkeiten und einem progressiven Krafttraining. Dabei ist anzumerken, dass das Krafttrainingsprogramm ausschließlich mit Gewichtsmanschetten durchgeführt wurde. Die Trainingsgruppe konnte im Vergleich zur Kontrollgruppe eine um 46% reduzierte Sturzhäufigkeit über den Zeitraum der Studie aufweisen. Des Weiteren hatten Personen der Trainingsgruppe ein geringeres Risiko schwere Verletzungen nach einem Sturz zu erleiden. Robertson et al. gehen davon aus, dass besonders körperlich schwache Personen über 80 Jahre von diesem Trainingsprogramm profitieren.

Diese Ergebnisse konnte Robertson et al. in einer weiteren Studie, mit einer höheren Probandenanzahl nochmals bestätigen. (Kaeding, 2006)

Hauer et al. führte 2001 eine kontrollierte, randomisierte 3-monatige Studie mit einer zusätzlichen Untersuchung 3 Monate nach der Intervention durch.

Zweck der Studie war es, das Risiko und die Effektivität eines Kraft-, und Koordinationstrainings im Hinblick auf eine mögliche Reduzierung der Sturzhäufigkeit bei geriatrischen Patienten zu evaluieren. Dazu wurden 57 Frauen im Alter zwischen 75 und 90 Jahren, welche in der Anamnese einen Sturz und/oder Frakturen angaben, in die Studie aufgenommen. Die Patienten wurden in zwei Gruppen unterteilt. Die eine Gruppe absolvierte ein Krafttraining und Koordinationstraining 3-mal pro Woche für 3 Monate. Die zweite Gruppe stellte die Kontrollgruppe dar und nahm an einem Placebotraining teil. Kraft, Koordination,

motorische Fertigkeiten, psychologische Parameter sowie Sturzraten wurden mittels standardisierten Protokollen zu Beginn und am Ende der Intervention analysiert. Die Parameter der Patienten wurden 3 Monate nach der Studie nochmals kontrolliert.

Das Krafttraining bestand aus einem hochintensiven progressiven Krafttraining der funktionell wichtigsten Muskelgruppen. Die trainierten Muskelgruppen wurden mit einer Intensität von 70-90 % des 1RM trainiert. Um die Intensität aufrecht zu erhalten wurde das Gewicht bei jeder Trainingseinheit erhöht. Das Koordinationstraining bestand aus Gruppenspielen, Tanzbewegungen und Thai Chi.

Die Patienten der Interventionsgruppe konnten signifikante Zuwächse im Bereich der Kraft, motorischen Fertigkeiten und Balance erreichen. Die Verbesserungen persistierten während der 3-monatigen Pause und nahmen nur moderat ab. Patienten der Kontrollgruppe konnten keine Fortschritte erzielen. Die Sturzinzidenz in der Interventionsgruppe konnte zwar nicht signifikant, aber um 25% im Vergleich zur Kontrollgruppe gesenkt werden.

Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass progressives Krafttraining und progressives Koordinationstraining sichere und effektive Methoden sind, um Kraft, motorische Fertigkeiten sowie Balancefähigkeit zu verbessern. (Hauer et al., 2001) Daraufhin führte Hauer et al. 2002 eine 3-monatige, prospektive, randomisierte, Placebo-kontrollierte Studie mit einem 3-monatigen follow-up zum Thema „Intensives physikalisches Training bei geriatrischen Patienten nach schweren Stürzen und Hüftoperationen“ aus. In dieser Studie sollte nun herausgefunden werden, ob ein intensives, physikalisches Training bei Patienten, welche an den Spätfolgen eines Sturzes oder Hüftoperation litten, überhaupt anwendbar beziehungsweise effektiv sei.

Die Einschlusskriterien der Studie waren wie folgt:

- Hüftoperation
- Kürzlich erfolgter Sturz
- Alter über 75 Jahre
- Weibliches Geschlecht
- Bewilligung des Operateurs
- Einverständnis des Patienten

Patienten wurden aus der Studie ausgeschlossen, wenn sie neurologische Beeinträchtigungen, schwere kardio-vaskuläre Krankheiten, instabile oder terminale Erkrankungen, Depressionen, schwere kognitive Beeinträchtigungen oder schwere muskulo-skelettale Behinderungen aufzuweisen hatten. Am Ende des „Auswahlverfahrens“ nahmen 28 Personen an der Studie teil. 15 Personen bildeten die Interventionsgruppe und 13 Personen die Kontrollgruppe. Die Patienten der Interventionsgruppe absolvierten ein progressives Krafttraining der unteren Extremität, 3-mal pro Woche mit einer Intensität von 70-90% des 1RM sowie ein Koordinationstraining der Basisfunktionen wie Gehen, Treppensteigen und Balancieren 12 Wochen lang. Die Kontrollgruppe führte in der Zeit ein Placebotraining, welches aus leichter Gymnastik und Gedächtnisübungen bestand, durch. Die Muskelkraft der unteren Extremität sowie die motorischen Fertigkeiten wurden mittels geeigneter Testverfahren zu Beginn und am Ende der Intervention sowie 3 Monate danach, überprüft.

Am Ende der Studie konnte in der Interventionsgruppe ein signifikanter Anstieg der Muskelkraft sowohl in der von einer Fraktur und Operation in Mitleidenschaft gezogenen Seite der unteren Extremität, als auch in der nicht Betroffenen, nachgewiesen werden. In den motorischen Schlüsselfunktionen wie Gehen, Treppensteigen, Aufstehen und posturaler Kontrolle wurde ebenfalls eine signifikante Verbesserung in der Interventionsgruppe beobachtet.

Man bedenke, dass eine Verbesserung der Geschwindigkeit beim Treppensteigen (42%) und eine Verbesserung der Tritthöhe (50%) des betroffenen Beines bei alltäglichen Aktivitäten, wie zum Beispiel beim Einstieg in einen Bus, äußerst wichtig sind. Verbesserungen im Bereich der Kraft konnten zum Teil während der 3-monatigen Nachsorge erhalten bleiben. Einige Variablen der Kraft und motorische Fertigkeiten gingen nach Beendigung der Intervention aber wieder zurück. Hauer et al. plädieren daher für ein kontinuierlich angewandtes Trainingsregime.

Die Kontrollgruppe konnte keine Verbesserungen, sowohl im Kraftbereich als auch im Koordinationsbereich erzielen.

Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass ein progressives Krafttraining mit hoher Intensität und ein progressives Koordinationstraining sichere und effektive Methoden sind, um einen Kraftzuwachs und Verbesserungen der motorischen

Fertigkeiten während einer Rehabilitation, bei Patienten nach Hüftoperationen und mit sturzbedingten Verletzungen zu erzielen. (Hauer et al., 2002)

Diese Studie zeigt, dass ein intensives Krafttraining und Koordinationstraining nicht nur in der Primär- und Sekundärprävention von Stürzen nützlich sind, sondern auch in der Tertiärprävention mit Erfolg angewendet werden können.

### **2.2.3 Exzentrisches Krafttraining als Sturzprävention**

LaStayo et al. untersuchte die Auswirkungen eines progressiv, exzentrischen Trainings. An der Studie nahmen insgesamt 21 Personen im Alter von 70-93 Jahren teil. Eine Gruppe von 11 Personen führte ein rein exzentrisches Krafttraining an einem dafür veränderten Ergometer aus. Die übrigen 10 Personen absolvierten ein klassisches Krafttraining und bildeten die Kontrollgruppe. Das veränderte Ergometer war so modifiziert, dass ein Motor die Pedale in entgegengesetzte Richtung antrieb. Die Versuchspersonen mussten nun versuchen, der Kraft entgegenzuwirken. Dabei steigerte sich die Intensität von anfangs „sehr, sehr leicht bis zu mittelschwer“.

Da ein Skelettmuskel die größte Kraft bei exzentrischer, „bremsender“ Kraft erzeugen kann und hohe Kräfte, die in der Muskulatur wirken, Anreize für Muskelwachstum und Kraft darstellen, gehen die Autoren davon aus, dass durch ein exzentrisches Training größeres Muskelwachstum und größerer Kraftzuwachs erreicht werden könnte. Der Trainingsplan der Kontrollgruppe bestand aus einem klassischen Krafttraining mit Übungen für die untere Extremität mit je 10-15 Wiederholungen. Sobald das Gewicht subjektiv als leicht empfunden wurde, erhöhte sich der Widerstand insofern, als dass 6 bis 10 Wiederholungen als subjektiv „schwierig“ empfunden wurden. Der Trainingsplan wurde von beiden Gruppen über einen Zeitraum von 11 Wochen durchgeführt.

LaStayo et al. kamen zu dem Ergebnis, dass ein negatives Krafttraining zu einer größeren Steigerung der isometrischen Kraft der Knieextensoren und einer signifikanten Verbesserung der Gleichgewichtsfähigkeit im Vergleich zu einem klassischen Krafttraining führt. Das klassische Training führte zwar auch zu einer

Reduzierung des Sturzrisikos, jedoch konnte das exzentrische Krafttraining bessere Ergebnisse erzielen. (Kaeding, 2006)

#### **2.2.4 Krafttraining und Schnellkraftfähigkeit als Prävention von Stürzen**

In den letzten Jahren hat sich der Forschungsschwerpunkt bezüglich Veränderung des Kraftverhaltens im Alter verschoben. Zahlreiche Studien konnten einen altersbedingten Rückgang der Maximalkraft belegen. Neuere Studien setzen sich mit der Fragestellung von altersbedingten Veränderungen im Bereich des explosiven Kraftverhaltens auseinander. Wie in Kapitel 2.1 besprochen, führen degenerative Veränderungen im Alter zu einer stärkeren Verminderung der Schnellkraft als der Maximalkraft. Davon abgeleitet meinen Granacher und Gollhofer:

*„Von einem funktionellen Standpunkt aus betrachtet, hat die Schnellkraftfähigkeit sicherlich größeren Einfluss darauf, Stürze zu vermeiden als die Maximalkraft. Dies lässt sich damit begründen, dass die Zeit bis zum Erreichen der Maximalkraft zu lange ist, um einen Sturz erfolgreich zu verhindern. Somit wirkt sich in Stolpersituationen die Fähigkeit, schnell Kraft zu entwickeln effektiver auf die Vermeidung von Stürzen aus als das Vermögen, möglichst hohe Kraftwerte zu erzielen.“ (Granacher and Gollhofer, 2005, S.69)*

Von daher sind Studien/Überlegungen, welche explosiv ausgeführte Wiederholungen im Bereich eines Krafttrainings anwenden, von besonderem Interesse im Hinblick auf eine mögliche Sturzprophylaxe.

Der Annahme zugrunde liegend, dass explosive Schnellkraftfähigkeit der unteren Extremitäten, prognostisch bessere Aussagen über zukünftige Stürze als Kraft per se zulässt, führte Skelton et al. eine fallkontrollierte Studie von „Gestürzten“ versus „Nichtgestürzten“ Personen durch. Ziel der Studie war es, die Muskelkraft und Explosionskraft der unteren Extremität sowie eine Asymmetrie der unteren Extremitäten im Bereich der Explosionskraft und Kraft festzustellen. Dazu wurden 20 Frauen im Alter von über 65 Jahren, welche im vergangenen Jahr mindestens

dreimal gestürzt waren und 15 Frauen derselben Altersgruppe, welche keinen Sturz in der Anamnese angaben, in die Studie aufgenommen. Die Explosionskraft wurde mit dem „Nottingham Leg Extensor Power-Rig“ und die Muskelkraft mittels „KIN-COM Isokinetic Dynamometer“ gemessen. Folgende Muskelgruppen wurden für jede Extremität einzeln getestet: Quadrizeps, Beinbeuger, Plantarflexoren und Plantarextensoren.

Die Versuchsteilnehmer waren angehalten, jeden Sturz innerhalb der nächsten 12 Monate zu dokumentieren. Am Ende der Studie zeigte sich, dass beide Gruppen, sowohl „Gestürzte“ als auch „Nichtgestürzte“ eine signifikante Asymmetrie in der unteren Extremität, für den Bereich Kraft und Explosionskraft aufzuweisen hatten. Die Gruppe der „Gestürzten“ zeigte jedoch signifikant größere Asymmetrien in der unteren Extremität. Im Vergleich der schwächeren Seite der unteren Extremität zeigten die Gestürzten eine 24% geringere Explosionskraft als die Nichtgestürzten. Auch wurde in beiden Gruppen eine signifikante Asymmetrie für die Kraft in der unteren Extremität gefunden, aber diese war bei den Gestürzten überraschenderweise nicht signifikant größer. Skelton et al. kommen daher zu dem Schluss, dass eine schlecht ausgebildete Explosionskraft der unteren Extremität kombiniert mit einer Asymmetrie der unteren Gliedmaßen möglicherweise bessere Voraussagungen für zukünftige Stürze zulassen, als traditionelle Messungen der Kraft bei älteren Frauen. (Skelton et al., 2002)

Auch Hauer et al. vertreten die Meinung, dass neben der Maximalkraft die Rolle der Explosionskraft, speziell im Bereich der Beinextensoren, einen großen Stellenwert für verschiedene funktionelle Aktivitäten des täglichen Lebens bei älteren Personen einnimmt (Treppensteigen, Überqueren einer Straße, Verhinderung von Stürzen etc.). Deshalb sollte ein Krafttraining mit Methoden des Explosionstrainings, bei dem geringere Intensitäten, aber dafür maximale Geschwindigkeiten bei der Wiederholungsausführung verwendet werden, verbunden werden. Angesichts dieser Hypothese untersuchten Hauer et al. den Effekt eines 6-monatigen Krafttrainings, entwickelt um einerseits eine Steigerung der Kraft, andererseits auch der Explosionskraft zu erzielen. Dazu wurden Messungen jeweils 1 Monat vor Beginn, zu Beginn sowie 2, 4 und 6 Monate nach der Studie vorgenommen. Es wurden neuronale Aktivierungen mittels EMG von Agonisten und Antagonisten der Knieextensoren sowie Proportionen der

Muskelfaserareale von Typ I, IIa und IIb vom M. vastus lateralis sowie die maximale konzentrische 1RM und die maximale explosive isometrische Kraft der Knieextensoren gemessen. Insgesamt nahmen 42 gesunde Männer und Frauen teil. Diese wurden nach Alter und Geschlecht unterteilt. Es bildeten sich 4 Gruppen von je 10 männlichen Personen mittleren Alters (42± 2) M40, 11 weiblichen Personen mittleren Alters (39± 3) W40 sowie 11 männliche ältere Personen (72± 3) M70 und 10 weibliche ältere Personen (67± 3) W70, welche das 6-monatige Trainingsprogramm absolvierten.

