

Kognitiv-motorische Interferenzen von Senioren beim Gehen unter Doppelaufgabenbedingungen

Habilitationsschrift im Fach Sportwissenschaft

vorgelegt am 15.01.2018

der Fakultät für Psychologie und Bewegungswissenschaft
der Universität Hamburg

von

Dr. Bettina Wollesen
(geb. 21.12.1972 in Bad Oldesloe)

Abschlussdatum des Verfahrens: 13.08.2018

Gutachter:

Prof. Dr. Nadja Schott (Universität Stuttgart)

Prof. Dr. Klaus-Michael Braumann (Universität Hamburg)

Inhalt

Abbildungsverzeichnis.....	3
Tabellenverzeichnis.....	3
1 Einleitung	4
2 Einflussfaktoren auf das Gangverhalten im Alter.....	6
2.2 Altersbedingte Veränderungen der Kognition.....	8
2.3 Sturzangst.....	11
2.4 Altersbedingte Veränderungen der visuellen, akustischen und propriozeptiven Wahrnehmung	12
2.5 Doppelaufgaben und kognitive-motorische Interferenzen.....	15
3 Kognitiv-motorische Interferenzen beim Gehen	16
3.1 Studie 1: Einfluss von Alter, Geschlecht und Geschwindigkeit auf kognitiv-motorische Interferenzen beim Gehen.....	16
3.2 Studie 2: Modelle zur Erklärung von kognitiv-motorischen Interferenzen beim Gehen	18
3.3 Studie 3: Einfluss von Sturzangst, Sturzrisiken und Balancedefiziten auf kognitiv-motorische Interferenzen beim Gehen.....	25
3.4 Studie 4: Einfluss von Hörschwierigkeiten auf kognitiv-motorische Interferenzen beim Gehen	26
4 Doppelaufgabentraining zur Reduktion kognitiv-motorischer Interferenzen beim Gehen.....	27
4.1 Studie 5: Systematisches Review zur Wirkung von Doppelaufgabentraining.....	28
4.2 Studien 6-8: Entwicklung des Doppelaufgabentrainings zur Reduktion kognitiv-motorischer Interferenzen beim Gehen unter Doppelaufgabenbedingungen	29
5 Konsequenzen für zukünftige Forschungsprogramme	33
6 Literaturverzeichnis.....	35
Danksagung	53
Anhang 1: Abstracts der publizierten Studien.....	54
Anhang 2: Volltexte der publizierten Artikel.....	59
Anhang 3 Publikationsverzeichnis.....	60

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Modell zur Erklärung von Ganginstabilitäten (Hausdorff et al., 2001)	6
Abbildung 2 Zusammenspiel von Wahrnehmung und Veränderungen im Muskel-Skelett-System (Teasdale et al., 1991).....	14
Abbildung 3 Beispielhafte Übersicht verschiedener Doppelaufgaben-Settings (eigene Darstellung; Wollesen & Schott, 2018).....	19
Abbildung 4 Ebenen der bestehenden Modelle zur Doppelaufgabenbewältigung (eigene Darstellung)	23

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kognitive Fähigkeiten für die Bewältigung von bewegten Alltagssituationen von Senioren.....	9
--	---

1 Einleitung

Seit mehr als 20 Jahren forschen Wissenschaftler aus verschiedensten Disziplinen, auch in der Bewegungswissenschaft mit dem Schwerpunkt der Biomechanik, Medizin und Psychologie, an dem komplexen Phänomen des Stürzens im Alter. Obwohl inzwischen verschiedene interne und externe Sturzursachen klar identifiziert sind und entsprechende Präventionsmaßnahmen abgeleitet werden, bleibt die Zahl der Stürze pro Jahr in den Altersklassen ab 70 Jahren unverändert hoch. So liegt der Anteil der Sturzunfälle bei Männern ab dem 70. Lebensjahr bei über 50 %, bei gleichaltrigen Frauen bei über 60 %. Deutsche Studien zeigten eine Inzidenz von Stürzen im Alter zwischen 65 - 90 Jahren von 38,7 % (Frauen) und 29,7 % (Männer) Stürzen pro Jahr sowie 13,7 % (Frauen) und 10,9 % (Männer) der jährlichen Mehrfachstürze in derselben Altersgruppe (Büchele et al., 2014). Bei 34,4 % der Sturzunfälle kommt es zu Knochenbrüchen und bei etwa einem Viertel (26,8 %) zu einem Krankenhausaufenthalt (RKI, 2014). Insgesamt ergeben sich laut Varnaccia, Rommel und Saß (2014) mehr als die Hälfte aller ärztlich versorgten Unfälle (53,7 %) in der Altersgruppe ab 60 Jahren aus Stürzen. Die im Altersgang steigende Anzahl der Stürze pro Jahr kann bisher trotz vieler Präventionsmaßnahmen nicht verringert werden.

Da Untersuchungen in Pflegesettings und beschreibende Reviews der Zielgruppe selbständig lebender Senioren zeigten, dass vor allem Ganginstabilitäten, z. B. resultierend aus Muskelschwäche in den Beinen (Rubinstein, 2006; Ambrose, Paul & Hausdorff, 2013; Deandrea et al., 2010) und früheren Stürzen (Oliver et al., 2004), zu einem höheren Sturzrisiko beitragen, setzt der Forschungsprozess dieser Habilitation am Gangverhalten an. Es ist bereits bekannt, dass sich Sturzrisikofaktoren beim Gehen mit zunehmendem Alter kumulieren, da verschiedene Einflussfaktoren miteinander interagieren. Hierzu gehören neben Alter, Geschlecht (Frauen stürzen häufiger als Männer) und Komorbiditäten, wie z. B. Osteoporose, eingeschränkte visuelle Kontrolle sowie kognitive Störungen, insbesondere der Aufmerksamkeit und der exekutiven Kontrolle (Ambrose et al., 2013; Mirelmann et al., 2012). Alltagsbewegungen wie das Gehen erfordern jedoch mit zunehmendem Alter immer mehr kognitive Kontrolle, Aufmerksamkeitsressourcen und exekutive Funktionen (Yogev-Seligmann, Hausdorff & Giladi, 2008; Woollacott & Shumway-Cook, 2002). Somit ist Gehen im Alter nicht mehr gleichermaßen automatisiert wie im jüngeren Alter (Yogev-Seligmann, Hausdorff & Giladi, 2007) und wird zunehmend störanfälliger.

Ein weiterer Ansatz zur Identifikation der Störanfälligkeiten von Gangmustern und daraus resultierenden Stürzen ergab sich aus der Hypothese, dass die Alltagssituationen, in denen Stürze entstehen, häufig die kognitive Verarbeitung verschiedener sensorischer Informationen gleichzeitig erfordern (Faulkner et al., 2007). Hierzu gehört z. B. das Überqueren einer stark befahrenen Straße innerhalb der Grünphase einer Ampel, während der Verkehr und die Fußgänger beobachtet werden und die eigenen Bewegungen und Reaktionszeiten der Situation angemessen organisiert werden müssen. Um diese Mehrfachanforderungen von Motorik und Kognition nachzustellen, wird das sogenannte

Doppelaufgabenparadigma (Dual-task paradigm; DT) zunehmend auch in der Sturzpräventionsforschung zur Beschreibung von Störgrößen auf das Gangbild eingesetzt. Gleichzeitig ist belegt, dass gezieltes Training die motorischen und kognitiven Fähigkeiten verbessert sowie altersbedingte Funktionseinbußen reduziert (Giné-Garriga et al., 2014; Kelly et al., 2014). Zur Verbesserung der motorisch-kognitiven Leistung im Alter wird auch das Doppelaufgabentraining (DT-Training) genutzt. Die zentrale Annahme ist dabei, dass DT-Training kognitive Ressourcen freisetzt und somit die Aufgabenausführung in DT-Situationen verbessert (Bherer et al., 2005).

Trotz einer umfangreichen Befundlage zur dargestellten Thematik bestehen derzeit noch zum Teil widersprüchliche Ergebnisse des Einflusses von Doppelaufgaben auf das Gangverhalten. Daher fehlen auch klare Gestaltungsprinzipien für ein geeignetes DT-Training zur Verbesserung der Gangqualität. Langfristig bewegungs- und trainingswissenschaftlich fundierte Interventionen unter Einbezug des Doppelaufgabenparadigmas zur Sturzprävention von Senioren zu gestalten und deren Wirkung zu ermitteln, war daher der Ausgangspunkt für die Forschungsarbeiten im Rahmen dieser kumulativen Habilitation.

Um die Fülle der genannten Aspekte des Sturzrisikos umfassend in der Forschung abzubilden, müssen unterschiedliche Dimensionen (Alter, Geschlecht, physische Leistungsfähigkeit) und Disziplinen (u.a. Gerontologie, Motorik, Kognition, Biomechanik, Trainingswissenschaft) betrachtet werden. Folglich wurde in Annäherung an eine ganzheitliche Betrachtung ein bewegungswissenschaftlicher Ansatz gewählt, der altersbedingte körperliche Veränderungen, kognitive Aspekte der Bewegungskontrolle, biomechanische Parameter des Gangbildes und Möglichkeiten der Ressourcenerweiterung durch Training miteinander verknüpft. Zwei handlungsleitende Fragestellungen begleiteten den Forschungsprozess:

1. Aus bewegungswissenschaftlicher Sicht: Wie stören kognitiv-motorische Interferenzen das Gangbild von Senioren? Welche theoretischen Modelle lassen sich darstellen?
2. Aus trainingswissenschaftlicher Sicht: Wie muss ein Training in der Sturzprävention gestaltet und durchgeführt werden, um Störungen der Gangmuster unter Doppelaufgabenbedingungen zu reduzieren?

Die zugehörigen Publikationen dieser kumulierten Habilitationsschrift beschreiben den Forschungsprozess zur Annäherung an die zwei erkenntnisleitenden Fragen.

Im Zuge der theoretischen Umrahmung wird zunächst ein Überblick zur komplexen Problematik der Ganginstabilitäten im Alter mit Bezug zur Sturzprävention gegeben. Im zweiten Schritt werden die Modelle und bestehende Erklärungsansätze der kognitiv-motorischen Interferenzen in Doppelaufgabensituationen vorgestellt und systematisiert. Auf Basis dieser theoretischen Grundlage entstand eine Trainingsintervention, deren Effekte

auf das Gangverhalten von Senioren unter Doppelaufgabenbedingungen untersucht wurden.

2 Einflussfaktoren auf das Gangverhalten im Alter

Im Altersgang ergeben sich eine Reihe physiologischer Veränderungen des Bewegungssystems inklusive zugehöriger kognitiver Prozesse (Hedden & Gabrieli, 2004), die zu Funktionseinbußen bei der Durchführung von Alltagsaktivitäten führen (Stawski, Sliwinski & Smyth, 2006). Hierzu gehören u.a. reduzierte neuronale Reflexe und verringertes visuelles und vestibuläres Feedback (Kerber, Ishiyam & Baloh, 2006; Seidler, Bernard & Burutulo, 2009; Sosnoff & Newell, 2006; Verdú, Ceballos, Vilches & Navarro, 2000). Ferner entstehen Dekonditionierungsprozesse der Skelett- und Herzmuskulatur, die Gelenkbeweglichkeit reduziert sich und akute oder chronische Vorerkrankungen können Schmerzen verursachen. In der Kombination und Interaktion dieser altersbedingten Prozesse entstehen Probleme in der Bewegungskoordination, die sich dann z. B. in Gangveränderungen und Ganginstabilitäten und in der Folge als Stürze ausdrücken (siehe Abbildung 1; Hausdorff, Rios & Edelberg, 2001).

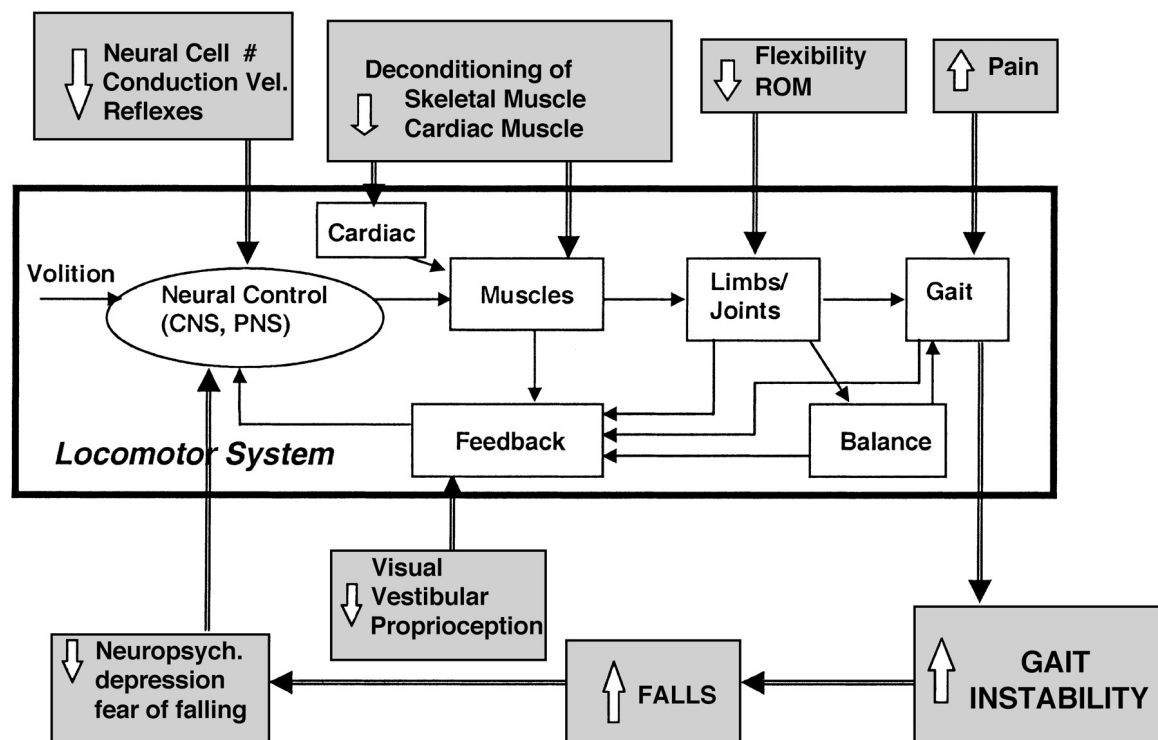


Abbildung 1 Modell zur Erklärung von Ganginstabilitäten (Hausdorff et al., 2001)

Die in Abbildung 1 beschriebenen Einflussgrößen und Interaktionsmuster zeigen, dass eine bewegungs- und trainingswissenschaftliche Auseinandersetzung mit der Sturzprävention für die Entwicklung von anwendungsorientierten Lösungsansätzen zur Reduktion von Ganginstabilitäten und Stürzen von großer Bedeutung ist.

Bereits ausführlich beschrieben und erforscht sind die Aspekte der dekonditionierenden Prozesse der Muskulatur und zugehörige Effekte auf neuromuskulärer Ebene, Kraftdefiziten und der daraus resultierenden Stürze (Moreland, Richardson, Goldsmith & Clase, 2004; Horlings, Van Engelen, Allum, & Bloem, 2008). Ebenso finden sich zahlreiche Untersuchungen zum Einfluss von Bewegungseinschränkungen, Schmerzen und Krankheitsbildern, wie Depressionen oder M. Parkinson (Iaboni & Flint, 2013; Kerr et al., 2010). Bekannt, aber bisher nur unzulänglich in der bewegungswissenschaftlichen Forschung berücksichtigt, ist der Einfluss der Sturzangst (Maki, 1997; Zijlstra et al., 2007) auf die Ganginstabilitäten.

Auch die besondere Bedeutung der visuellen, vestibulären und propriozeptiven Wahrnehmung in Bezug auf die Gangqualität und das Sturzrisiko ist bereits belegt (Lord, Smith & Menant, 2010; Sturndieks, St George & Lord, 2008). Neuere Befunde deuten jedoch darauf hin, dass auch Funktionsdefizite der akustischen Wahrnehmung mit Stürzen assoziiert sind (Lin & Ferucci, 2012). Dieser Aspekt findet sich noch nicht explizit in dem nach Hausdorff et al. (2001) dargestellten Modell (Abbildung 1). Überdies fehlt in dem Modell der Einbezug von kognitiv-motorischen Interferenzen aus der Forschung zum Doppelaufgabenparadigma, welches ebenfalls einen besonderen Stellenwert bei der Beschreibung von Ganginstabilitäten und Entstehung von Stürzen einnimmt.

Die folgenden Abschnitte greifen zunächst die zur Weiterentwicklung von Sturzpräventionsprogrammen relevanten Einflussgrößen auf. Hierbei werden speziell die Veränderungen der Motorik und die zugehörigen biomechanischen Aspekte beschrieben, die kognitiven Einflussfaktoren inklusive der Sturzangst dargelegt sowie Wahrnehmungsaspekte mit dem Fokus auf Hörprobleme expliziert.

Kapitel drei widmet sich im Anschluss den Modellen zur Erklärung von kognitiv-motorischen Interferenzen.

2.1 Altersbedingte Veränderungen des Gangverhaltens

Verhaltensbezogene Daten von Steuerungs- und Regelungsprozessen der Lokomotion, wie sie mit biomechanischen Messverfahren abgebildet werden können, zeigen altersbedingte Effekte auf die Motorik. Diese drücken sich u.a. durch reduzierte Schrittlängen, kleinere Doppelschritte (Tippelschritte wie bei M. Parkinson) oder Stolpern aus. Auch fällt vielen Senioren eine Anpassung an höhere Ganggeschwindigkeiten schwer (z. B. schnelleres Gehen, um einen Bus zu erreichen) oder sie geraten auf unebenen Bodenflächen aus dem Gleichgewicht (Berg, Alessio, Mills & Tong, 1997). Diese Probleme beim Gehen führen zu den meisten Stürzen (Berg et al., 1997).

Aus biomechanischer Sicht ist ein aktives Abrollen der Füße (von der Ferse zur großen Zehe) mit zugehöriger Bewegung im Sprunggelenk notwendig, um die Balance bei der Vorwärtsbewegung des Gehens zu erhalten. Gleichzeitig erfolgt mit jedem Schritt eine Verschiebung des Körperschwerpunkts über die Unterstützungsfläche hinaus, sodass das

Becken in der Zeit vom Fersenaufsatz bis zur Doppelstandphase stabilisiert werden muss (Perry, 2003).

Um die Beschreibung der Störanfälligkeit der Gangfunktionen zu operationalisieren, hat sich die Darstellung der Veränderung verschiedener Gangparameter etabliert. Hierzu gehören eine reduzierte Schrittlänge (Scott et al., 2015), reduzierte Ganggeschwindigkeit (Morrison et al., 2016; Verghese et al., 2009), verlängerte Standphasen (Maki, 1997; Verghese et al., 2009; Scott et al., 2015), erhöhte Schrittlängenvariabilität (Verghese et al., 2009; Maki, 1997) und erhöhte Schrittbreite (Maki, 1997). Für diese Variablen weisen Stürzer im Vergleich zu Nicht-Stürzern schlechtere Ausgangsbedingungen auf. Dies gilt besonders für Situationen, in denen sich Stürzer an ein schnelleres Gangtempo anpassen müssen. Einen Erklärungsansatz der Schwierigkeiten von Stürzern ein höheres Gangtempo zu realisieren, liefern Barackey et al. (2006) mit der Feststellung, dass Stürzer die für ein höheres Gangtempo notwendigen Adaptionen von Schrittlänge und Frequenz nicht realisieren können.

2.2 Altersbedingte Veränderungen der Kognition

Eine generalisierte Darstellung des kognitiven Alterungsprozesses ist auf Grund der Heterogenität und der dynamischen Qualität menschlicher Entwicklungsprozesse schwierig (Lindenberger, 2008). Zudem steht das Verhalten einer Person in einer wechselseitigen Beziehung mit der Entwicklung des Gehirns und der sozialen und psychischen Umwelt (Lindenberger, Li & Bäckmann, 2006). Ferner sind sensomotorische und kognitive Funktionen im Alter zunehmend enger miteinander verknüpft (Schaefer, Huxhold & Lindenberger, 2006).

Das Altern wird begleitet von vielen Funktionseinbußen bei kognitiven und motorischen Prozessen sowie bei der zugehörigen kortikalen Kontrolle. Ein Hauptproblem entsteht im Alter aus den Veränderungen innerhalb der Informationsverarbeitung (z. B. durch reduzierte Reizweiterleitungsgeschwindigkeiten und erhöhter Lateralisierung; Hedden & Gabrieli, 2004). Die Folgen sind Einbußen bei kognitiven Leistungen, wie etwa für Reaktionszeiten, Kapazitäten des Arbeitsgedächtnisses und in der gleichzeitigen Bewältigung verschiedener Aufgaben.

Falkenstein und Sommer (2008) ziehen zwei Theorien zur Erklärung dieser kognitiven Veränderungen heran, die beide von einem übergreifenden Leistungsabbau ausgehen:

- (1) die Verlangsamungstheorie nach Salthouse (1996), die eine generellen Verlangsamung der Informationsverarbeitung annimmt sowie
- (2) die Inhibitionstheorie nach Hasher und Zacks (1988), die von einem Defizit der Inhibition im Alter ausgeht.

Hinzu kommen nach Falkenstein und Sommer (2008) altersbedingte Einbußen der Gedächtnisfunktionen, insbesondere der exekutiven Kontrolle. Diese ist jedoch ein entscheidender Faktor, um die Alltagsmotorik zu steuern, Handlungsziele umzusetzen und

Stürze zu vermeiden (Herman et al., 2010). Viele Studien haben gezeigt, dass hierbei Korrelationen zwischen den altersbedingten Einbußen des sensorischen und motorischen Systems sowie der kognitiven Prozesse anzunehmen sind (Lindenberger & Baltes, 1994; Baltes & Lindenberger, 1997; Li & Lindenberger, 2002). Gleichzeitig wird vermutet, dass die motorische Kontrolle bei der Lokomotion mit zunehmendem Alter immer mehr kognitive Kontrolle und Steuerung benötigt, insbesondere auf Grund der sensorischen Einbußen und der reduzierten Effizienz der kognitiven Kontrolle (Kramer et al., 1994, Wingfield et al., 2005). Lövdén und Lindenberger (2007) bezeichnen diesen Vorgang als „kontrollierte Aufmerksamkeit“, die über das Arbeitsgedächtnis reguliert wird. Sie verweisen darauf, dass im Arbeitsgedächtnis Handlungsziele und komplexe Aufgaben koordiniert werden, die altersbedingten Veränderungen dieser Prozesse jedoch zu Leistungseinbußen im Arbeitsgedächtnis führen (Lövdén & Lindenberger, 2007).

Tabelle 1 beschreibt, welche kognitiven Funktionen im Alter bei der motorischen Kontrolle zur Vermeidung von Stürzen benötigt werden und welche altersbedingten Veränderungen dieser kognitiven Funktionen bereits anerkannt sind.

