

***Einfluss eines kognitiv- motorischen Trainings auf die  
toe clearance bei älteren, gesunden Erwachsenen***

**Masterarbeit  
zur Erlangung des akademischen Grades  
Master of Science (M.Sc.)**

**SRH Fachhochschule für Gesundheit Gera GmbH  
Studiengang M. Sc. Neurorehabilitation 2017**

Eingereicht von:	Lisa Ringli
Geboren am:	28.11.1982 in Bern
Matrikelnummer:	15120721
Erster Gutachter:	Prof. Dr. Bernhard Elsner, SRH- Fachhochschule für Gesundheit
Zweiter Gutachter:	PD. Dr. Eling de Bruin, ETH Zürich
Eingereicht am:	27.10.2017

## **Abstract**

### **Introduction**

Toe clearance occurs during the dynamic phase of gait and is associated with a high risk of unintended falls. This study evaluates the effect of a cognitive-motor intervention on toe clearance.

### **Methods**

In this cohort study 20 healthy seniors completed 18 cognitive-motor trainings during 6 weeks. Toe clearance in single and dual task condition, cognition, strength and balance were evaluated.

### **Results**

There were significant results in the minimal toe clearance in dual-task- situation. However, post- hoc analyses revealed no differences between the control phase and the intervention. There were no statistical significant changes in cognition, strength and balance.

### **Discussion**

Cognitive-motor- training in healthy seniors without cognitive impairment is not beneficial in terms of toe clearance.

### **Conclusion**

Further investigations are needed that focus on how to reduce the variability in toe clearance or that include people with physical limitations.

### **Keywords:**

Falls- cognitive-motor- intervention- elderly- toe clearance

# **Zusammenfassung**

## **Einleitung**

Die toe clearance tritt während der Schwungphase auf und gilt als höchstes Risiko für einen Sturz. Diese Studie untersucht den Effekt eines kognitiv-motorischen Trainings auf die toe clearance.

## **Methodik**

In diese Kohortenstudie wurden 20 gesunde Senioren über 65 Jahre eingeschlossen, die 18 kognitiv-motorische Trainingseinheiten während 6 Wochen absolvierten. Evaluiert wurde die toe clearance unter single- und dual-task-Bedingungen, die Kognition, die Kraft sowie das Gleichgewicht.

## **Resultate**

Es zeigte sich eine Signifikanz in der minimalen toe clearance unter dual-task-Bedingung. Die durchgeführten Post-hoc- Tests lassen aber keine Rückschlüsse auf einen Effekt des Trainings zu.

## **Diskussion**

Der Einfluss eines kognitiv-motorischen Trainings auf die toe clearance konnte bei gesunden Senioren nicht nachgewiesen werden.

## **Schlussfolgerung**

Weitere Untersuchungen sind nötig mit Senioren, die körperlich und kognitiv beeinträchtigt sind. Zudem sollte der Effekt auf die Variabilität in der toe clearance untersucht werden.

## **Schlüsselwörter**

Stürze- kognitiv- motorisches Training- Senioren- toe clearance

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Hintergrund</b>	<b>7</b>
2.1	Alter versus Altern	7
2.2	Der Alterungsprozess	8
2.3	Mögliche Folgen des Alterungsprozesses	8
	Gebrechlichkeit	8
	Sarkopenie und Dynapenie	8
	Multimorbidität	9
	Zentrale Veränderungen	9
	Demenz	10
	Behinderungen im Alter	10
	Stürze	10
2.4	Das Gehen im Alter	11
2.1.1	Gehen und Kognition	11
2.1.2	Toe clearance	13
2.5	Training im Alter	14
	Kognitiv- motorisches Training	15
2.6	Stand der Forschung	16
2.7	Fragestellung und Relevanz für die Praxis	18
<b>3</b>	<b>Methodik</b>	<b>20</b>
3.1	Studiendesign und Probanden	20
3.2	Das Training	21
3.3	Messparameter	24
3.4	Statistische Analyse	26
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>28</b>
4.1	Beschreibung der Stichprobe	28
4.2	Messparameter	32
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>36</b>
5.1	Zusammenfassung und kritische Betrachtung der Ergebnisse	36
5.1.1	Toe clearance	36

5.1.2. MoCA.....	38
5.1.3 SPPB.....	39
<b>5.2. Kritische Würdigung und Limitationen der Studie .....</b>	<b>40</b>
<b>5.3. Implikationen für das Forschungsgebiet und zukünftige Arbeiten .....</b>	<b>41</b>
<b>5.4. Fazit.....</b>	<b>43</b>
<b>6 Literaturverzeichnis.....</b>	<b>46</b>
<b>7 Anhang.....</b>	<b>54</b>
<b>Anhang A: MoCA- Test.....</b>	<b>55</b>
<b>Anhang A: SPPB .....</b>	<b>56</b>
<b>Anhang B: Ethikvotum .....</b>	<b>57</b>
<b>Anhang C: Eidesstattliche Erklärung.....</b>	<b>60</b>

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1. Demographische Entwicklung in der Schweiz .....	1
Abbildung 2. Parameter der foot clearance .....	3
Abbildung 3. Übersicht der drei Parameter der toe clearance .....	13
Abbildung 4. Dividat Senso .....	21
Abbildung 5. Versuchsanordnung zur Messung der TC.....	25
Abbildung 6. Studienablauf.....	31
Abbildung 7. Protokoll MoCA Test.....	55
Abbildung 8. Protokoll SPPB .....	56

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1 Ein- und Ausschlusskriterien .....	21
Tabelle 2 Übersicht der Trainingsspiele .....	23
Tabelle 3 Demographie der Gruppe .....	29
Tabelle 4 Gesundheitsrelevante Angaben .....	30
Tabelle 5 Ergebnis der toe clearance.....	33
Tabelle 6 Ergebnisse der sekundären Outcomes. ....	35

## Abkürzungsverzeichnis

BFS	Bundesamt für Statistik
EF	Exekutivfunktionen
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
KMT	kognitiv- motorisches Training
MCI	mild cognitive impairment
Max1	1. Maximum der toe clearance
Max2	2. Maximum der toe clearance
minFC	minimal foot clearance
minTC	minimale toe clearance
minTCD	minimale toe clearance unter dual- task- Bedingung
MoCA	Montreal Cognitive Assessment
MZP	Messzeitpunkt
SPPB	Short Physical Performance Battery
TC	Toe clearance
VR	Virtual reality
ZNS	Zentrales Nervensystem

# 1 Einleitung

Die Demographie in der Schweiz hat sich im letzten Jahrhundert stark gewandelt. Lag 1990 der Anteil der Jugendlichen unter 20 Jahren bei 40.7%, so liegt er heute noch bei 20.2%. Das gegenteilige Muster zeigt sich bei den älteren Menschen. 1990 waren 5.8% der Menschen über 64 Jahre alt, heute liegt er bei 17.8% und wird bis 2045 schätzungsweise auf rund 26% ansteigen (Bundesamt für Statistik (BFS), 2016).

Abbildung 1 bildet graphisch ab, wie sich die Demographie in den letzten Jahren verändert hat.

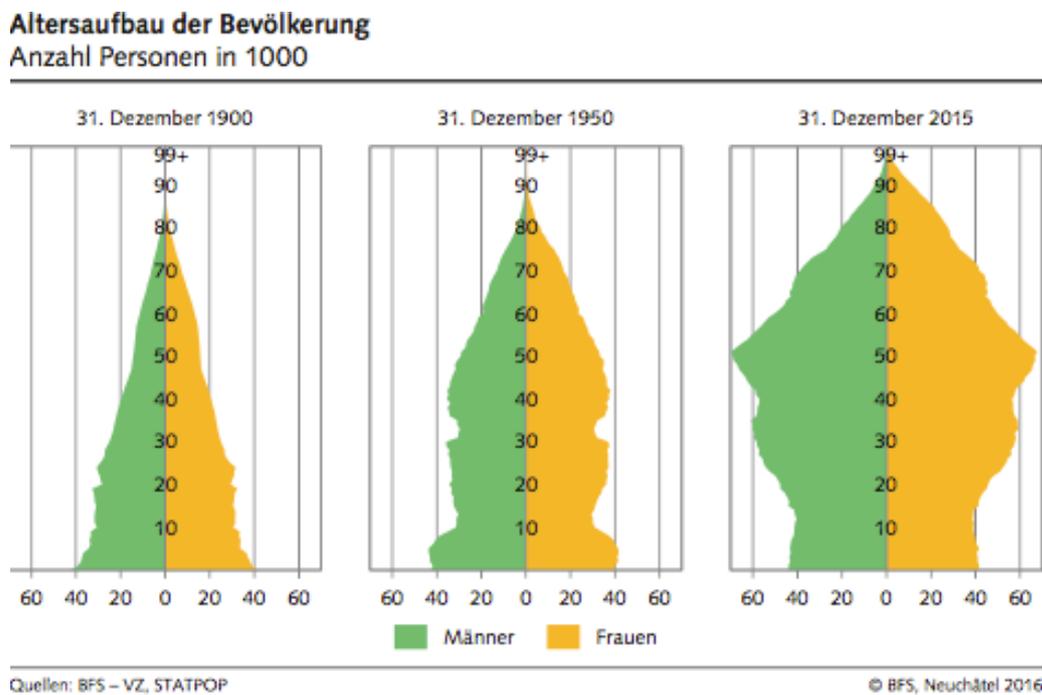


Abbildung 1. Demographische Entwicklung in der Schweiz (BFS, 2016).

Die Lebenserwartung ist in den letzten Jahrzehnten also deutlich gestiegen. Die Frage über die Konsequenz dieses Anstieges ist aber nach wie vor offen. Sind die gewonnenen Lebensjahre auch gewonnene Jahre in der Lebensqualität? Oder sind die gewonnenen Jahre verbunden mit erhöhter Pflegebedürftigkeit? Falls die letzte Frage mit Ja zu beantworten wäre, hätte das auch eine enorme Kostensteigerung im Gesundheitssystem zur Folge (Menning & Hoffmann, 2009).

Für die Gesundheit und das Wohlbefinden der älteren Menschen sind Aktivität, soziale Teilhabe und Sinnerfüllung von grosser Wichtigkeit. Die Bewahrung oder die Wiederherstellung von Gesundheit, beziehungsweise die Prävention und die Vermeidung von Krankheiten und Behinderung ist eine wichtige Voraussetzung für Lebensqualität und Autonomie im Alter (Janhsen, Strube, & Starker, 2008).

Ein Aspekt um die Gesundheit aufrecht zu erhalten ist die Mobilität. Sie ist zudem auch ein zentraler Aspekt für die Erhaltung der Lebensqualität. Ältere Menschen verlassen an einem durchschnittlichen Tag 1-1.3 Mal ihre Wohnung, hauptsächlich um Einkäufe und Finanzielles zu regeln oder Freunde zu treffen. Viele dieser Aktivitäten werden zu Fuss oder mit den öffentlichen Verkehrsmitteln bestritten (Kroj, 2002).

Stürze können diese Aktivitäten beeinträchtigen. Schätzungen zufolge stürzen 30% der Personen über 65 Jahre einmal pro Jahr, bei Senioren über 75 Jahre liegt das Risiko einmal pro Jahr zu stürzen bereits bei 40%. Ursachen dafür sind vielfältig und können in *extrinsische* und *intrinsische* Faktoren unterteilt werden. Zu den extrinsischen gehören inadäquates Schuhwerk, inadäquate Verwendung von Seh- und Gehhilfen und Medikation. Intrinsische Ursachen sind unter anderem Gleichgewichtsstörungen, verringerte Muskelkraft, kognitive Störungen und Depressionen (Wyss & Bislang, 2017).

Stürze haben einen beträchtlichen Einfluss auf die Selbstständigkeit. Nur gerade 14% bis 21% der gestürzten älteren Menschen erlangen ihre frühere Fähigkeiten in instrumentalen Aktivitäten wie zum Beispiel Einkaufen wieder. Ein wesentlicher Kontributor dafür ist die aus einem Sturz resultierende Sturzangst (Menning, Hoffmann & Schelhase, 2009).

Stürze haben auch einen bedeutenden Einfluss auf die Gesundheitskosten. Denn 10% aller Stürze haben eine Fraktur zur Folge und 20% aller Gestürzten brauchen medizinische Hilfe (Gill, Taylor & Pengelly, 2005). In der Schweiz werden die durch einen Sturz verursachten Kosten bis auf 6.8 Mrd. Franken geschätzt (sichergehen.ch, 2016). Die Prävention von Stürzen bei älteren Menschen ist somit

nicht nur für das Individuum, sondern auch für die Gesellschaft von zentraler Bedeutung.

### Toe clearance

Stolpern wird als vorherrschende Ursache für einen Sturz angesehen und wird in 52% aller Stürze als Grund angegeben. Aus biomechanischer Sicht kommt dabei dem Abheben des Fusses (foot clearance) eine wichtige Bedeutung zu. Die foot clearance beschreibt den vertikalen Abstand des Fusses zum Boden. Ist dieser gleich Null kommt es zu einem Stolpern (Barrett, Mills, & Begg, 2010). Parameter der foot clearance sind der Fersen- und Zehenabstand (heel clearance resp. toe clearance) zum Boden (Mariani, Rochat, Büla, & Aminian, 2012). Die toe clearance (TC) beschreibt den vertikalen Abstand der Zehe zum Boden in der Schwungphase. Wie der Abbildung 2 zu entnehmen ist, werden in der toe clearance drei Werte unterschieden. Das 1. Maximum (Max1) zu Beginn der Schwungphase, die minimale TC in der mittleren Schwungphase sowie das 2. Maximum (Max2) am Ende der Schwungphase. Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich auf die Werte der TC, da diese im Gegensatz zu der heel clearance direkt mit Stolpern in Verbindung gebracht werden (Barrett et al., 2010a). Im Kapitel 2 „Hintergrund“ wird vertiefter auf die toe clearance eingegangen.

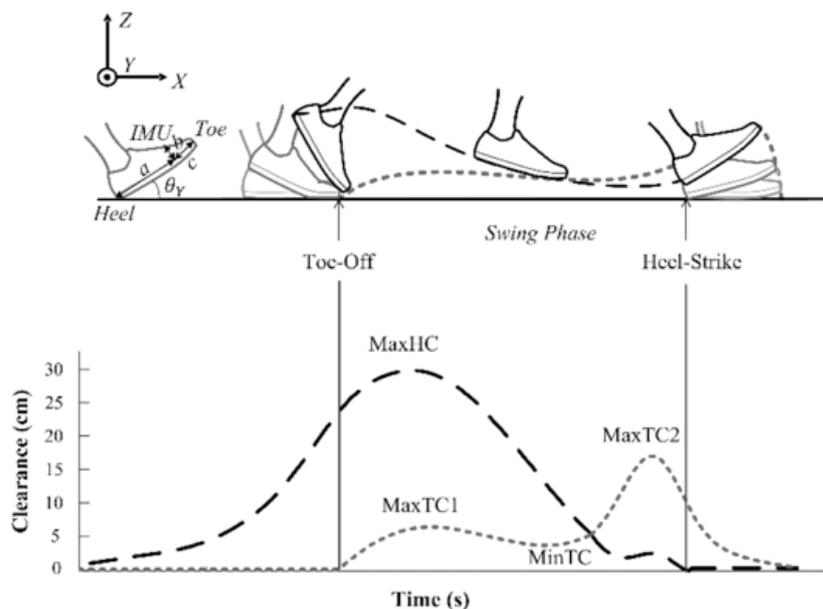


Abbildung 2. Parameter der foot clearance. (Aus Dadashi et al., 2014, S.449)

## **Successful aging**

Bereits 1997 wurde der Begriff *successful aging*, auf Deutsch *erfolgreiches Altern*, geprägt. Es beinhaltet nach Rowe J.W und Kahn R.L (1997) drei Komponenten. Die erste Komponente ist die geringe Wahrscheinlichkeit von Krankheiten oder Behinderungen infolge Krankheiten, die zweite eine hohe kognitive und physische Leistungsfähigkeit und als dritte Komponente ein aktives Teilhaben am Leben. Erst die Kombination der drei Komponenten erfüllt das Konzept des erfolgreichen Alterns. Seither wurde viel zum Thema des erfolgreichen Alterns geforscht, geschrieben und diskutiert (Rowe & Kahn, 2015). In den Fokus der Wissenschaft, aber auch der Politik, rückte der Begriff des *aktiven Alterns*. So wurden auf politischer Ebene Konzepte entwickelt, um die Lebensqualität und die Teilhabe am sozialen Leben lange aufrecht zu erhalten. Diese Konzepte haben meist ein körperliches und/ oder ein kognitives Training als Kernelement, ausgeführt in einem Rahmen, der einen sozialen Austausch fördert (Mendoza-Ruvalcaba & Arias-Merino, 2015).

Denn ein körperliches Training, so wurde es in vielen Studien gezeigt, hat nicht nur einen positiven Einfluss auf die physische Leistungsfähigkeit wie Kraft und Gleichgewicht, sondern auch auf die Mobilität und die Kognition. Weiter werden durch ein körperliches Training Risikofaktoren wie Bluthochdruck, Diabetes oder hohe Cholesterinwerte reduziert. Und nicht zuletzt sorgt körperliche Betätigung für eine ausreichende zerebrale Durchblutung (Manini et al., (2017) und Landi et al., (2010)).

