

---

**Inauguraldissertation  
zur Erlangung des akademischen Doktorgrades (Dr. phil.)  
im Fach Gerontologie  
an der Fakultät für Verhaltens- und  
Empirische Kulturwissenschaften  
der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg**

Titel der publikationsbasierten Dissertation  
*Entwicklung und Validierung innovativer Assessmentstrategien zur  
Erfassung trainingsbezogener Leistungen nach einem motorisch-  
kognitiven Training bei Menschen mit Demenz*

vorgelegt von  
Stefanie Sandra Wiloth

Jahr der Einreichung  
2017

Dekanin: Prof. Dr. Birgit Spinath  
Berater: Prof. Dr. Dr. h.c. Andreas Kruse

---

## Inhaltsverzeichnis

---

<b>LISTE DER WISSENSCHAFTLICHEN VERÖFFENTLICHUNGEN ZUR PUBLIKATIONSBASIERTEN DISSERTATION.....</b>	<b>III</b>
<b>VORBEMERKUNG .....</b>	<b>IV</b>
<b>INHALTLICHE KURZDARSTELLUNG .....</b>	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>X</b>
<b>1. EINLEITUNG UND KAPITELÜBERBLICK.....</b>	<b>1</b>
<b>2. DEMENZSPECIFISCHE VERLUSTE UND VORHANDENE RESSOURCEN.....</b>	<b>4</b>
2.1. DIE STEIGERUNG DER PSYCHISCHEN GESUNDHEIT BEI MENSCHEN MIT DEMENZ.....	5
2.1.1. <i>Effekte körperlichen Trainings auf Sturzangst und Depression (Schrift 1 und 2)</i> .....	6
2.2. KOGNITIVE PLASTIZITÄT.....	7
2.2.1. <i>Effekte körperlichen Trainings auf die Kognition (Schrift 3)</i> .....	9
<b>3. TRAINIERBARKEIT MOTORISCH-KOGNITIVER LEISTUNGEN BEI DEMENZ .....</b>	<b>10</b>
3.1. ALLTAGSRELEVANZ MOTORISCH-KOGNITIVER LEISTUNGEN.....	10
3.2. WIRKSAMKEIT MOTORISCH-KOGNITIVER TRAININGSANSÄTZE BEI MENSCHEN MIT DEMENZ .....	12
3.3. COMPUTERGESTÜTZTES MOTORISCH-KOGNITIVES TRAINING: <i>EXERGAMES</i> BEI DEMENZ? .....	13
3.3.1. <i>Technische Assistenzsysteme für Menschen mit Demenz</i> .....	13
3.3.2. <i>Serious games als Trainingsmethode</i> .....	15
3.3.3. <i>Motorisch-kognitives Training mit exergames</i> .....	17
<b>4. ASSESSMENTSTRATEGIEN ZUR ERFASSUNG MOTORISCH-KOGNITIVER LEISTUNGEN .....</b>	<b>18</b>
4.1. ETABLIERTE DUAL-TASK ASSESSMENTVERFAHREN: GANGBASIERTE TESTVERFAHREN .....	19
4.2. ASSESSMENTVERFAHREN ZUR ERFASSUNG DES SITZEN-STEHEN-TRANSFERS.....	19
4.3. INTERAKTIVE BEWEGUNGSSPIELE ALS ASSESSMENTSTRATEGIE .....	20
<b>5. ZIELE, ZENTRALE FRAGESTELLUNGEN UND METHODIK DER FORSCHUNGSARBEIT.....</b>	<b>22</b>
5.1. VALIDIERUNG VON PHYSIOMAT® UND EFFEKTE DES PHYSIOMAT®-TRAININGS.....	24
5.1.1. <i>Validierung des Physiomat®-Assessments</i> .....	24
5.1.2. <i>Wirksamkeit des Physiomat®-Trainings bei Menschen mit Demenz</i> .....	27
5.2. VALIDIERUNG VON DUAL-TASK ASSESSMENTS ZUR EVALUATION EINES GANGBASIERTEN DUAL-TASK TRAININGS.....	28
5.2.1. <i>Validierung von Dual-Task Assessments</i> .....	28
5.2.2. <i>Effekte eines gangbasierten Dual-Task Trainings bei Menschen mit Demenz</i> .....	29
5.3. VALIDIERUNG EINES BEOBACHTUNGSTRAININGSTRUMENTS UND DIE WIRKSAMKEIT EINES TRANSFERTRAININGS.....	30
5.3.1. <i>Validierung des ACSID</i> .....	30
5.3.2. <i>Ein standardisiertes Lernprogramm zur Verbesserung des Sitzen-Stehen-Transfers</i> .....	31

<b>6. VALIDIERUNGSENERGEBNISSE INNOVATIVER ASSESSMENTVERFAHREN UND DIE EFFEKTIVITÄT EINES MOTORISCH-KOGNITIVEN TRAININGS BEI DEMENZ .....</b>	<b>32</b>
6.1. VALIDIERUNG EINES COMPUTERGESTÜTZTEN BEWEGUNGSSPIELS (PHYSIOMAT®) ZUR ERFASSUNG MOTORISCH-KOGNITIVER LEISTUNGEN BEI MENSCHEN MIT DEMENZ ( <i>SCHRIFT 4</i> ) .....	32
6.2. EFFEKTE EINES COMPUTERGESTÜTZTEN BEWEGUNGSSPIELS (PHYSIOMAT®) AUF MOTORISCH-KOGNITIVE LEISTUNGEN BEI MENSCHEN MIT DEMENZ ( <i>SCHRIFT 5</i> ) .....	33
6.3. VALIDIERUNG VON DUAL-TASK ASSESSMENTVERFAHREN BEI MENSCHEN MIT DEMENZ ( <i>SCHRIFT 6</i> ).....	34
6.4. EFFEKTE EINES DUAL-TASK TRAININGS AUF MOTORISCH-KOGNITIVE LEISTUNGEN BEI MENSCHEN MIT DEMENZ ( <i>IN VORBEREITUNG</i> ) .....	35
6.5. VALIDIERUNG EINES MOTORISCH-KOGNITIVEN ASSESSMENTVERFAHRENS ZUR BEURTEILUNG DES SITZEN-STEHEN-TRANSFERS BEI MENSCHEN MIT DEMENZ ( <i>SCHRIFT 7</i> ).....	36
6.6. EFFEKTE EINES MOTORISCHEN LERNPROGRAMMS AUF DEN SITZEN-STEHEN-TRANSFER BEI MENSCHEN MIT DEMENZ ( <i>IN VORBEREITUNG</i> ) .....	36
<b>7. EINORDNUNG DER STUDIENERGEBNISSE IN DEN FORSCHUNGSZUSAMMENHANG.....</b>	<b>37</b>
<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>42</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>51</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>52</b>
<b>CURRICULUM VITAE .....</b>	<b>53</b>
<b>WEITERE PUBLIKATIONEN, KONGRESSBEITRÄGE UND FORTBILDUNGEN.....</b>	<b>55</b>
<b>DANKSAGUNG .....</b>	<b>58</b>
<b>ERKLÄRUNG GEMÄß § 8 ABS. 1 BUCHST. B) UND C) DER PROMOTIONSORDNUNG DER FAKULTÄT FÜR VERHALTENS- UND EMPIRISCHE KULTURWISSENSCHAFTEN.....</b>	<b>A</b>
<b>VERÖFFENTLICHUNGEN UND EINGEREICHTE MANUSKRIPTE ZUR PUBLIKATIONSBASIERTEN DISSERTATION... B</b>	<b>B</b>

---

## Liste der wissenschaftlichen Veröffentlichungen zur publikationsbasierten Dissertation

### I. Schrift

**Gogulla S**, Lemke N, Hauer K. (2012) Effekte körperlicher Aktivität und körperlichen Trainings auf den psychischen Status bei älteren Menschen mit und ohne kognitiver Schädigung. *Zeitschrift für Geriatrie und Gerontologie* 45, 279-289

### II. Schrift

**Gogulla S**, Lemke N, Hauer K. (2014) Effekte eines körperlichen Trainings bei älteren Menschen und bei Menschen mit Demenz auf die Psyche. In: Therapie bei Demenz – Körperliches Training bei Demenz, Baden-Württemberg Stiftung gGmbH (Hrsg.), Stuttgart, 126-168

### III. Schrift

Lemke N, **Gogulla S**, Hauer K. (2014) Effekte körperlicher Aktivität auf die Kognition im Alter und bei Demenz. In: *Therapie bei Demenz – Körperliches Training bei Demenz*, Baden-Württemberg Stiftung gGmbH (Hrsg.), Stuttgart, 98-126

### IV. Schrift

**Wiloth S**, Lemke N, Werner C, Hauer K (2016). Validation of a Computerized, Game-based Assessment Strategy to Measure Training Effects on Motor-Cognitive Functions in People With Dementia. *JMIR Serious Games*, 4(2), e12

### V. Schrift

**Wiloth S**, Werner C, Lemke N, Bauer J, Hauer K. (submitted) Motor-Cognitive Effects of a Computerized Game-Based Training Method in People with Dementia. A Randomized Controlled Trial. *Ageing and Mental Health*

### VI. Schrift

Lemke N, **Wiloth S**, Werner C, Hauer K. (submitted) Validity, test-retest reliability, sensitivity to change and feasibility of motor-cognitive dual task assessments in patients with dementia. *Archives of Gerontology and Geriatrics*

### VII. Schrift

Werner C, **Wiloth S**, Lemke N, Hauer K. (2016) Development and Validation of A Novel Motor-Cognitive Assessment Strategy of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers in People with Dementia. *Journal of Geriatric Physical Therapie* [Epub ahead of print]



## Vorbemerkung

Die vorliegenden Arbeiten zur publikationsbasierten Dissertation repräsentieren die Forschung im Schnittstellenbereich der Gerontologie, Geriatrie, Gerontopsychiatrie und Sportwissenschaft.

Die für die Dissertation erarbeiteten Manuskripte und Publikationen entstanden im Rahmen einer großen randomisierten, kontrollierten Interventionsstudie zum motorisch-kognitiven Training bei Menschen mit Demenz und drei zugehörigen Validierungsstudien, die am AGAPLESION Bethanien Krankenhaus / Geriatriisches Zentrum am Klinikum der Universität Heidelberg unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. Klaus Hauer durchgeführt wurden (Laufzeit der Studie 2011-2014).

Die oben aufgeführte Auflistung der wissenschaftlichen Veröffentlichungen zur publikationsbasierten Dissertation spiegelt einen kohärenten Prozess des Dissertationsprojekts wider und zeigt zudem die hauptsächliche Arbeit der Verfasserin der vorliegenden Schrift auf:

Die Frage nach der Anwendbarkeit und Effektivität körperlicher Trainingsprogramme bei Menschen im hohen Lebensalter und Demenz zum Erhalt der Selbstständigkeit und Lebensqualität wird in der Interventionsforschung und geriatrischen Rehabilitation zunehmend intensiv diskutiert. Um einen Überblick zu aktuellen Forschungsergebnissen zu erhalten, war die Eruiierung des aktuellen Forschungsstands zu diesem Thema ein erster Schritt in dem Dissertationsprojekt, für welche die Verfasserin der vorliegenden Arbeit und eine weitere Doktorandin verantwortlich waren. Dabei stand nicht die Frage nach der Trainingseffektivität auf körperliche Funktionen wie Kraft, Ausdauer und Koordination, sondern auf die psychische und kognitive Verfassung im Fokus, die, so die These, vor allem bei Menschen mit Demenz vergleichsweise wenig untersucht wurde, obwohl der psychische und insbesondere kognitive Zustand das Mobilitätsverhalten und damit auch die Lebensqualität älterer Menschen erheblich beeinflussen kann.

In den Blick genommen wurde zunächst die Frage nach der Bedeutung körperlichen Trainings für die Reduktion von Sturzangst und Depressionen, die bei älteren Menschen hohe Prävalenzraten zeigen und, speziell die Depression, auch bei Menschen mit beginnender Demenz sehr häufig auftreten. Die Ergebnisse der Literaturanalyse wurden in einer Übersichtsarbeit in einer deutschen Fachzeitschrift publiziert (*Schrift 1*). Die Verfasserin der vorliegenden Arbeit war gleichermaßen gemeinsam mit einer weiteren Doktorandin für deren Erstellung verantwortlich. Frau Stefanie Wiloth übernahm dabei die Literaturanalyse sowie die Beschreibung der daraus gewonnenen Ergebnisse zur Thematik Sturzangst, Frau Nele Lemke zur Thematik Depression.

Da neben dem klinischen Personal vor allem die Angehörigen älterer und insbesondere demenziell erkrankter Menschen im Umgang mit demenzspezifischen Symptomen zunehmend gefordert sind, kommt der Übersetzung wissenschaftlicher Informationen aus systematischen Übersichtsarbeiten in die Sprache eines nicht-wissenschaftlichen Publikums eine immer größere Bedeutung zu. Daher war die Translation der Ergebnisse der Literaturanalyse in ein Buchkapitel (*Schrift 2*) ein weiteres Ziel der Dissertationsarbeit, das im Verlauf des Forschungsprojektes realisiert wurde. Das Buchkapitel adressiert durch die besondere Konzeption (Informationen zur Symptomatik, Stand der Forschung zur Wirksamkeit körperlichen Trainings, Empfehlungen für die Praxis, Vorlage von Selbsttests zur Identifikation von Sturz-

angst und Depressionen) sowohl Wissenschaftler, Angehörige und andere nicht-wissenschaftliche Interessierte. Für die Erstellung des Buchkapitels war die Verfasserin der vorliegenden Arbeit verantwortlich.

Mehr noch als Sturzangst oder Depressionen haben spezifische kognitive Beeinträchtigungen bei Menschen mit Demenz einen beachtlichen Einfluss auf die Mobilität, Alltagsbewältigung und damit Selbstständigkeit. Daher lag der Schwerpunkt weiterer Schritte des Dissertationsprojekts auf der Frage nach einem wirksamen Trainingskonzept zur Steigerung kognitiver Funktionen. Die Ergebnisse der Literaturanalyse zur Effektivität körperlicher Trainingsprogramme auf die kognitive Leistungsfähigkeit, die vornehmlich von Frau Nele Lemke durchgeführt wurde, wurden daher für die Weiterentwicklung eines demenzspezifischen Trainingsprogramms, dessen Konzept maßgeblich von Herrn Prof. Dr. Klaus Hauer entwickelt wurde, genutzt und in einem weiteren Buchkapitel veröffentlicht (*Schrift 3*). Die Verfasserin der vorliegenden Arbeit war als Co-Autorin bei der finalen Manuskriptfertigstellung beteiligt.

Das weiterentwickelte Trainingsprogramm, welches drei zentrale Bausteine enthält, die alle samt motorisch-kognitive Handlungen trainieren, wurde in einer groß angelegten, randomisierten und kontrollierten Interventionsstudie evaluiert. Drei Doktoranden, darunter die Verfasserin der vorliegenden Arbeit, waren jeweils für die Evaluierung eines der Bausteine verantwortlich. Frau Nele Lemke übernahm dabei die Überprüfung des Trainings von Mehrfachhandlungen (gangbasiertes Dual-Task Training). Herr Christian Werner war für die Evaluierung eines innovativen Transfer-Trainings (Lernprogramm zur Verbesserung eines kompensatorischen Bewegungsmaneuvers beim Sitzen-Stehen-Transfer) zuständig. Die Verfasserin der vorliegenden Arbeit war für die Überprüfung eines neuartigen, computergestützten Trainings zur Steigerung motorisch-kognitiver Funktionen verantwortlich (Training mit dem Bewegungsspiel Physiomat®).

Zu Beginn der Trainingsstudie war die Verfasserin der vorliegenden Arbeit maßgebend für die Rekrutierung der Trainingsteilnehmer (Kontaktaufnahme, Durchsicht der Patientenakten, Beratung und Aufklärung, kognitives Screening / neuropsychologische Testung) verantwortlich. Im letzten Jahr des Forschungsprojektes teilte sie sich diese Verantwortlichkeit mit Herrn Christian Werner. Frau Stefanie Wiloth war zudem zusammen mit einer Sporttherapeutin, Frau Michaela Günther, für die Organisation der beiden Trainingsgruppen (Belegung der Trainingsräume, Erstellung von Anwesenheitslisten, Planung der Patiententransporte durch den klinikeigenen Hol- und Bringdienst) sowie gemeinsam mit Herrn Werner für deren Durchführung verantwortlich. Bei der Konzeptualisierung der drei Trainingsbausteine war sie teilweise involviert (computergestütztes Training mit dem Bewegungsspiel Physiomat®).

Für die Evaluierung der Trainingsbausteine war die Entwicklung und Validierung spezifischer Testverfahren notwendig, welche trainingspezifische Effekte abbilden sollten. Herr Prof. Dr. Klaus Hauer war als Projektleiter maßgeblich dafür verantwortlich. Frau Stefanie Wiloth und Frau Nele Lemke beteiligten sich bei der Pilotierung der Messmethoden zur Erfassung von Mehrfachhandlungen (Dual-Task und Physiomat®-Assessment). Herr Christian Werner war bei der Entwicklung und Pilotierung eines Messverfahrens zur Quantifizierung des Sitzen-Stehen-Transfers (ACSID Beobachtungsinstrument) beteiligt. Die Validierung der drei Testverfahren und die darauf aufbauende Überprüfung der Wirksamkeit der drei Trainingsbausteine mithilfe dieser Messmethoden wurden von den dafür verantwortlichen Doktoranden in drei Teilprojekten durchgeführt. Die Verfasserin der vorliegenden Arbeit übernahm die Vali-

dierung des Physiomat®-Assessments sowie anschließend die Überprüfung der Physiomat®-Trainingseffekte. Dies stellt demnach den Schwerpunkt ihres Dissertationsprojekts dar. Daher wird auch der thematische Hintergrund zu diesem Teilprojekt in der vorliegenden Mantelschrift ausführlicher beschrieben. Die für dieses Schwerpunktthema notwendige Analyse des bisherigen Forschungsstands (Literaturrecherche zum Thema Bewegungsspiele als Trainings- und Assessmentmethoden) als einen ersten Schritt, die Datendokumentation in ein Statistikprogramm, die nachfolgenden statistischen Analysen, die Ergebnisinterpretation sowie das Verfassen der Schriften zur Validierung und Effekteüberprüfung (Erstautorenschaften *Schrift 4* und *5*), die in hochrangigen, internationalen peer review Zeitschriften publiziert sind bzw. werden, stellen damit die maßgeblichen Arbeiten von Frau Stefanie Wiloth im Gesamtprojekt dar. Die Datenerfassung wurde aufgrund des Studiendesigns (geblindete Studie) ausschließlich von Frau Nele Lemke durchgeführt. Dennoch war Frau Stefanie Wiloth bei der Entwicklung des Messprotokolls und bei der Planung der Messungen beteiligt.

Die Verfasserin der vorliegenden Arbeit präsentierte ihre Ergebnisse zur Validierung des Physiomat®-Assessments und Effekteüberprüfung des Physiomat® Trainings während der Laufzeit des Gesamtprojektes auf internationalen und nationalen wissenschaftlichen Kongressen (siehe Publikationsliste). Damit stellte Frau Stefanie Wiloth die Ergebnisse ihrer Arbeit bereits in einer Community hochrangiger Wissenschaftler zur Diskussion. Sie war zudem als Dozentin in sämtlichen Weiterbildungsseminaren anerkannter Einrichtungen tätig und lehrte in einem Publikum von Pflegefachkräften, Physio- und Ergotherapeuten sowie Sport- und Gymnastiklehrern über den Nutzen und die Anwendbarkeit körperlichen Trainings bei Demenz (siehe Publikationsliste). Dies belegt ihre Fähigkeit, wissenschaftliche Informationen einem nicht-wissenschaftlichen Fach-Publikum verständlich zu präsentieren. Damit ist der Verfasserin dieser Arbeit auch der Versuch einer Translation wissenschaftlicher Erkenntnisse in die klinische Praxis gelungen.

In den beiden anderen Teilprojekten über die Validierung des Dual-Task Assessments und des ACSID war die Verfasserin der vorliegenden Arbeit als Co-Autorin unterstützend bei deren finalen Erstellung der jeweiligen Manuskripte (*Schrift 6* und *7*) beteiligt. Teilweise war sie unterstützend bei der statistischen Validierungsanalyse des Dual-Task Assessments (*Schrift 6*) involviert. Zu Beginn des Gesamtprojektes war Frau Stefanie Wiloth für die Datendokumentation des Messverfahrens zur Erfassung des Sitzen-Stehen-Transfers verantwortlich, die später aber von Herrn Christian Werner weitergeführt und zusammen mit Herrn Prof. Dr. Klaus Hauer optimiert wurde.

Die beiden Publikationen über die Effektivität des gangbasierten Dual-Task und Transfer-Trainings, bei denen Frau Stefanie Wiloth ebenso als Co-Autorin eingebunden und somit bei der finalen Erstellung dieser Arbeiten beteiligt war, befanden sich zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Mantelschrift noch in Vorbereitung. Diese sind in der vorliegenden Schrift daher nicht in ihrer finalen Form, sondern nur als Kurzdarstellung aufgeführt.

Die wissenschaftliche Studie wurde von der Robert-Bosch-Stiftung, der Dietmar-Hopp Stiftung und des Netzwerk Alternsforschung Heidelberg (NAR) gefördert.

---

In der vorliegenden Arbeit werden für einen besseren Lesefluss ausschließlich Ausdrucksformen des männlichen Geschlechts (Studienteilnehmer oder Patient) verwendet. An dieser Stelle sei aber ausdrücklich darauf hingewiesen, dass diese Ausdrucksformen auch das weibliche Geschlecht beinhalten.

## Inhaltliche Kurzdarstellung

Demenzspezifische Symptome sind durch bestimmte pharmakologische und nicht-medikamentöse Interventionen beeinflussbar, vor allem dann, wenn die Erkrankung durch geeignete diagnostische Verfahren frühzeitig erkannt wird. Aufgrund zunehmender Aufmerksamkeit in der Interventionsforschung und geriatrischen Rehabilitation mit Blick auf Fragen zur Effektivität körperlichen Trainings bei Menschen mit Demenz, war es ein erstes Ziel der vorliegenden Forschungsarbeit, den bisherigen Forschungsstand zur Wirksamkeit körperlicher Aktivität und körperlichen Trainings bei diesem Patientenkollektiv zu eruieren: Eine Übersichtsarbeit (*Schrift 1*) und zwei ausführliche Buchkapitel (*Schrift 2* und *3*) stellen dar, dass für Menschen mit kognitiver Beeinträchtigung und Demenz nur wenige qualitativ hochwertige Arbeiten (randomisierte, kontrollierte Studien [RCTs]) vorliegen, welche die Effektivität körperlichen Trainings auf psychische Symptome wie Sturzangst und Depressionen sowie auf die kognitive Leistungsfähigkeit belegen. Mit Blick auf die Reduktion kognitiver Defizite, die mit dem Mobilitätsverhalten und der Selbstständigkeit älterer Menschen assoziiert sind, zählen motorisch-kognitive Trainingsprogramme zu besonders ausrichtsreichen Interventionsstrategien. Sie führen zu spezifischen Effekten auf Mehrfach- bzw. Dual-Task Leistungen, welche bereits in frühen Stadien der Demenz beeinträchtigt sind und eine besondere Alltagsrelevanz besitzen. Übergeordnetes Ziel war daher die Weiterentwicklung und Evaluierung eines demenzspezifischen, motorisch-kognitiven Trainingskonzepts bei Menschen mit Demenz.

Für die Evaluierung eines motorisch-kognitiven Trainings werden spezifische Testverfahren benötigt. Auch wenn in der Forschungsliteratur bereits einige Assessmentstrategien zur Abbildung von Trainingseffekten auf alltagsrelevante, motorisch-kognitiver Leistungen vorliegen, sind diese Testverfahren im Bereich des geriatrischen Assessments bislang nicht gut etabliert. Es mangelt an Validierungsstudien zur Überprüfung relevanter Testgütekriterien insbesondere bei kognitiv beeinträchtigten Menschen. Zudem bedarf es neuartiger, motorisch-kognitiver Testverfahren, die das geriatrische Assessment um wesentliche Elemente ergänzen. Die vorliegende Arbeit thematisiert daher primär die Entwicklung und Validierung von Assessmentstrategien zur Erfassung motorisch-kognitiver Leistungen bei Menschen mit beginnender bis mittelschwerer Demenz, die in dem weiterentwickelten, demenzspezifischen Trainingsprogramm trainiert wurden:

*Schrift 4* umfasst die Validierung einer innovativen Assessmentstrategie, die direkt in ein computergestütztes Bewegungsspiel (Physiomat®) zur Erfassung trainingsbezogener, motorisch-kognitiver Leistungen integriert wurde. Das Physiomat®-Assessment weist gute bis ausgezeichnete Testgütekriterien (Konstruktvalidität, Test-Retest Reliabilität, Veränderungssensitivität und Durchführbarkeit) bei Menschen mit Demenz auf und ermöglicht die Erfassung motorisch-kognitiver Leistungen während des Spielverlaufs. Das Physiomat®-Assessment wurde zur Abbildung von Effekten eines entwickelten Physiomat®-Trainings als ein Baustein des demenzspezifischen Trainingskonzepts genutzt. *Schrift 5* stellt dar, dass Menschen mit beginnender bis mittelschwerer Demenz in der Lage sind, eine signifikante Steigerung bezüglich der Schnelligkeit und Exaktheit der Aufgabenbewältigung des Bewegungsspiels sowie eine Zunahme an erfolgreich durchgeführten Aufgaben zu erzielen. Die

Trainingseffekte lassen sich auch in nicht-trainierten Physiomat® Aufgaben finden und bleiben teilweise auch noch drei Monate nach Interventionsende (*Follow Up*) erhalten.

*Schrift 6* behandelt die Validierung von klassischen Dual-Task Testverfahren (z. B. der Kombination Gehen und Rechnen). Die Ergebnisse zeigen moderate bis ausgezeichnete psychometrische Eigenschaften (Konstruktvalidität, Test-Retest Reliabilität, Veränderungssensitivität und Durchführbarkeit) und weisen somit auf eine gute Anwendbarkeit dieser Testverfahren zur Erfassung motorisch-kognitiver Funktionen bei Menschen mit Demenz hin.

Aufgrund der fehlenden Existenz von Instrumenten zur Erfassung qualitativer Aspekte des Sitzen-Stehen-Transfers, war die Entwicklung und Validierung eines innovativen Beobachtungsinstruments (ACSID: Assessment of Compensatory Sit-to-stand maneuvers In people with Dementia), das motorische und kognitive Aspekte eines kompensatorischen Bewegungsmaneuvers beim Sitzen-Stehen-Transfer erfasst, ein weiteres Ziel der Dissertation (*Schrift 7*). Die Ergebnisse zeigen gute bis sehr gute psychometrische Eigenschaften (konkurrente Validität, Intra- und Interrater-Reliabilität, Veränderungssensitivität und Durchführbarkeit) und weisen daher auf eine gute Anwendbarkeit des ACSID bei Menschen mit Demenz im klinischen Kontext hin.

Die vorliegende Arbeit leistet einen Beitrag zu Fragen der Trainierbarkeit motorisch-kognitiver Leistungen unter Verwendung innovativer Methoden bei multimorbiden, geriatrischen Patienten mit beginnender bis mittelgradiger Demenz. Zudem trägt der Inhalt dieser Arbeit dazu bei, ein bislang eher ungenutztes Potenzial motorisch-kognitiver Anforderungen verstärkt in den Blick zu nehmen, nämlich deren Einsatz im Bereich des geriatrischen Assessments, um alltagsrelevante, motorisch-kognitive Defizite identifizieren oder Effekte demenzspezifischer, motorisch-kognitiver Trainings abbilden zu können.

## Abstract

Dementia-specific symptoms can be influenced by specific pharmacological and/or non-pharmacological interventions, especially in case of early detection of the disease by using adequate diagnostic methods. Due to an increasing attention of intervention research and geriatric rehabilitation regarding the efficacy of physical training in people with dementia, the current thesis first aimed to review previous studies examining effects of physical activity and training in this population: A mini-review (*manuscript 1*) and two detailed book chapter (*manuscript 2* and *3*) reported that there is a lack of studies investigating the effectiveness of motor training in people with dementia on symptoms such as fear of falling or depression and on cognitive abilities. Regarding the reduction of cognitive deficits, combined motor and cognitive exercises might be promising training approaches that lead to specific effects on dual-task abilities which are already reduced in early stages of dementia and are particularly relevant to cope with everyday situations. Therefore, the aim was to enhance and evaluate a dementia-specific, motor-cognitive training concept in people with dementia.

To evaluate a motor-cognitive training concept, specific assessment methods are needed. Although a variety of dual-task assessments to measure training-related performances on these abilities have been presented in the literature, they are not well established in the area of the geriatric assessment yet. Validation studies that examine relevant psychometric qualities of classical dual-task assessments are lacking especially in people with dementia. Additionally, innovative motor-cognitive assessment strategies enhancing the geriatric assessment with essential elements are needed. Therefore, the present thesis addresses the development and validation of assessments measuring motor-cognitive abilities in people with mild to moderate dementia which were trained in a dementia-specific training concept:

*Manuscript 4* includes the validation of an innovative assessment approach that is directly incorporated into a computerized, game-based training method (Physiomat®) assessing training-related, motor-cognitive abilities. Physiomat® assessment shows good to excellent psychometric qualities (construct validity, test-retest reliability, sensitivity to change, and feasibility) in people with dementia and allows an assessment of motor-cognitive functions during game-play. Physiomat® assessment was used to measure effects of a developed Physiomat® training as a component of the dementia-specific training concept. *Manuscript 5* represents, that people with mild to moderate dementia can significantly improve in Physiomat® tasks regarding duration and accuracy. Participants also learned to complete a larger number of Physiomat® tasks after training. Training effects can also be found in untrained conditions and were partly sustained three months after training cessation.

*Manuscript 6* addresses the validation of classical Dual-Task assessment approaches (e.g. walking while counting). Results show moderate to excellent psychometric qualities (construct validity, test-retest reliability, sensitivity to change, and feasibility) and therefore indicate adequate applicability to assess motor-cognitive functions in the targeted sample.

Due to a lack of assessments to measure qualitative aspects of sit-to-stand transfer, a further aim of this thesis was the development and validation of an innovative instrument assessing motor and cognitive aspects of a compensatory sit-to-stand maneuver (ACSID: Assessment of Compensatory Sit-to-Stand maneuvers In people with Dementia) (*manuscript 7*). Findings

show good to excellent psychometric qualities (construct and concurrent validity, inter- and intra-rater reliability, sensitivity to change, and feasibility) indicating that ACSID is useful in people with dementia in a clinical context.

Overall, the present thesis makes a contribution to questions regarding the trainability of motor-cognitive functions using innovative training methods in multimorbid, geriatric patients with mild to moderate dementia. Additionally, present findings promote the implementation of a so far untapped potential of motor-cognitive requirements in terms of its use as assessment instruments in the clinical context to detect motor-cognitive deficits or to measure effects of dementia-specific, motor-cognitive training.



## 1. Einleitung und Kapitelüberblick

Im Zuge des demografischen Wandels, der durch eine steigende Lebenserwartung und einer rückläufigen Geburtenrate gekennzeichnet ist, wird laut Statistischem Bundesamt (12. Koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung) der Anteil älterer Menschen (>60 Jährige) an der Gesamtbevölkerung in Zukunft erheblich zunehmen. Zudem wird die Zahl an Menschen mit Demenz aufgrund der zunehmenden Lebenserwartung drastisch ansteigen (WHO 2012, Werner et al. 2014). Im Jahr 2011 litten rund 1 Millionen Menschen allein in Deutschland an einer demenziellen Erkrankung, wobei Schätzungen auf eine Verdopplung der Anzahl an Betroffenen bis zum Jahre 2050 verweisen (z. B. Weyerer & Bickel 2007). Diese Entwicklungen zeigen sich auch speziell in der geriatrischen Rehabilitation. Mehr als ein Drittel der Patienten (über 40%) leidet unter einer kognitiven Beeinträchtigung oder Demenz, die mehrheitlich eine Nebendiagnose darstellt, den Verlauf der Rehabilitation aber deutlich beeinflussen kann (z. B. Dutzi et al. 2013, Dutzi et al. 2014). Die nationale S3-Leitlinie Demenzen empfiehlt, auch Menschen mit kognitiver Beeinträchtigung oder Demenz unabhängig des Schweregrades der kognitiven Defizite etablierte diagnostische und therapeutische Rehabilitationsmaßnahmen nicht zu verwehren (Interdisziplinäre S3-Praxisleitlinien. Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie, Psychotherapie und Nervenheilkunde 2010). Für einen Rehabilitationserfolg bei diesem speziellen Patientenkollektiv wird zudem eine Erweiterung um demenzspezifische Therapieziele in der ambulanten sowie stationären Rehabilitation vorgeschlagen (Korczak et al. 2012). Aufgrund von Erkenntnissen epidemiologischer Studien über den Zusammenhang körperlicher Aktivität und einem verminderten Risiko für demenzielle Erkrankungen sowie einer verbesserten physischen, kognitiven, aber auch psychischen Gesundheit, sind in den letzten Jahren körperliche Trainingsprogramme für den Bereich nicht-pharmakologischer Therapiemaßnahmen in den Fokus der Aufmerksamkeit gerückt. Konkrete Empfehlungen für körperliche Trainingsansätze für den rehabilitativen Kontext existieren aber bislang nicht. Dennoch weisen wissenschaftliche Arbeiten auf ein noch zu wenig ausgeschöpftes Rehabilitationspotenzial insbesondere mit Blick auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei diesem Patientenkollektiv hin (z. B. Schwenk et al. 2010). Um einen umfassenderen Überblick über den Forschungsstand zu körperlichen Trainingsprogrammen bei Menschen mit Demenz zu erhalten und Limitationen bisheriger Studien zu identifizieren, war ein erstes Ziel der Dissertation die Durchführung von Literaturanalysen in diesem Themengebiet, die in der Veröffentlichung einer Übersichtsarbeit und eines Buchkapitels zur Wirksamkeit körperlichen Trainings auf Sturzangst und Depressionen sowie eines Buchkapitels zur Wirksamkeit auf die Kognition dargestellt wurden. Die Trainierbarkeit kognitiver Funktionen durch körperliches Training nimmt einen besonderen Stellenwert in der Diskussion zur Wirksamkeit nicht-pharmakologischer Interventionen ein, da spezifische kognitive Teilleistungen mit alltagsrelevanten, motorischen Schlüsselqualifikationen und damit mit der Frage nach der Förderung von Selbständigkeit im Alltag und Lebensqualität assoziiert sind: Demenziell erkrankte Menschen weisen im Vergleich zu nicht kognitiv beeinträchtigten Personen ein deutlich höheres Sturzrisiko in Verbindung mit schwerwiegenderen Verletzungsfolgen auf (Campbell et al. 2004, Rösler et al. 2009). Charakteristisch ist bereits eine im frühen Stadium der Erkrankung bestehende verminderte aufmerksamkeitssabhängige Kontrolle komplexer motorischer Leistungen (z. B. Werner et al. 2014,

Perry & Hodges 1999), die für eine Einschränkung alltagsrelevanter Handlungen (Gehen, Stuhlaufstehen) und damit für ein bei Demenz stark erhöhtes Sturzrisiko verantwortlich sein kann. Dies unterstreicht die Notwendigkeit der Festlegung demenzspezifischer Behandlungsziele und körperlicher Trainingsprogramme, die insbesondere die Steigerung motorisch-kognitiver Leistungen (Dual-Tasks) durch gezieltes Training anstreben. Kombinierte Trainingsprogramme, die sowohl körperliche, als auch kognitive Bausteine enthalten, stellen besonders aussichtsreiche Konzepte zur Steigerung alltagsrelevanter Leistungen und somit dem Erhalt der Selbstständigkeit dar (z. B. Law et al. 2014). Das übergeordnete Ziel des Forschungsprojektes war daher die Weiterentwicklung eines erfolgreichen demenzspezifischen Trainingsansatzes (Schwenk et al. 2010) um zwei weitere Bausteine, die bei Menschen mit Demenz im bisherigen Forschungskontext nur wenig bis gar nicht untersucht wurden, aber für diese besondere Zielgruppe aufgrund ihrer besonderen Alltagsrelevanz als äußerst bedeutsam erscheinen: 1) Aufgrund der demenzspezifischen Defizite bei dem Sitzen-Stehen-Transfer und einem bei dieser Bewegungssequenz stark erhöhtem Sturzrisiko (z. B. Rapp 2009), kennzeichnet motorisches Lernen von Transferbewegungen einen relevanten Baustein demenzspezifischer Trainingsansätze, deren Wirksamkeit bei dem Kollektiv aber bislang noch nicht untersucht wurde. Die vorliegende Arbeit präsentiert daher erstmals das Konzept eines standardisierten Lernprogramms zur Verbesserung des Sitzen-Stehen-Transfers bei Menschen mit Demenz. 2) Bislang ist aufgrund unzureichender wissenschaftlicher Untersuchungen bei Menschen mit Demenz nicht ausreichend belegt, ob computergestützte Bewegungsspiele, so genannte *exergames*, bei diesem Patientenkollektiv zu einer langfristigen Steigerung trainingsbezogener, motorisch-kognitiver Leistungen führen. Die vorliegende Arbeit präsentiert daher Ergebnisse zur Evaluation der Effektivität eines motorisch-kognitiven Bewegungsspiels (Physiomat®) bei Menschen mit Demenz.