Tabelle 1: Kognitive Fähigkeiten für die Bewältigung von bewegten Alltagssituationen von Senioren und Beispielstudien

<i>Kognitive Fähigkeit</i>	Kognitive Prozesse/ Gangfunktion/ Gangparameter/ Alltagssituation	Beispiele Studien
<i>Reaktionszeit/ Reaction time</i>	<ul style="list-style-type: none"> - wird als umfassender Parameter angesehen, um die Standphase zu unterstützen - sensitiver Marker für die strukturellen und funktionellen Veränderungen des ZNS im Alter - Reaktionszeiten verlängern sich im Alter - Stürzer haben im Vergleich zu Nicht-Stürzern erhöhte Reaktionszeiten und erhöhtes posturales Schwanken unter Doppelaufgabensituationen unter Einbezug von Reaktionszeitaufgaben 	Lajoie, Y., & Gallagher, S. (2004)
<i>Informationsverarbeitung/ Processing speed</i>	<ul style="list-style-type: none"> - grundsätzliche Defizite der Vigilanz und Aufmerksamkeit mit zunehmendem Alter - altersbedingte Abnahme in der Informationsverarbeitung resultiert in einer generellen Einschränkung für alle kognitiven Prozesse - Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit beeinflusst daher alle höheren kognitiven Prozesse, wie Wahrnehmung, Enkodierung und Wiederabrufen von Informationen, Entscheidungsfindung sowie das Transformieren von Informationen in das Arbeitsgedächtnis - ist mit reduzierter Ganggeschwindigkeit assoziiert 	Donoghue, O. A., Horgan, N. F., Savva, G. M., Cronin, H., O'regan, C., & Kenny, R. A. (2012). Rosano, C. et al. (2012)

Weiterführung Tabelle1		
Kognitive Fähigkeit	Kognitive Prozesse/ Gangfunktion/ Gangparameter/ Alltagssituation	Beispiele Studien
<i>Räumliche Orientierung/ Visual-spatial orientation</i>	<ul style="list-style-type: none"> - ist ein Teil des Arbeitsgedächtnisses - gibt z.B. Informationen über Anordnungen von Gegenständen im Raum oder sich bewegenden Objekten im Umfeld - notwendig zum Navigieren bei Ortswechseln 	<p>Woollacott & Shumway-Cook (2002)</p> <p>David et al. (2006).</p>
<i>Exekutive Funktionen/ Executive function</i>	<ul style="list-style-type: none"> - notwendig, um Aufmerksamkeit auf Störungen des Ganges zu lenken und um zielgerichtete Bewegungen auszuführen und zu kontrollieren - ist grundsätzlich wichtig, um Stürze zu vermeiden 	<p>Yogev-Seligmann, Hausdorff, & Giladi (2008).</p> <p>Springer et al. (2006).</p>
<i>Erinnerungsvermögen/ Recall Memory</i>	<ul style="list-style-type: none"> - reduzierte Ganggeschwindigkeit und reduziertes Erinnerungsvermögen sind mit der Mortalitätsrate assoziiert 	<p>Marengoni et al. (2016).</p>
<i>Episodisches Gedächtnis/ Memory: episodic</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Informationen über Alltagssituationen werden verarbeitet und abgerufen - episodisches Erinnerungsvermögen kann Einfluss auf die Ganggeschwindigkeit nehmen 	<p>Holtzer, Wang, Lipton & Verghese (2012).</p> <p>Dickerson & Eichenbaum (2010).</p>
<i>Verbales Gedächtnis/ Verbal Memory</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Leistung des verbalen Gedächtnisses nimmt Einfluss auf die Ganggeschwindigkeit Leistungseinbußen des verbalen Gedächtnisses sind mit Reduzierungen der Ganggeschwindigkeit von 0.003 – 0.004 m/s assoziiert 	<p>Watson et al. (2010).</p>
<i>Visuelles Gedächtnis/ Visual Memory</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Störungen des visuellen Gedächtnisses zeigen negativen Einfluss auf die Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL's) - Störungen des visuellen Gedächtnisses korrelieren mit reduzierter Informationsverarbeitung, der Aufmerksamkeitsleistung und der räumlichen Wahrnehmung 	<p>Uc et al. (2005)</p>

<i>Weiterführung Tabelle1</i>		
<i>Kognitive Fähigkeit</i>	<i>Kognitive Prozesse/ Gangfunktion/ Gangparameter/ Alltagssituation</i>	<i>Beispiele Studien</i>
<i>Arbeitsgedächtnis/ Working memory</i>	<ul style="list-style-type: none"> - reduzierte Leistung des Arbeitsgedächtnisses beeinflusst die exekutiven Funktionen - reduzierte Leistung des Arbeitsgedächtnisses korreliert mit reduzierter Ganggeschwindigkeit - Leistung des Arbeitsgedächtnisses ist notwendig für die sequentielle Koordination von Bewegungen - Arbeitsgedächtnis ist als erstes bei der Lösung von Doppelaufgaben involviert und beansprucht 	Montero-Odasso, Bergman, Phillips, Wong, Sourial & Chertkow (2009).
<i>Aufmerksamkeitsselektion/ Selective/ Divided Attention</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Aufmerksamkeitssteuerung oder -selektion ermöglicht Stimuli oder Informationen zu filtern und kann somit Störgrößen ausblenden - ist notwendig für die zentrale Kontrolle der Gangfunktionen, Gangvariabilität und Gangstörungen - ermöglicht Task-Priorisierung und Task-Switching - die Allokation der Aufmerksamkeit führt ggf. zur Reduktion der Ganggeschwindigkeit unter Doppelaufgabenbedingungen - geteilte Aufmerksamkeit stört die Gangregulation 	<p>Yogev-Seligmann, Hausdorff & Giladi (2008).</p> <p>Sheridan, Solomont, Kowall & Hausdorff (2003).</p>

Aus Tabelle 1 geht hervor, dass Aspekte der Aufmerksamkeit und der zugehörigen Ressourcenallokation zentrale Faktoren für die Informationsverarbeitung und die kognitive Kontrolle motorischer Alltagsleistungen von Senioren darstellen. Vor diesem Hintergrund ist die Problematik der Sturzangst einzuordnen, da angenommen wird, dass Sturzangst für sich bereits Aufmerksamkeitsressourcen beansprucht (Young & Williams, 2015).

2.3 Sturzangst

Ein Review von Young und Williams (2015) liefert einen kognitionspsychologischen Ansatz zur Erklärung der beobachteten Einflüsse von Sturzangst auf die posturale Kontrolle. Sie beschreiben, dass Sturzangst das Ausblenden von irrelevanten Informationen aus der Umwelt verhindert. Für solche Informationen werden dann Ressourcen des internen Aufmerksamkeitsfokus und des Arbeitsgedächtnisses beansprucht, die jedoch für die Bewegungsorganisation gebraucht werden. Folglich wird die Bewegungsorganisation von der Sturzangst ähnlich wie durch Doppelaufgaben gestört.

Gleichzeitig nimmt die Angst selber einen Teil der internen Aufmerksamkeitsressourcen in Anspruch und führt zu Muskelverspannungen oder -steife. Diese Reaktion könnte nach Young und Williams (2015) bei wenig komplexen Bewegungen die Balance sichern. Auf

Grund reduzierter Aufnahme der relevanten sensorischen Informationen ist die Balance in komplexeren Situationen (z. B. unter Doppelaufgabenbedingungen) jedoch störanfällig (Young & Williams, 2015).

Sturzangst ist ein inzwischen ausführlich erforschter Aspekt zur Erklärung von Bewegungs- und Gangveränderungen (Yardley et al., 2002; Reelick et al., 2009, Busch et al., 2015) und als Prädiktor für Stürze (Allali et al., 2017; Zijstra et al., 2007; Anders et al., 2007) belegt. Rochat und Kollegen (2010) konnten zeigen, dass Sturzangst fast ein Drittel (29,6 %) mobiler, selbständig lebender Senioren betrifft. Hierbei muss die Sturzangst nicht zwangsläufig ein Resultat früherer Stürze sein, sondern kann z. B. auch in Verbindung mit nachlassender Muskelkraft in den Beinen und zugehöriger Ganginstabilität nachgewiesen werden (Toebes et al., 2015). Die Sturzangst wirkt sich außerdem nicht nur auf die Reduktion des eigenen Bewegungsverhaltens aus, sondern zeigte sich auch in Veränderungen der Gangparameter (z. B. in reduzierter Ganggeschwindigkeit). Die von den Autoren beobachteten Gangveränderungen waren dabei unabhängig von Alter, Vorerkrankungen und depressiven Symptomen (Rochat et al., 2010).

Bezüglich des Gehens stellte eine Meta-Analyse von Ayoubi und Kollegen (2015) signifikante Effekte der Sturzangst auf die Gangvariabilität heraus. Unter Doppelaufgabenbedingungen zeigten sich bei Donoghue und Kollegen (2015) reduzierte Ganggeschwindigkeiten und Schrittlängen, insbesondere bei den Personen, die auf Grund der Sturzangst ihre Alltagsbewegungen reduzierten.

Zur Erfassung der Sturzangst hat sich die Falls Efficacy Scale International (FES-I; Yardley et al., Delbare et al.) etabliert, die zuverlässig erfasst, wie hoch die Befürchtung von Stürzen in klassischen Alltagssituationen ist. Hierzu gehören Alltagstätigkeiten, wie der Hausputz, Einkaufen gehen, Freunde und Verwandte besuchen oder in einer Menschenmenge umhergehen (Dias et al., 2006). Diese Alltagstätigkeiten wurden in sechzehn Fragen überführt, aus denen sich ein maximaler Punktwert von 64 (größte Sturzangst) und eine minimaler Punktwert von 16 (keine Sturzangst) ermitteln lässt.

Ferner konnte aufgezeigt werden, dass ein Zusammenhang zwischen den ermittelten FES-I Summenscores und einer objektiven Erfassung der Balance bei älteren Stürzern besteht (del-Rio-Valeiras et al., 2016).

2.4 Altersbedingte Veränderungen der visuellen, akustischen und propriozeptiven Wahrnehmung

Die Bewältigung von kognitiv-motorischen Alltagsaufgaben erfordert die Organisation verschiedener sensorischer Wahrnehmungs- und Informationsverarbeitungsprozesse. Hierbei wird der visuellen Wahrnehmung die größte Bedeutung zugeschrieben. Über die visuelle Wahrnehmung werden Informationen über Bodenbeschaffenheit, Hindernisse, Anordnungen von Objekten und deren Abstand zum eigenen Körper erfasst (Runge, 1998). Zentrale Veränderungen des Sehsinns drücken sich in der verminderten Anpassung der

Sehschärfe im Nahbereich, des Kontrastsehens und des Farbsehens aus (Lindenberger, 2008). Im Alter erhöhen sich zudem die Blendempfindlichkeit und die Schwierigkeit sich an neue Lichtverhältnisse anzupassen (Sturnieks, St. George & Lord, 2008). Ferner beschreibt Lindenberger (2008) die Abnahme des Sehfelds, aus der resultiert, dass Reize mit zunehmendem Alter länger dargeboten werden müssen, um wahrgenommen zu werden. Auch nimmt mit zunehmendem Alter die Wahrscheinlichkeit für eine Augenerkrankung (z. B. Katarakt oder Glaukom) zu (Sturnieks, St. George & Lord, 2008).

Einschränkungen der visuellen Wahrnehmung führen z.B. zu reduzierter Ganggeschwindigkeit und erhöhtem posturalen Schwanken (Lord, 2000). Die visuelle Wahrnehmung wurde daher für Gleichgewichtsaufgaben und das Gangverhalten in der Sturzprävention umfangreich untersucht (Lord et al., 1991; Reed-Jones et al., 2013; Marks, 2014; Pocaiausk et al., 2016) und das Sturzrisiko mit verschiedenen Veränderungen am visuellen System begründet.

Da Befunde verschiedener Studien auf die Existenz überlappender neuronaler Netzwerke für die posturale Kontrolle und für visuell-räumliche Aufgaben hinweisen (Barra et al., 2006; Sturnieks, St. George & Lord, 2008), wird sowohl für das Doppelaufgabentraining, als auch für experimentelle Zwecke der Einsatz von Aufgaben, die das visuell-räumliche Arbeitsgedächtnis involvieren empfohlen. Beurskens und Bock (2012) bestätigen, dass insbesondere visuell anspruchsvolle Aufgaben Doppelaufgabenkosten erzeugen.

Vergleichsweise wenige Befunde belegen jedoch den Einfluss von Hörproblemen auf die posturale Kontrolle. Dabei ist auch diese sensorische Einschränkung ein besonders relevantes Phänomen, da laut WHO (2017) weltweit über 328 Millionen Erwachsene Hörprobleme aufweisen. Dabei wird davon ausgegangen, dass 75 % der 70- bis 80-Jährigen betroffen sind. Insbesondere hohe Töne aber auch Gesprächsteile werden schlecht wahrgenommen, vor allem wenn der Lärm in der Umgebung groß ist (Lindenberger, 2008). Hörschwierigkeiten bei älteren Erwachsenen gehen oftmals mit motorischen Defiziten, Stürzen und eingeschränkter physischer Aktivität einher (Chang et al., 2009; Gopinath et al., 2016). Überdies wurden defizitäre Hörleistungen auch mit Veränderungen des Gangbilds in Verbindung gebracht, z. B. mit reduzierten Ganggeschwindigkeiten (Viljanen et al., 2009; Li; et al., 2013; Lin et al., 2012). Diese Effekte verstärken sich mit zunehmendem Alter (Gopinath et al., 2012).

Auch Veränderungen am Vestibularapparat sowie der propriozeptiven oder somatosensorischen Funktionen führen zu Problemen der Gleichgewichtsorganisation und zu höheren Schwankungsamplituden des Oberkörpers während der posturalen Kontrolle (Horlings et al., 2009).

Zentrale Probleme der vestibulären Wahrnehmung betreffen den vestibulo-ocular Reflex und den vestibulo-spinal Reflex, die beide für die Kopfpositions- und Augenbewegungskontrolle beim aufrechten Gang zuständig sind (Sturnieks, St. George & Lord, 2008). Die Ursache hierfür wird Veränderungen der Haar- und Nervenzellen im

Vestibularapparat zugeschrieben, die in der Folge weniger sensitiv auf Informationen reagieren, sie eingeschränkt aufnehmen und weiterleiten (Iwasaaki & Yawasoba, 2015; Sturnieks, St. George & Lord, 2008). Vergleichbare Einbußen werden auch für die Propriozeption angenommen. Neben krankheitsbedingten Einbußen durch Nervenschädigungen, z. B. bei Diabetes Mellitus oder Arthritis, wird auch von altersbedingten morphologischen Veränderungen an der Muskelspindel ausgegangen, die zu Problemen der propriozeptiven Wahrnehmung führen (Sturnieks, St. George & Lord, 2008). Die taktile Informationsaufnahme ist zudem durch die individuelle Reduktion von Rezeptoren beeinträchtigt.

Posturale Kontrolle erfordert jedoch eine intakte und schnelle Informationsverarbeitung der vestibulären, visuellen und propriozeptiven Wahrnehmung, woraus die muskuläre Antwort resultiert (siehe Abbildung 2).

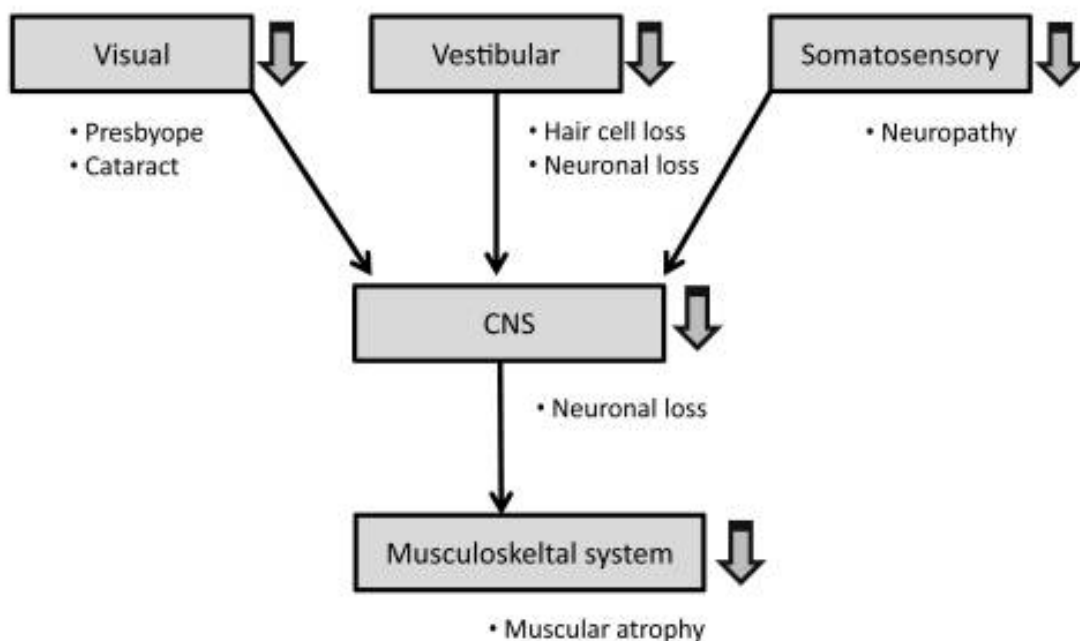


Abbildung 2 Zusammenspiel von Wahrnehmung und Veränderungen im Muskel-Skelett-System (Teasdale et al., 1991)

Teasdale et al. (1991) konnten zeigen, dass dabei das Zusammenspiel von visuellen, vestibulären und propriozeptiven Wahrnehmungen im Alter zu Funktionsverlusten führt, obwohl die einzelnen Modalitäten für sich im Vergleich zu jüngeren Probanden nur geringe Unterschiede aufwiesen. Balanceprobleme beim Gehen können somit vor allem dem fehlenden koordinierten Zusammenspiel der visuellen, auditiven, vestibulären und propriozeptiven Sinnesleistungen zugeschrieben werden (Lindenberger, 2008). Demnach führen verschiedene Aspekte des Alterungsprozesses zu weniger zuverlässigen sensorischen Informationen und zu einer ungenaueren Integration der Informationen. Dies führt laut Lindenberger (2008) zu weniger effizienten Ausgleichsbewegungen, die dem Erhalt des Gleichgewichts dienen.

2.5 Doppelaufgaben und kognitive-motorische Interferenzen

Ein weiterer Ansatz zur Identifikation von Störanfälligkeiten von Gangmustern und daraus resultierenden Stürzen ergab sich aus der in der Einleitung dargestellten Hypothese, dass die Alltagssituationen in denen Stürze entstehen häufig die kognitive Verarbeitung verschiedener sensorischer Informationen gleichzeitig erfordern (z. B. im Straßenverkehr; Faulkner et al., 2007). Um diese Mehrfachanforderungen von Motorik und Kognition nachzustellen, wird das sogenannte Doppelaufgabenparadigma (Dual-task paradigm; DT) zunehmend auch in der Sturzpräventionsforschung zur Beschreibung von Störgrößen auf das Gangbild eingesetzt. Die erste Arbeit hierzu erschien von Lundin-Olsson, Nyberg und Gustafson (1997), die bei einer Untersuchung zu Sturzrisiken im Pflegeheim eine Form des DT entdeckten, die als „Stop walking while talking“ bekannt wurde. Es zeigte sich, dass Bewohner, die zum Sprechen stehen bleiben mussten, ein signifikant höheres Sturzrisiko aufwiesen, als Personen die gleichzeitig gehen und das Gespräch fortführen konnten. Seitdem sind zahlreiche Studien zur kognitiv-motorischen Interferenz, d. h. zu Leistungseinbußen bei zeitgleicher Ausführung von zwei oder mehr Aufgaben entstanden (DT-Kosten), die sich insbesondere mit den Sturzrisiken bei gesunden als auch vorerkrankten älteren Erwachsenen beschäftigten (u.a. Al-Yahya, Dawes, Smith, Dennis, Howells & Cockburn, 2011; Chu, Tang, Peng & Chen, 2013; Menant, Schoene, Sarofim & Lord, 2014). Beauchet und Kollegen (2009) zeigten dabei, dass hohe DT-Kosten, also der prozentuale Unterschied zwischen der Leistung in der Einzelaufgabe (single-task, ST) und der DT-Aufgabe, mit einem erhöhten Sturzrisiko älterer Erwachsener einhergehen.

Bei Untersuchungen zum Gehen wird zudem der Einfluss verschiedener kognitiver Dimensionen mit variierender Komplexität auf die Doppelaufgabenkosten ermittelt. Hierbei sind z. B. der genaue Fußaufsatz und das aktive Abrollen zur Vermeidung von Stolpern und Ausrutschen essentiell. Außerdem erfordert das Alltagsleben die Fähigkeit, Hindernissen auszuweichen oder sie zu umrunden. Deshalb ist in Betracht zu ziehen, dass das Geradeausgehen im Vergleich zum Kurvengehen unterschiedliche kognitive Funktionen anspricht und zugehörige Informationsverarbeitungsprozesse die Gehgeschwindigkeit beim Kurvengehen bedingen (Schott, 2015).

In Bezug auf das in dieser Habilitation fokussierte Gangverhalten reduziert sich mit einer kognitiven Zweitaufgabe die Gangstabilität durch eine Störung interner, kognitiver Steuerungsprozesse und dies führt zu einer reduzierten Bewegungsgenauigkeit und verschlechterten Bewegungskoordination (Al-Yahya et al., 2011). Dies gilt insbesondere im hohen Alter und bei eingeschränkten kognitiven Fähigkeiten (z. B. Demenz, Menant et al., 2014). Auch zeigten sich unabhängig von der eingesetzten kognitiven Zweitaufgabe signifikante Unterschiede in der Ganggeschwindigkeit unter DT-Bedingungen zwischen bereits gestürzten und nicht gestürzten Personen (Menant et al., 2014).

Es ist daher relevant die Doppelaufgaben und die entstehenden kognitiv-motorischen Interferenzen in bewegten Alltagssituationen von Senioren genauer zu erforschen, um

gezielt Maßnahmen zur Reduktion negativer gesundheitlicher Konsequenzen, wie z. B. Stürze, zu entwickeln.

3 Kognitiv-motorische Interferenzen beim Gehen

Wie die bisherigen Ausführungen zeigen, ist das Gehen im Alltag als Doppelaufgabenszenario zu verstehen. Somit erfordert diese Alltagsbewegung im Alter vermehrt kognitive Kontrolle und zugehörige Ressourcen. Gleichzeitig ist das Altern mit Funktionseinbußen der Motorik und der Kognition verbunden, sodass die Bewältigung von Doppelaufgaben für die meisten Senioren immer schwieriger wird (Bock, 2008; Hollmann, Kovash, Kubik & Linbo, 2007; Li, Lindenberger, Freund & Baltes, 2001).

Als ein Erklärungsansatz gelten die neurophysiologischen Veränderungen im Alter und zugehörige Reduktion kognitiver Kapazitäten. Die Bewegungskontrolle beim Gehen erfordert mehr kognitive Aktivität und unter Doppelaufgabenbedingungen reduziert sich die Gangqualität (Collin & van den Heuvel, 2013; Hedman et al., 2002). Auch wird angenommen, dass ältere Menschen für die Aufmerksamkeits- und Bewegungskontrolle im Vergleich zu Jüngeren mehr kortikortale Strukturen und Netzwerke benötigen, um die Ressourcen gezielt zu verteilen und dabei eine erhöhte Aktivität im präfrontalen Kortex aufweisen. Diese Beobachtung wird als "Posterior Anterior Shift with ageing (PASA)" bezeichnet (Grady, Maisog & Horwitz, 1994; Pashler 1994). Parallel dazu besteht aber auch die Annahme, dass ältere Menschen mit Gleichgewichtsschwierigkeiten Funktionseinbußen beim Gehen aufweisen, die unabhängig von der kognitiven Leistungsfähigkeit sind (Holtzer, Wang & Vergehese, 2014). Zudem konnte gezeigt werden, dass physisch fittere Senioren weniger kognitive Kontrolle für das Gehen benötigen, als konditionell eingeschränkte Senioren (Godde & Voelcker-Rehage, 2010).

3.1 Studie 1: Einfluss von Alter, Geschlecht und Geschwindigkeit auf kognitiv-motorische Interferenzen beim Gehen

Die meisten Studien, die kognitiv-motorische Interferenzen in Verbindung mit Stürzen und erhöhtem Sturzrisiko untersuchten, beschrieben reduzierte Ganggeschwindigkeit und Schrittlängen in Kombination mit erhöhter Schrittweite und beidbeinigen Standphasen (Maki, 1997; Beauchet et al., 2009; Muhaidat, Kerr, Evans & Skelton, 2013). Gleichzeitig weisen Stürzer bereits schlechtere Ausgangsbedingungen ihrer Gangqualität auf (Freire Junior, Porto, Marques, Magnani & Abreu, 2017) und außerdem können sie sich schlechter als Nicht-Stürzer auf ein schnelleres Gangtempo einstellen (Barak, Wagenaar & Holt, 2006). Zusätzlich zeigten Studien in virtuellen Umgebungen, dass Stürzer unter Doppelaufgabenbedingungen (eine Straße überqueren und zusätzlich Musik hören oder Textnachrichten schreiben) Bewegungsgeschwindigkeiten schlechter einschätzen konnten

und hierdurch vermehrt mit heranfahrenden Autos kollidierten (Nagamatsu, Voll & Neider, 2011; Neider et al., 2011).

Eine Meta-Analyse von Smith, Cusack und Blake (2016) beschäftigte sich mit den Effekten von Doppelaufgaben auf die Ganggeschwindigkeit. Hierbei konnte aufgezeigt werden, dass sowohl mentale Tracking Aufgaben, als auch verbal-fluency Aufgaben die Ganggeschwindigkeit signifikant um 0,2 m/s reduzierten. Grundsätzliche Probleme für die klinische Bewertung der gefundenen Ergebnisse unter Doppelaufgabenbedingungen ergeben sich für die Autoren jedoch aus fehlenden Normwerten für das Gehen unter Doppelaufgabenbedingungen sowie aus der fehlenden Standardisierung bei Doppelaufgabentests und Ganganalysen (Smith et al., 2016). Ähnliche Befunde zeigte auch das Review von Lord, Galna und Rochester (2013). Die Ganggeschwindigkeit ist demnach ein guter globaler Marker für eine generelle Gangbeurteilung, jedoch kann eine zu Grunde liegende Pathologie über die Ganggeschwindigkeit nicht identifiziert werden (Lord et al., 2013). Ebenfalls beklagen diese Autoren die uneinheitliche Darstellung relevanter Gangparameter und die zugehörige Interpretation der gefundenen Gangmuster.