Das Programm bestand aus einem Ganzkörpertraining, welches 2-mal pro Woche durchgeführt wurde. Zusätzlich wurden 2 Programme für die Knieextensoren pro Woche absolviert. Jede Trainingseinheit bestand aus 2 Übungen für die Beinextensoren (Beinpresse, Kniestrecker) und 4 bis 5 Übungen für die restlichen Muskelgruppen (Bankdrücken, Latzug,...) Alle Übungen wurden dynamisch (sowohl konzentrisch als auch exzentrisch) ausgeführt. Die Intensität wurde während der 6 Monate kontinuierlich gemäß dem 1RM angepasst. Während der ersten 2 Monate wurde mit einer Intensität von 50-70% des 1RM trainiert. Die Probanden bewältigten 3-4 Sätze pro Übung zu je 10-15 Wiederholungen. Im 3. Monat betrug die Intensität 50-60% und 60-70%, sowie 50-60% und 70-80% im 4. Monat. Die beiden Übungen für die Beinextensoren wurden nun mit 8-12 Wiederholungen pro Satz bei niedriger Intensität und 5-6 Wiederholungen pro Satz bei höherer Intensität durchgeführt. In den übrigen 4 Übungen wurden 3-5 Sätze mit je 10-12 Wiederholungen durchgeführt. Während der letzten 2 Monate (5-6. Monat) absolvierten die Probanden die beiden Übungen für die Beinextensoren, bei einer Intensität von 70-80% mit 3-6 Wiederholungen pro Satz und 50-60% mit 4-6 Wiederholungen pro Satz. Die anderen 4 Übungen wurden mit 3-5 Sätze mit je 8-12 Wiederholungen absolviert. Dabei wurden die Übungen für die Beinextensoren mit geringer Intensität nach dem Prinzip eines Explosionstrainings durchgeführt. Dazu wurden die Wiederholungen so explosiv/schnell wie möglich über den vollen Bewegungsumfang durchgeführt. Insgesamt machte der Anteil des Explosionstrainings circa 25 % des totalen Trainingsvolumens der Beinextensoren aus.

Das Trainingsprogramm führte bei allen Gruppen zu einer Steigerung der maximalen isometrischen und dynamischen Kraft, als auch zu einer Verbesserung der Explosionskraft in den Knieextensoren. Der Maximalkraftgewinn wurde von

einer signifikanten Zunahme der neuronalen Aktivität in den Agonisten begleitet, sowohl bei isometrischer als auch konzentrischer Bewegung. Des Weiteren wurde eine signifikante Reduktion der antagonistischen Koaktivität bei der maximalen Knieextension in der Gruppe der älteren Frauen gefunden. Das Trainingsprogramm führte auch zu einer signifikanten Zunahme der Typ I-Muskelfasern bei älteren Frauen und Typ II-Fasern bei Frauen beider Altersgruppen. Währenddessen Veränderungen in den männlichen Gruppen keine statistische Signifikanz erreichte. Darüber hinaus geht aus der Studie hervor, dass der individuell vorhandene prozentuale Anteil an Typ-II-Fasern stark mit dem individuellen Wert für Maximalkraft korreliert. Häkkinen ist der Ansicht, dass ein 2-mal durchgeführtes Training mit der geeigneten Intensität, welche kontinuierlich angepasst wird, ausreicht, um einen Effekt zu erzielen. Dies ist hinsichtlich der Motivation bei der Durchführung eines Trainingsprogramms von wesentlichem Interesse.

Die durch das Krafttraining erhöhten EMG-Amplituden, welche nachgewiesen wurden, könnten durch eine Zunahme der motorischen Alpha-Neurone und/oder mit Hilfe eine Zunahme der Feuerungsrate entstanden sein. Diese signifikanten Zunahmen, welche in den EMG-Aktivitäten während der ersten 500ms bei der Knieextension gemessen wurden, lassen darauf schließen, dass die Zunahmen im Bereich der Explosionskraft im trainierten Muskel anscheinend größtenteils durch eine trainingsinduzierte Zunahme von schnellen, neuronalen Aktivierungen der motorischen Einheiten entstanden sind. Dies trifft nicht nur für Personen mittleren Alters, sondern auch bei älteren Personen beider Geschlechts zu.

Somit sollten Beobachtungen, dass die Kapazität von Explosionskraft des neuromuskulären Systems sogar bei älteren Personen trainierbar bleibt, nach Häkkinen praktischen Wert erlangen und zum Beispiel im Rahmen von primären und sekundären Präventionen in physikalischen Rehabilitationprogrammen Einzug halten. (Häkkinen et al., 2001)

In der Literatur finden sich einige Studien zum Thema Explosionskrafttraining im Alter, aber nur wenige Publikationen, die sich mit der Frage der optimalen Intensität unmittelbar auseinandersetzen. Deswegen ist die nun folgende Studie von besonderer Relevanz.

De Vos et al. führten 2005 als Erste eine Studie zur Beantwortung der optimalen Trainingsintensität bei explosivem Schnellkrafttraining durch.

Dazu nahmen 112 Personen im Alter von 69 (+- 6 Jahren) an der kontrollierten Studie teil. Die Teilnehmer wurden zufällig einer von drei Trainingsgruppen, die entweder mit 20% des 1RM (G20), 50% des 1RM oder 80% des 1RM ein explosives Krafttraining durchführten oder einer Kontrollgruppe (CON) zugeteilt.

Die Maximalkraft (1RM) wurde mittels pneumatischer Kraftmaschinen (bilaterale horizontale Beinpresse, sitzendes Bankdrücken, bilaterale Beinextension, sitzende bilaterale Beincurls und Rudern sitzend) vor und nach der Studie sowie einmal wöchentlich zur Bestimmung der Intensität, gemessen. Die Schnellkraftfähigkeit (muscle power testing) wurde 30 Minuten nach der Maximalkraftbestimmung, bei 10 verschiedenen Intensitäten an denselben Maschinen, durchgeführt. Dazu wurden die Teilnehmer angehalten, die konzentrische Phase der WH so schnell wie möglich auszuführen und die exzentrische Phase langsam über drei Sekunden zu absolvieren. Die höchste gemessene produzierte Kraft wurde als (peak power) Schnellkraftfähigkeit notiert. Des Weiteren wurde die Muskelausdauerleistung 30 Minuten nach dem Schnellkrafttraining analysiert. Dazu wurden dieselben pneumatischen Trainingsgeräte verwendet. Die Teilnehmer mussten soviel Wiederholungen wie möglich, ohne Pause zwischen den Wiederholungen, durchführen. Die Intensität entsprach 90% des 1RM. Alle Messungen, mit Ausnahme der Maximalkraftmessung, wurden zu Beginn und am Ende der Intervention durchgeführt.

Die 3 Interventionsgruppen absolvierten das Explosionskrafttraining mit den jeweiligen Intensitäten 2-mal pro Woche für 8 oder 12 Wochen an denselben Maschinen, mit denen die zuvor angeführten Messungen durchgeführt wurden. Vier Wiederholungen mit ungefähr der Hälfte der jeweiligen Intensität wurden als neuromuskuläres Aufwärmtraining und zur psychologischen Vorbereitung durchgeführt. Am ersten Trainingstag der Woche (Dienstag) wurden 3 Sätze mit je 8 Wiederholungen absolviert. Am 2. Trainingstag jeder Woche (Donnerstag) wurde ein Maximalkrafttest, gefolgt von 2 Sätzen mit je 8 WH durchgeführt (1RM) und das Trainingsgewicht an die Maximalkraftleistung angepasst. Die konzentrische Phase der Wiederholung wurde wie berichtet, so schnell wie möglich und die exzentrische Phase über drei Sekunden ausgeführt. Zwischen

jeder WH und Übungswechsel wurde eine Pause von 10-15 Sekunden durchgeführt. Die Teilnehmer der Kontrollgruppe nahmen an keinem Training teil. Am Ende der Studie zeigte sich, dass die Schnellkraft signifikant und in fast gleicherweise in der Gruppe G80 (14%+-8%), G50 (15%+-9%) und G20 (14%+-6%) verglichen mit der Kontrollgruppe (3%+-6%) anstieg. Es konnte somit kein Unterschied hinsichtlich der Trainingsintensität auf die prozentuelle Steigerung der Schnellkraft aufgezeigt werden. Die absoluten Werte waren in der G50 zwar größer als in G20, aber die Werte von G80 und G50 waren ungefähr gleich groß. Im Vergleich zur Kontrollgruppe konnten alle Gruppen signifikant größeren absoluten und relativen Zuwachs im Bereich der Schnellkraft verzeichnen.

Des Weiteren machten alle Trainingsgruppen einen signifikanten absoluten und relativen Zuwachs im Bereich der Muskelkraft, im Vergleich zur Kontrollgruppe. Im Bereich der Muskelkraft zeigte sich jedoch eine signifikante Intensitätsabhängigkeit zwischen den Trainingsgruppen. Die G80-Gruppe konnte einen höheren Zuwachs erreichen als G50 und G50 einen höheren als G20. Die durchschnittliche Muskelkraftausdauerleistung konnte auch mit einer signifikanten Intensitätsabhängig vergrößert werden. G80 verzeichnete größere Zunahmen als G50 und G50 größere als G20.

In der Studie konnte gezeigt werden, dass absolute Veränderungen in der Schnellkraft mit Intensitäten von 50% des 1RM zu relativ gleichen Ergebnissen wie 80% des 1RM führten, aber beide größere absolute Zuwächse als mit einer Intensität von 20% erreichten. Daraus schließen die Autoren, dass niedrige Intensitäten unter 20% nicht optimal sind, um die Schnellkraftfähigkeit zu erhöhen. Darüber hinaus führt ein explosives, hochintensives Krafttraining zu den größten Steigerungen der Kraft und muskulären Ausdauerleistung bei älteren Personen als mit niedriger Intensität.

Demnach ist ein hochintensives, explosives Krafttraining derzeit die beste Strategie, um einen gleichzeitigen Zuwachs an Schnellkraft, Maximalkraft und lokaler muskulärer Ausdauerleistung bei alten Personen zu erreichen. (de Vos et al., 2005)

Im Unterschied dazu konnten Fielding et al. andere Ergebnisse für die Schnellkraftentwicklung bei einem explosiven, hochintensiven Krafttraining im

Vergleich zu einem langsam durchgeführten (klassischen) hochintensiven Krafttraining ihrer Studie beobachten. Insgesamt nahmen 30 ältere Frauen (73+-1 Jahre), welche funktionelle Einschränkungen aufwiesen und dadurch ein erhöhtes Sturzrisiko hatten, an der Studie teil. 15 Frauen absolvierten ein explosives hochintensives Krafttraining (HI), dreimal pro Woche für 16 Wochen. Bei jeder Trainingseinheit wurden 3 Sätze an der Beinpresse und Knieextensionen, mit je 8 Wiederholungen, bei einer Intensität von 70% des 1RM durchgeführt. Die Probanden wurden angehalten die konzentrische Phase der Übung so schnell wie möglich durchzuführen. Die Intensität wurde alle zwei Wochen neu, mittels 1RM-Messungen evaluiert. Im Gegensatz dazu, absolvierten die restlichen 15 Frauen das gleiche Training mit derselben Intensität und Dauer, aber mit einer langsam-moderaten Geschwindigkeit bei der konzentrischen Phase (LO). Die Maximalkraft (1RM) und Schnellkraft wurde alle 2 Wochen in beiden Gruppen analysiert.

Am Ende der Studie war der Zuwachs im Bereich der Maximalkraft für die Übungen Beinpresse und Knieextensionen in beiden Gruppen vergleichsweise ident. Jedoch konnte die HI-Gruppe einen signifikanteren Zuwachs der Schnellkraftfähigkeit als die LO-Gruppe bei der Beinpresse (3,7-mal höher) und bei der Knieextension (2,1mal höher) erzielen. Die größten Zuwächse der Schnellkraft wurden in den ersten 4 Wochen erzielt. Die Autoren vermuten daher, dass solch frühe Zuwächse vor allem auf eine Adaptation der Rekrutierung und Aktivierung von Motoneuronen zurückzuführen sind. Darüber hinaus sind auch Zunahmen an Typ-II-Muskelfasern dafür verantwortlich. Somit konnte in dieser Studie nachgewiesen werden, dass explosiv durchgeführte Wiederholungen mit einer Intensität von 70% besser die Schnellkraftfähigkeit bei älteren Frauen erhöht, als ein langsam durchgeführtes Training. (Fielding et al., 2002)

Caserotti et al. untersuchten die Auswirkungen eines hochintensiven-explosiven Krafttrainings bei 60-65-jährigen und 80-89-jährigen Personen. Diese Studie ist somit die erste Studie, welche die Auswirkungen eines explosiven Krafttrainings bei sehr alten Personen überprüft. Dazu wurden 65 gesunde Personen, welche körperlich moderat aktiv waren, aber kein Krafttraining in der Vergangenheit absolvierten, in die randomisierte kontrollierte Studie eingeschlossen. Das Alter der Probanden wurde in erster Linie deshalb so gewählt, weil in diesen Altersgruppen eine Abnahme der neuromuskulären Funktionen zu erwarten sind (Altersgruppe der 60-Jährigen) beziehungsweise neuromuskuläre

Funktionsstörungen schon eingetreten sind. (Altersgruppe der 80-Jährigen). Die Teilnehmer wurden einerseits in eine Trainingsgruppe (TG60 und TG80) sowie in eine Kontrollgruppe (KG60 und KG80) unterteilt. In Summe also 4 Gruppen. Die Kontrollgruppen nahmen an keiner Intervention teil. Die Trainingsgruppen absolvierten ein 12-wöchiges, progressives Explosionskrafttraining für die untere Extremität. Das Training wurde 2-mal pro Woche abgehalten. Des Weiteren wurden die maximale isometrische Muskelkraft (MVC), Schnellkraftkapazität (RFD), Impuls, maximale Muskelkraft während eines „countermovement jump“ (CMJ) und während einer unilateralen Beinextension (LEP) evaluiert.