Körperliche Aktivität ist bis anhin die einzige Therapie, die die physischen und psychischen Funktionen positiv beeinflusst bei gebrechlichen und bei nicht gebrechlichen älteren Menschen. Es wird empfohlen, sich mehrmals pro Woche bis täglich körperlich zu betätigen (Landi et al., 2010).

## **Exergames**

Um die Motivation für körperliche Aktivität zu erhöhen und für ein Training zu animieren, hat sich in den letzten Jahren der Gebrauch von virtual reality (VR) weit verbreitet. Die attraktiv und interaktiv gestalteten Spiele sollen die Motivation für ein Training erhöhen. Zudem können gleichzeitig kognitive wie auch motorische Fähigkeiten geübt werden (Choi, Guo, Kang & Xiong, 2016).

VR hat in den letzten 10 Jahren an wissenschaftlichem Interesse gewonnen. Die Kombination aus *Exercise* und *video games*, sogenannte *Exergames*, scheinen die Mobilität, die Kraft in der unteren Extremität, die Balancefähigkeit sowie die Kognition zu verbessern und hat in der Behandlung von älteren Erwachsenen und in der Neurorehabilitation bereits Einzug gehalten. Exergames sind auch für ältere Menschen mit oder ohne Krankheiten sicher durchführbar. Sie erhalten die Kraft und die daraus resultierende Selbstständigkeit der Probanden (Skjaeret, Nawaz, Morat, Schoene, Helbostad & Vereijken, 2016).

Zu VR und Exergaming wurde viel geforscht in vergangener Zeit. In ihrem Review von 2016 geben Choi et al. einen aktuellen Überblick über den momentanen Stand der Technologie und Einsatz des Exergamings. Die meist genutzten Geräte für ein VR- gestütztes Training sind Nintendo Wii sowie Xbox Kinect, gefolgt von Tanzspielen auf einer Platte. Eingesetzt werden sie vor allem für ein Training der Balance sowie der Sturzprophylaxe. Man ist sich in der Literatur einig, dass Exergaming die Balance verbessert. Zudem konnte das Sturzrisiko über 70% gesenkt werden während den ersten sechs Monaten nach einem sechsmonatigem Training (Eggenberger, Theill, Holenstein, Schumacher & de Bruin, 2015). Dass auch die kognitiven Funktionen trainiert werden, konnte Schättin, Arner, Gennaro und de Bruin (2016) nachweisen. Noch ist unklar, ob ein kognitiv-motorisches Training wie das Exergaming bessere Effekte zeigt als alternative Trainingsmethoden wie zum Beispiel Kraft- oder Ausdauertraining in Bezug auf Stürze, Balance und Kognition (Choi et al., 2016). Allerdings zeichnen sich Hinweise ab, dass Exergames dem alleinigen motorischen Training überlegen ist (Schoene, Valenzuela, Lord & de Bruin, 2014).

### **Relevanz dieser Arbeit**

Um erfolgreich altern zu können, ist die Vermeidung von Stürzen und damit die Prävention von vorzeitiger Abhängigkeit ein zentrales Element. Zudem ist die Sturzprävention auch angesichts hoher Gesundheitskosten von politischer Relevanz.

In bisherigen Studien wurde eine Vielzahl unterschiedlicher Assessments zur Evaluation der Ergebnisse verwendet. Die meisten bezogen sich auf das

Gleichgewicht, den Gang oder kognitive Funktionen (Choi et al., 2016). Wenige Studien analysierten eine Intervention in Bezug auf die TC, der eine bedeutsame Rolle für ein Sturzrisiko zugeschrieben wird.

Da in vorhergehenden Studien eine deutliche Minderung der Sturzrate nach Exergaming (vgl. Eggenberger et al., 2015) festgestellt werden konnte, ist zu vermuten, dass sich auch die TC verbessert hat. Dies zu untersuchen ist Gegenstand dieser Arbeit. Erkenntnisse daraus könnten wichtig sein für die effiziente Gestaltung eines Trainings zur Sturzprophylaxe.

Bevor aber die Methodik und die Ergebnisse dieser Untersuchung vorgestellt und diskutiert werden, folgt im nächsten Kapitel eine theoretische Einführung in die Thematik des Alterns und welche Konsequenzen der Alterungsprozess mit sich bringen kann. Des Weiteren wird das Training, insbesondere das kognitiv-motorische Training, im Alter beleuchtet. Zudem wird der Bezug dieser Arbeit zur Praxis vertiefter erörtert und mit den genauen Fragestellungen wird das Kapitel beendet.

## 2 Hintergrund

Da der Anteil älterer Menschen stetig wächst, gewinnt er sozial, wirtschaftlich und wissenschaftlich verstärkt an Bedeutung (Clark & Manini, 2011). Für ein einheitliches Verständnis, wer denn die Alten sind und was das Altern mit sich bringt, soll im Folgenden vertieft darauf eingegangen werden.

### 2.1 Alter versus Altern

Aus soziologischer Sicht redet man vom Lebensabschnitt *Alter* mit dem Übertritt ins Rentenalter. Der Begriff *Alter* bezieht sich also auf einen Lebensabschnitt, der meist mit 65 Jahren beginnt. Dieser Abschnitt wird oft als drittes Lebensalter bezeichnet, während das vierte Lebensalter hochaltrige Menschen, also Menschen ab 80 Jahren, einbezieht. Dieser Abschnitt kennzeichnet sich dadurch aus, dass in körperlichen, psychischen und kognitiven Bereichen massive Verluste auftreten. Zudem steigt die Prävalenz von vielen Krankheiten deutlich an. Da Menschen aber unterschiedlich altern, ist eine chronologische Einteilung in ein drittes und viertes Lebensalter fragwürdig (Tesch-Römer & Wurm, 2009).

Der Begriff *Altern* hingegen nimmt Bezug auf die Veränderungsprozesse, die sich über eine Lebensspanne hinweg individuell vollziehen und bereits bei der Geschlechtsreife beginnen. Die Biologie definiert den Alterungsprozess als Veränderungen, „die mit der Reproduktionsphase einsetzen und eine Abnahme der Anpassungsfähigkeit des Organismus nach sich ziehen“ (Tesch-Römer & Wurm, 2009). Dadurch ist der Körper zwar anfälliger für Krankheiten, das Alter selber ist aber per se nicht mit Krankheit gleichzusetzen.

Bis auf wenige Ausnahmen altern alle Organismen, aber nicht auf die gleiche Art und Weise und im gleichen Tempo. Zentrale Elemente, die das Altern beeinflussen sind Gesundheitsverhalten und die Art des Lebensstils. Rauchen und Übergewicht sind Verhaltensweisen, die viele Organfunktionen negativ beeinflussen (Tesch-Römer & Wurm, 2009).

## **2.2. Der Alterungsprozess**

Die Ursachen des Alterns lassen sich in zwei Kategorien unterteilen: Die Zunahme von Schäden an informativen Molekülen sowie die Regulation von spezifischen Genen. Viele basale physiologische Vorgänge sind in Ruhe bei gesunden alten Menschen unverändert, reagieren aber vermindert in ihrer Funktion bei Stress und somit ist der Organismus anfälliger für Krankheiten. Zudem hat die begrenzte Replikationsfähigkeit der Zellen im Alter Einfluss auf Wundheilung bei Gewebe, welches sich teilen kann. Bei unteilbarem Gewebe, wie zum Beispiel Nervengewebe, führt das zum Abbau von Nervenzellen und damit zu funktionellen Defiziten wie kognitiver Abbau oder Muskelabbau (Abrass, 1990).

## **2.3 Mögliche Folgen des Alterungsprozesses**

### **Gebrechlichkeit**

Unter Gebrechlichkeit versteht man in der Gerontologie ein Syndrom, das durch den Abbau verschiedener physiologischer Systeme hervorgerufen wird. Zur Diagnosesicherung gehören Kriterien wie ungewollte Gewichtsabnahme, Erschöpfung, Schwäche, verlangsamter Gang und geringe physische Aktivität. Gewisse Autoren zählen noch kognitive Beeinträchtigung, Urininkontinenz sowie das Vorhandensein von Komorbiditäten dazu (Landi et al., 2010).

### **Sarkopenie und Dynapenie**

Die Sarkopenie ist eine ernsthafte Konsequenz des Alterungsprozesses. Sie ist definiert durch den Verlust von Muskelmasse und Kraft und ist ein Risiko für geringe Lebensqualität, physische Behinderungen und Tod (Cruz- Jentoft et al., 2010). Die Ursachen von Sarkopenie sind weitreichend. Von der Art des Lebensstiles über genetische Veranlagung bis hin zu gewissen medikamentösen Behandlungen. Sarkopenie wird assoziiert mit einem verlangsamten Gangbild, eingeschränkter Mobilität sowie physischer Inaktivität (Landi et al., 2010).

Ein nicht zu vernachlässigender Grund für den Verlust der Kraft im Alter ist aber nicht nur die Abnahme der Muskelmasse, sondern auch die gestörte nervliche Ansteuerung der Muskeln. Im Alter kommt es zu morphologischen und

physiologischen Veränderungen, im Speziellen zu einem Abbau der motorischen Endplatte und zusätzlich ist die Leitungsfähigkeit des efferenten Axons deutlich reduziert (Manini, Hong & Clark, 2013). Der dadurch hervorgerufene Kraftverlust wird *Dynapenie* genannt.

Es wird in der Literatur diskutiert, dass nicht die Sarkopenie der Grund für Behinderungen im Alter ist. Muskelmasse und Behinderung korrelieren begrenzt bis gar nicht. Es ist anzunehmen, dass die Sarkopenie eine Folge der Dynapenie ist und die gesamte neuromuskuläre Funktion massgeblich die Gesundheit im Alter beeinflusst. Die These wird bestärkt durch die Tatsache, dass oftmals der Kraftverlust im Alter schneller vorstatten geht als der Verlust der Muskelmasse selber und dass ein Erhalt der Muskelmasse den altersbedingten Abbau der Kraft nicht verhindert (Clark & Manini, 2011).

### **Multimorbidität**

Unter Multimorbidität versteht man das gleichzeitige Auftreten von mehreren Erkrankungen. Oftmals sind diese Krankheiten irreversibel und begünstigen sich gegenseitig (Menning & Hoffmann, 2009). Eine exakte Definition ist aber schwierig, da gemäss der Weltgesundheitsorganisation WHO Gesundheit nicht nur über Abwesenheit von Krankheiten definiert wird, sondern geistige und soziale Komponenten mit einbezieht (Weltgesundheitsorganisation, 1946).

### **Zentrale Veränderungen**

Mit dem Alter atrophiert das Gehirn. Studien zufolge verlieren Personen bis zu 45% der gesamten myelinisierten Faserlänge bei erhaltenen Zellkernen. Dies kann erklären, warum es bei älteren Menschen zu einem Kraftverlust oder zu einer beeinträchtigten sensomotorischen Verarbeitung kommt. Diese axonale Atrophie zeigt sich weiter in einer verlangsamten Übertragungsgeschwindigkeit der efferenten Axone (Manini et al., 2013).

Durch den Zellverlust kommt es auch zu Änderungen im Neurotransmittersystem, welches wiederum Auswirkungen hat auf mentale und motorische Funktionen (Abrass, 1990).

Besonders der Frontallappen ist anfällig für eine altersbedingte Degeneration. Bei Menschen über 65 Jahren ist er um 10 -17% vermindert, während das Volumen

anderer Hirnregionen wie der Temporal- Parietal- oder Okzipitallappen nur gerade um 1% schrumpfen. Der Frontallappen ist unter anderem zuständig für die Exekutivfunktionen (EF), denen die Planung und Überwachung von Handlungen, Aufmerksamkeit und das Unterdrücken von irrelevanten Informationen sowie das Arbeitsgedächtnis zugeschrieben werden (Beurskens & Bock, 2012). Diese höheren kognitiven Funktionen steuern und modulieren Informationen und die Aufmerksamkeitsfähigkeit und nehmen so Einfluss auf das Verhalten. Das ist wichtig für eine effektive, zielgesteuerte Aktivität, was die Grundlage für alle Aktivitäten im Alltag ist (Yogev-Seligmann, Hausdorff & Giladi, 2008).

### **Demenz**

Es ist nicht ganz einfach, die Demenz von dem altersbedingten kognitiven Abbau abzugrenzen. Sie ist gekennzeichnet durch den fortschreitenden Gedächtnisverlust und Abbau der kognitiven Funktionen. 1/3 aller an Demenz erkrankten Menschen leiden unter der Alzheimerkrankheit, 15- 20% haben eine vaskuläre Demenz. Die Prävalenz liegt bei den 65- 69- jährigen Senioren bei 1.5%. Mit einem Abstand von ungefähr 5 Lebensjahren verdoppelt sich die Prävalenz und liegt bei den über 90- jährigen bei 30%.

Demenz ist einer der wichtigsten Gründe für eine Heimaufnahme, da die kognitiven Störungen ein Leben zu Hause sehr erschweren (Menning & Hoffmann (2009).

### **Behinderungen im Alter**

Der Alterungsprozess kann zu Einschränkungen im Alltag führen. So können 5% der Menschen ab 65 Jahren alltägliche Verrichtungen wie Duschen oder sich selber anziehen nur mit Schwierigkeiten bewältigen. Bei instrumentellen Alltagsaktivitäten wie Essen zubereiten, den öffentlichen Verkehr benutzen oder Haushaltsarbeiten sind sogar bis zu 20% eingeschränkt (BFS, 2012).

### **Stürze**

Das Gehvermögen kann ebenfalls abnehmen. 6% der Senioren über 80 Jahren können nur noch wenige Schritte oder gar nicht mehr gehen. 82% der befragten

Personen über 65 Jahren gaben an, Hilfsmittel wie einen Handlauf oder anderes zu benutzen um Stürze zu vermeiden (BFS, 2014).

Zudem sind Menschen, die kognitiv beeinträchtigt sind, einem höheren Risiko zu stürzen ausgesetzt. So besteht gemäss Hauer, Marburger und Oster (2002) bei Menschen mit Demenz eine bis zu vierfach höhere Wahrscheinlichkeit zu stürzen.

53% aller Stürze von älteren Personen geschehen durch Stolpern während des Gehens auf ebenem oder unebenem Untergrund (Barrett et al., 2010).

## **2.4 Das Gehen im Alter**

Der menschliche Gang ist ein sich wiederholender Zyklus von zwei Schritten. Ein Gangzyklus beginnt mit der Kontaktaufnahme des Fersens und endet, wenn der kontralaterale Fersen den Boden berührt (Ashton- Miller, 2005). Gewisse Parameter wie die Schrittkadenz (Anzahl Schritte/ min) ändern sich auch bei gesunden älteren Menschen nicht. Im Vergleich von älteren zu jüngeren Menschen zeigt sich aber eine langsamere Ganggeschwindigkeit und eine verkürzte Schrittlänge (Bridenbaugh & Kressig, 2011).

Die Gehfähigkeit im Alter nimmt parallel zum kognitiven Abbau ab. So zeigen Senioren mit milden kognitiven Beeinträchtigung (MCI) oder einer Demenz hinsichtlich Kadenz und Ganggeschwindigkeit schlechtere Werte als altersentsprechende Individuen (Allali et al., 2016).

### **2.1.1 Gehen und Kognition**

Das Gehen wurde lange Zeit als ein rein automatisierter Prozess angeschaut mit nur minimaler Beteiligung von übergeordneten kognitiven Funktionen, den Exekutivfunktionen (EF). Neuere Forschung zeigt aber, dass es eine Verbindung von kognitiven Funktionen und Ganggeschwindigkeit gibt. Je höher die Anforderung an die Lokomotion ist, umso stärker ist die Verbindung von EF und Gangbild (Yogev-Seligmann et al., 2008).

Zu den EF gehört im weiteren Sinne auch die Aufmerksamkeit. Die Aufmerksamkeit bezieht sich darauf, wie ein Organismus auf einen Stimulus reagiert und wie er diesen verarbeitet.

Aufmerksamkeit kann in verschiedene Unterformen eingeteilt werden:

- *Selektive Aufmerksamkeit*: wird vielfach auch Konzentration genannt und bezieht sich auf die Fähigkeit einen bestimmten Stimulus zu filtern und Ablenkungen zu unterdrücken.
- *Daueraufmerksamkeit*: Daueraufmerksamkeit ist die Fähigkeit, die Aufmerksamkeit über längere Zeit auf eine Aufgabe gerichtet zu halten.
- *Wechselnde Aufmerksamkeit*: Wechselnde Aufmerksamkeit bezieht sich auf das schnelle Wechseln der Aufmerksamkeit von einer Aufgabe zur anderen.
- *Geteilte Aufmerksamkeit*: Geteilte Aufmerksamkeit ist für die Fähigkeit, mehr als eine Aufgabe gleichzeitig ausführen zu können, wichtig.