An diesen möglicherweise methodischen Problemen in den bisherigen Untersuchungen setzt die Publikation von Wollesen, Mattes und Rönfeldt (2016) an. Nach einer theoretischen Aufarbeitung der methodischen Probleme bei der Ganganalyse unter Doppelaufgabenbedingungen (Auswahl des kognitiven Tests und der zugehörigen Stimulus-Response-Bedingungen, Unterschiede in den erfassten Gangzyklen oder Gangstrecken, Laufbandanalysen vs. Gehen auf einem normalem Untergrund sowie die Auswahl der erfassten Gangparameter), prüfte diese Studie zunächst die Reproduzierbarkeit eines visuell-verbale Stroop-Tests im Rahmen einer Laufband gestützten Ganganalyse mit Erfassung der plantaren Druckverteilung. Aus biomechanischer Sicht ist ein aktives Abrollen der Füße (von der Ferse zur großen Zehe) mit der zugehörigen Bewegung im Sprunggelenk notwendig, um die Balance bei der Vorwärtsbewegung des Gehens zu behalten. Gleichzeitig erfolgt mit jedem Schritt eine Verschiebung des Körperschwerpunkts über die Unterstützungsfläche hinaus, sodass das Becken in der Zeit vom Fersenaufsatz bis zur Doppelstandphase stabilisiert werden muss (Perry, 2003). Somit wurden in der Untersuchung von Wollesen, Mattes und Rönfeldt (2016) neben den klassischen sturzassoziierten Gangparametern Schrittlänge und Schrittweite früherer Studien, auch die Ganglinie zur Darstellung des Abrollverhaltens sowie die Druckverteilung von Ferse, Mittel- und Vorderfuß erfasst.

Die zentralen Ergebnisse sind:

- die untersuchten Gangparameter (Schrittweite, Schrittlänge, Länge der Ganglinie und plantare Druckverteilung von Ferse, Mittelfuß und Vorderfuß) zeigten eine sehr gute Reproduzierbarkeit mit zugehörigen Intra Class Coefficienten (ICC's von 0,67-0,99)
- die Ergebnisse unter DT-Bedingungen zeigten einen Anstieg der Kadenz, was als Habituationseffekt an die Laufbandbedingungen interpretiert werden kann

- trotz exzellenter ICC's kam es bei einigen Parametern (Schrittweite, plantare Druckverteilung) zu hohen Standardfehlern des Mittelwerts.


Im nächsten Schritt der Studie wurde der Einfluss von Alter, Geschlecht und anthropometrischen Voraussetzungen auf die Gangdaten überprüft, da Körperhöhe die Schrittlänge sowie Körpermasse die Druckverteilung beeinflussen. Hier zeigte sich, dass die Druckverteilung durch die Ganggeschwindigkeit determiniert wurde, während Alter und Geschlecht einen signifikanten Einfluss aufwiesen. Die geschlechtsspezifischen Unterschiede ergaben sich primär durch die anthropometrischen Voraussetzungen der Körperhöhe und Körpermasse. Allerdings zeigten sich für Frauen mit zunehmenden Alter vermehrt Einbußen der Gangqualität, wie z. B. reduzierte Schrittlänge und erhöhte Schrittweite.

Andere aktuelle Studienergebnisse führen die reduzierte Gangqualität älterer Stürzer dagegen hauptsächlich auf Funktionseinbußen der exekutiven Kontrolle und der Verteilung von Aufmerksamkeitsressourcen zurück (MacAulay et al., 2015; Cornu, Steinmetz & Federspiel, 2016).

3.2 Studie 2: Modelle zur Erklärung von kognitiv-motorischen Interferenzen beim Gehen

Trotz dieser auf den ersten Blick umfassend erscheinenden Befundlage des Zusammenhangs zwischen Doppelaufgabentätigkeit, Balance, Gangverhalten und Sturzrisiken ergeben sich bei der Doppelaufgabenforschung in der Sturzprävention widersprüchliche Ergebnisse hinsichtlich der tatsächlichen negativen Einflüsse auf das Gleichgewicht beim Stehen und Gehen mit zugehörigen Gangparametern. Dies resultiert u.a. aus der Tatsache, dass verschiedene Doppelaufgabenkombinationen für die Forschungsarbeiten herangezogen werden (siehe Abbildung 3). Durch die Abbildung 3 wird ersichtlich, dass die verschiedenen Aufgabenkombinationen unterschiedliche Schwierigkeitsgrade aufweisen und somit auch unterschiedlich komplexe kognitive Prozesse zur Verarbeitung erfordern. Störungen der motorischen Kontrolle sind daher von den Aufgabenanforderungen und -komplexitäten (Verhaeghen & Cerella, 2002) sowie von den Reiz-Reaktionsbedingungen und Eigenschaftskombinationen abhängig (Göthe, Oberauer & Kliegl, 2016).

Beispiel Doppelaufgaben Testbedingungen

Steigender Schwierigkeitsgrad 

Aufgabenbedingung	Auditiv-verbal	Visuell-verbal	Visuell-manuell
Reizreaktion	Reaktion auf einen Ton (z.B. „jetzt“ sagen)	Reaktion auf einen Stern, der auf dem Bildschirm erscheint (z.B. „ja“ sagen)	Knopf drücken, wenn ein Stern auf einem Bildschirm erscheint
Wahlreaktion	Rückwärtsrechnen in 3er Schritten	Zahlen auf dem Bildschirm: „ja“ sagen, wenn die richtige Zahl beim Rückwärtszählen in 3er Schritten erscheint	Knopf drück, wenn die richtige Zahl beim Rückwärtszählen in 3er Schritten erscheint
Räumliche Orientierung		Diskriminieren von ausgefüllten und nicht ausgefüllten sich bewegendem Kreisen auf einem Bildschirm	Knopf drücken zum Diskriminieren von ausgefüllten und nicht ausgefüllten sich bewegendem Kreisen auf einem Bildschirm
Exekutive Funktionen	Auditiv-verbaler Stroop-Test	Visuell-verbaler Stroop-Test: inkongruente Bedingung benennen	Knopf drücken, wenn beim Stroop-Test kongruente Bedingung erscheint




Abbildung 3 Beispielhafte Übersicht verschiedener Doppelaufgaben-Settings (eigene Darstellung; Wollesen & Schott, 2018)

Ein aktuelles systematisches Review (Muir-Hunter & Witwer, 2016) zum Vergleich von Doppelaufgaben beim Gehen und Stehen zeigte eine Assoziation zwischen Gangfunktionen unter Doppelaufgabenbedingungen und einem zukünftigen Sturzrisiko, es bestätigte diesen Zusammenhang jedoch nicht für Doppelaufgaben im Stehen. Auch konnten die Autoren auf Grund der Heterogenität der eingesetzten Aufgaben keine klare Zuordnung der Zweitaufgabe (kognitiv oder motorisch) vornehmen.

In Abhängigkeit der Komplexität der zweiten Aufgabe und der zugehörigen Stimulus-Response-Bedingungen können unterschiedliche, zum Teil widersprüchliche Ergebnisse entstehen. In der Konsequenz finden sich Studien, die sowohl negative Veränderungen auf die Balance und das Gangverhalten unter Doppelaufgabenbedingungen finden, als auch solche, die positive Effekte auf die Gleichgewichtsleistung zeigen (z. B. Swan, Otani, Loubert, Sheffert & Dunbar, 2004). Um diese verschiedenen Effekte zu erklären, haben sich fünf theoretische Modelle etabliert, die im ersten Teil der Publikation von Wollesen, Voelcker-Rehage, Regenbrecht und Mattes (2016) aufgearbeitet wurden.

Die gemeinsame Grundidee zur Erklärung kognitiv-motorischer Interferenzen ist, dass die verschiedenen motorischen und kognitiven Aufgaben um Aufmerksamkeitsressourcen konkurrieren und die kognitive Verarbeitung seriell und nicht parallel abläuft.

Die Theorie des zentralen Flaschenhalses („*central bottleneck*“) geht von einer seriellen zentralen Verarbeitung aus. Sie besagt, dass die Informationsverarbeitung der verschiedenen Aufgabenanforderungen an Grenzen gerät, da nicht alle Informationen im Arbeitsgedächtnis gleichzeitig verarbeitet werden können (Flaschenhals). So entstehen verlängerte Bearbeitungszeiten, weil die Bearbeitung der zweiten Aufgabe erst erfolgen

kann, wenn die erste abgeschlossen ist (Pashler, Johnston & Ruthruff, 2001). Die „*attentional resource theory*“ erklärt kognitiv-motorische Interferenzen durch das Konkurrieren der Teilaufgaben um begrenzte Aufmerksamkeitsressourcen (Kahnemann, 1973). Diese unspezifischen Ressourcentheorien wurden durch Konzepte, wie das „*4-dimensional multiple resource model*“ abgelöst, das zeigt, dass die DT-Interferenz steigt, wenn die Aufgaben gleiche sensorische Modalitäten und visuelle Informationskanäle benötigen (Wickens, 2002).

Grundsätzlich werden die altersbedingten Unterschiede in der Bewältigung von Doppelaufgaben größer, wenn die Komplexitäten der Aufgaben zunehmen (Falkner et al., 2007; Hausdorff et al., 2005). Ferner zeigten Studien, dass mit erhöhter Komplexität und Schwierigkeit der kognitiven Aufgabe (z. B. von DT zu Multi-Tasking oder von Aufgaben, die Reaktionsgeschwindigkeit benötigen, hin zu Aufgaben unter Einbezug exekutiver Kontrolle) auch die negativen Effekte auf für das Gehen ansteigen (Menant et al., 2014; Hall, Echt, Wolf & Rogers, 2011; Venema, Bartels & Siu; Li, Verghese & Holtzer; MacLean, Brown, Khadara & Astell, 2017).

Im Gegensatz dazu konnte eine Studie von Plummer-D’Amato und Kollegen (2012) keine Gangveränderungen durch unterschiedliche kognitive Zusatzaufgaben feststellen. Veränderungen des Gangbildes diagnostizierten die Autoren nur für unterschiedliche Gangbedingungen (komfortable Ganggeschwindigkeit vs. schnelles Gehen vs. Hindernissen ausweichen; Plummer-D’Amato et al., 2012).

Bisher gibt es jedoch noch keine Einigkeit darüber, welche kognitiv-motorischen Aufgabenkombinationen die größten Anforderungen an die kognitive Verarbeitung älterer Menschen stellen. Auch ist nicht bekannt, warum ältere Menschen eine schlechtere Aufmerksamkeitssteuerung und Ressourcenallokation aufweisen.

Aktuelle Reviews zur Erklärung des Gang- und Balanceverhaltens unter Doppelaufgabenbedingungen schlagen daher Erweiterungen zu den ressourcenorientierten Ansätzen vor (Lacour, Bernard-Demanze & Dumitrescu, 2008). Sie belegen, dass kognitiv-motorische Interferenzen mit zunehmender Aufgabenkomplexität in Verbindung mit den individuellen Fähigkeiten und Ressourcen zur Aufgabenbewältigung steigen (Lacour et al., 2008). Zudem werden das Task Setting (task domain) und zugehörige kognitive Prozesse als moderierende Variablen bei der Aufgabenlösung angesehen (Riby, Perfect & Stollery, 2004). Aufgabenkombinationen mit Wahlreaktionen oder motorischen Anteilen führten zu höheren Doppelaufgabenkosten bei älteren Erwachsenen (Prado, Stoffregen & Duarte, 2007).

Für das DT-Bewegungsverhalten von Senioren bei statischen und dynamischen Gleichgewichtsaufgaben ergeben sich hieraus folgende Erklärungsansätze, die in Studie 2 zusammengefasst wurden (Wollesen, Voelcker-Rehage, Regenbrecht & Mattes, 2016).

(1) *Limited Ressource Hypothesis*

Die Hypothese besagt, dass DT-Kosten für eine oder beide Aufgaben aus dem begrenzten Pool an Aufmerksamkeitsressourcen entstehen, da die Ressourcen zur Bearbeitung zweier Aufgaben nach der Theorie des „*central bottleneck*“ oder dem Modell von Kahnemann (1973), begrenzt sind.

(2) *Cross-Domain Competition Model und Zentrale Exekutive*

DT-Kosten steigen mit zunehmender Aufgaben-Komplexität und in Abhängigkeit individueller Ressourcen (Lacour, Bernard-Demanze & Dumitrescu, 2008). Es wird angenommen, dass ein übergeordnetes Aufmerksamkeitssystem (*supervisory attentional system*; Norman & Shallice, 1986) oder eine zentrale Exekutive im ZNS (Baddeley, 1996) die Verteilung der Aufmerksamkeitsressourcen organisiert. Auf Basis der zur Verfügung stehenden Ressourcen, den Aufgabenanforderungen und der Aufgabenpriorisierung werden die Ressourcen strategisch günstig verteilt. Diese Organisation untergliedert sich in drei Funktionen: Aufgabenwechsel („*task switching*“), Aktualisierungsprozesse im Gedächtnis („*memory updating*“) und Hemmung dysfunktionaler Antworten („*response inhibition*“; Baddeley, 1996; Miyake et al., 2000; Strobach et al., 2014). Außerdem wird vorgeschlagen, Dual- oder Multi-Tasking als eigene exekutive Funktion zu sehen („*executive function dual-tasking*“) und nicht als Mischform der drei oben genannten Funktionen (Enriquez-Geppert, Huster & Herrmann, 2013; Strobach, Salminen, Karbach & Schuber, 2014). Einige Autoren begründen Alterseffekte mit altersbedingten Reduktionen verfügbarer Ressourcen (Shumway-Cook & Woolacott, 2000). Altersbedingte Funktionseinbußen beim DT wurden bisher für ‘*task switching*’ (Wasylyshyn, Verhaeghen & Sliwinski, 2011), ‘*memory updating*’ (Bopp & Verhaeghen, 2005) und ‘*response inhibition*’ (West & Alain, 2000; Schott, 2015) beschrieben. Zudem korrelierten die DT Leistungen mit den ‘*task-switching*’ und ‘*updating*’ Fähigkeiten (Liu-Ambrose, Katarynych, Ashe, Nagamatsu & Hsu, 2009; van Iersel, Kessels, Bloem, Verbeek & Olde Rikkert, 2008). Andere Autoren fanden keine Alterseffekte der DT-Leistung (Shumway-Cook, Woollacott, Kerns & Baldwin, 1997), sondern schlechtere Ausgangsbedingungen für DT-Aufgaben durch eine grundsätzlich schlechtere Gleichgewichtsleistung (Andersson, Hagman, Talianzadeh, Svedberg & Larsen, 2002; Prado, Stoffregen & Duarte, 2007).

(3) *U-Shaped Non-Linear Interaction Model*

Interessanterweise zeigen nicht alle Aufgabensettings DT-Kosten. Für die Bewältigung von DT bei Gleichgewichtsanforderungen wurden sowohl reduzierte (negative DT-Kosten) als auch verbesserte Bewegungsqualitäten (positive DT-Kosten) beobachtet (Swan, Otani, Loubert, Sheffert & Dunbar, 2004). Das *U-Shaped Non-Linear Interaction Model* postuliert deshalb eine U-förmige Relation zwischen posturaler Kontrolle und kognitiver Leistung (Huxhold et al., 2006). Diese Relation beinhaltet, dass die Zweitaufgabe in Abhängigkeit ihrer Schwierigkeit Einfluss auf das Gleichgewicht nimmt. So reduziert z. B. die Konzentration auf

eine einfache Zweitaufgabe das posturale Schwanken (Riley, Baker & Schmit, 2003; Wulf, Mercer, McNevin & Guadagnoli, 2004). Ohne Zweitaufgabe hingegen entsteht ein erhöhtes Schwanken (Vuillerme & Nafati, 2007). Gleiches ergab sich für einen Anstieg der Komplexität der zweiten Aufgabe (Huxhold et al., 2006). Auch sind die Art der kognitiven Aufgabe (Erinnerungsaufgabe mit/ohne räumliche Orientierung) und die zugehörigen kognitiven Prozesse (Informationsverarbeitung oder -speicherung) bedeutsam für eine DT-Bewältigung (Maylor, Allison & Win, 2001).

(4) Supra Postural Task Model

Das Modell (Stoffregen et al., 1999, 2000) liefert ergänzende Hinweise, um die Effekte der U-förmigen Relation zwischen posturaler Kontrolle und kognitiver Leistung zu erklären. Das Modell besagt, dass die Gleichgewichtsaufgabe in bestimmten DT-Settings in die kognitive Aufgabe integriert wird (z. B. ruhig stehen, um einen Text zu lesen) und sich das posturale Schwanken reduziert (Swan et al., 2004). Anders als beim *U-Shaped Model* werden diese Effekte nicht mit der Komplexität der kognitiven Aufgabe, sondern mit der stetig erforderlichen Situationswahrnehmung erklärt (Stoffregen, Hove, Bardy, Riley, & Bonnet, 2007).

(5) Task Prioritization Model

Dieses Modell berücksichtigt individuelle Strategien zur DT-Ausführung. Bei kognitiv-motorischen DT-Aufgaben wird von Senioren eher die Gleichgewichtsaufgabe priorisiert (Yogev-Seligmann et al., 2010), insbesondere, wenn diese herausfordernd ist (Brown, Sleik, Polych & Gage, 2002; Chapman & Hollands, 2007). Das Priorisieren wird als Kompensationsstrategie zur Reorganisation kognitiver Ressourcen verstanden (Li, Krampe & Bondar, 2005) oder dient zur Reduktion von Sturzgefahren (Yogev-Seligmann, Hausdorff & Giladi, 2012). Yogev-Seligmann, Hausdorff und Giladi (2012) arbeiteten heraus, dass Personen mit großer posturaler Reserve (Fähigkeiten die Gleichgewichtsaufgabe gut zu lösen) und funktionierender Abschätzung möglicher Gefahren, die kognitive Aufgabe so lange fokussieren können, bis das Gleichgewicht gestört ist (Yogev-Seligmann et al., 2012). Gleichzeitig gibt es Hinweise, dass bereits gestürzte Personen nicht in der Lage sind, den Aufmerksamkeitsfokus zu wechseln (Schäfer & Schumacher, 2011). Zudem bestimmen der Bekanntheitsgrad der Aufgabe/n sowie die Art der Gleichgewichtsaufgabe (statisch vs. dynamisch) die Ausführungsqualität. Gehen erfordert im Vergleich zum Stehen eine andere Bewegungsorganisation (Wollesen, Voelcker-Rehage, Willer, Zech & Mattes, 2015). Während Stehen eher automatisiert erfolgt (Lavoie, Cody & Capaday, 1995; Solopova, Kazennikov, Deniskina, Levik & Ivanenk, 2003) erfordert Gehen eine komplexere Kontrolle des Körperschwerpunkts über der Unterstützungsfläche (Woollacott & Tang, 1997).

Aus der Analyse der unterschiedlichen Ebenen, die in den verschiedenen Erklärungsmodellen adressiert werden, kann folgende Struktur abgeleitet werden:

1. Kognitive Informationsverarbeitung

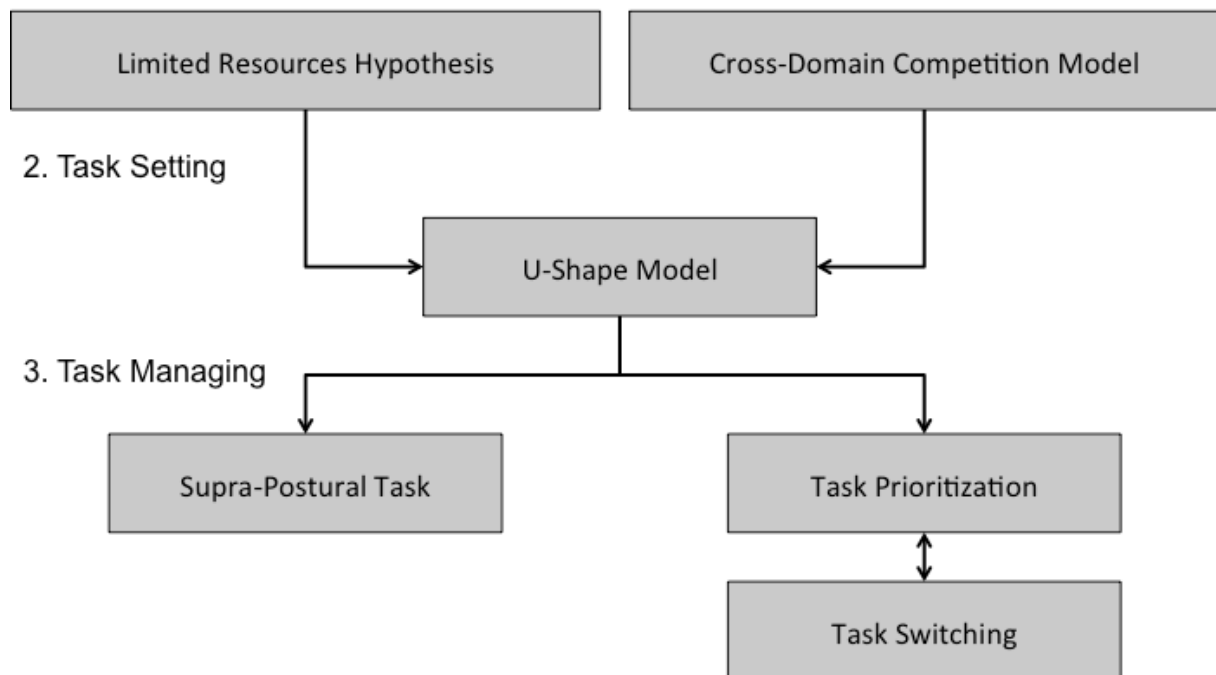


Abbildung 4 Ebenen der bestehenden Modelle zur Doppelaufgabenbewältigung (eigene Darstellung)

Die bestehenden fünf Erklärungsansätze repräsentieren insgesamt verschiedene Abschnitte der kognitiv-motorischen Prozesse bei Alltagsbewegungen. Die „*Limited Resources Hypothesis*“ und das „*Cross-domain Competition Model*“ integrieren generelle Aufmerksamkeitstheorien und die Interaktion des Menschen mit seiner Umgebung. Dies bedeutet, dass die Informationsaufnahme und -verarbeitung von den individuellen Aufmerksamkeitsressourcen abhängt und in Abhängigkeit der Stimulus-Response-Bedingungen kognitiv-motorische Interferenzen entstehen können. Das „*U-Shaped Non-Linear Interaction Model*“ integriert die Aufgabenkomplexität und bietet einen Erklärungsansatz dafür, in welcher Form die Aufgabenspezifität die Balance und das Gangverhalten verschlechtern oder verbessern. Die anderen beiden Modelle („*Supra-Postural Task Model*“, „*Task Prioritization Model*“) fokussieren eher die Aufgabenbewältigung und können deshalb als Task Managing Strategien für die Aufgabenkomplexität oder das Aufgabensetting bezeichnet werden. Darüber hinaus integriert das „*Task Prioritization Model*“ die vorhandenen individuellen Voraussetzungen zur posturalen Kontrolle.

Zusammenfassend lässt sich für die angeführten Modelle festhalten, dass die kognitiv-motorische T-Lösung in Laborsituationen und im Alltag von der *Aufgabenspezifität* (task setting) und der *Aufgabenbedingungen* (z. B. Komplexität, Stimulus-Response-Bedingungen) abhängig ist. Vor dem Hintergrund aller Modelle lässt sich zudem resümieren, dass Störungen des Gangbildes an drei verschiedenen Abschnitten der kognitiv-motorischen

Prozesse erfolgen können: der Informationsaufnahme, der Ressourcenallokation und der Bewegungsausführung. Dieses Wissen kann gezielt in die Gestaltung von Trainingsprogrammen zur Verbesserung der Gangfunktionen unter Doppelaufgaben überführt werden.

Der zweite Teil der Publikation von Wollesen et al. (2016) beschäftigte sich mit der Frage, welchem dieser Modelle die Bewältigung einer visuell-verbale, exekutiven Doppelaufgabe (Stroop-Test) beim Gehen und Stehen zuzuordnen ist.

Die Aufgabenstellung der kognitiven Zusatzaufgabe in der Untersuchung (visuelle Kontrolle und exekutive Funktionen) stellt wie beschrieben eine der komplexesten Anforderungen dar. Auf Grund der höheren Komplexität des Gehens war davon auszugehen, dass beim Gehen unter diesen Bedingungen höhere Doppelaufgabenkosten für die motorische Aufgabe entstehen. Entgegen dieser Annahme zeigten die Resultate jedoch, dass für beide motorischen Bedingungen hohe Doppelaufgabenkosten entstanden. Die Ergebnisse lassen sich für beide Aufgaben am besten mit der Theorie der limitierten Ressourcen erklären.