Folgende Übungen wurden für die untere Extremität gewählt: bilaterale Kniegelenksexension, horizontale Beinpresse, bilaterale Kniegelenksflexion, Wadenheben und schräge Beinpresse. Für jede Übung wurden vier Sätze mit einer Intensität von 80% des 1RM (dementsprechend 8-10 Wiederholungen) bewältigt. Während der konzentrischen Phase der Wiederholung waren die Teilnehmer angehalten, das Gewicht so schnell wie möglich zu beschleunigen. Die exzentrische Phase jeder Wiederholung wurde mit einer langsamen bis moderaten Geschwindigkeit durchgeführt. Die Teilnehmer wurden dabei immer von einem professionellen Trainer beobachtet, der die Trainingstechnik überprüfte und die Teilnehmer verbal unterstützte. Vor dem Training erfolgte ein 10-minütiges Aufwärmtraining und der erste Satz jeder Übung diente als Aufwärmatz (Intensität von 35-40% des 1RM). Die Trainingsintensität wurde alle zwei Wochen mittels der „4 zu 8 Wiederholungsmethode“ angepasst. Dazu waren die Teilnehmer angehalten die Übung mit einer Intensität durchzuführen, die ihnen minimal 4 und maximal 8 Wiederholungen erlaubt. Danach wurde eine Trainingsintensität von 75-80% des 1RM korrespondierend mit 8-10 Wiederholungen als Trainingsintensität verwendet.

Die Schnellkraftfähigkeit, Impuls und maximale isometrische Kraft nahmen um jeweils 51%, 42% und 28% in der Gruppe TG80 und 21%, 18% und 18% in der Gruppe TG60 zu. Die CMJ-Sprunghöhe vergrößerte sich 18% bei TG80 und 10% bei TG60. Des Weiteren steigerte sich die LEP um 28% in der Gruppe TG80 und 12% in der Gruppe TG60.

Caserotti et al. gehen davon aus, dass die größeren relativen Zunahmen, welche bei der Gruppe TG80 beobachtet worden sind, auf das altersabhängige Defizit im neuromuskulären System am Beginn der Studie zurückzuführen ist.

(Caserotti et al., 2008)

Eine weitere Erkenntnis, die aus der Studie gewonnen werden kann, ist, dass ein explosives, hochintensives Krafttraining aller Ansicht nach sicher und sogar von Personen im Alter von über 80 Jahren gut toleriert wird.

#### **2.2.4.1 Literaturübersicht zu den Auswirkungen eines funktionellen und sensomotorischen Training im Alter**

Granacher et al. untersuchten die Auswirkungen eines sensomotorischen Trainings im Alter auf die Maximal- und Explosivkraft. Dazu nahmen 40 gesunde Männer im Alter von 60 bis 80 Jahren an der Studie teil. Diese wurden in eine Interventionsgruppe (20 Personen) und eine Kontrollgruppe (20 Personen) unterteilt. Die Teilnehmer der Interventionsgruppe nahmen an einem 13-wöchigen sensomotorischen Trainingsprogramm teil. In der ersten Woche der Trainingsphase wurden die Probanden mit den Trainingsgeräten vertraut gemacht. In den darauf folgenden 12 Trainingswochen absolvierten die Probanden das Trainingsprogramm 3-mal pro Woche. Die meisten Übungen wurden auf Airex-Matten der Firma Gaugler und Lutz sowie auf Kippbrettern und Therapiekreisel durchgeführt. Die Teilnehmer machten pro Trainingsgerät vier Sätze mit einer Dauer von jeweils 20 Sekunden. In den ersten Wochen konnten die Probanden eine Verbesserung insofern erzielen, als dass sie vom beidbeinigen Stand zum einbeinigen Stand auf sicherer Unterlage wechselten. In der 3. und 4. Trainingswoche konnten die Teilnehmer bereits einen einbeinigen Stand, mit einem Winkel im Kniegelenk (Standbein) von 30 Grad, absolvieren. Die Schwierigkeiten wurden kontinuierlich gesteigert und in der 12. und 13. Woche konnten die Teilnehmer einbeinig auf instabilem Untergrund mit in die Hüfte gestemmtten Händen, frei stehen. Die Kontrollgruppe nahm nur an den Messungen teil und absolvierte kein Training. Vor und nach dem 13-wöchigen Trainings wurden die Kraft-Zeitverläufe bei isometrischen Maximalkontraktionen der Beinextensoren, mit besonderer Berücksichtigung des Kraftanstieges, durchgeführt. Die Maximal- und Explosivkraft wurde an einer Beinpressmaschine (Freiburger Beinkraft-Messgerät) erfasst. Nach den 13 Wochen konnte die Maximalkraft in der Interventionsgruppe um 13,1% gesteigert werden. Die

maximale Steigerung der Kraft-Zeit-Kurve (Explosivkraft) konnte um 25% verbessert werden. Die Kontrollgruppe konnte keine Zuwächse erreichen. Die Autoren vermuten, dass die Steigerungen der Maximal- und Explosivkraft einerseits auf muskuläre Veränderungen als auch auf neuronale Anpassungen, zum Beispiel durch eine verbesserte intramuskuläre Koordination, zurückzuführen ist. Auch sehen Granacher et al. den Vorteil von einem sensomotorischem Training im Gegensatz zu einem Krafttraining, in einem geringeren materiellen oder finanziellem Aufwand und dass sensomotorische Übungen, höhere alltagsspezifische Relevanz aufweisen, als Übungen an Kraftmaschinen. Des Weiteren meinen Granacher et al.: *“Die vorliegenden Daten stützen bisherige Befunde, die zeigen, dass auch das neuromuskuläre System des älteren Menschen über ausreichend Plastizität verfügt, um auf geeignete Trainingsreize mit Anpassungserscheinungen der Maximal- und Explosivkraft zu reagieren.“* (Granacher, 2007, S. 449)

Auch Krebs et al. beschäftigte die Fragestellung, ob ein hochintensives funktionelles Training (bei denen Übungen zum Teil schnell ausgeführt wurden) einen höheren Nutzen als klassisches Krafttraining, im Hinblick auf dynamische Stabilität und Koordination, verzeichnen könnte. Dazu nahmen 15 Personen im Alter von 62 bis 85 Jahren, welche in einer ambulanten Rehabilitationseinrichtung in Behandlung waren, an der randomisierten, kontrollierten 6-wöchigen Studie teil. 6 Teilnehmer absolvierten ein progressives Krafttraining (3–5mal pro Woche), welches mittels elastischen Bändern zu Hause durchgeführt wurde. Die Teilnehmer wurden angehalten maximal 10 Wiederholungen unter größter Kraftanstrengung zu absolvieren. Wenn dies ohne große Kraftanstrengung möglich war, wurde die Intensität soweit gesteigert, dass nur mehr 6 Wiederholungen möglich waren. Dann wurde die Intensität (wieder bei 10 WH) erneut gesteigert. Die übrigen 7 Teilnehmer absolvierten ein funktionelles Training einmal pro Woche, welches ein neu entwickeltes bewegungskontrolliertes Programm darstellte. Dieses Programm beinhaltete Übungen, welche lokomotorische Aktivitäten des täglichen Lebens (z.B.: vom Stuhl aufstehen) simulierten und wurden in drei verschiedenen Geschwindigkeitsstufen durchgeführt (selbstgewählt, schnell und langsam). Die „Intensität“ (in diesem Fall die Übungsschwierigkeit) wurde zum Beispiel dadurch erhöht, dass die

Teilnehmer Objekte (Wasserflaschen) während des Gehens hielten, die Geschwindigkeit der Übung erhöht wurde, oder die Umgebung (Fußbodenoberfläche und Tritthöhe) verändert wurde. Des Weiteren wurden folgende Messwerte in der Studie erhoben:

- Bilaterale isometrische Kraft der unteren Extremität
- Kinematik und Kinetik des Körpers bei lokomotorische Aktivitäten des täglichen Lebens
- Gangart
- „chair rise“
- Körperschwankung im Stehen

Die Kraft im Bereich der unteren Extremität konnte in der Summe um 19%, verglichen mit den Ausgangswerten, gesteigert werden. Die Muskelgruppen mit der signifikantesten Steigerung waren Hüftabduktoren und Plantarextensoren. Es zeigte sich kein Unterschied zwischen der Krafttrainingsgruppe (KT) und der funktionellen Trainingsgruppe (FT) bezüglich der Kraftsteigerung. Auch im Bereich der maximalen und durchschnittlichen Gehgeschwindigkeit konnten beide Gruppen Zuwächse verzeichnen, doch hatte die FT-Gruppe eine 3-mal höhere Steigerung der Gehgeschwindigkeit verglichen mit der KT-Gruppe. Die KT-Gruppe konnte hingegen im Bereich der maximalen Armbewegung und Seitbewegungen beim Gehen bessere Ergebnisse als die FT-Gruppe verbuchen. Die Messwerte beim „chair rise“-Test zeigten keine signifikanten Unterschiede. Die KT-Gruppe konnte die Balancetests (Körperschwankung) besser bewältigen als die FT-Gruppe. Dieses Resultat begründen die Autoren damit, dass die KT-Gruppe lernte, ihre Muskeln besser zu kontrahieren und daher eine verbesserte „Steifigkeit“ erreichte und somit ruhiger Stehen konnten als Teilnehmer der FT-Gruppe. Aber diese Vorzüge konnte die KT-Gruppe bei lokomotorischen Fertigkeiten nicht „ausspielen“. (Krebs et al., 2007)

### **3 Material und Methoden: Statistik LKH Graz**

Eine weitere Methode, die dieser Arbeit zugrunde liegt, ist neben der Literaturrecherche eine Auswertung statistischer Daten.

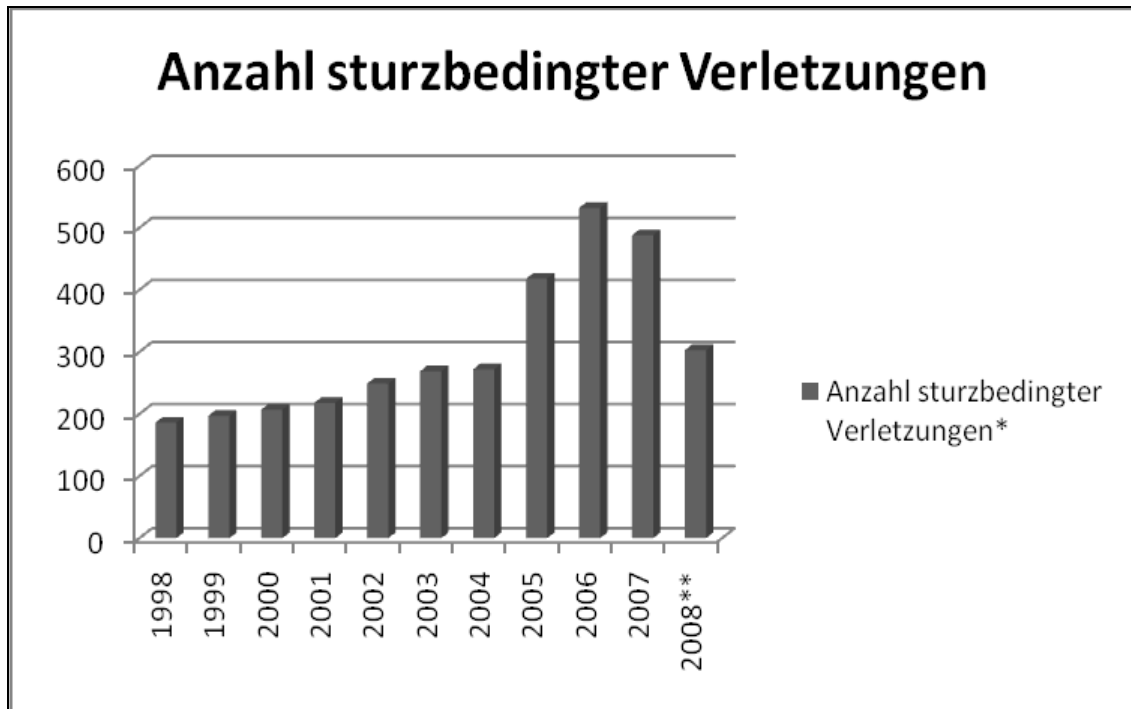
In Zusammenarbeit mit dem Institut für medizinische Informatik und Statistik wurden ambulante Befunde der letzten 10 Jahre (1.1.1998 bis 15.8.2008) an der Unfallchirurgie am LKH Graz auf sturzbedingte Frakturen im Bereich des proximalen Humerus, Femurs, Radius und speziell des Schenkelhalses durchsucht. Von besonderem Interesse waren subcapitale Humerusfrakturen, distale Radiusfrakturen und Schenkelhalsfrakturen, da diese Verletzungen typische Folgen von Stürzen, vor allem bei älteren Menschen sind. Des Weiteren wurden speziell Daten von Personen ab dem 60. Lebensjahr in die Untersuchung mit aufgenommen.

Die ICD-10 Codes, die in die Untersuchung miteinbezogen wurden, sind im Anhang aufgelistet.

Dazu wurden alle bis 2005 im KIS beziehungsweise ab 2005 im Medocs–System dokumentierten ambulanten Befunde, welche die oben genannten Diagnosen und Kriterien beinhalteten und im Zusammenhang mit einem Sturz entstanden sind, analysiert. Am Ende der Untersuchung entsprachen 3948 Befunde den gestellten Kriterien. Im Anschluss daran wurden die ausgewerteten Befunde nochmals analysiert und Befunde bei denen Fremdverschulden, Alkoholabusus, Sportunfälle, internistische und neurologische Krankheiten für den Sturz verantwortlich waren sowie Befunde ohne erhebbare Anamnese aus der Untersuchung ausgeschlossen. Am Ende wurden 3341 Daten in die Auswertung miteinbezogen.