Häufig werden zur Überprüfung von Trainingseffekten klassische Testverfahren aus dem Bereich des geriatrischen Assessments verwendet (z. B. der Tinetti Test [Tinetti et al. 1985] zur Überprüfung der Gang- und Gleichgewichtsfähigkeit). Dies macht aber nur dann Sinn, wenn das genutzte Testverfahren ähnliche oder identische motorische und/oder kognitive Leistungsdomänen erfasst, die auch trainiert wurden; andernfalls würde nicht etwa eine Überprüfung von Trainings-, sondern von Transfereffekten auf andere, nicht trainierte Bereiche vollzogen werden (vgl. Bahar-Fuchs et al. 2013). Da Trainingskonzepte zur Reduktion motorisch-kognitiver Defizite aufgrund ihrer besonderen Alltagsrelevanz im rehabilitativen Kontext zunehmend an Bedeutung gewinnen, bedarf es der Entwicklung und Validierung adäquater Assessmentverfahren, welche die Defizite und trainingsbezogenen Effekte auf die motorisch-kognitive Leistungsfähigkeit abbilden können. Bislang nehmen Testverfahren zur Erfassung dieser Leistungen (Dual-Task Testverfahren) im Rahmen des geriatrischen Assessments allerdings noch einen eher untergeordneten Stellenwert ein. Motorische und kognitive Leistungen werden zu selten in Kombination in den Blick genommen, obwohl geeignete Teststrategien in der Forschungsliteratur vorliegen, die allerdings bislang nur unzureichend validiert und bei Menschen mit demenzieller Erkrankung erprobt wurden. Das Ziel des Dissertationsprojektes war daher die Überprüfung relevanter Testgütekriterien von drei Assessmentverfahren zur Quantifizierung der Effekte eines gangbasierten Dual-Task Trainings, des motorischen Lernprogramms zur Verbesserung des Sitzen-Stehen-Transfers sowie des computergestützten

Trainings unter Verwendung eines Bewegungsspiels bei Menschen mit beginnender bis mittelschwerer Demenz.

Zunächst werden in Kapitel 2 neben relevanten demenzspezifischen Charakteristika die Bedeutung körperlichen Trainings auf psychische Symptome bei Demenz sowie der kognitiven Plastizität für die Trainierbarkeit kognitiver Leistungen erörtert und Ergebnisse einer Literaturliteraturanalyse zur Effektivität körperlicher Trainingsprogramme auf die Sturzangst und Depression (*Schrift 1 und 2*) und auf die Kognition (*Schrift 3*) vorgestellt. Auf Basis der Ergebnisse der Literaturliteraturanalysen wird in Kapitel 3 die Bedeutung des Trainings motorisch-kognitiver Leistungen zusammengefasst, wobei ein spezieller Fokus auf Spiele-basierten Trainingsansätzen und den bisherigen Forschungsstand zu diesem Themenbereich liegt. In Kapitel 4 werden relevante Funktionen von Assessmentverfahren in der Geriatrie beleuchtet und der aktuelle Forschungsstand mit Blick auf bereits etablierte Testverfahren zur Erfassung motorisch-kognitiver Leistungsfähigkeit skizziert. Vor diesem Hintergrund werden in Kapitel 5 die zentralen Forschungsziele und Fragestellungen der Dissertation detailliert formuliert. Es werden das weiterentwickelte Trainingskonzept sowie das Beobachtungsinstrument zur Erfassung eines kompensatorischen Bewegungsmaneuvers beim Sitzen-Stehen-Transfer und die Assessmentstrategie des entwickelten Bewegungsspiels Physiomat® vorgestellt. Anschließend werden die jeweiligen Kurzfassungen der zentralen Publikationen und Manuskripte dargestellt (Kapitel 6), welche die umfassende Validierung spezifischer Testverfahren zur Erfassung motorisch-kognitiver Leistungen im Rahmen des Bewegungsspiels Physiomat® (*Schrift 4*), trainingsbezogener Dual-Task Leistungen (*Schrift 6*), des kompensatorischen Bewegungsmaneuvers beim Sitzen-Stehen-Transfer (*Schrift 7*) sowie die Überprüfung der Effekte des Trainings mithilfe des Physiomat® (*Schrift 5*), eines gangbasierten Dual-Task Trainings (*in Vorbereitung*) sowie eines standardisierten Lernprogramms zur Verbesserung des Sitzen-Stehen-Transfers (*in Vorbereitung*) beinhalten. Eine Einordnung der gewonnenen Studienergebnisse in den Forschungszusammenhang (Kapitel 7) sowie ein Ausblick (Kapitel 8) erfolgen am Ende der vorliegenden Arbeit.

## 2. Demenzspezifische Verluste und vorhandene Ressourcen

Vor dem Hintergrund des wachsenden Anteils der älteren Bevölkerung und der steigenden Lebenserwartung, die mit einer Häufung altersspezifischer Erkrankungen und einem damit verbundenen erhöhten Bedarf an spezifischen therapeutischen und pflegerischen Leistungen einhergeht, geraten insbesondere demenzielle Erkrankungen zunehmend in den Blickpunkt der nationalen Gesundheitspolitik. Wenn in den nächsten Jahren keine wesentlichen Fortschritte im Bereich der Prävention und medizinischen, pflegerischen sowie therapeutischen Intervention gelingen, wird sich bei gegenwärtiger Lebenserwartung bei ca. einem Drittel der über 65jährigen Menschen im weiteren Alternsprozess eine Demenz entwickeln (Bickel 2012b, Werner et al. 2014).

Demenzen lassen sich nach ihrer Ätiologie in primäre Demenzen mit hirnorganischen Schädigungen (neurodegenerativ bedingte Demenzen wie Morbus Alzheimer, vaskulär bedingte demenzielle Erkrankungen wie Morbus Binswanger und Mischformen) und in sekundäre Demenzen mit nicht-hirnorganischen Schädigungen (z. B. vitaminbezogene Mangelzustände oder im Rahmen psychischer Erkrankungen wie der Depression) einteilen (vertiefend z. B. Deutsche Alzheimer Gesellschaft 2009). Demenzielle Erkrankungen sind generell durch kognitive Defizite charakterisiert. Neben dem Leitsymptom der Gedächtnisdefizite zählen auch Störungen der Denkprozesse, der Sprache oder Beeinträchtigungen in der zeitlich-räumlichen Orientierung dazu (► Abb. 1).

Abbildung 1: Kognitive Leistungsdefizite bei Demenz

Gedächtnis	• Lern- und Erinnerungsleistung
Orientierung	• zeitliche und räumliche Orientierung
Aufmerksamkeit	• Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit • geteilte Aufmerksamkeit
Sprache / Aphasie	• Wortfindung • Sprachverständnis und Sprachflüssigkeit
Motorik / Apraxie	• Planung und Ausführung von Bewegungen
Agnosie	• Wahrnehmung und Wiedererkennen von Gegenständen / Personen
Denkvermögen	• Problemlösen und Schlussfolgern
Exekutivfunktionen	• Planung, Kontrolle, Strukturierung und Umsetzung komplexer und zielgerichteter Handlungen

Quelle: eigene Darstellung nach Werner et al. 2014, S. 29

Demenzen verlaufen progredient und sind mit drastischen gesundheitlichen (z. B. eine Häufung von Stürzen mit Verletzungsfolgen) sowie psycho-sozialen Folgen für die Betroffenen,

als auch für die pflegenden Personen verbunden. Auch die im Verlauf einer demenziellen Erkrankung auftretenden Veränderungen des psychischen Status bzw. Affekts, Veränderungen im Sozialverhalten und in Hinblick auf die emotionale Kontrolle sowie auftretende motorische Defizite, die im Zusammenhang mit dem kognitiven Abbau stehen können (► Kap. 3), stellen außerordentliche Herausforderungen für den Patienten sowie für die Angehörigen und Therapeuten dar (vertiefend z. B. [Werner et al. 2014](#)).

Bislang existieren keine kausal wirksamen pharmakologischen und nicht-medikamentösen Therapieansätze, welche insbesondere das Demenzrisiko und den Abbau kognitiver Leistungen sowie psychische Symptome bei Demenz nachweislich reduzieren. Folgende Teilkapitel skizzieren, dass Forschungsarbeiten dennoch auf effektive Interventionen zur Steigerung der psychischen und vor allem der kognitiven Gesundheit im hohen Lebensalter und bei Demenz hinweisen, die auf körperlichem Training basieren. Dies akzentuiert die Wichtigkeit des Einsatzes und der stetigen Weiterentwicklung körperlicher Trainingsprogramme bei Menschen mit Demenz.

## 2.1. Die Steigerung der psychischen Gesundheit bei Menschen mit Demenz

Bei Demenzen treten häufig Veränderungen des Affekts auf, die sich in depressiven Symptomen besonders in frühen Stadien der Erkrankung äußern (z. B. [Wallesch & Förstl 2005, S. 265 ff.](#)). Anteilig leiden ca. 40-50% der Personen mit beginnender Demenz unter Depressionen (z. B. [Ebert 2008](#)).

Aufgrund einer mangelnden Evidenz zur Wirksamkeit von Antidepressiva bei Menschen mit Demenz (z. B. [Bains et al. 2002](#)) werden zunehmend innovative, nicht-medikamentöse Ansätze zur Behandlung depressiver Symptome untersucht, die nicht nur psychotherapeutische Maßnahmen beinhalten, sondern auch auf körperlichem Training basieren. Repräsentative Querschnitts- und Längsschnittstudien weisen darauf hin, dass körperliches Training und körperliche Aktivität mit einer verbesserten psychischen Gesundheit, insbesondere mit der Reduktion von Depressionen, assoziiert ist (z. B. [Stephens 1988](#), [Weyerer 1992](#), [Abu-Omar et al. 2004](#)).

Neben Depressionen stellen vor allem Stürze bei älteren Menschen und Menschen mit Demenz ein herausragendes Gesundheitsthema dar ([Gillespie et al. 2009](#)). Stürze können einen beachtlichen Einfluss auf den psycho-sozialen Zustand haben und eine Sturzangst auslösen ([Arfken et al. 1994](#)), die wiederum in einem *circulus vitiosus* zu einer Reduktion der Mobilität, des funktionellen Status und damit zu einem erhöhten Sturzrisiko und zunehmender Anzahl an Stürzen bis hin zur Pflegebedürftigkeit führen kann.

Obwohl Menschen mit Demenz im Vergleich zu kognitiv gesunden Menschen häufiger stürzen, weisen sie einen geringeren Grad an Sturzangst auf als die Vergleichsgruppe ([Uemura 2012](#), [Fletcher 2004](#)), was möglicherweise auf eine bei Demenz auftretende falsche Sturzrisikoeinschätzung bei der Ausübung von Aktivitäten zurückzuführen ist ([Delbaere 2011](#)). Sturzangst und der Einfluss körperlicher Aktivität ist bei Menschen mit Demenz generell wenig untersucht.

Um einen Überblick über den Forschungsstand zur Wirksamkeit körperlicher Trainingsprogramme auf Sturzangst und Depressionen bei älteren Menschen und Menschen mit Demenz zu erhalten, war ein vorgeschaltetes Ziel der Dissertation die Durchführung einer Literaturanalyse.

### 2.1.1. Effekte körperlichen Trainings auf Sturzangst und Depression (*Schrift 1 und 2*)

---

**Gogulla S, Lemke N, Hauer K. (2012)** *Effekte körperlicher Aktivität und körperlichen Trainings auf den psychischen Status bei älteren Menschen mit und ohne kognitive Schädigung.* Zeitschrift für Geriatrie und Gerontologie 45, 279-289.

**Gogulla S, Lemke N, Hauer K. (2014)** *Effekte eines körperlichen Trainings bei älteren Menschen und bei Menschen mit Demenz auf die Psyche.* In: Therapie bei Demenz – Körperliches Training bei Demenz, Baden-Württemberg Stiftung gGmbH (Hrsg.), Stuttgart, 126-168.

---

**Hintergrund:** Aufgrund der Tatsache, dass psychische Symptome wie Sturzangst und Depressionen im Alter zu vermindeter Lebensqualität führen und nicht-pharmakologische Interventionen in den Fokus rücken, war ein erstes Ziel, einen Literaturüberblick bisheriger Studien darzubieten, in denen die Wirksamkeit körperlicher Trainingsprogramme untersucht wurde. Die Ergebnisse der Literaturanalyse wurden in einer Übersichtsarbeit und in einem Buchkapitel dargestellt.

**Methode:** Die Literaturanalyse umfasste die Suche nach randomisierten, kontrollen Studien (Studien der Evidenzklasse I) und systematischen Übersichtsarbeiten zu Effekten körperlichen Trainings auf die Psyche (Sturzangst und Depression) bei älteren Menschen mit und ohne kognitiver Einschränkungen bzw. Demenz. Die Literatursuche erfolgte vornehmlich in PubMed und Gerolit mit den Suchbegriffen „physical activity“, „physical exercise“, „depression“, „depressive disorder“, „fear of falling“, „cognitive impairment“, „cognition disorders“, „dementia“, „older adults“, „older people“ und „elderly“. Zusätzlich wurde eine manuelle Suche über Referenzlisten identifizierter Übersichtsarbeiten durchgeführt. Nur Artikel in deutscher und englischer Sprache wurden eingeschlossen.

**Ergebnisse:** Die Mehrzahl der identifizierten Studien belegt eine signifikante Reduktion von Depressionen und Sturzangst durch körperliches Training bei älteren Menschen. Kraft- und Ausdauerprogramme sowie multifaktorielles Training stellten sich als besonders wirksam heraus. Es konnten aber nur wenige Arbeiten identifiziert werden, die eine Wirksamkeit körperlicher Trainingsprogramme auf Sturzangst und Depressionen bei Menschen mit kognitiver Einschränkung oder Demenz untersuchten.

**Zusammenfassung:** Aufgrund nur weniger Studien, die Menschen mit Demenz einschlossen und zudem meist nur eine kleine Gruppengröße untersuchten, kann die Effektivität körperlicher Trainingsprogramme auf Sturzangst und Depressionen bei Menschen mit Demenz bislang nicht ausreichend belegt werden. Die Frage nach spezifischen Trainings zur Steigerung des emotionalen Befindens bei Menschen mit Demenz bleibt damit offen, auch wenn Hinweise auf einen positiven Einfluss insbesondere von Gruppenprogrammen existieren.

---

Neben der Möglichkeit zur Steigerung der psychischen Gesundheit durch nicht-pharmakologische Ansätze wie die eines körperlichen Trainings, weisen zentrale Arbeiten der Interventionsgerontologie auch auf eine Anpassungs- und Veränderungsfähigkeit des Gehirns und somit auf eine potenzielle Leistungssteigerung kognitiver Funktionen im hohen Alter und

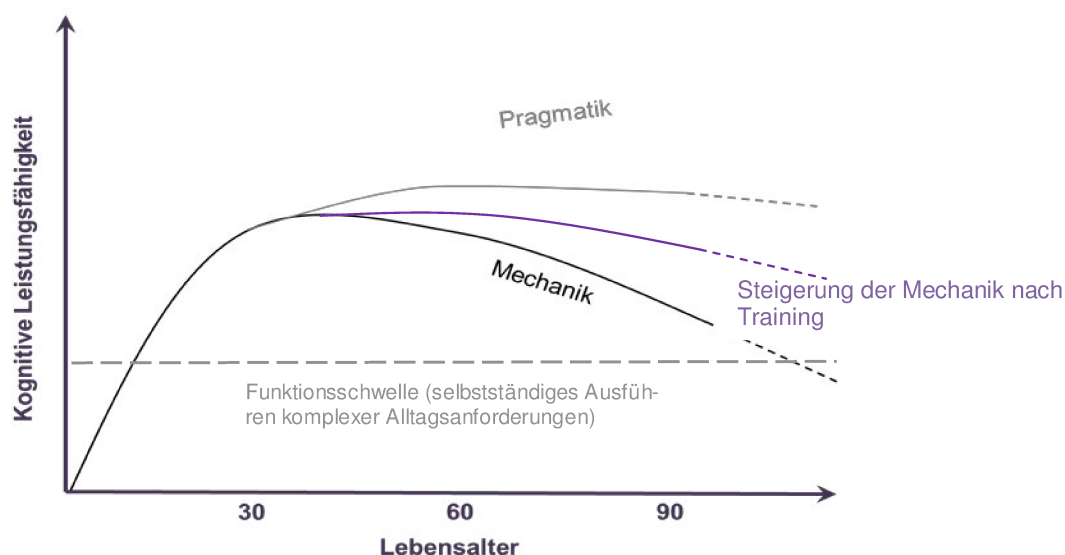


bei bereits vorliegender kognitiver Beeinträchtigung hin, die im folgenden Teilkapitel thematisiert wird.

## 2.2. Kognitive Plastizität

Spezifische kognitive Teilleistungen, insbesondere die Verarbeitungsgeschwindigkeit, aufmerksamkeitsbezogene Funktionen und Exekutivfunktionen, die in der kognitiven Altersforschung auch mit dem Begriff der fluiden Mechanik, der „*Hardware des Gehirns*“, umschrieben werden, nehmen mit dem Alternsprozess nachweislich ab (z. B. Zimpich 2004, Salthouse 1996). Die kristalline Pragmatik, die „*Software des Gehirns*“, d. h. wissens- bzw. kulturbasierte Leistungen wie z. B. professionelle Expertise oder Sprache, kann dagegen bis ins höchste Alter erhalten bleiben und sogar über die Lebensspanne hinweg weiter zunehmen und die Reduktion mechanischer Prozesse bis zu einem gewissen Grad kompensieren (vertiefend z. B. Cattell 1963, Baltes 1999, Gunzelmann & Oswald 2005, S.38ff.; ► Abb. 2).

Abbildung 2: Altersspezifische Veränderungen der Mechanik und Pragmatik der Intelligenz



Quelle: nach Cattell (1963)

Lange Zeit galt die Abnahme der geistigen Leistungsfähigkeit im Alter, insbesondere der mechanischen Anteile, als unveränderbarer biologischer Abbauprozess, der sich auch in einem einstmalig diskutiertem Defizitmodell des Alterns widerspiegelt, welches den Zusammenhang zwischen dem Alternsprozess und der Zunahme an körperlichen, seelischen und geistigen Einschränkungen und Verlusten kennzeichnet (z. B. Wechsler 1944, vertiefend: Nigg & Steidl 2005). Erfolge der Interventionsgerontologie konnten aber zeigen, dass selbst im höchsten Alter Ressourcen zu einer positiven physischen und kognitiven Entwicklung vorhanden sind, welche die Kompetenzen und Potenziale auch mit Blick auf die kognitive Leistungsfähigkeit betonen (vgl. z. B. Baltes & Willis 1982, Kruse & Wahl 2007). Studien konnten z. B. ein Entwicklungspotenzial in Bezug auf die fluide Mechanik nachweisen, indem sie zeigten, dass ein kognitiver Abbau unter bestimmten (Umwelt-)Bedingungen gehemmt werden kann und

Menschen im hohen Alter sogar eine Leistungssteigerung hinsichtlich mentaler Fähigkeiten erzielen können, die der jüngerer Menschen entspricht (Kliegl et al. 1989, Bherer et al. 2006) oder diesen in bestimmten kognitiven Domänen wie etwa in Dual-Task Leistungen sogar übersteigt (Bherer et al. 2006, Bherer & Belleville 2004).

Die im hohen Alter bestehenden kognitiven Entwicklungspotenziale, d. h. die Möglichkeit, kognitive Reserven zu aktivieren, sich dadurch neue mentale Strategien anzueignen und somit auch eine signifikante Leistungssteigerung zu erzielen (z. B. Kliegl & P. Baltes 1987, Bherer 2015), erfordern eine Veränderungs- bzw. Adaption- oder Kompensationsfähigkeit der neuronalen Netzwerke, was man mit dem Begriff der Plastizität oder kognitiven Reservekapazität beschreibt, die in allen Lebensaltern in hohem Maße vorhanden ist (vertiefend z. B. Kruse 1999, S. 19ff, Perneckzy 2011). So kann das Gehirn etwa auf veränderte äußere Rahmenbedingungen, z. B. auf eine neue Anforderung im Alltag durch Aktivierung zusätzlicher Nervenzellen reagieren (Adaption). Im Falle einer Hirnschädigung, z. B. bei Demenz, kann diese etwa durch die Aktivierung anderer Hirnareale oder durch das Ausschalten von Störfaktoren ausgeglichen werden, um eine bestimmte Anforderung trotz Schädigung bewältigen zu können (Kompensation) (vertiefend z. B. Perneckzy 2011). Das Ausmaß an kognitiver Reservekapazität fällt allerdings individuell – aufgrund verschiedener Faktoren – sehr unterschiedlich aus und kann daher bei gleicher Hirnschädigung einen individuell unterschiedlichen Schweregrad demenzspezifischer Symptome erzeugen (vertiefend Perneckzy 2011). So ist es möglich, dass Personen mit einem hohen Ausmaß an kognitiver Reservekapazität und fortgeschrittener neurodegenerativer Erkrankung nur schwach ausgeprägte Krankheitssymptome zeigen.

Wenngleich kognitive Reservekapazität in individuell unterschiedlich großem Ausmaß vorliegt, so ist doch vor allem ihre Existenz für die Frage nach der Modifizierbarkeit kognitiver Leistungen wesentlich. Entscheidend für einen effektiven Nutzen der grundsätzlich vorhandenen Plastizität sind letztendlich bestimmte Umweltbedingungen, vor allem spezielle Trainingsmaßnahmen, die beeinflussen können, ob und in welchem Ausmaß die neuronalen Netzwerke stimuliert werden (Kruse 1999, S. 22).

Zahlreiche Studien konnten bei älteren, kognitiv gesunden Menschen eine Leistungssteigerung in verschiedenen kognitiven Teilbereichen (z. B. Aufmerksamkeit, Exekutivfunktionen, Gedächtnisfunktion, räumliche Orientierung) nach spezifischem kognitiven Training belegen (z. B. Mahncke et al. 2006, Ball et al. 2002, Smith et al. 2009). Das mentale Training stimuliert Denk- und Lernprozesse, was letztendlich zur Aktivierung der kognitiven Reserven und damit zur Leistungssteigerung führt. Diese und weitere wissenschaftliche Arbeiten u. a. von Bherer und Kollegen (2006), in denen gezeigt werden konnte, dass sich sowohl jüngere, als auch ältere Studienteilnehmer nach spezifischem Training in kognitiven Teilleistungen (exekutive Kontrollprozesse / Aufmerksamkeitskontrolle) signifikant verbessern und eine Leistungssteigerung auch in nicht trainierten Aufgabenkombinationen zu finden war, geben einen merklichen Hinweis auf das Vorhandensein kognitiver Reservekapazität im hohen Alter.

Die Wirksamkeit kognitiver Trainings bei Menschen mit Demenz wurden lange kontrovers diskutiert, wobei eine fehlende Berücksichtigung individueller Leistungsunterschiede der Studienteilnehmer sowie der unzureichenden Generalisierbarkeit von Trainingseffekten auf Alltagsleistungen eine mangelnde Evidenz z. T. begründete (Werheid & Thöne-Otto, 2006).



Werheid & Thöne-Otto (2006) legen aber dar, dass neuere Untersuchungen vor allem mit Blick auf Trainingsstrategien, die sich stärker auf alltagsrelevante Bereiche (z. B. Realitäts-Orientierungs-Training), andere demenzspezifischen Strategien wie etwa das Vermeiden von Fehlern („*errorless learning*“), oder eine stärkere Ressourcenorientierung etwa mit Blick auf die bei Demenz gut erhaltene prozedurale Lernfähigkeit, konzentrieren, zu positiven Effekten auf die Kognition führen kann.

Basierend auf einer Vielzahl epidemiologischer Studien, die einen Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und strukturellen sowie funktionellen Veränderungen im Gehirn und einer damit verbundenen Veränderung der kognitiven Leistungsfähigkeit nachweisen konnten (z. B. Colcombe & Kramer 2003, Erickson 2011, Kramer & Erickson 2006), wurden in den letzten Jahren spezifische körperliche Trainings hinsichtlich ihrer Effektivität auf die Kognition intensiv untersucht. Um einen umfassenderen Überblick über den Forschungsstand zu effektiven, körperlichen Trainingsprogrammen auf die Kognition bei Menschen mit Demenz zu erhalten und um Limitationen bisheriger Studien zu identifizieren, war ein weiteres Ziel der vorliegenden Arbeit eine zweite Literaturanalyse in diesem Themengebiet.

### 2.2.1. Effekte körperlichen Trainings auf die Kognition (*Schrift 3*)

Lemke N, Gogulla S, Hauer K. (2014) *Effekte körperlicher Aktivität auf die Kognition im Alter und bei Demenz*. In: *Therapie bei Demenz – Körperliches Training bei Demenz*, Baden-Württemberg Stiftung gGmbH (Hrsg.), Stuttgart, 98-126.

**Hintergrund:** Vor dem Hintergrund einer in den letzten Jahren großen Vielzahl an wissenschaftlichen Untersuchungen zu kausal wirksamen, nicht-pharmakologischen Therapieansätze, die das Demenzrisiko und den kognitiven Abbau reduzieren können, war es Ziel, einen Literaturüberblick und die Darstellung wesentlicher Limitationen bisheriger Studien darzubieten.

**Methode:** Die Literaturanalyse umfasste die Suche nach randomisierten, kontrollen Studien (Studien der Evidenzklasse I) und systematischen Übersichtsarbeiten zum Effekte körperlichen Trainings auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei älteren Menschen mit und ohne kognitiver Einschränkungen bzw. Demenz. Die Literatursuche erfolgte vornehmlich in PubMed mit den Suchbegriffen „physical activity“, „physical exercise“, „motor training“, „cognition“, „cognitive functions“, „cognitive impairment“, „cognition disorders“, „dementia“, „older adults“, „older people“ und „elderly“. Zusätzlich wurde eine manuelle Suche über Referenzlisten identifizierter Übersichtsarbeiten durchgeführt. Nur Artikel in deutscher und englischer Sprache wurden eingeschlossen.

**Ergebnisse:** Die Analyse ergab, dass bei Menschen mit bestehender kognitiver Beeinträchtigung oder Demenz Trainingseffekte auf die kognitive Leistungsfähigkeit nur eingeschränkt nachweisbar sind, da nur wenige randomisierte, kontrollierte Studien vorliegen. Die wenigen Studien konnten aber zeigen, dass Menschen mit kognitiver Beeinträchtigung durchaus in vergleichbarem Maße wie gesunde Ältere von körperlichen Trainingsprogrammen, speziell von Ausdauertrainings oder kombinierten Ansätzen mit den Inhalten Ausdauer, Kraft und Balance, mit Blick auf kognitive Teilleistungen wie Exekutivfunktionen und Gedächtnis profitieren können. Die Trainingseffekte auf einzelne kognitive Teilbereiche lassen allerdings keine eindeutigen spezifischen Muster erkennen.

**Zusammenfassung:** Aufgrund nur weniger Studien, die Menschen mit Demenz einschlossen und zudem meist eine nur kleine Gruppengröße untersuchten, kann die Effektivität körperlicher Trainingsprogramme auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei Menschen mit Demenz nicht eindeutig nachgewiesen werden. Etablierte Trainingsinhalte (Ausdauer, Balance und Kraft) führen zu einer unspezifischen kognitiven Leistungssteigerung. Die Ergebnisse der Literaturanalyse verdeutlichten, dass insbesondere spezifischere Trainingsansätze wie motorisch-kognitive Trainings (Dual-Tasking) zu spezifischen Verbesserungen motorisch-kognitiver Leistungen führen, die eine besondere Alltagsrelevanz besitzen. Es bedarf allerdings weiterführender, qualitativ hochwertiger Forschung mit Blick auf motorisch-kognitive Trainingsansätze bei Menschen mit Demenz.

---

Die Trainierbarkeit der motorisch-kognitiven Leistungsfähigkeit nimmt einen besonderen Stellenwert in der Diskussion zur Wirksamkeit nicht-pharmakologischer Interventionen ein, da spezifische kognitive Teilleistungen mit alltagsrelevanten motorischen Schlüsselqualifikationen und damit mit der Frage nach der Förderung einer weitestgehend selbstständigen Alltagsbewältigung in Zusammenhang stehen.

### 3. Trainierbarkeit motorisch-kognitiver Leistungen bei Demenz

#### 3.1. Alltagsrelevanz motorisch-kognitiver Leistungen

Bei Menschen mit Demenz sind neben kognitiven, psychischen und affektiven Auffälligkeiten auch Beeinträchtigungen in der Motorik charakteristisch. Im Krankheitsverlauf kommt es häufig zu deutlichen Leistungseinbußen vor allem in der Gleichgewichtsfähigkeit und bei motorischen, alltäglichen Schlüsselqualifikationen (Transferbewegungen und Gehen) (Allan et al. 2005, Manckoundia et al. 2006, van Iersel et al. 2004, Verghese et al. 2007). In Bezug auf Transferbewegungen (Aufstehen und Hinsetzen) ist ein Verlust der Bewegungskontrolle kennzeichnend, der zu einer fehlerhaften Bewegungskontrolle mit verminderter Rumpfvorneigung und unzureichender Verlagerung des Körperschwerpunktes über die Unterstützungsfläche während des Transfers führt (Manckoundia et al. 2006, Scarborough et al. 2007; ► Abb. 3). In Blick auf Gangleistungen sind eine verminderte Gehgeschwindigkeit, eine lange Bodenkontaktzeit der Füße mit großer Spurbreite, Kleinschrittigkeit und eine deutliche Schrittlängenvariabilität mit Spurabweichung charakteristisch (van Iersel et al. 2004). Diese Leistungseinbußen in alltäglichen motorischen Handlungen stellen die Hauptrisikofaktoren für eine bei Demenz zwei- bis dreifach erhöhte Sturzinzidenz (z. B. Buchner & Larson 1987, Morris et al. 1987) mit drei- bis viermal höherem Verletzungs- und Mortalitätsrisiko (Lord et al. 2001) dar, was zudem die Wahrscheinlichkeit einer Pflegeheimweisung erhöht.

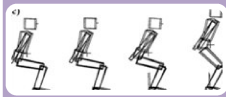
Abbildung 3: Transferstrategien

**Momentum Transfer ("gesunde" Transferbewegung)**

- Fortlaufende Rumpfflexion
- Körperschwerpunkt beim Lift-off hinter Füßen
- Flüssiger Übergang der Rumpfflexion in simultane Knie- und Rückenextension

**Exaggerated Trunk Flexion (kompensatorische Transferstrategie)**

- Ausgeprägte Rumpfflexion vor Lift-off
- Körperschwerpunkt beim Lift-off über Füßen
- Verzögerte Rumpfextension am Bewegungsende
- die geringe Kraftleistung in den Oberschenkeln wird kompensiert

**Dominant Vertical Rise (demenzspezifische Transferstrategie)**

- Geringe Rumpfflexion
- Körperschwerpunkt beim Lift-off hinter Füßen
- Vertikale Bewegungskomponente dominiert / schnelle Knie-Hüftextension
- erfordert viel Kraft in den Oberschenkeln. Durch geringe Kraftleistung bei älteren Menschen resultiert eine stark erhöhte Sturzgefahr

Quelle: Eigene Darstellung nach Scarborough (2007)

Die aufgeführten Defizite in alltagsrelevanten Bewegungsabläufen bei Menschen mit Demenz lassen sich grundsätzlich durch eine Reduktion der körperlichen Aktivität und durch, teilweise auch daraus resultierende, altersspezifische Veränderungen des Skelettsystems (z. B. reduzierte Kraftleistung durch Muskelabbau), der Gleichgewichtsfähigkeit oder auch der Sinnesorgane (verminderte Seh- und Hörfähigkeit) begründen, stehen aber auch mit Störungen spezifischer kognitiver Teilleistungen in einem engen Zusammenhang. Die motorischen Beeinträchtigungen werden dabei vor allem durch krankheitsspezifische kognitive Defizite im Bereich der Aufmerksamkeit, der räumlich-zeitlichen Orientierung sowie der Exekutivfunktionen (Handlungsplanung und -kontrolle) verstärkt. Die Kausalität zwischen den Bewegungsdefiziten und dem stark erhöhten Sturzrisiko bei Demenz wird mit einer Verminderung sogenannter motorisch-kognitiver Leistungen, den so genannten Dual-Tasks, begründet (Lundin-Olsson 1998). Bei simultaner Bewältigung einer motorischen (z. B. Gehen) und kognitiven (z. B. Sprechen) Anforderung, für die u. a. geteilte Aufmerksamkeit (z. B. Baddeley 2001) notwendig ist, kommt es bereits im Frühstadium einer Demenz zu einer signifikanten Leistungsreduktion etwa in Form einer verlangsamten Gehgeschwindigkeit (Pettersson 2007, Schwenk 2010, Sheridan 2003) oder einer geringeren Kraftleistung (Hauer 2002, 2003), da die Betroffenen nicht mehr in der Lage sind, ihre Aufmerksamkeit in ausreichendem Maße auf beide Aspekte zu richten. Die hinzukommende kognitive Anforderung führt schlussendlich dazu, dass komplexe motorische Handlungen nicht mehr fehlerfrei initiiert, kontrolliert und ausgeführt werden können. Der überdurchschnittliche Leistungseinbruch bezüglich der Motorik unter Dual-Task Bedingungen und die damit zusammenhängende Sturzgefährdung ist bei Menschen mit Demenz daher vor allem auf eine Reduktion der aufmerksamsabhängigen Kontrolle der Exekutivfunktionen (Perry & Hodges 1999) zurückzuführen.

Spezifische Trainingsansätze, die eine Steigerung alltagsrelevanter Leistungen wie etwa eine Verbesserung motorischer Handlungen unter Dual-Task Bedingungen anstreben, stellen sehr

aussichtsreiche Maßnahmen zur Reduktion des Sturzrisikos und damit der Pflegebedürftigkeit dar. Folgende Kapitel geben dazu einen kurzen Überblick.

### 3.2. Wirksamkeit motorisch-kognitiver Trainingsansätze bei Menschen mit Demenz

In der Forschungsliteratur wird eine positive Wirkung ganz unterschiedlicher motorisch-kognitiver Interventionen beschrieben, doch lassen sich auch Forschungslücken identifizieren, die im Folgenden kurz dargestellt werden.

„Traditionelle“ motorisch-kognitive Trainings beinhalten häufig das Training der Gehfähigkeit oder Gleichgewichtsfähigkeit unter Dual-Task Bedingungen. In einer randomisierten, kontrollierten Interventionsstudie am AGAPLESION Bethanien Krankenhaus Heidelberg wurde erstmals die Wirksamkeit eines solchen Dual-Task Trainings bei Menschen mit leichter bis mittelschwerer demenzieller Erkrankung nachgewiesen (Schwenk et al. 2010). Schwenk et al. (2010) konnten zeigen, dass sich die Studienteilnehmer der Trainingsgruppe, welche u. a. das motorisch-kognitive Training durchführten, verglichen mit der Kontrollgruppe nach der Intervention signifikant in den Dual-Task Leistungen verbesserten (Reduktion der Dual-Task Kosten bezüglich wesentlicher Gangparameter wie etwa der Ganggeschwindigkeit und Schrittlängen unter der komplexen Dual-Task Bedingung Gehen und 3er-Schritte rückwärts Rechnen). Trotz dieser eindrucksvollen Ergebnisse von Schwenk et al. (2010) weist u. a. eine Übersichtsarbeit (Law et al. 2014) darauf hin, dass die Effektivität motorisch-kognitiver Trainingsansätze, die etwa die Steigerung der Gang- oder Gleichgewichtsfähigkeit unter Dual-Task Bedingungen fokussieren, bislang nur bei älteren Menschen ohne kognitive Beeinträchtigung und Demenz ausreichend gut nachgewiesen wurde.