Gerade die geteilte Aufmerksamkeit spielt eine wichtige Rolle für ein Multitasking beim Gehen (Yogev-Seligmann et al., 2008). Denn die Fortbewegung des Menschen im Alltag bringt viele Dual-task- Aufgaben mit sich. Die gleichzeitige Ausführung von Lokomotion und eine andere Tätigkeit nennt man *dual-tasking* (Beurskens & Bock, 2012). Den Verkehr überschauen oder das Benutzen des Mobiltelefons sind nur zwei von unzähligen alltäglichen Beispielen.

Altersbedingte Defizite der Gehfähigkeit können bis zu einem gewissen Masse durch die EF kompensiert werden, allerdings reduziert dies wiederum die kognitiven Ressourcen. Das bedeutet, dass andere Aktivitäten während des Gehens nur noch limitiert möglich sind. Den Verkehr überschauen oder Hindernisse überwinden kann dadurch zu einem Problem für ältere Menschen werden (Beurskens & Bock, 2012).

Am stärksten betroffen ist diese eingeschränkte dual-task- Fähigkeit, wenn gleichzeitig zwei visuelle Informationsströme koordiniert werden müssen. Also wenn zum Beispiel gleichzeitig der Weg und die Karte im Auge behalten werden müssen (Beurskens & Bock, 2012).

## 2.1.2 Toe clearance

Wie hoch der Fuss in der Schwungphase vom Boden abgelöst wird (im Englischen foot clearance genannt), scheint ein wichtiger Parameter im Hinblick auf Stürze zu sein.

Die foot clearance setzt sich aus der heel und toe clearance zusammen und beschreibt den Abstand der Ferse respektive der Zehen zum Boden. Die toe clearance (TC) wiederum kann man in die drei Werte Max1, minimale TC (minTC) und Max2 unterscheiden (Mariani et al., 2012). Max1 beschreibt das erste vertikale Maximum, nachdem die Zehen vom Boden abgelöst wurden. Dieses ist wichtig, damit der Fuss in der Schwungphase die richtige Höhe hat (Lai, Taylor & Begg, 2012). Die minTC wird definiert durch den kleinsten vertikalen Abstand zwischen dem tiefsten Punkt der Zehen und dem Untergrund und findet in der mittleren Schwungphase statt. Sie wird mit dem grössten Risiko für einen ungewollten Bodenkontakt assoziiert (Kileen et al., 2016). Die Schwungphase endet mit dem Max2, dem höchsten Abstand der Zehen zum Untergrund bevor die Ferse aufsetzt (Lai et al., 2012). In Abbildung 3 werden diese Werte graphisch ersichtlich.

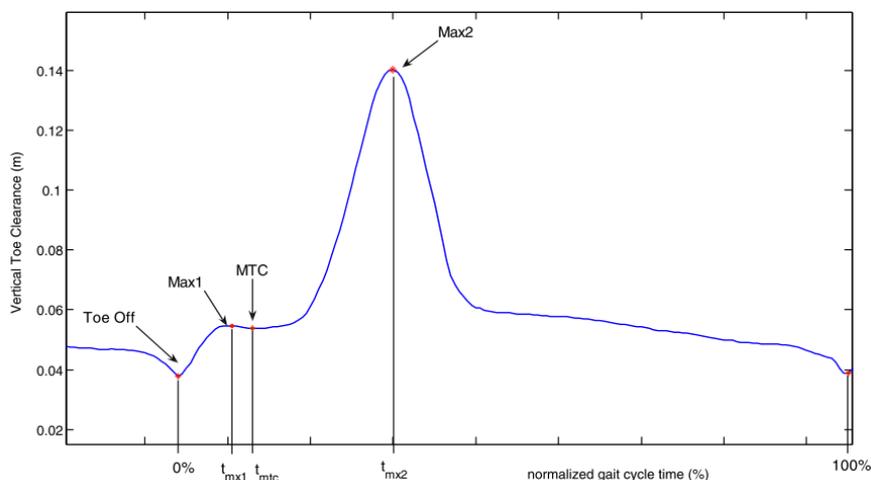


Abbildung 3. Übersicht der drei Parameter der toe clearance. (Aus Lai et al., 2012, S. 275)

Barett, Mills und Begg (2010) kamen in ihrem Review zum Ergebnis, dass die minimale foot clearance bei älteren Menschen deutlich variabler ist als bei jungen Menschen. Untersuchte man Senioren mit einer Sturzbiographie mit Senioren ohne Sturzvergangenheit, so sah man auch hier eine erhöhte Variabilität bei Menschen

mit einer Sturzbiographie. Die Autoren erklären sich so, weshalb ältere Menschen stolpern, denn Stolpern ist zu 53% die Sturzursache.

Es wird angenommen, dass unter dual-task- Bedingungen die minimale foot clearance (minFC) stärker priorisiert wird als andere zeitliche und räumliche Gangparameter. So verändert sich bei gesunden älteren Menschen die minFC nicht wesentlich mit einer zusätzlichen kognitiven Aufgabe, während sich Schrittlänge- und grösse deutlich ändern. Dies bedingt aber eine gute kortikale und subkortikale Kontrolle über den Gangzyklus sowie genügend Ressourcen in der Aufmerksamkeit. Nur so können Veränderungen des Untergrundes wie zum Beispiel den Absatz eines Gehsteiges oder Schwellen erfolgreich, also ohne zu stolpern, überwunden werden (Hamacher, Hamacher, Herold & Schega, 2016a).

Zwei der stärksten Kontributoren, die die minFC beeinflussen, ist die Kraft der Hüftflexoren sowie das Bewegungsausmass des oberen Sprunggelenkes (Sato, 2015). Der Musculus tibialis anterior untersteht einer grösseren kortikospinalen Kontrolle als die Zehenextensoren selber. Wird die kognitive Anforderung grösser, wie zum Beispiel in einer dual-task-Situation, kommt es zu einem autonomeren, selbstorganisiertem Gangmuster. Dieses ist charakterisiert durch einen tieferen minTC-Wert. Zudem wird dann die Variabilität der TC-Werte kleiner, was wiederum darauf hindeutet, dass der Gang stereotyper und automatisierter ist und dementsprechend eher über den Hirnstamm kontrolliert wird (Killeen et al., 2016).

## **2.5. Training im Alter**

Obschon ältere Menschen vom Gesundheitszustand her noch zur körperlichen Aktivität fähig wären, sind sie doch oftmals deutlich inaktiver als jüngere Menschen. Körperliche Aktivität begünstigt ein gesundes Altern. Sie wirkt dem biologischen Alterungsprozess entgegen, indem sie Knochenmasse und Muskelkraft ausgleicht. Zudem schützt sie vor chronischen Krankheiten wie Diabetes, Bluthochdruck und kardiovaskulären Krankheiten (Tesch- Römer & Wurm, 2009).

In ihrer Metaanalyse kamen Sherrington et al. (2011) zum Schluss, dass mit gezielter körperlicher Aktivität 42% aller Stürze verhindert werden können. Sie

empfehlen mindestens zwei Stunden körperliche Aktivität pro Woche. Zudem sollte dies längerfristig beibehalten werden, da sonst der gewonnene Nutzen wieder verloren geht.

Es gibt immer mehr Evidenz, dass ein körperliches Training auch einem kognitiven Abbau entgegen wirkt. So konnten Bossers et al. (2015) in ihrer Studie mit demenzkranken Menschen zeigen, dass sich nach einem kombinierten Kraft- und Ausdauertraining die kognitive Leistung deutlich verbesserte verglichen mit einem alleinigen Ausdauertraining oder sozialer Interaktion. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen auch Voelcker- Rehage et al. (2011) in ihrer Studie, in der sie eine aktive Intervention einer passiven gegenüber stellten. Die aktive Intervention zeigte bessere Ergebnisse als die passive.

Körperliche Inaktivität ist ein starker Prädiktor für eine spätere physische Behinderung. Senioren, die regelmässig aktiv sind, haben eine doppelt so hohe Wahrscheinlichkeit, dass sie ohne körperliche Behinderungen in den alltäglichen Aktivitäten sterben, als Menschen mit weniger körperlicher Betätigung (Landi et al., 2010).

Das Bundesamt für Sport (BASPO) empfiehlt für ältere Senioren, sich für 2.5 Stunden pro Woche bei mittlerer oder 1.25 Stunden pro Woche bei hoher Intensität zu bewegen. Idealerweise soll diese Zeit auf verschiedene Tage verteilt werden (BASPO, 2013). Funktionell betrachtet lässt sich durch ein körperliches Training eine Verjüngung von 15- 20 Jahren erreichen (Pfisterer & Schuler, 2005).

### **Kognitiv- motorisches Training (KMT)**

Untersuchungen zeigen, dass alltägliche Aktivitäten wie das Gehen sowohl sensomotorischen wie auch kognitiven Prozessen unterliegen und dass kognitive Defizite sensomotorische Prozesse beeinflussen. So sind kognitiv beeinträchtigte Menschen einem grösseren Sturzrisiko ausgesetzt, obschon die motorischen Komponenten wenig beeinträchtigt sind (van het Reve & de Bruin, 2014).

Vor diesem Hintergrund untersuchten van het Reve und de Bruin (2014), ob sich ein motorisches Training mit zusätzlich kognitivem Training von einem ausschliesslich motorischen Training unterscheidet. Ersteres erzielte bessere Ergebnisse in Bezug auf das Gehen. Die Dual-task- cost, der prozentuelle

Unterschied der Werte aus single-task und dual-task- Aufgaben, war in der Trainingsgruppe geringer, und auch die Sturzrate war bis zu 80% geringer.

Schoene et al. (2014) halten in ihrem Review zum interaktiven kognitiv-motorischem Training fest, dass es Hinweise gibt, die eine Überlegenheit des KMTs gegenüber konventionellem Kraft- und Balancetraining zeigen. Dies wurde an physischen und kognitiven Parameter gemessen. Vor allem zeigt sich diese Überlegenheit in dual-task- Situationen, in denen viel geteilte Aufmerksamkeit erforderlich ist.

Denn die Interaktion mit einem Computer verlangt vom Trainierenden nicht nur grobmotorische Fähigkeiten ab, wie zum Beispiel einen Schritt machen, sondern auch kognitive Prozesse. Parallele Informationsverarbeitung, selektive Aufmerksamkeit, Inhibition von aufgabenirrelevanten Stimuli und Planung gehören dazu (Schoene et al., 2015). Exergames dienen somit als ein wichtiges Hilfsmittel um neuronale Prozesse zu modulieren und zu evaluieren, sowie kognitive Prozesse wie Reaktions- und Verarbeitungsgeschwindigkeit, Exekutivfunktionen und Aufmerksamkeit zu trainieren (Schättin et al., 2016).

## **2.6 Stand der Forschung**

Die Übersichtsarbeit von Skjaeret et al. (2016) zum Thema Exergames zeigt auf, dass die Forschung immer noch in den Kinderschuhen steckt. Ihre älteste eingeschlossene Studie stammt aus dem Jahr 2007, die Mehrheit der Studien wurden zwischen 2011 und 2015 erhoben.

Untersucht wurde der Effekt hauptsächlich auf die Balance. Dies entweder als alleiniges Outcome oder in Kombination mit der physischen und/ oder kognitiven Leistungsfähigkeit. Wenige Studien befassten sich mit dem Effekt auf den Gang oder auf die Sturzangst. In der Literatur finden sich dazu widersprüchliche Ergebnisse. Generell zeichnet sich aber ein Trend ab, dass Exergaming vergleichbare oder sogar leicht bessere Ergebnisse erzielt in Bezug auf physische Funktionen als andere Übungsprogramme (Skjaeret et al., 2016).

Weitere Untersuchungen zeigen, dass ein KMT im Vergleich mit einer Balancegruppe als Kontrolle den altersbedingten präfrontalen Abbau verlangsamt. Dies wiederum zeigt sich in den Exekutivfunktionen, in denen sich die Probanden der Interventionsgruppen deutlicher verbesserten als diejenigen in der Kontrollgruppe (Schättin et al., 2016).

Dass sich ein Trend zugunsten des kognitiv- motorischen Trainings im Vergleich zu konventionellem Balance- und Krafttraining hinsichtlich Kognition zeigt, konnten Eggenberger et al. (2015) in ihrer Studie bestätigen. Die Interventionsgruppe war besser im Wechseln der Aufmerksamkeit und hatte ein besseres Arbeitsgedächtnis. Dieser Effekt blieb bis zum follow- up nach einem Jahr erhalten. Dies ist umso erstaunlicher, als dass das Arbeitsgedächtnis per se nicht trainiert wurde. Weiter nahm die Zahl der Stürze der Probanden um mehr als 70% ab.

Picchieri, Murer und de Bruin (2012) untersuchten den Effekt eines KMTs auf den Gang und wiesen nach, dass sich positive Effekte auf verschiedene Gangparameter, insbesondere unter dual-task- Bedingungen, nur in der Trainingsgruppe zeigten. In seinem Review von 2011 zeigten Picchieri, Wolf, Murer und de Bruin auf, dass Computer basierte Interventionen im Vergleich zu anderen dual- task- Interventionen konsistent positivere Ergebnisse in Bezug auf die physischen Fähigkeiten erzielen.

Inwiefern die minTC mit der Sturzgefahr zusammenhängt, und wie sich ältere von jüngeren Menschen sowie gestürzte (fallers) und nicht gestürzte (non- fallers) Senioren diesbezüglich unterscheiden, wurde in den letzten Jahren ebenfalls viel geforscht. Die Medianwerte der minTC unterscheiden sich nicht wesentlich wenn man ältere mit jüngeren Personen vergleicht. Allerdings ist die Varianz der Werte deutlich höher bei älteren Menschen (Mills, Barrett & Morrison, 2008). Zudem unterscheidet sich die Varianz der minTC bei fallers und non- fallers ebenfalls deutlich (Barrett et al., 2010).

Ob sich die TC durch eine Intervention beeinflussen lässt, darüber gibt es wenige Studien. Hamacher, Hamacher, Rehfeld, Hokelmann & Schega (2015) stellten in ihrer Studie mit Senioren eine Reduktion der Variabilität der TC fest, nachdem die Probanden ein sechsmonatiges Tanzprogramm absolviert hatten. Dass ein Training ganz allgemein einen Einfluss hat auf die TC zeigte Guadagnin, da Rocha, Mota & Carpes (2015) in ihrer Studie. Sie verglichen Senioren, die während mindestens einem Jahr 150 Minuten pro Woche aktiv waren mit Senioren, die weniger aktiv waren. Es zeigte sich einen statistisch signifikant besseren Wert der TC.

## **2.7. Fragestellung und Relevanz für die Praxis**

Aus medizinischer Sicht ist es als Erfolg zu werten, dass die Menschheit immer älter wird, wie der Abbildung 1 in der Einleitung zu entnehmen ist. Aus sozialer Sicht hingegen kann diese Tendenz auch als Bedrohung gewertet werden, weil das Alter mit Krankheit, Abhängigkeit und Leiden verbunden sein kann (Fernandez-Ballesteros & Mendoza- Ruvalcaba, 2009).

Wie vorhergehend erläutert, sind Stürze eine massgebliche Gefahr für die Unabhängigkeit im Alter und können mit enormen Gesundheitskosten verbunden sein. Erfolgreiches Altern hängt somit unter anderem davon ab, inwiefern das Sturzrisiko limitiert werden kann.

Ein kognitiv- motorisches Training zeigte in vorhergehenden Studien gute Effekte auf Kraft, Kognition und Angst vor Stürzen (Eggenberger et al., 2015). Zudem wurden Effekte auf räumlich-zeitliche Gangparameter wie Ganggeschwindigkeit, Schrittlänge oder Kadenz untersucht. Bis anhin fehlen aber Studien, die den Effekt eines kognitiv- motorischen Trainings auf die TC untersuchen. Dies zu untersuchen gibt neue Erkenntnisse in Bezug auf die Wirkungsweise und Wirksamkeit eines KMTs. Daraus lassen sich gegebenenfalls Hinweise auf die Gestaltung eines wirkungsvollen Sturzpräventionsprogramms ableiten.

Da körperliche Aktivität einen Einfluss hat auf die TC (vgl. Guadagnin et al., (2015)) und Eggenberger et al. (2015) eine deutliche Sturzreduktion feststellten,

lässt sich vermuten, dass ein kognitiv- motorisches Training eine Verbesserung der toe clearance zur Folge hat.

Hauptziel dieser Studie ist demzufolge die Untersuchung, ob ein kognitiv- motorisches Training die TC beeinflusst. Dies soll einerseits unter single-task- Bedingungen geschehen. Da aber der Alltag nicht nur aus single-task- Aufgaben, sondern vielmehr aus dual-task- Situationen besteht, soll zusätzlich der Einfluss des Trainings auf die TC unter dual-task- Bedingungen untersucht werden.

Die konkrete Fragestellung lautet:

„Hat ein kognitiv- motorisches Training einen Einfluss auf die toe clearance bei älteren, gesunden Menschen unter single- und dual-task- Bedingungen?“

Die Alternativhypothese H1 lautet:

**„Ein kognitiv- motorisches Training, basierend auf einem Computerspiel, zeigt eine signifikante Verbesserung in der toe clearance unter single- und dual-task- Bedingungen.“**

Da Stürze multimodaler Natur sind, kann postuliert werden, dass die toe clearance unverändert bleibt. Die Nullhypothese H0 lautet:

**„Ein Computerspiel basiertes kognitiv-motorisches Training trägt nicht zu einer signifikanten Verbesserung der toe clearance unter single- und dual-task- Bedingungen bei.“**

Zudem soll in dieser Studie untersucht werden, ob ein kognitiv- motorisches Training Einfluss auf die Kognition, Kraft oder Gleichgewicht hat.