Eine Fragestellung, die damit beantwortet werden sollte, war, ob es in den letzten 10 Jahren aufgrund der demographischen Entwicklung, im Bereich der Steiermark zu einer Zunahme an sturzbedingten Verletzungen bei Personen im höheren Lebensalter gekommen ist.

### 3.1 Anzahl sturzbedingter Verletzungen



**Tabelle 2 Anzahl sturzbedingter Verletzungen**  
\*ICD-10 Codes, siehe Anhang; \*\* Stand 15.8.2008

In Tabelle 2 ist die Anzahl an sturzbedingten Verletzungen der letzten 10 Jahre tabellarisch angeführt. Der vermeintlich plötzliche Zuwachs im Jahr 2005 lässt sich aller Wahrscheinlichkeit nach mit der Umstellung der Dokumentationsprogramme (KIS wurde 2005 durch Medocs abgelöst) erklären. Dieser Anstieg könnte durch eine genauere Dokumentation der Patientendaten und Fälle im Medocs System erklärbar sein.

Betrachtet man daher die Systeme beziehungsweise Jahre getrennt voneinander, lässt sich eine Steigerung von sturzbedingten Verletzungen von 1998 bis 2004, als auch ein Wachstum von 2005 bis 2007 erkennen.

Kam es im Jahre 1998 noch zu 186 sturzbedingten Frakturen, waren es im Jahr 2004 schon 272.

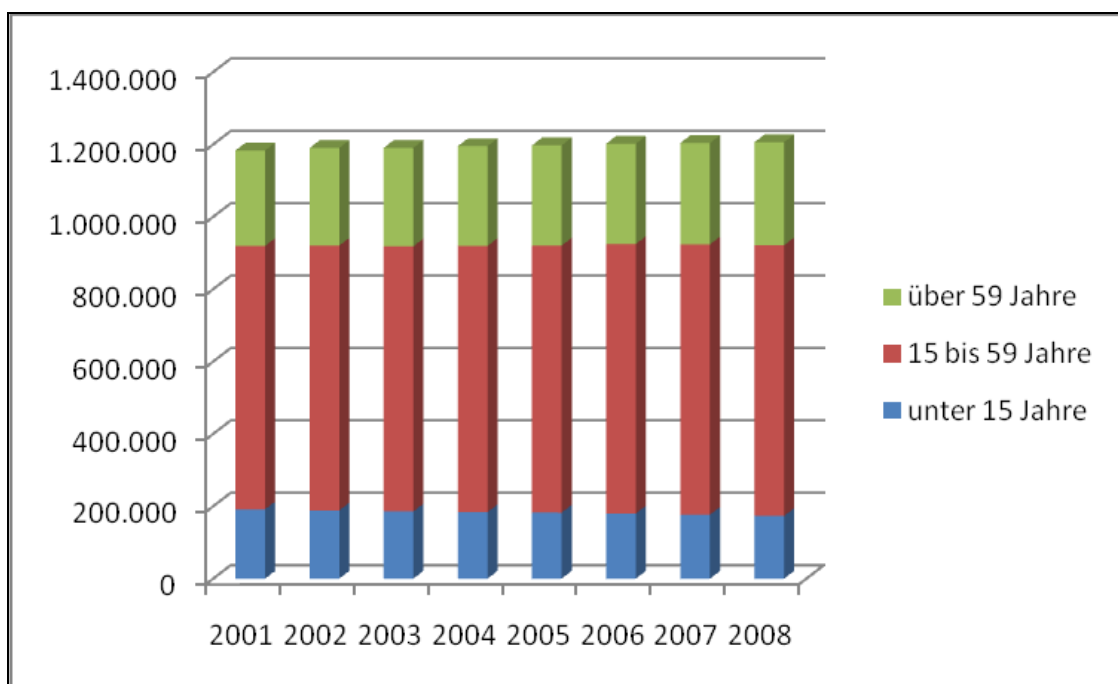
Ab 2005 wurde auch eine Steigerung von sturzbedingten Verletzungen verzeichnet (2005: 418, 2006: 532, 2007: 488).

Trotz der Schwierigkeit einer genauen Interpretation der Daten durch den Wechsel des Dokumentationssystems kann eine Steigerung der sturzbedingten

Verletzungen im Verlauf der letzten 10 Jahre in der Tabelle 2 dennoch gut aufgezeigt werden.

Vor diesem Hintergrund ist eine Betrachtung der steirischen Bevölkerungsstruktur insofern interessant, da der Anstieg der letzten 10 Jahre mit einer Zunahme der älteren Bevölkerung in Zusammenhang gebracht werden könnte. Dazu ist in Tabelle 3 die Bevölkerungsstruktur der letzten 8 Jahre veranschaulicht.

### 3.2 Bevölkerungsstruktur der Steiermark



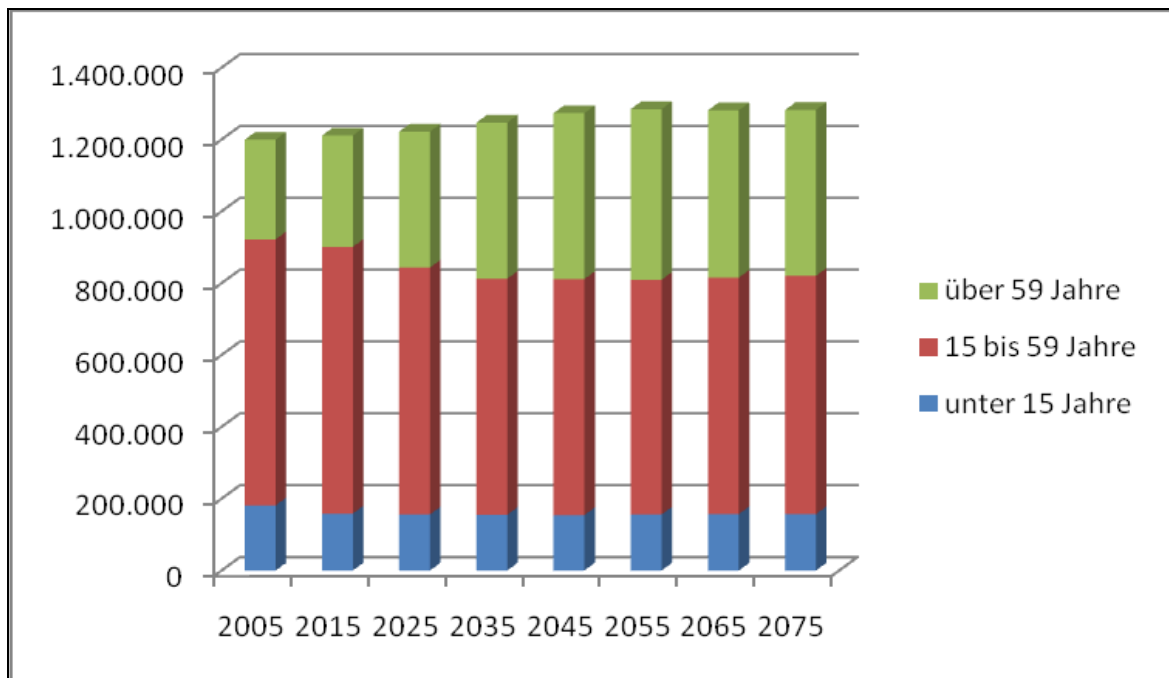
**Tabelle 3 Bevölkerungsstruktur der Steiermark**

Quelle der Daten: steirische Statistiken, Heft 1/2008 (Mayer, 2008)

Im Jahr 2001 waren 263.786 Personen über 59 Jahre alt und im Jahr 2007 bereits 280.343. Der Altersdurchschnitt betrug 2001 40, 2 Jahre und steigerte sich in den letzten Jahren auf 41,8 Jahre (Stand 2007).

Die Zunahme der älteren Bevölkerung (über 59-Jährigen) wächst im Vergleich zu den unter 59-Jährigen in kommenden Jahrzehnten noch stärker als bisher.

Vergleicht man weiter das Verhältnis von über 59-jährigen Personen mit dem unter 15-Jährigen, so ist ein Rückgang der unter 15-Jährigen ersichtlich. Dies ist in Tabelle 4 gut zu erkennen.



**Tabelle 4 Prognose Bevölkerungsstruktur der Steiermark:**  
 Quelle der Daten: steirische Statistiken, Heft 1/2008 (Mayer, 2008)

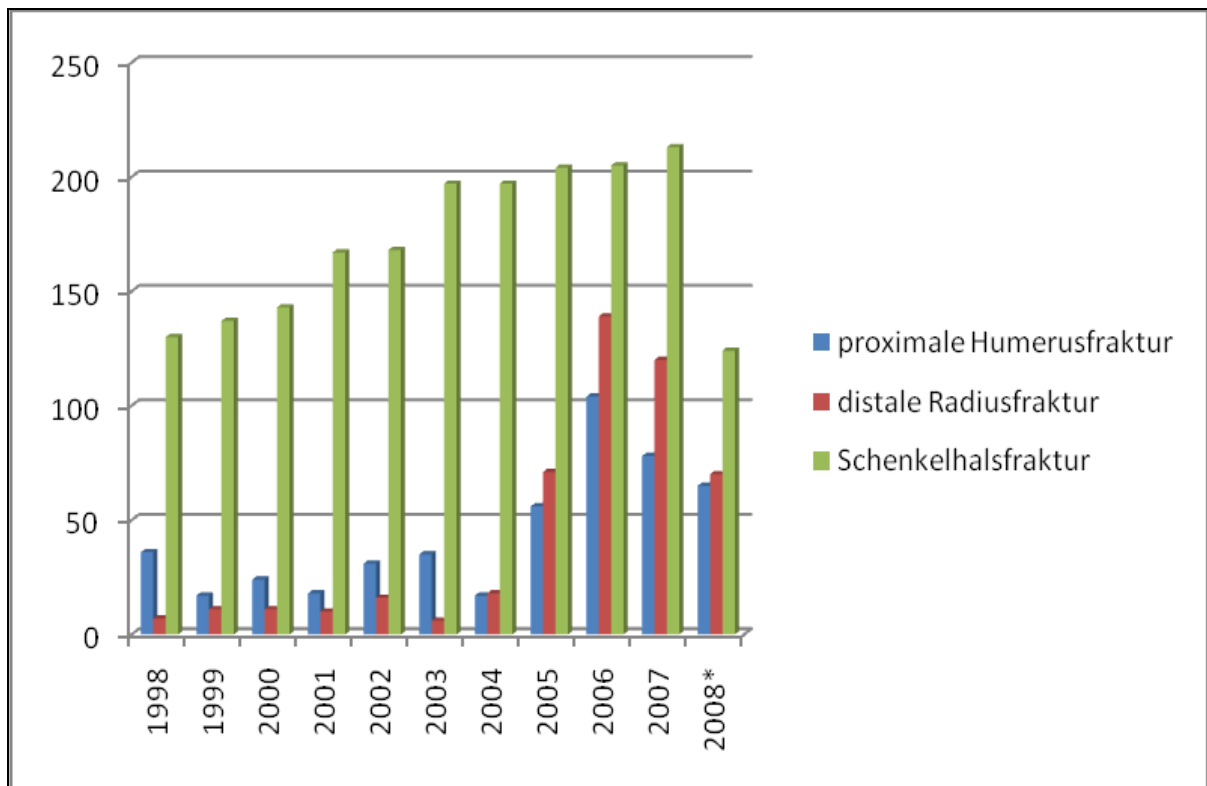
Geht man davon aus, dass das Wachstum an sturzbedingten Verletzungen und den daraus entstehenden Folgen, wie in den vorherigen Kapiteln beschrieben, durch die Zunahme der älteren Bevölkerungsschicht zu erklären ist, sollten gezielte Präventionsprogramme etabliert werden, um diese Zunahme zu verhindern beziehungsweise zu bremsen. Auch in Anbetracht der schlechten und in Zukunft immer schwieriger werdenden Finanzierbarkeit des Gesundheitssystems sollten Präventionsprogramme im Allgemeinen vermehrt Berücksichtigung finden.

### **3.3 Sturzbedingte Frakturen: „loco typico“**

In Folge eines Sturzes können unterschiedliche Verletzungen auftreten. Bestimmte Verletzungen sind aber gehäuft nach einem Sturz, vor allem bei alten Personen, zu verzeichnen. Dazu zählen:

- distale Radiusfrakturen
- proximale/subcapitale Humerusfrakturen
- Schenkelhalsfrakturen

Um die Häufigkeiten dieser Verletzungen im Verlauf der letzten 10 Jahre am LKH Graz aufzuzeigen, wurden die gesammelten sturzbedingten Verletzungen mit den Diagnosen (siehe Anhang) noch einmal auf die oben angeführten Diagnosen begrenzt. Das Ergebnis ist in Tabelle 5 dargestellt.