Neben solchen Dual-Task Trainings, welche motorische (z. B. Gehen) mit kognitiven (z. B. Rechnen), oder motorische (z. B. Gleichgewicht halten) mit motorischen Handlungsübungen (z. B. einen Ball in die Luft werfen) zur Verbesserung der Motorik unter Dual-Task Bedingungen miteinander kombinieren, können auch spezifische motorische Lernprogramme zu motorisch-kognitiven Trainingsansätzen zählen. Diese Lernprogramme streben eine Steigerung aufmerksamkeitsabhängiger Schlüsselqualifikationen an. Hier werden durch gezielte Instruktionen (z. B. durch das Darbieten von Hinweisreizen) bestimmte komplexe Bewegungsmuster trainiert und somit (wieder-)erlernt bzw. verbessert, wobei diejenigen kognitiven Teilbereiche aktiviert werden, welche für die motorische Handlungskontrolle verantwortlich sind. Der Forschungsstand mit Blick auf motorische Lernprogramme bei Menschen mit Demenz enthält allerdings deutliche Lücken. Zwar konnten einige Studien belegen, dass motorisches Lernen, beispielsweise in Bezug auf die Verbesserung von Gangleistungen, bei Menschen mit Demenz grundsätzlich gelingen kann (z. B. Brach et al. 2013, Dick et al. 1996, Rouleau et al. 2002, Yan et al. 2006, van Swearingen et al. 2011), doch erlauben die Befunde der meisten Arbeiten aufgrund der Anwendung von Messverfahren, die nur sehr begrenzte motorische Teilleistungen erfassen, keine Assoziation mit komplexen Aktivitäten des täglichen Lebens (Cavaco et al. 2004, Voelcker-Rehage et al. 2006). Bislang ist auch keine Interventionsstudie bekannt, welche die Steigerung bzw. das Erlernen komplexer und alltagsrelevanter Bewegungsausführungen wie den Sitzen-Stehen-Transfer bei älteren Menschen und primär bei Menschen mit Demenz intendiert, obwohl dies mit Blick auf den negativen Ein-

fluss motorisch-kognitiver Defizite auf die Selbstständigkeit im Alltag besonderer Aufmerksamkeit bedarf (Yan 2009).

Seit einigen Jahren wendet man sich der Weiterentwicklung motorisch-kognitiver Trainingsstrategien zu. Die Wissenschaft zeigt dabei ein immer größer werdendes Interesse an innovativen technischen Lösungen (Robert et al. 2016). Ein besonderer Fokus der vorliegenden Dissertation liegt damit auf motorisch-kognitiven Trainingsmethoden, die durch den gezielten Einsatz computergestützter Applikationen charakterisiert sind.

### 3.3. Computergestütztes motorisch-kognitives Training: *Exergames* bei Demenz?

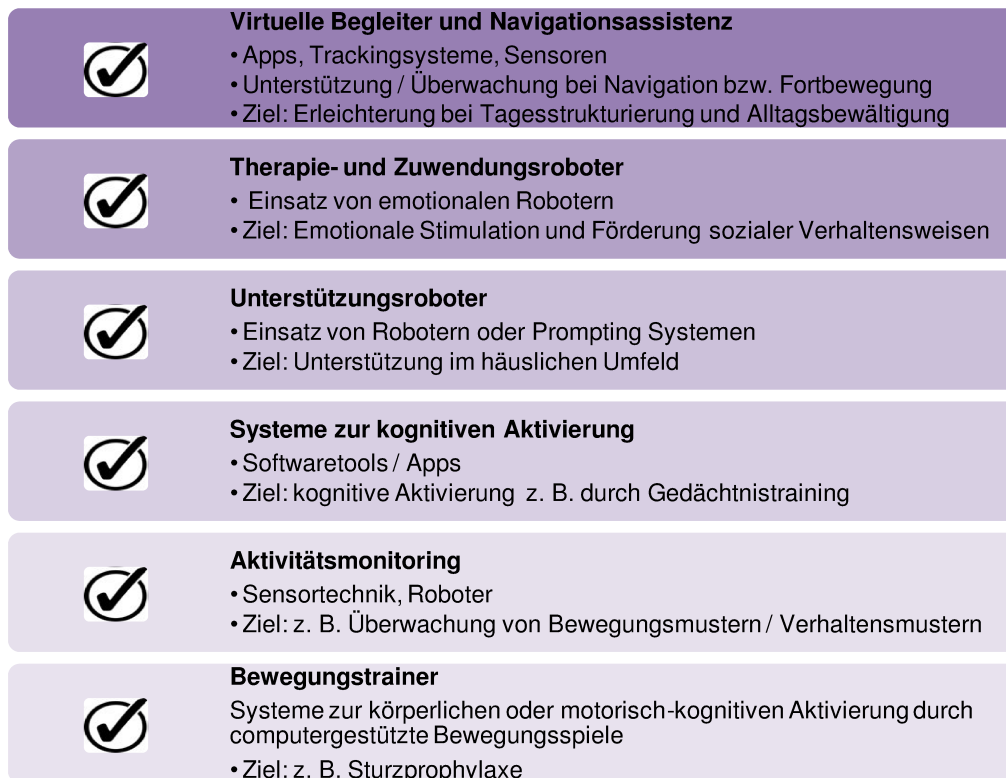
Neben dem zunehmenden Einsatz von Techniksystemen im Gesundheits- und Pflegebereich, welcher die Entwicklung einer Vielfalt so genannter assistierender Gesundheitstechnologien etwa bei der pflegerischen Versorgung demenziell erkrankter Menschen kennzeichnet, zeigt sich das wachsende Interesse an technischen Applikationen auch speziell im sporttherapeutischen Bereich. Was Technikeinsatz bei Menschen mit Demenz generell bedeutet, welche technischen Lösungen im Gesundheitsbereich existieren und welche Rolle interaktive Computerspiele im klinisch-rehabilitativen Bereich einnehmen können, zeigen zusammenfassend folgenden Teilkapitel.

#### 3.3.1. Technische Assistenzsysteme für Menschen mit Demenz

Assistierende Gesundheitstechnologien, die häufig auch mit dem Begriff „*ambient assisted living*“ (AAL) umschrieben werden, umfassen eine Menge computergestützter Anwendungen (► Abb. 4). AALs können in unterschiedlichen Arbeitsfeldern wie etwa im Bereich Wohnen (z. B. automatische Steuerung der Wohnungsbeleuchtung) und Wohnumwelt (Trackingsysteme), Gesundheit (Sturzmatten, computergesteuerte Rollatoren, Tablet-PCs mit Kognitionstrainingsprogrammen) oder im Bereich Kommunikation (internetbasierte Beratungsplattformen) Anwendung finden.

Ältere Menschen und sogar Menschen mit kognitiver Beeinträchtigung sind durchaus bereit, verschiedene Technologien zu nutzen (z. B. Claßen et al. 2014, Beil et al. 2015, Manea et al. 2015, Robert et al. 2016), vor allem dann, wenn die Anwendung einer Technologie einen bestimmten Nutzen erfüllt (z. B. zur Kompensation altersspezifischer Defizite) oder besonders leicht anzuwenden ist (Claßen et al. 2014, siehe auch: Technikakzeptanz-Modell nach Davis & Venkatesh 1996, S. 20).

Abbildung 4: Eine Übersicht über assistierende Gesundheitstechnologien



Quelle: eigene Darstellung nach Schultz et al. (2014)

Die Nutzungsbereitschaft hängt dementsprechend primär mit der Funktionalität (► Abb. 5) der AALs zusammen (vertiefend: z. B. Mollenkopf 2000, Claßen et al. 2014, Kruse & Schmidt 2014, Robert et al. 2016).

Abbildung 5: Klassifikation technischer Assistenzsysteme nach ihrer Funktion



Quelle: eigene Darstellung nach Mollenkopf (2000)

Technologien zur Prävention umfassen u. a. solche Applikationen, die in der Lage sind, spezifische gesundheitsbezogene Daten zu erfassen. Durch bestimmte Systeme wie etwa das Akti-



vitätsmonitoring, die durch Sensortechnik biomechanische Daten aufzeichnen können, ist es möglich, Notfallsituationen wahrzunehmen bzw. auf Gefahrensituationen wie etwa einer Sturzgefährdung oder Veränderungen des Herz-Kreislauf-Systems aufmerksam zu machen, um so kritische bzw. lebensbedrohliche Situationen zu verhindern (vertiefend z. B. Maschollek et al. 2012).

Zur Unterstützung Pflegenden kann etwa die so genannte Telemedizin dienen. Telemedizin umfasst insbesondere internetbasierte, audiovisuelle Kommunikationstechnologien, die es ermöglichen, auf digitalem Weg diagnostische Verfahren, Notfallversorgung und medizinisch-pflegerische Beratung sowie eine transparentere Pflege- und Therapiedokumentation durchzuführen (z. B. Fellhauer et al. 2014). Telemedizin kann daher etwa einen ärztlichen Hausbesuch gerade in ländlichen Regionen effektiv ergänzen.

Zu den assistierenden Gesundheitstechnologien, welche als eine Hilfe zur Alltagsbewältigung oder zur Kompensation altersspezifischer Defizite genutzt werden können, zählen eine Vielfalt an Systemen, die im Bereich der kognitiven, motorischen oder psycho-sozialen Intervention bei Menschen mit Demenz angewandt werden. Zu hoch modernen technischen Interventionsstrategien zählt die emotionale Robotik. Zur pflegerisch-therapeutischen Versorgung von Menschen mit Demenz werden Robotersysteme, wie z. B. die Kuschelrobbe Paro (Wada et al. 2008, ► Abb. 6) genutzt, die bei fortgeschrittener Demenz die häufig ausgeprägten fordernden Verhaltensweisen, Erregtheit und Apathie reduzieren können.

**Abbildung 6: Roboter-Robbe Paro zur psycho-sozialen Intervention**



Quelle: © Rainer Wohlfahrt, FAZ.net veröffentlicht am 15.05.2015

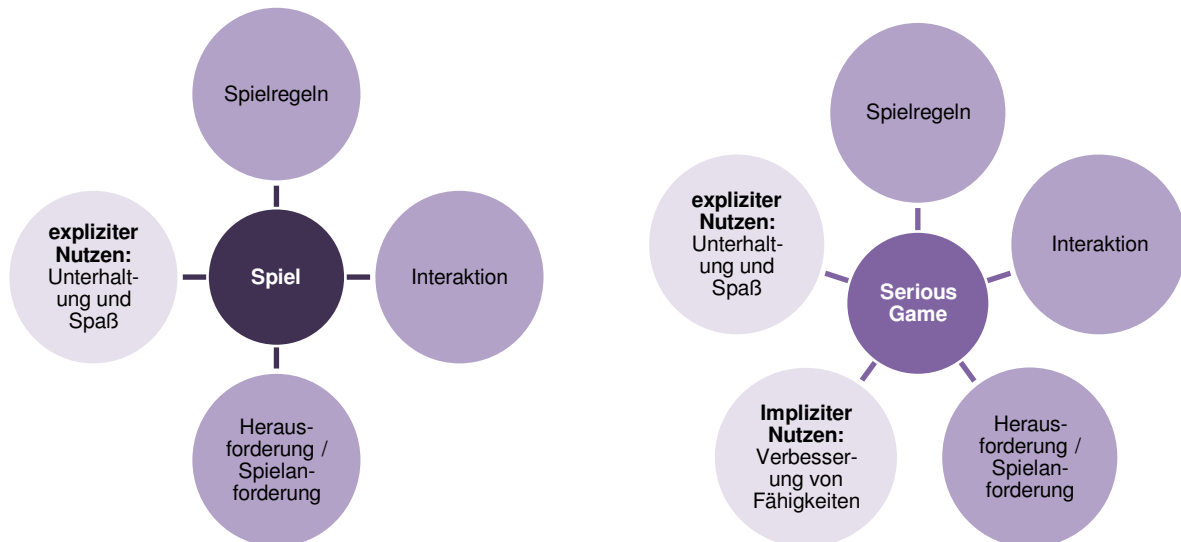
Computergestützte Systeme werden zudem zunehmend für ein systematisches Training bei älteren Menschen zur Aktivierung und Verbesserung kognitiver oder körperlicher Funktionen eingesetzt. Hier spielen die so genannten *serious games* eine bedeutsame Rolle.

### 3.3.2. *Serious games* als Trainingsmethode

In den letzten Jahren wächst das Interesse an *serious games*, das sind Trainingsmethoden, die in Spielform angeboten werden. *Serious games* sind Spiele-basierte Systeme, welche aber im Vergleich zu herkömmlichen Spielen explizit nicht nur der Unterhaltung, sondern implizit

auch der Steigerung von Fähigkeiten und Fertigkeiten dienen (vgl. Splithof 2016, Wattanasoontorn et al. 2013) (► Abb. 7).

Abbildung 7: Komponenten von Spielen und *Serious Games*



Quelle: Darstellung verändert nach Wattanasoontorn 2013

Einen Überblick über verschiedene Anwendungen von *serious games*, die insbesondere bei Menschen mit Demenz erprobt wurden, liefern u. a. McCallum et al. (2013).

Bei körperlich und kognitiv stärker eingeschränkten Patienten zeigen sich vor allem so genannte Touchscreen-Systeme als praktische und gut einsetzbare Lösung. Das „*AKTIV Multimodal Interaction System to Engage Patients with Dementia*“, ein System mit in einem Tablet-PC integrierten Spielen zur kognitiven und sozialen Aktivitätssteigerung bei Menschen mit Demenz (Putze 2014 S. 105 ff.) kann hier als ein Beispiel genannt werden. In einem auf einem Tablet-PC installierten Koch-Spiel, welches von Manera et al. (2015) erst kürzlich entwickelt wurde, werden kognitive Teilleistungen wie Exekutivfunktionen bei Menschen mit leichter kognitiver Einschränkung und Alzheimer Demenz trainiert. Neuere Studien führen weitere Beispiele an und konnten belegen, dass der Gebrauch von Tablet-PCs als Interventionswerkzeug bei pflegebedürftigen, demenziell erkrankten Menschen darüber hinaus das subjektive Wohlbefinden, das Aktivitätsniveau sowie die Interaktion mit den Pflegenden positiv beeinflussen ( z. B. Nordheim et al. 2015). Eine Studie des Gerontologischen Instituts der Universität Heidelberg konnte ebenfalls eindrucksvoll zeigen, dass ein Tablet-Memory Spiel bei Menschen mit Demenz zur Aktivierung von Emotionen, Wohlbefinden sowie kognitiver und psychosozialer Entwicklung beiträgt (Ehret et al. 2015).

Zur Verbesserung der bei Demenz reduzierten kognitiven Funktionen im Zusammenhang mit komplexen motorischen Schlüsselqualifikationen, die eine besondere Alltagsrelevanz aufweisen und in einem engen Zusammenhang mit dem bei Demenz erhöhten Sturzrisiko stehen (► Kap. 3), können *exergames*, eine besondere Form der *serious games*, genutzt werden.



### 3.3.3. Motorisch-kognitives Training mit *exergames*

*Exergame* ist eine Wortkreuzung aus den Begriffen *exercise* und *game* und beschreibt daher Spielformen, die durch Bewegungssequenzen gesteuert werden (vgl. Splithof 2016, van Diest et al. 2013). Der Spieler wird demnach auf eine spielerische Art und Weise mithilfe einer Computersimulation, die auf einer speziellen Software basiert, zur Ausführung bestimmter Übungen, z. B. zur Gleichgewichtsverlagerung, motiviert.

Bewegungsspiele haben in den letzten Jahren nicht nur bei gesunden, älteren Menschen (Pichierri et al. 2011, Schoene et al. 2014), sondern auch bei Menschen mit körperlichen (Webster & Celik 2014) sowie kognitiven Leistungsdefiziten und Demenz (Robert et al. 2014, McCallum & Boletsis 2013, Kazmi et al. 2014) Anwendung gefunden. Eine Vielzahl an Studien bei älteren Menschen ohne kognitive Beeinträchtigung konnte zeigen, dass *exergames* eine motivierende Strategie darstellen, um eine Verbesserung motorisch-funktioneller Leistungen (Lai et al. 2013, Studenski et al. 2010, Bisson et al. 2007, Chen et al. 2012, Clark & Kraemer 2009, Schwenk et al. 2014, Sihvonen et al. 2004), aber auch kognitiver Fähigkeiten (Anderson-Hanley et al. 2012, Eggenberger et al. 2015, Maillot et al. 2012) sowie kognitiv-motorischer Leistungen (z. B. Schoene et al. 2013) zu erzielen.

Einige wenige Studien konnten die Effektivität von interaktiven *exergames* auch bei Menschen mit kognitiven Defiziten auf kognitive Teilleistungen (Weybright et al. 2010, Yamaguchi et al. 2011), auf motorisch-funktionelle Fähigkeiten (Padala et al. 2012) und auf kognitiv-motorische Leistungen (Legouverneur et al. 2011) nachweisen. Eine weitere Studie konnte zeigen, dass eine Dosis-Wirkungs Beziehung mit Blick auf computergestützte motorisch-kognitive Trainingsmaßnahmen und deren Wirksamkeit auf kognitive Teilleistungen vorliegt (Bamidis et al. 2015); die Trainingseffekte verringern sich demnach mit zunehmender Schwere der kognitiven Beeinträchtigung. Trotz dieser vielversprechenden Ergebnisse fehlen randomisierte, kontrollierte Interventionsstudien bei einem ausreichend großen Patientenkollektiv mit einem bestätigtem Verdacht einer Demenz, der anhand etablierter, internationaler Standards und nicht nur – wie in der Mehrzahl der Studien – anhand kognitiver Screeningverfahren (z. B. durch die Anwendung des Mini Mental State Examination [MMSE]) erfasst wird.

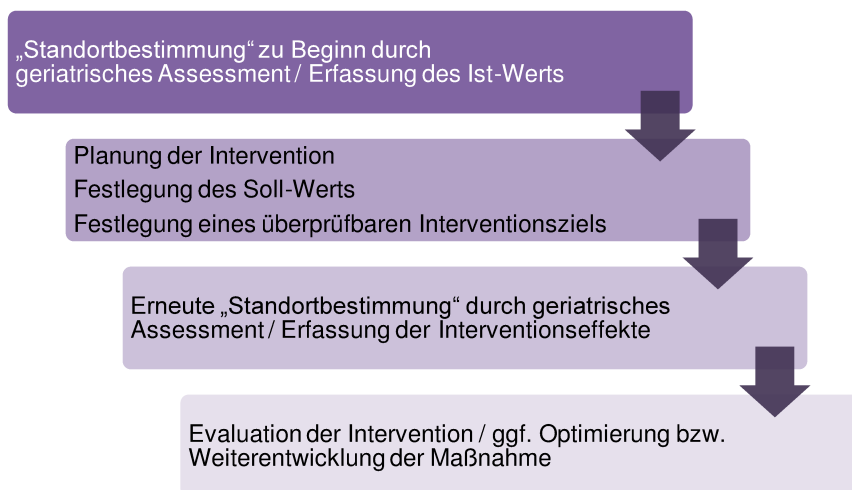
Die obigen Teilkapitel verdeutlichen, dass körperlicher Aktivität und speziell dem motorisch-kognitiven Training, unabhängig davon, welche Ansätze und Methoden gewählt werden, im Alter und gerade bei Demenz eine große Bedeutung zukommen. Die Wirksamkeit motorisch-kognitiver Trainingsansätze ist aber vor allem bei Menschen mit Demenz nicht ausreichend belegt. Daher ist die Weiterentwicklung und Evaluation solcher Trainings notwendig.

Die Erfassung von Trainingseffekten im Rahmen einer Evaluation erfordert adäquate Assessmentverfahren, welche die spezifischen, trainingsbezogenen Leistungen messen können. In den folgenden Teilkapiteln ist dargestellt, welche Bedeutung insbesondere den Bewegungsspielen zukommt und welche Lücken in der bisherigen Forschungsliteratur zu dieser Thematik identifiziert werden konnten.

#### 4. Assessmentstrategien zur Erfassung motorisch-kognitiver Leistungen

Im Rahmen der klinischen Versorgung älterer Menschen mit und ohne kognitive Beeinträchtigung stellt sich primär die Frage, inwiefern eine spezifische Intervention zu spezifischen Effekten bzw. zur Erreichung des festgelegten Therapieziels führt. Die Überprüfbarkeit von Interventionseffekten kann durch die Verwendung entsprechender Methoden gewährleistet werden und ist in den Gesamtkontext eines interdisziplinären diagnostischen Prozesses eingebunden, welcher als geriatrisches Assessment bezeichnet wird (Gunzelmann & Oswald 2005). Dieses dient unter anderem der Planung der Intervention auf Basis der Erfassung des aktuellen Leistungsprofils („Standortbestimmung“; Erfassung des Ist-Zustands des Patienten) sowie der Überprüfung deren Wirksamkeit (Erneute „Standortbestimmung“; Erfassung der Interventionseffekte) und mündet letztendlich in eine Evaluation der Interventionsmaßnahmen mit möglichen Optimierungsprozessen (► Abb. 8).

Abbildung 8: Funktion des geriatrischen Assessments in der Interventionsforschung



Quelle: Eigene Darstellung, vertiefend siehe Nikolaus 2000

Im Rahmen des geriatrischen Assessments stehen neben medizinischen (Anamnese und körperliche Befundung), pflegersichen (Pflegediagnostik), sozialen (z. B. Erfassung der Lebenssituation) und psychischen (affektives Assessment z. B. Erfassung depressiver Symptome) insbesondere kognitive (Erfassung kognitiver Teilleistungen) sowie motorische Zielgrößen (Erfassung der Kraft, Gleichgewichts- und Gehfähigkeit) im Fokus. Zur Auswahl geeigneter Assessmentinstrumente für die Erfassung dieser Komponenten existieren Empfehlungen (Arbeitsgruppe Geriatrisches Assessment [AGAST] 1997). Bislang nimmt die Erfassung motorisch-kognitiver Leistungen bzw. die Anwendung von Dual-Task Testverfahren im Rahmen des geriatrischen Assessments noch einen eher untergeordneten Stellenwert ein, obwohl gerade Dual-Task Leistungen als besonders sensitive und spezifische Indikatoren für das Nachlassen von Aufmerksamkeitsleistungen und damit zusammenhängenden Defiziten mit Blick auf die Handlungsplanung und –ausführung komplexer motorischer Schlüsselqualifikationen gelten (z. B. Baddeley et al. 1991, Sala & Logie 2001, Muir et al. 2012). Zudem gewinnen Trainingskonzepte zur Reduktion der Defizite in motorisch-kognitiven Leistungsbereichen im rehabilitativen Kontext zunehmend an Bedeutung, sodass deren Effektivität mittels geeigneter Dual-Task Assessments überprüft werden muss.

Das geriatrische Assessment ist vor allem auf die Erfassung der kognitiven *oder* motorischen Leistungsfähigkeit fokussiert. Motorische *und* kognitive Leistungen werden zu selten in Kombination in den Blick genommen, obwohl teilweise geeignete Teststrategien in der Forschungsliteratur vorliegen, die allerdings bislang nur unzureichend validiert und bei Menschen mit demenzieller Erkrankung erprobt wurden.

#### 4.1. Etablierte Dual-Task Assessmentverfahren: Gangbasierte Testverfahren

In der Literatur finden sich verschiedene Dual-Task Assessmentstrategien, die bei der Überprüfung von Trainingseffekten auf motorisch-kognitive Leistungen eine berechtigte Anwendung finden können: Sehr häufig werden Dual-Task Kombinationen wie Gehen und Sprechen (Lundin-Olsson et al. 1997), Gehen und Rechnen (Schwenk et al. 2010, Shumway-Cook et al. 2000, Sheridan et al. 2003, Yogev et al. 2005, Muhaidat et al. 2013a), Gehen kombiniert mit einer visuokonstruktiven Aufgabe (Schott et al. 2015) oder Gehen in Kombination mit einer Aufgabe zur verbalen Flüssigkeit (z. B. Verghese et al. 2002, Liu-Ambrose et al. 2009, Muhaidat et al. 2013a) genutzt.

Zur Erfassung von motorisch-kognitiven Dual-Task Leistungen werden häufig elektronische Ganganalysen als technikbasiertes Assessmentverfahren (z. B. Schwenk et al. 2011) eingesetzt, wobei hier vor allem die Ganggeschwindigkeit oder Gangvariabilität in den Blick genommen werden. Allerdings werden Effekte eines motorisch-kognitiven Trainings häufig nur anhand der gemessenen Zielvariablen (z. B. Ganggeschwindigkeit oder Gangvariabilität) in Single-Task (z. B. Gehen) oder Dual-Task Bedingungen (z. B. Gehen und Rechnen) überprüft, selten aber mit Blick auf die Messung von Veränderungen der Zielvariablen wie etwa die relativen Dual-Task Kosten, d. h. der prozentuale Leistungseinbruch z. B. der motorischen Anforderung unter Dual-Task Bedingungen (Ganggeschwindigkeit beim Rechnen) im Vergleich zur gleichen motorischen Anforderung unter Single-Task Bedingung (Ganggeschwindigkeit ohne Rechnen) (z. B. Schwenk et al. 2010, Yang et al. 2016, Muhaidat et al. 2013a). Zudem wurden bislang nur in unzureichendem Maße Validierungsstudien durchgeführt, die nicht nur motorische Zielvariablen (z. B. Ganggeschwindigkeit), sondern auch den kognitiven Anteil einer Dual-Task Anforderung (z. B. korrekte Rechenschritte) in den Blick nehmen (Yang et al. 2015). Validierungsstudien schließen darüber hinaus häufig Menschen mit Demenz aus, was mit einer Erschwerung der Assessmentabläufe aufgrund demenzspezifischer kognitiver, motorisch-funktioneller und neuropsychiatrischer Symptome (z. B. herausforderndes Verhalten) begründet wird (Boyle et al. 2002, Aalten et al. 2007, Hauer & Oster 2008). Eine umfassende Überprüfung von Dual-Task Testverfahren mit Blick auf relevante Testgütekriterien bei Menschen mit Demenz ist daher bislang nicht erfolgt.

#### 4.2. Assessmentverfahren zur Erfassung des Sitzen-Stehen-Transfers

Eine im geriatrischen Assessment eher untergeordnete Rolle kognitiver Leistungen in Verbindung mit motorisch-funktionellen Handlungen zeigt sich insbesondere am Beispiel von Assessments zur Erfassung von Transferleistungen. Wie bereits dargestellt wurde, erfordert gerade der Sitzen-Stehen-Transfer nicht nur rein motorische Qualifikationen wie etwa eine ausreichende Kraft der unteren Extremitäten, sondern auch kognitive Teilleistungen im Bereich der Exekutivfunktionen. Etablierte Assessmentverfahren zur Erfassung von Transferleistun-

gen bilden in der Regel allerdings nur die motorischen Komponenten dieser Schlüsselqualifikation ab. So erfasst etwa der Tinetti Test (Tinetti et al. 1986) mithilfe einer Ratingskala die Selbstständigkeit der Patienten von einem Stuhl aufzustehen, wodurch Rückschlüsse auf die Beinkraft möglich sind, sowie auf das Gleichgewicht im Sitzen und nach Beendigung des Transfers während der Standphase. Auch der Timed Up and Go Test (Podsiadlo et al. 1991) erfasst lediglich die motorische Komponente des Sitzen-Stehen und Stehen-Sitzen-Transfers, wobei hier nicht die Qualität der Handlung, sondern lediglich die Zeit ihrer Durchführung erfasst wird. Der so genannte Five-Chair Test (fünfmaliges Aufstehen) erfasst ebenfalls hauptsächlich die Beinkraft anhand der Messung der Zeit (z. B. Guralnik et al. 1994). Weitere etablierte Sitzen-Stehen-Transfer Assessmentverfahren sind z. B. die Erfassung der Anzahl erfolgreich durchgeführter Transfers in einer bestimmten Zeitdauer (z. B. Blankevoort et al. 2013).

Die für einen erfolgreichen Transfer wesentlichen Phasen, wie etwa die richtige Positionierung der Unterstützungsfläche oder die Körperschwerpunktverlagerung (► Abb. 3), können mit den bisherigen Verfahren nicht beurteilt werden, sind aber zur Beurteilung der Transferqualität unbedingt zu berücksichtigen. Zudem sind für Menschen mit Demenz rein motorische Testverfahren (siehe oben) aufgrund der demenzspezifischen Defizite bei Transferleistungen, die hauptsächlich auf die kognitive Leistungseinschränkung (Aufmerksamkeitskontrolle und Exekutivfunktionen) zurückzuführen sind (► Kap. 3), eher ungeeignet, da sie den kognitiven Aspekt der Bewegungsausführung vernachlässigen. Es existieren bislang keine Beobachtungsinstrumente zur Erfassung qualitative Aspekte des Sitzen-Stehen-Transfers (Frykberg & Häger 2015) auch mit Blick auf die motorischen und kognitiven Komponenten in den wesentlichen Phasen des Transfers, obwohl kompensatorische Bewegungsmanöver beim Sitzen-Stehen-Transfer in der geriatrischen Rehabilitation meist im Rahmen einer Physiotherapie trainiert werden.

#### 4.3. Interaktive Bewegungsspiele als Assessmentstrategie

*Exergames* weisen aufgrund ihres Anspruchs, digitale Spielaufgaben durch Bewegungssequenzen zu lösen, grundsätzlich das Potenzial auf, nicht nur als Trainingsmethode zur Steigerung motorisch-kognitiver Leistungen, sondern auch als Assessmentverfahren zur Erfassung motorisch-kognitiver Dual-Tasks genutzt zu werden, indem die Spiele-basierten Leistungen (*game performance*) in Echtzeit gemessen werden. Dieses Potenzial basiert auf verschiedenen Funktionsweisen von Bewegungsspielen, die mehrheitlich durch modernste Sensor- oder Kamertechnik gekennzeichnet sind (van et al. Diest 2013, ► Abb. 9).

Abbildung 9: Übersicht über verschiedene Funktionsweisen von *exergames*

<b>Trägheits- bzw. Beschleunigungssensorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Messung der Kraft, die durch eine Beschleunigung bzw. durch die Verschiebung einer Masse entsteht.</li> <li>• <i>Beispiele:</i> Nintendo Wii oder bewegliche Gleichgewichtsplatten, wobei eine Übung durch Gewichtsverlagerung ausgeführt wird</li> </ul>
<b>Drucksensorik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Messung des Durcks bzw. Druckmittelpunkts (Kraft pro Fläche)</li> <li>• <i>Beispiele:</i> Wii Balance Board (WBB), Wii Fit, wobei eine Übung durch Gewichtsverlagerung oder durch Schrittkombinationen ausgeführt wird</li> </ul>
<b>Kamerasysteme</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfassung von Bewegungen durch ein Kamerasystem, die dann auf einen Computer übertragen werden</li> <li>• <i>Beispiele:</i> Microsoft Kinect™ und andere Systeme, die Bewegungen durch Kameratechnik erfassen</li> </ul>

Quelle: eigene Darstellung nach dem Inhalt von van Diest (2013)

Gewöhnlich werden Bewegungsspiele zur Erfassung rein motorisch-funktioneller Fähigkeiten genutzt. Einige *exergames*, wie etwa die Nintendo Wii Fit, verfügen über integrierte Messverfahren, um die Gleichgewichtsfähigkeit während des Spielverlaufs einschätzen zu können. Die in den Bewegungsspielen integrierten Sensoren (► Abb. 9) messen permanent die Körperbewegungen des Spielers. Die Sensorinformation wird dann automatisch in quantitative Daten (z. B. in den Druckmittelpunkt [COP=*Center of Pressure*]) umgewandelt. Diese Daten werden zwar vornehmlich dazu verwendet, den Spielverlauf zu kontrollieren und diesen an die Leistung des Spielers anzupassen, aber auch um Leistungsscores zu berechnen, welche dem Spieler ein Feedback über seine körperliche Leistung bereitstellen können (vgl. [Betker et al. 2007](#)). Solche Scores wurden in einigen Validierungsstudien untersucht, zeigen aber inkonsistente Ergebnisse vor allem mit Blick auf Validität und Reliabilität ([Yamada et al. 2011](#), [Wikstrom et al. 2012](#)). Die sehr unterschiedlichen Resultate aus den Validierungsstudien deuten darauf hin, dass auf Basis der Sensorinformation berechnete Scores als klinisches Assessmentverfahren vor allem zur Messung der Gleichgewichtsfähigkeit keine Verwendung finden sollten ([Goble et al. 2014](#)).

Die anhand der Sensorinformation errechneten quantitativen Daten können zudem dazu verwendet werden, spezifische Spiele-basierte Tests zur Erhebung der posturalen Kontrolle zu entwickeln. Einige Validierungsstudien konnten zeigen, dass diese in *exergames* integrierten Tests als valide und reliable Assessmentverfahren bei älteren Menschen eingesetzt werden können ([Clark et al. 2010, 2015](#), [Park et al. 2014](#), [Bower et al. 2014](#), [Schoene et al. 2011](#), [Sihvonen et al. 2004](#)), allerdings entsprechen die Zielvariablen (z. B. posturale Stabilität gemessen an der Rumpfschwankung) bzw. die Testaufgaben häufig nicht den eigentlichen Spielaufgaben, die für das Training verwendet werden und stärker motorisch-kognitive Leistungen beanspruchen. Im Training werden die Spieler z. B. aufgefordert, durch die Verlagerung des Körpergewichts sich auf dem Bildschirm bewegende Objekte mithilfe eines durch die Bewegung gesteuerten Cursors einzufangen (z. B. [Betker et al. 2006, 2007](#), [Young et al. 2011](#)). Um trainingsbezogene Leistungen zu messen, nutzten aber bislang nur zwei identifizierte Interventionsstudien mit älteren Teilnehmern die ursprünglichen Aufgaben bzw. Anforderungen der jeweiligen *exergames* ([Schoene et al. 2013](#), [Sihvonen et al. 2004](#)). In den meisten Studien werden externe Messinstrumente wie z. B. der Timed Up and Go Test ([Podsiadlo](#)



et al. 1991), oder auf Basis der Spieldaten entwickelte interne Assessments, die rein motorisch-funktionelle Anforderungen (z. B. dynamisches Gleichgewicht während des Gehens, statisches Gleichgewicht im Stand) verlangen, genutzt (Young et al. 2011). Somit beziehen sich die Testaufgaben zwar auf ähnliche, aber nicht auf identische Handlungen, wie sie im Training unter Verwendung der *exergames* durchgeführt werden und aufmerksamkeitsabhängige Leistungen im Zusammenspiel mit motorischen Handlungen (Dual-Tasks) beanspruchen.