Die eingesetzten Aufgaben (Stehen, Gehen, visuell-verbaler Stroop-Test) erforderten nicht die gleiche Modalität, was das „*Cross-Domain-Competition Model*“ ausschließt. Zudem kann keine Verbesserung in der Ausführung der Doppelaufgabe festgestellt werden, womit auch das „*Supra-Postural Task Model*“ nicht zur Anwendung kommt. Das „*U-Shaped- Model*“ beschreibt nur die Aufgabenkomplexität.

Für das Stehen würde sich alternativ noch das „*Task Prioritization Model*“ eignen, da das Stehen nur geringe Gleichgewichtsanforderungen aufweist und daher wenig kognitive Ressourcen benötigt.

Eine Korrelation der Doppelaufgabenkosten des Stehens und Gehens zeigte außer für die Schrittlänge keine Zusammenhänge mit weiteren Gangparametern. Somit bestätigte sich die These, dass es sich beim Stehen und Gehen um voneinander unabhängige Aufgabenklassen handelt, die in der Konsequenz auch unabhängig voneinander trainiert werden müssen. Gleichzeitig konnte durch die Studie gezeigt werden, dass Gleichgewichtstests im Stehen nur bedingt geeignet sind, um ein Sturzrisiko für Alltagsbewegungen wie das Gehen vorherzusagen. Diese Annahme wurde durch das parallel veröffentlichte Review von Muir-Hunter und Witwer (2016) unterstrichen. Die Autoren konnten zeigen, dass die Doppelaufgabentestungen im Gehen, denen der Einfachaufgabentestungen zur Vorhersage von Stürzen überlegen sind, während die Testungen im Stehen unter ST und DT für die Vorhersage von Stürzen nur geringe Aussagekraft besitzen.

Neben der im Artikel von Wollesen et al. (2016) erreichten Systematisierung bestehender Modelle und Erklärungsansätze der kognitiv-motorischen Interferenzen beim Gehen ergeben sich dennoch weitere Fragen, die sich auf die Methoden der Doppelaufgabentestungen und die in der Einleitung angedeuteten Einflussfaktoren auf die Gangparameter beziehen.

3.3 Studie 3: Einfluss von Sturzangst, Sturzrisiken und Balancedefiziten auf kognitiv-motorische Interferenzen beim Gehen

Das eingangs dargestellte Modell von Young und Williams (2015) nimmt an, dass die Sturzangst einer Person bereits so viele Aufmerksamkeitsressourcen beansprucht, wie eine anspruchsvolle Doppelaufgabentätigkeit. Hierbei wird in der aktuellen Literatur zwischen einer generellen Sturzangst und dem individuellen Selbstvertrauen bestimmte Alltagssituationen (z. B. Gehen in einer großen Menschenmenge) ohne Sturz zu bewältigen unterschieden (Delbaere et al., 2008, Yardley et al., 2005; Delbaere, Close, Sachdev, Brodary & Lord, 2010). Die Falls Efficacy Scale International (FES-I; Yardley et al., 2005) wird genutzt, um entsprechende Befürchtungen eine Situation nicht ohne Sturz zu bewältigen, zu operationalisieren.

Bisherige Studien untersuchten den Einfluss der Sturzangst oder der Befürchtung zu stürzen zwar bereits unter Doppelaufgabenbedingungen beim Gehen (Donogue et al., 2013; Uemera et al., 2012), jedoch wurde bisher keine Abgrenzung der Ergebnisse zur Anzahl der selbstberichteten Sturzrisiken und zu generellen Balancedefiziten vorgenommen. Hier setzte die Studie 3 von Wollesen, Köhler & Mattes (2016) an.

Die Querschnittstudie analysierte die Gangdaten ($N= 223$; $72,5 \pm 5,4$ Jahre) unter Einfach- und Doppelaufgabenbedingungen (visuell-verbaler Stroop-Test) in Bezug auf die Sturzangst (ermittelt über den FES-I), die selbstberichteten multiplen körperlichen Sturzrisiken (Muskelschwäche in den Beinen, Probleme am Bewegungsapparat oder den Füßen, Gelenkbeschwerden, reduziertes Gleichgewicht) und motorischen Defizite (erfasst über die Short Physical Performance Battery (SPPB); Guralnik et al., 1994).

Die Untersuchung zeigte einen signifikanten Einfluss der Sturzangst, die über die Werte der SPPB (Guralnik et al., 1994) ermittelt wurde, auf die erfassten Gangparameter (Schrittlänge, Schrittweite, Ganglinie und plantare Druckverteilung) unter Einzel- und Doppelaufgabenbedingungen. Die meisten Gangveränderungen resultierten hierbei aus der Sturzangst bzw. stellten sich schon bei geringen Befürchtungen zu stürzen ($FES-I > 16$) ein.

Gleichzeitig zeigten sich diese Effekte nicht bei den kumulierten selbstberichteten Sturzrisikofaktoren (Muskelschwäche in den Beinen, Probleme am Bewegungsapparat oder den Füßen, Gelenkbeschwerden, reduziertes Gleichgewicht). Zwar war die Stichprobe bezüglich des Alters zu homogen, um anhand der Daten einen Alterseffekt nachzuweisen, doch zeigen die Befunde, analog zu bisherigen Studienergebnissen, einen klaren Einfluss der Sturzangst auf die plantare Druckverteilung und auch die bisherigen Studienergebnisse zur Schrittweite und Schrittlänge können bestätigt werden. (Yardley et al., 2002; Reelick et al., 2009; Rochat et al., 2010; de Almeida Busch et al., 2015; Donoghue et al., 2015) ein klarer Einfluss der Sturzangst auf die plantare Druckverteilung und die Bestätigung bisheriger Studienergebnisse zur Schrittweite und Schrittlänge.

Für die weitere Methodenentwicklung zum Einsatz der Doppelaufgabenbedingungen auf Gangparameter im Alter und in der Sturzprävention lassen sich aus dieser Studie zwei Handlungsempfehlungen ableiten. Zunächst ist beim Screening der Probanden darauf zu

achten, motorische Defizite und Sturzangst bzw. Befürchtungen zu Stürzen zu erfassen, um ggf. den Einfluss der Faktoren auf das Gangbild abzubilden. Hierbei eignet sich die SPPB zur Gruppenstratifizierung im Randomisierungsprozess. Die Werte des FES-I sollten zudem als Kontrollvariable in den Analyseprozess bei Untersuchungen der Gangqualität in der Sturzprävention integriert werden.

Interessanterweise zeigten sich im Zuge dieser Studie zwar Doppelaufgabeneffekte des Stroop-Tests auf die erfassten Gangparameter, jedoch determinieren die Einflussgrößen Sturzangst und motorische Defizite der Balance nicht die Doppelaufgabenleistung, wie nach dem Modell von Young und Williams (2015) angenommen. Die statistische Analyse zeigte hier keinerlei Interaktionseffekte. Somit bleibt zu vermuten, dass das beschriebene erhöhte Sturzrisiko unter Doppelaufgabenbedingungen aus den schlechteren motorischen Ausgangsbedingungen resultiert, die Senioren mit Sturzangst und Balancedefiziten aufweisen.

3.4 Studie 4: Einfluss von Hörschwierigkeiten auf kognitiv-motorische Interferenzen beim Gehen

Studien weisen darauf hin, dass die sensorische Informationsverarbeitung bei der Doppelaufgabenbewältigung fortlaufend in Abhängigkeit der Aufgabenkombination erneuert werden muss (Guttmann, Gilroy & Blake, 2005). Hierbei dominiert nach Guttmann und Kollegen (2005) für die Situationen in denen das sensorische System widersprüchliche Informationen generiert, das Sehen die räumliche Zuordnung und Verarbeitung von Informationen, während das Hören eher die zeitlichen Komponenten dominiert. Zahlreiche Studien haben daher den Einfluss der eingeschränkten visuellen Wahrnehmung untersucht (Lord, Smith & Menant, 2010). Ob und wie sich das Gehen insbesondere unter Doppelaufgabenbedingungen mit zunehmenden Schweregrad der Hörbeeinträchtigung verändert, wurde in der Publikation von Wollesen et al. (2017a) erstmals erfasst.

Das Erkenntnisinteresse wurde in folgende Forschungsfragen gebündelt: „Unterscheiden sich Ganggeschwindigkeit, Schrittlänge und Kadenz für Personen mit unterschiedlich starken Höreinschränkungen unter Einfach- und Doppelaufgabenbedingungen? Welchen zusätzlichen Einfluss nehmen frühere Stürze und motorische Defizite?“ (Wollesen et al., 2017a, Seite 2)

Die Ergebnisse der Studie bestätigten die Vermutung, dass die zunehmenden Defizite der akustischen Wahrnehmung die erfassten Gangparameter negativ beeinflussten (Reduktion in Ganggeschwindigkeit, Schrittlänge und Kadenz).

Bedeutsam für die weitere Forschung ist hierbei, dass diese Befunde nahezu unabhängig vom Alter und von zusätzlichen Vorerkrankungen waren. Auch war der Einfluss früherer Stürze und funktioneller physischer Einschränkungen weniger dominant als die Hörfähigkeit.

Somit ergeben sich aus dieser Studie zwei zentrale Forderungen für die zukünftige Forschungsarbeit: (1) Da sich Hörprobleme individuell auf die Balance auswirken können, sollte diese Einflussgröße in DT-Intervention zur Sturzprävention kontrolliert werden. (2) DT-Interventionen in der Sturzprävention sollten speziell an die Erfordernisse der Zielgruppe angepasst und hinsichtlich ihrer positiven Effekte auf das Gangbild untersucht werden.

4 Doppelaufgabentraining zur Reduktion kognitiv-motorischer Interferenzen beim Gehen

Gezieltes Training verbessert die motorischen und kognitiven Fähigkeiten und reduziert Funktionseinbußen im Alter (Giné-Garriga et al., 2014; Kelly et al., 2014). Zur Verbesserung der kognitiv-motorischen Leistung im Alter wird auch das sog. Doppelaufgabentraining (DT-Training) genutzt, mit einer Kombination zweier kognitiver Aufgaben oder einer motorischen und einer kognitiven Aufgabe. Die zentrale Annahme ist, dass DT-Training kognitive Ressourcen freisetzt und somit die Aufgabenausführung in DT-Situationen verbessert wird (Bherer et al., 2005).

Verschiedene systematische Reviews konnten bereits positive Effekte des körperlichen Trainings (meist unter Single Task Bedingungen) auf Sturzrisikofaktoren sowie die Reduzierung von Stürzen belegen (Gardner et al., 2000; Chang et al., 2004; Sherrington et al., 2008, 2011; El-Khoury et al., 2013). Auch Verbesserungen der Alltagsmobilität u.a. des Gehens durch körperliches Training konnten in entsprechenden Übersichtsarbeiten für ST- und DT-Training bestätigt werden (Cadore et al., 2013; Gobbo et al., 2014).

Zwei gründlich untersuchte Anwendungsfelder des kognitiv-motorischen DT-Trainings finden sich für Autofahrleistungen (z .B. Tsang & Shaner, 1998; Cassavaugh & Kramer, 2009) und in der Sturzprävention (Silsupadol et al., 2006; Siu et al., 2008; Shumway-Cook & Woollacott, 2006). Pichierri, Wolf, Murer und de Bruin (2011) ermittelten eine Verbesserung der körperlichen Funktionalität und DT-Leistung bei gesunden und leicht kognitiv eingeschränkten Älteren durch kognitives und kognitiv-motorisches DT-Training.

Weitere DT-Interventionen führten zu positiven Effekten auf die Verarbeitungsgeschwindigkeit auditiv-verbaler (Bisson, Contant, Sveistrup & Lajoie, 2007) und visuell-verbaler (Hiyamazu, Morioka, Shomoto & Shimada, 2011) Aufgaben. Durch progressiv gestaltetes kognitiv-motorisches DT-Training konnte sowohl das Gleichgewicht auf einer sich bewegenden Plattform als auch die kognitive Aufgabe (n-back-Test) verbessert werden (Doumas, Rapp & Krampe, 2009).

Die bestehenden Literaturreviews zu den Effekten von Doppelaufgabentraining (u.a. Pichierri et al., 2011) fassten zunächst alle Studien mit entsprechenden Inhalten zusammen, deren Qualität den PRISMA-Kriterien entsprachen (z. B. randomisiert-kontrollierte Designs; Moher et al., 2009). So wurden klinische Untersuchungen bei verschiedenen Krankheitsbildern zusammengefasst, ohne jedoch eine Systematisierung der

Trainingsinhalte und der untersuchten Doppelaufgabentests (z. B. Komplexität der zweiten Aufgabe und Stimulus-Response-Bedingung) vorzunehmen. Dies erfolgte im systematischen Review von Wollesen und Voelcker-Rehage (2013).

4.1 Studie 5: Systematisches Review zur Wirkung von Doppelaufgabentraining

Die systematische Recherche in Medline, PschInfo und Embase konnte insgesamt 13 Studien identifizieren, die den Einfluss einer motorischen Intervention (ST- oder DT-Training) auf das Stehen und Gehen unter Doppelaufgabenbedingungen untersuchten.

Die Arbeit differenzierte DT-Trainings zur Verbesserung von statischen und dynamischen Gleichgewichtsaufgaben in ein generelles und ein spezifisches DT-Training. Ersteres kombiniert verschiedene Bewegungsaufgaben mit DT-Charakter (z. B. alltagsorientierte Bewegungen mit zusätzlichen motorischen oder kognitiven Aufgaben, u.a. analog zu Nagel, 1997), letzteres fokussiert spezifische Alltagsanforderungen (z. B. Gehen) und integriert zusätzliche kognitive oder motorische Anforderungen in Kombination mit Aufgabenpriorisierung und -wechsel. Hierbei konnte das generelle DT-Training Verbesserungen für Gleichgewichtsleistungen für DT-Situationen im Stehen erzielen. Für das Gehen ergaben sich positive Veränderungen der Ganggeschwindigkeit, Kadenz und der Gangvariabilität (Wollesen & Voelcker-Rehage, 2013). Grundsätzlich bleibt jedoch festzuhalten, dass die Studienbedingungen und primären Outcomes der eingeflossenen Studien so uneinheitlich waren, dass weder eine Meta-Analyse durchgeführt, noch abschließende klare Dosis-Wirkungsbeziehungen abgeleitet werden konnten.

Zusammenfassend lässt sich als Ergebnis des Reviews festhalten, dass DT-Training in Abhängigkeit der inhaltlichen Gestaltung positive Effekte auf die Alltagsmotorik und die kognitive Leistung der eingesetzten Doppelaufgaben von Senioren zeigt. Transfereffekte auf nicht trainierte Alltagsaufgaben sind jedoch noch nicht abgesichert. Wie das Review zeigt, liegt dies vor allem daran, dass die Trainings- und Testsituationen die Reiz-Reaktionsmuster, die Task-Managing-Strategien und eine progressive Trainingsgestaltung noch zu wenig adressieren.

Dennoch ergaben sich aus dem Review globale Handlungsempfehlungen für die grundsätzliche Gestaltung von Doppelaufgabentrainings:

- angemessene Dauer und Intensität der Einheiten (mindestens zwölf Einheiten mit 45 bis 60 Minuten Training)
- Progression der körperlichen Aktivität (z. B. steigende Umfänge der Übungen oder deren Intensität) sowie der kognitiven Komplexität
- Integration von spezifischen Übungsinhalten, die gezielt Bewegungskomponenten des Gehens in verschiedenen Alltagssituationen mit zugehörigen kognitiven Anforderungen trainieren
- variable Aufgabenpriorisierung und Aufgabenwechsel als Übungsfokus

- Herausbildung von Strategien zur Doppelaufgabenbewältigung um einen Transfer zu initiieren und den Transfer in neue Handlungssituationen üben

Ein 2014 publiziertes Review von Agmon und Kollegen konnte die hier dargestellten Ergebnisse bestätigen. Agmon et al. (2014) kamen zu der Schlussfolgerung, dass ein spezifisches Doppelaufgabentraining einem ST-Training überlegen sei. Ein reines körperliches Training erzielt nach Meinung der Autoren keine Verbesserungen in der Ausführung von kognitiv-motorischen Balanceaufgaben.

4.2 Studien 6-8: Entwicklung des Doppelaufgabentrainings zur Reduktion kognitiv-motorischer Interferenzen beim Gehen unter Doppelaufgabenbedingungen

Anhand der bereits zitierten systematischen Reviews konnte kein konkretes Trainingsprotokoll identifiziert werden, das gezielt zur Verbesserung verschiedener kinematischer Gangparameter beiträgt. Auch Plummer und Kollegen (2015), die in ihrer Meta-Analyse den Einfluss von körperlichem Training auf die Doppelaufgabenbewältigung beim Gehen fokussierten, stellten lediglich eine höhere Ganggeschwindigkeit in DT-Situationen als Ergebnis des körperlichen Trainings fest. Gleichzeitig kritisierten die Autoren das Fehlen der Erfassung von Task-Managing Strategien in den vorhandenen randomisiert-kontrollierten Studien (Plummer et al., 2015). Somit fehlten neben den Handlungsempfehlungen zur Trainingsgestaltung auch Ergebnisse zu relevanten Gangparametern, wie z. B. der plantaren Druckverteilung und die Erfassung der Bewältigungsstrategien.

Vor diesem Hintergrund und den Ergebnissen des systematischen Reviews von Wollesen und Voelcker-Rehage (2013) entstand eine eigene Trainingsintervention: das Doppelaufgaben-Task-Managing-Training. Die Effekte des Trainings auf kinematische Gangparameter und plantare Druckverteilung überprüften drei Studien mit unterschiedlichen Zielstellungen (Wollesen et al., 2015, 2017 a, 2017 b).

Das Training besteht aus mehreren Phasen:

(1) Üben von Balancestrategien in Alltagssituationen, die eine Sturzgefährdung darstellen können (u.a. schnelles Starten, plötzliches Stoppen, unerwartete Richtungswechsel, Ausweichen von Hindernissen). Hierbei wurden die Alltagssituationen in Gruppenübungen überführt und zwischen den Übungssequenzen der Bezug zur Sturzprävention erläutert. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer erhielten gleichzeitig Erklärungen und Übungen zum Erhalt des Gleichgewichts in diesen unterschiedlichen Situationen.

(2) Üben dieser Alltagssituationen mit verschiedenen Doppelaufgabenbedingungen, primär mit visuellem Fokus oder zusätzlichen Bewegungen, da diese Aufgabenkombinationen die größten kognitiven Ressourcen in der Kombination mit Balanceaufgaben erfordern.

(3) Progression der Schwierigkeit der Bewegungsaufgaben sowie Integration der Aufgabepriorisierung und Wechsel des Aufmerksamkeitsfokus (Task-Managing-Strategien). Hierbei soll der Fokus auf ein stabiles Gangbild gerichtet werden, bei dem das aktive Abrollen der Füße im Vordergrund steht. Dieses Verhalten sollte auch unter Doppelaufgabenbedingungen aktiv angewendet werden.

(4) Transfer der Strategien von Phase eins und Phase drei in neue, alltagsnahe Bewegungssituationen (z. B. Ausweichen von Hindernissen mit Einkaufstaschen in der Hand und gleichzeitigem Reagieren auf entgegenkommende Personen).

Um die Intervention zu evaluieren, entstand zunächst das Studiendesign für eine randomisiert-kontrollierte Machbarkeitsstudie (Wollesen et al., 2015; N=57 Personen Gesamtstichprobe, n=38 als Interventions- und Kontrollgruppe analysiert; $72,7 \pm 4,7$ Jahre). Die Dauer der Intervention betrug hierbei zwölf Wochen mit einem 60-minütigen Trainingstermin pro Woche. Die Gruppengröße umfasste 10-15 Personen.

Die Studie zeigte, dass über das Training positive Effekte auf die erfassten Gangparameter (verbessertes Fußabrollverhalten, reduzierte Schrittweite und erhöhte Schrittlänge) unter Einfach- und Doppelaufgabenbedingungen erzielt werden konnten (Wollesen et al., 2015).

Gleichzeitig wies die Studie jedoch mehrere Limitierungen auf. Zum einen wurde der Effekt auf die Kognition nicht abgebildet, da die kognitive Leistung im Stroop-Test nicht erfasst wurde. Zum anderen blieb offen, ob die Probanden ihre kognitive Strategie wechselten und während des Gehens eine Priorisierung ihres Gangverhaltens in der Doppelaufgabensituation vornahmen.

Außerdem sollten die Effekte auf das Gehen mit einem in der Sturzprävention etablierten Krafttraining verglichen werden, um die Wirkung der Doppelaufgabenintervention von einer allgemeinen Verbesserung des Gangverhaltens durch Krafttraining abzugrenzen. Hierzu wurde das Krafttrainingsprogramm als eigenständiges Training im Haushalt aufbereitet und angeleitet. Die für das Krafttraining rekrutierte Probandengruppe bestand ebenfalls aus n=19 Personen, von denen jedoch nur fünf das Training bis zum Ende absolvierten und somit dieser Teil der Studie nicht in die Auswertung einfluss. Die Folgestudien integrierten daher die Erfassung der in den Limitierungen genannten Aspekte.

Überprüfung der Effekte des Doppelaufgaben-Trainings in zwei randomisiert-kontrollierten Studien

Im Zuge der Machbarkeitsstudie von Wollesen et al. (2015) zeigten sich bereits positive Veränderungen der erfassten Gangparameter, die als erhöhte Gangqualität innerhalb der Interventionsgruppe interpretiert werden können.

Unklar blieb auf Grund des Studiendesigns und der vorgenommenen Auswertungsstrategie, ob diese Veränderungen direkt als Wirkung des Doppelaufgabentrainings erfolgten, oder ob es sich hierbei um generelle Effekte von körperlicher Aktivität handelte. Das beschriebene Doppelaufgabentraining wurde daher mit einem in der Sturzprävention evidenten

Krafttrainingsprogramm (Becker et al., 2006) und einer Kontrollgruppe verglichen (Wollesen et al., 2017a). Auch wurden in dieser Studie die fehlenden Aspekte der Machbarkeitsstudie (kognitive Leistung mittels Fehler im Stroop-Test und Task-Managing-Strategien mittels Fragebogen) erfasst.

Die Ergebnisse bestätigten die Befunde der Machbarkeitsstudie. Das Doppelaufgabentraining erzielte signifikante Veränderungen mit einer Reduktion der Schrittweite, Erhöhung der Schrittlänge und der Ganglinie sowie einem betonten Fersenaufsatz zur Einleitung des Abrollens des ganzen Fußes.

Die kognitive Leistung im Sitzen sowie im Gehen verbesserte sich jedoch nicht signifikant. Beide Trainingsinterventionen führten ferner dazu, die Sturzangst zu reduzieren. Hier ergab sich ein kleiner, jedoch nicht signifikanter Vorteil für das Task-Managing Training gegenüber dem Krafttraining.

Die Krafttrainingsgruppe erzielte ebenfalls signifikante Verbesserungen der genannten Gangparameter, die allerdings nicht in der gleichen Höhe ausfielen, wie die des Doppelaufgabentrainings. Die Veränderungen von Schrittlänge und Ganglinie können als Wirkung der Trainingsprogramme angesehen werden, da diese als Effekte innerhalb der Kontrollgruppe ausblieben.

Interessanterweise zeigte die zusätzliche Befragung zu den Task-Managing-Strategien nicht wie erwartet eine Priorisierung des Gangverhaltens innerhalb der Task-Managing-Gruppe. Mehr als 50 % der Gruppe fokussierte bei der Ausgangsuntersuchung den Stroop-Test, nicht das Gangverhalten. Wurde ein Wechsel des Aufmerksamkeitsfokus vorgenommen, so erfolgte der Wechsel weg von der kognitiven Aufgabe, hin zu keiner Priorisierung, jedoch nicht speziell zum Gehen. Die qualitativen Antworten der Teilnehmerinnen und Teilnehmer zeigten auf, dass sie den Stroop-Test viel spannender bewerteten als das Gehen auf dem Laufband und daher die kognitive Aufgabe fokussierten.

Es stellt sich die Frage, warum der Fokus nicht auf das Gehen wechselte. Hierzu lassen sich zwei Erklärungsansätze ableiten:

- (1) Die Übungszeit für den Strategiewechsel (Task-Switching) innerhalb der Trainingsstunden war zu kurz und möglicherweise konnten im Rahmen der zwölf Trainingstermine nicht alle vermittelten Informationen (z. B. wie kann ich durch Bewegungen mit einem Negativimpuls einen Sturz vermeiden; wie funktioniert Task-Switching; wie fokussiere ich mein Gangmuster) behalten und eingeübt werden.
- (2) Unter Berücksichtigung des Task-Prioritization Model von Yogev-Seligmann et al. (2012) führt erst der mögliche Balanceverlust zu einem Wechsel des Aufmerksamkeitsfokus auf die Bewegungsausführung zur Sicherung des Gleichgewichts. Die Testsituation erfolgte jedoch im komplett abgesicherten Modus. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer waren über eine Sicherheitsaufhängung vor möglichen Stürzen beim Gehen geschützt und hätten in einem solchen Falle zudem die Handläufe rechts und links am Laufband benutzen können. Ergänzend wurde die

Eingewöhnungszeit nach den Ergebnissen der Methodenentwicklung erhöht. Dadurch war gesichert, dass die Probanden sich sicher und gut auf dem Laufband fühlten. Ein Wechsel des Aufmerksamkeitsfokus war somit an dieser Stelle vermutlich nicht erforderlich.