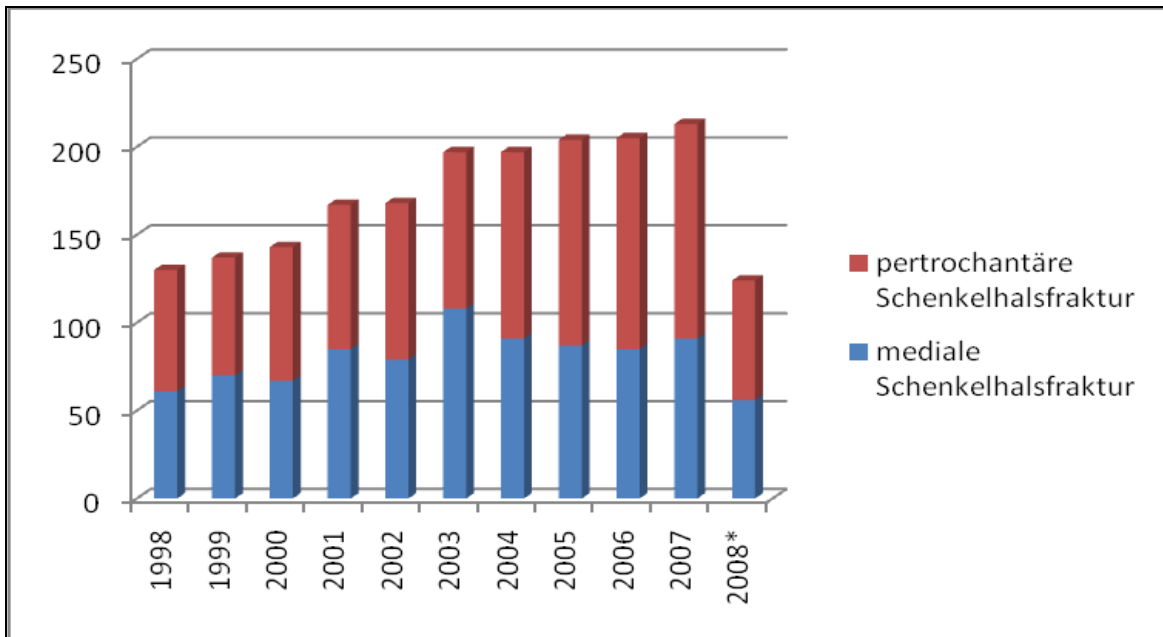
**Tabelle 5 sturzbedingte Frakturen "loco typico" am LKH Graz im Verlauf der letzten 10 Jahre**  
\*Stand 15.8.2008

Hieraus lassen sich gut die „Sonderstellung“ der Schenkelhalsfraktur und ihre Häufigkeit im Vergleich zu anderen sturzbedingten Frakturen erkennen. Es ist eine Steigerung von 1998 bis 2007 zu erkennen. Im Vergleich dazu kann ein Wachstum in den letzten 10 Jahren für distale Radiusfrakturen nicht eindeutig gezeigt werden. Ab 2005 ist hingegen ein Trend nach oben zu erkennen.

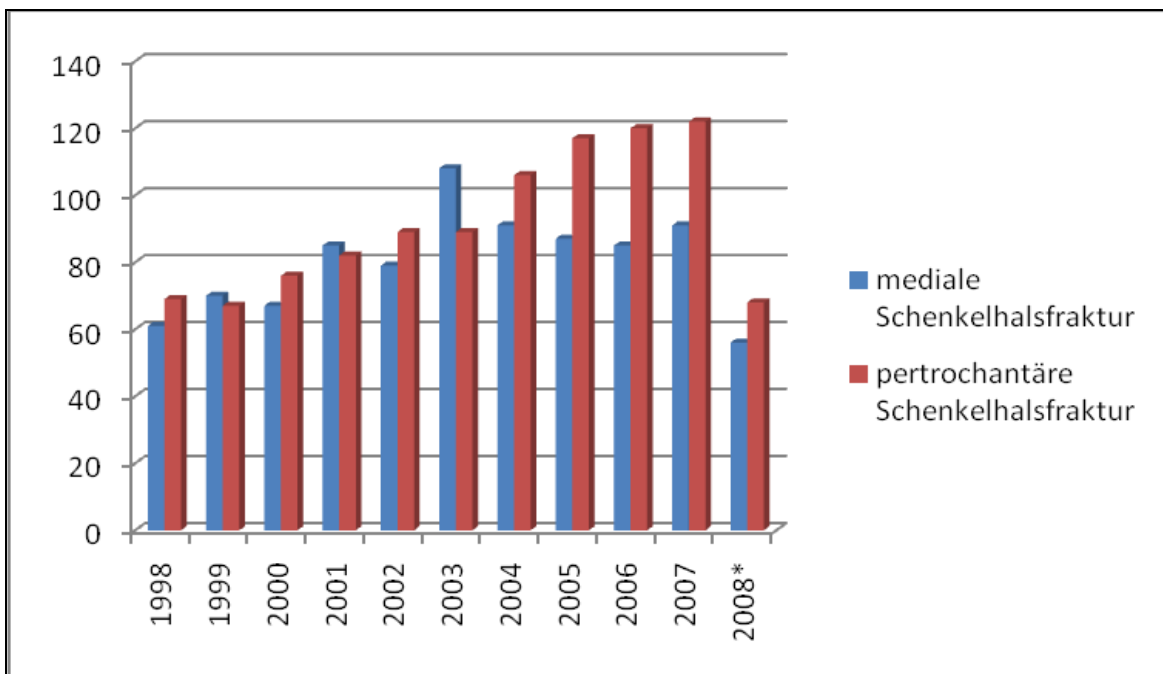
Die proximale Humerusfraktur ist bis 2004 die zweithäufigste Verletzung ohne eindeutige Steigerung im Verlauf von 1998 bis 2004 und ist ab 2005 an dritter Stelle. Dies kann eventuell durch die Umstellung der Dokumentationssysteme erklärt werden.

Da die Schenkelhalsfraktur einen großen Stellenwert bei den sturzbedingten Verletzungen einnimmt, wird in Tabelle 6 und 7 eine genauere Aufteilung der

Schenkelhalsfrakturen (mediale versus pertrochantäre Schenkelhalsfrakturen) dargestellt.



**Tabelle 6 mediale vs. pertrochantäre Schenkelhalsfrakturen I**  
\*Stand 15.8.2008



**Tabelle 7 mediale vs. pertrochantäre Schenkelhalsfrakturen II**  
\*Stand 15.8.2008

Aus den Tabellen 6 und 7 ist ersichtlich, dass mediale und pertrochantäre Schenkelhalsfrakturen bis 2002 nahezu gleich häufig auftraten. Ab 2005 ist eine relative Steigerung der pertrochantären Schenkelhalsfraktur im Vergleich zur medialen Schenkelhalsfraktur zu erkennen. Dies könnte eventuell mit dem Wechsel des Dokumentationssystems (KIS → Medocs) erklärt werden.

### 3.4 Geschlechterverteilung

Sortiert man die gewonnenen 3341 Patientendaten nach Geschlecht ergibt sich folgende Verteilung (Abbildung 9):

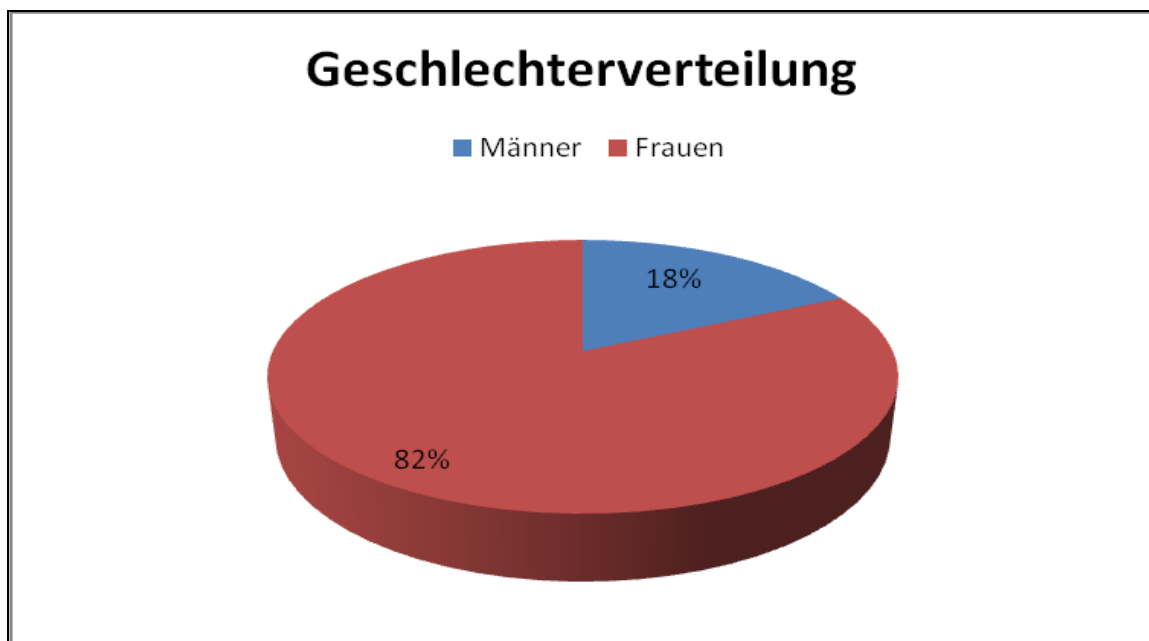


Abbildung 9 Geschlechterverteilung sturzbedingter Verletzungen

Somit waren von den 3341 Patientendaten 2745 Frauen und lediglich 596 Männer. Dies veranschaulicht, dass sturzbedingte Verletzungen im höheren Lebensalter vor allem ein Problem des weiblichen Geschlechtes sind. Frauen haben im Vergleich zu Männern einen geringeren Muskelmasseanteil und sie verlieren auch im Unterschied zum männlichen Geschlecht nach der Menopause prozentuell mehr Muskelmasse. Daraus ergibt sich, dass vor allem Frauen von einem Präventionsprogramm profitieren würden.

## 4 Ergebnisse

Als Ergebnis der vorliegenden Arbeit wird nun ein Trainingsplan vorgestellt, der die Grundlage für folgende *Hypothese* bildet:

*„Bei Durchführung des Trainingsplans im Rahmen eines Sturzpräventionsprogrammes sollte es zu einer Reduktion der Sturzhäufigkeit und der daraus entstehenden Folgen, bei Menschen im höheren Lebensalter kommen“.*

Diese Hypothese ist das Fundament einer weiteren wissenschaftlichen These, in der die Validität dieser Aussage überprüft werden soll.

Der Trainingsplan entstand auf Grundlage der wissenschaftlichen Erkenntnisse zum Thema Sturzprävention, welche mittels Literaturrecherche und Interviews mit Experten gewonnen wurden. Im folgenden Kapitel werden nun die einzelnen Komponenten des Trainingsplanes genau erläutert und begründet. Der Trainingsplan ist im Kapitel 4.4 detailliert angeführt.

### 4.1 Komponenten des Trainingsplans

Nach intensiver Literaturrecherche zeigt sich, dass ein geeigneter Trainingsplan zur Prävention von Stürzen sowohl Komponenten des Krafttrainings als auch des Balancetrainings vereinen sollte, um optimale Ergebnisse zu erzielen.

Da es im zunehmenden Alter zu einem größeren Verlust der Schnellkraftfähigkeit als der reinen Maximalkraft kommt und in Sturzsituationen schnelle, reflexartige Bewegungen benötigt werden, wird der nun vorgestellte Trainingsplan Komponenten des explosiven Krafttrainings beinhalten. Des Weiteren zeigte sich in zahlreichen Studien, dass hochintensive Trainingsintensitäten zu den besten Resultaten führten. (de Vos et al., 2005; Caserotti et al., 2008)

Ziel eines jeden Trainingsplanes ist es, eine Steigerung der Leistungsfähigkeit zu erzielen. Dies wird durch eine im Verlauf der Trainingsperiode kontinuierliche Änderung der Trainingsvariablen (Gewicht, Wiederholungen, ...) erreicht.

Abgekürzt handelt es sich bei dem im Trainingsprogramm verwendeten Krafttraining um ein *explosives, hochintensives, progressives Krafttraining*.

Ein weiteres essentielles Element des Trainingsplanes ist das Balancetraining. In einer aktuellen Meta-Analyse von Sherrington et al. in der unterschiedliche Sturzpräventionsprogramme auf ihre Wirksamkeit untersucht wurden, zeigte sich, dass ein Balancetraining ein unerlässlicher Faktor eines jeden erfolgreichen Sturzpräventionsprogramms ist. Sturzpräventionsprogramme, welche Komponenten des Krafttrainings und Balancetrainings vereinen, sind laut Angaben von Sherrington in der Lage, Sturzraten bei älteren Personen um durchschnittlich 17% zu reduzieren. Die besten Ergebnisse erzielten Trainingsprogramme, welche ein intensives Balancetraining, eine hohe Anzahl an Übungen, einen Umfang von mindestens 50 Trainingsstunden pro Trainingsperiode (Interventionszeitraum) sowie kein „walking program“ beinhalteten. Als erfolgreiches Beispiel für die Wirksamkeit eines Sturzpräventionsprogrammes kann das Otago Exercise Programme genannt werden. Dieses Trainingsprogramm ist praktikabel und sicher für alte Personen. Es konnte eine Reduktion von Stürzen und sturzbedingten Verletzungen um 35% erreicht werden. Dies ist ein beachtliches Ergebnis wenn man bedenkt, dass andere Studien eine Sturzreduktion von durchschnittlich „nur“ etwa 17% erreichten. (Sherrington et al., 2008)

Das Otago Trainingsprogramm verwendete ein Balancetraining, welches aus 12 Übungen mit verschiedenen Schwierigkeitsstufen besteht, in Kombination mit einem „Walking-“, und Krafttraining. Das Krafttraining bestand aus 5 Übungen für die untere Extremität und wurde mittels Gewichtsmanschetten durchgeführt. Der „walking plan“ wurde 2-mal pro Woche für jeweils 30 Minuten absolviert. (Campbell and Robertson, 2003)

Es stellt sich somit die Frage, welche Komponente des Trainingsplanes beziehungsweise welche Kombination so ausschlaggebend für dieses Ergebnis war.

Vergleicht man nun den Trainingsplan mit den Ergebnissen der Meta-Analyse von Sherrington et al. lässt sich vermuten, dass die Kombination von Balancetraining

und Krafttraining entscheidend für dieses Resultat war, da der Nutzen eines „walking“ Programmes für ein Sturzpräventionsprogramm als nicht sinnvoll erachtet werden kann. Im Gegenteil, es sollte sogar ausdrücklich darauf verzichtet werden.

Die Übungen des Krafttrainingsprogramms wurden mit einer moderaten Intensität und langsamen Bewegungsausführung durchgeführt. Aus der Literaturrecherche ergibt sich jedoch, dass Krafttrainingsprogramme hohe Intensitäten und Komponenten des Schnellkrafttrainings verwenden sollten (siehe Kapitel 2), um bestmögliche Ergebnisse zu erzielen.

Aus diesem Grund lässt sich vermuten, dass das Balancetraining den wichtigsten und ausschlaggebendsten Stellenwert im Otago exercise programme einnimmt. Das Balancetraining besteht aus 12 Übungen mit jeweils 4 unterschiedlichen Schwierigkeitsstufen.