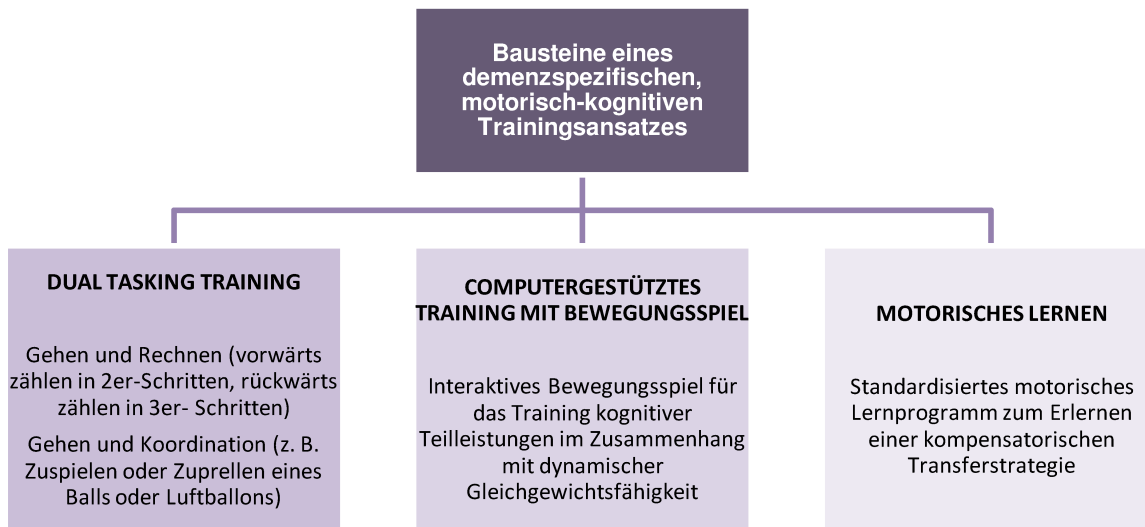
Trotz einer zunehmenden Anzahl an Validierungsstudien, die verschiedene Bewegungsspiele bei jungen und gesunden Erwachsenen (z. B. Clark et al. 2010, 2015, Park et al. 2014, Szturm et al. 2015), aber auch bei Patienten mit Morbus Parkinson (Holmes et al. 2013), nach Schlaganfall (Bower et al. 2014), oder bei Pflegeheimbewohnern (Sihvonen et al. 2004) untersuchten, sind Menschen mit kognitiver Einschränkung oder Demenz, ebenso wie in Interventionsstudien, auch hier eine nicht ausreichend untersuchte Gruppe. Zur Erfassung des kognitiven Zustands kamen auch in den meisten Validierungsstudien mit älteren Personen lediglich kognitive Screeninginstrumente zur Anwendung (z. B. Schoene et al. 2011, Yamada et al. 2011, Koslucher et al. 2012), der kognitive Zustand wurde nicht überprüft oder eine Überprüfung wurde in den Studien nicht ausreichend beschrieben (Wikstrom 2012, Sihvonen et al. 2004, Betker et al. 2006), sodass wahrscheinlich ein gemischtes Studienkollektiv von älteren Studienteilnehmer mit und ohne kognitive Einschränkung oder Demenz untersucht wurde. Es konnte nur eine Validierungsstudie zur Evaluation eines Bewegungsspiels identifiziert werden, welche Personen mit Alzheimer Demenz einschloss, die auf Basis eines standardisierten, neuropsychologischen Testverfahrens festgestellt wurde (Suttanon et al. 2011).

Zusammenfassend ist zu betonen, dass im klinischen Kontext trotz einiger vorhandener Teststrategien zur Erfassung motorisch-kognitiver Leistungen bislang keine etablierten Standards existieren. Etablierte Verfahren sind unzureichend validiert und insbesondere bei Menschen mit demenzieller Erkrankung nur wenig erprobt.

## 5. Ziele, zentrale Fragestellungen und Methodik der Forschungsarbeit

Übergeordnetes Ziel des Gesamtprojekts war vor dem Hintergrund der mangelnden Evidenz in Bezug auf körperliche Trainingsprogramme und speziell auf motorisch-kognitive Trainingsansätze bei Menschen mit Demenz die Weiterentwicklung und Evaluierung eines demenzspezifischen Trainingskonzepts (► Abb. 10).

Abbildung 10: Bausteine eines demenzspezifischen, motorisch-kognitiven Trainingsansatzes



Das Konzept beinhaltet ein gangbasiertes Dual-Task Training, ein motorisches Sitzen-Stehen Lernprogramm sowie ein computergestütztes, Spiele-basiertes Training. Das Trainingskonzept wurde in einer RCT evaluiert. Die Interventionsgruppe (IG), welche die drei motorisch-kognitiven Trainingsbausteine absolvierte, wurde mit einer Kontrollgruppe (KG) verglichen. Die KG führte ein wenig intensives Krafttraining der oberen Extremitäten sowie ein unspezifisches Funktionstraining mit verschiedenen Flexibilitätsübungen durch.

Das 10-wöchige, motorisch-kognitive Training mit einer maximalen Teilnehmerzahl von acht Personen mit leichter bis mittelschwerer Demenz fand, wie auch bei [Schwenk und Kollegen \(2010\)](#), zweimal wöchentlich für insgesamt 90 Minuten in einem separaten Trainingsraum im AGAPLESION Bethanien Krankenhaus Heidelberg, allerdings unter der Leitung von insgesamt drei geschulten Trainern, statt, die jeweils einen der drei motorisch-kognitiven Trainingsblöcke übernahmen. Jeder der drei Trainingsblöcke dauerte ca. 20-30 Minuten. Die Trainingsblöcke wurden von den Trainingsteilnehmern im Rotationsprinzip absolviert (ca. drei Teilnehmer pro Block), um eine intensive Betreuung durch die Trainer zu gewährleisten.

Angesichts der oben beschriebenen Forschungslücken mit Blick auf adäquate Dual-Task Assessmentstrategien im Bereich des geriatrischen Assessments war für die Überprüfung der Wirksamkeit der drei Trainingsbausteine auf trainingsbezogene, motorisch-kognitive Leistungen die Entwicklung und Validierung spezifischer Messmethoden notwendig. Ein besonderer Fokus des Dissertationsprojekts lag auf der Wirksamkeitsüberprüfung eines computergestützten Bewegungsspiels mithilfe einer dafür entwickelten Spiele-basierten Assessmentstrategie (*Schrift 4* und *5*). Zudem wurde eine etablierte Dual-Task Assessmentmethode (*Schrift 6*) sowie ein neu entwickeltes Beobachtungsinstrument zur Quantifizierung des Sitzen-Stehen-Transfers (*Schrift 7*) validiert, die zur Überprüfung der Wirksamkeit der jeweils anderen Trainingsbausteine angewendet wurden.

## 5.1. Validierung von Physiomat® und Effekte des Physiomat®-Trainings

Angesichts der Limitationen des bisherigen Forschungsstands vor allem mit Blick auf den Mangel adäquater Assessmentverfahren zur Erfassung motorisch-kognitiver Leistungen bei Menschen mit Demenz, die mithilfe von *exergames* trainiert werden können, war das zentrale Ziel des Dissertationsprojekts daher die Entwicklung und umfassende Validierung einer Assessmentstrategie, die in dem Bewegungsspiel Physiomat® integriert ist und Spiele-basierte Leistungen quantifizieren kann (*Schrift 4*). Ein zweites zentrales Ziel war die Überprüfung der Wirksamkeit des Physiomat®-Trainings mithilfe dieser Assessmentstrategie (*Schrift 5*).

### 5.1.1. Validierung des Physiomat®-Assessments

Der Physiomat® (Physio = physiologische, M = medizinische, A = aktiv, T = Therapie; ► Abb. 11) wurde von Medizintechnikern (EPL; [www.epl.de](http://www.epl.de)) entwickelt, um vorzugsweise als computergestütztes Trainingsgerät das Gleichgewicht und die Koordination zu trainieren.

**Abbildung 11: Der Physiomat®**



Quelle: EPL Medizintechnik

In Zusammenarbeit mit der Forschungsgruppe aus dem AGAPLESION Bethanien Krankenhaus Heidelberg unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. Klaus Hauer entwarfen die Medizintechniker eine spezielle Software mit unterschiedlichen Trainings- und Assessmentaufgaben, welche eigens für das motorisch-kognitive Training und die objektive Erfassung motorisch-kognitiver Leistungen bei Menschen mit Demenz zur Anwendung kommen sollte.

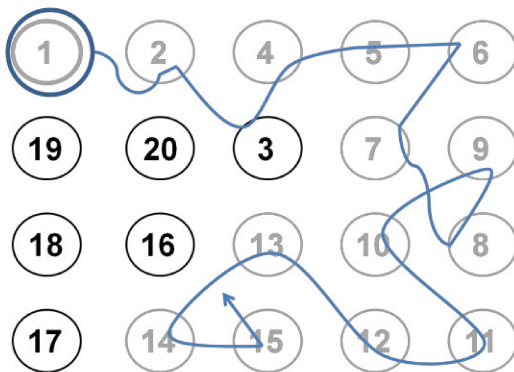
Die Physiomat® Software mit den Trainings- und Assessmentaufgaben kombiniert motorische (Gleichgewichtsfähigkeit) und kognitive Anforderungen (Aufmerksamkeitsleistungen, Exekutivfunktionen, Reaktionsgeschwindigkeit und räumlich-zeitliche Orientierung) und beansprucht somit komplexe Dual-Task Leistungen. Diese Kombination aus Kognitions- und Bewegungstraining gewährleistet und erleichtert einerseits die Durchführung eines ganzheitlichen Trainings bei demenziell erkrankten Personen. Andererseits nützt es der detaillierten und objektiven Erfassung von Kognition und Motorik, welche die Grundlage zur Dokumentation



eines Trainingsfortschritts bzw. bedeutender Veränderungen der motorisch-kognitiven Fähigkeiten darstellt.

Im Vergleich zu anderen *exergames* (z. B. den Nintendo Wii Spielen), die Spielaufgaben beinhalten, bei denen ein Avatar auf dem Bildschirm erscheint und den Bewegungen des Spielers folgt und welche gewöhnlich keine evidenzbasierten, neuropsychologischen Aufgaben repräsentieren, nutzte das Forschungsteam ein international etabliertes, neuropsychologisches Testverfahren (Zahlenverbindungstest [ZVT] nach Oswald, 1999) und entwickelte die Physiomat®-Trail-Making Tasks (PTMTs). Aufgrund dessen, dass der ZVT sensitiv für bereits in frühen Stadien einer Demenz auftretende kognitive Defizite ist und für den Gebrauch bei älteren und kognitiven beeinträchtigten Menschen erfolgreich validiert wurde, stellte der ZVT eine angemessene Grundlage für die Entwicklung der motorisch-kognitiven Physiomat® Aufgaben dar. Die PTMTs beinhalten verschiedene Schwierigkeitsstufen, welche durch die Anzahl an auf dem Bildschirm erscheinenden Zahlen definiert ist. Der Schwierigkeitsgrad steigt dementsprechend in der kognitiven Anforderung. Die motorische Anforderung bleibt aber gleich. Die Probanden haben die Aufgabe, durch Gleichgewichtsverlagerung einen Cursor auf dem Bildschirm auf direktem Weg zu den Zahlen zu bewegen. Das Ziel ist, eine ansteigende Anzahl an Zahlen (4, 7, 9, 14, 20) in der richtigen Reihenfolge so schnell wie möglich zu verbinden (► Abb. 12). Da die Physiomat® Messplatte nicht fixiert ist, erlaubt sie Bewegungen in alle Richtungen, die durch den Spieler kontrolliert werden müssen. Das Bewegungsausmaß wird durch das Anbringen einer standardisierten Anzahl von Gummiringen an den Ecken der Messplatte begrenzt, um eine gewisse Sicherheit für das Studienkollektiv gewährleisten zu können. Zudem nutzen die Teilnehmer Handgriffe, um die Gleichgewichtsverlagerung besser kontrollieren zu können.

**Abbildung 12: Komplexe Physiomat®-Trail-Making Task (PTMT komplex)**



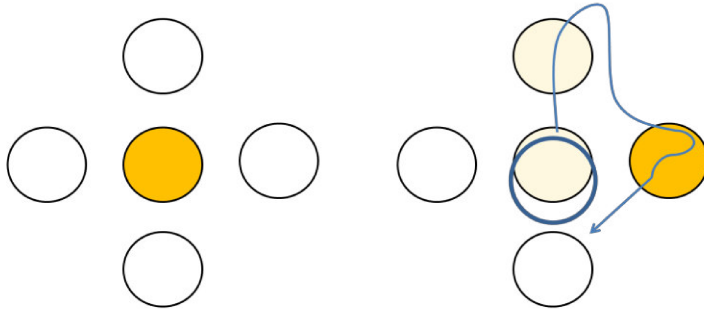
Bei dieser Übung auf dem Physiomat® wird der Trainingsteilnehmer angeleitet, auf dem Monitor erscheinende Zahlen so schnell wie möglich durch Gewichtsverlagerung in der richtigen Reihenfolge zu verbinden. Der Teilnehmer darf bei dieser Aufgabe die Handgriffe benutzen. Hierbei handelt es sich um die Aufgabe „Zahlen-Verbinden“ mit dem höchsten Schwierigkeitsgrad (20 Zahlen).

Quelle: eigene Darstellung

Neben den PTMTs wurde eine zusätzliche Aufgabe entwickelt, die zwar ebenfalls eine standardisierte motorische, aber auch eine sich im Schwierigkeitsgrad nicht verändernde kognitive Anforderung beinhaltet. Bei der Physiomat®-Follow-The-Ball Task (FTBT) werden die

Teilnehmer gebeten, den auf dem Bildschirm erscheinenden Cursor durch Gleichgewichtsverlagerung aus der Mitte zu gelb unterlegten Kreisen mit maximal möglicher Geschwindigkeit zu bewegen (► Abb. 13).

**Abbildung 13: Die Physiomat®-Follow-The-Ball Tasks (FTBT)**

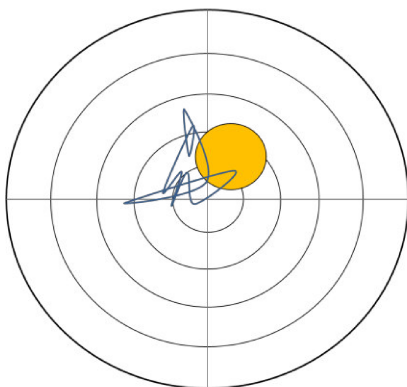


Bei dieser Übung auf dem Physiomat® wird der Trainingsteilnehmer angeleitet, einen auf dem Monitor erscheinenden gelben Ball, der seine Position verändert, sobald er vom Teilnehmer eingefangen wurde, so schnell wie möglich durch Gewichtsverlagerung zu verfolgen. Der Teilnehmer darf bei dieser Aufgabe die Handgriffe benutzen.

Quelle: eigene Darstellung

Zusätzliche entwickelte das Forschungsteam die Physiomat®-Balance Tasks (PBTs), welche die posturale Kontrolle im Stand, ohne die Handgriffe zu verwenden, beansprucht. Für diese Aufgabe wurde das Bewegungsausmaß durch das Anbringen einer größeren Zahl an Gummiringen an der Messplatte reduziert. Die PBTs unterschieden sich in ihrem Schwierigkeitsgrad bezogen auf die motorische Anforderung. Die Teilnehmer sollten für 3, 10 und 30 Sekunden so ruhig wie möglich auf der Messplatte stehen. Als visuelle Unterstützung diente eine auf dem Bildschirm erscheinende Zielscheibe mit einem gelben Kreis. Der Teilnehmer versucht durch Kontrolle seines Gleichgewichts den gelben Kreis in der Mitte der Zielscheibe zu halten (► Abb. 14).

**Abbildung 14: Physiomat®-Balance Task (PBT)**



Bei dieser Übung versucht der Trainingsteilnehmer einen auf dem Monitor erscheinenden gelben Ball für eine gewisse Zeit (3, 10 und 30 Sekunden) in der Mitte einer Zielscheibe zu positionieren und zu halten. Die Handgriffe dürfen bei dieser Aufgabe nicht benutzt werden.

Quelle: eigene Darstellung

Das Bewegungssystem des Physiomat® ist nicht mit dem Wirkprinzip anderer interaktiver Bewegungsspiele mit Druckmess- oder Neigungssensoren vergleichbar. Das Wirkprinzip des Physiomat® beruht auf einer speziellen Kombination von Drehgelenken an zwei unabhängigen Ebenen, wodurch sowohl Kipp- als auch Rotationsbewegungen ermöglicht werden und sich durch diese Gerätekonstruktion ein spezieller dreidimensionaler Bewegungsablauf ergibt. Mittels zweier Wegsensoren, einer für die Messung der antero-posterior-Bewegung und einer für die parabelförmigen medio-lateralen Schwenkbewegungen, werden die Bewegungen der Messplattform über Widerstandsänderungen erfasst. Durch Widerstandsmessung (Messbereich 0-100 KOhm, Messgenauigkeit 0,1 KOhm, Abtastrate 100Hz) und durch einen Analog-Digital-Wandler werden die erfassten Bewegungen in ein Einheitssignal umgewandelt. Einheitssignale sind normierte elektrische Signale, die einen digitalen Zahlenwert liefern, der die Bewegung der Messplattform überträgt. Der Messbereich der verwendet wird liegt bei 0-1000 digits für jede Bewegungsachse. Der Begriff *Bit* (binary digit/digit) wird als Maßeinheit für den Informationsgehalt verwendet. Das bedeutet zusammengefasst eine Bewegungsauslenkung der Messplatte von X digits/ms als Einheit. Daraus lassen sich räumlich-zeitliche Parameter (*sway path* und *sway area*) ermitteln. Auch die Bewegungsdarstellung des Cursors auf dem Bildschirm wird über die erfassten Bewegungen der Messplattform gesteuert. Physiomat® konnte aufgrund seines Wirkprinzips daher als Trainingsgerät, aber auch als Messinstrument zur Erfassung trainingsbezogener *outcomes* verwendet werden. Die Assessmentstrategie entstammt direkt aus dem Datenfluss der Physiomat® Trainings-Software. Somit ist etwa eine Messung motorisch-kognitiver Leistungen auch während der Trainingseinheiten möglich.

#### *Zentrale Fragestellung zur Validierung einer Spiele-basierten Assessmentstrategie*

- ❖ Erfüllt ein computergestütztes Bewegungsspiel (Physiomat®) zur Erfassung trainingsbezogener, motorisch-kognitiver Leistungen bei multimorbiden Menschen mit motorisch-funktionellen Defiziten und beginnender bis mittelschwerer Demenz relevante Testgütekriterien, nämlich Reliabilität, Validität, Veränderungssensitivität und Durchführbarkeit?

#### 5.1.2. Wirksamkeit des Physiomat®-Trainings bei Menschen mit Demenz

Ein weiteres zentrales Ziel des Dissertationsprojekts bildete die Überprüfung der Effektivität des motorisch-kognitiven Trainings mit Physiomat® bei Menschen mit leichter bis mittelschwerer Demenz durch die Anwendung der Spiele-basierten Assessmentstrategie im Rahmen der randomisierten, kontrollierten Studie (*Schrift 5*).

Jeder Teilnehmer der IG trainierte für ca. 10 Minuten unter Aufsicht und Anleitung eines Trainers am Physiomat®. Das Ziel der ersten Trainingseinheit war, die Teilnehmer an den Physiomat® zu gewöhnen, indem zunächst unabhängig von den Physiomat® Aufgaben einführende Übungen zur Gleichgewichtsverlagerung auf der Messplatte durchgeführt wurden, die teilweise taktil und verbal mit klaren, standardisierten Hinweisreizen (antero-posterior: „vor auf die Fußballen“, „zurück auf die Fersen“; medio-lateral: „Gewicht auf das linke Bein, Hüfte leicht drehen“, und „Gewicht auf das rechte Bein, Hüfte leicht drehen“) unterstützt wurden. Wurden diese Übungen von den Teilnehmern korrekt ausgeführt, konnten in den

darauffolgenden Einheiten die FTBT als Einführungsübung sowie die PTMTs trainiert werden. Der Schwierigkeitsgrad der PTMTs wurde erst dann gesteigert, wenn ein Teilnehmer eine Aufgabe korrekt, ohne taktile oder verbale Unterstützung durch den Trainer ausführen konnte. Trainingsziel war, alle Schwierigkeitslevel selbstständig in maximaler Geschwindigkeit absolvieren zu können. Die PBTs wurden nicht trainiert, sondern dienten als zusätzliche Testaufgabe im Physiomat® Assessment-Protokoll.

#### *Zentrale Fragestellung zur Überprüfung der Wirksamkeit des Physiomat®-Trainings*

- ❖ Resultiert die Anwendung eines computergestützten Bewegungsspiels (Physiomat®) bei Menschen mit leichter bis mittelschwerer Demenz in einer Steigerung trainierter, aufmerksamkeitsabhängiger motorischer Leistungen, die sich in einer Zunahme der Schnelligkeit und Exaktheit bezüglich der Aufgabendurchführung sowie in einer größeren Anzahl erfolgreich durchgeführter Physiomat®-Aufgaben widerspiegelt?

#### *Nachgeordnete Fragestellung zur Überprüfung der Wirksamkeit von Physiomat®*

- ❖ Finden sich die erwarteten Trainingseffekte auch in nicht-trainierten Physiomat® Aufgaben, können demnach also Transfereffekte des Physiomat®-Trainings auf untrainierte, aufmerksamkeitsabhängige motorische Leistungen identifiziert werden?
- ❖ Bleiben sowohl die Trainings-, als auch die Transfereffekte drei Monate nach Ende der Interventionsphase erhalten?

## 5.2. Validierung von Dual-Task Assessments zur Evaluation eines gangbasierten Dual-Task Trainings

Aufgrund eines Mangels an Validierungsstudien zu klassischen Dual-Task Assessmentverfahren zur Erfassung alltagsrelevanter, motorisch-kognitiver Leistungen bei Menschen mit Demenz, wurden diese Testmethoden umfassend validiert (*Schrift 6*).

Die validierten Dual-Task Assessments wurden anschließend zur Überprüfung des Dual-Task Trainingsbausteins bei Menschen mit Demenz verwendet.<sup>1</sup>

### 5.2.1. Validierung von Dual-Task Assessments

Untersucht wurden verschiedene Dual-Task Aufgaben, die teilweise in der Forschungsliteratur sehr gut beschrieben, aber unzureichend validiert sind. In Blick genommen wurden insgesamt drei Dual-Task Testverfahren, nämlich Gehen und Rechnen (2er-Schritte vorwärts und 3er-Schritte rückwärts), Gehen kombiniert mit einer verbalen Flüssigkeitsaufgabe (Aufsagen des Alphabets, Aufzählen von Tieren, Aufzählen von Pflanzen) und die Maximalkrafttestung der Beinstrecker kombiniert mit einer verbalen Flüssigkeitsaufgabe.

Die maximale Gehgeschwindigkeit und Maximalkraft sowie die kognitiven Anforderungen wurden initial auch als Single-Tasks dokumentiert. Mithilfe einer computergestützten

<sup>1</sup> Das Manuskript zur Effektivität des gangbasierten Dual-Task Trainings war zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Mantelschrift noch in Bearbeitung. Die finale Form des Manuskripts ist daher kein Bestandteil der vorliegenden Arbeit. Eine kurze Beschreibung des Trainings sowie eine Kurzdarstellung der Ergebnisse sind aber für ein besseres Verständnis dargeboten.

Ganganalyse-Methode und einem computergestützten Kraftmessgerät wurden motorische (Gehgeschwindigkeit und Maximalkraft) und kognitive Parameter (Korrekte Zählsschritte und Nennungen) zudem unter Dual-Task Bedingungen erfasst. Berechnet wurde darüberhinaus der Leistungsverlust sowohl der kognitiven und motorischen Leistung unter Dual-Task Bedingungen im Vergleich zur jeweiligen Single-Task Bedingung (Erfassung der Dual-Task Kosten =  $[\text{dual task-single task}]/\text{single task} \times 100$ ).

#### *Fragestellung zur Validierung von Dual-Task Assessmentstrategien*

- ❖ Erfüllen etablierte Dual-Task Assessmentstrategien zur Erfassung motorisch-kognitiver Leistungen bei multimorbiden Menschen mit motorisch-funktionellen Defiziten und beginnender bis mittelschwerer Demenz relevante Testgütekriterien?

#### 5.2.2. Effekte eines gangbasierten Dual-Task Trainings bei Menschen mit Demenz

Die Trainingsteilnehmer trainierten unter Anleitung und Beaufsichtigung eines Trainers ihre Gangleistung (Gehstrecke von ca. fünf Metern) unter Dual-Task Bedingungen (motorisch-kognitiv und motorisch-motorisch), die im Laufe der Trainingseinheiten im Schweregrad zunahm (standardisiertes, progressives Dual-Tasking). Ziel des Dual-Task Trainings war, die Gangleistung unter den verschiedenen Dual-Task Bedingungen zu steigern (z. B. Verringerung von Standphasen sowie der Gangvariabilität, Steigerung der Gehgeschwindigkeit). In den ersten Einheiten wurden die Teilnehmer angeleitet, während des Gehens in habitueller Geschwindigkeit ohne Verwendung eines Hilfsmittels eher automatisierte Rechenschritte (+ 2er Schritte vorwärts), als auch motorisch-motorische Anforderungen (z. B. Ball fangen und werfen, Sandsäckchen in die Luft werfen) durchzuführen. In den folgenden Einheiten erschwerten sich sowohl die kognitiven, als auch motorischen Anforderungen: die Trainingsteilnehmer wurden instruiert, die vorgegeben Gehstrecken in maximaler Gehgeschwindigkeit zu überwinden und eine anspruchsvollere Rechenaufgabe (- 3er Schritte rückwärts) wurde ausgeführt.

#### *Zentrale Fragestellung zur Überprüfung der Wirksamkeit eines Dual-Task Trainings*

- ❖ Ist ein standardisiertes, gangbasiertes Dual-Task Training bei Menschen mit leichter bis mittelschwerer Demenz effektiv bzw. verbessert sich Gangqualität unter Dual-Task Bedingungen?

#### *Nachgeordnete Fragestellung zur Überprüfung der Wirksamkeit eines Dual-Task Trainings?*

- ❖ Finden sich die erwarteten Trainingseffekte auch in nicht-trainierten Dual-Task Aufgaben, können demnach also Transfereffekte des Trainings identifiziert werden?
- ❖ Bleiben sowohl die Trainings-, als auch die Transfereffekte drei Monate nach Ende der Interventionsphase erhalten?

### 5.3. Validierung eines Beobachtungsinstruments und die Wirksamkeit eines Transfertrainings

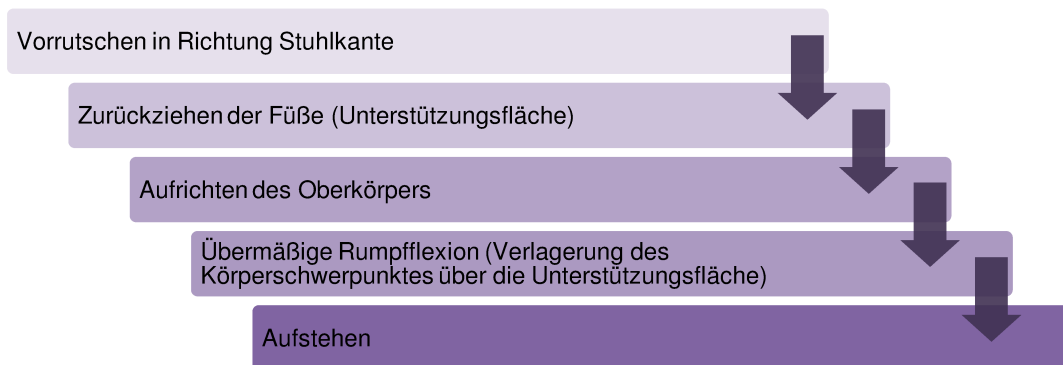
Angesichts der Forschungslücken mit Blick auf den Mangel adäquater Assessmentverfahren zur Erfassung der Qualität des Sitzen-Stehen-Transfers bei Menschen mit Demenz, wurde ein innovatives, demenzspezifisches Beobachtungsinstrument zur Erfassung motorischer und kognitiver Aspekte eines kompensatorischen Bewegungsmaneuvers beim Sitzen-Stehen-Transfer entwickelt (*Schrift 7*).

Der sogenannte ACSID wurde nach der Validierung zur Überprüfung eines standardisierten Lernprogramms zur Verbesserung des Sitzen-Stehen-Transfers bei Menschen mit Demenz eingesetzt.<sup>2</sup>

#### 5.3.1. Validierung des ACSID

Mithilfe des ACSID ist eine Bewertung von fünf Phasen der kompensatorischen Transferbewegung (► Abb. 15), welche die Items des Messinstruments darstellen, über zwei Dimensionen anhand eines dichotomen Scoringsystems möglich (1=ja, 0=nein), nämlich hinsichtlich des Abrufs und der Initiierung der Bewegungsstrategie (kognitiver Aspekt) sowie mit Blick auf die effektive Ausführung der Handlung (motorischer Aspekt) (► Abb. 16).

**Abbildung 15: Phasen der kompensatorischen Transferstrategie und Items des ACSID**



Quelle: eigene Darstellung nach Werner et al. 2016

Die Ausgangssituation der Testdurchführung des ACSID ist ein entspanntes Sitzen auf einem Stuhl (bestenfalls ohne Armlehne). Der Tester demonstriert dem Patienten einmalig die kompensatorische Transferstrategie. Danach wird der Patient aufgefordert, 5x in habitueller, selbst gewählter Geschwindigkeit unter Verwendung der demonstrierten kompensatorischen Transferstrategie aufzustehen. Währenddessen bewertet der Tester die Transferphasen.

<sup>2</sup> Das Manuskript zur Effektivität des Transfertrainings war zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Mantelschrift noch in Bearbeitung. Die finale Form des Manuskripts ist daher kein Bestandteil der vorliegenden Arbeit. Eine kurze Beschreibung des Trainings sowie eine Kurzdarstellung der Ergebnisse sind aber für ein besseres Verständnis dargeboten.



Abbildung 16: Dimensionen des Beobachtungsinstruments ACSID

1. Abruf und Initiierung (RI)	2. Effektive Ausführung (EP)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Handlungsabruf und Einleitung der kompensatorischen Transferstrategie durch den Patienten</li> <li>• bildet den kognitiven Aspekt der Bewegungsausführung ab</li> <li>• ACSID RI Score: max. 5 Punkte (1 Punkt für die jeweilige Transferphase)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• korrekte Handlungsumsetzung der kompensatorischen Bewegung</li> <li>• bildet den motorischen Aspekt der Bewegungsausführung ab</li> <li>• ACSID EP Score: max. 5 Punkte (1 Punkt für die jeweilige Transferphase)</li> </ul>

Quelle: eigene Darstellung nach Werner et al. 2016

Gelingt es dem Patienten beispielsweise eine Positionsveränderung des Gesäßes durchzuführen, sich das Gesäß aber in der hinteren Stuhlfläche befindet, so erhält der Patient für das Item „Vorrutschen in Richtung Stuhlkante“ insgesamt nur 1 Punkt, nämlich für die Dimension der Handlungsinitiierung (RI), nicht aber für die der effektiven Handlungsausführung (EP). Der Patient kann im ACSID insgesamt 10 Punkte erreichen (ACSID Total Score = 10 Punkte).

#### Fragestellung zur Validierung des ACSID

- ❖ Erfüllt der ACSID zur Erfassung der Qualität eines kompensatorischen Bewegungsmaneuvers beim Sitzen-Stehen-Transfer bei multimorbiden Menschen mit motorisch-funktionellen Defiziten und beginnender bis mittelschwerer Demenz relevante Testgütekriterien?

#### 5.3.2. Ein standardisiertes Lernprogramm zur Verbesserung des Sitzen-Stehen-Transfers

Das standardisierte Lernprogramm zur Verbesserung des Sitzen-Stehen-Transfers beinhaltet das Training eines kompensatorischen Bewegungsmaneuvers. Die Trainer verwendeten eine Kombination aus einer spezifischen Trainingsmethode und Instruktionen im Sinne des fehlerfreien Lernens („*errorless learning*“). Dabei wurde das kompensatorische Bewegungsmaneuver in fünf Komponenten unterteilt, die von den Teilnehmern fehlerfrei erlernt werden sollten: 1) Vorrutschen des Gesäßes, 2) korrekte Positionierung der Füße (Unterstützungsfläche), 3) Aufrichten des Oberkörpers, 4) übertriebene Rumpfflexion (Körperschwerpunktverlagerung über die Unterstützungsfläche) und 5) Aufstehen (► Abb. 15). Beim Training der einzelnen Teilbewegungen halfen standardisierte Hinweisreize (*cues*), bspw. „an die Stuhlkante vorrutschen!“ sowie ein schrittweises Demonstrieren der Bewegungssequenz durch den Trainer. Die Teilnehmer wurden aufgefordert der Demonstration unmittelbar zu folgen und die Bewegung zu spiegeln. Um Fehler zu vermeiden wurden die Teilnehmer zudem taktil unterstützt.

Jede einzelne Bewegungskomponente wurde so lange trainiert bzw. so oft wiederholt, bis sie von jedem Teilnehmer fehlerfrei ausgeführt wurde, d. h., dass im Laufe des Lernprogramms bei korrekter Ausführung der Bewegung immer eine weitere der fünf Komponenten hinzukam („*forward chaining method*“) bis die „Kette“ alle Komponenten beinhaltet und das komplette Bewegungsmaneuver von den Teilnehmern ausgeführt werden konnte.



### *Fragestellung zur Überprüfung der Wirksamkeit eines Transfertrainings*

- ❖ Ist ein standardisiertes Lernprogramm zur Verbesserung des Sitzen-Stehen-Transfers bei Menschen mit leichter bis mittelschwerer Demenz effektiv bzw. verbessert sich die Qualität des Transfers, die sich in einem verbesserten Abruf, Initiierung sowie Umsetzung der kompensatorischen Transferstrategie zeigt?

Die Manuskripte 1 bis 7 mit ausführlicher Ergebnisdarstellung sind im Anhang hinterlegt.

## **6. Validierungsergebnisse innovativer Assessmentverfahren und die Effektivität eines motorisch-kognitiven Trainings bei Demenz**

### 6.1. Validierung eines computergestützten Bewegungsspiels (Physiomat®) zur Erfassung motorisch-kognitiver Leistungen bei Menschen mit Demenz (Schrift 4)

---

**Wiloth S, Lemke N, Werner C, Hauer K (2016) Validation of a Computerized, Game-based Assessment Strategy to Measure Training Effects on Motor-Cognitive Functions in People With Dementia. JMIR Serious Games. Jul 18;4(2):e12.**

---

**Hintergrund:** Computerbasierte Bewegungsspiele, die schon länger als kognitiv-motorische Trainingsmethoden bei älteren Menschen und bei Menschen mit Demenz eingesetzt werden, erlauben grundsätzlich auch das Assessment motorisch-kognitiver Leistungen durch die Messung quantitativer Daten während des Spielverlaufs. Bislang existieren allerdings nur wenige Studien, die klinisch relevante Testkriterien solcher „exergames“ bei Menschen mit Demenz umfassend untersucht haben. Das Ziel der vorliegenden Studie war es deshalb, eine Assessmentstrategie des Spiele-basierten Trainingsgeräts Physiomat® bei 105 multimorbiden Patienten mit leichter bis mittelschwerer Demenz (Durchschnittsalter 82.7±5.9) umfassend zu validieren.

**Methode:** Für die Entwicklung einer Physiomat®-Assessmentstrategie nutze man die Trainingsaufgaben des interaktiven Bewegungsspiels (Physiomat®-Trail-Making Tasks und Follow-The-Ball Task) und zusätzlich die Physiomat®-Balance Tasks als Assessmentstrategie und entwickelte auf der Sensorinformation während des Spielverlaufs basierende Messparameter (sway path, sway area und die Testdauer). Diese Assessmentstrategie erlaubt die Quantifizierung der trainingsbezogenen Leistungen. Ziel der Validierungsstudie bei dem Studienkollektiv war, psychometrische Daten zur Konstruktvalidität, die Test-Retest Reliabilität, Veränderungssensitivität innerhalb der Interventionsgruppe sowie zur Durchführbarkeit des Physiomat® als Assessmentstrategie zu überprüfen. Zur Überprüfung der Konstruktvalidität wurden die Physiomat®-Aufgaben mit etablierten motorischen und kognitiven Tests verglichen und dafür Spearman’s Korrelationskoeffizienten ( $r_s$ ) berechnet. Zur Überprüfung der Test-Retest Reliabilität wurden Intra-Klassen-Korrelations-Koeffizienten ( $ICC_{3,1}$ ) berechnet. Zur Ermittlung der Veränderungssensitivität wurden T-Tests für gepaarte Stichproben mit anschließender Effektgrößenberechnung (*Standardized Response Means*: SRMs) durchgeführt. Für die Erfassung der Durchführbarkeit wurden Abbruchraten sowie die Durchführungszeit der Aufgaben berechnet.