Die Alternativhypothese H1 lautet:

**„Ein Computerspiel basiertes kognitiv-motorisches Training verbessert signifikant die Kognition, die Kraft und das Gleichgewicht“.**

Die Nullhypothese lautet:

**„Ein Computerspiel basiertes kognitiv- motorisches Training zeigt keine signifikante Verbesserung in den Bereichen Kognition, Kraft und Balance“.**

## 3 Methodik

### 3.1. Studiendesign und Probanden

Diese Kohortenstudie wurde von Juni 2017 bis September 2017 durchgeführt und ähnelt in ihrem Design der Untersuchung von Willerslev-Olsen, Petersen, Farmer und Nielsen (2015) mit cerebrally gelähmten Kindern. Zwischen dem ersten und dem zweiten Messzeitpunkt lag ein Zeitraum von sechs Wochen, in dem keine Intervention stattfand. Zwischen dem zweiten und dritten Messzeitpunkt lagen weitere sechs Wochen, in denen die Probanden das unten erläuterte Training absolvierten. In diesem Design fungiert die Interventionsgruppe gleichzeitig als ihre eigene Kontrollgruppe und beobachtete Effekte beim dritten Messzeitpunkt könnten auf das Training zurückgeführt werden.

Die Studie wurde von der Ethikkommission der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich bewilligt (2017-N-22) und ist im Anhang C angehängt.

Die Probanden wurden im Raum Baden-Wettingen rekrutiert. Ein Informationsflyer wurde an verschiedene Einrichtungen für Senioren geschickt. Dazu gehörte in erster Linie der Seniorenrat der Region Baden, eine Organisation, die sich sozial und gesellschaftlich für Senioren engagiert (Seniorenrat Region Baden, 2017). Weiter wurde im Alterszentrum Kehl in Baden ein Aufruf gemacht. Das Alterszentrum Kehl umfasst 72 Alterswohnungen und 64 Pflegebetten mit insgesamt 140 Bewohner und Bewohnerinnen. Zudem wurden befreundete Institutionen wie das Regionale Pflegezentrum Baden, die lokale Spitex und das Alterszentrum *Am Buechberg* in Fislisbach informiert.

Alle Interessenten wurden zu einer Informationsveranstaltung eingeladen, in der das Training und der Ablauf der Studie vorgestellt wurde.

Es wurden 16- 30 Senioren über 65 Jahre gesucht, die alleine über 500m mit oder ohne Hilfsmittel gehfähig waren, sich bei guter Gesundheit fühlten und keine kognitiven Beeinträchtigungen aufwiesen. Ausgeschlossen wurden alle Probanden mit instabilen oder terminalen Krankheiten.

Die Gehstrecke wurde durch Plausibilitätsüberlegungen festgelegt. Die MoCA-Untergrenze wurde mittels iterativen Prozess sowie einschlägiger Literatur ermittelt.

So bezeichnet die Memory Clinic der universitären Altersmedizin Basel im Felix-Platter- Spital Menschen mit einem MoCA- Wert von  $\geq 23$  Punkten als normal (Memory Clinic, 2017).

Tabelle 1 zeigt die Ein- und Ausschlusskriterien in der Übersicht.

Tabelle 1  
Ein- und Ausschlusskriterien

<b>Einschlusskriterien</b>	<b>Ausschlusskriterien</b>
Selbstständig mobil für 500m mit oder ohne Hilfsmittel	Instabile Herzkrankheiten
über 65 Jahre alt	Terminale Krankheiten
MoCa $\geq 23$ Punkte	

Bemerkungen:

MoCA= Montreal Cognitive Assessment

### 3.2. Das Training

Das Training kombinierte kognitive Aspekte mit simultanen motorischen Aktionen. Dafür standen die Probanden auf einer medizinischen Trainingsplattform (Dividat Senso, siehe Abbildung 4) und konnten mit Druck der Füße in eine der vier Richtungen (vorne, hinten, links oder rechts) mit dem Spiel interagieren. Die Platte selber war über ein USB- Kabel mit einem Bildschirm verbunden, welcher frontal zu den Probanden stand. Bei Bedarf konnten sich die Probanden am Handlauf halten.



Abbildung 4. Dividat Senso (Dividat, 2017)

Die Platte sowie die Spiele wurden von der Firma Dividat (Schindellegi, Schweiz) zur Verfügung gestellt. Die Firma Dividat ist ein Spin- off Unternehmen der

ETH Zürich. Sie entwickeln technologiebasierte Trainingssysteme um die funktionelle Unabhängigkeit und die selbstständige Mobilität im Alter zu fördern (Dividat, 2017).

Der Dividat Senso ist ein Medizinprodukt der Klasse 1a und hat damit unter anderem die Linderung oder Kompensierung von Verletzungen oder Behinderungen zum Zwecke (swissmedic, 2017). Er richtet sich an Menschen, die Gehstörungen infolge Alter oder neurologischen Ursachen aufweisen. Weiter unterstützt er Menschen mit beeinträchtigter Gleichgewichts- und Haltungskontrolle, Menschen mit Morbus Parkinson oder Multiple Sklerose sowie Menschen, die leichte kognitive Beeinträchtigungen zeigen (Dividat, 2017).

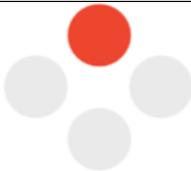
Mit dem Dividat Senso werden folgende neuropsychologische Aufgaben trainiert:

- Fokussierte und geteilte Aufmerksamkeit
- Kognitive Flexibilität
- Arbeitsgedächtnis
- Verarbeitungsgeschwindigkeit und zielgerichtetes Reagieren
- Visuell- räumliche Verarbeitung sowie räumliches Vorstellungsvermögen (Dividat, 2017)

In Tabelle 2 werden Ziele und Ablauf der einzelnen Spiele genauer beschrieben.

Die Trainingsanforderung für die Probanden wurde direkt über die Software gesteuert. Basierend auf dem von Shannon (1948) eingeführten Prinzip der Informationsentropie wurde die gestellte Anforderung erhöht beziehungsweise gesenkt. Dies betraf einerseits die Geschwindigkeit der auftretenden Reize, auf die die Probanden mit zunehmender Reaktionsgeschwindigkeit reagieren mussten. Andererseits betraf es aber auch die Menge an Reizen, die im Überblick behalten werden mussten.

Tabelle 2  
Übersicht der Trainingsspiele (Dividat, 2017)

Symbol	Name	Beschreibung des Trainings
	<b>Simple</b>	Trainiert wird die fokussierte Aufmerksamkeit. Sobald einer der Punkte rot wird, muss ein Schritt in die entsprechende Richtung gemacht werden.
	<b>Targets</b>	Trainiert wird das zielgerichtete Reagieren. Sobald der am Bildschirm erscheinende Ball die Mitte der Zielscheibe trifft, muss ein Schritt in die entsprechende Richtung gemacht werden.
	<b>Divided</b>	Trainiert wird die geteilte Aufmerksamkeit. Erweiterung des Games Simple. Nebst dem Aufleuchten eines roten Punktes muss zusätzlich ein auditives Signal mit einer korrekten Schrittantwort verarbeitet werden.
	<b>Simon</b>	Trainiert wird das Arbeitsgedächtnis. Die Tonabfolge, die auch räumlich dargestellt wird, muss mit Schritten wiedergegeben werden.
	<b>Flexi</b>	Trainiert wird die kognitive Flexibilität. Analog dem Trail making Test A und B muss ein Schritt in die Richtung, die die nächst höhere Zahl zeigt, gemacht werden.
	<b>Snake</b>	Trainiert wird die visuell-räumliche Verarbeitung. Die Schlange wird durch die Schritte auf der Platte zu den roten Quadraten navigiert, die sie dann essen soll.



### **Season**

Trainiert wird die selektive Aufmerksamkeit und Inhibition.

Auf dem Bildschirm erscheinen zu den Jahreszeiten passende oder unpassende Objekte. Nur bei unpassenden Gegenständen muss ein Schritt in die entsprechende Richtung gemacht werden.



### **Tetris**

Trainiert wird das räumliche Vorstellungsvermögen.

Das untere Spielfeld soll möglichst lückenfrei mit den von oben kommenden Steinen, die gedreht werden können, gefüllt werden.

---

### **Trainingsprotokoll**

Über einen Zeitraum von sechs Wochen wurden 18 Trainingseinheiten mit 3 Mal pro Woche Training geplant. War es aus terminlichen Gründen nicht möglich die sechs Wochen einzuhalten, wurde maximal eine Woche Verlängerung gewährt. Die Probanden spielten alle acht Spiele mit individuell gesetzten Pausen. Jedes Spiel dauerte 2.5 Minuten, sodass sich eine effektive Trainingszeit von 20 Minuten ergab. Falls es die Sicherheit zuließ, wurden die Probanden motiviert, das Training ohne Halt am Gelände durchzuführen. Alle Trainings fanden im Alterszentrum Kehl statt und wurden von zwei angehenden Masterabsolventinnen beaufsichtigt.

### **3.3. Messparameter**

Alle drei Messzeitpunkte (MZP) beinhalteten die gleichen Messungen, die in der gleichen Reihenfolge und zur gleichen Tageszeit im Trainingsraum des Alterszentrums Kehl durchgeführt wurden. Bei der Erstmessung wurden zusätzlich zum Montreal Cognitive Assessment (MoCA), der Short Physical Performance Battery (SPPB) und der toe clearance noch Daten zum Gesundheitszustand (Erkrankungen, Medikamente, körperliche Aktivität...) sowie Körpergewicht und Körpergröße erhoben. Alle Messungen wurden von den gleichen zwei Masterstudentinnen durchgeführt.

## Toe clearance

Die toe clearance wurde mit dem Physiolog® (Gait Up, Lausanne, Schweiz) aufgezeichnet. Der Physiolog ist ein auf einer inertialen Messeinheit basierendes Gerät, welches ein Drehraten- und Beschleunigungssensor besitzt. Es ist klein (50 mm × 40 mm × 16 mm) und kann bequem mit einem elastischen Band am Schuh befestigt werden. Die Daten werden mittels USB- Zugang auf den Computer transferiert und dort ausgewertet (Dadashi, Mariani, Büla, Santos- Eggimann & Aminian, 2013).

Der Physiolog zeigt gute Übereinstimmung mit anderen sensorbasierten Ganganalysesystemen und ist empfindlich genug um Veränderungen der TC zu messen. Ein grosser Vorteil des Physiologs ist es, dass er auch ausserhalb eines Ganglabors angewendet werden kann und so Ganganalysen in natürlicher Umgebung möglich sind (Mariani et al., 2012).

Angelehnt an das Protokoll von König, Singh, von Beckerath, Janke und Taylor (2014) liefen die Probanden die Figur einer liegenden 8. Die Werte der Schritte in der Kurve, sowie die ersten und letzten zwei Schritte wurden nicht in die Analyse einbezogen, sondern nur die Schritte auf den geraden Abschnitten.

Für die Messung der single-task- Bedingung liefen die Probanden 15 Runden ohne zusätzliche Aufgabe. Für die Messung der dual- task- Bedingung liefen sie weitere 8 Runden, in denen sie von einer zufällig ausgewählten Zahl zwischen 100-150 in 7er- Schritte rückwärts zählen mussten. Für jede neue Runde wurde eine neue Zahl durch einen Zufallsgenerator (random.org) generiert.

Abbildung 5 zeigt die Versuchsanordnung mit den jeweiligen Abständen.

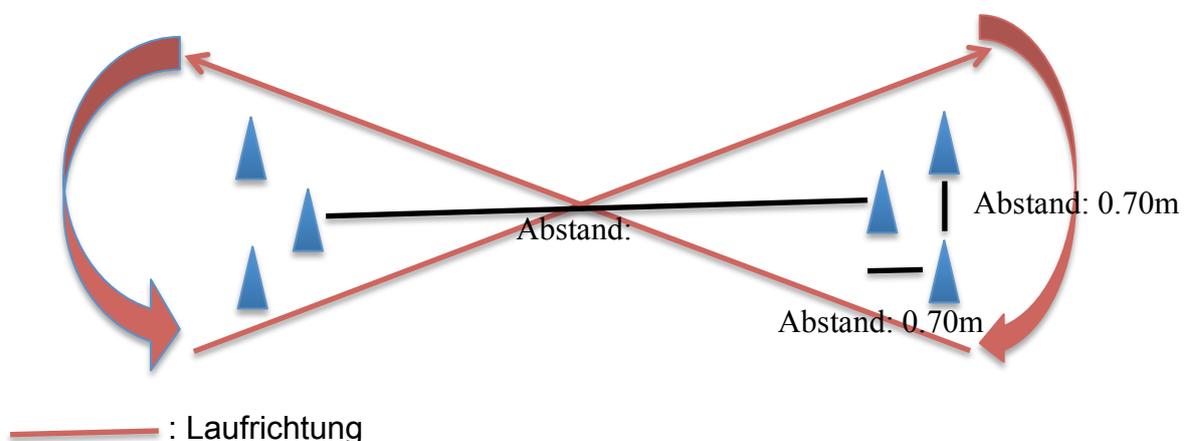


Abbildung 5. Versuchsanordnung zur Messung der TC.

### **Montreal Cognitive Assessment (MoCA)**

Das Assessment ist ein zehnmütiger Test, der acht verschiedene kognitive Domänen testet und in dem total 30 Punkte erreicht werden können. Zu den getesteten kognitiven Domänen gehören das Kurzzeitgedächtnis, visokonstruktive Fähigkeiten, exekutive Funktionen, Konzentration, Aufmerksamkeit, Arbeitsgedächtnis, sprachliche Fähigkeiten und die zeitliche und örtliche Orientierung.

Die Sensitivität des MoCAs ist exzellent (90% für leichte kognitive Beeinträchtigungen sowie 100% für Alzheimer) und auch die Spezifität ist mit 87% sehr gut. Des Weiteren sind auch die positiven wie die negativen Vorhersagewerte sehr gut (zwischen 89 - 100%). Zudem weist der Test eine hohe Test-Retest-Reliabilität sowie eine gute interne Konsistenz auf.

Zur Zeit existieren keine anderen Tests, die schnell und zuverlässig eine leichte kognitive Beeinträchtigung von gesunden Testpersonen unterscheiden (Nasreddine et al., 2005).

Die im Anhang A aufgeführte deutsche Basisversion (full 7.1) des MoCAs wurde unter [www.mocatest.org](http://www.mocatest.org) heruntergeladen.

### **Short physical performance battery (SPPB)**

Die SPPB wird oft in Studien mit älteren Menschen verwendet um die physische Leistungsfähigkeit zu evaluieren. Sie besteht aus drei Anteilen: einem Balancetest, bei dem der Rhomberg, Semitandem- und Tandemstand bewertet werden, einer Messung der präferierten Ganggeschwindigkeit und zu guter Letzt aus einem Krafttest, bei dem der Proband fünf Mal aufsteht und sich wieder hinsetzt. Die maximale Punktezahl liegt bei 12.

Die Reliabilität kann mit einem Intraclasskoeffizient zwischen 0.88 und 0.92 als sehr gut bewertet werden (Freire, Guerra, Alvarado, Guralnik & Zunzunegui, 2012).

Das verwendete Protokoll der SPPB findet sich im Anhang A.

## **3.4. Statistische Analyse**

In die Analyse eingeschlossen wurden nur Daten von Personen, die die 18 Trainingseinheiten absolvierten. Daten von ausgeschiedenen Probanden wurden nicht berücksichtigt. Die Daten wurden auf Normalverteilung mit dem Shapiro- Wilk-Test getestet. Da keine Normalverteilung vorlag, wurde auf den Friedmanntest

zurückgegriffen. Bei statistisch signifikanten Daten wurden Post-hoc- Tests mit paarweisen Analysen durchgeführt. Das Konfidenzintervall lag bei 95%. Die Auswertung der Daten erfolgte mit IBM SPSS Statistics 24.0 für Windows.

Die Effektstärke wurde mit dem Pearsons Korrelationskoeffizient  $r$  ermittelt. Ein Wert von  $r = 0.10$  bedeutet eine kleine,  $r = 0.30$  eine mittlere und  $r = 0.5$  eine grosse Effektstärke (Cohen, 1988). Wo die für die Berechnung der Effektstärke benötigte Teststatistik nicht direkt von SPSS angegeben wurde, wurde ein paarweiser Vergleich der drei Messzeitpunkte mit dem Wilcoxon- Test vorgenommen. Nach Gesprächen mit Experten wurde entschieden, die Effektstärke nur für Werte von  $p < 0.1$  zu berechnen.