Der große Vorteil des Otago-Balancetrainings liegt folglich darin, dass es möglich ist, das Balancetraining progressiv zu gestalten, da der Proband sobald er ein Level erreicht hat, neuen Reizen beziehungsweise Intensitäten ausgesetzt werden kann. Des Weiteren sind die erbrachten Trainingsleistungen der Probanden gut objektivierbar, respektive messbar. In den meisten Trainingsprogrammen, die in der Literatur genannt werden, ist eine solche „Objektivierbarkeit der Leistung“, leider oft nicht möglich. Ballspiele, Thai-Chi oder Tanzübungen haben bestimmt ihre Berechtigung, doch können einzelne Fortschritte der Probanden so nur schwer gemessen werden.

Somit könnten Komponenten des Balancetrainings in Anlegung an das Otago Trainingsprogrammes, in Verbindung mit einem explosiven, hochintensiven, progressiven Krafttraining eventuell optimale Resultate, im Sinne von einer Sturzreduktionsrate von 35% und mehr erzielen.

Die Vorträge, insbesondere von Dawn Skelton, im Rahmen des Berzelliumssymposium 77 mit dem Titel „Prevention of falls and injuries in older people“, welches vom 6. bis 7. November in Stockholm abgehalten wurde, bekräftigen meine Ansicht, dass ein solcher Trainingsplan erfolversprechend ist. (Skelton, 2008)

Der Diplomarbeit zugrunde liegender Trainingsplan ist somit ein:

*explosives, hochintensives, progressives Krafttraining in Verbindung mit einem progressiven Balancetraining.*

Der genaue Trainingsplan ist im Kapitel 4.4 angeführt.

Im Kapitel 5.2 möchte ich eine interessante beziehungsweise Idee zur Durchführung eines Sturzpräventionsprogrammes vor allem im Hinblick auf das Balancetraining diskutieren. Es wäre interessant, diesen Gegenvorschlag in das genannte Trainingsprogramm zu integrieren beziehungsweise anstatt des oben genannten Otago-Balancetrainings zu ersetzen.

## **4.2 Häufigkeit und Dauer**

Bei der Wahl der geeigneten Trainingshäufigkeit pro Woche gibt es unterschiedliche Ansätze. Ein explosives, hochintensives, progressives Krafttraining sollte mindestens einmal jedoch maximal dreimal pro Woche durchgeführt werden. (Hunter et al., 2001)

Eine zu häufige Trainingsbelastung birgt die Gefahr des Übertrainings. In Anbetracht der Tatsache, dass das vorliegende Trainingsprogramm zusätzlich Komponenten des Balancetrainings beinhaltet, scheint ein 2-mal pro Woche durchgeführtes explosives, hochintensives Krafttraining mit mindestens 48 Stunden Pause zwischen den einzelnen Einheiten am sinnvollsten. Auch der Umstand, dass eventuell die Motivation und Compliance für ein 2-mal pro Woche durchgeführtes intensives Krafttraining größer ist als für häufigere Trainingseinheiten, ist ein nicht zu vernachlässigender Faktor.

Das Balancetraining sollte hingegen so oft wie möglich absolviert werden und am besten in den Alltag integriert werden. Es sollte zumindest 2-mal pro Woche von den Probanden absolviert werden. Da das Balancetraining keine zusätzlichen Gerätschaften benötigt, kann es von den Personen zu Hause, in Seniorenheimen oder sonstigen Pflegeeinrichtungen mittels Protokoll leicht durchgeführt werden.

Sherrington et al. kommen zu dem Schluss, dass die Dauer eines 2-mal pro Woche durchgeführten Trainings mindestens über einen Zeitraum von 25 Wochen

gehen sollte (mindestens 50 Trainingsstunden pro Trainingsperiode). (Sherrington et al., 2008)

Geht man davon aus, dass das Balancetraining und Krafttraining jeweils 2-mal pro Woche absolviert wird und eine vorherige „Eingewöhnungsphase“ (langsame Steigerung der Trainingsbelastung) notwendig ist, scheint eine 12-16wöchige Dauer der Trainingsperiode als sinnvoll.

### **4.3 Übungen und Intensität**

Das explosive, hochintensive, progressive Krafttraining besteht in erster Linie aus Übungen für die untere Extremität und des Rumpfes, da eine verminderte Muskelmasse in diesen Bereichen mit einem erhöhten Sturzrisikos einhergehen. Im Sinne eines ausgewogenen Trainings könnten zusätzlich noch ein bis zwei Sätze (Bankdrücken, sitzendes Rudern, Schulterpresse) pro Trainingseinheit für den Oberkörper absolviert werden. Diese Übungen sind für die Umsetzung eines Sturzpräventionsprogrammes jedoch nicht obligat. Da die Durchführung der genannten Übungen weitere Zeit und Anstrengungen benötigt, sollte dies individuell abgewogen werden.

Neben der Auswahl der Übungen stellt sich die Frage, ob freie Gewichte oder Maschinen verwendet werden sollten. Der Vorteil von freien Gewichten besteht darin, dass zusätzlich koordinative Fähigkeiten mit trainiert werden. Im Hinblick auf ein Sturzpräventionsprogramm eine gute Möglichkeit Balance- und Krafttraining zu kombinieren. Auf der anderen Seite verlangt ein Training mit freien Gewichten meist eine lange „Anlernphase“ speziell bei Personen, welche zuvor noch nie ein Krafttraining absolviert haben. Häufig wird ein Training mit freien Gewichten bei älteren Personen, aus Angst vor vermehrten Verletzungen, vermieden. Knobl et al. konnten eine vermehrte Verletzungsrate in ihrer Studie, wie in Kapitel 2.2.1 beschrieben, jedoch nicht beobachten. Das Training an Maschinen hat somit den Vorteil, dass keine „Techniken“ zuvor gelernt werden müssen und dadurch höhere Belastungen möglich sind. Gerade im Hinblick auf das explosive Krafttraining, bei dem die konzentrische Phase der Übungsausführung „so schnell wie möglich“, explosionsartig auszuführen ist, eignen sich maschinengestützte Übungen gerade zu Beginn der Trainingsphase besser als freie Gewichte. Im Sinne eines

progressiven Trainings könnten jedoch maschinengestützte Übungen im weiteren Verlauf durch freie Gewichte ersetzt werden.

Das explosive Schnellkrafttraining setzt sich daher aus folgenden gerätegestützten Übungen zusammen, welche genau in der genannten Reihenfolge zu absolvieren sind (für die genaue Beschreibung der Übungsabläufe siehe Kapitel 4.4):

Übungen für die untere Extremität:

1. Vertikale Beinpresse
2. Bilaterale Knieextension
3. Bilaterale Knieflexion
4. Wadenheben stehend (Plantarflexion)
5. Plantarextensionsübung

Übungen für den Rumpf:

1. Hüftbeuger
2. Bauchpresse
3. Rückenstrecker

Übungen für den Oberkörper (optional):

1. Bankdrücken
2. Sitzendes Rudern
3. Schulterpresse

Die Übungen sollen mit einer Intensität von 80% des 1RM ausgeführt werden. Das entspricht einer Wiederholungszahl von 6-10. Somit muss vor Beginn der Trainingsperiode das 1RM bestimmt werden. Des Weiteren sollte das 1RM alle 2 Wochen neu evaluiert werden und das Trainingsgewicht dem aktuellen Maximalkraftwert angepasst werden. Dadurch ist eine Progression der Trainingsbelastung möglich. Die Überprüfung der Maximalkraft kann bei älteren Menschen aufgrund einer erhöhten Verletzungsgefahr auch mittels der 3RM („three repetition maximum“) Methode durchgeführt werden. Das 3RM entspricht in etwa 93% des 1RM. (Granacher, 2003)

Die Übungsausführung ist von besonderer Wichtigkeit. Im Gegensatz zu einem klassischen Krafttraining wird bei dieser Trainingsform die konzentrische Phase der Übung explosionsartig, das heißt "so schnell wie möglich" durchgeführt. Dazu sollte der Proband mittels Kommando verbal unterstützt werden („1, 2,3, Los“). Die exzentrische Phase der Übung sollte hingegen mit moderater bis langsamer Geschwindigkeit (3-4 Sekunden) absolviert werden.

Zu Beginn der Trainingsphase können je nach körperlicher Leistungsfähigkeit des Probanden auch kurze Pausen (10 Sekunden) zwischen den einzelnen Wiederholungen erfolgen. Auch die Pausenzeiten zwischen den einzelnen Sätzen und Übungen sollten individuell gestaltet werden und nicht nach einer strikten Vorgabe erfolgen.

Vor jedem Training erfolgt ein 10-minütiges Aufwärmtraining. Je nach Verfügbarkeit entweder mittels Fahrradergometer, Stepper oder Laufband. Zusätzlich erfolgt zumindest der erste Satz einer Übung mit leichtem Gewicht, (50% des 1RM) um die zu trainierende Muskelgruppe aufzuwärmen.

Das Balancetraining besteht in Anlehnung an das Otago exercise programme aus 12 Übungen und unterteilt sich in 4 Schwierigkeitsstufen. Da das Training keine Gerätschaften benötigt und leicht durchzuführen ist, sollte es so oft wie möglich in den Alltag integriert werden und zumindest zweimal pro Woche absolviert werden. Das Trainingsprogramm ist so ausgerichtet, dass der Proband, sobald eine Übung leicht absolviert wird, die nächste höhere Schwierigkeitsstufe versucht zu bewältigen. Das Training der Personen sollte bei Bedarf jedoch kontinuierlich überwacht werden. In Anbetracht der leichten Durchführbarkeit der Übungen könnten, je nach Aufenthalt der Personen (Pflegeheim, Krankenhaus, zu Hause,...), Krankenschwestern, Trainer oder auch Verwandte das Training gegebenenfalls überwachen.

Folgende Übungen sind Bestandteil des Balancetrainings:





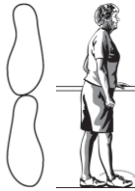
1. Kniebeugen
2. Rückwärtsgehen
3. „8er Gang“
4. Seitwärtsgehen

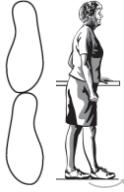


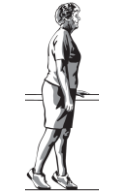


5. Tandemstand
6. Tandemgang
7. Einbeinstand
8. Fersengang
9. Zehenspitzenengang
10. Fersen-Zehengang rückwärts
11. „sit to stand“
12. Stiegen steigen


Je nach Schwierigkeitsstufe werden die Probanden angehalten eine unterschiedliche Anzahl an Übungen und Wiederholungen mit oder ohne Unterstützung zu absolvieren. Die genaue Beschreibung der Übungen und die Schwierigkeitsstufen sind im Kapitel 4.4 dargestellt

## 4.4 Trainingspläne

### 4.4.1 Otago-Balancetraining

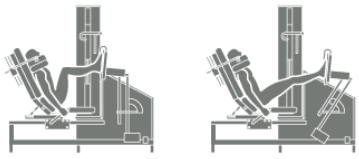
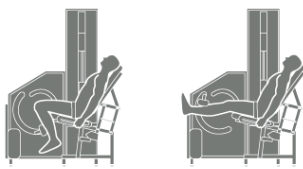
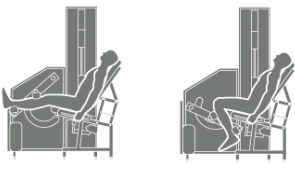
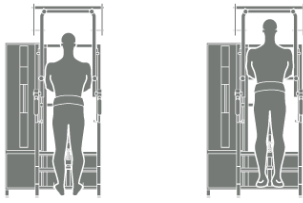
Trainingsprogramm: Otago-Balancetraining					
Illustration	Übung	Level A	Level B	Level C	Level D
	<b>Übung 1</b> <b>Knee bands</b>	10 WH, ohne Hilfe	10 WH, ohne Hilfe  <i>oder</i> 2 * 10 WH, mit Hilfe	2 * 10 WH, ohne Hilfe	3 * 10 WH, ohne Hilfe
	<b>Übung 2</b> <b>Backwards walking</b>	×	10 Schritte, 4-mal, mit Hilfe	×	10 Schritte, 4-mal, ohne Hilfe
	<b>Übung 3</b> <b>Walking and turning around</b>	×	2 „8er-Runden“, mit Hilfe (Stock,...)	2 „8er-Runden“ ohne Hilfe	×
	<b>Übung 4</b> <b>Sideways walking</b>	×	10 Schritte, 4-mal, mit Hilfe (Stock,...)	10 Schritte, 4-mal, ohne Hilfe	×
	<b>Übung 5</b> <b>Tandem stand</b>	10 Sekunden, mit Hilfe	10 Sekunden, ohne Hilfe	×	×

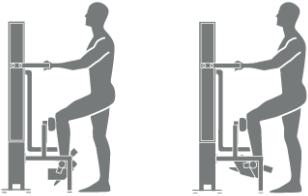
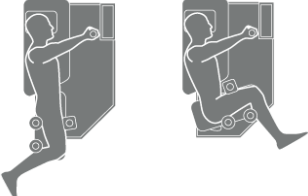
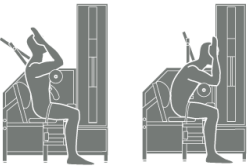
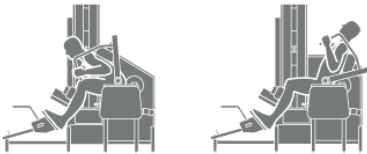
	<p><b><u>Übung 6</u></b></p> <p><b>Tandem walk</b></p>	<p>×</p>	<p>×</p>	<p>10 Schritte, 2-mal, mit Hilfe (Stock,...)</p>	<p>10 Schritte, 2-mal, ohne Hilfe</p>
	<p><b><u>Übung 7</u></b></p> <p><b>One leg stand</b></p>	<p>×</p>	<p>10 Sekunden, mit Hilfe</p>	<p>10 Sekunden, ohne Hilfe</p>	<p>30 Sekunden, ohne Hilfe</p>
	<p><b><u>Übung 8</u></b></p> <p><b>Heel walking</b></p>	<p>×</p>	<p>×</p>	<p>10 Schritte, 4-mal, mit Hilfe</p>	<p>10 Schritte, 4-mal, ohne Hilfe</p>
	<p><b><u>Übung 9</u></b></p> <p><b>Toe walking</b></p>	<p>×</p>	<p>×</p>	<p>10 Schritte, 4-mal, mit Hilfe</p>	<p>10 Schritte, 4-mal, ohne Hilfe</p>
	<p><b><u>Übung 10</u></b></p> <p><b>Heel toe walking backwards</b></p>	<p>×</p>	<p>×</p>	<p>×</p>	<p>10 Schritte, 2-mal, ohne Hilfe</p>
	<p><b><u>Übung 11</u></b></p> <p><b>Sit to stand</b></p>	<p>5 WH mit beiden Händen als Hilfe</p>	<p>5 WH, mit einer Hand  <i>oder</i>  10 WH, mit beiden Händen</p>	<p>10 WH, ohne Hände  <i>oder</i>  10 WH, 2mal, mit einer Hand</p>	<p>10 WH, 2mal, ohne Hände als Hilfe</p>