Der generelle Mehrwert dieser Studie ergibt sich aus der Bestätigung der Studienergebnisse von Wollesen et al. (2015) unter Einbezug eines weiteren körperlichen Trainings, sowie der Überprüfung der kognitiven Strategien und Leistung. Es konnte somit das Task-Managing-Training als effektive Intervention zur Verbesserung der erhobenen Gangparameter herausgestellt werden.

Gleichzeitig zeigen die Studienergebnisse Handlungsbedarf bezüglich der Trainingsgestaltung und der Testsituationen auf. Die Trainingsgestaltung sollte dahingehend verändert werden, dass der Fokuswechsel auf die motorische Aufgabe noch stärker angeleitet und eingeübt wird, um diese Strategie in Alltags- oder Testsituationen auch nutzbar zu machen. Überdies ist zu prüfen, welche Auswirkungen ein im Training angeleiteter Strategiewechsel auf die motorischen Parameter zeigt.

Die Testsituation selber sollte eine höhere Anforderung an die Gleichgewichtssicherung beinhalten. Dies könnte z.B. durch eine zusätzliche Messung der Doppelaufgabenbewältigung mit einem höheren Gangtempo auf dem Laufband erfolgen oder in einer neu zu gestaltenden Situation beim Gehen in einer Alltagssituation.

Die zweite Anwendungsstudie (Wollesen et al., 2017b) überprüfte den Effekt des Task-Managing-Trainings bei Personen mit und ohne Sturzangst. Dem Modell von Young und Willams (2015) folgend, weisen Personen mit Sturzangst weniger kognitive Ressourcen zur Lösung komplexer Doppelaufgabensituationen auf. Darüber hinaus ist die Studienlage über die Wirkung von körperlichem Training zur Reduktion von Sturzangst sowie zur Verbesserung der körperlichen Voraussetzungen von Stürzern mit Sturzangst bisher gering (Kendrick et al., 2014).

Das entwickelte Task-Managing-Training wurde wie in den beiden vorherigen Studien (Wollesen et al., 2015, 2017a) in einer dritten Studie (Wollesen et al., 2017b) eingesetzt und die Wirkung des Trainings unter Einbezug einer Kontrollgruppe im prä-post-Design überprüft. Zusätzlich zu den bisherigen Messinstrumenten erfasste der SF12 (Bullinger & Kirchberger, 1998) das körperliche und psychische Wohlbefinden der Probanden.

Auch diese Studie konnte die bisherigen Ergebnisse von Wollesen et al. (2015 und 2017a) erneut bestätigen. Das Training führte zu signifikant erhöhten Schrittlängen und Ganglinien unter Einfach- und Doppelaufgabenbedingungen im Vergleich zur Kontrollgruppe.

Die Task-Managing Intervention verbesserte bei Probanden mit und ohne Sturzangst die Gangqualität mit einer Zunahme der Schrittlänge, Ganglinie und vermehrtem Fersenaufsatz zu Beginn des Abrollens der Füße. Insbesondere bei Personen mit Sturzängsten reduzierte sich die Sturzangst einhergehend mit einer Erhöhung des psychischen Wohlbefindens.

Als Limitierung ist ein signifikanter Unterschied der Eingangsbedingungen bei den erfassten Gangparametern festzuhalten. Personen mit erhöhter Angst zu Stürzen wiesen eine größere Schrittweite und geringere Schrittlänge und Ganglinie auf. Dies könnte als generell schlechtere Voraussetzungen für die Gangqualität von sturzängstlichen Personen interpretiert werden.

Hinzu kommt das Problem der durch die Sturzangst möglicherweise in Anspruch genommenen kognitiven Ressourcen bzw. eines Aufmerksamkeitsfokus auf die Angst vor einem Sturz. In diesem Fall muss das Training ggfs. an diese Bedingungen adaptiert und die Sturzangst für sich, mit gesondertem Training, adressiert werden, um die gleichen Erfolge zu erzielen, wie bei Personen ohne Sturzangst.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass die positive Wirkung des entwickelten Task-Managing Doppelaufgabentrainings sowohl in Abgrenzung zum Krafttraining als auch für eine besonders sturzgefährdete Zielgruppe bestätigt werden konnte.

5 Konsequenzen für zukünftige Forschungsprogramme

Die theoretische Aufarbeitung der kognitiv-motorischen Interferenzen unter DT-Bedingungen beim Gehen zeigt auf, dass die Mechanismen für die altersbedingten Einbußen der Gangqualität unter Doppelaufgabenbedingungen trotz der umfangreichen Befundlage und zugehörigen Erklärungsansätzen unklar bleiben. Im Zuge dieser Arbeit konnte jedoch demonstriert werden, dass die kognitiv-motorischen Interferenzen aus verschiedenen Teilaspekten der kognitiven Informationsverarbeitung und Bewegungskontrolle entstehen können:

- (1) durch Probleme der sensorischen Einordnung (insbesondere des Hörens)
- (2) durch die eingeschränkten Fähigkeiten die Aufmerksamkeit zu verschieben
- (3) durch eine Reduktion der Aufmerksamkeitskapazitäten
- (4) durch Limitierungen des motorischen Systems
- (5) durch Probleme mit der Bewegungskontrolle (Exekution)
- (6) durch die Kombination einzelner oder aller dieser Faktoren

Neben diesen Anknüpfungspunkten für die erweiterte Modellbildung zur Erklärung kognitiv-motorischer Interferenzen wurden im Rahmen dieser Arbeit die Sturzangst oder Befürchtung zu Stürzen und bestehende Hörschwierigkeiten als eigenständige Einflussgrößen auf die Entstehung kognitiv-motorischer Interferenzen belegt.

Insgesamt bleibt jedoch unklar, wie die verschiedenen an der Bewältigung von Doppel- oder Mehrfachaufgabensettings beteiligten Subsysteme miteinander interagieren. Auch ist nicht abschließend erfasst, wie die Aufgabenbedingungen und -komplexitäten die Gangqualität als Ergebnis beeinflussen. Die meisten Ergebnisse zu den kognitiv-motorischen

Interferenzen wurden, wie in den hier dargestellten Arbeiten, auf der Beobachtung des Gang- und Balanceverhaltens präsentiert. Zukünftige Studien sollten mit neurophysiologischen Methoden (z. B. EEG, FNIRS) arbeiten, um tiefere Einblicke in die funktionellen Mechanismen verschiedener alltagsrelevanter Task-Settings zu geben.

Die Entwicklung der Trainingsinterventionen zeigte die positiven Wirkungen des Task-Managing-Training auf das Gangverhalten unter Doppelaufgabenbedingungen. Hierbei konnten die Effekte sowohl im Vergleich zu Wartezeitkontrollgruppen als auch im Vergleich zu einem herkömmlichen Krafttraining bestätigt werden. Auch Personen mit Sturzangst profitierten von der Intervention. Aktuelle Studien überprüfen nun die Frage danach, ob sich durch das Programm auch die Anzahl der Stürze reduzieren lässt.

Grundsätzlich lässt sich anhand der Ergebnisse die Forderung stellen, das Task-Managing-Training in den Kanon der Interventionen zur Sturzprävention aufzunehmen, wenn sich die Annahme bestätigt, dass sich durch das Programm Sturzereignisse verringern.

Gleichzeitig sollten zukünftige Forschungsarbeiten die zu trainierenden kognitiven Strategien des Programms weiter ausdifferenzieren. Dies ist notwendig, um langfristig die Transfereffekte in den Alltag zu sichern.

6 Literaturverzeichnis

- Agmon, M., Belza, B., Nguyen, H. Q., Logsdon, R. G., & Kelly, V. E. (2014). A systematic review of interventions conducted in clinical or community settings to improve dual-task postural control in older adults. *Clin Interv Aging, 9*, 477-492.
- Al-Yahya, E., Dawes, H., Smith, L., Dennis, A., Howells, K. & Cockburn, J. (2011). Cognitive motor interference while walking: a systematic review and meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 35* (3), 715-728.
- Allali, G., Ayers, E. I., Holtzer, R., & Verghese, J. (2017). The role of postural instability/gait difficulty and fear of falling in predicting falls in non-demented older adults. *Archives of gerontology and geriatrics, 69*, 15-20.
- Ambrose, A. F., Paul, G., & Hausdorff, J. M. (2013). Risk factors for falls among older adults: a review of the literature. *Maturitas, 75*(1), 51-61.
- Anders, J., Dapp, U., Laub, S., & von Renteln-Kruse, W. (2007). Einfluss von Sturzgefährdung und Sturzangst auf die Mobilität selbstständig lebender, älterer Menschen am Übergang zur Gebrechlichkeit. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie, 40*(4), 255-267.
- Andersson, G., Hagman, J., Talianzadeh, R., Svedberg, A. & Larsen, H. C. (2002). Effect of cognitive load on postural control. *Brain Res Bull, 58* (1), 135–139.
- Ayoubi, F., Launay, C. P., Annweiler, C., & Beauchet, O. (2015). Fear of Falling and Gait Variability in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American Medical Directors Association, 16*(1), 14.
- Baddeley, A. (1996). Exploring the central executive. *Q J Exp Psychol, 49* (1), 5–28.
- Baltes, P. B., & Lindenberger, U. (1997). Emergence of a powerful connection between sensory and cognitive functions across the adult life span: a new window to the study of cognitive aging?. *Psychology and aging, 12*(1), 12.
- Barak, Y., Wagenaar, R. C., & Holt, K. G. (2006). Gait characteristics of elderly people with a history of falls: a dynamic approach. *Physical therapy, 86*(11), 1501-1510.
- Barella, L. A., Etnier, J. L. & Chang, Y. K. (2010). The immediate and delayed effects of an acute bout of exercise on cognitive performance of healthy older adults. *Journal of Aging and Physical Activity, 18* (1), 87-98.
- Barra, J., Bray, A., Sahni, V., Golding, J. F. & Gresty, M. A. (2006). Increasing cognitive load with increasing balance challenge: recipe for catastrophe. *Exp Brain Res, 174* (4), 734–745.

- Beauchet, O., Annweiler, C., Allali, G., Berrut, G., Herrmann, F. R., & Dubost, V. (2008). Recurrent falls and dual task–related decrease in walking speed: Is there a relationship?. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56(7), 1265-1269.
- Becker, C., Lindemann, U., Rissmann, U., Coll, L., für Arbeit, B. S., Sozialordnung, F., ... & Ulm, S. (2006). Mobilitätsverbesserung und Sturzprävention bei zu Hause lebenden hilfs-und pflegebedürftigen Älteren. *Internetressource: Abgerufen am*, 12, 2010.
- Beauchet, O., Annweiler, C., Dubost, V., Allali, G., Kressig, R. W., Bridenbaugh, S., Berrut, G., Assal, F., Herrmann, F. R. (2009). Stops walking when talking: a predictor of falls in older adults? *European Journal of Neurology*, 16 (7), 786-95.
- Berg, W. P., Alessio, H. M., Mills, E. M., & Tong, C. (1997). Circumstances and consequences of falls in independent community-dwelling older adults. *Age and ageing*, 26(4), 261-268.
- Bergland, A., Jarnlo, G. B., & Laake, K. (2003). Predictors of falls in the elderly by location. *Aging clinical and experimental research*, 15(1), 43-50.
- Berryman, N., Bherer, L., Nadeau, S., Lauziere, S., Lehr, L., Bobeuf, F. et al. (2013). Executive functions, physical fitness and mobility in well-functioning older adults. *Experimental Gerontology*, 48 (12), 1402-1409.
- Beurskens, R. & Bock, O. (2012). Age-related deficits of dual-task walking: a review. *Neural Plasticity*. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/131608>.
- Bherer, L., Kramer, A. F., Peterson, M. S., Colcombe, S., Erickson, K. & Bécic, E. (2008). Transfer effects in task-set cost and dual-task cost after dual-task training in older and younger adults: further evidence for cognitive plasticity in attentional control in late adulthood. *Exp Aging Res*, 34 (3), 188–219.
- Bherer, L., Peterson, M. S., Kramer, A. F., Colcombe, S., Erickson, K. & Bécic, E. (2005). Training effects on dual-task performance: are there age-related differences in plasticity of attentional control? *Psychol Aging*, 20 (4), 695–709.
- Bisson, E., Contant, B., Sveistrup, H. & Lajoie, Y. (2007). Functional balance and dual-task reaction times in older adults are improved by virtual reality and biofeedback training. *Cyberpsychol Behav*, 10 (1), 16–23.
- Black, J. E., Isaacs, K. R., Anderson, B. J., Alcantara, A. A. & Greenough, W. T. (1990). Learning causes synaptogenesis, whereas motor activity causes angiogenesis, in cerebellar cortex of adult rats. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 87 (14), 5568-5572.
- Bock O. Dual-task costs while walking increase in old age for some, but not for other tasks: An experimental study of healthy young and elderly persons. *J Neuroeng Rehabil*. 2008;5:27. doi:10.1186/1743-0003-5-27.

- Bopp, K. L., & Verhaeghen, P. (2005). Aging and verbal memory span: A meta-analysis. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 60(5), P223-P233.
- Brach, J. S., Lowry, K., Perera, S., Hornyak, V., Wert, D., Studenski, S. A., & VanSwearingen, J. M. (2015). Improving motor control in walking: a randomized clinical trial in older adults with subclinical walking difficulty. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 96(3), 388-394.
- Brown, L. A., Sleik, R. J., Polych, M. A. & Gage, W. H. (2002). Is the prioritization of postural control altered in conditions of postural threat in younger and older adults? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 57 (12), M785–792.
- Bullinger, M., & Kirchberger, I. (1998). Fragebogen zum Allgemeinen Gesundheitszustand SF12. *Göttingen: Hogrefe*.
- Büchele, G., Becker, C., Cameron, I. D., König, H. H., Robinovitch, S., & Rapp, K. (2014). Predictors of serious consequences of falls in residential aged care: analysis of more than 70,000 falls from residents of Bavarian nursing homes. *Journal of the American Medical Directors Association*, 15(8), 559-563.
- Cadore, E. L., Rodríguez-Mañas, L., Sinclair, A., & Izquierdo, M. (2013). Effects of different exercise interventions on risk of falls, gait ability, and balance in physically frail older adults: a systematic review. *Rejuvenation research*, 16(2), 105-114.
- Cassavaugh, N. D., & Kramer, A. F. (2009). Transfer of computer-based training to simulated driving in older adults. *Applied ergonomics*, 40(5), 943-952.
- Chang, J. T., Morton, S. C., Rubenstein, L. Z., Mojica, W. A., Maglione, M., Suttorp, M. J., ... & Shekelle, P. G. (2004). Interventions for the prevention of falls in older adults: systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. *Bmj*, 328(7441), 680.
- Chang, H. P., Ho, C. Y., & Chou, P. (2009). The factors associated with a self-perceived hearing handicap in elderly people with hearing impairment—results from a community-based study. *Ear and hearing*, 30(5), 576-583.
- Chang, Y. K., Chu, C. H., Wang, C. C., Song, T. F. & Wei, G. X. (2015). Effect of acute exercise and cardiovascular fitness on cognitive function: An event-related cortical desynchronization study. *Psychophysiology*, 52 (3), 342-351.
- Chang, Y. K., Labban, J. D., Gapin, J. I. & Etnier, J. L. (2012). The effects of acute exercise on cognitive performance: A meta-analysis. *Brain Research*, 1453, 87-101.
- Chapman, G. J. & Hollands, M. A. (2007). Evidence that older adult fallers prioritise the planning of future stepping actions over the accurate execution of ongoing steps during complex locomotor tasks. *Gait Posture*, 26 (1), 59–67.

- Chu, Y. H., Tang, P. F., Peng, Y. C. & Chen, H. Y. (2013). Meta-analysis of type and complexity of a secondary task during walking on the prediction of elderly falls. *Geriatrics & Gerontology International*, 13 (2), 289-297.
- Cicerone, K. D., Levin, H., Malec, J., Stuss, D. & Whyte, J. (2006). Cognitive rehabilitation interventions for executive function: Moving from bench to bedside in patients with traumatic brain injury. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18, 1212-1222.
- Colcombe, S. J. & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: A meta-analytic study. *Psychological Science*, 14 (2), 125-130.
- Collin, G., & van den Heuvel, M. P. (2013). The ontogeny of the human connectome: development and dynamic changes of brain connectivity across the life span. *The Neuroscientist*, 19(6), 616-628.
- Cornu, V., Steinmetz, J. P., & Federspiel, C. (2016). Deficits in selective attention alter gait in frail older adults. *GeroPsych*.
- Cotman, C. W., & Engesser-Cesar, C. (2002). Exercise enhances and protects brain function. *Exercise and sport sciences reviews*, 30(2), 75-79.
- David, N., Bewernick, B. H., Cohen, M. X., Newen, A., Lux, S., Fink, G. R., ... & Vogeley, K. (2006). Neural representations of self versus other: visual-spatial perspective taking and agency in a virtual ball-tossing game. *Journal of cognitive neuroscience*, 18(6)
- de Almeida Busch, T., Duarte, Y. A., Nunes, D. P., Lebrão, M. L., Naslavsky, M. S., dos Santos Rodrigues, A., & Amaro, E. (2015). Factors associated with lower gait speed among the elderly living in a developing country: a cross-sectional population-based study. *BMC geriatrics*, 15(1), 35.
- Deandrea, S., Lucenteforte, E., Bravi, F., Foschi, R., La Vecchia, C., & Negri, E. (2010). Risk factors for falls in community-dwelling older people: a systematic review and meta-analysis. *Epidemiology*, 21(5), 658-668.
- Delbaere, K., Close, J. C., Menz, H. B., Cumming, R. G., Cameron, I. D., Sambrook, P. N., ... & Lord, S. R. (2008). Development and validation of fall risk screening tools for use in residential aged care facilities. *Medical journal of Australia*, 189(4), 193.
- Delbaere, K., Close, J. C., Mikolaizak, A. S., Sachdev, P. S., Brodaty, H., & Lord, S. R. (2010). The falls efficacy scale international (FES-I). A comprehensive longitudinal validation study. *Age and ageing*, 39(2), 210-216.
- Delbaere, K., Close, J. C., Brodaty, H., Sachdev, P., & Lord, S. R. (2016). Fall risk and fear of falling in older people: the vigorous, the anxious, the stoic, and the aware. *BMJ-BRITISH MEDICAL JOURNAL*.

- del-Río-Valeiras, M., Gayoso-Diz, P., Santos-Pérez, S., Rossi-Izquierdo, M., Faraldo-García, A., Vaamonde-Sánchez-Andrade, I., ... & Soto-Varela, A. (2016). Is there a relationship between short FES-I test scores and objective assessment of balance in the older people with age-induced instability?. *Archives of gerontology and geriatrics*, 62, 90-96.
- Dias, N., Kempen, G. I., Todd, C. J., Beyer, N., Freiberger, E., Piot-Ziegler, C., ... & Hauer, K. (2006). Die Deutsche Version der Falls Efficacy Scale-International Version (FES-I). *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 39(4), 297-300.
- Dijkstra, K., Kaschak, M. P. & Zwaan, R. A. (2007). Body posture facilitates retrieval of autobiographical memories. *Cognition*, 102 (1), 139–149.
<http://doi.org/10.1016/j.cognition.2005.12.009>
- Dickerson, B. C., & Eichenbaum, H. (2010). The episodic memory system: neurocircuitry and disorders. *Neuropsychopharmacology*, 35(1), 86-104.
- Doi, T., Makizako, H., Shimada, H., Park, H., Tsutsumimoto, K., Uemura, K., & Suzuki, T. (2013). Brain activation during dual-task walking and executive function among older adults with mild cognitive impairment: a fNIRS study. *Aging clinical and experimental research*, 25(5), 539-544.
- Donoghue, O. A., Cronin, H., Savva, G. M., O'Regan, C., & Kenny, R. A. (2013). Effects of fear of falling and activity restriction on normal and dual task walking in community dwelling older adults. *Gait & posture*, 38(1), 120-124.
- Donoghue, O. A., Dooley, C., & Kenny, R. A. (2016). Usual and dual-task walking speed: implications for pedestrians crossing the road. *Journal of aging and health*, 28(5), 850-862.
- Donoghue, O. A., Horgan, N. F., Savva, G. M., Cronin, H., O'regan, C., & Kenny, R. A. (2012). Association between timed Up-and-Go and memory, executive function, and processing speed. *Journal of the American Geriatrics Society*, 60(9), 1681-1686.
- Doumas, M., Rapp, M. A. & Krampe, R. T. (2009). Working memory and postural control: adult age differences in potential for improvement, task priority, and dual tasking. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 64 (2), 193-201.
- El-Khoury, F., Cassou, B., Charles, M. A., & Dargent-Molina, P. (2013). The effect of fall prevention exercise programmes on fall induced injuries in community dwelling older adults: systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *BMj*, 347, f6234.
- Enriquez-Geppert, S., Huster, R. J. & Herrmann, C. S. (2013). Boosting brain functions: improving executive functions with behavioral training, neurostimulation, and neurofeedback. *Int J Psychophysiol*, 88 (1), 1–16.
- Falkenstein, M., & Sommer, S. M. (2008). Altersbegleitende Veränderungen kognitiver und neuronaler Prozesse mit Bedeutung für das Autofahren. *Prof. Dr.-Ing. Bernd H. Müller Forschungsstelle Mensch-Verkehr der Eugen-Otto-Butz-Stiftung*, 1885.

- Faulkner, K. A., Redfern, M. S., Cauley, J. A., Landsittel, D. P., Studenski, S. A., Rosano, C., ... & Newman, A. B. (2007). Multitasking: association between poorer performance and a history of recurrent falls. *Journal of the American Geriatrics Society*, *55*(4), 570-576.
- Forte, R., Boreham, C. A., Leite, J. C., De Vito, G., Brennan, L., Gibney, E. R. et al. (2013). Enhancing cognitive functioning in the elderly: Multicomponent vs resistance training. *Clinical Interventions in Aging*, *8*, 19-27.
- Fritz, Nora E., Fern M. Cheek, and Deborah S. Nichols-Larsen. "Motor-cognitive dual-task training in neurologic disorders: a systematic review." *Journal of neurologic physical therapy: JNPT* *39*, no. 3 (2015): 142.
- Gardner, M. M., Robertson, M. C., & Campbell, A. J. (2000). Exercise in preventing falls and fall related injuries in older people: a review of randomised controlled trials. *British journal of sports medicine*, *34*(1), 7-17.
- Gentsch, A., Weber, A., Synofzik, M., Vosgerau, G. & Schütz-Bosbach, S. (2016). Towards a common framework of grounded action cognition: Relating motor control, perception and cognition. *Cognition*, *146*, 81–89. <http://doi.org/10.1016/j.cognition.2015.09.010>
- Gillespie, L. D., Robertson, M. C., Gillespie, W. J., Lamb, S. E., Gates, S., Cumming, R. G., & Rowe, B. H. (2009). Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev*, *2*(2).
- Giné-Garriga, M., Roqué-Fíguls, M., Coll-Planas, L., Sitjà-Rabert, M., & Salvà, A. (2014). Physical Gardexercise interventions for improving performance-based measures of physical function in community-dwelling, frail older adults: a systematic review and meta-analysis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, *95*(4), 753-769.
- Gobbo, S., Bergamin, M., Sieverdes, J. C., Ermolao, A., & Zaccaria, M. (2014). Effects of exercise on dual-task ability and balance in older adults: a systematic review. *Archives of gerontology and geriatrics*, *58*(2), 177-187.
- Godde, B. & Voelcker-Rehage, C. (2010). More automation and less cognitive control of imagined walking movements in high versus low fit older adults. *Frontiers Neuroscience*, *2* (139).
- Gopinath, B., Hardy, L. L., Baur, L. A., Burlutsky, G., & Mitchell, P. (2012). Physical activity and sedentary behaviors and health-related quality of life in adolescents. *Pediatrics*, peds-2011.
- Gothe, N. P., Fanning, J., Awick, E., Chung, D., Wójcicki, T. R., Olson, E. A., ... & McAuley, E. (2014). Executive function processes predict mobility outcomes in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, *62*(2), 285-290.
- Gopinath, B., McMahon, C. M., Burlutsky, G., & Mitchell, P. (2016). Hearing and vision impairment and the 5-year incidence of falls in older adults. *Age and ageing*, *45*(3), 409-414.
- Göthe, K., Oberauer, K. & Kliegl, R. (2016). Eliminating dual-task costs by minimizing crosstalk

- between tasks: The role of modality and feature pairings. *Cognition*, 150, 92-108.
- Grady, C. L., Maisog, J. M., Horwitz, B., Ungerleider, L. G., Mentis, M. J., Salerno, J. A., ... & Haxby, J. V. (1994). Age-related changes in cortical blood flow activation during visual processing of faces and location. *Journal of Neuroscience*, 14(3), 1450-1462.
- Grady, C., Springer, M., Hongwanishkul, D., McIntosh, A. & Winocur, G. (2006). Age-related changes in brain activity across the adult lifespan. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18 (2), 227-241.
- Guralnik, J.M., Simonsick, E.M., Ferrucci, L., et al. (1994) A short physical performance battery assessing lower extremity function: Association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol*, 49(2), M85-94.
- Guttman, S. E., Gilroy, L. A., & Blake, R. (2005). Hearing what the eyes see: auditory encoding of visual temporal sequences. *Psychological science*, 16(3), 228-235.
- Hall, C. D., Echt, K. V., Wolf, S. L., & Rogers, W. A. (2011). Cognitive and motor mechanisms underlying older adults' ability to divide attention while walking. *Physical therapy*, 91(7), 1039-1050.
- Hasher, L. & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. In G. H. Bower (Hrsg.). *The psychology of learning and motivation*(S. 193-225). San Diego, CA: Academic Press.
- Hausdorff, J. M., Rios, D. A., & Edelberg, H. K. (2001). Gait variability and fall risk in community-living older adults: a 1-year prospective study. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 82(8), 1050-1056.
- Hedden, T., & Gabrieli, J. D. (2004). Insights into the ageing mind: a view from cognitive neuroscience. *Nature reviews neuroscience*, 5(2), 87-96.
- Hedman AM, van Haren NEM, Schnack HG, Kahn RS, Hulshoff Pol HE. Human brain changes across the life span: A review of 56 longitudinal magnetic resonance imaging studies. *Hum Brain Mapp*. 2012;33(8):1987-2002. doi:10.1002/hbm.21334.
- Herman, T., Mirelman, A., Giladi, N., Schweiger, A., & Hausdorff, J. M. (2010). Executive control deficits as a prodrome to falls in healthy older adults: a prospective study linking thinking, walking, and falling. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*, 65(10), 1086-1092.
- Hillman, C. H., Belopolsky, A. V., Snook, E. M., Kramer, A. F. & McAuley, E. (2004). Physical activity and executive control: implications for increased cognitive health during older adulthood. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 75, 176-185.
- Hiyamazu, M., Morioka, S., Shomoto, K. & Shimada, T. (2011). Effects of dual task balance training on dual task performance in elderly people: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*, 26 (1), 58–67.