**Ergebnisse:** Die Analyse ergab moderate bis starke Korrelationen zwischen etablierten motorischen und kognitiven Tests und einfachen ( $r_s = -.22-.68$ ,  $P \leq .001-.03$ ), mittelschweren ( $r_s = -.33-.71$ ,  $P \leq .001-.004$ ), sowie komplexen motorisch-kognitiven Physiomat® Aufgaben ( $r_s = -.22-.83$ ,  $P \leq .001-.30$ ), was

auf eine gute Konstruktvalidität hindeutet. Moderate bis starke Korrelationen ergaben sich auch bei wiederholter Messung für einfache ( $ICC=.47-.73$ ,  $P \leq .001$ ), moderate ( $ICC=.57-.79$ ,  $P \leq .001$ ) and komplexe Aufgaben ( $ICC=.32-.84$ ,  $P \leq .001-.005$ ), was auf eine gute Test-Retest Reliabilität hinweist. Die Veränderungssensitivität des Physiomat®-Assessment erwies sich als gut bis exzellent, da eine signifikante Steigerung bezüglich der trainierten Physiomat® Aufgaben ( $P \leq .001$ ) mit mehrheitlich moderaten bis deutlichen Effektstärken ( $SRM=0.5-2.0$ ) nachgewiesen werden konnte. Das gesamte Physiomat®-Assessment dauerte im Schnitt ca. 25,8 Minuten. Vor allem die einführenden, einfacheren Aufgaben konnten von dem Kollektiv sehr gut durchgeführt werden. Die Abbruchrate war gering. Während des gesamten Assessments gab es zudem keinerlei Zwischenfälle wie Stürze.

**Zusammenfassung:** Physiomat® weist gute bis sehr gute Testkriterien bei Menschen mit Demenz auf und repräsentiert damit eine geeignete Methode, motorisch-kognitive Leistungen bei diesem Kollektiv zu erfassen.

## 6.2. Effekte eines computergestützten Bewegungsspiels (Physiomat®) auf motorisch-kognitive Leistungen bei Menschen mit Demenz (*Schrift 5*)

**Wiloth S, Werner C, Lemke N, Hauer K. *Motor-Cognitive Effects of a Computerized Game-Based Training Method in People with Dementia: A Randomized Controlled Trial***  
(eingereicht in *Aging and Mental Health* am 29.12.2016)

**Hintergrund:** Die Wirksamkeit von Bewegungsspielen auf motorisch-kognitive Leistungen ist bei Menschen mit Demenz bislang unzureichend untersucht. Ziel war daher die Untersuchung der Effektivität des Trainingsgeräts Physiomat® auf trainingsbezogene, aufmerksamkeitsabhängige Leistungen im Zusammenhang mit Gleichgewichtsfähigkeit bei Menschen mit Demenz. Zudem wurde der Transfer der Trainingseffekte auf nicht-trainierte Anforderungen sowie die Nachhaltigkeit der Trainings- und Transfereffekte überprüft.

**Methode:** Die Wirksamkeit von Physiomat® wurde anhand der validierten Physiomat® Testaufgaben überprüft. Die Zunahme der Geschwindigkeit (Reduktion der Testdauer), die Exaktheit jeder Bewegungssequenz (Reduktion des *sway path*) sowie die Zunahme der Anzahl an erfolgreich durchgeführten Physiomat® Aufgaben (PTMT Score) stellten die primären Endpunkte dar. Es wurden 56 Teilnehmer der Interventionsgruppe (IG) und 43 Teilnehmer der Kontrollgruppe (KG) (N=99) nach 10-wöchigem Training am Physiomat® getestet. Um Gruppen  $\times$  Zeit Unterschiede zu identifizieren, wurden Varianzanalysen (ANCOVA) für trainierte und nicht-trainierte Physiomat® Aufgaben durchgeführt. Um die Effektgrößen bestimmen zu können wurde das partielle Eta-Quadrat ( $\eta_p^2$ ) berechnet.

**Ergebnisse:** IG und KG unterscheiden sich hinsichtlich beschreibender Charakteristika nicht signifikant voneinander. In beiden Parametern der Physiomat® Trainingsaufgaben (Geschwindigkeit und Exaktheit) hat sich die IG im Vergleich zur KG signifikant verbessert ( $P = <.001 - .047$ ,  $\eta_p^2 = .065 - .589$ ). Die IG konnte zudem eine höhere Anzahl an Aufgaben nach dem Training bewältigen (PTMT Score:  $P < .001$ ,  $\eta_p^2 = .211$ ). Vergleicht man beide Gruppen, so zeigt sich besonders bei der moderaten und komplexen Aufgabe (14 und 20 Zahlen verbinden) ein signifikanter Gruppenunterschied. Die signifikanten Ergebnisse bei schon sehr kleinen Fallzahlen, etwa bei der komplexeren Bedingung (n=22), zeigen z. T. große Effektstärken und geben einen Hinweis auf eine trainingsbedingte Verbesserung motorisch-kognitiver Funktionen.

Signifikante Effekte in einigen nicht trainierten Physiomat®-Aufgaben ( $P < .001 - .005$ ,  $\eta_p^2 = .204 - .384$ ) und auf den PTMT Score ( $P < .001$ ,  $\eta_p^2 = .184$ ) zeigen einen erfolgreichen Transfer der Trainingseffekte. Die Effekte bleiben teilweise auch drei Monate nach der Interventionsphase (*Follow-Up*) erhalten.

**Zusammenfassung:** Die computergestützte Trainingsmethode Physiomat® führt bei Menschen mit leichter bis mittelschwerer Demenz zu einer signifikanten Verbesserung der Geschwindigkeit und Genauigkeit. Zudem gelingt es den Studienteilnehmern nach dem Training eine größere Anzahl an Physiomat®-Aufgaben zu bewältigen. Dieses Ergebnis bekräftigt die Trainierbarkeit aufmerksamkeitsabhängiger motorischer Leistungen. Die Steigerung der Geschwindigkeit und die Zunahme der Anzahl durchgeführter Aufgaben zeigen sich auch in nicht trainierten Aufgaben. Das Training am Physiomat® zeigte eine hohe Akzeptanz der Probanden. Trotz vorhandener Gebrechlichkeit und Multimorbidität war das Training ohne Risiken und Zwischenfälle durchführbar.

### 6.3. Validierung von Dual-Task Assessmentverfahren bei Menschen mit Demenz (Schrift 6)

---



---

Lemke N, Wiloth S, Werner C, Hauer K. *Validity, test-retest reliability, sensitivity to change and feasibility of motor-cognitive dual task assessments in patients with dementia* (submitted in Archives of Gerontology and Geriatrics)

---



---

**Hintergrund:** Trotz einer bestehenden Vielzahl an motorisch-kognitiven Testverfahren zur Erfassung von Dual-Task Leistungen im höheren Lebensalter, sind diese vor allem bei Menschen mit Demenz bislang hinsichtlich relevanter Testgütekriterien nur unzureichend untersucht. Ziel war daher die umfassende Validierung von Dual-Task Assessmentstrategien bei geriatrischen Patienten ( $N = 105$ , Durchschnittsalter =  $82,5 \pm 5,9$  Jahre) mit leichter bis mittelschwerer Demenz.

**Methode:** Die Validierung umfasste die Analyse der Konstruktvalidität (Berechnung von Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten ( $r_s$ ) zwischen unterschiedlichen Dual-Task Aufgaben sowie mit etablierten motorischen und kognitiven Tests), Test-Retest Reliabilität (Berechnung von Inter-Klassen-Korrelationskoeffizienten [ICCs]), Veränderungssensitivität (Berechnung von Effektstärken [*Standardizes Response Means* / SRMs]) sowie Durchführbarkeit (Dokumentation der Testdauer sowie von kritischen Ereignissen).

Analysiert wurden die Dual-Task Kombinationen 1) Gehen und Rechnen, 2) Gehen in Kombination mit einer Aufgabe zur verbalen Flüssigkeit sowie 2) die Kombination aus Kraftleistung der unteren Extremitäten und einer Aufgabe zur verbalen Flüssigkeit. Die Analyse erfolgte zudem nicht nur anhand der jeweiligen motorischen und kognitiven Teilleistungen der Dual-Task Anforderungen, sondern auch anhand der relativen Dual-Task Kosten (DTK).

**Ergebnisse:** Die Analyse zur Konstruktvalidität lieferte moderate bis hohe Korrelationen zwischen den Dual-Task Aufgaben für motorische Teilleistungen ( $r_s = .29-.90$ ), geringe bis hohe Korrelationen für kognitive Teilleistungen ( $r_s = .12-.55$ ) und für relative Dual-Task Kosten (motorische DTKs  $r_s = .02-.61$ , kognitive DTKs  $r_s = -.19-.06$ , kombinierte DTKs  $r_s = -.11-.31$ ). Zudem zeigten sich moderate bis hohe Korrelationen zwischen motorischen Teilleistungen der Dual-Task Anforderungen und motorischen Testverfahren ( $r_s = .25-.84$ ) und geringe bis moderate Korrelationen zwischen kognitiven Teilleistungen der Dual-Task Anforderungen und kognitiven Testverfahren ( $r_s = -.10-.46$ ).

Die Analyse der Test-Retest Reliabilität ergab ausgezeichnete Korrelationen zwischen Test und Retest für motorische (ICC=.75-.96) und kognitive (ICC=.51-.88) Teilleistungen der Dual-Task Anforderungen und gering bis moderate Korrelationen für die relativen Dual-Task Kosten (motorische DTKs ICC=.10-.74, kognitive DTKs ICC=.05-.65, kombinierte DTKs ICC=.15-.71).

Die Ergebnisse deuten weiterhin auf eine moderate bis ausgezeichnete Veränderungssensitivität der Dual-Task Aufgaben hin ( $p \leq .01$ ), wobei sich kleine bis große Effektstärken für motorische (SRM=0.30-1.12) und kognitive Teilleistungen (SRM=0.82-0.95) der Dual-Task Anforderungen sowie für die relativen Dual-Task Kosten (motorische DTKs SRM=0.15- -0.77, kognitive DTKs SRM=0.56-0.98, kombinierte DTKs SRM=0.40-1.10) zeigten.

Die Durchführbarkeit der Dual-Task Assessmentaufgaben war gut. Während des Assessments traten keinerlei Zwischenfällen wie Stürze auf. Die Dual-Task Testung dauerte zwischen 13 bis 17 Minuten.

**Zusammenfassung:** Die Ergebnisse der Validierung weisen auf eine akzeptable bis ausgezeichnete psychometrische Qualität der Dual-Task Assessmentstrategie bei Menschen mit Demenz hin.

#### 6.4. Effekte eines Dual-Task Trainings auf motorisch-kognitive Leistungen bei Menschen mit Demenz (*in Vorbereitung*)

Lemke N, Wiloth S, Werner C, Bauer J, Hauer K. *Specific motor-cognitive training improves trained and non-trained dual-task performance in patients with dementia.*

**Hintergrund:** Defizite in Dual-Task Leistungen sind frühe Marker einer Demenz, können aber durch spezifische Trainingsprogramme verbessert werden. Ziel der Studie war die Überprüfung von Effekten eines gangbasierten Dual-Task Trainings auf motorisch-kognitive Leistungen und die Evaluierung, inwiefern Trainingsfortschritte auf nicht-trainierte Dual-Task Situationen transferiert werden können.

**Methode:** Die Interventionsgruppe (IG: n = 45) führte ein Dual-Task-basiertes Training (Gehen kombiniert mit verschiedenen motorisch-kognitiven und motorisch-motorischen Aufgaben) durch. Die Dual-Task-Leistung wurde unter drei verschiedenen Bedingungen gemessen: Gehen und Rechnen [+2er und -3er (spezifisch trainiert)], Gehen und verbale Flüssigkeit [ABC und Tiere/Pflanzen aufsagen (nicht-trainiert)] und Maximalkraft der Beine und verbale Flüssigkeit (nicht-trainiert). Motorische und kognitive Leistungen wurden als Single-Tasks und Dual-Tasks erfasst. Die Leistungen unter Dual-Task Bedingungen verglichen zu der Single-Task Leistung sind als Dual-Task-Kosten definiert worden.

**Vorläufige Ergebnisse:** Spezifisches Training verbesserte in der IG im Vergleich zur KG signifikant Dual-Task Leistungen bei beiden arithmetischen Aufgaben und beim Aufsagen des Alphabets in Kombination mit Gehen. Es ergaben sich keine signifikanten Effekte bei Aufgaben in Kombination mit der schwereren verbalen Flüssigkeitsaufgabe (Tiere/Pflanzen). Unter der Dual-Task Bedingungen Maximalkraft kombiniert mit einer verbalen Flüssigkeitsaufgabe zeigten sich nur für die motorische Leistung (Beinkraft) zusammen mit dem Alphabet signifikante Trainingseffekte. Die Analyse ist aber noch nicht abgeschlossen.

**Zusammenfassung:** Die vorläufigen Ergebnisse zeigen, dass ein standardisiertes Dual-Task Training motorisch-kognitive Leistungen in trainierten und nicht-trainierten Situationen bei Menschen mit Demenz verbessern kann.

## 6.5. Validierung eines motorisch-kognitiven Assessmentverfahrens zur Beurteilung des Sitzen-Stehen-Transfers bei Menschen mit Demenz (*Schrift 7*)

Werner C, **Wiloth S**, Lemke N, Hauer K. *A Novel Motor-Cognitive Assessment Strategy of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers in People with Dementia*. J Geriatr Phys Ther [Epub ahead of print].

**Hintergrund:** Bislang fehlen klinische Assessmentverfahren, die qualitative Aspekte des Sitzen-Stehen-Transfers abbilden können, um die Wirksamkeit eines standardisierten Transfertrainings bei Menschen mit Demenz zu überprüfen. Daher wurde ein beobachtungs-basiertes Messinstrument (ACSID) entwickelt, das den Abruf, die Initiierung (ACSID-RI) sowie die Umsetzung (ACSID-EP) der kompensatorischen Transferstrategie erfasst, entwickelt und in einem Teilkollektiv der RCT (n=97) umfassend validiert.

**Methode:** Die Analyse der Inter-/Intrarater-Reliabilität (Berechnung von Cohen's Kappa sowie Intraklassen-Korrelationskoeffizienten), konkurrente Validität (Berechnung punktbiseraler Korrelationskoeffizienten), Veränderungssensitivität (Berechnung von Effektstärken) innerhalb der Interventionsgruppe (N=37) sowie die Durchführbarkeit des ACSID war Ziel der Validierungsstudie. Die konkurrente Validität wurde anhand von Außenkriterien, die mittels einer 2D-videogestützten Bewegungsanalyse bestimmt wurden, überprüft.

**Ergebnisse:** Die Analyse zur Inter-/ und Intrarater-Reliabilität ergab moderate bis hohe Korrelationen für die einzelnen ACSID-Items ( $\kappa_{\text{inter}}=.64-1.00$ ;  $\kappa_{\text{intra}}=.77-1.00$ ) und gute bis ausgezeichnete Korrelationen für die ACSID-Gesamtscores ( $\text{ICC}_{\text{inter}}=.74-.89$ ;  $\text{ICC}_{\text{intra}}=.66-.87$ ). Die Überprüfung der konkurrenten Validität ergab hohe Korrelationen ( $r_{\text{pb}}=.55-1.84$ ). Die ACSID-Gesamtscores erwiesen sich zudem als veränderungssensitiv ( $d=0.62-0.98$ ). Ausgezeichnet war auch die Durchführbarkeit des Transfer-Assessmentverfahrens. Boden- oder Deckeneffekte konnten nicht festgestellt werden.

**Zusammenfassung:** Das neu entwickelte Assessmentverfahren ASCID weist gute bis sehr gute psychometrische Eigenschaften auf und eignet sich demnach zur Beurteilung der Qualität des Sitzen-Stehen-Transfers bei Menschen mit Demenz.

## 6.6. Effekte eines motorischen Lernprogramms auf den Sitzen-Stehen-Transfer bei Menschen mit Demenz (*in Vorbereitung*)

Werner C, Lemke N, **Wiloth S**, Hauer K. *People with dementia can learn compensatory movement maneuvers for the sit-to-stand task: A randomized controlled trial*. Journal of Alzheimer's Disease.

**Hintergrund:** Studien zeigen zwar, dass motorisches Lernen bei Menschen mit Demenz prinzipiell möglich ist, jedoch wurden dabei bislang keine motorischen Schlüsselqualifikationen in den Blick genommen. Ziel dieser Studie war es zu überprüfen, ob Patienten mit beginnender bis mittelgradiger Demenz in der Lage sind, durch ein demenzspezifisches, motorisches Lernprogramm eine kompensatorische Bewegungsstrategie für den Sitzen-Stehen-Transfer (STS) zu erlernen.

**Methode:** Die Teilnehmer der Interventionsgruppe (IG: n=48) absolvierten ein demenzspezifisches, motorisches Lernprogramm zu kompensatorischen Bewegungsmaneuvern beim STS. Die Kontroll-



gruppe (KG: n=46) führte ein unspezifisches Krafttraining mit niedriger Intensität der oberen Extremitäten durch. Die Bewertung der trainierten STS Bewegungsstrategie erfolgte anhand des ACSID.

**Ergebnisse:** Die IG zeigte gegenüber der KG einen signifikant höheren ACSID-Gesamtscore (Gruppe x Zeit:  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .197$ ). Signifikante Interaktionseffekte ergaben sich auch für den Abruf und die Initiierung (ACSID-RI) (Gruppe x Zeit:  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .182$ ) sowie die effektive Umsetzung der trainierten STS Bewegungsmanöver (ACSID-EP) (Gruppe x Zeit:  $p = .003$ ;  $\eta^2 = .106$ ).

**Zusammenfassung:** Patienten mit beginnender bis mittelgradiger Demenz sind in der Lage, durch ein demenzspezifisches, motorisches Lernprogramm neue Bewegungsstrategien für eine alltagsrelevante, motorische Schlüsselqualifikation zu erlernen.

## 7. Einordnung der Studienergebnisse in den Forschungszusammenhang

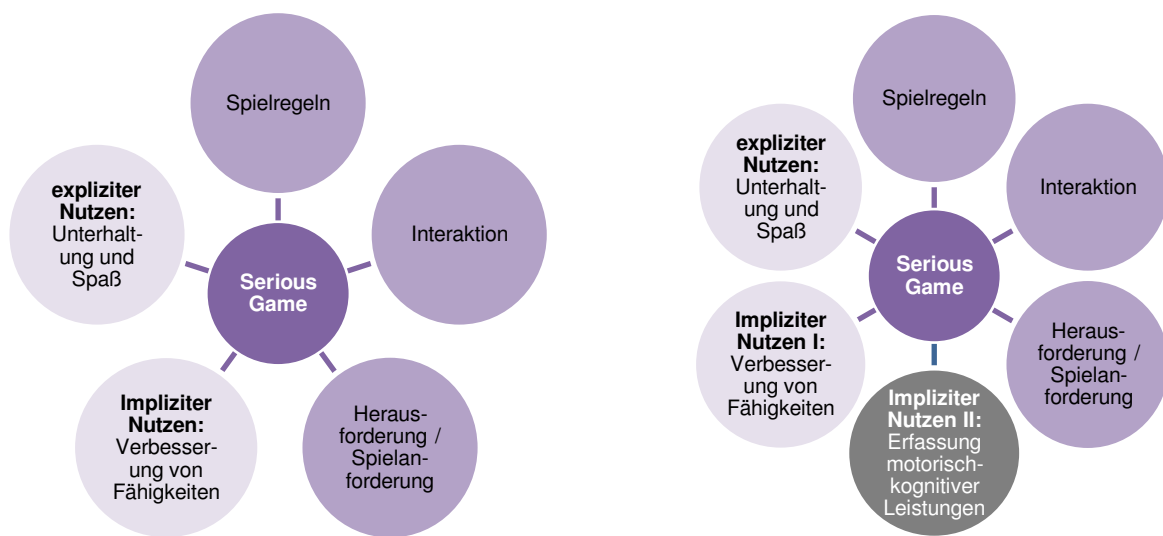
Testverfahren zur Überprüfung der Trainierbarkeit motorisch-kognitiver Leistungen wurden bislang trotz zunehmenden Interesses an motorisch-kognitiven Trainingsstrategien im Bereich der Interventionsforschung und geriatrischen Rehabilitation insbesondere bei Menschen mit Demenz nur unzureichend validiert und nehmen noch keinen beachtlichen Stellenwert im Bereich des geriatrischen Assessments ein. Daher war ein zentrales Ziel der vorliegenden Forschungsarbeit die Entwicklung und umfassende Validierung spezifischer Testverfahren zur Erfassung motorisch-kognitiver Leistungen im Rahmen des Bewegungsspiels Physiomat® (*Schrift 4*), trainingsbezogener Dual-Task Leistungen (*Schrift 6*) sowie einer kompensatorischen Transferstrategie (*Schrift 7*).

Die gewonnenen Ergebnisse tragen dazu bei, bislang ungenutzte Potenziale motorisch-kognitiver Anforderungen mit Blick auf deren Einsatz im Bereich des geriatrischen Assessments bei kognitiv gesunden Menschen und Patienten mit Demenz zu realisieren, um alltagsrelevante, motorisch-kognitive Defizite frühzeitig identifizieren oder Effekte demenzspezifischer Trainings abbilden zu können: Es werden erstmals Ergebnisse einer umfassenden Validierung von etablierten Dual-Task Assessmentstrategien, eines innovatives Beobachtungsinstruments zur Erfassung qualitativer Aspekte während des Stuhlaufstehens, sowie einer neuartigen Assessmentstrategie unter Verwendung eines computergestützten Bewegungsspiels bei Menschen mit Demenz präsentiert. Bislang wurden kognitiv beeinträchtigte Menschen von der Mehrheit publizierter Validierungsstudien ausgeschlossen, sodass keine Standards hinsichtlich motorisch-kognitiver Testverfahren für dieses Patientenkollektiv entwickelt werden konnten. Die guten bis exzellenten psychometrischen Qualitäten der in der vorliegenden Arbeit vorgestellten Testverfahren bestärken deren Erprobung und Etablierung als ergänzende Bausteine des geriatrischen Assessments zur Erfassung alltagsrelevanter, motorisch-kognitiver Defizite und Trainingseffekte im klinischen Kontext.

Insbesondere kommt dem Bewegungsspiel Physiomat® mit Blick auf den Einsatz von Testverfahren in der gerontologischen Interventionsforschung und geriatrischen Rehabilitation eine besondere Bedeutung zu. Es ist bekannt, dass auftretende kognitive Defizite häufig auch durch äußere Einflüsse wie z. B. durch akuten Stress zweitweise hervorgerufen oder verstärkt werden können, da ältere Menschen im Vergleich zu jüngeren ein geringes Ausmaß an Stressausgleichsstrategien besitzen (z. B. Fischer & Schwarz 1999). Eine offensichtliche Konfrontation mit den kognitiven Defiziten der Patienten gilt es daher bestenfalls zu vermei-

den, die aber gerade in klassischen Testsituationen zwangsläufig gegeben ist. Die Assessmentstrategie von Physiomat® lässt aufgrund der Erfassung von Daten während des Spielverlaufs eine solche Konfrontation nicht zu. Der Patient befindet sich nicht in einer bewussten Testsituation, sondern in einem mit Spaß verbundenen Spiel. Dies impliziert einen erweiterten Nutzen von *serious games* und im Speziellen von *exergames* für den Umgang mit Demenzpatienten im klinisch-rehabilitativen Kontext, nämlich nicht nur als Trainingsstrategie zur Steigerung von motorisch-kognitiven Fähigkeiten, sondern auch als Assessmentstrategie zur Erfassung klinisch relevanter Variablen, der zwar bereits in einer Übersichtsarbeit thematisiert wurde (Bellotti et al. 2013), aber durch die vorliegenden Validierungsbefunde bei Menschen mit Demenz nochmals bekräftigt werden kann (► Abb. 17).

Abbildung 17: Erweiteter Nutzen von „Serious Games“ durch die Integration von Assessmentstrategien



Quelle: Darstellung verändert nach Wattanasoontom (2013)

Aufgrund des Fehlens qualitativ hochwertiger Studien (RCTs) zur Überprüfung der Wirksamkeit innovativer motorisch-kognitiver Trainingsansätze bei Menschen mit Demenz war ein weiteres Ziel, die Effektivität eines Spiele-basierten Trainings mithilfe des Physiomat® bei Menschen mit Demenz (Schrift 5) sowie eines gangbasierten Dual-Task Trainings und eines motorischen Lernprogramms zur Verbesserung des Sitzen-Stehen-Transfers zu überprüfen. Die Ergebnisse leisten einen Beitrag zu Fragen der Anwendbarkeit demenzspezifischer, motorisch-kognitiver Trainingkonzepte in der geriatrischen Rehabilitation, für die auf nationaler wie internationaler Ebene bislang keine konkreten Standards und Empfehlungen existieren: Menschen mit demenzieller Erkrankung wurden in der Mehrheit randomisierter, kontrollierter Interventionsstudien zur Überprüfung der Wirksamkeit spezifischer Trainingsansätze ausgeschlossen. Zudem wurde in der Mehrheit von Interventionsstudien das Patientenkollektiv hinsichtlich des kognitiven Status nur unzureichend untersucht oder eine Demenzdiagnose basierte lediglich auf häufig verwendeten Screeninginstrumenten, nicht aber auf etablierten neuropsychologischen Standards. Der Einschluss von Studienteilnehmern erfolgte in der vorliegenden Arbeit im Vergleich zu den meisten bereits publizierten Arbeiten nur bei einem definierten kognitiven Schädigungsgrad (leichte bis mittelschwere Demenz) basierend auf



internationalen Standards. Somit konnten Trainingseffekte auf motorisch-kognitive Leistungen in einem homogenen, bislang wenig berücksichtigtem Studienkollektiv gewährleistet werden. Die Befunde sind daher nicht zuletzt für die Bewertung des Rehabilitationspotenzials von Menschen mit Demenz in Hinblick auf alltagsrelevante, motorisch-kognitive Leistungen sehr bedeutsam. Im Vergleich zur bisherigen wissenschaftlichen Diskussion über die Rehabilitationsfähigkeit von demenziell erkrankten Menschen, die bislang auf inkonsistenten Ergebnissen von mit einigen methodologischen Limitationen verbundenen Studien basiert, weisen die vorliegenden Untersuchungsbefunde auf ein ausgeprägtes Rehabilitationspotenzial bei diesem vulnerablen Patientenkollektiv hin.

Die Ergebnisse zur Wirksamkeit von Physiomat® leisten einen besonderen Beitrag zur aktuell gerontologischen Diskussion mit Blick auf die Anwendbarkeit und den Nutzen von technischen Unterstützungssystemen bei Menschen mit Demenz.

Mit Blick auf die Anwendbarkeit sind nicht nur die Ausrichtung an den noch vorhandenen Ressourcen bzw. Potenzialen der Betroffenen, sondern auch Faktoren zur Motivierung zur Demenzintervention sehr bedeutsam. Hier spielt insbesondere der Faktor Spaß eine bedeutende Rolle (z. B. [Kötteritzsch et al. 2013](#)). So ist eine lang anhaltende Motivation, die durch Spaß bringende Interventionen gewährleistet werden kann, für eine nachweisliche und längerfristige Wirksamkeit der Trainingsmaßnahmen notwendig. Bereits [Chao und Kollegen \(2015\)](#) weisen darauf hin, dass vor allem *exergames* aufgrund ihrer motivierenden Funktion zu regelmäßiger körperlicher Aktivität im höheren Lebensalter im Gesundheitsbereich zunehmend populärer werden. Das Bewegungsspiel Physiomat® nimmt als *exergame* im Vergleich zu anderen motorisch-kognitiven Trainingsansätzen wie etwa etablierten Dual-Task Trainingskonzepten (z. B. Gehen und Rechnen) aufgrund des spielerischen Charakters daher einen besonderen Stellenwert im Bereich motorisch-kognitiver Interventionsmaßnahmen ein. Auch wenn der Faktor Spaß und eine damit zusammenhängende Motivation zur Intervention empirisch nicht erhoben wurde, scheint insbesondere der Einsatz von computergestützten Bewegungsspielen eine motivierende Funktion zu übernehmen, was sich in einer geringen Abbruchrate und hohen Trainingsteilnahme der Patienten zeigte und bereits in anderen Arbeiten, allerdings nicht bei Menschen mit Demenz, thematisiert wurde (z. B. [Schoene et al. 2013](#)).

Aus gerontologischer Perspektive können technische Unterstützungssysteme verschiedene Funktionen bei Demenz erfüllen ([Kruse und Schmitt 2014](#)): So können Technologien einerseits in Bezug auf die Frage nach Möglichkeiten zur Selbstaktualisierung dienlich sein, indem etwa positive Erinnerungen und Emotionen durch computergestützte Systeme aktiviert werden können (z. B. bei der Darbietung von biographischem Bildmaterial auf Tablet-PCs ö. ä.). Technische Applikationen können auch in Bezug auf die Frage nach selbstbestimmter Alltagsgestaltung bei Demenz nützlich werden. So können vor allem AALs, die auf Sensortechnik basieren, zu einer sicheren Alltagsbewältigung beitragen, indem sie Gefährdungen erkennen und verhindern (z. B. automatisches Ausschalten von Herdplatten). Damit kann dem Wunsch der Patienten, so lange wie möglich zu Hause wohnen zu bleiben, entgegen gekommen werden, was zu einem Erhalt der Lebensqualität der Patienten beiträgt. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sind vor allem demjenigen Funktionsbereich zuzuordnen, welcher sich auf die Frage nach geeigneten Interventionsmaßnahmen zur Beeinflussung demenzspezifischer Symptome und auch nach diagnostischen Verfahren bezieht. Die Integration von *exer-*

*games* bietet die Möglichkeiten zur kognitiven und motorischen Aktivierung und unterstützt damit die Umsetzung demenzspezifischer Therapiemaßnahmen zur Verbesserung alltagsrelevanter Leistungen. Zwar wird der Einsatz von *exergames* im Bereich der Rehabilitation in der aktuellen Forschungsliteratur seit einigen Jahren ausführlich diskutiert (z. B. Schoene et al. 2014), doch konnten bislang keine eindeutigen und langfristigen Effekte auf trainingsbezogene, motorisch-kognitive Leistungen bei Menschen mit demenzieller Erkrankung nachgewiesen werden, was vornehmlich auf methodologische Limitationen der identifizierten Trainingsstudien zurückzuführen ist. Die vorliegende Arbeit konnte die Wirksamkeit eines *exergame*-Trainings bei Menschen mit Demenz nachweisen. Von hoher Bedeutung ist, dass sowohl die Trainings,- als auch die Transfereffekte über den Interventionszeitraum hinaus bestanden. Die Ergebnisse belegen damit, dass eine nachhaltige Steigerung motorisch-kognitiver Leistungen trotz eines bei Demenz progredienten Krankheitsverlaufs mit Blick auf kognitive und motorische Symptome erzielt werden kann.

Insgesamt weist die vorliegende Arbeit auf elementare Interventionsbedarfe im klinischen Bereich hin und die Ergebnisse füllen zentrale Lücken in der bisherigen Forschungsliteratur im Schnittstellenbereich der Gerontologie, Sportwissenschaft, Gerontopsychologie und Geriatrie, die Eingang in die Interventionsforschung bei Menschen mit Demenz, aber auch in die geriatrische Behandlungspraxis finden können. Die hier vorgestellten Befunde besitzen eine hohe praktische Bedeutsamkeit und sind von versorgungsbezogener Relevanz mit Blick auf die ressourcenorientierte Geriatrie. Bei der Ressourcen- und Kompetenzperspektive geht es nicht primär um Fragen nach Defiziten, sondern nach Möglichkeiten einer weitestgehend selbstständigen Lebensführung und nach Mitteln und Rahmenbedingungen, die helfen, diese Möglichkeiten zu realisieren (z. B. Kruse & Schmidt 2014). Die vorliegende Arbeit konnte zeigen, dass kognitive und motorische Alternsprozesse mithilfe neuartiger Messinstrumente quantifizierbar und durch innovative, computergestützte Trainingsansätze, d. h. unter bestimmten Rahmenbedingungen, veränderbar sind, die zu einer Verbesserung der Lebensqualität älterer Menschen mit und ohne kognitive Beeinträchtigung führen können. Eine hohe versorgungsbezogene Relevanz besitzt die vorliegende Dissertation auch dahingehend, dass die diskutierten Inhalte und Ergebnisse nicht nur zu einer Stärkung einer evidenzbasierten, sondern auch relevanzbasierten Medizin (Sieber 2010) beitragen. So weist die vorliegende Arbeit auf die Bedeutsamkeit motorisch-kognitiver Defizite und deren Trainierbarkeit im Alter und bei Demenz hin, die zukünftig aufgrund der besonderen Alltagsrelevanz und ihres Einfluss auf die hohe Sturzgefährdung bei Menschen mit Demenz stärker in den Blick genommen werden sollten.

Aus dieser Betrachtung lassen sich die Befunde der vorliegenden Arbeit insgesamt nicht nur in den Forschungszusammenhang der Rehabilitationswissenschaft, sondern vielmehr in ein spezifisches Forschungsgebiet der Gerontologie einordnen, das sich auf einer „Konstruktlandkarte“ der Altersforschung (Kruse & Wahl 2010 S. 246ff.) wieder finden lässt, nämlich auf dem Gebiet der Altersinterventionen mit besonderem Fokus auf die Förderung der kognitiven und motorischen Gesundheit zum Erhalt der Lebensqualität im hohen Alter und bei Demenz.

## 8. Schlussfolgerung und Ausblick

Die gewonnenen Ergebnisse stellen einen Gewinn für die internationale wie nationale wissenschaftliche Diskussion über die Anwendung von Testverfahren zur Erfassung alltagsrelevanter Leistungen sowie deren Trainierbarkeit bei Demenz dar. Zudem sind sie ein erster wichtiger Schritt, das geriatrische Assessment sowie bereits etablierte Trainingskonzepte im Bereich der geriatrischen Rehabilitation um weitere zentrale Bausteine zu erweitern. Langfristiges Ziel ist neben der Stärkung klassischer Dual-Task Assessmentstrategien (z. B. Gehen und Rechnen) vor allem die Integration innovativer Testverfahren (das Beobachtungsinstrument ACSID sowie die Assessmentstrategie des Physiomat®) und computergestützter, motorisch-kognitiver Trainingsansätze bei Menschen mit Demenz in den klinischen Kontext. Das Vorliegen von Studienergebnissen mit einer hohen Evidenzklasse (Evidence Based Medicine [Sackett 1996]) ist entscheidend für den Transfer bzw. Einsatz einer Interventionsmaßnahme in die geriatrische Regelversorgung. Die vorliegende Teiluntersuchung zur Effektivität eines computergestützten Bewegungsspiels bei Menschen mit Demenz entspricht den methodischen Qualitätsstandards (CONSORT Statement), die für eine hohe Evidenzklasse erforderlich sind<sup>3</sup>. Physiomat® wird bereits in der ambulanten Sporttherapie, als auch in der ambulanten sowie stationären geriatrischen Rehabilitation am AGAPLESION Bethanien Krankenhaus Heidelberg mit hoher Akzeptanz genutzt.

Auf Basis der vorgefundenen Studienergebnisse ergeben sich auch neue Fragestellungen für weiterführende Studien. So wäre die Überprüfung der Handhabung des Beobachtungsinstruments ACSID in der Praxis etwa anhand der Erfassung subjektiver Bewertungen des Klinikpersonals von Bedeutung. Auch der Transfer von den erzielten Physiomat®-Trainingseffekten in den Alltag der Patienten, z. B. in Form einer verbesserten Bewegungssicherheit bei Alltagsaktivitäten oder einer Reduktion von Stürzen, ist bislang nicht untersucht worden. Inwieweit Physiomat® andere begleitende Symptome wie Depressionen oder Sturzangst reduzieren kann, konnte ebenfalls noch nicht geklärt werden. Dies wäre aber aufgrund des bisherigen Mangels an hochwertigen Interventionsstudien, die den Einfluss spezifischer körperlicher Trainingsprogramme auf die Psyche in den Blick nehmen (*Schrift 1* und *2*) von besonderer Relevanz. Zudem sollten Folgestudien mit Blick auf den Einsatz von computergestützten Bewegungsspielen Fragestellungen zum Einfluss von Trainingsintensität und Frequenz sowie unterschiedlicher Schweregrade und Formen der Demenz auf das Ausmaß der Trainingseffekte in den Blick nehmen.

---

<sup>3</sup> Da allerdings die Ergebnisse zur Wirksamkeit des computergestützten Bewegungsspiels Physiomat® (*Schrift 5*) bislang noch unveröffentlicht sind, konnte bislang noch keine Evidenzklasse im Rahmen eines Peer-Review Verfahrens vorgenommen werden.