	<p><b><u>Übung 12</u></b></p> <p><b>Stair walking</b></p>	<p>„Bergauf und bergab gehen“</p>	<p>„Bergauf und bergab gehen“</p>	<p>„Bergauf und bergab gehen“</p>	<p>„Bergauf und bergab gehen“</p>
---	---	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------

**Tabelle 8 Trainingsprogramm: Otago Balancetraining (Campbell and Robertson, 2003)**  
**Quelle der Illustrationen: mit freundlicher Genehmigung von Accident Compensation Corporation, New Zealand**

#### 4.4.2 Schnellkrafttraining

Trainingsprogramm: Schnellkraft					
Übungen für die untere Extremität					
Illustration/Übung	Intensität	Sätze	WH	Rhythmus°	Zielmuskulatur
Vertikale Beinpresse 	80% des 1RM	4	6-10	* - 0 - 4	M. quadrizeps M. adduktor magnus M. biceps femoris M. semitendinosus M. semimembranosus M. gluteus maximus M. triceps surae
Bilaterale Knieextension 	80% des 1RM	2	6-10	* - 0 - 4	M. quadriceps M. rectus femoris
Bilaterale Knieflexion 	80% des 1RM	2	6-10	* - 0 - 4	M. biceps femoris M. semitendinosus M. semimembranosus M. gracilis M. sartorius M. gastrocnemius
Wadenheben stehend 	80% des 1RM	3	6-10	* - 0 - 4	M. gastrocnemius M. soleus M. flexor hallucis longus M. flexor digitorum longus M. tibialis post. M. peroneus longus et brevis

<p>Plantarextension</p> 	80% des 1RM	3	6-10	* - 0 - 4	M. tibialis anterior
<b>Übungen für die Rumpfmuskulatur</b>					
Illustration/Übung	Intensität	Sätze	WH	Rhythmus <sup>o</sup>	Zielmuskulatur
<p>Hüftbeuger</p> 	80% des 1RM	3	6-10	* - 0 - 4	M. rectus abdominis M. obliquus externus abdominis M. obliquus internus abdominis M. rectus femoris M. iliopsoas
<p>Bauchpresse</p> 	80% des 1RM	3	8-12	2 - 0 - 2	M. rectus abdominis M. obliquus externus abdominis M. obliquus internus abdominis
<p>Rückenstrecker</p> 	80% des 1RM	3	8-12	2 - 0 - 2	M. erector spinae M. gluteus maximus


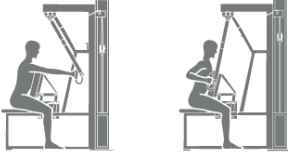

Übungen für die obere Extremität (optional)					
Illustration/Übung	Intensität	Sätze	WH	Rhythmus <sup>o</sup>	Zielmuskulatur
<p>Bankdrücken sitzend</p> 	80% des 1RM	2-3	8-12	2 – 0 - 2	<p>M. pectoralis major  M. deltoideus pars clavicularis  M. triceps brachii  M. serratus anterior</p>
<p>Rudern sitzend</p> 	80% des 1RM	2-3	8-12	2 – 0 - 2	<p>M. latissimus dorsi  M. biceps brachii  M. trapezius  M. rhomboideus major  M. rhomboideus minor</p>
<p>Schulterpresse</p> 	80% des 1RM	2-3	8-12	2 – 0 - 2	<p>M. deltoideus  M. supraspinatus  M. trapezius pars descendens  M. serratus anterior  M. triceps brachii</p>
<p>* „so schnell wie möglich“  <sup>o</sup> vorgegebene Bewegungsgeschwindigkeit in Sekunden während der konzentrischen Phase – isometrischen Phase – exzentrischen Phase</p>					

Tabelle 9 Trainingsprogramm: Schnellkrafttraining

Quelle der Illustrationen: mit freundlicher Genehmigung von Kieser Training AG

## **5 Diskussion**

### **5.1 Diskussion der Methoden**

Der Arbeit zugrundeliegende Methoden sind zum einen eine Literaturrecherche und zum anderen eine Auswertung statistischer Daten.

Für die Literaturrecherche wurden elektronische Datenbanken (PubMed, Medline, cochrane library), Online-Bibliothekskataloge (medizinische Universitätsbibliothek Graz, Institutsbibliothek für Sportwissenschaften, Fernleihen), relevante Internetseiten und elektronische Zeitschriften herangezogen.

Ein Problem, das die Literaturrecherche oft erschwerte, waren die Suchbegriffe in englischer Sprache. Im Gegensatz zur deutschen Sprache, die eine exakte einheitliche, sprachliche Einteilung der Kraftarten (Absolutkraft, Maximalkraft, Schnellkraft, Kraftausdauer) verwendet, ist dies im englischen Sprachgebrauch nicht immer der Fall. Das Wort Krafttraining kann als strength training, resistance training oder weight training übersetzt werden. Auch die Bezeichnung Schnellkraft lässt sich nicht mit einem einzigen Begriff übersetzen. In der englischen Sprache wird dafür oft high velocity training, explosive training oder power training verwendet.

Neben der Literaturrecherche bestand ein weiterer Teil der Methode aus der Auswertung ambulanter Befunde der Universitätsklinik für Unfallchirurgie am LKH Graz. Die Untersuchung wurde durchgeführt, um eine Aussage über eine eventuelle Zunahme an sturzbedingten Frakturen im Bereich der Steiermark, treffen zu können. Vergleicht man die Bevölkerungsstruktur der Steiermark in den letzten Jahren (Tabelle 3) mit der Anzahl an sturzbedingten Verletzungen (Tabelle 2) und sturzbedingten Frakturen (Tabelle 5), könnte eine Zunahme der Verletzungen auf die veränderte demographische Entwicklung zurückgeführt werden. Eine exakte Aussage für den Raum Steiermark kann jedoch nicht geäußert werden. Zum einen wegen der Umstellung des Dokumentationssystems (KIS→Medocs) und zum anderen müssten alle Landeskrankenhäuser der Steiermark in die Auswertung miteinbezogen werden, da nur so das gesamte Einzugsgebiet der Steiermark berücksichtigt werden würde. Es lässt sich somit nur

eine genaue Aussage über die Anzahl an sturzbedingten Verletzungen für das LKH Graz treffen.

Ein Faktor, der bei der Betrachtung der Ergebnisse der Auswertung ebenso beachtet werden muss, ist der Umstand, dass lediglich sturzbedingte Verletzungen, die auch als solche dokumentiert wurden, in die Untersuchung mit aufgenommen werden konnten. Nur wenn ein Sturz ausdrücklich in der Anamnese angegeben beziehungsweise auch so dokumentiert wurde, erfolgte die Aufnahme des ambulanten Befundes in den Datenpool.

Die plötzliche Zunahme an sturzbedingten Verletzungen ab dem Jahr 2005 ist wahrscheinlich auf die Umstellung des Dokumentationssystems zurückzuführen. Anscheinend wird seit 2005 eine striktere Dokumentation der Fälle durchgeführt beziehungsweise erleichtert das Medocs-System eventuell die Dokumentation.

Des Weiteren scheint es, dass bestimmte Verletzungen unterschiedlich von der Umstellung des Dokumentationssystems betroffen waren. Im Gegensatz zu den distalen Radiusfrakturen und proximalen Humerusfrakturen, die einen erheblichen Zuwachs ab dem Jahr 2005 verzeichnen konnten (siehe Tabelle 5), ist die Anzahl der Schenkelhalsfrakturen ab 2005 nicht abrupt angestiegen. Ein Grund dafür könnte die fortwährend gute Dokumentation bei Schenkelhalsfrakturen in beiden Dokumentationssystemen sein.

Bei der Auswertung der ambulanten Befunde wäre es von Interesse gewesen, ob die Verletzungen in weiterer Folge konservativ oder operativ behandelt wurden. Aufgrund des Umstandes, dass zwar Anamnese und Aufnahmegrund in den ambulanten Befunden angegeben waren, jedoch dass weitere Procedere nicht beschrieben wurde, konnte keine Aussage über die Häufigkeit von konservativer oder operativer Therapie gemacht werden. Nur fallweise war das weitere Procedere aus den Befunden ersichtlich.

Eine genaue Einteilung der Schenkelhalsfrakturen in mediale und pertrochantäre Schenkelhalsfrakturen war jedoch aufgrund der genauen Dokumentation der Diagnosen möglich (siehe Tabelle 6 und 7).

## 5.2 Diskussion der Ergebnisse

Wie in Kapitel 4.1 erwähnt, möchte ich an dieser Stelle eine alternative Trainingsmöglichkeit in Hinblick auf das Balancetraining (siehe Tabelle 8) diskutieren.

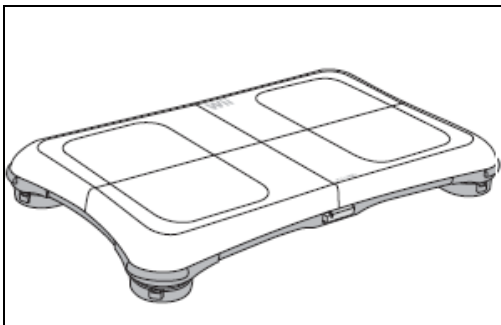
Balanceübungen im Rahmen von Sturzpräventionsprogrammen haben das Ziel, Körperschwankungen beim Stehen und in weiterer Folge während des Gehens zu reduzieren. Diese Körperschwankungen werden mithilfe entsprechender Messplatten, die mittels Kraftsensoren die Gewichtsverlagerung messen, erhoben. Dieses Verfahren nennt man Posturographie beziehungsweise Gleichgewichtsanalyse.

Des Weiteren können Körperschwankungen auf einen Monitor übertragen werden und vom Probanden und Untersucher abgelesen werden. Der Proband bekommt somit über den Monitor ein direktes Feedback über seine Balancefähigkeit (Feedback-Training).

Es scheint daher sinnvoll Balanceübungen mittels Kraftmessplatten durchzuführen, da es eine exakte Aussage über die Gleichgewichtsfähigkeit des Probanden zulässt.

Diese Gerätschaften stehen aber meist nur gewissen Instituten und Einrichtungen zur Verfügung und erfordern zur Bedienung geeignetes Personal.

Dasselbe Prinzip macht sich die Spielkonsole Nintendo Wii bei dem „Wii balance board“ zu nutze. (siehe Abbildung 10)



**Abbildung 10 Nintendo Wii balance board**  
Quelle: [www.nintendo.com](http://www.nintendo.com)

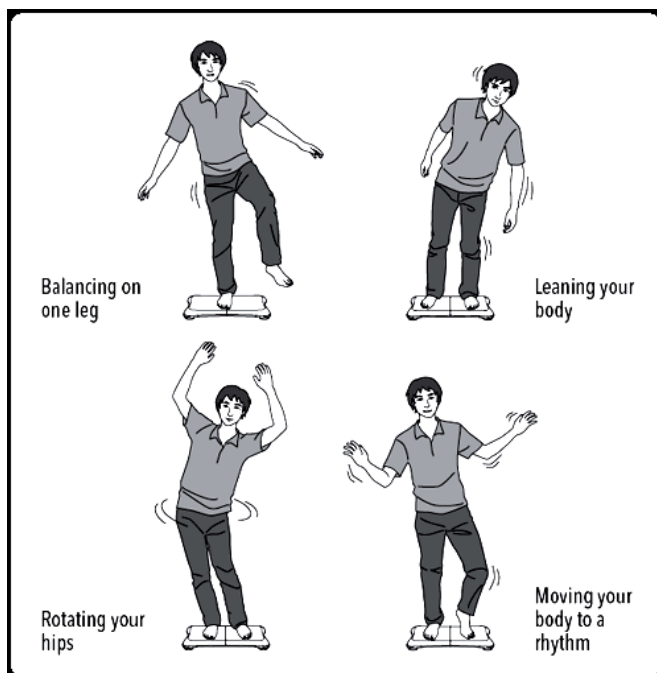
Das „Wii balance board“ registriert Körperschwankungen sowie Körpergewicht und ist mit der Nintendo Wii Konsole und dem Fernseher verbunden.

Je nach Spiel erscheinen am Bildschirm unterschiedliche Balanceübungen, welche mittels Gewichtsverlagerungen absolviert werden müssen (siehe Abbildung 11).



**Abbildung 11 Balanceübungen mittels Nintendo Wii balance board**  
 Quelle: <http://cee.de/category/entertainment/spiele/wii/page/2/>

Für die meisten Spiele am „Wii balance board“ genügen die in Abbildung 12 gezeigten Bewegungsformen.



**Abbildung 12 basic operations for the wii balance board**  
 Quelle: [www.nintendo.com](http://www.nintendo.com)

Die Spiele unterteilen sich in unterschiedliche Schwierigkeitsstufen. Wird ein Level erfolgreich absolviert, gelangt der Spieler in die nächste höhere Schwierigkeitsstufe. Dadurch ergibt sich ein progressives Balancetraining und Leistungssteigerungen könnten objektiviert werden (z.B. Proband A Interventionsbeginn Level 1, Interventionsende Level 4).

Bei herkömmlichen Balancetrainings werden oft instabile Unterlagen verwendet (Schaukelbrett, Therapiekreisel), um die Schwierigkeitsstufen einzelner Übungen zu steigern. Bei einem Training mit solchem Equipment muss immer eine zweite Person anwesend sein, um einen etwaigen Sturz abfangen zu können. Das Risiko Verletzungen zu erleiden ist somit ungleich größer als bei einem Training mittels „Wii balance board“.