## 4 Ergebnisse

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung, ob ein kognitiv-motorisches Training Einfluss auf die TC bei älteren, gesunden Menschen unter single- und dual-task- Bedingung hat. Die Alternativhypothese H1 lautet:

„Ein kognitiv- motorisches Training, basierend auf einem Computerspiel, zeigt eine signifikante Verbesserung in der toe clearance unter single- und dual-task- Bedingungen.“

### 4.1. Beschreibung der Stichprobe

Nach der Informationsveranstaltung sowie dem Aufruf im Seniorenrat meldeten sich 37 interessierte Personen, 9 davon sagten aber unter Angabe verschiedener Gründe wieder ab. Bei der Erstmessung wurden 28 Personen getestet. Eine Person zog danach ihre Einwilligung aufgrund körperlichen Unwohlseins zurück, einer Person war der zeitliche und finanzielle (Fahrkarten für die öffentlichen Verkehrsmittel) Aufwand zu gross und fünf Personen erfüllten nicht alle Einschlusskriterien (MoCA unter 23 Punkten). Eine Person gab das Training aufgrund von Schmerzen auf. Es verblieben 20 Personen, die in die Schlussmessung eingeschlossen wurden. In der Abbildung 6 ist der Studienablauf mit den Gründen für ein Ausscheiden aus der Studie genauer aufgezeigt.

Im Durchschnitt waren die Probanden 79 Jahre alt und bis auf eine Person waren alle Probanden ohne Hilfsmittel gehfähig. 11 Probanden wohnten in Alterswohnungen des Alterszentrums Kehl, 9 Probanden kamen aus der näheren Umgebung Baden/ Wettingen.

Tabelle 3 zeigt eine Übersicht der Demographie der Probanden. Die kursiv markierten Werte sind als Durchschnittswerte mit der Standardabweichung zu lesen.

Tabelle 3  
Demographie der Gruppe

Demographie	n*
Geschlecht	
weiblich	13
männlich	7
Alter in Jahre	
<i>Durchschnitt (SD)</i>	$79 \pm 8$
Gewicht in kg	
<i>Durchschnitt (SD)</i>	$68 \pm 13$
Grösse in cm	
<i>Durchschnitt (SD)</i>	$165 \pm 8$
Bewohner im Alterszentrum	
<i>ja</i>	11
<i>nein</i>	9
MoCa	
<i>Durchschnitt (SD)</i>	$26.45 \pm 1.8$
Hilfsmittel	
<i>Keine</i>	19
<i>Stock</i>	1

Bemerkungen:

MoCA= Montreal Cognitive Assessment

\*Zahlen beziehen sich auf n ausser anderweitig angegeben. Solche von n abweichende Statistiken sind in der Tabelle kursiv gedruckt.

Knapp die Hälfte der Probanden litt an Augenerkrankungen (n = 9) oder an Herzerkrankungen (n = 13). Viele der Probanden waren mindestens 1x/ Woche körperlich aktiv (n = 17). Die SPPB lag im Schnitt bei 10 Punkten, was widerspiegelt, dass die Probanden minimal limitiert waren (vgl. Puthoff, 2008).

Tabelle 4 stellt gesundheitsrelevante und fitnessbezogene Angaben dar. Der mit einem \* gekennzeichnete Wert ist als Durchschnittswert mit Standardabweichung zu lesen. Die vorgenommene Einteilung der Anzahl Medikamente basiert auf der Querschnittsstudie von Ziery, Dieleman, Hofman, Pols, van der Cammen und Stricker (2006). Sie postulieren, dass der Gebrauch von drei oder mehr

Medikamenten ein wichtiger Risikofaktor für Stürze ist. Die Einteilung der Sturzhäufigkeit sowie der Häufigkeit physischer Aktivität pro Woche wurde durch Plausibilitätsüberlegung und durch den Austausch mit Experten festgelegt.

Tabelle 4  
Gesundheitsrelevante Angaben

<b>Gesundheitsrelevante Angaben</b>	<b>n</b>
Medikamente	
0-3	11
3-6	6
>6	3
Stürze in den letzten 6 Monaten	
Keine	13
1	6
>1	1
Herzkrankheit	
Hypertonie	11
Herzinsuffizienz	1
Herzinfarkt	1
Schlaganfall	3
Krebs	1
Gelenkserkrankung	9
Osteoporose	7
Augenerkrankung	9
Keine Erkrankungen	1
<b>Fitnessbezogene Angaben</b>	
SPPB*	10.40 ± 1.6
Physische Aktivität/ Woche	
Keine	3
1	9
>1	8

Bemerkungen:

\*= Durchschnitt und Standardabweichung;

SPPB= Short Physical Performance Battery

Alle Probanden absolvierten die 18 Trainings in einem Zeitraum von 6 Wochen. Bei Krankheiten oder Terminkollisionen wurde das fehlende Training eingeschoben, so dass die Probanden teilweise bis zu 4 Trainings pro Woche absolvierten. Die Schlussmessung fand innerhalb 5 Tage nach dem letzten Training statt.

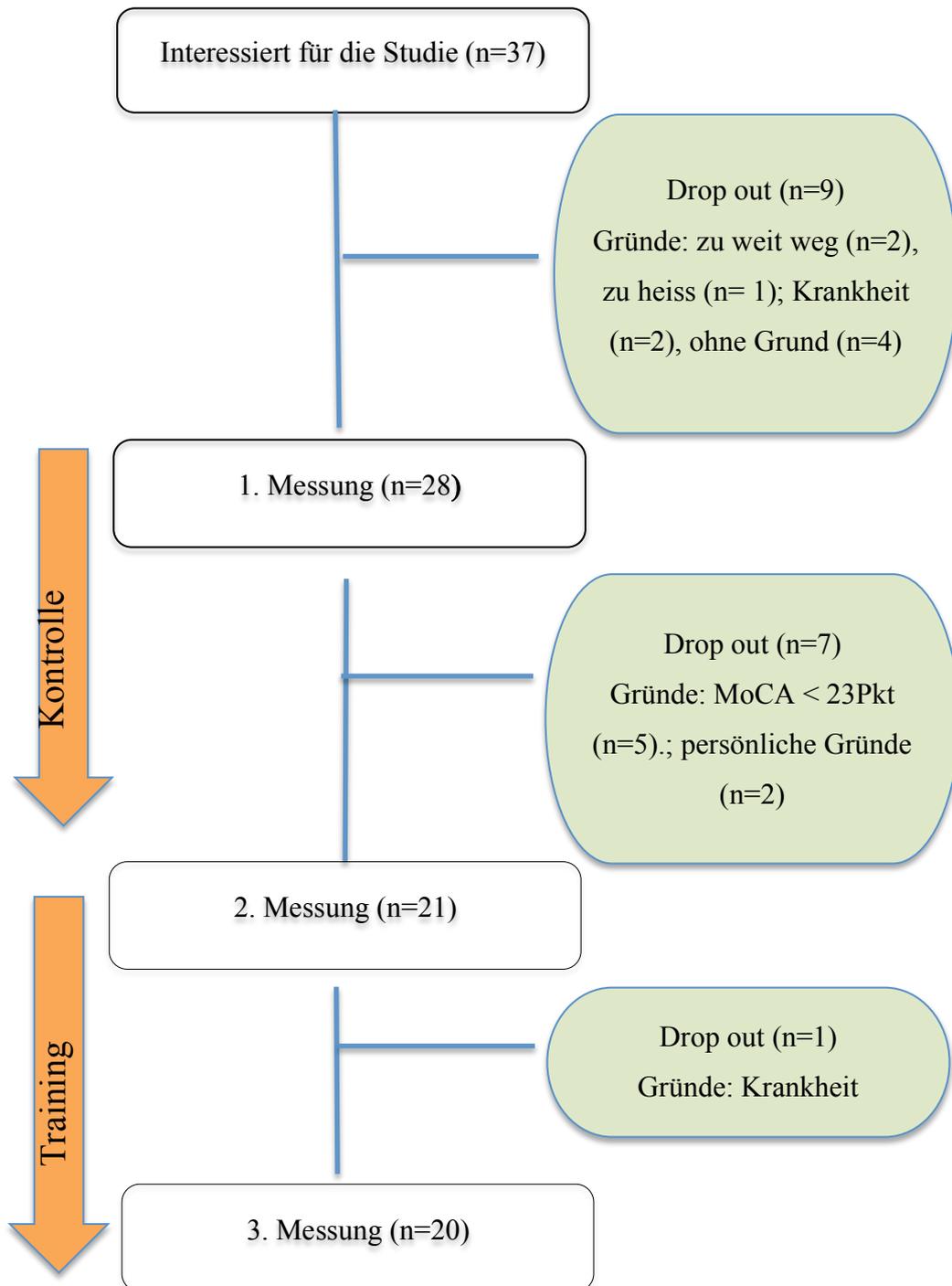


Abbildung 6. Studienablauf

## 4.2. Messparameter

Die Überprüfung der Normalverteilung durch den Shapiro- Wilk Test sowie Visualisierung mit Boxplots ergaben, dass die Werte nicht normalverteilt waren. Die Daten wurden deshalb mit dem non- parametrischen Äquivalent zur Anova, dem Friedman- Test, ausgewertet.

### Toe clearance

Die Auswertung der toe clearance ergab keine signifikanten Änderungen beim Gehen unter single task- Bedingungen. Gehen unter dual-task- Bedingung zeigte eine statistisch signifikante Änderung in der minimalen TC (minTC) links (Friedman- Test:  $\text{Chi}^2(2) = 7.46$ ,  $p = 0.024$ ,  $n = 20$ ) und rechts (Friedman- Test:  $\text{Chi}^2(2) = 8.87$ ,  $p = 0.012$ ,  $n = 20$ ).

Post-hoc- Tests (Dunn-Bonferroni- Test) zeigten weiter, dass die Signifikanz für die **linke minTC unter dual task- Bedingung** (minTCD) zwischen dem 1. und 3. MZP lag ( $p_{1-3} = 0.027$ ) während der Vergleich zwischen dem 1. und 2. MZP und 2. und 3. MZP statistisch nicht signifikant waren ( $p_{1-2} = > 0.9$  resp.  $p_{2-3} = 0.173$ ). Die Berechnung der Effektstärke ergab einen mittleren Effekt für den Vergleich der MZP 1 mit 3 und 2 mit 3 ( $r_{1-3} = 0.58$  resp.  $r_{2-3} = 0.42$ ), und einen schwachen Effekt für den Vergleich der MZP 1 und 2 ( $r_{1-2} = 0.16$ ).

Post-hoc- Test (Dunn-Bonferroni- Test) für **minTCD rechts** ergaben eine Signifikanz des Vergleichs der MZP 1 mit 2 ( $p_{1-2} = 0.022$ ), aber keine Signifikanz der Vergleiche der MZP 1 mit 3, resp. 2 mit 3 ( $p_{1-3} = >0.9$  resp.  $p_{2-3} = 0.066$ ). Die Effektstärke liegt für den Vergleich von MZP 1 mit 2 bei  $r_{1-2} = 0.6$ , für den Vergleich von MZP 2 mit 3 bei  $r_{2-3} = 0.51$  und für den Vergleich von MZP 1 mit 3 bei  $r_{1-3} = 0.08$ .

Die Ergebnisse der toe clearance werden in der Tabelle 5 übersichtlich dargestellt.

Tabelle 5  
Ergebnis der toe clearance.

		1. MZP	2. MZP	3. MZP	p- Wert
		Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	
ST					
max1	<i>Links</i>	0.061 (0.013)	0.062 (0.016)	0.062 (0.015)	0.700
	<i>Rechts</i>	0.061 (0.017)	0.062 (0.019)	0.059 (0.017)	0.141
minTC	<i>Links</i>	0.028 (0.010)	0.026 (0.010)	0.026 (0.009)	0.267
	<i>Rechts</i>	0.023 (0.010)	0.025 (0.010)	0.024 (0.008)	0.071 <sup>b</sup>
max2	<i>Links</i>	0.139 (0.029)	0.136 (0.027)	0.137 (0.023)	0.963
	<i>Rechts</i>	0.145 (0.024)	0.146 (0.024)	0.142 (0.020)	0.387
DT					
max1	<i>Links</i>	0.062 (0.014)	0.062 (0.015)	0.061 (0.016)	0.681
	<i>Rechts</i>	0.059 (0.017)	0.060 (0.017)	0.057 (0.017)	0.054 <sup>b</sup>
minTC	<i>Links</i>	0.029 (0.009)	0.027 (0.009)	0.025 (0.009)	0.024 <sup>a</sup>
	<i>Rechts</i>	0.021 (0.009)	0.024 (0.010)	0.022 (0.008)	0.012 <sup>a</sup>
max2	<i>Links</i>	0.130 (0.026)	0.128 (0.027)	0.133 (0.024)	0.672
	<i>Rechts</i>	0.142 (0.024)	0.137 (0.025)	0.139 (0.023)	0.368

Bemerkungen:

Max1= 1. Maximum der toe clearance; minTC= minimum toe clearance; max2= 2. Maximum der toe clearance; ST= single task; DT= dual task (Gehen mit rückwärts zählen); mean= Mittelwert; SD= Standardabweichung; MZP= Messzeitpunkt; <sup>a</sup>= Friedman-Test p- Wert < 0.05; <sup>b</sup>= Friedman- Test p- Wert < 0.1.

Zudem wurden die Effektstärken für die Werte von  $p < 0.1$  berechnet.

Für die **rechte minTC unter single-task- Bedingung** zeigten sich mittlere Effektstärken für die Vergleiche von MZP 1 mit MZP 2 sowie MZP 2-3 ( $r_{1-2} = 0.47$  resp.  $r_{2-3} = 0.38$ ). Der Effekt für den Vergleich von MZP 1-3 war sehr klein ( $r_{1-3} = 0.06$ ).

Für das **max1 rechts unter dual-task- Bedingung** war die Effektstärke der Vergleiche von MZP 1 und 2 sowie 1 und 3 sehr klein bis klein ( $r_{1-2} = 0.17$  resp.  $r_{1-3} = 0.03$ ). Der Vergleich von MZP 2 und 3 ergab eine mittlere Effektstärke ( $r_{2-3} = 0.36$ ).

## **MOCA**

Die allgemeine Auswertung des MoCAs ergab eine statistische Signifikanz (Friedman- Test:  $\text{Chi}^2(2) = 11.75$ ,  $p = 0.003$ ,  $n = 20$ ). Paarweise Vergleiche zeigten, dass der 1. MZP verglichen mit dem 3. MZP signifikant unterschiedlich waren ( $p_{1-3} = 0.008$ ) die beiden andere Vergleiche erreichten keine statistische Signifikanz ( $p_{1-2} = 0.081$  resp.  $p_{2-3} = > 0.9$ ). Die Effektstärke für den Vergleich von MZP 1 mit 3 liegt bei  $r_{1-3} = 0.67$ , für den Vergleich von MZP 1 mit 2 bei  $r_{1-2} = 0.4$  und für den Vergleich von MZP 2 mit 3 bei  $r_{2-3} = 0.17$ .

Für eine genauere Betrachtung der Veränderungen wurden die Unterkategorien des MoCas noch einzeln einer Analyse unterzogen. Sie ergab signifikante Unterschiede in den Bereichen der Aufmerksamkeit sowie der Erinnerung ( $p_{\text{Auf}} = 0.012$  resp.  $p_{\text{Er}} = < 0.001$ ). Die verbliebenen Unterbereiche änderten sich nicht statistisch signifikant.

Post-hoc- Tests (Dunn-Bonferroni- Test) für die Unterkategorie Aufmerksamkeit ergaben keine Signifikanz mehr ( $p_{1-2} = 0.707$ ;  $p_{1-3} = > 0.9$ ;  $p_{2-3} = 0.464$ ). Die Effektstärke lag zwischen  $r_{1-3} = 0.05$  (MZP 1 und 3) bis  $r_{1-2} = 0.2$  resp.  $r_{2-3} = 0.3$  (MZP 1 und 2 resp. MZP 2 und 3).

Für die Unterkategorie Erinnerung zeigte sich eine Signifikanz für den Vergleich von MZP 1 mit MZP 3 ( $p_{1-3} = 0.006$ ). Die anderen Vergleiche waren nicht signifikant ( $p_{1-2} = 0.13$ ;  $p_{2-3} = > 0.9$ ). Die Effektstärken lagen bei  $r_{1-2} = 0.6$  (MZP 1 und 2), bei  $r_{1-3} = 0.68$  (MZP 1 und 3) sowie bei  $r_{2-3} = 0.6$  (MZP 2 und 3).

Tabelle 6 gibt eine Übersicht der Ergebnisse des MoCAs sowie der SPPB.

## **SPPB**

Die Auswertung mit dem Friedman- Test ergab, dass insgesamt betrachtet keine signifikante Änderung in der SPPB zu sehen ist (Friedmann Test:  $\text{Chi}^2(2) = 3.68$ ,  $p = 0.159$ ,  $n = 20$ ). Vergleiche der Untergruppen Balance, Gang und Kraft

zeigten nur eine statistisch signifikante Veränderung in der Kraft ( $p = 0.020$ ), nicht aber in der Balance oder dem Gang ( $p_{Ba} = 0.7$  resp.  $p_{Gang} = 0.1$ ).

Alle drei Post-hoc- Test (Dunn- Bonferroni- Test) der Untergruppe Kraft erreichten jedoch keine Signifikanz mehr ( $p_{1-2} = 0.46$ ,  $p_{1-3} = 0.29$ ,  $p_{2-3} = >0.9$ ).