## Literaturverzeichnis

### A

- Aalten P, Verhey FR, Boziki M, et al. (2007) Neuropsychiatric syndromes in dementia. Results from the European Alzheimer Disease Consortium: part I. *Dement Geriatr Cog Disord* 24(6), 457-463.
- Abu-Omar K, Rütten A, Lehtinen V (2004) Mental health and physical activity in the European Union. *Soz Präventivmed* 49, 301-309.
- Allan L M, Ballard C G, Burn D J, & Kenny R A (2005) Prevalence and Severity of Gait Disorders in Alzheimer's and Non-Alzheimer's Dementias. *J Am Geriatr Soc* 53 (10), 1681-1687.
- Anderson-Hanley C, Arciero PJ, Brickman AM et al. (2012) Exergaming and older adult cognition: a cluster randomized clinical trial. *Am J Prev Med* 42(2), 109-119.
- Arbeitsgruppe Geriatrisches Assessment (Hrsg.). *Geriatrisches Basisassessment: Handlungsanleitungen für die Praxis*. 2., aktualisierte Auflage. München: MMV, Medizin-Verlag, 1997 (Schriftenreihe Geriatrie-Praxis).
- Arfken CL, Lach HW, Birge SJ et al (1994) The prevalence and correlates of fear of falling in elderly persons living in the community. *Am J Public Health* 84:565–570.

### B

- Baddeley AD, Baddeley HA, Bucks RS et al. (2001) Attentional control in Alzheimer's disease. *Brain* 124(8), 1492–1508.
- Baddeley AD, Bressi S, Della Sala S, Logie R, Spinnler H (1991) The decline of working memory in Alzheimer's disease. A longitudinal study. *Brain*. 114 (Pt 6), 2521-2542.
- Bahar-Fuchs A, Clare L, Woods B. Cognitive training and cognitive rehabilitation for mild to moderate Alzheimer's disease and vascular dementia. *Cochrane Database Syst Rev* 2013; 6:CD003260.
- Bains J, Birks JS, Denning TR (2002) The efficacy of antidepressants in the treatment of depression in dementia. *Cochrane database Syst Rev* 4: CD003944
- Ball K, Berch DB, Helmers KF et al. (2002) Effects of cognitive training interventions with older adults: a randomized controlled trial. *JAMA* 288(18), 2271-2281.
- Baltes P B, Willis S L (1982). Plasticity and enhancement of intellectual functioning in old age: Penn State's Adult Development and Enrichment Project(ADEPT). In F. I. M. Craik & E. E. Trehub (Eds.), *Aging and cognitive processes* (pp. 353-389). New York: Plenum.
- Baltes PB (1999) Alter und Altern als unvollendete Architektur der Humanontogenese. *Z Geriatr Gerontol* 32, 433-448.
- Bamidis PD, Fissler P, Papageorgiou SG et al. Gains in cognition through combined cognitive and physical training: the role of training dosage and severity of neurocognitive disorder. *Front Aging Neurosci* 7, 152.
- Beil J, Cihlar V, Kruse A (2015) Bereitschaft zur Akzeptanz einer internetbasierten Mobilitätsplattform bei verschiedenen Alterskohorten - Empirische Befunde des Projekts S-Mobil 100. *Z Gerontol Geriat* 48, 142-149.
- Bellotti F, Kapralos B, Lee K, Moreno-Ger P, Berta R (2013) Assessment in and of Serious Games: An Overview. Hindawi Publishing Corporation. *Advances in Human-Computer Interaction*, Vol. 2013, Article ID 136864, p 1-11.
- Betker AL, Desai A, Nett C, Kapadia N, Szturm T (2007) Game-based exercises for dynamic short-sitting balance rehabilitation of people with chronic spinal cord and traumatic brain injuries. *Phys Ther* 87(10), 1389-1398.
- Betker AL, Szturm T, Moussavi ZK, Nett C. Video game-based exercises for balance rehabilitation: a single-subject design. *Arch Phys Med Rehabil* 87(8), 1141-1149.
- Bherer L, Belleville S (2004) The effect of training on preparatory attention in older adults: Evidence for the role of uncertainty in age-related preparatory deficits. *Aging, Neuropsychology and Cognition* 11(1), 37–50.

- Bherer L, Kramer AF, Peterson MF et al. (2006) Testing the limits of cognitive plasticity in older adults: application to attentional control. *Acta Psychol* 123, 261–278.
- Bherer L. (2015) Cognitive plasticity in older adults: effects of cognitive training and physical exercise. *Ann N Y Acad Sci* 1337, 1–6.
- Bickel H (2012b). Epidemiologie und Gesundheitsökonomie. In CW Wallesch & H Förstl (Hrsg.). *Demenzen* (S. 18–51). Stuttgart: Thieme.
- Bisson E, Contant B, Sveistrup H, Lajoie Y (2013) Functional balance and dual-task reaction times in older adults are improved by virtual reality and biofeedback training. *Cyberpsychol Behav* 10(1), 16-23.
- Blankevoort CG, van Heuvelen MJ, Scherder EJ (2013) Reliability of six physical performance tests in older people with dementia. *Phys Ther* 93(1), 69-78.
- Bower KJ, McGinley JL, Miller KJ, Clark RA (2014) Instrumented static and dynamic balance assessment after stroke using Wii Balance Boards: reliability and association with clinical tests. *PLoS One* 26; 9(12), e115282.
- Boyle PA, Cohen RA, Paul R, Moser D, Gordon N (2002) Cognitive and motor impairments predict functional declines in patients with vascular dementia. *Int J Geriatr Psychiatry* 17(2), 164-9.
- Brach JS, Van Swearingen JM, Perera S, Wert DM, Studenski S (2013) Motor learning versus standard walking exercise in older adults with subclinical gait dysfunction: a randomized clinical trial, *J Am Geriatr Soc* 61(11), 1879-1886.
- Buchner DM, Larson EB (1987) Falls and fractures in patients with Alzheimer-type dementia. *JAMA* 257(11), 1492–1495.

## C

- Campbell S, Seymour D, Primrose W (2004) A systematic literature review of factors affecting outcome in older medical patients admitted to hospital. *Age Ageing* 33(2), 110–115.
- Cattell RB (1963) Theory of fluid and crystallized intelligence: A critical experiment. *J Educ Psychol* 54, 1-22.
- Cavaco S, Anderson SW, Allen JS, Castro-Caldas A, Damasio H (2004) The scope of preserved procedural memory in amnesia. *Brain* 127(Pt 8), 1853-1867.
- Chao YY, Scherer YK, Montgomery CA (2015) Effects of using Nintendo Wii™ exergames in older adults: a review of the literature. *Journal of Aging and Health*, 27(3), 379-402.
- Chen PY, Wei SH, Hsieh WL et al. (2012) Lower limb power rehabilitation (LLPR) using interactive video game for improvement of balance function in older people. *Arch Gerontol Geriatr*, 55(3), 677-682.
- Clark R, Kraemer T (2009) Clinical use of Nintendo Wii bowling simulation to decrease fall risk in an elderly resident of a nursing home: a case report. *J Geriatr Phys Ther* 32(4), 174-180.
- Clark RA, Bryant AL, Pua Y, McCrory P, Bennell K, Hunt M (2010) Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance. *Gait Posture* 31(3), 307-310.
- Clark RA, Pua YH, Oliveira CC et al. (2015) Reliability and concurrent validity of the Microsoft Xbox One Kinect for assessment of standing balance and postural control. *Gait Posture* 42(2), 210-213.
- Claßen K, Oswald F, Doh M, Kleinemas U, Wahl HW (2014) *Umwelten des Alterns – Wohnen, Mobilität, Technik und Medien. Grundriss Gerontologie Band 10*, Stuttgart: Kohlhammer.
- Colcombe S, Kramer AF (2003) Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychol Sci* 14, 125–130.

## D

- Davis FD, Venkatesh V (1996) A critical assessment of potential measurement biases in the technology acceptance model: Three experiments. *Int J Human-Computer Studies* 45(1), 19-45.

- Delbaere K, Crombez G, Vanderstraeten G et al. (2004). Fear-related avoidance of activities, falls and physical frailty. A prospective community-based cohort study. *Age Ageing*, 33(4), 368-373.
- Deutsche Alzheimer Gesellschaft e.V. (2009). Prävention, Therapie und Rehabilitation für Demenzkranke. Berlin: Deutsche Alzheimer Gesellschaft.
- Dick MB, Shankle RW, Beth RE, Dick-Muehlke C, Cotman CW, Kean ML (1996) Acquisition and long-term retention of a gross motor skill in Alzheimer's disease patients under constant and varied practice conditions. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 51(2), P103-111.
- Dutzi I, Schwenk M, Micol W et al. (2013) Patienten mit Begleitdiagnose Demenz: Versorgung in der stationären geriatrischen Rehabilitation. *Z Gerontol Geriatr* 46(3), 208–213.
- Dutzi I, Werner C, Hauer K (2014) Trainierbarkeit und Rehabilitationsfähigkeit von Menschen mit Demenz. In: Therapie bei Demenz – Körperliches Training bei Demenz (S. 67-94), Baden-Württemberg Stiftung gGmbH (Hrsg.), Stuttgart.

## E

- Ebert D (2008) Psychiatrie systematisch. Uni-Med, Bremen, Seite 94
- Eggenberger P, Schumacher V, Angst M et al. (2015) Does multicomponent physical exercise with simultaneous cognitive training boost cognitive performance in older adults? A 6-month randomized controlled trial with a 1-year follow-up. *Clin Interv Aging* 10, 1335–1349.
- Ehret S, Putze F, Miller-Teynor M, Kruse A, Schultz T (2015) Technikbasiertes Spiel von Tagespflegebesuchern mit und ohne Demenz. *Z Gerontol Geriat* doi:10.1007/s00391-016-1093-2.
- Erickson KI, Voss MW, Prakash RS et al. (2011) Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 108(7), 3017–3022.

## F

- Fabre C, Chamari K, Mucci P et al. (2002) Improvement of cognitive function by mental and/or individualized aerobic training in healthy elderly subjects. *Int J Sports Med* 23(6), 415–421.
- Fellhauer I, Navratil S, Wetzels P, Knebel M, Wendelstein B, Urbanowitsch N, Schmidt J, Schröder J (2014) Assistenzsysteme bei dementiellen Erkrankungen. In: Schultz T, Putze F, Kruse A. (Hrsg.) Technische Unterstützung für Menschen mit Demenz. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing 2014, S. 43-60.
- Fischer J, Schwarz G (1999) Alzheimer Kranke verstehen betreuen behandeln - Ratgeber für Fachleute, Angehörige und Helfer. AGJ Verlag, Freiburg
- Fletcher PC, Hirdes JP (2004). Restriction in activity associated with fear of falling among community-based seniors using home care services. *Age Ageing*. 33, 273–279.
- Frykberg GE, Häger CK. (2015) Movement analysis of sit-to-stand – research informing clinical practice. *Phys Ther Rev* 20(3), 156-167.

## G

- García-Betances RI, Jiménez-Mixco V, Arredondo MT, Cabrera-Umpiérrez MF (2015) Using virtual reality for cognitive training of the elderly. *Am J Alzheimers Dis Other Demen* 30(1), 49-54.
- Gillespie LD, Robertson MC, Gillespie WJ et al (2009) Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev* 2:CD007146.
- Goble DJ, Cone BL, Fling BW (2014) Using the Wii Fit as a tool for balance assessment and neurorehabilitation: the first half decade of "Wii-search". *J Neuroeng Rehabil* 8(11), 12.
- Gunzelmann T, Oswald WD (2005) Gerontologische Diagnostik und Assessment. *Grundriss Gerontologie*. Band 15. Stuttgart, Kohlhammer.



Guralnik JM, Simonsick EM, 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.

## H

Hauer K, Marburger C, Oster P (2002) Motor performance deteriorates with simultaneously performed cognitive tasks in geriatric patients. *Arch Phys Med Rehabil* 83, 217–223.

Hauer K, Oster P (2008) Measuring functional performance in persons with dementia. *J Am Geriatr Soc* 56(5), 949-950.

Hauer K, Pfisterer M, Weber C et al. (2003) Cognitive impairment decreases postural control during dual tasks in geriatric patients with a history of severe falls. *J Am Geriatr Soc* 51(11), 1638-1644.

Holmes JD, Jenkins ME, Johnson AM et al. (2013) Validity of the Nintendo Wii balance board for the assessment of standing balance in Parkinson's disease. *Clin Rehabil* 27(4), 361-366.

Hughes TF, Flatt JD, Fu B et al. (2014) Interactive video gaming compared with health education in older adults with mild cognitive impairment: a feasibility study. *Int J Geriatr Psychiatry* 29(9), 890-898.

## I

Interdisziplinäre S3-Praxisleitlinien. Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie, Psychotherapie und Nervenheilkunde 2010

## K

Kazmi S, Ugail H, Lesk V, Palmer I (2014) Interactive digital serious games for the assessment, rehabilitation, and prediction of dementia. *Int J Computer Games Technol* 24, 1-11.

Kliegl R, Baltes P B (1987) Theory-guided analysis of mechanisms of development and aging through testing-the-limits and research on expertise. In C. Schooler & K. W. Schaie (Eds.), *Social structure and individual aging processes* (pp. 95-119). Norwood, NJ: Ablex.

Kliegl R, Smith J, Baltes, P B (1989) Testing-the-limits and the study of adult age differences in cognitive plasticity of a mnemonic skill. *Developmental Psychology* 25(2), 247–256.

Korczak D, Steinhäuser G, Kuczera C (2012) Effektivität der ambulanten und stationären geriatrischen Rehabilitation bei Patienten mit der Nebendiagnose Demenz. *Schriftenreihe Health Technology Assessment*, Bd. 122. Köln: Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI).

Koslucher F, Wade MG, Nelson B et al. (2012) Nintendo Wii Balance Board is sensitive to effects of visual tasks on standing sway in healthy elderly adults. *Gait Posture* 36(3), 605-608.

Kötteritzsch A, Schmitz C, Leman F (2013) Spaß vergisst man nicht: Motivierung zur Demenzintervention. In: S Boll, S Maaß, R Malaka (Hrsgs.) *Workshopband Mensch & Computer* (S. 375-381) Münschen: Oldenbourg Verlag.

Kramer AF & Erickson KI (2006) Exercise, cognition, and the aging brain. *J Appl Physiol* 101(4), 1237–1242.

Kruse A (1999) Regeln für gesundes Älterwerden. *Wissenschaftliche Grundlagen*: <http://www.weltgesundheitsstag.de/pdf/ExpertiseWGT99.pdf>

Kruse A, Schmidt E (2014) Demenz und Technik aus gerontologischer Perspektive. In: T Schultz, F Putze, A Kruse (Hrsgs.) *Technische Unterstützung für Menschen mit Demenz* (S. 19-42) Karlsruhe: KIT Scientific Publishing.

Kruse A, Wahl HW (2007) Psychische Ressourcen im Alter. In: R Süßmuth & A. Kruse (Hrsgs.), *Altern neu denken* (S. 101-124). Gütersloh: Verlag Bertelsmann Stiftung

Kruse A, Wahl HW (2010) *Zukunft Altern. Individuelle und gesellschaftliche Weichenstellungen*. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Heidelberg.



Kueider AM, Parisi JM, Gross AL, Rebok GW (2012) Computerized cognitive training with older adults: a systematic review. *PLoS One*. 7(7):e40588.

## L

Lai CH, Peng CW, Chen YL et al. (2013) Effects of interactive video-game based system exercise on the balance of the elderly. *Gait Posture* 37(4), 511-515

Law LL, Barnett F, Yau MK et al. (2014) Effects of combined cognitive and exercise interventions on cognition in older adults with and without cognitive impairment: a systematic review. *Ageing Res Rev* 15, 61–75.

Legouverneur G, Pino M, Boulay M et al. (2011) Wii sports, a usability study with MCI and Alzheimer's patients. *Alzheimer's Dementia* 7, 500–501.

Liu-Ambrose T, Katarynych LA, Ashe MC et al. (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, 975-982.

Lord S, Sherrington C, Menz H (2001) *Falls in older people*. Cambridge: Cambridge University Press.

Lundin-Olsson L, Nyberg L, Gustafson Y (1997) "Stops walking when talking" as a predictor of falls in elderly people. *Lancet* 349(9052), 617.

## M

Mahncke HW, Connor BB, Appelman J et al. (2006) Memory enhancement in healthy older adults using a brain plasticity-based training program: a randomized, controlled study. *Proc Natl Acad Sci U S A* 103(33), 12523-8.

Maillot P, Perrot A, Hartley A (2012) Effects of interactive physical-activity video-game training on physical and cognitive function in older adults. *Psychol Aging* 27(3), 589-600.

Manckoundia P, Mourey F, Pfitzenmeyer P et al. (2006) Comparison of motor strategies in sit-to-stand and back-to-sit motions between healthy and Alzheimer's disease elderly subjects. *Neuroscience* 137(2), 385–392.

Manea V, Petit PD, Derreumaux A et al. (2015) Kitchen and Cooking – a serious game for mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: a pilot study. *Frontiers in Aging Neuroscience* 7(24), 1-10.

Marschollek M, Gietzelt M, Schulze M, Kohlmann M, Song B, Wolf KH (2012) Wearable sensors in healthcare and sensor-enhanced health information systems: all our tomorrows? *Healthc Inform Res* 18(2), 97-104.

McCallum S, Boletsis C. *Dementia Games: A Literature Review of Dementia-Related Serious Games*. In: Ma M, Oliveira MF, Petersen S et al., eds. *Serious games development and applications*. Berlin Heidelberg: Springer Publishing, 2013, pp 15-27.

McEwen D, Taillon-Hobson A, Bilodeau M et al. (2014) Two-week virtual reality training for dementia: Single case feasibility study. *J Rehabil Res* 51(7), 1069-1076.

Mollenkopf H (2000) *Technik und Design*. In: HW Wahl & C Tesch-Römer (Eds.), *Angewandte Gerontologie in Schlüsselbegriffen* (S. 224-232). Stuttgart: Kohlhammer.

Morris JC, Mohs RC, Rogers H et al. (1988) Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease (CERAD) clinical and neuropsychological assessment of Alzheimer's disease. *Psychopharmacol. Bull* 24:641-652.

Muhaidat J, Kerr A, Evans JJ, Skelton DA (2013a) The test-retest reliability of gait-related dual task performance in community-dwelling fallers and non-fallers. *Gait Posture* 38(1), 43-50.

Muir SW, Speechley M, Wells J, Borrie M, Gopaul K, Montero-Odasso M (2012) Gait assessment in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: the effect of dual-task challenges across the cognitive spectrum. *Gait Posture* 35(1), 96-100.

## N

- Nigg B, Steidl S (2005) Gerontologie, Geriatrie und Gerontopsychiatrie. Ein Lehrbuch für Pflege- und Gesundheitsberufe. Facultas Verlags- und Buchhandels AG, Wien
- Nikolaus T (2000) Das geriatrische Assessment. Aktueller Erkenntnisstand hinsichtlich der Eignungskriterien (Diskrimination, Prädiktion, Evaluation, Praktikabilität). *Z Geriatr Gerontol* 34(1), 136-142.
- Nordheim J, Hamm S, Kuhlmeier A, Suhr R. (2015) Tablet-PC und ihr Nutzen für demenzerkrankte Heimbewohner. *Z Gerontol Geriatr* 48(6), 543–549.

## O

- Oswald WD, Fleischmann UM. Das Nürnberger-Alters-Inventar (NAI) - Testinventar & NAI-Testmanual und Textband, Göttingen: Hogrefe, 1999.

## P

- Padala KP, Padala PR, Malloy TR et al. (2012) Wii-fit for improving gait and balance in an assisted living facility: a pilot study. *J Aging Res* 2012, 597573.
- Park DS, Lee G (2014) Validity and reliability of balance assessment software using the Nintendo Wii balance board: usability and validation. *J Neuroeng Rehabil* 10, 11:99.
- Perneczky R, Alexopoulos P, Schmid G et al. (2011) Kognitive Reservekapazität und ihre Bedeutung für Auftreten und Verlauf der Demenz. *Nervenarzt* 82, 325-335.
- Perry RJ & Hodges JR (1999) Attention and executive deficits in Alzheimer's disease. A critical review. *Brain*, 122(Pt 3), 383–404.
- Pettersson AF, Olsson E & Wahlund LO (2007) Effect of divided attention on gait in subjects with and without cognitive impairment. *J Ger Psychiatry and Neurol*, 20(1), 58–62.
- Pichierri G, Wolf P, Murer K et al. (2011) Cognitive and cognitive-motor interventions affecting physical functioning: a systematic review. *BMC Geriatr* 11, 29.
- Podsiadlo D, Richardson S (1991) The timed Up and Go: A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc* 39, 944-954.
- Putze F, Tapaswi M, Martinez M et al. (2014) AKTIV: Multimodal Interaction System to Engage Patients with Dementia. In: T Schultz, F Putze, A Kruse (Hrsg.) Technische Unterstützung für Menschen mit Demenz (S. 105-122) Karlsruhe: KIT Scientific Publishing.

## R

- Rapp, K. (2009). "Die meisten Stürze ereignen sich bei den Transfers.", from [Online unter:] URL: [www.aktiv-in-jedem-alter.de](http://www.aktiv-in-jedem-alter.de) [letzter Zugriff: 09.12.2016]
- Robert P, Leroi I, Manera V (2016) Editorial: ICT for Assessment and Rehabilitation in Alzheimer's Disease and Related Disorders. *Front Aging Neurosci* 20(8), 6.
- Rösler A, Krause T, Niehuus C et al. (2009). Dementia as a cofactor for geriatric rehabilitation outcome in patients with osteosynthesis of the proximal femur: A retrospective, matchedpair analysis of 250 patients *Arch Gerontol Geriatr* 49(1), e36–e39.
- Rouleau I, Salmon DP, Vrbancic M (2002) Learning, retention and generalization of a mirror tracing skill in Alzheimer's disease. *J Clin Exp Neuropsychol* 24(2), 239-250.

## S

- Sackett DL, Rosenberg WMC, Gray JA et al. (1996) Evidence based medicine: what it is and what it isn't. *BMJ* 312, 71.
- Sala SD, Logie RH (2001) Theoretical and practical implications of dual-task performance in Alzheimer's disease. *Brain*. 124(Pt 8), 1479-1481.
- Salthouse T (1996) The processing-speed theory of adult sage differences in cognition. *Psychological Review* 103(3), 403-428.
- Scarborough DM, McGibbon CA, Krebs DE (2007) Chair rise strategies in older adults with functional limitations. *J Rehabil Res Dev* 44(1), 33-42.
- Schoene D, Lord S R, Delbaere K et al. (2013) A randomized controlled pilot study of home-based step training in older people using videogame technology. *PLoS One* 8 e57734
- Schoene D, Lord SR, Verhoef P, Smith ST (2011) A novel video game--based device for measuring stepping performance and fall risk in older people. *Arch Phys Med Rehabil* 92(6), 947-953.
- Schoene D, Valenzuela T, Lord SR, de Bruin ED (2014) The effect of interactive cognitive-motor training in reducing fall risk in older people: a systematic review. *BMC Geriatr* 20(14), 107.
- Schott N (2015) Trail Walking Test zur Erfassung der motorisch-kognitiven Interferenz bei älteren Erwachsenen. Entwicklung und Überprüfung der psychometrischen Eigenschaften des Verfahrens. *Z Gerontol Geriatr* 48, 722-733.
- Schultz T, Putze F, Mikut R et al. (2014) Technische Unterstützung für Menschen mit Demenz – Ein Überblick. In: T Schultz, F Putze, A Kruse (Hrsg.) Technische Unterstützung für Menschen mit Demenz (S. 1-18) Karlsruhe: KIT Scientific Publishing.
- Schwenk M, Dutzi I, Englert S et al. (2014) An Intensive Exercise Program Improves Motor Performances in Patients with Dementia: Translational Model of Geriatric Rehabilitation. *J Alz Dis* 39(3), 487–498.
- Schwenk M, Schmidt M, Pfisterer M et al. (2011) Rollator use adversely impacts on assessment of gait and mobility during geriatric rehabilitation. *J Rehabil Med* 43(5), 424-9.
- Schwenk M, Zieschang T, Oster P and Hauer K (2010) Dual-task performances can be improved in patients with dementia: a randomized controlled trial. *Neurology* 74, 1961-1968.
- Sheridan PL, Solomont J, Kowall N et al. (2003) Influence of Executive Function on Locomotor Function: Divided Attention Increases Gait Variability in Alzheimer's Disease. *J Am Geriatr Soc* 51(11), 1633–1637.
- Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M (2000) Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Phys Ther* 80(9), 896-903.
- Sieber C (2010) Plastizität im Alter als Gesundheitschance. In A Kruse (Hrsg.) Potenziale im Altern (S. 312). Heidelberg: Akademische Verlagsgesellschaft.
- Sihvonen SE, Sipilä S, Era PA (2004) Changes in postural balance in frail elderly women during a 4-week visual feedback training: a randomized controlled trial. *Gerontology* 50(2), 87-95.
- Smith GE, Housen P, Yaffe K et al. (2009) A cognitive training program based on principles of brain plasticity: results from the Improvement in Memory with Plasticity-based Adaptive Cognitive Training (IMPACT) study. *J Am Geriatr Soc* 57(4), 594-603.
- Splithof R (2016) The effects of exergaming on elderly with dementia in a Dutch Nursing Home – a pilot study. Master's Thesis: <http://edepot.wur.nl/388333>
- Stephens T (1988) Physical activity and mental health in the United States and Canada: Evidence from our population surveys. *Prev Med* 17, 35-47.
- Studenski S, Perera S, Hile E et al. (2010) Interactive video dance games for healthy older adults. *J Nutr Health Aging* 14, 850–852.
- Suttanon P, Hill KD, Dodd KJ, Said CM (2011) Retest reliability of balance and mobility measurements in people with mild to moderate Alzheimer's disease. *Int Psychogeriatr* 23(7), 1152-1159.

Szturm T, Hochman J, Wu C et al. (2015) Games and Telerehabilitation for Balance Impairments and Gaze Dysfunction: Protocol of a Randomized Controlled Trial *JMIR Res* 4(4), e118.

## T

Theill N, Schumacher V, Adelsberger R et al. (2013) Effects of simultaneously performed cognitive and physical training in older adults. *BMC Neurosci* 14, 103.

Tinetti ME (1986) Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *J Am Geriatr Soc* 34, 119-126.

## U

Uemura K, Shimada H, Makizako H et al. (2012). A lower prevalence of self-reported fear of falling is associated with memory decline among older adults. *Gerontology*, 58(5), 413–418.

## V

van Diest M, Lamoth CJ, Stegenga J et al. (2013) Exergaming for balance training of elderly: state of the art and future developments. *J Neuroeng Rehabil* 10, 101.

van Iersel MB, Hoefsloot W, Munneke M et al. (2004). Systematic review of quantitative clinical gait analysis in patients with dementia. *Z Gerontol Geriatr* 37(1), 27–32.

van Swearingen JM, Perera S, Brach JS, Wert D, Studenski S (2011) Impact of exercise to improve gait efficiency on activity and participation in older adults with mobility limitations: a randomized controlled trial. *Phys Ther* 91(12), 1740-1751.

Vergheze J, Lipton RB, Hall CB et al. (2002) Abnormality of Gait as a Predictor of Non Alzheimer's Dementia. *N Eng J Med* 347(22), 1761–1768.

Vergheze J, Wang C, Lipton R et al. (2007) Quantitative gait dysfunction and risk of cognitive decline and dementia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 78(9), 929–935.

Voelcker-Rehage C, Willimczik K (2006) Motor plasticity in a juggling task in older adults—a developmental study, *Age Ageing* 35(4): 422-427

## W

Wada K, Shibata T, Musha T, Kimura S (2008) Robot therapy for elders affected by dementia. *IEEE Engineering in Medicine*, 27(4)

Wallesch CW, Förstl H (2005) *Demenzen*. Thieme Verlag

Wattanasoontorn V, Boada I, García R, Sbert M. (2013) Serious games for health. *Entertainment Computing* 4(4), 231-247.

Webster D, Celik O (2014) Systematic review of Kinect applications in elderly care and stroke rehabilitation. *J Neuroeng Rehabil* 11, 108.

Wechsler D (1944) *The measurement of adult intelligence*. Williams & Wilkins, Baltimore

Werheid K, Thöne-Otto AIT (2006) Kognitives Training bei Alzheimer-Demenz - Aktuelle Entwicklungen, Chancen und Grenzen gerontologischer Gedächtnisrehabilitation. *Der Nervenarzt* 77(5), 549-557.

Werner C, Dutzi I, Hauer K (2014) Theoretische Grundlagen demenzieller Erkrankungen. In: *Therapie bei Demenz – Körperliches Training bei Demenz* (S.15-63), Baden-Württemberg Stiftung gGmbH (Hrsg.), Stuttgart.

Weybright E, Dattilo J, Rusch F (2010) Effects of an interactive video game (Nintendo Wii) on older women with Mild Cognitive Impairment. *Ther Recreation J* 44, 271–287.

- Weyerer S (1992) Physical inactivity and depression in the community: Evidence from the upper Bavarian field study. *Int J Sports Med* 13, 492-496
- Weyerer S, Bickel H (2007) Epidemiologie psychischer Erkrankungen im höheren Lebensalter. *Grundriss Gerontologie*, Band 14, Stuttgart: Kohlhammer.
- WHO (2012). Dementia: a public health priority. Genf: WHO.
- Wikstrom EA (2012) Validity and reliability of Nintendo Wii Fit balance scores. *J Athl Train* 47(3), 306-313.

## Y

- Yamada M, Aoyama T, Nakamura M et al. (2011) The reliability and preliminary validity of game-based fall risk assessment in community-dwelling older adults. *Geriatr Nurs* 32(3), 188-194.
- Yan JH, Dick MB (2006) Practice effects on motor control in healthy seniors and patients with mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Neuropsychol Dev Cogn B Aging Neuropsychol Cogn* 13(3-4), 385-410.
- Yamaguchi H, Maki Y, Takahashi K (2011) Rehabilitation for dementia using enjoyable video-sports games. *Int Psychogeriatr* 23, 674-676.
- Yang L, Liao LR, Lam FMH et al. (2015) Psychometric properties of dual-task balance assessments for older adults: A systematic review. *Maturitas* 80, 359-369.
- Yogev G, Giladi N, Peretz C et al. (2005) Dual tasking, gait rhythmicity, and Parkinson's disease: which aspects of gait are attention demanding? *Eur J Neurosci* 22(5), 1248-1256.

## Z

- Zimpich D (2004) Kognitive Leistungsfähigkeit im Alter. In: A. Kruse & M. Martin (Hrsg.) *Enzyklopädie der Gerontologie. Alternsprozesse in multidisziplinärer Sicht* (S. 289-303), Bern: Verlag Hans Huber.

## Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: KOGNITIVE LEISTUNGSDEFIZITE BEI DEMENZ.....	4
ABBILDUNG 2: ALTERSSPEZIFISCHE VERÄNDERUNGEN DER MECHANIK UND PRAGMATIK DER INTELLIGENZ.....	7
ABBILDUNG 3: TRANSFERSTRATEGIEN .....	11
ABBILDUNG 4: EINE ÜBERSICHT ÜBER ASSISTIERENDE GESUNDHEITSTECHNOLOGIEN .....	14
ABBILDUNG 5: KLASSIFIKATION TECHNISCHER ASSISTENZSYSTEME NACH IHRER FUNKTION .....	14
ABBILDUNG 6: ROBOTER-ROBBE PARO ZUR PSYCHO-SOZIALEN INTERVENTION.....	15
ABBILDUNG 7: KOMPONENTEN VON SPIELEN UND <i>SERIOUS GAMES</i> .....	16
ABBILDUNG 8: FUNKTION DES GERIATRISCHEN ASSESSMENTS IN DER INTERVENTIONSFORSCHUNG .....	18
ABBILDUNG 9: ÜBERSICHT ÜBER VERSCHIEDENE FUNKTIONSWEISEN VON <i>EXERGAMES</i> .....	21
ABBILDUNG 10: BAUSTEINE EINES DEMENZSPECIFISCHEN, MOTORISCH-KOGNITIVEN TRAININGSANSATZES .....	23
ABBILDUNG 11: DER PHYSIOMAT® .....	24
ABBILDUNG 12: KOMPLEXE PHYSIOMAT®-TRAIL-MAKING TASK (PTMT KOMPLEX) .....	25
ABBILDUNG 13: DIE PHYSIOMAT®-FOLLOW-THE-BALL TASKS (FTBT) .....	26
ABBILDUNG 14: PHYSIOMAT®-BALANCE TASK (PBT) .....	26
ABBILDUNG 15: PHASEN DER KOMPENSATORISCHEN TRANSFERSTRATEGIE UND ITEMS DES ACSID .....	30
ABBILDUNG 16: DIMENSIONEN DES BEOBACHTUNGSTRUMENTS ACSID.....	31
ABBILDUNG 17: ERWEITERTER NUTZEN VON „SERIOUS GAMES“ DURCH DIE INTEGRATION VON ASSESSMENTSTRATEGIEN .....	38



## Abkürzungsverzeichnis

AAL	Ambient Assisted Living (assistierende Gesundheitstechnologien)
ACSID	Assessment of Compensatory Sit-to-Stand maneuvers In people with Dementia
AGAST	Arbeitsgruppe Geriatrisches Assessment
COP	Center of Pressure
DTK	Dual-Task Kosten
FTBT	Physiomat®-Follow-the-Ball Task
ICC	Inter-Klassen-Korrelationskoeffizienten
IG	Interventionsgruppe
KG	Kontrollgruppe
MMSE	Mini Mental State Examination
PBT	Physiomat®-Balance Task
PTMT	Physiomat®-Trail-Making Task
RCT	Randomized Controlled Trials (Randomisierte kontrollierte Interventionsstudien)
SRM	Standardized Response Means
ZVT	Zahlenverbindungstest

## Curriculum Vitae

### Persönliche Daten

Name: Stefanie Wiloth (geb. Gogulla)  
 Geburtstag: 14. 12. 1985  
 Geburtsort: Schwetzingen  
 Familienstand: verheiratet  
 Adresse: Birkenalle 9, 68766 Hockenheim  
 Mobil: 0173 / 94 71 446  
 E-Mail: stefanie.wiloth@googlemail.com



### Schulische Ausbildung

1992 - 1996: Besuch der Neurott-Grundschule in Ketsch am Rhein  
 1996 - 2005: Besuch des Hebel-Gymnasiums Schwetzingen  
 Frühjahr 2005: Abitur

### Universitäre / akademische Ausbildung

WS 2005: Immatrikulation an der Universität Mannheim für Soziologie (Bachelor of Arts) und Erziehungswissenschaft (Nebenfach)  
 SS 2008: Abschlussprüfung in Soziologie (Bachelor of Arts)  
 WS 2008: Immatrikulation an der Universität Heidelberg für Gerontologie (Diplom)  
 WS 2011: Abschlussprüfung / Diplom in Gerontologie (Schwerpunkte Geriatrie, Gerontopsychiatrie und Interventionsgerontologie)  
 Seit Nov. 2011: Promotion im Fach Gerontologie am AGAPLESION Bethanien Krankenhaus Heidelberg.