- Hollman, J. H., Kovash, F. M., Kubik, J. J., & Linbo, R. A. (2007). Age-related differences in spatiotemporal markers of gait stability during dual task walking. *Gait & posture*, *26*(1), 113-119.
- Holtzer, R., Wang, C., Lipton, R., & Verghese, J. (2012). The protective effects of executive functions and episodic memory on gait speed decline in aging defined in the context of cognitive reserve. *Journal of the American Geriatrics Society*, *60*(11), 2093-2098.
- Holtzer, R., Wang, C., & Verghese, J. (2014). Performance variance on walking while talking tasks: theory, findings, and clinical implications. *Age*, *36*(1), 373-381.
- Horlings, C. G. C., Küng, U. M., Honegger, F., Van Engelen, B. G. M., Van Alfen, N., Bloem, B. R., & Allum, J. H. J. (2009). Vestibular and proprioceptive influences on trunk movements during quiet standing. *Neuroscience*, *161*(3), 904-914.
- Horlings, C. G., Van Engelen, B. G., Allum, J. H., & Bloem, B. R. (2008). A weak balance: the contribution of muscle weakness to postural instability and falls. *Nature Clinical Practice Neurology*, *4*(9), 504-515.
- Hull, C. (1943). *Principles of behavior*. New York: Appleton.
- Huxhold, O., Li, S. C., Schmiedek, F. & Lindenberger, U. (2006). Dual-tasking postural control: aging and the effects of cognitive demand in conjunction with focus of attention. *Brain Res Bull*, *69* (3), 294–305.
- Iaboni, A., & Flint, A. J. (2013). The complex interplay of depression and falls in older adults: a clinical review. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, *21*(5), 484-492.
- Iwasaki, S., & Yamasoba, T. (2015). Dizziness and imbalance in the elderly: age-related decline in the vestibular system. *Aging and disease*, *6*(1), 38.
- Júnior, R. C. F., Porto, J. M., Marques, N. R., Magnani, P. E., & de Abreu, D. C. C. (2017). The effects of a simultaneous cognitive or motor task on the kinematics of walking in older fallers and non-fallers. *Human movement science*, *51*, 146-152.
- Kahnemann, D. (1973). *Attention and effort*. Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Kelly, M. E., Loughrey, D., Lawlor, B. A., Robertson, I. H., Walsh, C. & Brennan, S. (2014). The impact of exercise on the cognitive functioning of healthy older adults: A systematic review and meta-analysis. *Ageing Research Reviews*, *16*, 12-31.
- Kendrick, D., Kumar, A., Carpenter, H., Zijlstra, G. A. R., Skelton, D. A., Cook, J. R., ... & Gage, H. (2014). Exercise for reducing fear of falling in older people living in the community. *status and date: New, published in*, (11).
- Kerber, K. A., Ishiyama, G. P., & Baloh, R. W. (2006). A longitudinal study of oculomotor function in normal older people. *Neurobiology of aging*, *27*(9), 1346-1353.

- Kerr, G. K., Worringham, C. J., Cole, M. H., Lacherez, P. F., Wood, J. M., & Silburn, P. A. (2010). Predictors of future falls in Parkinson disease. *Neurology*, *75*(2), 116-124.
- Kramer, A. F., Humphrey, D. G., Larish, J. F., & Logan, G. D. (1994). Aging and inhibition: beyond a unitary view of inhibitory processing in attention. *Psychology and aging*, *9*(4), 491.
- Lacour, M., Bernard-Demanze, L. & Dumitrescu, M. (2008). Posture control, aging, and attention resources: models and posture-analysis methods. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, *38* (6), 411-421.
- Lambourne, K., & Tomporowski, P. (2010). The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance: a meta-regression analysis. *Brain research*, *1341*, 12-24.
- Lajoie, Y., & Gallagher, S. (2004). Predicting falls within the elderly community: comparison of postural sway, reaction time, the Berg balance scale and the Activities-specific Balance Confidence (ABC) scale for comparing fallers and non-fallers. *Archives of gerontology and geriatrics*, *38*(1), 11-26.
- Lavoie, B. A., Cody, F. W. J., & Capaday, C. (1995). Cortical control of human soleus muscle during volitional and postural activities studied using focal magnetic stimulation. *Experimental brain research*, *103*(1), 97-107.
- Li, K. Z., Krampe, R. T. & Bondar, A. (2005). An ecological approach to studying aging and dual-task performance. In R. W. Engle, G. Sedek, U. von Hecker & D. N. McIntosh (Eds.), *Cognitive Limitations in Aging and Psychopathology* (pp. 190-218). Cambridge: Cambridge University Press.
- Li, K. Z., & Lindenberger, U. (2002). Relations between aging sensory/sensorimotor and cognitive functions. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *26*(7), 777-783.
- Li, K. Z., Lindenberger, U., Freund, A. M., & Baltes, P. B. (2001). Walking while memorizing: Age-related differences in compensatory behavior. *Psychological science*, *12*(3), 230-237.
- Li, K. Z., Roudaia, E., Lussier, M., Bherer, L., Leroux, A., McKinley, P. A. (2010) Benefits of cognitive dual-task training on balance performance in healthy older adults. *Journal of Gerontology A: Biological Science Medical science*, *65*,1344–1352.
- Li, L., Simonsick, E. M., Ferrucci, L., & Lin, F. R. (2013). Hearing loss and gait speed among older adults in the United States. *Gait & posture*, *38*(1), 25-29.
- Li, C., Verghese, J., & Holtzer, R. (2014). A comparison of two walking while talking paradigms in aging. *Gait & posture*, *40*(3), 415-419.
- Lin, F. R., & Ferrucci, L. (2012). Hearing loss and falls among older adults in the United States. *Archives of internal medicine*, *172*(4), 369-371.

- Lindenberger, U. (2008). Was ist kognitives Altern? Begriffsbestimmung und Forschungstrends. *Was ist Alter (n)?*, 69-82.
- Lindenberger, U., & Baltes, P. B. (1994). Sensory functioning and intelligence in old age: a strong connection. *Psychology and aging*, 9(3), 339.
- Lindenberger, U., Li, S. C., & Bäckman, L. (2006). Methodological and conceptual advances in the study of brain-behavior dynamics: A multivariate lifespan perspective: Special Issue. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 30 (6).
- Liu-Ambrose, T., Katarynych, L. A., Ashe, M. C., Nagamatsu, L. S. & Hsu, C. L. (2009). Dual-task gait performance among community-dwelling senior women: the role of balance confidence and executive functions. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 64 (9), 975–982.
- Lövdén, M., Li, S. C., Shing, Y. L., & Lindenberger, U. (2007). Within-person trial-to-trial variability precedes and predicts cognitive decline in old and very old age: Longitudinal data from the Berlin Aging Study. *Neuropsychologia*, 45(12), 2827-2838.
- Lord, S. R., Clark, R. D., & Webster, I. W. (1991). Visual acuity and contrast sensitivity in relation to falls in an elderly population. *Age and ageing*, 20(3), 175-181.
- Lord, S., Galna, B., & Rochester, L. (2013). Moving forward on gait measurement: toward a more refined approach. *Movement Disorders*, 28(11), 1534-1543.
- Lord, S. R., Smith, S. T., & Menant, J. C. (2010). Vision and falls in older people: risk factors and intervention strategies. *Clinics in geriatric medicine*, 26(4), 569-581.
- Lundin-Olsson, L., Nyberg, L. & Gustafson, Y. (1997). "Stops walking when talking" as a predictor of falls in elderly people. *Lancet*, 349 (9052), 617.
- MacAulay, R. K., Allaire, T. D., Brouillette, R. M., Foil, H. C., Bruce-Keller, A. J., Han, H., ... & Keller, J. N. (2015). Longitudinal assessment of neuropsychological and temporal/spatial gait characteristics of elderly fallers: taking it all in stride. *Frontiers in aging neuroscience*, 7.
- Maclean, L. M., Brown, L. J., Khadra, H., & Astell, A. J. (2017). Observing prioritization effects on cognition and gait: The effect of increased cognitive load on cognitively healthy older adults' dual-task performance. *Gait & posture*, 53, 139-144.
- Maki, B. E. (1997). Gait changes in older adults: predictors of falls or indicators of fear?. *Journal of the American geriatrics society*, 45(3), 313-320.
- Marengoni, A., Bandinelli, S., Maietti, E., Guralnik, J., Zuliani, G., Ferrucci, L., & Volpato, S. (2017). Combining Gait Speed and Recall Memory to Predict Survival in Late Life: Population-Based Study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 65(3), 614-618.
- Marks, R. (2014). Falls among the elderly and vision: a narrative review. *Open Medicine Journal*, 1(1).

- Martin, K. L., Blizzard, L., Srikanth, V. K., Wood, A., Thomson, R., Sanders, L. M., & Callisaya, M. L. (2013). Cognitive function modifies the effect of physiological function on the risk of multiple falls—a population-based study. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, *68*(9), 1091-1097.
- Maylor, E. A., Allison, S. & Wing, A. M. (2001). Effects of spatial and nonspatial cognitive activity on postural stability. *Brit J Psychol*, *92* (Pt2), 319–338.
- Menant, J. C., Schoene, D., Sarofim, M. & Lord, S. R. (2014). Single and dual task tests of gait speed are equivalent in the prediction of falls in older people: a systematic review and meta-analysis. *Ageing research reviews*, *16*, 83-104.
- Mirelman, A., Herman, T., Brozgol, M., Dorfman, M., Sprecher, E., Schweiger, A., ... & Hausdorff, J. M. (2012). Executive function and falls in older adults: new findings from a five-year prospective study link fall risk to cognition. *PLoS one*, *7*(6), e40297.
- Mirelman, A., Maidan, I., Bernad-Elazari, H., Shustack, S., Giladi, N., & Hausdorff, J. M. (2017). Effects of aging on prefrontal brain activation during challenging walking conditions. *Brain and cognition*, *115*, 41-46.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A. & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: a latent variable analysis. *Cogn Psychol*, *41* (1), 49–100.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & Prisma Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS med*, *6*(7), e1000097.
- Montero-Odasso, M., Bergman, H., Phillips, N. A., Wong, C. H., Sourial, N., & Chertkow, H. (2009). Dual-tasking and gait in people with mild cognitive impairment. The effect of working memory. *BMC geriatrics*, *9*(1), 41.
- Moreau, D., Morrison, A. B. & Conway, A. R. A. (2015). An ecological approach to cognitive enhancement: Complex motor training. *Acta Psychologica*, *157*, 44–55.
<http://doi.org/10.1016/j.actpsy.2015.02.007>
- Moreland, J. D., Richardson, J. A., Goldsmith, C. H., & Clase, C. M. (2004). Muscle weakness and falls in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Geriatrics Society*, *52*(7), 1121-1129.
- Morrison, S., Colberg, S. R., Parson, H. K., Neumann, S., Handel, R., Vinik, E. J., ... & Vinik, A. I. (2016). Walking-induced fatigue leads to increased falls risk in older adults. *Journal of the American Medical Directors Association*, *17*(5), 402-409.
- Muhaidat, J., Kerr, A., Evans, J. J., & Skelton, D. A. (2013). The test–retest reliability of gait-related dual task performance in community-dwelling fallers and non-fallers. *Gait & posture*, *38*(1), 43-50.

- Muir-Hunter, S. W., & Wittwer, J. E. (2016). Dual-task testing to predict falls in community-dwelling older adults: a systematic review. *Physiotherapy, 102*(1), 29-40.
- Nagamatsu, L. S., Voss, M., Neider, M. B., Gaspar, J. G., Handy, T. C., Kramer, A. F., & Liu-Ambrose, T. Y. (2011). Increased cognitive load leads to impaired mobility decisions in seniors at risk for falls. *Psychology and aging, 26*(2), 253.
- Nagel, V. (1997). *Fit und geschickt durch Seniorensport*. Hamburg: Czwalina.
- Neider, M. B., Gaspar, J. G., McCarley, J. S., Crowell, J. A., Kaczmarek, H., & Kramer, A. F. (2011). Walking and talking: dual-task effects on street crossing behavior in older adults. *Psychology and aging, 26*(2), 260.
- Norman, D. A. & Shallice, T. (1986). Attention to Action. Willed and Automatic Control of Behavior. In R. J. Davidson, G. E. Schwartz & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and Self-Regulation* (pp. 1-18). New York: Springer US.
- Okubo, Y., Schoene, D., & Lord, S. R. (2016). Step training improves reaction time, gait and balance and reduces falls in older people: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine, bjsports-2015*.
- Oliver, D., Daly, F., Martin, F. C., & McMurdo, M. E. (2004). Risk factors and risk assessment tools for falls in hospital in-patients: a systematic review. *Age and ageing, 33*(2), 122-130.
- Pashler H. (1994). Dual-task interference in simple tasks: Data and theory. *Psychol Bull, 116*(2), 220-244.
- Pashler, H., Johnston, J. C. & Ruthruff, E. (2001). Attention and performance. *Annu Rev Psychol, 52*, 629–651.
- Perry, J. (2003). *Ganganalyse: Norm und Pathologie des Gehens*. Elsevier, Urban&FischerVerlag.
- Pichierri, G., Wolf, P., Murer, K. & de Bruin, E. D. (2011). Cognitive and cognitive-motor interventions affecting physical function: a systematic review. *BMC Geriatr, 11* (29), 1471–2318.
- Plummer, P., Zukowski, L. A., Giuliani, C., Hall, A. M., & Zurakowski, D. (2015). Effects of physical exercise interventions on gait-related dual-task interference in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Gerontology, 62*(1), 94-117.
- Plummer-D'Amato, P., Brancato, B., Dantowitz, M., Birken, S., Bonke, C., & Furey, E. (2012). Effects of gait and cognitive task difficulty on cognitive-motor interference in aging. *Journal of aging research, 2012*.
- Pociask, F. D., DiZazzo-Miller, R., Goldberg, A., & Adamo, D. E. (2016). Contribution of head position, standing surface, and vision to postural control in community-dwelling older adults. *American journal of occupational therapy, 70*(1), 7001270010p1-7001270010p8.

- Prado, J. M., Stoffregen, T. A. & Duarte, M. (2007). Postural sway during dual tasks in young and elderly adults. *Gerontology*, 53 (5), 274–281.
- Prinz, W. (1997). Perception and action planning. *European Journal of Cognitive Psychology*, 9 (2), 129–154. <http://doi.org/10.1080/713752551>
- Reed-Jones, R. J., Solis, G. R., Lawson, K. A., Loya, A. M., Cude-Islas, D., & Berger, C. S. (2013). Vision and falls: a multidisciplinary review of the contributions of visual impairment to falls among older adults. *Maturitas*, 75(1), 22-28.
- Reelick, M. F., van Iersel, M. B., Kessels, R. P., & Rikkert, M. G. O. (2009). The influence of fear of falling on gait and balance in older people. *Age and ageing*, 38(4), 435-440.
- Riby, L., Perfect, T., & Stollery, B. (2004). The effects of age and task domain on dual task performance: A meta-analysis. *European Journal of Cognitive Psychology*, 16(6), 863-891.
- Riley, M. A., Baker, A. A. & Schmit, J. M. (2003). Inverse relation between postural variability and difficulty of a concurrent short-term memory task. *Brain Res Bull*, 62 (3), 191–195.
- Rochat, S., Büla, C. J., Martin, E., Seematter-Bagnoud, L., Karmaniola, A., Aminian, K., ... & Santos-Eggimann, B. (2010). What is the relationship between fear of falling and gait in well-functioning older persons aged 65 to 70 years?. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 91(6), 879-884.
- Rosano, C., Studenski, S. A., Aizenstein, H. J., Boudreau, R. M., Longstreth, W. T., & Newman, A. B. (2012). Slower gait, slower information processing and smaller prefrontal area in older adults. *Age and ageing*, 41(1), 58-64.
- Rubenstein, L. Z. (2006). Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age and ageing*, 35(suppl 2), ii37-ii41.
- Runge, M. (2008). Stürze im Alter: Schicksal oder Krankheit?. *MMW-Fortschritte der Medizin*, 150(36-37), 49-50.
- Ruscheweyh, R., Willemer, C., Kruger, K., Duning, T., Warnecke, T., Sommer, J. et al.. (2011). Physical activity and memory functions: an interventional study. *Neurobiology of Aging*, 32 (7), 1304–1319.
- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological review*, 103(3), 403.
- Schäfer, S., Huxhold, O., & Lindenberger, U. (2006). Healthy mind in healthy body? A review of sensorimotor–cognitive interdependencies in old age. *European Review of Aging and Physical Activity*, 3(2), 45.

- Schäfer, S. & Schumacher, V. (2011). The interplay between cognitive and motor functioning in healthy older adults: findings from dual-task studies and suggestions for intervention. *Gerontology*, 57 (3), 239–246.
- Schott, N. (2015). Der Trail Walking Test (TWT-D): Entwicklung und Überprüfung der psychometrischen Eigenschaften eines Verfahrens zur motorisch-kognitiven Interferenz bei älteren Erwachsenen. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 48(8), 722-33.
- Scott, D., McLaughlin, P., Nicholson, G. C., Ebeling, P. R., Stuart, A. L., Kay, D., & Sanders, K. M. (2015). Changes in gait performance over several years are associated with recurrent falls status in community-dwelling older women at high risk of fracture. *Age and ageing*, 44(2), 287-293.
- Seidler, R. D., Bernard, J. A., Burutolu, T. B., Fling, B. W., Gordon, M. T., Gwin, J. T., ... & Lipps, D. B. (2010). Motor control and aging: links to age-related brain structural, functional, and biochemical effects. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 34(5), 721-733.
- Sheridan, P. L., Solomont, J., Kowall, N., & Hausdorff, J. M. (2003). Influence of executive function on locomotor function: divided attention increases gait variability in Alzheimer's disease. *Journal of the American Geriatrics Society*, 51(11), 1633-1637.
- Sherrington, C., Whitney, J. C., Lord, S. R., Herbert, R. D., Cumming, R. G., & Close, J. C. (2008). Effective exercise for the prevention of falls: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56(12), 2234-2243.
- Sherrington, C., Tiedemann, A., Fairhall, N., Close, J. C., & 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(4), 78-83.
- Shumway-Cook, A. & Woollacott, M. (2000). Attentional demands and postural control: the effect of sensory context. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 55 (1), 10–16.
- Shumway-Cook, A., Woollacott, M., Kerns, K. A. & Baldwin, M. (1997). The effects of two types of cognitive tasks on postural stability in older adults with and without a history of falls. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 52 (4), M232-40.
- Silsupadol, P., Siu, K. C., Shumway-Cook, A. & Woollacott, M. H. (2006). Training of balance under single- and dual-task conditions in older adults with balance impairment. *Phys Ther*, 86 (2), 269–281.
- Siu, K. C., Lugade, V., Chou, L. S., van Donkelaar, P., & Woollacott, M. H. (2008). Dual-task interference during obstacle clearance in healthy and balance-impaired older adults. *Aging clinical and experimental research*, 20(4), 349-354.
- Smith, E., Cusack, T., & Blake, C. (2016). The effect of a dual task on gait speed in community dwelling older adults: A systematic review and meta-analysis. *Gait & posture*, 44, 250-258.

- Snowden, M., Steinman, L., Mochan, K., Grodstein, F., Prohaska, T. R., Thurman, D. J., ... & Little, D. (2011). Effect of exercise on cognitive performance in community-dwelling older adults: review of intervention trials and recommendations for public health practice and research. *Journal of the American Geriatrics Society*, *59*(4), 704-716.
- Solopova, I. A., Kazennikov, O. V., Deniskina, N. B., Levik, Y. S., & Ivanenko, Y. P. (2003). Postural instability enhances motor responses to transcranial magnetic stimulation in humans. *Neuroscience letters*, *337*(1), 25-28.
- Sosnoff, J. J., & Newell, K. M. (2006). Information processing limitations with aging in the visual scaling of isometric force. *Experimental Brain Research*, *170*(3), 423-432.
- Spiriduso, W. W., Francis, K. L., & MacRae, P. G. (1995). Physical dimensions of aging.
- Springer, S., Giladi, N., Peretz, C., Yogev, G., Simon, E. S., & Hausdorff, J. M. (2006). Dual-tasking effects on gait variability: The role of aging, falls, and executive function. *Movement Disorders*, *21*(7), 950-957.
- Stawski, R. S., Sliwinski, M. J., & Smyth, J. M. (2006). Stress-related cognitive interference predicts cognitive function in old age. *Psychology and aging*, *21*(3), 535.
- Stoffregen, T. A., Hove, P., Bardy, B. G., Riley, M. & Bonnet, C. T. (2007). Postural stabilization of perceptual but not cognitive performance. *J Mot Behav*, *39* (2), 126–138.
- Stoffregen, T. A., Pagulayan, R. J., Bardy, B. G. & Hettinger, L. J. (2000). Modulating postural control to facilitate visual performance. *Hum Movement Sci*, *19* (2), 203–220.
- Stoffregen, T. A., Smart, L. J., Bardy, B. G. & Pagulayan, R. J. (1999). Postural stabilization of looking. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, *25* (6), 1641–1658.
- Strobach, T., Salminen, T., Karbach, J. & Schubert, T. (2014). Practice related optimization and transfer of executive functions: a general review and a specific realization of their mechanisms in dual tasks. *Psychol Res*, *78* (6), 836–851.
- Sturnieks, D. L., St George, R. & Lord, S. R. (2008). Balance disorders in the elderly. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, *38* (6), 467-478.
- Swan, L., Otani, H., Loubert, P. V., Sheffert, S. M. & Dunbar, G. L. (2004). Improving balance by performing a secondary cognitive task. *Brit J Psychol*, *95* (Pt 1), 31–40.
- Taylor, M. E., Delbaere, K., Mikolaizak, A. S., Lord, S. R., & Close, J. C. (2013). Gait parameter risk factors for falls under simple and dual task conditions in cognitively impaired older people. *Gait & posture*, *37*(1), 126-130.
- Teasdale, N., Stelmach, G. E., & Breunig, A. (1991). Postural sway characteristics of the elderly under normal and altered visual and support surface conditions. *Journal of Gerontology*, *46*(6), B238-B244.