Die Effektstärken für die Untergruppe Kraft lagen für den Vergleich von MZP 1 und 2 bei  $r_{1-2} = 0.3$ , für den Vergleich von MZP 1 und 3 bei  $r_{1-3} = 0.3$  und für den Vergleich von MZP 2 und 3 bei  $r_{2-3} = 0.05$ .

Tabelle 6  
*Ergebnisse der sekundären Outcomes.*

Outcome+	1. MZP	2. MZP	3. MZP	p- Wert
<b>MoCA</b>				
Total	27 (3)	28 (3)	28.5 (3)	0.003 <sup>a</sup>
Exekutiv	4.5 (1)	4.5 (1)	4.5 (1)	0.735
Bennenen	3 (0)	3 (0)	3 (0)	>0.9
Aufmerksamkeit	6 (0)	6 (1)	6 (0)	0.012 <sup>a</sup>
Sprache	3 (1)	3 (1)	3 (1)	0.311
Abstraktion	2 (1)	2 (1)	2 (1)	0.965
Erinnerung	3 (2)	4 (1)	5 (1)	<0.001 <sup>a</sup>
Orientierung	6 (0)	6 (0)	6 (0)	0.223
<b>SPPB</b>				
Total	11 (3)	10.5 (2)	11 (1)	0.159
Balance	4 (2)	3.5 (1)	4 (1)	0.717
Gang	4 (0)	4 (0)	4 (0)	0.105
Kraft	3 (1)	4 (1)	4 (1)	0.020 <sup>a</sup>

Bemerkungen:

<sup>+</sup>Median und (Interquartilbereich); <sup>a</sup>= Friedmanntest p- Wert < 0.05

MoCA = Montreal Cognitive Assessment; SPPB = Short Physical Performance Battery; MZP = Messzeitpunkt

## 5 Diskussion

In der vorliegenden Arbeit wurde einerseits untersucht, inwiefern sich ein kognitiv-motorisches Training auf die toe clearance unter single-task- sowie unter dual-task- Bedingungen auswirkt. Im Weiteren wurde die Auswirkung des Trainings auf die Kognition, Kraft und Balance untersucht. In diese Untersuchungen wurden 20 gesunde Senioren eingeschlossen, die 18 Trainingseinheiten, verteilt auf 6 Wochen, absolvierten.

### 5.1 Zusammenfassung und kritische Betrachtung der Ergebnisse

#### 5.1.1. Toe clearance

Die Ergebnisse zeigen eine statistisch signifikante Veränderung in der minTCD in beiden Beinen. Diese zeigen sich allerdings nicht im direkten Vergleich der MZP 2 und 3, in der die eigentliche Intervention stattfand. In der minTCD rechts liegt die Signifikanz sogar in der Kontrollphase. Eher konsistent sind die Ergebnisse, wenn man die Effektstärke betrachtet. Linke sowie rechte minTCD weisen eine mittlere Effektstärke auf ( $r_{\text{links}} = 0.4$ ,  $r_{\text{rechts}} = 0.5$ ). Hingegen ist auch die Kontrollphase bei der rechten minTCD mit einer Effektstärke von  $r = 0.6$  vergleichsweise gross.

Deswegen müssen diese Werte mit Vorsicht betrachtet werden, denn die Post-hoc- Tests zeigen keine statistisch signifikante Veränderungen, die auf ein Training zurückgeführt werden können. Diese Ergebnisse werden gestützt von der Studie von Weerdesteyn, Nienhuis und Duysens (2008), die ein fünfwöchiges, an den Alltag angelehntes Gehtraining mit Hindernisparcour oder Gehen über unebenen Boden beinhaltete. Auch hier zeigte sich keine Veränderung der TC.

In der vorliegenden Arbeit sowie in der Arbeit von Weerdestey et al. (2008) verlangt das Training eine mehr horizontale als vertikale Richtung des Fusses, so dass angenommen werden kann, dass der Trainingsreiz zu gering ausfiel für eine Adaption der TC.

Die TC der hier untersuchten Probanden entsprechen den normativen Werten, die von Dadashi et al. (2013) erhoben wurden. Da die Probanden daher vorgängig nicht in der TC beeinträchtigt waren, kann vermutet werden, dass die Verbesserung keine statistische Signifikanz mehr erreichen kann. Das in der vorliegenden Studie durchgeführte Training wäre deshalb möglicherweise effektiver bezüglich TC, wenn nur in der TC beeinträchtigte Personen betrachtet würden. Dies wäre ein erster Ansatzpunkt für weitere Forschung.

Es wird spekuliert, dass die TC im Gang stärker priorisiert wird als andere Gangparameter. Das zentrale Nervensystem (ZNS) unterscheidet zwischen aufgabenrelevanten Bewegungen und aufgabenirrelevanten Bewegungen. Aufgabenirrelevante Bewegungen werden aus ökonomischen Gründen weniger priorisiert.

Die TC scheint eine aufgabenrelevante Bewegung zu sein, die vom ZNS stärker als andere Gangparameter kontrolliert wird. Die Kontrolle aller Parameter könnte eine unnötige Beanspruchung des ZNS zur Folge haben. Bei einer Abnahme der kognitiven Ressourcen wird die TC nicht mehr bis zum physiologischen Mass ausgeschöpft und das Risiko des Stolperns steigt (Hamacher, Hamacher, Herold & Schega, 2016b).

Da die Probanden in dieser Arbeit kognitiv unauffällig waren, kann angenommen werden, dass die TC genügend priorisiert werden konnte und es infolgedessen nicht oder nur minim zu einer Veränderung in der TC sowohl unter single- als auch dual-task- Bedingungen kam. Es wäre deshalb für weitere Forschung interessant, die Effektivität des hier untersuchten Trainings bei kognitiv eingeschränkten Personen zu messen.

In der vorliegenden Arbeit waren 85% der Probanden regelmässig aktiv. Guadagnin et al. (2015) konnten in ihrer Studie mit älteren Frauen nachweisen, dass aktive Frauen höhere TC- Werte erreichten und unter dual-task- Bedingungen weniger Asymmetrien im Gang aufwiesen. Es wäre möglich, dass die Probanden aufgrund ihres Lebensstils bereits hohe TC- Werte aufwiesen und deshalb eine sichtbare Veränderung nicht mehr möglich war. Auch hier könnte weitere Forschung anknüpfen.

Mills et al. (2008) konnten eine positive Korrelation zwischen der Gelenksstellung in der Standbein- und Schwungbeinphase und der Variabilität der TC aufzeigen. Das Training der vorliegenden Studie ist nicht explizit auf die Verbesserung der Beweglichkeit der Probanden ausgerichtet. Eine fehlende Signifikanz der TC könnte auf die gleichbleibende Gelenkbeweglichkeit zurückgeführt werden. Dies müsste in einer weiterführenden Studie untersucht werden.

Bei genauer Betrachtung der effektiven TC- Werte in Tabelle 5 zeigt sich beim dritten Messzeitpunkt, dass die Werte tendenziell kleiner werden verglichen mit dem Messzeitpunkt 1 oder 2. Dies ist ein etwas überraschendes Ergebnis, da aufgrund der Literatur zu erwarten war, dass sich die TC- Werte mit einem Training eher erhöhen würden.

Die Autorin sieht verschiedene Erklärungsmöglichkeiten. Es könnte sein, dass mit der dritten Messung ein Lerneffekt stattgefunden hat. Das würde heissen, dass zu Beginn der Studie die Probanden den Gangtest aufmerksamer absolvierten. Denn eine bewusste Schrittkontrolle bewirkt eine geringfügige Überkorrektur der Gangparameter (Hamacher et al., 2016). Mit zunehmender Gewöhnung an die Aufgabenstellung beim dritten Messzeitpunkt wurde der Gang zunehmend autonom. Dies widerspiegelt sich in einem reduzierten TC- Wert (vgl. Kileen et al., 2016). Ebenso legitim wäre es aber nach Ansicht der Autorin auch zu vermuten, dass diese Werte Ausdruck der in der Literatur beschriebenen Variabilität und somit eher ein Zufallsbefund sind.

### **5.1.2. MoCA**

Auch im MoCA zeigen sich zwar signifikante Ergebnisse, die aber für die Wirksamkeit für ein kognitiv-motorisches Training wenig aussagekräftig sind. Dieses Resultat ähnelt dem von Cameirao, Pereira und Bermudez (2017). Sie fanden ebenfalls keine Veränderungen im MoCA nach einer Intervention mit VR. Allerdings widersprechen diese Ergebnisse denen von Eggenberger et al. (2015), die in ihrer Studie eine Überlegenheit des KMTs gegenüber alleinigem körperlichen Training in Bezug auf die Kognition fanden. Vor allem die Fähigkeit, die Aufmerksamkeit wechseln zu können sowie das Arbeitsgedächtnis, beides Bereiche der

Exekutivfunktionen, profitierten in ihrer Studie von einem KMT. Dass zudem körperliche Aktivität bei Senioren die kognitiven Funktionen, insbesondere die Exekutivfunktionen verbessert, konnten Albinet, Abou-dest und Audiffren (2016) nachweisen. Diese Ergebnisse wurden in den letzten Jahren in diversen Studien bestätigt (vgl. Vaughan, Wallis, Polit, Steele, Shum & Morris (2014) sowie Cordova, Moares, Simoes & Nobrega (2009)). Im Unterschied zu der vorliegenden Untersuchung wurde in den oben genannten Studien eine gründlichere Untersuchung der Kognition vorgenommen. Der MoCA ist ein gutes und zuverlässiges Instrument für eine schnelle Untersuchung, ob kognitive Defizite vorliegen (Nasreddine et al., 2005). Es ist aber fraglich, ob er auch sensitiv genug ist um eine Veränderung in der Kognition bei gesunden Senioren abzubilden.

Bei einer genaueren Betrachtung des MoCAs ist jedoch interessant, dass sich die Unterkategorien Aufmerksamkeit und Erinnerung verbessert haben. Denn beides sind Aspekte des hier durchgeführten KMT. Gerade die Erinnerung wird in einem der Spiele (Simon) trainiert, indem sich die Probanden Ton- bzw. Schrittabfolgen merken müssen. Nach Ansicht der Autorin ist eine Verbesserung von 2 Punkten (von 3 auf maximal 5 erreichbare Punkte), über die gesamte Gruppe hinweg gesehen, als eine nennenswerte Verbesserung zu werten. Die statistische Auswertung untermauert diese Ansicht jedoch kaum, da nur der Vergleich von MZP 1 mit 3 signifikant war ( $p= 0.006$ ), und die Effektstärke über alle Vergleiche bei  $r = 0.6$  lag. Insofern kann eine Verbesserung nicht eindeutig auf das Training zurückgeführt werden.

### **5.1.3 SPPB**

Puthoff (2008) weist darauf hin, dass bereits eine Veränderung in der SPPB von 0.5 Punkten eine kleine, aber klinisch wichtige Veränderung sein kann. Allerdings sagt er auch, dass es fraglich ist, wie gut die SPPB den Verlauf bei bereits sehr guten Probanden abbilden kann. In dieser Untersuchung wurden vor allem Patienten eingeschlossen, die körperlich wenig limitiert und gemäss der Einteilung von Veronese et al. (2104) nicht sturzgefährdet waren. Ihnen zufolge werden SPPB- Werte von 6-9 mit einem erhöhten Sturzrisiko assoziiert. Die

Probanden der vorliegenden Arbeit hatten jedoch einen SPPB- Wert von 11 (von maximal 12 Punkten).

Die Verbesserung von 0.5 Punkten vom zweiten zum dritten MZP kann als eine kleine Veränderung gewertet werden, hat aber wenig Relevanz für die Praxis, da sich die meisten Probanden schon auf einem sehr guten Niveau befanden.

## **5.2. Kritische Würdigung und Limitationen der Studie**

In der Studie wurden ältere, gesunde Senioren eingeschlossen. Wie die Werte des MoCAs und der SPPB zeigen, waren es eher fitte Senioren, von denen sich die meisten regelmässig bewegten und nur wenige gestürzt sind in den sechs Monaten vor Studienbeginn. Für eine bessere Evaluation des kognitiv-motorischen Trainings bezüglich TC und der weiteren getesteten Faktoren müssten deshalb weiterführende Studien durchgeführt werden mit einem Klientel, welches einen weniger aktiven Lebensstil betreibt und/ oder schon mehrere Stürze in kürzerer Zeit erlebt hat.

Die TC der hier untersuchten Probanden entsprachen den normativen Werten, die von Dadashi et al. (2013) erhoben wurden. Die Probanden waren daher vorgängig nicht in der TC beeinträchtigt. Es kann vermutet werden, dass ein Deckeneffekt vorliegt, durch den die Verbesserungen keine statistische Signifikanz mehr erreichen können.

Wie die Auswertung der Daten zeigte, war teilweise die Kontrollphase signifikant. Da keine Buchführung zu den Aktivitäten der Probanden in dieser Zeit vorliegt, können keine Rückschlüsse auf mögliche Ursachen gezogen werden. Eine Vermutung der Autorin ist, dass die signifikante Kontrollphase mit der erhöhten Variabilität der Gangparameter im Alter zu tun haben könnte.

Ältere Menschen zeigen zwar keine Unterschiede in der Höhe der TC im Vergleich zu jüngeren Probanden, dafür eine deutlich erhöhte Variabilität (Mills, Barrett, & Morrison, 2008). Mills et al. (2008) vermuten, dass der Unterschied in der Variabilität das Risiko eines Stolpersturzes erhöht.

Die Variabilität der TC- Werte wurde in dieser Studie nicht untersucht und es kann deshalb keine Aussage darüber gemacht werden, ob ein KMT Einfluss hat auf

die Variabilität in der TC. Dies müsste in zukünftigen Studien weiter untersucht werden.

Allerdings ist gerade in Bezug auf diese vergrösserte Variabilität das AB-Design dieser Studie als Stärke zu werten, da nicht noch zusätzlich der Inter-Subjekt- Variabilität Rechnung getragen werden muss.

Gemäss einer Übersichtsarbeit von Skjaert et al. (2016) haben Interventionen mit Exergames eine Frequenz von einem bis sieben Trainings pro Woche, mit einem Medianwert von 3 Trainings pro Woche. Die mittlere Dauer eines Trainings beträgt 32.5 Minuten. Thibaud et al. (2012) weisen weiter darauf hin, dass die Trainingsdauer eine wichtige Variable bei der Gestaltung eines Trainings ist. Die Trainingsdauer sollte intensiv sein, sicher zwei Mal pro Woche stattfinden und über mindestens 25 Wochen hinausgehen, damit physiologische Anpassungen bei älteren Menschen stattfinden. Obschon andere Studien mit kürzerer Interventionsdauer signifikante Ergebnisse zeigten (vgl. Bossers et al. (2015) und Wiloth, Werner, Lemke, Bauer & Hauer (2017)), könnte die Interventionsdauer von sechs Wochen in der vorliegenden Studie doch zu kurz sein, um Effekte des Trainings nachweisen zu können.

Mit 20 Testpersonen in der Stichprobe ist die Aussagekraft über einen Effekt eines kognitiv-motorischen Trainings eher bescheiden. Eine grössere Stichprobe wäre sicher wünschenswert. Aufgrund von personellen und zeitlichen Ressourcen war es in der vorliegenden Arbeit jedoch nicht möglich, mehr Testpersonen einzuschliessen.

### **5.3. Implikationen für das Forschungsgebiet und zukünftige Arbeiten**

Wie im Kapitel „Hintergrund“ beschrieben, ist man sich in der Literatur einig, dass Stürze eine Gefahr für die Selbstständigkeit der Senioren darstellen und dass Stürze hohe Gesundheitskosten mit sich ziehen können.

Weniger einig ist man sich über die Gestaltung eines Trainings zur Sturzprophylaxe. Auch ist im Verhältnis zur Bedeutsamkeit der Sturzprävention wenig bekannt über diejenigen Faktoren, die zu einem Sturz führen. Es ist daher wichtig, weitere Studien zu diesem Thema durchzuführen. Es braucht Studien, die

die Effektivität verschiedener Interventionen einander gegenüberstellen. Aber auch Studien wie die vorliegende Arbeit, die sich mit den möglichen Faktoren für einen Sturz auseinandersetzen.

Die Autorin sieht mehrere Möglichkeiten für zukünftige Arbeiten durch Änderung des Protokolls mit folgenden Punkten:

### **Testpersonen**

Einschluss einer grösseren Anzahl Testpersonen, die zudem deutliche physische Behinderungen wie Kraftverlust oder Gehstörungen oder kognitive Defizite aufweisen. Zudem sollten Testpersonen mit einer grösseren Sturzbiographie eingeschlossen werden, denn diese weisen nicht nur eine geringere TC auf als weniger oft gestürzte Senioren (Cebolla, Rodacki, & Bento, 2015) sondern auch eine erhöhte Variabilität der TC (Barrett, Mills, & Begg, 2010). Sicherlich sollte der TC- Wert in die Einschlusskriterien einfließen um Deckeneffekte zu verhindern.