### Zusatzausbildungen / Fortbildungen

2012: Ausbildung zur Fachübungsleiterin (Lizenzstufe B) für Rehabilitationssport Innere Medizin - Herzsport, Asthma/Lungensport, Typ-2-Diabetes, paVK, chronische Nierenerkrankungen

### Beruflicher Werdegang

2001: Praktikum im SWR-Studio Mannheim / Tätigkeit als Interviewerin und Nachrichtenschreiberin  
 2002 - 2006: Beschäftigung in der Gastronomie als Aushilfe (Service)  
 2004 / 2005: Nachhilfe für Schüler der 7. 8. und 9. Klasse im Fach Latein  
 2007: Neunwöchiges Praktikum in der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, im Bürgerbüro und im Parlamentsreferat des Hessischen Kultusministeriums Wiesbaden  
 2008 - 2010: Beschäftigung als wissenschaftliche Hilfskraft im AGAPLESION Bethanien Krankenhaus Heidelberg / Forschungsarbeit für das Diplom der Gerontologie

- 2009: Sechswöchiges Praktikum im Zentralinstitut für Seelische Gesundheit Mannheim in der Gerontopsychiatrie; Tätigkeit in der Demenzdiagnostik, Unterstützung während der Gruppentherapien (Depression und Demenz)
- 2011-2014 Wissenschaftliche Mitarbeiterin / Doktorandin am AGAPLESION Bethanien Krankenhaus Heidelberg (Schwerpunkt motorisch-kognitives Training)
- 2012: Tätigkeit als Übungsleiterin für Innere Medizin (Herzsport) im Verein für Gesundheitssport und Sporttherapie Heidelberg e. V. (GUS Heidelberg)
- Seit 2014: Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Diakoniewissenschaftlichen Institut der Universität Heidelberg (Schwerpunkt Technik im Alter und Teilhabeförderung)
- Seit Okt. 2015: Qualitätsmanagement-Beauftragte / Arbeitssicherheit und Brandschutzbeauftragte sowie Tätigkeit im Bereich Geriatriches Assessment / neuropsychologische Demenzdiagnostik in der Geriatriischen Schwerpunktpraxis Dr. Hummel in Mannheim

### Kenntnisse und Interessen

- PC-Kenntnisse: Grundkenntnisse mit der Statistiksoftware *STATA*, gute Kenntnisse in der Statistiksoftware *SPSS*, in dem Transkriptionsprogramm *EasyTranskript*, der Analysesoftware *RQDA* und in der S3 Praxissoftware sowie sehr gute Kenntnisse mit *MS-Office*, im Umgang mit dem Ganganalyseprogramm *GAI TRite®* und dem accelerometer-gestützten Erhebungsverfahren *DynaPort®MiniMod*
- Sprachen: gute Englischkenntnisse in Wort und Schrift, Grundkenntnisse in Französisch und Finnisch, großes Latein (siehe Abiturzeugnis)
- Sonst. Interessen: Sport (Turniersport in den lateinamerikanischen und Standardtänzen) Kunst, Musik
- Zukunft: Post-Doc Tätigkeit im Bereich Alternspsychologie, Interventionsgerontologie

### Sonstiges

Führerschein Klasse 3

## Weitere Publikationen, Kongressbeiträge und Fortbildungen

### Publikationen in Vorbereitung

Lemke N, **Wiloth S**, Werner C, Bauer J, Hauer K (in Vorbereitung). Specific motor-cognitive training improves trained and non-trained dual-task performance in patients with dementia.

Werner C, Lemke N, **Wiloth S**, Bauer J, Hauer K (in Vorbereitung). People with dementia can learn compensatory movement maneuvers for the sit-to-stand task: A randomized controlled trial. *Journal of Alzheimer's Disease*.

Weinberger N, Krings BJ, Decker M, Eurich J, **Wiloth S** (in Vorbereitung) Technische Unterstützungssysteme in sozialen Versorgungsnetzen – Reflektionen über sozio-technische Innovationen in der ambulanten Pflege.

**Wiloth S**, Eurich J, Kruse A. (in Vorbereitung) Zukunft Bahnstadt: Ein Lebensraum des Alter(n)s?. *Berichte. Geographie und Landeskunde*

### Eingereichte Publikationen

Eurich J, **Wiloth S**, Weinberger N, Krings BJ, Decker M. (submitted) Eine Explorative Analyse regionaler Pflegenetzwerke in der ambulanten Pflege für Menschen mit Demenz. *Pflege und Gesellschaft*.

### Abgeschlossene Publikationen

Schwenk M, **Gogulla S**, Englert S, Czempik A, Hauer K. (2012) Test-retest reliability and minimal detectable change of repeated sit-to-stand analysis using one body fixed sensor in geriatric patients. *Physiological Measurement* 33, 1931-1946.

**Wiloth S**, Siebert J, Bachmann A, Wahl H-W, Nüssel F, Eurich J (2015) „Structural Lag“ und Möglichkeitsräume des Alterns am Beispiel zentraler Transitionen - Erste Befunde eines neuartigen Disziplinäralogs zwischen Diakoniewissenschaft, Psychologie und Theologie. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 48(8), S. 677-690.

### Poster und wissenschaftliche Vorträge

**Gogulla S**, Czempik A, Hauer K, Schwenk M. Sensitivity to change of paper-pencil-tests and computerized methods for assessing motor performances in geriatric patients: influence of test instructions and conditions (Poster). 1st Joint World Congress of International Society for Posture & Gait Research & Gait and Mental Function, Trondheim Norwegen, 24.06.-28.06.2012.

Lemke N, **Gogulla S**, Hauer K. Effekte körperlicher Aktivität und körperlichen Trainings auf den psychischen Status bei älteren Menschen mit und ohne kognitive Schädigung. (Poster). Deutsche Gesellschaft für Gerontologie und Geriatrie, Bonn 14.09.2012.

**Gogulla S**. Definitionen und Erfassungsmethoden von Stürzen mit Verletzungsfolge: Ein systematisches Review randomisierter, kontrollierter Studien im Bereich Sturzprävention (Vortrag). Deutsche Gesellschaft für Gerontologie und Geriatrie, Bonn 12.09.2012.

**Gogulla S**, Lemke N, Werner C, Hauer K. Motorisch-kognitive Effekte eines computergestützten Trainings bei Menschen mit Demenz (Poster). Deutsche Gesellschaft für Gerontologie und Geriatrie, Halle (Saale) 24.09.2014-27.09.2014.

**Wiloth S.** Motor-Cognitive Effects of a Computerized Training Method (Physiomat®) in People with Dementia: a Randomized Controlled Trial (Vortrag). 9<sup>th</sup> World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine, Berlin 19.06.2015-23.06.2015.

**Wiloth S.** Specific Motor-Cognitive Training Improves Trained and Non-Trained Dual-Task Performance in Patients with Dementia (Vortrag). 9<sup>th</sup> World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine, Berlin 19.06.2015-23.06.2015.

**Wiloth S.** Validierung eines computergestützten, spiele-basierten Assessmentverfahrens zur Erfassung motorisch-kognitiver Leistungen bei Menschen mit Demenz (Vortrag). Deutsche Gesellschaft für Gerontologie und Geriatrie, Stuttgart 07.09.2016-10.09.2016.

### Fortbildungsseminare, Vorträge bei Fachveranstaltungen und Kolloquien

**Gogulla S.** Sturzprophylaxe im hohen Alter: Was kann man gegen Stürze tun? (Fachveranstaltung). Tag der offenen Tür im AGAPLESION Bethanien Krankenhaus, Heidelberg, 14.10.2012.

**Gogulla S., Lemke N.** Training von alltagsrelevanten kognitiv-motorischen Leistungen bei beginnenden Gedächtnisstörungen (Fachveranstaltung). Tag der offenen Tür im AGAPLESION Maria von Graimberg, Heidelberg, 02.12.2012

**Gogulla S., Lemke N.** Körperliches Training im Alter. (Vortrag) Dienstbesprechung des Bayerischen Staatsministeriums für Arbeit und Sozialordnung, Familie und Frauen, Nürnberg 05.12.2012 & München 12.12.2012.

**Gogulla S. & Lemke N.** Sturz- und Frakturprävention (Fortbildungsseminar). AGAPLESION Akademie Heidelberg, Heidelberg, 10.03.2013.

**Gogulla S. & Lemke N.** Die ersten Schritte einer Sturzprophylaxe: Assessmentmethoden (Fachveranstaltung). Dienstbesprechung des Bayerischen Staatsministeriums für Arbeit und Sozialordnung, Familie und Frauen, Nürnberg 03.12.2013 & München 11.12.2013.

**Gogulla S. & Lemke N.** Training alltagsrelevanter kognitiv-motorischer Leistungen bei Demenz (Fortbildungsseminar). Evangelisches Krankenhaus Bielefeld, Abteilung Gerontopsychiatrie, Bielefeld, 11.12.2014.

**Gogulla S. & Lemke N.** Sturzprävention bei Menschen mit Demenz (Fortbildungsseminar für Pflegekräfte und Physiotherapeuten). Caritas Institut für Bildung und Entwicklung, München, 11.03.2014.

**Gogulla S. & Lemke N.** Trainingsprogramme zur Sturz- und Frakturprävention in Alter (Fortbildungsseminar für Physiotherapeut, Sportlehrer, Ergotherapeuten). AGAPLESION Akademie Heidelberg, Heidelberg, 03.02. 2014-04.02.2014.

**Gogulla S. & Lemke N.** Mobilität und Sturz (Fortbildungsseminar für Pflegekräfte). AGAPLESION Akademie Heidelberg, Heidelberg, 22.09.2014-23.09.2014 & 24.09.2014-25.09.2014.

**Gogulla S., Hädrich J., Eurich J.** Potenziale jungen und alten Alters. Eine interdisziplinäre Erkundung sozialer Möglichkeitsräume unterschiedlicher Altersgruppen – Zwischenergebnisse (Kolloquium für Studenten und wissenschaftliche Mitarbeiter). Centrum für Soziale Innovationen Universität Heidelberg, 01.12.2014.

**Gogulla S., Hädrich J., Eurich J.** Innovative Partizipationsstrukturen und nachhaltige Wohnkonzepte angesichts des demografischen Wandels - Studienkonzept (Kolloquium für Studenten und wissenschaftliche Mitarbeiter). Centrum für Soziale Innovationen Universität Heidelberg, 26.01.2015.

**Gogulla S. & Lemke N.** Sturzprävention bei Menschen mit Demenz (Fortbildungsseminar für Pflegekräfte und Physiotherapeuten). Caritas Institut für Bildung und Entwicklung, München, 10.03.2015.

**Wiloth S.** Motorisch-kognitives Training bei Demenz (Fortbildungsseminar für angehende Physiotherapeuten und Sportlehrer). Akademie für Sport und Bewegung, Kiedaisch Schulen, Stuttgart, 14.11.2015.

- Wiloth S**, Eurich J. Structural Lag ' und Möglichkeitsräume des Alterns am Beispiel zentraler Transitionen: Erste Befunde eines neuartigen Disziplinärrituals zwischen Diakoniewissenschaft, Psychologie und Theologie (Kolloquium für Studenten und wissenschaftliche Mitarbeiter). Centrum für Soziale Innovationen Universität Heidelberg, 30.11.2015.
- Wiloth S**. Innovative Partizipationsstrukturen und nachhaltige Wohnkonzepte angesichts des demografischen Wandels (Kolloquium für Studenten und wissenschaftliche Mitarbeiter). Centrum für Soziale Innovationen Universität Heidelberg, 25.01.2016.
- Wiloth S**. Mobilität und Sturz (Fortbildungsseminar für Pflegekräfte). AGAPLESION Akademie Heidelberg, Heidelberg, 23.06.2016-14.06.2016 & 30.06.2016-01.07.2016.
- Wiloth S** & Christian W. Sturzprävention bei Menschen mit Demenz (Fortbildungsseminar für Pflegekräfte und Physiotherapeuten). Caritas Institut für Bildung und Entwicklung, München, 14.06.2016.
- Wiloth S**. Demenzpatienten gezielt fördern (Fortbildungsseminar für Pflegepersonal und Therapeuten). RHK Akademie Markgröningen, 22.11.2016 & 17.01.2016



## Danksagung

In ganz besonderem Maße möchte ich Herrn Prof. Dr. Klaus Hauer danken. Als Forschungsleiter am AGAPLESION Bethanien-Krankenhaus / Geriatriisches Zentrum am Klinikum der Universität Heidelberg hat er die jahrelange Erarbeitung meiner Dissertation intensiv betreut und unterstützt. Ich bedanke mich für eine sehr ertragreiche Zusammenarbeit und sein Vertrauen, mir verantwortungsvolle Aufgabe im Rahmen des Forschungsprojektes übertragen zu haben.

Ein herzliches Dankeschön richtet sich auch an Herrn Prof. Dr. Andreas Kruse, der meine Dissertation seitens des Instituts für Gerontologie der Universität Heidelberg betreute und mir bei entscheidenden Fragen hilfreich zur Seite stand.

Zudem danke ich meinen Vorgesetzten Herrn Prof. Dr. Johannes Eurich und Dr. Jana Hummel, die mir häufig die Möglichkeit gegeben haben, meine Dissertation trotz meiner Tätigkeit am Diakoniewissenschaftlichen Institut sowie in der Geriatriischen Schwerpunktpraxis in den letzten Zügen abschließen zu können. Vielen herzlichen Dank!

Auch meinen Promotionskollegen, Frau Nele Christin Lemke und Herrn Christian Werner, sowie weiteren Mitarbeitern des Forschungsprojektes, insbesondere Frau Michaela Günther-Lange, danke ich ganz besonders für eine überaus produktive und sehr angenehme Zusammenarbeit. Ohne die enge Teamarbeit und vor allem ohne die Teilnehmer der Trainingsstudie wäre dieser Dissertation in diesem Format nicht realisierbar gewesen. Daher ist es mir ein besonderes Anliegen, vor allem auch allen Teilnehmern und deren Angehörigen zu danken.

Während der Forschungsarbeit und der Erarbeitung meiner Dissertation sowie während der Vorbereitung auf die Disputation haben mich vor allem meine Mutter und Ihr Lebensgefährte motiviert und unterstützt. Zutiefst dankbar bin ich auch meinem Ehemann Bernd, der in dieser doch sehr herausfordernden Zeit stets an meiner Seite stand. Die Zusprache meiner Familie gab mir stets die Kraft, diese umfassende Arbeit erfolgreich abzuschließen – lieber Bernd, liebe Mama, vielen herzlichen Dank für die tolle, vor allem seelische Unterstützung!

**Erklärung gemäß § 8 Abs. 1 Buchst. b) und c) der Promotionsordnung  
der Fakultät für Verhaltens- und Empirische Kulturwissenschaften**

**Promotionsausschuss der Fakultät für Verhaltens- und Empirische Kulturwissenschaften der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg**  
Doctoral Committee of the Faculty of Behavioural and Cultural Studies, of Heidelberg University

**Erklärung gemäß § 8 Abs. 1 Buchst. b) der Promotionsordnung der Universität Heidelberg für die Fakultät für Verhaltens- und Empirische Kulturwissenschaften**  
Declaration in accordance to § 8 (1) b) and § 8 (1) c) of the doctoral degree regulation of Heidelberg University, Faculty of Behavioural and Cultural Studies

Ich erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertation selbstständig angefertigt, nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt und die Zitate gekennzeichnet habe.

I declare that I have made the submitted dissertation independently, using only the specified tools and have correctly marked all quotations.

**Erklärung gemäß § 8 Abs. 1 Buchst. c) der Promotionsordnung  
der Universität Heidelberg für die Fakultät für Verhaltens- und Empirische Kulturwissenschaften**

Ich erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertation in dieser oder einer anderen Form nicht anderweitig als Prüfungsarbeit verwendet oder einer anderen Fakultät als Dissertation vorgelegt habe.

I declare that I did not use the submitted dissertation in this or any other form as an examination paper until now and that I did not submit it in another faculty.

Vorname Nachname  
First name Family name

---

Datum, Unterschrift  
Date, Signature

---

**Veröffentlichungen und eingereichte Manuskripte  
zur publikationsbasierten Dissertation**

## I. Schrift

---

---

Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie

June 2012, Volume 45, Issue 4, pp. 279-289

First online: 25 May 2012

***Effekte körperlicher Aktivität und körperlichen Trainings auf den psychischen Status bei älteren Menschen mit und ohne kognitive Schädigung***

Authors: S. Gogulla, N. Lemke, K. Hauer

© Springer-Verlag 2012

Der Originalartikel wurde mit Erlaubnis von Springer Nature in dieser Dissertationsschrift wiederverwendet.

DOI 10.1007/s00391-012-0347-x

Print ISSN 0948-6704

Online ISSN 1435-1269

Journal 00391

Z Gerontol Geriat 2012 · 45:279–289  
 DOI 10.1007/s00391-012-0347-x  
 Eingegangen: 24. Februar 2012  
 Überarbeitet: 26. März 2012  
 Angenommen: 19. April 2012  
 Online publiziert: 24. Mai 2012  
 © Springer-Verlag 2012

S. Gogulla · N. Lemke · K. Hauer

AGAPLESION Bethanien Krankenhaus, Geriatriisches Zentrum an der Universität Heidelberg

## Effekte körperlicher Aktivität und körperlichen Trainings auf den psychischen Status bei älteren Menschen mit und ohne kognitive Schädigung

In den letzten Jahren ist eine große Anzahl von Untersuchungen zu positiven Effekten körperlichen Trainings publiziert worden, die Eingang in Therapieempfehlungen internationaler Fachgesellschaften gefunden haben [4]. Ältere Menschen und insbesondere geriatrische, multimorbide Patienten weisen nicht nur motorisch-funktionelle Einschränkungen auf, sondern leiden auch häufig an kognitiven Defiziten und/oder psychischen Störungen. Daher sind sie sowohl physisch als auch psychisch in einem hohen Maß betroffen, können aber von einem körperlichen Training besonders profitieren [3, 23, 27, 65, 77, 81]. Aus diesem Grund fanden neben positiven motorischen Wirkungen eines körperlichen Trainings auch Effekte auf den kognitiven und psychischen Status große Aufmerksamkeit in der klinischen Forschung und in der geriatrischen Rehabilitation.

### » Geriatrische Patienten können von körperlichem Training profitieren

Wichtige Zielgrößen eines körperlichen Trainings bei älteren Menschen sind die Sturzangst aufgrund der im Alter häufigen Stürze einerseits und die Depression aufgrund der inadäquaten medikamentösen sowie unzureichenden psychotherapeutischen Behandlung andererseits.

Etwa die Hälfte der Menschen mit Demenz weisen depressive Symptome auf

[26]. Der Einsatz von Antidepressiva bei Demenz zur Verringerung von Depressionen ist wenig evidenzbasiert [9, 60]. Daher sind Interventionsansätze, die auf einem körperlichen Training basieren, auch für Menschen mit kognitiver Einschränkung von großem Interesse.

### Bedeutung der Sturzangst im Alter

Stürze im Alter sind ein überragendes Gesundheitsthema, deren Konsequenzen mit hohen Kosten für das Gesundheitswesen verbunden sind [33, 89]. Neben schweren physischen Folgen (Verlust funktioneller Leistungen, schwere Verletzungen und erhöhte Mortalität [33, 89]) können Stürze auch psychosoziale Effekte wie Sturzangst auslösen [7]. Prävalenzraten in der Gesamtpopulation zeigen eine hohe Variabilität von 20–85% [7, 22, 31, 38], die von Faktoren wie Erfassungsmethode, erfasstem psychologischen Konstrukt (Sturzangst vs. sturzassoziierte Selbstwirksamkeit) und Auswahl der Studienpopulation beeinflusst werden und bei gebrechlichen Menschen mit Sturzgeschichte am höchsten sind [30, 31, 87, 89, 101]. Ältere Menschen mit mehrfachen Stürzen, anhaltendem Schwindel und einer subjektiv empfundenen schlechten Gesundheit gehören zu der Gruppe mit einem erhöhten Risiko, nachfolgend Sturzangst zu entwickeln [41]. Sturzangst kann der Auslöser für einen Circulus vitiosus sein, der zu Einschränkung körperlicher und sozialer Ak-

tivität, Distress, schlechterer Lebensqualität, erhöhtem Medikamentenverbrauch, weiterem Verlust funktioneller Leistungen, steigendem Sturzrisiko, Verlust des Selbstvertrauens und schlussendlich zum Verlust der Selbstständigkeit führt [7, 30, 31, 39, 101]. Ältere Menschen mit kognitiver Schädigung stellen eine vulnerable Gruppe dar, die ein besonders hohes Sturzrisiko, schwere Sturzverletzungen und sturzassoziierte Mortalität aufweisen [16, 52].

### Zusammenhang körperliche Aktivität und Sturzangst

Epidemiologische Studien, die den Zusammenhang von körperlicher Aktivität und Sturzangst im Alter untersuchen, fehlen. Repräsentative Längsschnittstudien könnten helfen, diesen Zusammenhang aufzuklären, um gezielte Präventionsprogramme zu entwickeln.

Beobachtungsstudien in Bezug auf Stürze zeigen, dass ein höheres Aktivitätsniveau bzw. spezielle Sportprogramme das Sturzrisiko deutlich reduzieren können [32, 34]. Da Stürze und Sturzangst miteinander interagieren [31], können ähnliche Ergebnisse in Bezug auf die Sturzangst erwartet werden. Bislang existieren aber keine evidenzbasierte Daten.

### Potenzielle Wirkmechanismen

Plausible Mechanismen, welche die Wirkung eines körperlichen Trainings auf

die Sturzangst erklären, sind, genau wie die Ursachen dieser Angst, unzureichend untersucht. Wahrscheinlich besteht eine komplexe wechselseitige Beziehung zwischen mehreren Mechanismen, die positiv auf physische und psychische Faktoren wirken.

Das Phänomen der Sturzangst wird häufig von einem schlechten motorisch-funktionellen Status begleitet, der durch eine sturzangstassoziierte Aktivitätsvermeidung zusätzlich beeinträchtigt wird. Es konnte nachgewiesen werden, dass ein gezieltes körperliches Training signifikant positive Effekte im funktionellen Bereich (verbesserte posturale Kontrolle, reduziertes Sturzrisiko [37, 90]) und im Bereich der Kraft (Muskelhypertrophie, Stabilisierung der Körperhaltung, verbesserte Gangstabilität [29, 75]) hat und zudem ein erhöhtes Level an körperlicher Aktivität bei älteren Menschen bewirken kann [32, 89].

Ein wichtiger psychologischer Faktor, der in engem Zusammenhang mit der Sturzangst steht, ist die sturzassoziierte Selbstwirksamkeit [46]. Das Konzept der sturzassoziierten Selbstwirksamkeit beschreibt die eigene Fähigkeit, Aktivitäten des täglichen Lebens durchzuführen, ohne zu stürzen oder die Balance zu verlieren [86]. Ein körperliches Training kann eine deutliche Verbesserung dieser Selbstwirksamkeit bewirken [2, 56].

### Relevanz von Depressionen im Alter

Depressionen sind ein Prädiktor für ein erhöhtes Morbiditätsrisiko, insbesondere für Herz-Kreislauf-Erkrankungen [68] und stehen mit einem erhöhten Mortalitätsrisiko im Zusammenhang [63]. Auch die im Alter häufig auftretenden subdiagnostischen Depressionen erhöhen das Risiko auf spätere Erkrankungen und stehen mit einer Einschränkung der Lebensqualität in Beziehung [98].

Depressionen bei Älteren sind im Vergleich zu Jüngeren eher durch Äußerungen somatischer Beschwerden und generellen Ängsten und weniger durch rein depressive Symptome gekennzeichnet. Auch wenn depressive Störungen ein solches atypisches Krankheitsbild aufweisen, treten diese im Alter genauso häufig

Z Gerontol Geriat 2012 · 45:279–289 DOI 10.1007/s00391-012-0347-x  
© Springer-Verlag 2012

S. Gogulla · N. Lemke · K. Hauer

## Effekte körperlicher Aktivität und körperlichen Trainings auf den psychischen Status bei älteren Menschen mit und ohne kognitive Schädigung

### Zusammenfassung

Sturzangst und Depressionen im Alter und bei Menschen mit kognitiver Einschränkung führen zu verminderter Lebensqualität. Körperliche Aktivität ist in repräsentativen Quer- und Längsschnittstudien mit einer verbesserten mentalen Gesundheit assoziiert. Dies gilt vor allem für Depressionen. Der Nachweis eines Zusammenhangs hinsichtlich der Sturzangst ist allerdings mangelhaft untersucht. Die vorliegende Übersichtsarbeit fasst den derzeitigen Stand epidemiologischer und randomisierter kontrollierter Studien (RCTs) zusammen und gibt einen Ausblick auf zukünftige Forschungsperspektiven. Die Mehrzahl der Studien belegt eine signifikante Reduktion von Depression und Sturzangst

durch körperliches Training bei älteren Menschen, jedoch mit unzureichender Evidenz für kognitiv eingeschränkte Personen. Empfehlungen in Bezug auf Intensität, Dauer und Umfang des Trainings können aufgrund der geringen Anzahl an qualitativ hochwertigen vergleichenden RCTs nur eingeschränkt gegeben werden. Zur Reduktion von Depressionen wirkt ein intensives Kraft- oder Ausdauertraining, zur Verringerung der Sturzangst eine Teilnahme an Tai-Chi oder in multifaktoriellen Trainingsprogrammen am effektivsten.

### Schlüsselwörter

Körperliche Aktivität · Körperliches Training · Körperliche Fitness · Sturzangst · Depression

## Effects of physical activity and physical training on the psychological status of older persons with and without cognitive impairment

### Abstract

Fear of falling and depression in the elderly and among cognitively impaired people lead to restrictions in quality of life. Being more active is associated with improved mental health as documented in cross-sectional and longitudinal studies. This is especially true for depression. Such epidemiologic evidence is lacking in fear of falling. This review summarizes current evidence from epidemiological and randomized controlled trials (RCTs) and gives an outlook for future research perspectives. The majority of studies included in this review document a significant reduction of depression and fear of falling in older persons by physical training with less evidence

in persons with cognitive impairment. With respect to intensity, duration, and amount of exercise, evidence-based recommendations were limited by the small number of high-quality comparative RCTs. High-intensity strength or endurance training was the most effective for reducing depression, while participation in Tai-Chi or multifactorial training programs was most effective to reduce fear of falling.

### Keywords

Physical activity · Exercise · Physical fitness · Fear of falling · Depression

auf wie bei jüngeren Menschen [98]. Die Berliner Altersstudie (BASE) gibt für über 70-Jährige eine Gesamtprävalenz von 9,1% (Männer 5,6%, Frauen 10,3%, chronisch Kranke 36,8%) an; bei subdiagnostischer Depression liegt sie bei 27% [51]. Zudem hängen altersassoziierte neurodegenerative Krankheitsbilder, z. B. Alzheimer-Demenz, mit der Entwicklung depressiver Symptome zusammen. Anteilig leiden ca. 40–50% der Personen mit beginnender Demenz unter Depressionen [26].

## » Depressionen im Alter werden unzureichend diagnostiziert und therapiert

Entgegen der hohen Prävalenz werden Depressionen im Alter unzureichend diagnostiziert oder zu wenig in psychotherapeutische und pharmakologische Therapien eingebunden [35, 40]. Nur knapp ein Drittel der älteren Patienten mit diagnostizierter Depression wird medikamentös

behandelt [51], wobei Antidepressiva gerade im Alter zu erheblichen Nebenwirkungen führen können [43]. Zudem ist der wirksame Einsatz von Antidepressiva zur Behandlung von Depressionen bei Menschen mit Demenz derzeit nur unzureichend belegt [9, 60]. Aufgrund der Nebenwirkungen von Psychopharmaka bei älteren Menschen und der fehlenden Evidenz der Wirksamkeit von Antidepressiva bei Menschen mit Demenz werden zunehmend innovative Ansätze zur Behandlung von Depressionen untersucht und eingesetzt, die auf einem körperlichen Training basieren.

### Zusammenhang körperliche Aktivität und Depression

Repräsentative Querschnittsstudien berichten über einen signifikanten Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und mentaler Gesundheit sowie Depression [1, 79, 93]. In einer Untersuchung von 15 Mitgliedsstaaten der Europäischen Union [1] konnten zudem Hinweise für eine Dosis-Wirkungs-Beziehung von körperlicher Aktivität und mentaler Gesundheit gefunden werden. Personen, die körperlich aktiver waren, wiesen hier eine deutlich bessere psychische Gesundheit auf. Dies zeigt sich zwar nicht in allen Nationen, aber für alle soziodemographischen Teilpopulationen. Demnach bestätigt sich die Assoziation zwischen körperlicher Aktivität und psychischer Gesundheit auch für ältere Menschen (65 bis 85 Jahre [69]). Teilweise ist der Zusammenhang geschlechtsspezifisch [11], wobei eine länger andauernde körperliche Aktivität pro Tag bei Männern stärker protektiv wirkt als bei Frauen.

Die Ergebnisse assoziativer Querschnittsstudien wurden in repräsentativen Längsschnittstudien [28, 58, 62] bestätigt und belegen den Zusammenhang auch für ältere Menschen [42, 80]. Eine Längsschnittstudie von Paffenbarger et al. [62] konnte bei ehemaligen 35- bis 74-jährigen Collegestudenten nach 23 bis 27 Jahren bei denjenigen ein um 27% geringeres Depressionsrisiko nachweisen, die mindestens 3 Stunden pro Woche körperlich aktiv waren. Eine Untersuchung von Motl et al. [58] legt darüber hinaus eine Dosis-Wirkungs-Beziehung nahe: Ein höheres

# Hier steht eine Anzeige.





**Tab. 1** Effekte körperlichen Trainings auf die Sturzangst

Studie	Teilnehmer (n) Durchschnittsalter (A) ± SD/ (Minimum–Maximum)	Intervention (RCTs)	Ergebnisse
Tennstedt et al. [82]	n=434 A: 77,8±7,71 Personen mit Sturzangst und Aktivitätsvermeidung	IG: kognitive Verhaltenstherapie mit niedrig intensiven Kraftübungen; 2-mal/Wo (4 Wo) KG: 1 Sitzung mit Informationen zur Sturzprävention Follow-up: 12 Mo	Sign. Reduktion – nach Intervention (p<0,05; mod. FES) – nach 12-Mo-Follow-up (p<0,05; mod. FES)
Brouwer et al. [15]	n=38 A: 77,5±5,3 Personen mit Sturzangst und Aktivitätsvermeidung	IG: Kraftübungen mit niedrigem Widerstand KG: Gesundheitserziehung mit Identifizierung und Reduzierung von Sturzrisikofaktoren Beide Gruppen 1-mal/Wo (8 Wo) Follow-up: 6 Wo	Sign. Reduktion in beiden Gruppen Zeiteffekte: p<0,006, keine Gruppeneffekte (ABC)
Devereux et al. [24]	n=50 A: 73,3±3,9 Selbstständig lebende Frauen mit Osteoporose	IG: Wasserübungen (Tai-Chi, Beweglichkeit, Kräftigung), Ausbildung 2-mal/Wo (10 Wo) KG: Keine Aktivität	Keine sign. Reduktion (p=0,38; mod. FES)
Li et al. [46, 47]	n=256 A: 77,5±4,95 Selbstständig lebende, gehfähige, inaktive Personen	IG: Tai-Chi KG: Dehnungsübungen (meist im Sitzen) Beide Gruppen 3-mal/Wo (6 Mo)	Sign. Reduktion (p<0,001; SAFFE)
Sattinet al. [70]	n=311 A: 80,9±3,2 Gebrechliche Personen nach Sturz	IG: Tai-Chi 2-mal/Wo ansteigend 60–90 min (48 Wo) KG: Instruktionen zur Sturzprävention 1-mal/Wo (48 Wo)	Sign. Reduktion – nach 8 Mo (p<0,001; ABC und p=0,01; FES) – nach 12 Mo (p<0,001; ABC und p<0,001; FES)
Arai et al. [6]	n=171 A: 74,1±5,6 Gehfähige Personen mit und ohne Hilfsmittel	IG: Kraft- und Balancetraining 2-mal/Wo (3 Mo) KG: Gesundheitsbildungsprogramm	Keine sign. Reduktion (FES)
Zijlstra et al. [100]	n=540 A: 78±4,8 Personen mit Sturzangst und Aktivitätsvermeidung	IG: kognitive Verhaltenstherapie mit niedrig intensiven Übungen (Kraft, Beweglichkeit) 1-mal/Wo (2 Mo), Boostersitzung 6 Mo nach der 8. Sitzung KG: normale Pflege Follow-up: 12 Mo	Sign. Reduktion – nach Intervention (OR=0,11; p<0,001; (SIS und p=0,02; CAF) – nach 6 Mo (p=0,005; SIS und p=0,002; CAF und p=0,005; PCF) – nach 12 Mo (p=0,001; SIS und p=0,001; PCF)
Halvarsson et al. [36]	n=59 A: 77 (67–93) Personen mit Sturzangst oder nach Sturz	IG: individuelles progressives Balance-training 3-mal/Wo (3 Mo) KG: keine Aktivität	Sign. Reduktion (p=0,008; FES-I)

Die Ergebnisse sind jeweils für Zwischengruppenvergleich angegeben. In Klammern dahinter stehen die genutzten Assessmentmethoden. **Wo** Wochen, **Mo** Monate, **sign.** signifikant, **FES** Falls Efficacy Scale, **FES-I** Falls Efficacy Scale-International, **ABC** Activities Specific Balance Confidence Scale, **SAFFE** The Survey of Activities and Fear of Falling in the Elderly, **SIS** Single Item Scale („Are you concerned about falling?“), **CAF** Concerns About Falling (14-Item-Skala), **PCF** Perceived Control over Falling (4-Item-Skala), **KG** Kontrollgruppe, **IG** Interventionsgruppe, **OR** Odds Ratio.

Maß an körperlicher Aktivität ist signifikant mit einem geringeren Level an depressiver Symptomatik assoziiert. Zudem spiegelt sich ein wechselndes Ausmaß an körperlicher Aktivität direkt im Grad der depressiven Symptomatik.

### Potenzielle Wirkmechanismen

Wahrscheinlich ist eine komplexe Interaktion zwischen einer Vielzahl an psychologischen und neurobiologischen Wirkmechanismen für die positiven Effekte

körperlicher Aktivität auf Depressionen verantwortlich. Psychologische Faktoren könnten die durch die Aktivität entstehende positive Selbstwirksamkeit, ein wachsender Selbstwert [56] oder auch die sozialen Kontakte bei der Ausführung körperlicher Aktivität [55] sein.

Die Entstehung depressiver Symptome ist im Alter häufig auf die zunehmenden motorisch-funktionellen Einschränkungen zurückzuführen. Es konnte belegt werden, dass die Reduktion depressiver Symptome eng mit subjektiv wahrge-

nommenen verbesserten motorisch-funktionellen Fähigkeiten durch ein gezieltes Krafttraining und damit der gesteigerten Lebensqualität zusammenhängt [84].