- Toebe, M. J., Hoozemans, M. J., Furrer, R., Dekker, J., & van Dieën, J. H. (2015). Associations between measures of gait stability, leg strength and fear of falling. *Gait & posture*, *41*(1), 76-80.
- Topolinski, S. (2010). Sensomotorik – kausaler Mechanismus oder Epiphänomen? *Zeitschrift für Sportpsychologie*, *17*(4), 151–154. <http://doi.org/10.1026/1612-5010/a000026>
- Tsang, P. S. (1998). Age, attention, expertise, and time-sharing performance. *Psychology and aging*, *13*(2), 323.
- Uc, E. Y., Rizzo, M., Anderson, S. W., Qian, S., Rodnitzky, R. L., & Dawson, J. D. (2005). Visual dysfunction in Parkinson disease without dementia. *Neurology*, *65*(12), 1907-1913.
- Uemura, K., Yamada, M., Nagai, K., Tanaka, B., Mori, S., & Ichihashi, N. (2012). Fear of falling is associated with prolonged anticipatory postural adjustment during gait initiation under dual-task conditions in older adults. *Gait & posture*, *35*(2), 282-286.
- Van Iersel, M. B., Kessels, R. P.C., Bloem, B. R., Verbeek, A. L. M. & Olde Rikkert, M. G.M. (2008). Executive functions are associated with gait and balance in community-living elderly people. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, *63* (12), 1344–1349.
- Varnaccia, G., Rommel, A., & Saß, A. C. (2014). Das Unfallgeschehen bei Erwachsenen in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz*, *57*(6), 604-612.
- Venema, D. M., Bartels, E., & Siu, K. C. (2013). Tasks matter: a cross-sectional study of the relationship of cognition and dual-task performance in older adults. *Journal of geriatric physical therapy*, *36*(3), 115-122.
- Verdú, E., Ceballos, D., Vilches, J. J., & Navarro, X. (2000). Influence of aging on peripheral nerve function and regeneration. *Journal of the Peripheral Nervous System*, *5*(4), 191-208.
- Verghe, J., Wang, C., Ayers, E., Izzetoglu, M., & Holtzer, R. (2017). Brain activation in high-functioning older adults and falls Prospective cohort study. *Neurology*, *88*(2), 191-197.
- Verghe, J., Holtzer, R., Lipton, R. B., & Wang, C. (2009). Quantitative gait markers and incident fall risk in older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, *64*(8), 896-901.
- Verhaeghen, P. & Cerella, J. (2002). Aging, executive control, and attention: a review of meta-analyses. *Neurosci Biobehav Rev*, *26* (7), 849–857.
- Viljanen, A., Kaprio, J., Pyykkö, I., Sorri, M., Pajala, S., Kauppinen, M., ... & Rantanen, T. (2009). Hearing as a predictor of falls and postural balance in older female twins. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*, *64*(2), 312-317.

- Vuillerme, N. & Nafati, G. (2007). How attentional focus on body sway affects postural control during quiet standing. *Psychol Res*, 71 (2), 192–200.
- Wasylyshyn, C., Verhaeghen, P. & Sliwinski, M. J. (2011). Aging and task switching: a meta-analysis. *Psychology and aging*, 26 (1), 15.
- Watson, N. L., Rosano, C., Boudreau, R. M., Simonsick, E. M., Ferrucci, L., Sutton-Tyrrell, K., ... & Harris, T. B. (2010). Executive function, memory, and gait speed decline in well-functioning older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 65(10), 1093-1100.
- Welford, A. T. (1967). Single-channel operation in the brain. *Acta psychologica*, 27, 5-22.
- West, R. & Alain, C. (2000). Age-related decline in inhibitory control contributes to the increased Stroop effect observed in older adults. *Psychophysiology*, 37 (2), 179–189.
- World Health Organization (WHO). (2017, Februar). Deafness and hearing loss. Abgerufen von <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs300/en/>
- Wickens, C. D. (2002). Multiple resources and performance prediction. *Theoretical issues in ergonomics science*, 3 (2), 159-177.
- Wingfield, A., Tun, P. A., & McCoy, S. L. (2005). Hearing loss in older adulthood: What it is and how it interacts with cognitive performance. *Current directions in psychological science*, 14(3), 144-148.
- Wollesen, B., Köhler, B., & Mattes, K. (2016). Influence of Fear of Falling and Multiple Falls Risks on Gait Performance under Single and Dual-Task Conditions. *Gerontol Geriatr Res*, 2(4), 1021.
- Wollesen, B., Mattes, K., & Rönnfeldt, J. (2017). Influence of age, gender and test conditions on the reproducibility of dual-task walking performance. *Aging clinical and experimental research*, 29(4), 761-769.
- Wollesen, B., Scrivener, K., Soles, K., Billy, Y., Leung, A., Martin, F., ... & Dean, C. (2017a). Dual-Task Walking Performance in Older Persons With Hearing Impairment: Implications for Interventions From a Preliminary Observational Study. *Ear and hearing*.
- Wollesen, B., Mattes, K., Schulz, S., Bischoff, L. L., Seydell, L., Bell, J. W., & von Duvillard, S. P. (2017b). Effects of Dual-Task Management and Resistance Training on Gait Performance in Older Individuals: A Randomized Controlled Trial. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 9, 415.
- Wollesen, B., Schulz, S., Seydell, L., & Delbaere, K. (2017c). Does dual task training improve walking performance of older adults with concern of falling?. *BMC geriatrics*, 17(1), 213.
- Wollesen, B. & Voelcker-Rehage, C. (2013). Training effects on motor-cognitive dual-task performance in older adults. *Eur Rev Aging Phys Act*, 11 (1), 5-24.

- Wollesen, B., Voelcker-Rehage, C., Regenbrecht, T., & Mattes, K. (2016). Influence of a visual-verbal Stroop test on standing and walking performance of older adults. *Neuroscience*, *318*, 166-177.
- Wollesen, B., Voelcker-Rehage, C., Willer, J., Zech, A. & Mattes, K. (2015). Feasibility study of dual-task-managing training to improve gait performance of older adults. *Aging Clin Exp Res*, *27* (4), 447-55.
- Woollacott, M. & Shumway-Cook, A. (2002). Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait Posture*, *16* (1), 1-14.
- Woollacott, M. H. & Tang, P. F. (1997). Balance control during walking in the older adult: research and its implications. *Phys Ther*, *77* (6), 646-660.
- Wulf, G., Mercer, J., McNevin, N. & Guadagnoli, M. A. (2004). Reciprocal influences of attentional focus on postural and suprapostural task performance. *J Mot Behav*, *36* (2), 189-199.
- Yardley, L., Beyer, N., Hauer, K., Kempen, G., Piot-Ziegler, C., & Todd, C. (2005). Development and initial validation of the Falls Efficacy Scale-International (FES-I). *Age and ageing*, *34*(6), 614-619.
- Yogev-Seligmann, G., Hausdorff, J. M. & Giladi, N. (2008). The role of executive function and attention in gait. *Movement disorders*, *23* (3), 329-342.
- Yogev-Seligmann, G., Hausdorff, J. M. & Giladi, N. (2012). Do we always prioritize balance when walking? Towards an integrated model of task prioritization. *Mov Disord*, *27* (6), 765-770.
- Yogev-Seligmann, G., Rotem-Galili, Y., Mirelman, A., Dickstein, R., Giladi, N. & Hausdorff, J. M. (2010). How does explicit prioritization alter walking during dual-task performance? Effects of age and sex on gait speed and variability. *Phys Ther*, *90* (2), 177-186.
- Young, W. R., & Williams, A. M. (2015). How fear of falling can increase fall-risk in older adults: Applying psychological theory to practical observations. *Gait & posture*, *41*(1), 7-12.
- Zijlstra, G. A. R., Van Haastregt, J. C. M., Van Eijk, J. T. M., van Rossum, E., Stalenhoef, P. A., & Kempen, G. I. (2007). Prevalence and correlates of fear of falling, and associated avoidance of activity in the general population of community-living older people. *Age and ageing*, *36*(3), 304-309. *Age and ageing*, *36*(3), 304-309.

Danksagung

“Science means constantly walking a tightrope between blind faith and curiosity; between expertise and creativity; between bias and openness; between experience and epiphany; between ambition and passion; and between arrogance and conviction - in short, between an old today and a new tomorrow.”

Heinrich Rohrer

An dieser Stelle möchte ich mich zunächst bei meiner großartigen Familie bedanken, die viele Wochenenden auf mich verzichtet und mir immer den Rücken freigehalten hat, damit diese Arbeit entstehen konnte.

Ein besonderer Dank geht an Prof. Dr. Klaus Mattes, der nicht müde wurde mich bei der Entwicklung der Fragestellungen zu unterstützen, sowie stetig die Methodik mit mir zu hinterfragen und zu verbessern.

Weiterhin danke ich Prof. Dr. Nadja Schott für die zahlreichen strukturellen Hinweise mit denen ich die Qualität meiner Arbeiten verbessern konnte.

Im höchsten Maße dankbar bin ich Prof. Dr. Claudia Voelcker-Rehage. Neben den zahlreichen fachlichen Diskussionen konnte ich mit ihrer Unterstützung immer wieder Mut und Motivation finden, meine Forschungsarbeit stetig auf ein höheres Niveau zu bringen und die Habilitationsschrift in dieser Form anzufertigen.

Dank gilt auch Volker Nagel, der meinen Blick für die Alltagsorientierung von Seniorensportprogrammen geschärft und die organisatorischen Rahmenbedingungen für einen Teil der Studien geschaffen hat.

Ich danke auch allen fleißigen Hilfskräften und Mitarbeiter_innen, ohne die die Umsetzung der Studien nicht möglich gewesen wäre.

Hamburg, 14.01.2018

Dr. Bettina Wollesen

Anhang 1: Abstracts der publizierten Studien

Studie 1

Wollesen, B., Mattes, K., & Rönnefeldt, J. (2017). Influence of age, gender and test conditions on the reproducibility of dual-task walking performance. *Aging clinical and experimental research*, 29(4), 761-769.

Abstract

Background: The review of methodological problems (confounding factors) of gait analysis in intervention studies with seniors is underrepresented. Aim: This study focusses on two common problems of gait analysis under single-task (ST) and dual-task (DT) conditions (visual-verbal Stroop-test): (1) reproducibility of walking variables and (2) the effects of gait velocity, gender and age on peak plantar pressure to identify confounding effects on relevant outcome parameters. Methods: The participants (N = 86, 71.9 ± 4.6 years) were divided into a (1) reproducibility (n = 28) and an (2) outcome parameter group (n = 58). Gait kinematics (step length; cadence) and kinetics (peak plantar pressure under heel, midfoot and forefoot) were analyzed walking barefoot on a treadmill (100 Hz) at self-selected speed for the reproducibility and at two different speeds (v = 3.5; 4.5 km/h) for outcome parameters. ICC analysis combined with the repeatability coefficient and SEM calculation, an ANOVA with repeated measurements and determination of effect sizes (η^2) as well as a partial correlation analyses with body mass were done. Results: The reproducibility of the walking variables under ST and DT conditions was excellent with ICC values of .67 to .99. The SEM and CR results as presented in Table 2 support these findings for some of the parameters. Discussion: Plantar pressure values were influenced by gait velocity but less by age and gender. For DT walking the differences between preferred and fixed gait speed have to be controlled to assign the DT effects. Conclusion Effects of intervention studies should be carefully interpreted regarding the absolute reproducibility.

Studie 2

Wollesen, B., Voelcker-Rehage, C., Regenbrecht, T., & Mattes, K. (2016). Influence of a visual-verbal Stroop-test on standing and walking performance of older adults. *Neuroscience*, 318, 166-177.

Abstract

The dual task (DT) paradigm has been used to investigate decrements in balance performance while walking and standing in fall prevention studies with older adults. However, there are inconsistent findings whether balance performance decreases or increases in DT situations. Following different theoretical models (e.g. limited resource hypothesis or cross domain competition model), these inconsistent findings can be explained by task settings and task complexity. We compared DT performance in an executive control task (Stroop-test) while standing and walking to analyze which theoretical model would fit our data best. Twenty-eight persons (> 65 years) were examined under single task (ST) and DT conditions for standing (sway length and sway velocity) and walking (step length, step width, peak forces of the heel, mid- and forefoot).

Studie 3

Wollesen, B., Köhler, B., & Mattes, K. (2016). Influence of Fear of Falling and Multiple Falls Risks on Gait Performance under Single and Dual-Task Conditions. *Gerontol Geriatr Res*, 2(4), 1021.

Abstract

Fear of Falling (FOF), Balance Declines (BD) and Multiple Falls Risks (MFR) influence gait performance in older adults. This study evaluates if and how these factors affect gait variables under Single-Task (ST) and Dual-Task (DT) conditions. A total of 223 participants of females (n=160) and males (n=63) were examined in (a) ST cognitive performance: visual-verbal Stroop-test, (b) ST: walking, and (c) DT: walking + Stroop-test. The FES-I, self-reported fall risks and SPPB were used to analyze influence factors on gait on a Zebris treadmill (FDM-T) with F-tests (SPSS 22).

ST and DT walking analyzing MFR led to different Peak Forces (PF) of the forefoot (F=4.92; p= .028). BD influenced the gait-line (left: F=3.81; p=0.05; right: F=5.44; p=0.012) and accompanying PF from ST to DT. Additionally, they increased step width (F=6.25; p=0.013), decreased step length and PF for the forefoot. FOF increased step width (F=5.27; p=0.023), reduced step length (left: F=21.80; p< .001; right: F=22.23; p< .001) reduced gait-line (left: F=14.18; p<0.001; right: F=15.83; p<0.001) and decreased PF in the midfoot and heel. Differences from ST to DT were found for step width and step length.

Overall, FOF and balance declines led to reduced walking quality under ST and DT conditions. However, one has to assume that the DT effect might be independent from the evaluated factors since there was no interaction effect.

The data indicates that FOF might have the most impact on gait performance whereas self-reported fall risks do not. It has to be discussed whether self-reported functional declines is accurate in determining an individual's falls risk. Future studies should further investigate on the use of the SPPB and the FES-I as tools to identify reduced stability in ST and DT walking.

Keywords: Fear of falling; Multiple fall risks; Gait kinematics; Dual task walking

Studie 4

Wollesen, B., Scrivener, K., Soles, K., Billy, Y., Leung, A., Martin, F., ... & Dean, C. (2017). Dual-Task Walking Performance in Older Persons With Hearing Impairment: Implications for Interventions From a Preliminary Observational Study. *Ear and hearing*.

Abstract

Objectives: Adults with "hearing loss" have an increased falls risks. There may be an association between hearing impairment and walking performance under dual-task (DT) and triple-task (TT) conditions. The aim of this study was to identify DT and TT effects on walking speed, step length, and cadence in adults with hearing impairment, previous falls, and physical limitations. Design: The observational study included 73 community-dwelling older people seeking audiology services. Data were collected on sociodemographic

characteristics, previous falls, fear of falling, physical limitations, and walking performance under three task conditions. Differences between the task conditions (single task [ST], DT, and TT) and the hearing groups were analyzed with a two-way ANOVA with repeated measures. The influence of fall risks and limited physical functioning on walking under ST, DT, and TT conditions was analyzed with ANOVAs, with ST, DT, and TT performance as repeated measurement factor (i.e., walking speed, step length and Cadence \times Previous falls, or short physical performance battery $<12 \times$ Hearing Groups). Results: Walking speed was reduced accompanied by decreased step length and increased cadence in people with more severe hearing loss. Larger negative effects on DT and TT walking were found with increasing hearing loss (speed and cadence decreased with higher DT costs). Highest DT costs were found for the walking-manual conditions. These results were accompanied by small effects of older age and more comorbidities. Conclusions: This first screening data of walking performance under different conditions for people with hearing loss warrants the need for development and investigation of training interventions to improve walking abilities. DT training may be beneficial to enhance motor and cognitive flexibility and to reduce fall risks.

Studie 5

Wollesen, B., & Voelcker-Rehage, C. (2014). Training effects on motor–cognitive dual-task performance in older adults. *European Review of Aging and Physical Activity*, 11(1), 5.

Abstract

This systematic review investigated whether healthy older adults benefit from training interventions in motor–cognitive dual-task (DT) situations and which specific aspects of the intervention and/or task selection contribute to training benefits. Training effects were analysed with regard to the training programme (e.g., general ST or DT training) and task conditions (e.g., standing or walking, complexity of secondary cognitive task). Literature was searched via OVIDsp (Medline, EMBASE, PsycINFO). DT studies were included by the following criteria: (1) investigation of at least one motor task, (2) assessment of DT performance outcomes on standing or walking, (3) conduction of an intervention, and (4) investigation of older adults in an experimental–control group design or an old–young comparison. Thirteen studies met all inclusion criteria. Four types of interventions were identified: (1) general single-task (ST) motor training, (2) specific ST motor training, (3) general DT training, and (4) task-related (specific) DT training. For DT standing conditions only DT interventions improved motor performance, whereas DT walking also benefits by ST training. Most benefits on motor and cognitive performance seem to be reached by DT training interventions whereas a GST produced lowest effects. Thus, balance orientated motor and cognitive DT performance in healthy older adults can be improved by performance related exercises. Furthermore, to reach beneficial effects, it seems necessary that the training intervention includes a certain level of exercise load such as rising difficulties, appropriate intensity and duration, a certain level of task specificity, and variable task prioritization. The transfer of training effects into everyday situations needs to be further investigated.

Studie 6

Wollesen, B., Voelcker-Rehage, C., Willer, J., Zech, A., & Mattes, K. (2015). Feasibility study of dual-task-managing training to improve gait performance of older adults. *Aging clinical and experimental research*, 27(4), 447-455.

Abstract

Introduction: Dual task (DT) training is becoming prominent in fall prevention. However, DT training should include task-managing strategies like task switching or task prioritization to be beneficial to improve gait performance under DT conditions. The aim of this pilot study was to evaluate the effect of a task managing training on gait stability. **Methods:** A DT training (12 sessions; 60 min each; 12 weeks) was compared to a non-training control group within a RCT (38 independent living participants; 72.7 ± 4.7 years). Single Task (ST) and DT walking (visual verbal Stroop task) were measured on a treadmill (FDM-T, 3.5 km/h, 100 HZ). Gait parameters like step length, step width, gait line, maximum forces and gait variability were compared. **Results:** The training group improved their gait performance under ST and DT conditions as revealed by significant group \times time interaction effects. **Discussion and conclusions:** The training successfully improved gait performance and therefore might be a promising approach to prevent falls. Additional fall prevention studies should focus on motor-cognitive performance and reinforce outcomes of task managing strategies.

Studie 7

Wollesen, B., Mattes, K., Schulz, S., Bischoff, L. L., Seydell, L., Bell, J. W., & von Duvillard, S. P. (2017). Effects of Dual-Task Management and Resistance Training on Gait Performance in Older Individuals: A Randomized Controlled Trial. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 9, 415.

Abstract

Background Dual Task (DT) training is a well-accepted modality for fall prevention in older adults. DT training should include task-managing strategies such as task switching or task prioritization to improve gait performance under DT conditions. **Methods** We conducted a randomized controlled trial to evaluate a balance and task managing training (BDT group) in gait performance compared to a single task (ST) strength and resistance training and a control group (CG), which received no training. A total of 78 older individuals (72.0 ± 4.9 yrs) participated in this study. The DT group performed task managing training incorporating balance and coordination tasks while the ST group performed resistance training only. Training consisted of 12 weekly sessions, 60 min each, for 12 weeks. We assessed the effects of ST and BDT training on walking performance under ST and DT conditions in independent living elderly adults. ST and DT walking (visual-verbal Stroop task) were measured utilizing a treadmill at self-selected walking speed (mean for all groups: 4.4 ± 1 km.h⁻¹). Specific gait variables, cognitive performance, and fear of falling were compared between all groups. **Results** Training improved gait performance for step length ($p < 0.001$) and gait-line (ST: $p < 0.01$; DT $p < 0.05$) in both training groups. The BDT training group showed greater improvements in step length ($p < 0.001$) and gait-line ($p < 0.01$) during DT walking but did not

have changes in cognitive performance. Both interventions reduced fear of falling ($p < 0.05$).
Conclusions Implementation of task management strategies into balance and strength training in our population revealed a promising modality to prevent falls in older individuals. Trial registration: German register of clinical trials DRKS00012382

Studie 8

Wollesen, B., Schulz, S., Seydell, L., & Delbaere, K. (2017). Does dual task training improve walking performance of older adults with concern of falling?. *BMC geriatrics*, 17(1), 213.

Abstract

Background: Older adults with concerns of falling show decrements of gait stability under single (ST) and dual task (DT) conditions. To compare the effects of a DT training integrating task managing strategies for independent living older adults with and without concern about falling (CoF) to a non-training control group on walking performance under ST and DT conditions. Methods: Single center parallel group single blind randomized controlled trial with group-based interventions (DT-managing balance training) compared to a control group (Ninety-five independent living older adults; 71.5 ± 5.2 years). A progressive DT training (12 sessions; 60 min each; 12 weeks) including task-managing strategies was compared to a non-training control group. Setting: group based intervention for independent living elderly in a gym. ST and DT walking (visual verbal Stroop task) were measured on a treadmill. Gait parameters (step length, step width, and gait line) and cognitive performance while walking were compared with a 2x2x2 Repeated Measures Analyses of Variance. Results: Participants in the intervention group showed an increased step length under ST and DT conditions following the intervention, for both people with and without CoF compared to their respective control groups. Foot rolling movement and cognitive performance while walking however only improved in participants without CoF. Conclusions: The results showed that DT managing training can improve walking performance under ST and DT conditions in people with and without CoF. Additional treatment to directly address CoF, such as cognitive behavioural therapy, should be considered to further improve the cautious gait pattern (as evidenced by reduced foot rolling movements). Trial registration: German Clinical Trials Register DRKS00012382

Anhang 2: Volltexte der publizierten Artikel

Anhang 3 Publikationsverzeichnis

Titel	IF
2018	
Mattes, K., Wollesen, B., & Manzer, S. (2018). Asymmetries of Maximum Trunk, Hand, and Leg Strength in Comparison to Volleyball and Fitness Athletes. <i>The Journal of Strength & Conditioning Research</i> , 32(1), 57-65.	2.060
2017	
Wollesen, B., Lorf, S., Bischoff, L. & Menzel, J.: Teilnahmemotivation von Männern an bewegungsorientierten Präventionsangeboten / Motivation of men to participate in physical activity programs for health promotion. <i>Das Gesundheitswesen</i> DOI: 10.1055/s-0043-119077	0.741
Wollesen, B., Scrivener, K., Soles, K., Billy, Y., Leung, A., Martin, F., ... & Dean, C. (2017). Dual-Task Walking Performance in Older Persons With Hearing Impairment: Implications for Interventions From a Preliminary Observational Study. <i>Ear and hearing</i> . DOI: 10.1097/AUD.0000000000000489).	2.842
Wollesen, B., Mattes, K., Schulz, S., Bischoff, L. L., Seydell, L., Bell, J. W., & von Duvillard, S. P. (2017). Effects of Dual-Task Management and Resistance Training on Gait Performance in Older Individuals: A Randomized Controlled Trial. <i>Frontiers in Aging Neuroscience</i> , 9, 415.	4.504
Wollesen, B., Schulz, S., Seydell, L., & Delbaere, K. (2017). Does dual task training improve walking performance of older adults with concern of falling?. <i>BMC geriatrics</i> , 17(1), 213.DOI: 10.1186/s12877-017-0610-5)	2.611
2016	
Argubi-Wollesen, A., Wollesen, B., Leitner, M., & Mattes, K. (2016). Human Body Mechanics of Pushing and Pulling: Analyzing the Factors of Task-related Strain on the Musculoskeletal System. <i>Safety and Health at Work</i>	1.8
Wollesen, B., Mattes, K., & Rönfeldt, J. (2016). Influence of age, gender and test conditions on the reproducibility of Dual-Task walking performance. <i>Aging Clinical and Experimental Research</i> , 1-9	1.394
Wollesen, B., Köhler, B., & Mattes, K. (2016). Influence of fear of falling and multiple falls risks on gait performance under single and dual task conditions. <i>Gerontology & Geriatrics: Reseach2</i> (4): 1-6	0.64
Wollesen, B., Voelcker-Rehage, C., Regenbrecht, T., & Mattes, K. (2016). Influence of a visual-verbal Stroop test on standing and walking performance of older adults. <i>Neuroscience</i> , 318, 166-77	3.3
Wollesen, B., Menzel, J., Drögemüller, R., Hartwig, C., & Mattes, K. (2016). The effects of a workplace health promotion program in small and middle-sized companies: a pre-post analysis. <i>Journal of Public Health</i> , 1-11	0.77
2015	
Wollesen, B., Voelcker-Rehage, C., Willer, J., Zech, A., & Mattes, K. (2015). Feasibility study of dual-task-managing training to improve gait performance of older adults. <i>Aging clinical and experimental research</i> , 27 (4), 447-455.	1.394
Wollesen, B., Bischof, L., Dahlke, B., Stehr, G. & Nießen, J. (2015). Auswirkungen der Armut auf die Gesundheit von Senioren im Bezirk Altona. Zentrale Ergebnisse des 2. Altonaer Gesundheits-berichts. <i>Das Gesundheitswesen</i> . DOI: 10.1055/s-0035-1555947	0.741
Menzel, J., Wollesen, B., Fendel, R. & Mattes, K. (2015). Erfolgsfaktoren zur Umsetzung betrieblicher Gesundheitsförderung in KMU - Ein Vergleich zwischen Deutschland und den Niederlanden. <i>Gruppendynamik & Organisationsberatung</i> . DOI 10.1007/s11612-015-0287-1	0.32
2014	
Wollesen, B., & Voelcker-Rehage, C. (2014). Training effects on motor-cognitive dual-task performance in older adults. <i>European Review of Aging and Physical Activity</i> , 1-20	2.154
2012	
Wollesen, B., Lex, H. & Mattes, K. (2012). BASE als Konzept zur Veränderung des Bewegungs-verhaltens bei Hebe- und Tragevorgängen in der betrieblichen Gesundheitsförderung. <i>Gruppendynamik & Organisationsberatung</i> , 43 (4), 389-411 .	0.32

Publikationen in peer reviewed Journals ohne Impact-Factor

Titel
2017
Wollesen, B., Argubi-Wollesen, A., Leitner, M., Schulz, S., & Keuchel, M. (2017). Development and Testing of an Ergonomic Handle and Wheel Design for Industrial Transport Carts. <i>Glob Environ Health Saf</i> , 1(2), 9.
2016
Menzel, J., Fendel, R., Hartwig, C. & Wollesen, B. (2016). Innerbetriebliche Strukturen für BGF in KMU – Ein Ländervergleich aus Querschnittsdaten des EU-Projekts „Fit for Business“ (Teil 2). <i>Bewegungs-therapie & Gesundheitssport</i> 32, 3, 85-90.
Wollesen, B., Menzel, J., Lex, H., & Mattes, K. (2016). The BASE-Program—A Multidimensional Approach for Health Promotion in Companies. In: <i>Healthcare</i> , Vol. 4, No. 4, p. 91. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (open access).
Wollesen, B. & Büsch, B. (2016). Betriebliche Gesundheitsförderung: Das BASE-Programm an der Universität Hamburg. <i>adh</i> (2), S. 18-22
Wollesen, B., Menzel, J., Fendel, R., Hartwig, C. & Mattes, K. (2016). Präventionsbedarf in der BGF von KMU – Querschnittsdaten des EU-Projekts „Fit for Business“ (Teil 1). <i>Bewegungstherapie & Gesundheits-sport</i> 32, 3, 80-84.
2011
Piper, J., Wollesen, B. & Mattes, K. (2011). Entwicklung eines mobilen Rücken-Screenings für Personen an Büro- und Bildschirmarbeitsplätzen zum Einsatz in der Betrieblichen Gesundheitsförderung. <i>Prävention und Rehabilitation</i> , 23 (4), 173–184.