### **Trainingsgerät**

Wie in der Diskussion erläutert, findet der Bewegungsweg des Fusses auf dem Dividat Senso eher in der horizontalen, weniger in der vertikalen Ebene statt. Es wäre zu untersuchen, ob sich die TC verändert, wenn Hindernisse auf dieser Platte eingebaut wären.

### **Testbatterie**

Eine, nach Ansicht der Autorin, wichtige Untersuchung wäre der Effekt eines KMT auf die Variabilität der TC. Zudem sollte weiterführende Forschung mit einer gründlicheren Testbatterie zu Kognition und Kraft stattfinden, um eventuelle kleine Veränderungen sichtbar zu machen.

### **Testprotokoll**

Es kann vermutet werden, dass die Interventionsdauer von sechs Wochen zu kurz ist für Anpassungen. Weitere Studien sollten deshalb mit einer längeren Interventionsdauer durchgeführt werden.

## 5.4. Fazit

Die Sturzprophylaxe im Alter ist von grosser Bedeutung für die Lebensqualität der Senioren. Dabei spielt die toe clearance eine wichtige Rolle. Mit dieser Studie wurde untersucht, ob sich mit einem kognitiv-motorischen Training die toe clearance beeinflussen lässt.

Die eingangs gestellte Alternativhypothese H1 lautete: „Ein kognitiv-motorisches Training, basierend auf einem Computerspiel, zeigt eine signifikante Verbesserung in der toe clearance unter single- und dual-task- Bedingungen.“

Die vorliegende Arbeit mit gesunden Senioren kann diese Hypothese nicht bestätigen. Eine Signifikanz wurde in der minimalen toe clearance unter dual-task-Bedingungen erreicht, allerdings zeigte die Post-hoc- Analyse, dass diese Signifikanz wenig Aussagekraft für die Effektivität eines KMTs hat. Ein ähnliches Bild zeichnete sich für die Kognition im MoCA und für die Kraft in der SPPB ab.

Verschiedene Limitationen dieser Studie wie kleine Probandenzahl, zu kurze Interventionsdauer oder das in der Rekrutierung nicht berücksichtigte Aktivitätsniveau der Probanden könnte zu diesem Ergebnis geführt haben. Es braucht daher weitere Forschung um die Relevanz der einzelnen Kriterien zu analysieren.

Aufgrund der Komplexität der Sturzprophylaxe hat das vorliegende Studiendesign den grossen Vorteil, dass die intrapersonellen Voraussetzungen dieselben bleiben und daher Ergebnisse eher auf eine Intervention zurückführbar sind.

Da Stolpern den grössten Teil der Sturzursachen ausmacht (Barrett et al., 2010b) ist weitere Forschung nötig, um zu untersuchen, wie die toe clearance trainiert werden kann und wer am besten von einem solchen Training profitiert. Es braucht ebenfalls weitere Forschung um Determinanten wie Trainingszeit, Trainingsgestaltung und Trainingsintensität für ein Sturzpräventionsprogramm festzulegen. Der momentane Stand der Forschung gibt dazu wenig klare Richtlinien.

Die Ansätze zur Sturzprävention sind vielfältig und reichen von der Verbesserung der extrinsischen Faktoren wie Abbau von Schwellen und gutem Schuhwerk bis zur Verbesserung der intrinsischen Faktoren wie Kraft und Gleichgewicht. Mit einem besseren Verständnis, welche Faktoren für Stürze von grosser Relevanz sind und mit welcher Intervention diese Risikofaktoren auf ein Minimum reduziert werden können, kann ein effizientes Sturzpräventionsprogramm erstellt werden.

So wird das Risiko einer möglichen Behinderung durch einen Sturz reduziert und Senioren bleiben länger selbstständig in ihren alltäglichen Aktivitäten. Die durch den medizinischen Fortschritt gewonnenen Lebensjahre werden so auch zu Jahre an gewonnener Lebensqualität im Alter.

## Danksagung

Diese Arbeit wäre nicht möglich gewesen ohne die freundliche Unterstützung von anderen Personen. In erster Linie möchte ich der ETH Zürich, insbesondere Dr. Eling de Bruin und Nadine Patt danken für die grosse Unterstützung. Dank auch an die Firma Dividat, die die Spiele und den Dividat Senso zur Verfügung stellten und bei Bedarf stets mit technischem Support zur Stelle waren. Dasselbe gilt für das Alterszentrum Kehl. Weiterer Dank gilt den Lektorinnen Vreni Ringli und Helen Buchs. Auch soll Lucia Pozzi, Inhaberin der Praxis Physiomed in Wettingen, gedankt sein für die grosszügige Bereitstellung zeitlicher Ressourcen.

## 6 Literaturverzeichnis

- Abrass, I. B. (1990). The biology and physiology of aging. *The Western Journal of Medicine*, 153(6), 641–645.
- Albinet, C. T., Abou-dest, A., André, N., & Audiffren, M. (2016). Executive functions improvement following a 5-month aquaerobics program in older adults : Role of cardiac vagal control in inhibition performance, 115, 69–77.
- Allali, G., Annweiler, C., Blumen, H. M., Callisaya, M. L., De Cock, A. M., Kressig, R. W., Srikanth V., Steinmetz J.-P., Verghese J. & Beauchet, O. (2016). Gait phenotype from mild cognitive impairment to moderate dementia: Results from the GOOD initiative. *European Journal of Neurology*, 23(3), 527–541. <https://doi.org/10.1111/ene.12882>
- Ashton- Miller, J.A. (2005). Labartory-based evaluation of gait disorders: high- tech. In Hausdorff & Alexander (Hrsg), *Gait disorders. Evaluation and management* S. 43. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- Barrett, R. S., Mills, P. M., & Begg, R. K. (2010b). A systematic review of the effect of ageing and falls history on minimum foot clearance characteristics during level walking. *Gait and Posture*, 32(4), 429–435. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.07.010>
- BASPO. (2013). Gesundheitswirksame Bewegung bei Erwachsenen. Empfehlungen für die Schweiz, 1–3. Heruntergeladen von [http://www.hepa.ch/internet/hepa/de/home/dokumentation/grundlagendokument\\_e.parsys.74026.downloadList.42786.DownloadFile.tmp/merkblatterwachsened.pdf](http://www.hepa.ch/internet/hepa/de/home/dokumentation/grundlagendokument_e.parsys.74026.downloadList.42786.DownloadFile.tmp/merkblatterwachsened.pdf), Zugriff am 25.8. 2017
- Beurskens, R., & Bock, O. (2012). Age-Related Deficits of Dual-Task Walking: A Review. *Neural Plasticity*, 2012, 131608. <https://doi.org/10.1155/2012/131608>
- Bundesamt für Statistik BFS (2016). Bevölkerung Panorama, (1900), 1–11. Heruntergeladen am 27.3.2017 unter <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bevoelkerung.assetdetail.262621.html>
- Bundesamt für Statistik (2012). Grad der Einschränkung in den Alltagsaktivitäten. Heruntergeladen am 22.4.2017 unter </bfsstatic/dam/assets/500913/thumbnail?width=1980&height=1200>

- Bundesamt für Statistik (2014). Beeinträchtigung des Gehvermögens. Heruntergeladen am 22.4.2017 unter ([/bfsstatic/dam/assets/561318/thumbnail?width=1980&height=1200](#))
- Bossers, W. J. R., van der Woude, L. H. V., Boersma, F., Hortobágyi, T., Scherder, E. J. A., & van Heuvelen, M. J. G. (2015). A 9-Week Aerobic and Strength Training Program Improves Cognitive and Motor Function in Patients with Dementia: A Randomized, Controlled Trial. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 23(11), 1106–1116. <https://doi.org/10.1016/j.jagp.2014.12.191>
- Bridenbaugh, S. A., & Kressig, R. W. (2011). Laboratory review: The role of gait analysis in seniors' mobility and fall prevention. *Gerontology*, 57(3), 256–264. <https://doi.org/10.1159/000322194>
- Cameirao M.S., Pereira F. & Bermudez S. (2017). Virtual reality with customized positive stimuli in a cognitive-motor rehabilitation task. A feasibility study with subacute stroke patients with mild cognitive impairment. *International Conference on Virtual Rehabilitation (ICVR)*. DOI: 10.1109/ICVR.2017.8007543
- Cebolla, E. C., Rodacki, A. L. F., & Bento, P. C. B. (2015). Balance, gait, functionality and strength: Comparison between elderly fallers and non-fallers. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 19(2), 146–151. <https://doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0085>
- Choi, S. D., Guo, L., Kang, D., & Xiong, S. (2016). Exergame technology and interactive interventions for elderly fall prevention: A systematic literature review. *Applied Ergonomics*. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.10.013>
- Clark B. C. & Manini T.M. (2010). Functional consequences of sarcopenia and dynapenia in the elderly. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care* 13(3), 271- 276. doi:10.1097/MCO.0b013e328337819e
- Cohen J. (1988). *Statistical power analyses for the behavioral sciences*. The significance of a product moment r. New York: Lawrence Erlbaum Associates
- Cordova C., Sila V.C., Moares C.F., Simoes H.G. & Nobrega O.T. (2009). Acute exercise performed close to the anaerobic threshold improves cognitive performance in elderly females. *Brazilian Journal of medical and biological research*, 42, S. 458- 464.
- Cruz- Jentoft, A.J., Baeyens J. P., Bauer J. M., Boirie Y., Cederholm T., Landi F., Finbarr C.M., Michel J.P., Rolland, Y., Schneider, S.M., Topinkova E.,

- Vandewoude M. & Zamboni M. (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age and Ageing*, 39(i), 412–423. <https://doi.org/10.1093/ageing/afq034>
- Dadashi, F., Mariani, B., Rochat, S., Büla, C. J., Santos-Eggimann, B., & Aminian, K. (2013). Gait and foot clearance parameters obtained using shoe-worn inertial sensors in a large-population sample of older adults. *Sensors (Switzerland)*, 14(1), 443–457. <https://doi.org/10.3390/s140100443>
- Dividat. <https://dividat.com/de>. Zugriff am 24.4.2017
- Eggenberger, P., Schumacher, V., Angst, M., Theill, N., & de Bruin, E. D. (2015). Does multicomponent physical exercise with simultaneous cognitive training boost cognitive performance in older adults? A 6-month randomized controlled trial with a 1-year follow-up. *Clinical Interventions in Aging*, 17(10), 1335–1349. <https://doi.org/10.2147/CIA.S87732>
- Eggenberger, P., Theill, N., Holenstein, S., Schumacher, V., & de Bruin, E. D. (2015). Multicomponent physical exercise with simultaneous cognitive training to enhance dual-task walking of older adults: A secondary analysis of a 6-month randomized controlled trial with 1-year follow-up. *Clinical Interventions in Aging*, 10, 1711–1732. <https://doi.org/10.2147/CIA.S91997>
- Fernandez- Ballesteros R & Mendoza- Ruvalcaba N. M. (2009). Personale Entwicklungsprozesse im Alter. Toward a definition of "successful" ageing. In Andreas Kruse (Hrsg), *Leben im Alter. Eigen- und Mitverantwortlichkeit in Gesellschaft, Kultur und Politik* (S. 7). Heidelberg: Akademische Verlagsgesellschaft
- Freire, A. N., Guerra, R. O., Alvarado, B., Guralnik, J. M., & Zunzunegui, M. V. (2012). Validity and Reliability of the Short Physical Performance Battery in Two Diverse Older Adult Populations in Quebec and Brazil. *Journal of Aging and Health*, 24(5), 863–878. <https://doi.org/10.1177/0898264312438551>
- Gefen, A. (2001). Simulations of foot stability during gait characteristic of ankle dorsiflexor weakness in the elderly. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 9(4), 333–337. <https://doi.org/10.1109/7333.1000112>
- Gill, T., Taylor, A. W., & Pengelly, A. (2005). A population-based survey of factors

- relating to the prevalence of falls in older people. *Gerontology*, 51(5), 340–345. <https://doi.org/10.1159/000086372>
- Guadagnin, E. C., da Rocha, E. S., Mota, C. B., & Carpes, F. P. (2015). Effects of regular exercise and dual tasking on spatial and temporal parameters of obstacle negotiation in elderly women. *Gait and Posture*, 42(3), 251–256. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.05.012>
- Hamacher, D., Hamacher, D., Herold, F., & Schega, L. (2016a). Are there differences in the dual-task walking variability of minimum toe clearance in chronic low back pain patients and healthy controls? *Gait and Posture*, 49, 97–101. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.06.026>
- Hamacher, D., Hamacher, D., Herold, F., & Schega, L. (2016b). Effect of dual tasks on gait variability in walking to auditory cues in older and young individuals. *Experimental Brain Research*, 234(12), 3555–3563. <https://doi.org/10.1007/s00221-016-4754-x>
- Hamacher, D., Hamacher, D., Rehfeld, K., Hokelmann, A., & Schega, L. (2015). The Effect of a Six Months Dancing Program on Motor-Cognitive Dual Task Performance in Older Adults. *Journal of Aging and physical activity*, 647–652. <https://doi.org/10.1123/japa.2014-0067>
- Hauer, K., Marburger, C., & Oster, P. (2002). Motor performance deteriorates with simultaneously performed cognitive tasks in geriatric patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83(2), 217–223. <https://doi.org/10.1053/apmr.2002.29613>
- Janhsen, K., Strube, H., & Starker, A. (2008). Gesundheit im Alter. In Robert- Koch-Institut (Hrsg) *Gesundheitsberichterstattung des Bundes*, Heft 10. Berlin: Verlag Robert- Koch- Institut.
- König, N., Singh, N. B., von Beckerath, J., Janke, L., & Taylor, W. R. (2014). Is gait variability reliable? An assessment of spatio-temporal parameters of gait variability during continuous overground walking. *Gait and Posture*, 39(1), 615–617. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.06.014>
- Kileen T., Easthope C.S., Demko, L., Filli, L., Lörincz, L., Linnebank, M., Curt, A., Zörner, B. & Bolliger, M. (2017). Minimum toe clearance: probing the neural control of locomotion. *Scientific reports*, 7:1922, Doi:10.1038/s41598-017-02189-y

- Kroj, G. (2002). Mobilität älterer Menschen in einem zukünftigen Verkehrssystem. In Bernhard Schlag und Katrin Megel (Hrsg.), *Mobilität und gesellschaftliche Partizipation im Alter* (S. 38-39). Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer.
- Lai, D. T. H., Taylor, S. B., & Begg, R. K. (2012). Prediction of foot clearance parameters as a precursor to forecasting the risk of tripping and falling. *Human Movement Science*, 31(2), 271–283. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2010.07.009>
- Landi, F., Abbatecola, A. M., Provinciali, M., Corsonello, A., Bustacchini, S., Manigrasso, L., Cherubini A., Bernabei R. & Lattanzio, F. (2010). Moving against frailty: Does physical activity matter? *Biogerontology*, 11(5), 537–545. <https://doi.org/10.1007/s10522-010-9296-1>
- Manini, T. M., Beavers, D. P., Pahor, M., Guralnik, J. M., Spring, B., Church, T. S., King A.C., Folta S.C., Glynn N. W., Marsh A. P. & Gill, T. M. (2017). Effect of Physical Activity on Self-Reported Disability in Older Adults: Results from the LIFE Study. *Journal of the American Geriatrics Society*. <https://doi.org/10.1111/jgs.14742>
- Manini, T. M., Hong, S. L., & Clark, B. C. (2013). Aging and muscle: a neuron's perspective. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 16(1), 21–26. <https://doi.org/10.1097/MCO.0b013e32835b5880>
- Mariani, B., Rochat, S., Büla, C. J., & Aminian, K. (2012). Heel and toe clearance estimation for gait analysis using wireless inertial sensors. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 59(12 PART2), 3162–3168. <https://doi.org/10.1109/TBME.2012.2216263>
- Memory Clinic Basel (2017). Heruntergeladen am 24.04.2017 von [https://ihamb.unibas.ch/dam/ihamb/Fortbildung/PDF/MoCA\\_Manual.pdf](https://ihamb.unibas.ch/dam/ihamb/Fortbildung/PDF/MoCA_Manual.pdf)
- Mendoza-Ruvalcaba, N. M., & Arias-Merino, E. D. (2015). I am active: Effects of a program to promote active aging. *Clinical Interventions in Aging*, 10, 829–837. <https://doi.org/10.2147/CIA.S79511>
- Menning, S. & Hoffmann E. (2009). Funktionale Gesundheit und Pflegebedürftigkeit. In Böhm, Tesch- Römer und Ziese (Hrsg.), *Gesundheit und Krankheit im Alter* (S.73-74). Berlin: Robert- Koch- Institut.
- Menning, S., Hoffmann E., & Schelhase, T. (2009). Demographische Persepektiven zum Altern und zum Alter. In Böhm, Tesch- Römer und Ziese (Hrsg.),

- Gesundheit und Krankheit im Alter* (S.31- 61). Berlin: Robert- Koch- Institut.
- Mills, P. M., Barrett, R. S., & Morrison, S. (2008). Toe clearance variability during walking in young and elderly men. *Gait and Posture*, 28(1), 101–107. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.10.006>
- MoCA Montreal- Cognitive Assessment. Zugriff am 04.05.2017 unter [mocatest.org](http://mocatest.org)
- Pfisterer, M., & Schuler, M. (2005). Körperliches Training im Alter, 13, 10–13. <https://doi.org/10.1007/s00391-005-1103-2>
- Pichierri, G., Wolf, P., Murer, K. & de Bruin E. (2011). Cognitive and cognitive-motor interventions affecting physical functioning: A systematic review. *BMC Geriatrics*, 11:29. <http://www.biomedcentral.com/1471-2318/11/29>
- Pichierri, G., Murer K. & de Bruin E. (2012). A cognitive-motor intervention using a dance video game to enhance foot placement accuracy and gait under dual task conditions in older adults: a randomized controlled trial. *BMC Geriatrics* 2012 12:74. doi:10.1186/1471-2318-12-74
- Pro Senectute (2016). Fakten und Zahlen Kampagne « sicher stehen – sicher gehen », 1–5. Zugriff unter [https:// www.prosenectute.ch](https://www.prosenectute.ch) am 25.8.2017
- Puthoff, M. L. (2008). Outcome measures in cardiopulmonary physical therapy: short physical performance battery. *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal*, 19(1), 17–22. Heruntergeladen von <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2845214&tool=pmcentrez&rendertype=abstract> am 25.8.2017
- Rowe, J W, Kahn, R. L. (1997). Successful Aging. *The Gerontologist*, 37(4), 433–440. <https://doi.org/10.1093/geront/37.4.433>
- Rowe, J. W., & Kahn, R. L. (2015). Successful Aging 2.0: Conceptual Expansions for the 21st Century. *Journals of Gerontology, Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 70(4), 593–596. <https://doi.org/10.1093/geronb/gbv025>.
- Sato, K. (2015). Factors Affecting Minimum Foot Clearance in the Elderly Walking : A Multiple Regression Analysis. *Open journal of therapy and rehabilitation* 3, (S. 109- 115).
- Schättin, A., Arner, R., Gennaro, F., & de Bruin, E. D. (2016). Adaptations of Prefrontal Brain Activity, Executive Functions, and Gait in Healthy Elderly Following Exergame and Balance Training: A Randomized-Controlled Study. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 8 (November), 278.