Auch in Hinblick auf die Motivation und Patientencompliance, ein Balancetraining zu absolvieren, könnte diese Variante eventuell größere Erfolge versprechen.

Das Training mittels „Wii balance board“ könnte demnach eine effiziente Komponente im Rahmen eines Sturzpräventionsprogramms darstellen.

## 6 Literaturverzeichnis

- AMERICAN GERIATRICS SOCIETY (2001) Guideline for the prevention of falls in older persons. *J Am Geriatr Soc*, 49, 664-72.
- BORST, S. E. (2004) Interventions for sarcopenia and muscle weakness in older people. *Age Ageing*, 33, 548-55.
- CAMPBELL, A. J. & ROBERTSON, M. C. (2003) *Otago exercise programme to prevent falls in older adults*, Otago, Otago Medical School.
- CAMPBELL, A. J., ROBERTSON, M. C., GARDNER, M. M., NORTON, R. N. & BUCHNER, D. M. (1999) Falls prevention over 2 years: a randomized controlled trial in women 80 years and older. *Age Ageing*, 28, 513-8.
- CASEROTTI, P., AAGAARD, P., BUTTRUP LARSEN, J. & PUGGAARD, L. (2008) Explosive heavy-resistance training in old and very old adults: changes in rapid muscle force, strength and power. *Scand J Med Sci Sports*, 18, 773-82
- DE VOS, N. J., SINGH, N. A., ROSS, D. A., STAVRINOS, T. M., ORR, R. & FIATARONE SINGH, M. A. (2005) Optimal load for increasing muscle power during explosive resistance training in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 60, 638-47.
- FIATARONE, M. A., O'NEILL, E. F., RYAN, N. D., CLEMENTS, 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. *N Engl J Med*, 330, 1769-75.
- FIELDING, R. A., LEBRASSEUR, N. K., CUOCO, A., BEAN, J., MIZER, K. & FIATARONE SINGH, M. A. (2002) High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. *J Am Geriatr Soc*, 50, 655-62.
- GARDNER, M. M., ROBERTSON, M. C. & CAMPBELL, A. J. (2000) Exercise in preventing falls and fall related injuries in older people: a review of randomised controlled trials. *Br J Sports Med*, 34, 7-17.
- GRANACHER, U. (2003) Neuromuskuläre Leistungsfähigkeit im Alter (> 60 Jahre): Auswirkungen von Kraft- und sensomotorischem Training. *Wirtschafts- und Verhaltenswissenschaftliche Fakultät*. Freiburg, Albert-Ludwigs-Universität.
- GRANACHER, U. (2007) The impact of sensorimotor training in elderly men on maximal and explosive force production capacity. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 58 (12), 446 - 451.
- GRANACHER, U. & GOLLHOFER, A. (2005) Auswirkungen des Alterns auf die Schnellkraftfähigkeit und das Reflexverhalten. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 56, 68-72.

- GREENLUND, L. J. & NAIR, K. S. (2003) Sarcopenia--consequences, mechanisms, and potential therapies. *Mech Ageing Dev*, 124, 287-99.
- HAKKINEN, K., KRAEMER, W. J., NEWTON, R. U. & ALEN, M. (2001) Changes in electromyographic activity, muscle fibre and force production characteristics during heavy resistance/power strength training in middle-aged and older men and women. *Acta Physiol Scand*, 171, 51-62.
- HANIKA, A. (2007) Bevölkerungswachstum wird von Alterung begleitet. Wien, Bundesanstalt Statistik Österreich, URL: [http://www.statistik.at/web\\_de/dynamic/statistiken/bevoelkerung/demographische\\_prognosen/027289](http://www.statistik.at/web_de/dynamic/statistiken/bevoelkerung/demographische_prognosen/027289), Zugriff am: 02.09.2008.
- HAUER, K., LAMB, S. E., JORSTAD, E. C., TODD, C. & BECKER, C. (2006) Systematic review of definitions and methods of measuring falls in randomised controlled fall prevention trials. *Age Ageing*, 35, 5-10.
- HAUER, K., ROST, B., RUTSCHLE, K., OPITZ, H., SPECHT, N., BARTSCH, P., OSTER, P. & SCHLIERF, G. (2001) Exercise training for rehabilitation and secondary prevention of falls in geriatric patients with a history of injurious falls. *J Am Geriatr Soc*, 49, 10-20.
- HAUER, K., SPECHT, N., SCHULER, M., BARTSCH, P. & OSTER, P. (2002) Intensive physical training in geriatric patients after severe falls and hip surgery. *Age Ageing*, 31, 49-57.
- HUNTER, G. R., MCCARTHY, J. P. & BAMMAN, M. M. (2004) Effects of resistance training on older adults. *Sports Med*, 34, 329-48.
- HUNTER, G. R., WETZSTEIN, C. J., MCLAFFERTY, C. L., JR., ZUCKERMAN, P. A., LANDERS, K. A. & BAMMAN, M. M. (2001) High-resistance versus variable-resistance training in older adults. *Med Sci Sports Exerc*, 33, 1759-64.
- HURLEY, B. F. & ROTH, S. M. (2000) Strength training in the elderly: effects on risk factors for age-related diseases. *Sports Med*, 30, 249-68.
- KAEDING, T. S. (2006) *Krafttraining als präventive Maßnahme bei älteren Menschen*, Marburg, Tectum Verlag.
- KLINKE, R. & SILBERNAGL, S. (2003) *Lehrbuch der Physiologie*, Stuttgart, Thieme-Verlag.
- KNOBL, O. & SCHOTT, N. (2004) The effects of free weights training for older adults. *Isokinetics and Exercise Science*, 12, 1-86.
- KREBS, D. E., SCARBOROUGH, D. M. & MCGIBBON, C. A. (2007) Functional vs. strength training in disabled elderly outpatients. *Am J Phys Med Rehabil*, 86, 93-103.

- LIU-AMBROSE, T., KHAN, K. M., ENG, J. J., JANSSEN, P. A., LORD, S. R. & MCKAY, H. A. (2004) Resistance and agility training reduce fall risk in women aged 75 to 85 with low bone mass: a 6-month randomized, controlled trial. *J Am Geriatr Soc*, 52, 657-65.
- MAYER, F., BAUR, H., MULLER, S., HIRSCHMULLER, A., BERG, A. & DICKHUTH, H. H. (2004) Current views on the prevention of ailments of the musculoskeletal system through muscle strengthening programs. *MMW Fortschr Med*, 146, 31-3.
- MAYER, M. (2008) *Religion und Bevölkerungsentwicklung in der Steiermark von 1975 bis 2075 Todesursachen in der Steiermark 1986, 1996 und 2006*, Graz, Amt der Steiermärkischen Landesregierung Fachabteilung 1C - Landesstatistik, URL: [http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/dokumente/10004611\\_97710/815cf854/Publikation%201-2008.pdf](http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/dokumente/10004611_97710/815cf854/Publikation%201-2008.pdf), Zugriff am: 15.09.2008.
- NIGG, B. & STEIDL, S. (2005) *Gerontologie, Geriatrie und Gerontopsychiatrie*, Wien, Facultas Verlag.
- PFEFFER, C. (2002) Aspekte zum gesundheitsorientierten Muskelkrafttraining. *Institut für Sportwissenschaften*. Graz, Karl Franzens-Universität.
- PIEROBON, A. & FUNK, M. (2007) *Sturzprävention bei älteren Menschen*, Stuttgart, Thieme-Verlag.
- RADLINGER, L. (1998) *Rehabilitative Trainingslehre*, Stuttgart [u.a.], Thieme-Verlag.
- RUNGE, M. & REHFELD, G. (2001) *Mobil bleiben: Pflege bei Gehstörungen und Sturzgefahr; Vorsorge, Schulung, Rehabilitation*, Hannover, Schlütersche GmbH & Co. KG.
- RUNGE, M., REHFELD, G. & RESNICEK, E. (2000) Balance training and exercise in geriatric patients. *J Musculoskelet Neuronal Interact*, 1, 61-5.
- SHERRINGTON, WHITNEY, C. J. & LORD, S. R. (2008) Effective Exercise for the Prevention of Falls: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56, 2234-2243.
- SILBERNAGL, S. & DESPOPOULOS, A. (2003) *Taschenatlas der Physiologie*, Stuttgart, Thieme-Verlag.
- SKELTON, D. (2008) Prevention of falls and injuries in older people. *Berzelius symposium 77*. Stockholm, The Swedish Society of Medicine and The Royal Society of Medicine.
- SKELTON, D. A., KENNEDY, J. & RUTHERFORD, O. M. (2002) Explosive power and asymmetry in leg muscle function in frequent fallers and non-fallers aged over 65. *Age Ageing*, 31, 119-25.
- TIDEIKSAAR, R. (2000) *Falls in older persons*, Bern, Verlag Hans Huber.

TINETTI, M. E. (2003) Clinical practice. Preventing falls in elderly persons. *N Engl J Med*, 348, 42-9.

TODD, C. & SKELTON, D. (2004) *What are the main risk factors for falls among older people and what are the most effective interventions to prevent these falls?* Copenhagen, WHO Regional Office for Europe (Health Evidence Network report; <http://www.euro.who.int/document/E82552.pdf>, Zugriff am: 03.09.2008.

TRAGL, K.-H. (1991) *Synkopen, Stuerze u. Frakturen d. betagten Menschen*, Wien, Verlag Wilhelm Maudrich.

WEINECK, J. (2000) *Optimales Training*, Balingen, Spitta-Verlag.

## 7 Anhang:

### 7.1 ICD 10 Codes

- S52.1- Fraktur des proximalen Endes des Radius  
S52.3- Fraktur des Radiuschaftes  
S52.4 Fraktur des Ulna- und Radiuschaftes, kombiniert  
S52.5- **Distale Fraktur des Radius**  
S52.6 Distale Fraktur der Ulna und des Radius, kombiniert  
S52.7 Multiple Frakturen des Unterarmes  
S52.8 Fraktur sonstiger Teile des Unterarmes  
S52.9 Fraktur des Unterarmes, Teil nicht näher bezeichnet
- S42.2- **Fraktur des proximalen Endes des Humerus**  
S42.3 Fraktur des Humerusschaftes  
S42.4- Fraktur des distalen Endes des Humerus  
S42.7 Multiple Frakturen der Klavikula, der Skapula und des Humerus  
S42.8 Fraktur sonstiger Teile der Schulter und des Oberarmes
- S72.0- **Schenkelhalsfraktur**
- 813.- Fraktur des Radius und der Ulna  
813.0 Geschlossene Fraktur der proximalen oder n.n.bez. Teile  
813.1 Offene Fraktur der proximalen oder n.n.bez. Teile  
813.2 Geschlossene Fraktur des Schaftes  
813.3 Offene Fraktur des Schaftes  
813.4 Geschlossene Fraktur des distalen Teils  
813.5 Offene Fraktur des distalen Teils
- 812.- Fraktur des Humerus  
812.0 **Geschlossene Fraktur des proximalen Teils des Oberarmes**

- 812.1 **Offene Fraktur des proximalen Teils des Oberarmes**
- 812.2 Geschlossene Fraktur des Oberarmschaftes oder n.n.bez. Teile des Oberarmes
- 812.3 Offene Fraktur des Oberarmschaftes oder n.n.bez. Teile des Oberarmes
- 812.4 Geschlossene Fraktur des distalen Teils des Oberarmes
- 812.5 Offene Fraktur des distalen Teils des Oberarmes
  
- 820.- **Fractura colli femuris**
- 820.0 Geschlossene transzervikale Fraktur
- 820.1 Offene transzervikale Fraktur
- 820.2 Geschlossene pertrochantäre Fraktur
- 820.3 Offene pertrochantäre Fraktur
- 820.8 Geschlossene Fraktur n.n.bez. Teil
- 820.9 Offene Fraktur n.n.bez. Teil
  
- 821.- Fraktur sonstiger und n.n.bez. Teile des Femurs
- 821.0 Geschlossene Fraktur des Schaftes oder n.n.bez. Teil
- 821.1 Offene Fraktur des Schaftes oder n.n.bez. Teil
- 821.2 Geschlossene Fraktur des unteren Endes
- 821.3 Offene Fraktur des unteren Endes

## 8 Lebenslauf



### **Persönliche Daten**

---

**Name** Martin Göttfried  
**Geburtsdatum** 22.02.1983  
**Geburtsort** Graz  
**Adresse** Josef-Pockstrasse 21  
8051 Graz  
**Telefon** 0664-1035552  
**E-Mail** martin.goettfried@stud.meduni-graz.at  
**Familienstand** ledig  
**Religion** römisch-katholisch

### **Schulbildung**

---

1989 – 1993 Private Übungsvolksschule der Pädagogischen Akademie der Diözese Graz-Seckau  
1993 – 2001 BRG Körösistrasse Graz mit ergänzendem Unterricht in Biologie, Physik und Chemie

### **Grundwehrdienst**

---

01/2002 – 09/2002 1.Jägerkompanie/Jägerbataillon 18, 8770 St. Michael

## **Universitäre Ausbildung**

---

2002 – 2003	Studium der Betriebswirtschaftslehre und Sportwissenschaften an der Karl-Franzens-Universität Graz
Seit 10/2003	Studium der Humanmedizin an der Medizinischen Universität Graz (voraussichtlicher Abschluss SS 2009)

## **Bisherige Famulaturen**

---

04/07/2005 – 29/07/2005	Innere Medizin (Innere Medizin 1 im LKH Graz West)
03/07/2006 – 28/07/2006	Unfallchirurgie (Unfallkrankenhaus Graz der AUVA)
05/02/2007 – 02/03/2007	Orthopädie Graz (LKH Graz)
09/07/2007 – 03/08/2008	Neurologie/Psychiatrie (BHB Graz-Eggenberg)

## **Sprachkenntnisse**

---

Deutsch	Muttersprache
Englisch	Maturaniveau
Latein	Maturaniveau
Italienisch	Grundkenntnisse

## **EDV Kenntnisse**

---

MS-Office  
PubMed  
Ovid MEDLINE

## **Auszeichnungen**

---

Oberösterreichische Medaille für Katastropheneinsatz (Hochwasserkatastrophe 2002)