Sammelbände und Beiträge in Sammelbänden

Titel
2017
Wollesen, B., Wittig, F. & Mattes, K.: Unterschiede zwischen Frauen und Männern in der Teilnahmemotivation für Präventionskurse mit Bewegung. Im Druck für DVS Tagungsband „Bewegung, Raum und Gesundheit“
Wollesen, B., Nadja Schott, N.: Doppelaufgaben und Doppelaufgaben Training. Im Druck für: Handbuch „Bewegungs- und Sportgerontologie“
Schott, N. & Wollesen, B.: Motorik und Kognition in Therapie und Pflege. Im Druck für: Handbuch „Bewegungs- und Sportgerontologie“
Schott, N. & Wollesen, B.: Koordinations- und Fertigkeitstraining - Transfer in Therapie und Pflege. Im Druck für: Handbuch „Bewegungs- und Sportgerontologie“
2016
Wollesen, B., Bischoff, L.L., Rönnfeldt, J. & K. Mattes (2016). Bedeutung von Aufmerksamkeits-theorien für die Bewegungskoordination und resultierende Gestaltungskonsequenzen -Mensch-Maschine Interaktion. <i>Zweite transdisziplinäre Konferenz zum Thema „Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen“</i> S. 1-12 ISBN: 978-3-86818-089-3
Sankowski, O., Wollesen, B., Köhler, B., Krause, D., Mattes, K. (2016): Avoiding Fall Related Injuries in Older Adults – An Interdisciplinary Design Approach. Proceedings of NordDesign 2016, the 11 th NordDesign conference, Norwegian University of Science and Technology, Norway, 10-12.08.2016.
2015
Büsch, B., Wollesen, B. & Mattes, K. (2015). Das BASE-Programm – ein Praxisbeispiel zur betrieblichen Gesundheitsförderung (BGF) an der Universität Hamburg (im Druck: Sammelband „Bewegungsorientierte Gesundheitsförderung an Hochschulen. Theoretische Perspektiven, empirische Befunde und Praxisbeispiele“ (Periodika-Verlag).
Guedes, N. & Wollesen, B. (2015). Gesundheitliche Belastungen, Gesundheitskonzepte und Umsetzungs-hindernisse in der Gesundheitsförderung von Studierenden (im Druck: Sammelband „Bewegungsorientierte Gesundheitsförderung an Hochschulen. Theoretische Perspektiven, empirische Befunde und Praxisbeispiele“ (Periodika-Verlag).

Sankowski, O, Wollesen, B. & Krause, D. (2015). Ein methodischer Ansatz für die Entwicklung angepasster und altersgerechter Produkte am Beispiel einer Aufstehhilfe. In: <i>Erste Transdisziplinäre Konferenz zum Thema „Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen</i> . Hamburg, Deutschland, 15.-16. Dezember 2014, S. 66-77. ISBN 978-3-86818-073-2.
Wollesen, B., Guedes, N., Rahlf. L. & Mattes, K. (2015). Alltagsbelastungen und Wünsche zur Gesundheitsförderung von Studierenden. In A. Göring & D. Möllenbeck (Hrsg.). <i>Bewegungsorientierte Gesundheitsförderung an Hochschulen. Theoretische Perspektiven, empirische Befunde und Praxisbeispiele</i> (S. 21-36), Universitätsverlag Göttingen.
Wollesen, B., Leitner, M., Argubi-Wollesen, A. & Mattes, K. (2015). Biomechanische Untersuchungen zum Einfluss von Griffkonfigurationen und Wagenmasse beim Bewegen von Transportwagen. In: A. Arampatzis, F. Mersmann, S. Bohm & R. Mazilger (Hrsg.). <i>Active Health: Bewegung ist gesund</i> . (S. 134-140), Hamburg: Feldhaus-Verlag.
Mattes, K. & Wollesen, B. (2010). Bewegung und Leistungssport, Gesundheit & Alter, Abstract-Band zum 8. Gemeinsamen Symposium der dvs-Sektionen Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft, Feldhaus Verlag Edition Czwalina, Bd. 204.
Wollesen, B. (2008). BASE als Konzept zur betrieblichen Gesundheitsförderung bei Tätigkeiten mit häufigen manuellen Lastenhandhabungen In: M. Knoll & A. Woll (Hrsg.), <i>Sport und Gesundheit in der Lebensspanne</i> . Hamburg: Czwalina-Verlag. S. 314-318.

Abstracts

Titel
2017
Spreckels, C., Wollesen, B.: Keen on sport and poor in movement European Conference of Sport Science (ECSS; Bochum)
Otto, A.-K., Gabriel, L., Wollesen, B.: Requirements for exercises in primary prevention for stationary nursing and geriatric nursing. European Conference of Sport Science (ECSS; Bochum)
Wollesen, B., Köhler, B., Povoci, N., Mattes, K.: Influence of fear of falling and physical limitations on gait performance under single and dual task conditions. European Conference of Sport Science (ECSS; Bochum)
Wollesen, B., Bischoff, L.L. & Kutasow, A. : Bedingungsanalyse zur Entwicklung eines BGM-Konzepts im Rettungswesen. <i>Conference: Heilberufe Science</i> , At Dresden, Volume: 8, DOI: 10.1007/s16024-017-0295-x
Hierhager, M., Wollesen, B., Wanstrath, M., & Mattes, K.: Veränderung von Gangparametern unter Doppelaufgabenbedingungen- ein Literaturreview Senioren (angenommen für den DVS Hochschultag in München 13.-15.09.2017)
Wollesen, B., Rönnfeldt, J., & Mattes, K.: Einflussfaktoren auf die Reproduzierbarkeit von Ganganalysen unter Doppelaufgabenbedingungen bei Senioren (angenommen für den DVS Hochschultag in München 13.-15.09.2017)
Wanstrath, M., Wollesen, B., Rönnfeldt, J. & Mattes, K.: Der Einfluss der Arbeitstiefe auf das muskuloskeletale System (angenommen für den DVS Hochschultag in München 13.-15.09.2017)
2016
Sankowski, O.; Wollesen, B.; Köhler, B.; Krause, D.; Mattes, K. (2016): Avoiding Fall Related Injuries in Older Adults – An Interdisciplinary Design Approach. Proceedings of NordDesign 2016, the 11 th NordDesign conference, Norwegian University of Science and Technology, Norway, 10-12.08.2016.
Wollesen, B., Voelcker-Rehage, C., Regenbrecht, T., & Mattes, K. (2016). Effects of a Visual-Verbal Stroop-Test on Balance Performance of Older Adults. In: <i>Journal of Ageing and Physical Activity</i> (Vol. 24, pp. S14-S15).
Wollesen, B.; Sankowski, O.; Köhler, B.; Krause, D.; Mattes, K. (2016). Development of a Product to Minimize Fall Injuries in Older Adults. <i>Journal of Ageing and Physical Activity</i> ; 24 (Suppl.), 31
Wollesen, B., Bischoff, L., & Mattes, K. (2016, June). Influence of Poverty on Mobility and Fall Risks in Older Adults. In <i>Journal of Ageing and Physical Activity</i> Vol. 24, pp. S60-S60
Bischoff, L., Wollesen, B. & Mattes, K. (2016). Instrumente zur Ermittlung von Stress am Arbeitsplatz – eine systematische Literaturanalyse. <i>DVS-Tagung Bewegung, Raum und Gesundheit</i>
2015
Wollesen, B., Schulz, S. & Mattes, K. (2015). Rumpfkrafttraining zur Haltungsstabilisation bei Volleyball-D-Kader-Athleten. Beitrag zum DVS Symposium Trainingswissenschaft Potsdam.

Wollesen, B., Leitner, M., Argubi-Wollesen, ... & Mattes, K. (2015). Reduktion von Alltagsbelastungen im Betrieb durch Veränderungen der Griffkonfiguration bei Transportwagen. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin (66) 7-8, 186.
Wollesen, B., Bischoff, L., Stehr, G., Nießen, J., Braumann, K.-M. & Mattes, K. (2015). Auswirkungen der Armut auf die Gesundheit von Senioren - Ergebnisse zur Mobilitätseinschränkung. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 66 (7-8), 203.
Wollesen, B., Schulz, S., Braumann, K.-M. & Mattes, K. (2015). Rumpfkrafttraining zur Haltungsverbesserung bei Volleyball-Kader-Athleten. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 66 (7-8), 199.
2014
Wollesen, B., Stein, J., Braumann, K.-M. & Mattes, K. (2014). Effekte von mehrdimensionalen Krafttrainings bei Bewegungsmangel und schwerer körperlicher Arbeit. Zeitschrift für Sportmedizin, 65 (7-8), 221.
Wollesen, B., Stehr, G., Dahlke, B., Mattes, K. & Nießen, J. (2014). Auswirkungen der Armut auf die Gesundheit von Senioren in Hamburg-Altona. Das Gesundheitswesen, 76 (4), 246.
Wollesen B., Piper, J., Fendel, R., Hartwig, C., & Mattes K. (2014). Health promotion in Dutch and German small and middle size companies - Critical factors for successfully improving physical activity levels. In: A. De Haan, C. J. De Ruiter & E. Tsolakidis (Eds.). 19th Congress ECSS 2-5th July 2014 Amsterdam, Netherlands, Book of Abstracts, p. 280.
Wollesen, B., Piper, J., Fendel, R., Braumann, K.-M. & Mattes, K. (2014). Präventionsarbeit deutschen KMU - Ergebnisse des EU-Projekts Fit for Business. Zeitschrift für Sportmedizin, 65 (7-8), 204.
Wollesen, B., Piper, J., Fendel, R. & Mattes, K. (2014). Einführung von Bewegungsangeboten in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU). Bewegungstherapie und Gesundheitssport (30), Supplement, 253.
Wollesen B., Wendt, K.-D., Weithäuser, R. & Mattes K. (2014). Multidimensional approach to reduce musculoskeletal disorders. XX World Congress on Safety and Health at Work 2014: Global Forum for Prevention, Frankfurt.
Wollesen B., Wendt, K.-D., Wilhelm, N., Mühlemeyer, C., Klüßmann, A., Bedemann, K. H. & Mattes K. (2014). Ergonomically favourable grip design to reduce musculoskeletal disorders. XX World Congress on Safety and Health at Work 2014: Global Forum for Prevention.
2013
Wollesen, B. & Mattes, K. (2013). The influence of gait velocity, gender and age on plantar pressure of seniors under DT conditions. In N. Balagué, C. Torrents, A. Vilanova, et al. (Eds.). 18th Congress ECSS 26-29th June 2013, Barcelona Spain, Book of Abstracts, p. 423.
Wollesen, B., Geissel, T., Hansen, D. & Mattes, K. (2013). Vitality Beach- Health promotion in the sand. In: Balagué, N., Torrents, C., Vilanova, A., et al. (Eds.). 18th Congress ECSS 26-29th June 2013, Barcelona Spain, Book of Abstracts, p. 217.
Wollesen, B., Piper, J., Fendel, J. & Mattes, K. (2013). Präventionsbedarf in deutschen versus niederländischen KMU. In: F. Mess, M. Gruber & A. Woll (Hrsg.) Sportwissenschaft grenzenlos!? 21. dvs – Hochschultag Konstanz 25.-27.09.2013. Abstracts. Hamburg: Feldhaus Verlag Edition Cwalina. S. 164.
Wollesen, B., Voelcker-Rehage, C. & Mattes, K. (2013). Training von Task-managing-Strategien in der Sturzprävention. In: Mess, F., Gruber, M. & Woll, A. (Hrsg.) Sportwissenschaft grenzenlos!? 21. dvs – Hochschultag Konstanz 25.-27.09.2013. Abstracts. Hamburg: Feldhaus Verlag Edition Cwalina. S. 175.
Stein, J., Wollesen, B., Stratmann, F. & Mattes, K. (2013) Mehrdimensionale Konzepte zum Krafttraining am Arbeitsplatz. In: Mess, F., Gruber, M. & Woll, A. (Hrsg.) Sportwissenschaft grenzenlos!? 21. dvs – Hochschultag Konstanz 25.-27.09.2013 Abstracts. Hamburg: Feldhaus Verlag Edition Cwalina. S. 161
Schumacher, N., Seidensticker, N., Wollesen, B. & Mattes, K. (2013). Testentwicklung zur Erfassung von rotatorischen Hebetätigkeiten in der BGF. In: F. Mess, M. Gruber & A. Woll (Hrsg.) Sportwissenschaft grenzenlos!? 21. dvs – Hochschultag Konstanz 25.-27.09.2013. Abstracts. Hamburg: Feldhaus Verlag Edition Cwalina. S. 353.
2012
Wollesen, B., Lex, H., Raebrecht, M. & Mattes, K. (2012). BASE a concept for health prevention in logistic workers with manual box lifting activities. Medicine & Science in Sports & Exercise, 44 (5), 575.
Wollesen, B., Voelcker-Rehage, C. & Mattes, K. (2012). Dual task balance training in fall prevention for older adults. World Congress on Active Ageing in Glasgow, 13.08. - 17.08.2012.

2011
Wollesen, B., Voelcker-Rehage, C. & Mattes, K. (2011). Erfassung von Dual-Task-Leistungen von Senioren im Stehen. In: Hottenrott, Stoll & Wollny (Hrsg.) Kreativität-Innovation-Leistung. Abstract-Band zum 20. dvs-Hochschultag. Feldhaus Verlag, Edition Czwalina, Bd. 215, S. 52.
Wollesen, B., Voelcker-Rehage, C. & Mattes, K. (2011). Effects of training on balance performance under DT-conditions. In: T. Cable & K. George (Eds.). ECSS 2011 – Book of Abstracts, 521-522.
Wollesen, B., Piper, J., Nagel, V., & Mattes, K. (2010). Coordinative Nordic Walking as a program in fall prevention. <i>European Review of Aging and Physical Activity</i> , 7 (2), 85-86.
2010
Wollesen, B., Lex, H. & Mattes, K. (2010). Bewegungstraining im Betrieb zur Prävention von Rücken-erkrankungen. In: I. Pahmeier, G. Blumenhoff, H. Maatmann & T. Schröer (Hrsg.), Vechta, S. 15.
Wollesen, B., Voelcker-Rehage, C. & Mattes, K. (2010). Effekte von DT-Task-Training auf die Balance von Senioren. In: K. Mattes & B. Wollesen (Hrsg.) Bewegung und Leistungssport, Gesundheit & Alter, Abstract-Band zum 8. Gemeinsamen Symposium der dvs-Sektionen Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft, Feldhaus Verlag, Edition Czwalina, Bd. 204, S. 71.
Fotouri, A., Wollesen, B. & Mattes, K. (2010). Vergleich zweier Bewegungsprogramme zur Verbesserung der Rumpfkraft bei Nachwuchshandballspielern. In: K. Mattes & B. Wollesen (Hrsg.) Bewegung und Leistungssport, Gesundheit & Alter, Abstract-Band zum 8. Gemeinsamen Symposium der dvs-Sektionen Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft, Feldhaus Verlag, Edition Czwalina, Bd. 204, S. 133.
Wiedemann, J., Pehlivan, S. N., Langmaack, M., Wollesen, B. & Mattes, K. (2010). Beschwerden von Freizeitvolleyballern. In: K. Mattes & B. Wollesen (Hrsg.) Bewegung und Leistungssport, Gesundheit & Alter, Abstract-Band zum 8. Gemeinsamen Symposium der dvs-Sektionen Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft, Feldhaus Verlag, Edition Czwalina, Bd. 204, S. 157.
2009
Raebrecht, M., Wollesen, B. & Mattes, K. (2009). Modellversuch Betriebssport für kleine und mittlere Unternehmen (KMU). In: Krüger, Neuber, Brach & Reinhart (Hrsg.) Bildungspotentiale im Sport. 19. dvs-Hochschultag Münster, 16. - 18. September 2009, Bd. 191, S. 145.
Wollesen, B. & Mattes, K. (2009). Verknüpfung von trainingswissenschaftlichen Konzepten und Arbeitsschutz als Zugangsweg im BGM. In: Krüger, Neuber, Brach & Reinhart (Hrsg.) Bildungspotentiale im Sport. 19. dvs-Hochschultag, Münster, 16. - 18. September 2009, Bd. 191, S. 146.
Wollesen, B., Lex, H. & Mattes, K. (2009). Änderung des Bewegungsverhaltens zur Prävention von Rückenleiden. In: Pfeffer & Alfermann. (Hrsg.) Menschen in Bewegung - Sportpsychologie zwischen Tradition und Zukunft, Abstract-Band zur 42. asp-Jahrestagung, Bd. 188, S. 162.
Wollesen, B., Nagel, V., & Mattes, K. (2009). Balance Training vs. Nordic Walking – Effects on Balance Performance of Seniors. In: Papadopoulos, C., Starosta, W. (Eds.). Final Program & Book of Abstracts. 11th International Conference of Sport Kinetics. "Current and Future Directions in Human Kinetics Research". Vol. 27., 88-89.
2008
Wollesen, B. (2008). Koordinationstraining vs. Nordic Walking: Einfluss der Programme auf einen 45 Sekunden-Einbeinstand bei Senioren. In: M. Knoll & A. Woll (Hrsg.), Sport und Gesundheit in der Lebensspanne, Hamburg: Czwalina-Verlag, 387-392.
Wollesen, B., & Mattes, K. (2008). BASE – a new concept for health prevention for logistics workers with manual box lifting activities. In: J. Cabri, F. Alves, D. Araujo, J. Barreiros, J. Diniz, A. Veloso (Eds.). 13th Congress ECSS, 09.-12. July 2008, Estoril/Portugal, Book of Abstracts, p. 489.
Manzer, S., Wollesen, B., & Mattes, K. (2008). Study-protocol for the pilot study: prevention in the sand for people 50+. In: J. Cabri, F. Alves, D. Araujo, J. Barreiros, J. Diniz & A. Veloso (Eds.). 13th Congress ECSS 09.-12. July 2008 Estoril/Portugal, Book of Abstracts, p. 113.
Habermann, N., Wollesen, B., & Mattes, K. (2008). Pilot project: talent diagnostics and development in selected sport associations. In: J. Cabri, F. Alves, D. Araujo, J. Barreiros, J. Diniz & A. Veloso (Eds.). 13th Congress ECSS, 09.-12. July 2008 Estoril/Portugal, Book of Abstracts, p. 227.
2007
Wollesen, B. & Nagel, V. (2007). Gleichgewichts- & Koordinationstraining und Nordic Walking – Unterschiedliche Effekte auf die Gleichgewichtsleistung bei Senioren? In: J. Backhaus, F. Borkenhagen & J. Funke-Wieneke (Hrsg.),

SportStadtKultur. 18. Sportwissenschaftlicher Hochschultag der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft. Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft. Bd. 168. Hamburg: Czwalina Verlag, Abstracts S. 283.
Wollesen, B., Schröder, J., Greb, U. & Mattes, K. (2007). Neue Wege in der betrieblichen Gesundheitsförderung – Bewegungswissenschaftliche Konsequenzen einer explorativen Studie. In: J. Backhaus, F. Borkenhagen & J. Funke-Wieneke (Hrsg.), SportStadtKultur. 18. Sportwissenschaftlicher Hochschultag der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft. Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft. Bd. 168. Hamburg: Czwalina Verlag, Abstracts, S. 205.
Draper, C., Wollesen, B., Mattes, K., Wohlers, J. & Ohlrogge, A. (2007). Talentsichtung und -förderung in ausgewählten Hamburger Sportverbänden. In: J. Backhaus, F. Borkenhagen & J. Funke-Wieneke (Hrsg.), SportStadtKultur. 18. Sportwissenschaftlicher Hochschultag der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft. Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft. Bd. 168. Hamburg: Czwalina Verlag, Abstracts, S. 288.
Habermann, N. & Wollesen, B. (2007). Nordic Walking - Effekte innerhalb der Gesundheitsförderung. In: J. Backhaus, F. Borkenhagen & J. Funke-Wieneke (Hrsg.), SportStadtKultur. 18. Sportwissenschaftlicher Hochschultag der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft. Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft. Bd. 168. Hamburg: Czwalina Verlag, Abstracts, S. 332.
Wollesen, B., & Nagel, V. (2007). Balance and Coordination Training vs. Nordic Walking – Primary Preventive Effects and Fall Prevention for Seniors. Poster-Präsentation beim ECSS 2007 in Jyväskylä

Monografien

Argubi-Wollesen, A. & Wollesen, B. (2011). Das Bewegungssystem im Handlungsfeld der Physiotherapie. Apparative Biomechanik. 1. Aufl. Hamburg: Hamburger Fern-Hochschule

Wollesen, B. (2009). Gleichgewichts- und Koordinationstraining vs. Nordic Walking - Effekte zur Primärprävention und Sturzprophylaxe bei Senioren. Online Pub. www.sub.uni-hamburg.de/opus/volltexte/2009/4283/

Broschüren in Kooperation mit Drittmittelgebern

Hartwig, C., Wollesen, B., Piper, J. & Fendel, R. (2013) Betriebliche Gesundheitsförderung im Netzwerk von Sportvereinen - Ein Handbuch für Unternehmen und Vereine. 1. Auflage, Sögel: KSB Emsland

Raebrecht, M., Wollesen, B. & Mattes, K. (2012) Betriebssport in kleinen und mittleren Unternehmen ein-, durch- und weiterführen - Praxiserfahrungen aus einem iga-Modellprojekt und Checklisten für Betriebe. www.iga-info.de. 1. Auflage März 2012

Wollesen, B. & Nagel, V. (2008) Aktiv in den Ruhestand- Fit und Geschickt für den Alltag. Schwäbisch Gmünd, Druck der Gmünder Ersatz Kasse