<https://doi.org/10.3389/fnagi.2016.00278>

Schoene, D., Valenzuela, T., Lord, S. R., & de Bruin, E. D. (2014). The effect of interactive cognitive-motor training in reducing fall risk in older people: a systematic review. *BMC Geriatrics*, 14(1), 107. <https://doi.org/10.1186/1471-2318-14-107>

Schoene, D., Valenzuela, T., Toson, B., Delbaere, K., Severino, C., Garcia, J., Davies T.A., Russel, F., Smith S.T. & Lord, S.R. (2015). Interactive cognitive-motor step training improves cognitive risk factors of falling in older adults- a randomized controlled trial. *PLoS ONE* 10(12): e0145161. doi:10.1371/journal.pone.0145161

Seniorenrat Region Baden. <https://www.srrb.ch>. Zugriff am 24.4.2017

Shannon C.E. (1948). A mathematical theory of communication. *The bell system technical journal*, Vol. 27, 379- 423

Sherrington, C., Tiedemann, A., Fairhall, N., Close, J. C. T., & Lord, S. R. (2011). Exercise to prevent falls in older adults: an updated meta-analysis and best practice recommendations. *New South Wales Public Health Bulletin*, 22(3–4), 78–83. <https://doi.org/10.1071/NB10056>

Skjaeret, N., Nawaz, A., Morat, T., Schoene, D., Helbostad, J. L., & Vereijken, B. (2016). Exercise and rehabilitation delivered through exergames in older adults: An integrative review of technologies, safety and efficacy. *International Journal of Medical Informatics*, 85(1), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2015.10.008>

Swissmedic (2017). AW-Merkblatt Eigenständige Medizinprodukte-Software. Heruntergeladen am 19.5.2017 unter [www.swissmedic.ch](http://www.swissmedic.ch)

Tesch-Römer, C. & Wurm, S. (2009). Wer sind die Alten? Theoretische Positionen zum Alter und Altern. In Böhm, Tesch- Römer und Ziese (Hrsg.), *Gesundheit und Krankheit im Alter* S. 7-20. Berlin: Robert- Koch- Institut.

Thibaud, M., Bloch, F., Tournoux-Facon, C., Brèque, C., Rigaud, A. S., Dugué, B., & Kemoun, G. (2012). Impact of physical activity and sedentary behaviour on fall risks in older people: A systematic review and meta-analysis of observational studies. *European Review of Aging and Physical Activity*, 9(1), 5–15. <https://doi.org/10.1007/s11556-011-0081-1>

van het Reve, E., & de Bruin, E. D. (2014). Strength-balance supplemented with

- computerized cognitive training to improve dual task gait and divided attention in older adults: a multicenter randomized-controlled trial. *BMC Geriatrics*, 14(1), 134. <https://doi.org/10.1186/1471-2318-14-134>
- Vaughan, S., Wallis, M., Polit, D., Steele, M., Shum, D. & Morris, N. (2014). The effects of multimodal exercise on cognitive and physical functioning and brain-derived neurotrophic factor in older women : a randomised controlled trial, 1–6. <https://doi.org/10.1093/ageing/afu010>
- Veronese N., Bolzetta, F., Toffanello, E.D., Zambon, S., de Rui, M., Perissinotto, E., Coin, A., Corti, M-C., Baggio, G., Crepaldi, G., Sergi, G. & Manzano, E. (2014). Association Between Short Physical Performance Battery and Falls in Older People: The Progetto Veneto Anziani Study. *Rejuvenation Research*, 17(3), 276–284. <http://doi.org/10.1089/rej.2013.1491>
- Voelcker-Rehage, C., Godde, B., & Staudinger, U. M. (2011). Cardiovascular and coordination training differentially improve cognitive performance and neural processing in older adults. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5(March), 26. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2011.00026>
- Weerdesteyn, V., Nienhuis, B., & Duysens, J. (2008). Exercise training can improve spatial characteristics of time-critical obstacle avoidance in elderly people. *Human Movement Science*, 27(5), 738–748. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2008.03.003>
- Weltgesundheitsorganisation. (1946). Verfassung der Weltgesundheitsorganisation. *Bb, III*(2 Art. 1 erster Gegenstand des BB vom 19. 12 1946 (AS 1948-1013)), 1–26.
- Willerslev-Olsen, M., Petersen, T. H., Farmer, S. F., & Nielsen, J. B. (2015). Gait training facilitates central drive to ankle dorsiflexors in children with cerebral palsy. *Brain: A Journal of Neurology*, 138(September), 589–603. <https://doi.org/10.1093/brain/awu399>
- Wiloth, S., Werner, C., Lemke, N. C., Bauer, J. & Hauer, K.(2017). Motor-cognitive effects of a computerized game- based training method in people with dementia : a randomized controlled trial with dementia : a randomized controlled trial, 7863. <https://doi.org/10.1080/13607863.2017.1348472>
- Wyss, H. & Bislang M. (2017). Sturzproblematik und Sturzprävention. Zugriff am 27. 8. 2017 unter <http://www.hopp-la.ch/ueber-uns/hintergrund>.

- Yogev-Seligmann, G., Hausdorff, J. M., & Giladi, N. (2008). The role of executive function and attention in gait. *Movement Disorders*, 23(3), 329–342. <https://doi.org/10.1002/mds.21720>
- Ziad S. Nasreddine, N. A. P., Be'dirian, V., Simon Charbonneau, V. W., & Isabelle Collin, Jeffrey L. Cummings, H. C. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A Brief Screening. *American Geriatrics*, 695–699. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x>
- Ziere, G., Dieleman, J. P., Hofman, A., Pols, H. A. P., van der Cammen, T. J. M., & Stricker, B. H. C. (2006). Polypharmacy and falls in the middle age and elderly population. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 61(2), 218–223. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2125.2005.02543.x>

## 7 Anhang

Anhang A: Testprotokolle MoCA- Test und SPPB

Anhang B: Ethikvotum

Anhang C: Eidesstattliche Erklärung

# Anhang A: MoCA- Test

NAME : \_\_\_\_\_  
 Ausbildung : \_\_\_\_\_  
 Geschlecht : \_\_\_\_\_

Geburtsdatum : \_\_\_\_\_  
 DATUM : \_\_\_\_\_

VISUOSPATIAL / EXEKUTIV							PUNKTE
<p style="text-align: center;">[ ]</p>	<p style="text-align: center;">Würfel nach- zeichnen</p>	<p>Eine Uhr zeichnen (Zehn nach elf) (3 Punkte)</p>					
		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	___/5
BENENNEN							
<p style="text-align: center;">[ ]</p>	<p style="text-align: center;">[ ]</p>	<p style="text-align: center;">[ ]</p>				___/3	
GEDÄCHTNIS							
Wortliste vorlesen, wiederholen lassen. 2 Durchgänge. Nach 5 Minuten überprüfen (s.u.)		GESICHT	SAMT	KIRCHE	TULPE	ROT	Keine Punkte
1. Versuch							
2. Versuch							
AUFMERKSAMKEIT							
Zahlenliste vorlesen (1 Zahl/ Sek.)		In der vorgegebenen Reihenfolge wiederholen [ ] 2 1 8 5 4					___/2
		Rückwärts wiederholen [ ] 7 4 2					
Buchstabenliste vorlesen (1 Buchst./Sek.). Patient soll bei jedem Buchstaben „A“ mit der Hand klopfen. Keine Punkte bei 2 oder mehr Fehlern		[ ] FBACMNAAJKLBAFAKDEAAAJAMOF AAB					___/1
Fortlaufendes Abziehen von 7, mit 100 anfangen		[ ] 93	[ ] 86	[ ] 79	[ ] 72	[ ] 65	___/3
		4 oder 5 korrekte Ergebnisse: 3 P., 2 oder 3 korrekt: 2 P., 1 korrekt: 1 P., 0 korrekt: 0 P.					
SPRACHE							
Wiederholen: „Ich weiß lediglich, dass Hans heute an der Reihe ist zu helfen.“		[ ]					___/2
„Die Katze versteckte sich immer unter der Couch, wenn die Hunde im Zimmer waren.“		[ ]					
Möglichst viele Wörter in einer Minute benennen, die mit dem Buchstaben F beginnen		[ ] _____ (N ≥ 11 Wörter)					___/1
ABSTRAKTION							
Gemeinsamkeit von z.B. Banane und Apfelsine = Frucht		[ ]	Eisenbahn - Fahrrad		[ ]	Uhr - Lineal	___/2
ERINNERUNG							
Wörter erinnern OHNE HINWEIS		GESICHT	SAMT	KIRCHE	TULPE	ROT	Punkte nur bei richtigem Nennen OHNE Hinweis
		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	
Optional Hinweis zu Kategorie							
Mehrfachauswahl							
ORIENTIERUNG							
[ ] Datum [ ] Monat [ ] Jahr [ ] Wochentag [ ] Ort [ ] Stadt							___/6
© Z Nasreddine MD Version 7. Nov. 2004 deutsche Übersetzung: SM Bartusch, SG Zipper		Normal ≥ 26 / 30					TOTAL ___/30
www.mocatest.org Untersucher: _____							+ 1 Punkt wenn ≤ 12 Jahre Ausbildung

Abbildung 7. Protokoll MoCA Test

## Anhang A: SPPB

Probanden- ID:

Datum:

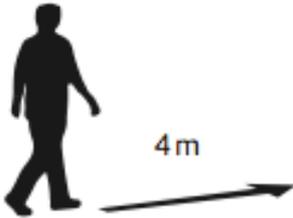
Tandemstand-Test		🕒	Punkte
	10 Sek.		1
	<10 Sek.		0
	10 Sek.		1
	<10 Sek.		0
	10 Sek.		2
	3-9 Sek.		1
	<3 Sek.		0
Geh-Test		🕒	Punkte
	< 4,82 Sek.		4
	4,82-6,2 Sek.		3
	6,21-8,7 Sek.		2
	>8,7 Sek.		1
	Distanz nicht bewältigt		0
Sit-to-stand-Test		🕒	Punkte
	<11,19 Sek.		4
	11,2-13,69 Sek.		3
	13,7-16,69 Sek.		2
	>16,7 Sek.		1
	>60 Sek. oder der Test gelingt nicht		0

Abbildung 8. Protokoll SPPB (aus Physiopraxis, 2015, S. 43)

## Anhang B: Ethikvotum

ETH Zürich  
 Herr PD Dr. Eling de Bruin  
 HCP H 25.1  
 Leopold-Ruzicka-Weg 4  
 8093 Zuerich

### Vizepräsident für Forschung und Wirtschaftsbeziehungen

ETH Zurich  
 Inst. f. Bewegungswiss. und Sport  
 Prof. Dr. Detlef Günther

HG F 57  
 Rämistrasse 101  
 8092 Zürich

Kontakt:  
**Stab Forschung**  
 iturrizaga@sl.ethz.ch

23. Mai 2017 ri  
**EK 2017-N-22**

Sehr geehrter Herr de Bruin

Ihr Gesuch

**Does video game-based training facilitate central drive to ankle dorsiflexors in elderly? ( 27.03.2017 )**  
 wurde online durch die folgenden Mitglieder der Ethikkommission beurteilt:

Name	Institut	am Beschluss beteiligt		
		ja	nein (Grund)	
			abwesend	im Ausstand
Prof. Dr. Lutz Wingert, Präsident	Professur für Philosophie	X		
Prof. Dr. Christoph Hölscher	Professur Kognitionswissenschaften	X		
Prof. Dr. Matthias Mahlmann	Rechtswissenschaftliches Institut UZH		X	
Dr. Marino Menozzi	Innovations- und Technologiemanagement	X		
Dr. Kai-Uwe Schmitt	AGU Zürich		X	
Prof. Dr. Michael Siegrist	Institut für Umweltentscheidungen	X		
Prof. Dr. William R. Taylor	Institute for Biomechanics		X	
Dr. Peter Wolf	Institut für Robotik und intelligente Systeme	X		

Aufgrund der Empfehlung der Ethikkommission der ETH Zürich ist die Schulleitung zu folgendem Beschluss gekommen:

... Bewilligung

6 Bewilligung mit Vorbehalt (schriftliche Mitteilung an Ethikkommission ausreichend)

... Rückweisung zur Überarbeitung mit Auflage

... Schriftliche Mitteilung an Ethikkommission ausreichend

... Neubegutachtung durch Ethikkommission

notwendig

... Negativ (mit Begründung und Erläuterung für Neubeurteilung)

... Nicht-Eintreten (mit Begründung)

## **Vorbehalte**

Stellungnahmen der Mitglieder der Ethikkommission zu Ihrem Gesuch:

### **0) Vorbehalte Generell**

-

#### **1) Abstract**

-

#### **2) Projekt**

a) Es geht aus dem Gesuch nicht hervor, in welchen Bezug die Ergebnisse der Interventionsgruppe gesetzt

werden, um sicherzustellen, dass die Veränderungen auf die Intervention zurückzuführen sind. Es wird um Stellungnahme zum Verzicht auf Kontrollgruppe gebeten und Kommentar zur erwarteten Effektgrösse. Oder handelt es sich um eine Machbarkeitsstudie? Dann erscheint die Anzahl angestrebter Probanden sehr hoch.

b) Der Gesundheitsfragebogen sollte sprachlich verbessert werden.

c) Für das Fehlen einer Kontrollgruppe muss ein sehr guter Grund geliefert werden.

d) Wie werden die vielen persönlichen Daten, demographische und Daten über intellektuelle Fähigkeiten, mit den anderen Messdaten in Bezug gebracht? Nicht verwendete Daten sollten nicht erhoben werden.

#### **3) Zu erwartende Risiken und entsprechende Vorsichtsmassnahmen**

-

#### **4) Projektleiter/-in**

-

#### **5) Probanden/-innen**

-

#### **6) Informationsblatt für Probanden/-innen**

-

#### **7) Einverständniserklärung**

-

## **Fachliche Kommentare**

Die fachlichen Kommentare sind nur als Hinweise zu verstehen und müssen im Falle einer Überarbeitung nicht berücksichtigt werden.

**Wir machen Sie darauf aufmerksam, dass gegenüber der Ethikkommission der ETH Zürich in folgenden**

**Situationen eine Meldepflicht besteht:**

- a) Unverzüglich bei Auftreten von unerwarteten Ereignissen, welche die Sicherheit der Versuchspersonen und/oder die Weiterführung des Versuches beeinflussen können
- b) Bei Änderungen am Forschungsprotokoll und bei Versuchspersonen c) Bei Abbruch der Studie

Freundliche Grüsse

Prof. Detlef Günther  
Vizepräsident für Forschung &  
Wirtschaftsbeziehungen

Prof. Lutz Wingert  
Vorsitzender der Ethikkommission

cc: Departementsvorsteher HEST

## **Anhang C: Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre an Eides statt gegenüber der Fachhochschule für Gesundheit Gera GmbH, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe. Die vorliegende Arbeit ist frei von Plagiaten. Alle Ausführungen, die wörtlich oder inhaltlich aus anderen Schriften entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form bei keinem anderen Prüfer als Prüfungsleistung eingereicht und ist auch nicht veröffentlicht.

---

Baden, 26.10.2017

---

Lisa Ringli