Effekte sind auch durch den menschlichen Hormonhaushalt bzw. bestimmte Stoffwechselvorgänge erklärbar. So führt ein Ausdauertraining zu einer Reduktion des Stresshormons Cortisol [25]. Dies könnte die Erklärung für eine bessere Stimmungslage sein. Ein Zusammenhang zwischen einem Ausdauertraining und der Reduktion depressiver Symp-

**Tab. 2** Effekte körperlichen Trainings auf depressive Symptomatik

Studie	Teilnehmer (n) Durchschnittsalter (A) ± SD/ (Minimum–Maximum)	Intervention (RCTs)	Ergebnisse
Blumenthal et al. [13]	n=101 A: 67,0±4,9 gesunde Männer und Frauen	IG: Ausdauer (Gehen/Joggen, Fahrradfahren) 3-mal/Wo (16 Wo); IG: Yoga und Flexibilität 2-mal/Wo (16 Wo) KG: Warteliste Follow-up: 8 Mo und 14 Mo (gesondert publiziert: Blumenthal [14])	Sign. Reduktion bei Männern nach dem Ausdauertraining (p<0,01) Follow-up: keine sign. Unterschiede (CES-D)
Singh et al. [73]	n=32 A: 71,3±1,2 Patienten mit Major- oder Minor-Depression oder Dysthymie	IG: Krafttraining 3-mal/Wo (10 Wo) KG: Gesundheitserziehung 2-mal/Wo	Sign. Reduktion nach Selbstbericht (p=0,002; BDI) und laut Therapeut (p=0,008; HRSD)
Blumenthal et al. [12]	n=156 A: 57,0±7,0 Personen mit Major-Depression	IG: Ausdauertraining (Gehen/Joggen) 3-mal/Wo (16 Wo); IG: Gabe von Antidepressiva (16 Wo); IG: Kombination aus Medikation & und Ausdauer Follow-up: 6 Mo (gesondert publiziert: Babyak [8])	Keine signifikanten Unterschiede Follow-up: sign. geringeres Rückfallrisiko nach Ausdauertraining (p=0,01)
Singh et al. [74]	n=32 A: 71,3±1,2 Patienten mit Major- oder Minor-Depression oder Dysthymie	IG: beaufsichtigtes Krafttraining 3-mal/Wo (10 Wo), gefolgt von unbeaufsichtigtem Krafttraining im Labor, zu Hause oder im Gesundheitszentrum 2- bis 3-mal/Wo (10 Wo) KG: Gesundheitserziehung Follow-up: 26 Mo	Sign. Reduktion nach Krafttraining (p<0,036) und auch nach Follow-up (p=0,047; BDI)
Mather et al. [54]	n=86 A=64,9 (53–91) Depressive Personen mit Resistenz gegen Antidepressiva	IG: Krafttraining 2-mal/Wo (10 Wo) KG: Gesundheitserziehung Follow-up: 8 Mo	Keine signifikanten Unterschiede (HRSD)
Penninx et al. [64]	n=438 A: 68,8±5,6 Ältere Personen mit Arthritis	IG: Ausdauertraining 3-mal/Wo (3 Mo) und zu Hause (15 Mo); IG: Krafttraining 3-mal/Wo (3 Mo) und zu Hause (15 Mo) KG: Gesundheitserziehung	Sign. Reduktion nur nach Ausdauertraining (p<0,001; CES-D)
Timonen et al. [84]	n=68 A: 83±3,9 geriatrische Patientinnen, poststationär	IG: Kraft- und Funktionstraining 2-mal/Wo (10 Wo) KG: unspezifisches Training zu Hause 2- bis 3-mal/Wo Follow-up: 3 und 9 Mo	Sign. Reduktion nach Kraft- und Funktionstraining (p=0,048; ZSDS) und nach 3 Mo (p=0,015)
Chin A Paw et al. [18]	n=173 A: 82,7±5,4 Pflegeheimbewohner mit depressiven Symptomen	IG: Krafttraining 2-mal/Wo (24 Wo); IG: Funktionstraining 2-mal/Wo (24 Wo); IG: Kombination Kraft und Funktion jeweils 1-mal/Wo KG: Gesundheitserziehung 2-mal/Wo	Keine signifikanten Unterschiede (GDS)
Chou et al. [19]	n=14 A: 72,6 Depressive Patienten oder mit Dysthymie	IG: Tai-Chi 3-mal/Wo (12 Wo) KG: Warteliste	Sign. Reduktion (p<0,01; CES-D)
Singh et al. [76]	n=60 A: 69,3±6,3 Personen mit diagnostizierter Major- oder Minor Depression oder Dysthymie	IG: intensives Krafttraining (80% max.) 3-mal/Wo (8 Wo); IG: leichtes Krafttraining (20% max.) 3-mal/Wo (8 Wo) KG: Betreuung durch Hausarzt	Sign. größere Reduktion nach intensivem Krafttraining durch Selbstbericht (p=0,006; GDS) und Therapeutenbericht p=0,14; HRSD)
Sims et al. [72]	n=32 A: 74,3±5,8 Personen mit depressiven Symptomen	IG: Krafttraining 3-mal/Wo (10 Wo) KG: Beratung/Information	Keine signifikante Reduktion (GDS)

**Tab. 2** Effekte körperlichen Trainings auf depressive Symptomatik (Fortsetzung)

Studie	Teilnehmer (n) Durchschnittsalter (A) ± SD/ (Minimum–Maximum)	Intervention (RCTs)	Ergebnisse
Teri et al. [83]	n=153 A: 78,0±7,0 Patienten mit Alzheimer-Demenz	IG: Ausdauer-, Kraft-, Gleichgewichts- und Flexibilitätstraining täglich 30 min (3 Mo) in der häuslichen Umgebung durch geschultes Pflegepersonal KG: gewöhnliche medizinische Pflege Follow-up: 24 Mo	Sign. Reduktion (p=0,04; (HRDS) bzw. (p=0,02; CSDD) auch nach 24 Mo (p=0,04)
William u. Tappen [94]	n=45 A: 87,9±5,9 Pflegeheimbewohner mit Alzheimer-Demenz	IG: Kraft-, Gleichgewichts-, Flexibilitäts- und Gehtraining 5-mal/Wo (16 Wo); KG: Gehtraining 5-mal/Wo (16 Wo) KG: therapeutisch-orientierte Gespräche	Keine signifikante Reduktion (CSDD)

Die Ergebnisse sind jeweils für Zwischengruppenvergleich angegeben. In Klammern dahinter stehen die genutzten Assessmentmethoden. **Wo** Wochen, **Mo** Monate, **sign.** signifikant, **CES-D** Center of Epidemiological Studies-Depression Scale, **GDS** Geriatric Depression Scale, **BDI** Beck Depression Inventory, **HRDS** Hamilton Rating Scale of Depression, **HAM-D** Hamilton Rating Scale for Depression, **ZSDS** Zung Self-rating Depression Scale, **CSDD** Cornell Scale for Depression in Dementia, **KG** Kontrollgruppe, **IG** Interventionsgruppe.

tome könnte zudem mit der Entstehung neuer Gehirnzellen in Verbindung stehen, die den Austausch von Neurotransmittern begünstigen, die relevant für affektive Vorgänge sind [21].

## Literaturrecherche

Die bisher aufgeführten Assoziationsstudien belegen den Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und dem psychischen Status. Sie bilden daher die Grundlage für Interventionsstudien, welche die Effektivität eines körperlichen Trainings überprüfen sollen.

Mit dieser Literaturübersicht werden bisher publizierte randomisierte kontrollierte Studien (RCTs) zum Effekt körperlichen Trainings auf depressive Symptome und Sturzangst bei älteren Personen mit und ohne kognitive Schädigung bis zum Jahr 2011 zusammengefasst.

## Methode

### Einschlusskriterien

Eingeschlossen wurden Studien der Evidenzklasse I (RCTs), um die Kausalität zwischen körperlicher Aktivität und Depressionen bzw. Sturzangst zu belegen. Außerdem wurden systematische Übersichtsarbeiten zum Einfluss körperlichen Trainings auf Depression oder Sturzangst bei älteren Menschen mit und ohne kognitive Einschränkung berücksichtigt.

### Literatursuche

Die selektive Literatursuche erfolgte über PubMed und Gerolit mit den Suchbegriffen „physical activity“ oder „physical exercise“ und „depression“ oder „depressive disorder“ oder „fear of falling“ und „elderly“ oder „older people“. Im zweiten Schritt wurden diese Suchbegriffe durch die Suchbegriffe „cognitive impairment“ oder „cognition disorders“ oder „dementia“ ergänzt. Die Suchstrategie wurde an die jeweilige Datenbank angepasst und umfasste standardisierte Suchbegriffe und zusätzliche Schlüsselbegriffe. Zudem wurde eine manuelle Suche über Referenzlisten identifizierter Studien/Übersichtsarbeiten durchgeführt, um weitere Studien zu bestimmen, die über die o. g. Suchstrategie nicht erfasst wurden. Nach einer Durchsicht von identifizierten Abstracts wurde eine Volltextsuche bei denjenigen Artikeln durchgeführt, die den definierten Suchkriterien entsprachen. Nur Artikel in deutscher und englischer Sprache wurden eingeschlossen.

### Ergebnisse

Einen Überblick über die RCTs mit primärem Endpunkt Sturzangst gibt **Tab. 1**, mit primärem Endpunkt Depression **Tab. 2**. Aufgrund der geringen Anzahl von Studien, die primär Sturzangst bzw. Depressionen untersuchten, wurden auch Publikationen in die Analyse eingeschlossen, die Sturzangst bzw. Depressionen als sekundären Studienendpunkt er-

fassen. Diese wurden aber nicht in die Tabellen aufgenommen.

### Kann körperliches Training Sturzangst verringern?

Bei der Auswertung der Ergebnisse zeigt sich ein heterogenes Bild der Wirksamkeit eines körperlichen Trainings auf die Reduktion der Sturzangst. Im Rahmen der Literaturrecherche wurden 8 RCTs gefunden, die primär die Effekte eines körperlichen Trainings auf die Sturzangst bei älteren Menschen untersuchen. Fünf Studien mit positiven Ergebnissen [36, 46, 70, 82, 100] stehen 3 mit negativen [6, 15, 24] gegenüber (**Tab. 1**).

Weiterhin wurden 16 RCTs gefunden, die sekundär die Effekte eines körperlichen Trainings auf die Sturzangst bei älteren Menschen ermitteln. Von diesen Arbeiten zeigen 10 positive [10, 17, 37, 47, 50, 67, 85, 96, 97, 99] und 6 negative Effekte [20, 49, 61, 66, 71, 95].

Der Großteil der Studien mit negativen Ergebnissen [6, 20, 24, 49, 61, 66, 71, 95] konnte weder Zeit- noch Zwischengruppeneffekte auf die Sturzangst nachweisen. In der Arbeit von Brouwer et al. [15] wurden Zeiteffekte erzielt. Die Sturzangst verringerte sich in der Interventions- und Kontrollgruppe. Zwischengruppenunterschiede konnten aber nicht festgestellt werden.

Die Mehrzahl der Arbeiten [10, 15, 20, 24, 36, 37, 49, 50, 61, 70, 82, 85, 95, 96, 99, 100] schließt gehfähige, selbstständig lebende Männer und Frauen über 60 Jahren ein, die Sturzangst haben und/oder eine

vorausgehende Sturzgeschichte aufweisen oder Sturzrisikofaktoren zeigen. Die Sturzangst wird auf unterschiedliche Weise erfasst, wobei sie als Synonym verschiedener psychologischer Konstrukte (Sturzangst vs. sturzassoziierter Selbstwirksamkeit) verwendet wird.

### Trifft dies auch bei kognitiver Schädigung zu?

Es gibt bisher keine Interventionsprogramme, die speziell die Reduktion der Sturzangst bei kognitiv eingeschränkten Menschen untersucht haben. Die meisten Studien, die in der Auswertung dieser Übersichtsarbeit berücksichtigt wurden, schließen Menschen mit kognitiven Einschränkungen (Mini-Mental-Status-Test, MMST  $\leq 24$ ) aus. Nur 3 Studien mit sekundärem Endpunkt Sturzangst untersuchen gemischte Patientengruppen. Tinetti et al. [85] sowie Wolf et al. [95] analysieren gemischte Kollektive, in die auch Menschen mit leichter bis mittelgradiger kognitiver Schädigung (Cut-off MMST 20 bzw. 17) aufgenommen wurden. In der Arbeit von Lin et al. [50] waren 30% des Kollektivs kognitiv eingeschränkt. Die genaue Definition für „kognitiv eingeschränkt“ bleibt aber unklar. In 2 [50, 85] der 3 Studien konnten positive Effekte auf die Sturzangst in einem gemischten Kollektiv erzielt werden.

### Kann körperliches Training Depressionen verringern?

Die Mehrzahl der Studien, die bei älteren Menschen ohne kognitive Schädigung durchgeführt wurden, weist auf einen antidepressiven Effekt des körperlichen Trainings hin.

In 11 RCTs wurden primär Effekte eines körperlichen Trainings bei älteren Menschen mit klinischer Depression [12, 19, 54, 73, 74, 76] oder mit depressiver Symptomatik ermittelt [13, 18, 72], in 2 Studien wurden gemischte Populationen untersucht [64, 84]. Von den 11 RCTs weisen 8 positive Effekte eines Trainings auf (■ **Tab. 2**; [12, 13, 19, 64, 73, 74, 76, 84]). Bei 3 RCTs konnten keine signifikanten Verbesserungen der Depression erzielt werden [18, 54, 72].

### Trifft dies auch bei kognitiver Schädigung zu?

Bei kognitiv eingeschränkten älteren Menschen zeigt sich ein in der Tendenz negativeres Ergebnis. Zwei positiven Ergebnissen [57, 83] stehen vier negative Ergebnisse [53, 59, 88, 94] gegenüber.

Es wurden 2 RCTs gefunden, die primär Effekte eines körperlichen Trainings auf Depressionen bei Patienten mit Alzheimer-Demenz untersuchen. Teri et al. [83] weisen eine signifikante Reduktion depressiver Symptome nach. Ein positiver psychosozialer Einfluss durch ergänzende Schulungen für die Pflegenden kann in dieser Studie nicht ausgeschlossen werden. Bei Williams u. Tappen [94] fand sich kein Einfluss des Trainings auf depressive Symptome (■ **Tab. 2**).

Insgesamt ließen sich 4 RCTs finden, die sekundär die Effekte eines körperlichen Trainings auf Depressionen bei Menschen mit kognitiver Einschränkung dokumentieren. Von diesen weist 1 Studie positive Effekte auf [57]. In 3 Arbeiten konnten keine signifikanten Verbesserungen erzielt werden [53, 59, 88], was entweder auf eine zu kurze Interventionsdauer [53], auf einen nicht angemessenen Trainingsinhalt, wie etwa das Fehlen eines Gehtrainings [59, 88], oder auf ein zu kleines Sample [88] zurückgeführt werden könnte.

### Welches Training wird bei Sturzangst empfohlen?

In den RCTs zur primären und sekundären Reduktion der Sturzangst zeigen sich vier Interventionstypen: Tai-Chi [46, 47, 70, 96, 99], multifaktorielle Interventionen (Kombination aus kognitiver Verhaltenstherapie in Bezug auf Sturzprävention mit Kraft-, Balance- oder Gehtraining [20, 24, 49, 50, 66, 82, 85, 97, 100]), gemischte Sportprogramme (Kombination aus Kraft-, Balance-, Koordinations-, Ausdauer- und Gehtraining [6, 10, 15, 17, 37, 66, 67, 71]) und Balancetraining [36, 61, 95, 96]. Im Überblick zeigen sich die besten Ergebnisse für Tai-Chi und multifaktorielle Trainingsprogramme.

**Tai-Chi.** Alle eingeschlossenen Tai-Chi-Interventionen (Ausnahme Lin et al [49]) konnten die Sturzangst signifikant reduzieren, wobei die Interventionsdauer mit

2 bis 12 Monaten sehr unterschiedlich war. Ein möglicher Wirkmechanismus ist, dass durch die geistige wie auch motorische Anforderung des Tai-Chi physiologische und psychologische Effekte auftreten können [92], die auf die multiplen Ursachen der Sturzangst positiv einwirken. Einerseits verbessert Tai-Chi die Balance, Kraft und Beweglichkeit [92] und reduziert dadurch das Sturzrisiko [5]. Andererseits erhöht es das allgemeine psychische Wohlbefinden (reduzierter Stress, Angst, Depression, erhöhter Selbstwert [45, 91, 92]) und die bewegungsassoziierte Selbstwirksamkeit [48]. Wird Tai-Chi zudem als Gruppentraining durchgeführt, werden soziale Interaktionen unterstützt, was die psychosoziale Gesundheit fördert [45].

**Multifaktorielle Interventionen.** Multifaktorielle Interventionen, die ein Gruppentraining wählen und primär auf eine Sturzangstreduktion zielen [82, 100], führen bis auf eine Ausnahme [24] zu einer deutlich reduzierten Sturzangst und verbessern die sturzassozierte Selbstwirksamkeit, wobei Interventionen unterschiedlichster Dauer und Frequenz (1 bis 4 Monate, 1- bis 3-mal pro Woche) erfolgreich waren. Die Studien, welche die Sturzangst als sekundären Endpunkt untersuchen, zeigen ein heterogenes Bild. Auffällig ist, dass multifaktorielle Heimtrainingsprogramme [50, 85, 97] im Gegensatz zu multifaktoriellen Gruppenprogrammen [20, 49, 66] zu positiven Ergebnissen führen. Die insgesamt positive Wirkungstendenz lässt sich möglicherweise mit der multifaktoriellen Ätiologie bzw. den Risikofaktoren der Sturzangst erklären [78]. Es ist möglich, dass multifaktorielle Ansätze, die multiple (physische, soziale und psychologische) Faktoren berücksichtigen [15, 44, 85] bzw. auf eine gleichzeitige Reduktion mehrerer Risikofaktoren ausgelegt sind, effektiver wirken können als Ansätze, die auf nur einen Faktor fokussieren [78].

**Gemischte Sportprogramme.** Die Wirksamkeit gemischter Sportprogramme ist uneinheitlich. Interventionen, welche die Probanden durch Hausbesuche, Telefonate oder Informationsmaterial zur Sturzvermeidung zusätzlich zum Training mo-

tivierten [10, 17, 67], konnten positive Effekte erzielen. Eine eindeutige Empfehlung für ein Sportprogramm ist aufgrund der unterschiedlichen Organisationsformen (Training zu Hause vs. Gruppentraining) und Inhalte (Kraft, Balance, Koordination, Ausdauer) der Studien schwierig. Die vorliegenden Arbeiten belegen aber, dass eine längere Dauer (12 Monate [10, 17, 67]) und eine höhere Intensität [37] zu stärkeren Effekten führen.

**Balancetraining.** Ansätze, die auf einem Balancetraining aufbauen, zeigen in Bezug auf eine Sturzangstreduktion nur sehr eingeschränkte Wirkung. Von 4 Arbeiten, die Balancetraining als körperliche Aktivität gewählt haben, konnte nur eine Studie [36] durch ein individuelles, progressives Gleichgewichtstraining die Sturzangst signifikant reduzieren. In 3 weiteren Studien konnte dieser Effekt weder durch ein individuelles noch durch ein Balancetraining in der Gruppe erreicht werden [61, 95, 96]. Dieses Resultat überrascht einerseits, da ein Balancetraining effektiv in Bezug auf eine Sturzprävention wirkt [32], wodurch die Erwartung einer gleichzeitigen Reduktion der Sturzangst naheliegt, da Stürze und Sturzangst in wechselseitiger Beziehung stehen [31]. Auf der anderen Seite bekräftigt das Ergebnis die Annahme, dass eine multifaktorielle Intervention notwendig ist, um das multiple Geschehen der Sturzangst effektiv zu bewältigen. Eine weitere Bestätigung ergibt sich aus der positiven Wirkung des Tai-Chi auf die Sturzangst, das die posturale Kontrolle verbessert, aber auch andere psychosoziale Aspekte berücksichtigt.

### Welches Training wird bei Depressionen empfohlen?

Aus der Analyse von insgesamt 17 eingeschlossenen RCTs zeigen sich heterogene Ergebnisse für Effekte unterschiedlicher Trainingsformen auf Depression bei älteren und kognitiv eingeschränkten Menschen. Eine positive Wirkung konnte aber durch ein Ausdauertraining und eingeschränkt auch durch ein intensives Krafttraining für ältere Menschen belegt werden.

**Krafttraining.** In 4 von 7 RCTs ließ sich eine signifikante Reduktion depressiver

Symptome durch ein intensives Krafttraining (80% der Maximalkraft [73, 74, 76]) bzw. eine Kombination aus intensivem Kraft- und Funktionstraining [84] belegen. Sims et al. [72] konnten dahingegen nach einem intensiven Krafttraining keine Effekte nachweisen [72]. In 2 weiteren RCTs mit negativen Ergebnissen [18, 54] wurden keine konkreten Angaben zur Intensität gemacht. In einem RCT werden Wirkunterschiede eines leichten vs. intensiven Krafttrainings überprüft [76], wobei sich eine signifikant größere Reduktion der Depression nach einem intensiven Krafttraining zeigt. Es fehlen Interventionsstudien, die eine längere mit einer kürzeren Dauer und einen größeren gegenüber einem geringeren Umfang eines Krafttrainings vergleichen. Zwei RCTs geben aber einen Hinweis darauf, dass bei einem Krafttraining, das häufiger (3-mal) pro Woche stattfindet, eine Dauer von 45 min pro Trainingseinheit ausreicht [73, 74]. Bei einem nur 2-mal pro Woche stattfindenden Krafttraining genügen 45–60 min [18, 54] im Vergleich zu einer 90-minütigen Trainingseinheit [84] nicht, um signifikante Effekte zu erhalten. Dass eine längere Gesamtdauer eines Krafttrainings bei älteren Personen einen psychosozialen Einfluss hat, kann hier nicht bestätigt werden: Positive Effekte eines 8-wöchigen Krafttrainings [76] stehen negativen Effekten eines 24-wöchigen Krafttrainings [18] gegenüber.

**Ausdauertraining.** Die positive Wirkung eines Ausdauer- bzw. Gehtrainings kann in 3 Vergleichsstudien nachgewiesen werden. Eine Studie stellt die Wirkung eines aus Gehen, Joggen und Fahrradfahren kombinierten Ausdauertrainings einem Yoga-/Flexibilitätstraining gegenüber [13]. Eine weitere Arbeit vergleicht ein Gehtraining mit einem Krafttraining [64]. Blumenthal et al. [12] untersuchen potenzielle Wirkunterschiede eines Ausdauertrainings (Gehen/Joggen) und einer medikamentösen Therapie. Aufgrund der hohen Variabilität des Intensitätsbereichs (50–85% Herzfrequenz) und der Gesamtdauer (6 Wochen bis 18 Monate) innerhalb dieser Studien können keine konkreten Empfehlungen gegeben werden. Für Menschen mit kognitiver Einschränkung wurde nur eine RCT identifiziert, die ein reines Gehtraining durch-

führte [53]. In dieser Untersuchung konnte keine signifikante Verbesserung depressiver Symptome erzielt werden. In einer Vergleichsstudie von Williams u. Tappen [94], die ein kombiniertes Trainingsprogramm aus Kraft-, Gleichgewichts-, Flexibilitäts- und Gehtraining einem reinen Gehtraining gegenüberstellten, konnten ebenfalls keine signifikanten Gruppenunterschiede nachgewiesen werden.

**Tai-Chi und multifaktorielle Interventionen.** Für ein Tai-Chi-Training [19] und eine multifaktorielle Intervention (Gehtraining, Lichttherapie, Schlafhygiene [57]) liegen ebenfalls positive Ergebnisse vor. Diese Einzelergebnisse lassen jedoch noch keine Bewertung in Bezug auf die Wirksamkeit dieser Trainingsprogramme auf Depressionen zu.

**Gemischte Sportprogramme.** Die positive Wirkung gemischter Sportprogramme auf Depressionen ist sowohl für Ältere als auch für Personen mit kognitiver Einschränkung nicht eindeutig. Nur 2 von 5 RCTs weisen positive Effekte auf. Timonen et al. [84] konnten durch eine Kombination aus Kraft- und Funktionstraining positive Effekte auf Depressionen bei Älteren belegen. Auch eine aus Ausdauer-, Kraft-, Gleichgewichts- und Flexibilitäts-training kombinierte Intervention bei kognitiver Einschränkung [83] führt zur signifikanten Reduktion depressiver Symptome. Demgegenüber weisen Williams u. Tappen [94] durch die gleiche Kombination mit gleicher Dauer und gleichem Umfang keine positiven Effekte nach. Zwei RCTs konnten bei kognitiv eingeschränkten Studienteilnehmern durch eine Kombination aus Hockergymnastik mit Musik [88] und Funktionstraining mit Musik [59] keine signifikanten Verbesserungen der Depression erzielen.

### Nachhaltigkeit des körperlichen Trainings

In 7 der 24 identifizierten RCTs zur Sturzangst wurde die Nachhaltigkeit der Effekte eines körperlichen Trainings mittels Follow-up-Analysen überprüft [15, 37, 47, 50, 71, 82, 100]. Von den 13 RCTs zur Erfassung der Wirksamkeit eines Trainings auf Depression führten 6 Follow-up-Untersuchungen durch [8, 14, 54, 74, 83, 84].



Alle Follow-up-Untersuchungen der Studien, die eine Verminderung der Sturzangst nachweisen konnten [47, 50, 82, 100], belegen eine signifikante, nachhaltige Reduktion nach Beendigung des Trainings (Follow-up 3 bis 12 Monate). Entgegen den Erwartungen zeigte sich dabei kaum eine Verringerung der Interventionseffekte.

In 4 der 6 RCTs zur Verringerung von Depressionen, die eine Follow-up-Untersuchung durchgeführt haben, blieben signifikante Effekte auch nach Abschluss der Intervention erhalten [8, 74, 83, 84]: Singh et al. [74] zeigen eine signifikante Verbesserung durch ein intensives Krafttraining nach 26 Monaten, Teri et al. [83] weisen nachhaltige Effekte durch ein kombiniertes Ausdauer-, Kraft-, Gleichgewichts- und Flexibilitätstraining nach 24 Monaten nach und Timonen et al. [84] belegen längerfristige Effekte durch ein kombiniertes Kraft- und Funktionstraining nach 3, aber nicht mehr nach 9 Monaten. Eine gesondert publizierte Follow-up-Untersuchung von Babyak [8] konnte fortbestehende Verbesserungen depressiver Symptome nach einem Ausdauertraining, die sich in der Studie von Blumenthal [12] zeigten, bestätigen. Außerdem war die Rückfallquote in der Trainingsgruppe nach 6 Monaten signifikant geringer als bei den Studienteilnehmern, die Antidepressiva erhalten hatten.

In einer separat veröffentlichten Follow-up-Untersuchung [14] blieben die signifikanten Effekte des Trainings aus der Studie von Blumenthal et al. [13] nach Ende der Intervention (8 und 14 Monate) nicht erhalten. Die Studie von Mather et al. [54], die schon während der Interventionsphase keine Zwischengruppeneffekte zeigen konnte, fand auch 8 Monate nach Beendigung der Trainingsphase keine signifikanten Ergebnisse.

### **Einfluss der Zielgruppe**

Die Studien geben einen Hinweis darauf, dass ein körperliches Training vor allem bei Personen mit diagnostizierter Depression [12, 19, 73, 74, 76] oder bei schwerer Betroffenen [64] wirksam ist. Alle RCTs, die entweder gesunde Personen oder wenig Betroffene einschlossen, zeigen mit Ausnahme der Arbeit von Blumenthal et al. [13] keine Effekte, wobei nur Männer

eine Reduktion an depressiven Symptomen aufwiesen. Bei Personen ohne diagnostizierte Depression können Deckeneffekte auftreten: Eine signifikante Reduktion der Depression ist kaum möglich, da sie bereits vor der Intervention keine oder nur geringe Symptome aufwiesen.

### **Risiko durch körperliches Training?**

Ein körperliches Training zur Reduktion der Sturzangst oder Depression ist für ältere oder kognitiv eingeschränkte Personen mit keinem oder nur sehr geringem Risiko verbunden.

Vier RCTs machen Angaben zu Nebenwirkungen, die in oder nach einem körperlichen Training auftreten können [12, 74, 76, 83]. Die Arbeiten von Singh et al. [74, 76] unterscheiden außerdem explizit zwischen Krankenhausaufenthalten, Arztbesuchen, Krankheitsfällen, Muskelkater, Schmerzen, Verletzungen sowie Stürzen und Todesfällen während des Trainings. Dem in den Arbeiten erläuterten positiven Einfluss eines körperlichen Trainings auf Depressionen stehen keine schwerwiegenden Nebenwirkungen gegenüber.

In einer eingeschlossenen Vergleichsstudie zur Wirkung von Medikamenten gegenüber körperlichem Training konnte gezeigt werden, dass sich bei Patienten, die mit Antidepressiva behandelt wurden, Nebenwirkungen zeigten, nicht aber bei Patienten, die ein körperliches Training absolvierten [12].

### **Limitationen und Vergleichbarkeit der Ergebnisse**

Ein Vergleich von Studienergebnissen, wie er in dieser Übersichtsarbeit vorgenommen wurde, erweist sich aus unterschiedlichen Gründen als schwierig. Die Charakteristik des Patientenkollektivs weicht in Bezug auf das Alter, das Setting (zu Hause lebende Personen vs. Patientengruppen vs. Pflegeheimbewohner) und das Vorhandensein psychischer Symptome (Gesunde bzw. wenig Betroffene vs. Patienten mit Diagnose) voneinander ab. Auch die Trainingsinhalte (z. B. Ausdauer vs. Krafttraining), die Dauer der Trainingsphase, die Intensität und das Trainingssetting (Gruppentraining in Einrichtungen vs. Training in häuslicher

Umgebung), die Assessmentmethoden zur Beurteilung des Interventionseffekts (z. B. subjektive Ratings vs. standardisierte Assessmentverfahren vs. Fremdratings) unterscheiden sich teilweise deutlich.

### **Ausblick**

Insbesondere die Ausgestaltung von Trainingsinhalten sowie von Dauer und Intensität des Trainings im Zusammenhang mit der Zielgruppe (Primärprävention vs. Rehabilitation) ist bislang wenig ausdifferenziert. Auch der Vergleich von multifaktoriellen Ansätzen, z. B. Kombination von körperlichem Training und psychologischen Therapieansätzen wie kognitiver Verhaltenstherapie, und möglicher Kombinationen unterschiedlicher Trainingsmethoden oder mit pharmakologischen Ansätzen lässt sich derzeit aufgrund des Fehlens vergleichender RCTs nicht durchführen. Komparative Studien sind aber notwendig, um den evidenzbasierten Einsatz nichtpharmakologischer Therapieansätze weiter zu optimieren. Aktuell ist jedoch eine sehr große Zahl (>70) verschiedener Studien im Bereich Depression, eine geringere Zahl (ca. 20) an Studien auch für Sturzangst angelaufen, die in naher Zukunft wichtige Antworten und Ergänzungen zu den oben genannten offenen Fragen und bisherigen Ergebnissen liefern werden (s. <http://www.clinicaltrials.gov>).

### **Fazit für die Praxis**

- Ein hohes Maß an körperlicher Aktivität ist mit einer geringeren depressiven Symptomatik bei Älteren assoziiert.
- Bei Menschen mit kognitiver Einschränkung bzw. Demenz ist die Wirksamkeit von körperlichem Training in Hinblick auf Sturzangst unzureichend untersucht, in Bezug auf Depression zeigt sich eine negative Tendenz.
- Ein standardisiertes körperliches Training kann zur Reduktion von Sturzangst und Depression bei älteren Menschen führen.
- Zur Reduktion von depressiven Symptomen zeigt ein intensives Kraft- oder Ausdauertraining, zur Verringerung der Sturzangst Tai-Chi oder ein multifaktorielles Trainingsprogramm die deutlichsten Effekte.

**Korrespondenzadresse**

**S. Gogulla**

AGAPLESION Bethanien Krankenhaus  
Geriatrisches Zentrum  
an der Universität Heidelberg  
Rohrbacher Str. 149, 69126 Heidelberg  
sgogulla@bethanien-heidelberg.de

**N. Lemke**

AGAPLESION Bethanien Krankenhaus  
Geriatrisches Zentrum  
an der Universität Heidelberg  
Rohrbacher Str. 149, 69126 Heidelberg  
n.lemke@bethanien-heidelberg.de

**Danksagung.** Die Studie wurde unterstützt von der Dietmar Hopp Stiftung und durch ein Stipendium des Graduiertenkollegs Demenz der Robert Bosch Stiftung und des Netzwerks Altersforschung der Universität Heidelberg (NAR)

**Interessenkonflikt.** Die korrespondierenden Autoren geben für sich und ihren Koautor an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

**Literatur**

1. Abu-Omar K, Rütten A, Lehtinen V (2004) Mental health and physical activity in the European Union. *Soz Präventivmed* 49:301–309
2. American College of Sports Medicine (1998) Position stand: exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc* 30:992–1008
3. American College of Sports Medicine; Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA et al (2009) Position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc* 41:1510–1530
4. American College of Sports Medicine (2005) Guideline for exercise testing and prescription. Lippincott, Williams, Wilkins, Philadelphia
5. American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, and American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel on Fall Prevention (2001) Guideline for the prevention of falls in older persons. *J Am Geriatr Soc* 49:664–672
6. Arai T, Obuchi S, Inaba Y et al (2007) The effects of short-term exercise intervention on falls self-efficacy and the relationship between changes in physical function and falls self-efficacy in Japanese older people: a randomized controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil* 86:133–141
7. Arfken CL, Lach HW, Birge SJ et al (1994) The prevalence and correlates of fear of falling in elderly persons living in the community. *Am J Public Health* 84:565–570
8. Babyak M, Blumenthal JA, Herman S et al (2000) Exercise treatment for major depression: maintenance of therapeutic benefit at 10 months. *Psychosom Med* 62:633–638
9. Bains J, Birks JS, Denning TR (2002) The efficacy of antidepressants in the treatment of depression in dementia. *Cochrane Database Syst Rev* 4:CD003944
10. Barnett A, Smith B, Lord SR et al (2003) Community-based group exercise improves balance and reduces falls in at-risk older people: a randomized controlled trial. *Age Ageing* 32:407–414

11. Bhui K, Fletcher A (2000) Common mood and anxiety states: gender differences in the protective effect of physical activity. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol* 35:28–35
12. Blumenthal JA, Babyak MA, Moore KA (1999) Effects of exercise training on older patients with major depression. *Arch Intern Med* 159:2349–2356
13. Blumenthal JA, Emery CF, Madden DJ et al (1989) Cardiovascular and behavioral effects of aerobic exercise training in healthy older men and women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 44:M147–M157
14. Blumenthal JA, Emery CF, Madden DJ et al (1991) Long-term effects of exercise on psychological functioning in older men and women. *J Gerontol* 46:P352–361
15. Brouwer BJ, Walker C, Rydahl SJ, Culham EG (2003) Reducing fear of falling in seniors through education and activity programs: A randomized trial. *J Am Geriatr Soc* 51:829–834
16. Buchner D, Larson E (1987) Falls and fractures in patients with Alzheimer-type dementia. *JAMA* 257:1492–1495
17. Campbell AJ, Robertson MC, Gardner MM et al (1997) Randomised controlled trial of a general practice programme of home based exercise to prevent falls in elderly woman. *BMJ* 315:1065–1069
18. Chin A Paw MJM, Poppel MNM van, Twisk JWR, Mechelen W van (2004) Effects of resistance and all-round, functional training on quality of life, vitality and depression of older adults living in long-term care facilities. A randomized controlled trial. *BMC Geriatr* 4:5
19. Chou K-L, Lee PWH, Yu ECS et al (2004) Effect of Tai-Chi on depressive symptoms amongst Chinese older patients with depressive disorder: a randomized clinical trial. *Int J Ger Psychiatry* 19:1105–1107
20. Clemson L, Cumming RG, Kendig H et al (2004) The effectiveness of a community-based program for reducing the incidence of falls in the elderly: a randomized trial. *J Am Geriatr Soc* 52:1487–1494
21. Cotman CW, Berchtold NC (2002) Exercise: a behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends Neurosci* 25:295–301
22. Cumming RG, Salkeld G, Thomas M et al (2000) Prospective study of the impact of fear of falling on activities of daily living, SF-36 scores, and nursing home admission. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 55:M299–305
23. Denking M, Nikolaus T, Denking C, Lukas A (2012) Physical activity for the prevention of cognitive decline. *Z Gerontol Geriatr* 45:11–16
24. Devereux K, Robertson D, Briffa NK (2005) Effects of a water-based program on women 65 years and over: a randomized controlled trial. *Aust J Physiother* 51:102–108
25. Duclos M, Gouarne C, Bonnemaïson D (2003) Acute and chronic effects of exercise on tissue sensitivity to glucocorticoids. *J Appl Physiol* 94:869–875
26. Ebert D (2008) *Psychiatrie systematisch*. Uni-Med, Bremen, S 94
27. Eggermont L, Scherder E (2006) Physical activity and behaviour in dementia. A review of the literature and implications for psychosocial intervention in primary care. *Dementia* 5:411–428
28. Farmer ME, Locke BZ, Moscicki EK et al (1988) Physical activity and depressive symptoms: the NHA-NES I Epidemiologic follow up study. *Am J Epidemiol* 128:1340–1350
29. Fiatarone MA, O'Neil EF, Ryan ND et al (1994) Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N Engl J Med* 330:1769–1775
30. Franzoni S, Rozzini R, Boffelli S et al (1994) Fear of falling in nursing home patients. *Gerontology* 40:38–44
31. Friedman SM, Munoz B, West SK et al (2002) Falls and fear of falling: which comes first? A longitudinal prediction model suggests strategies for primary and secondary prevention. *J Am Geriatr Soc* 50:1329–1335
32. Gillespie LD, Gillespie WJ, Robertson MC et al (2003) Interventions for preventing falls in elderly people. *Cochrane Database Syst Rev* 4:CD000340
33. Gillespie LD, Robertson MC, Gillespie WJ et al (2009) Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev* 2:CD007146
34. Gregg EW, Pereira MA, Caspersen CJ (2000) Physical activity, falls, and fractures among older adults: a review of the epidemiologic evidence. *J Am Geriatr Soc* 48:883–893
35. Grobe TG, Bramesfeld A, Schwartz FW (2006) *Versorgungsgeschehen. Analyse von Krankenkassendaten*. In: Stoppe G, Bramesfeld A, Schwartz FW (Hrsg) *Volkskrankheit Depression? Bestandsaufnahme und Perspektiven*. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 39–98
36. Halvarsson A, Olsson E, Farén E et al (2011) Effects of new, individually adjusted, progressive balance group training for elderly people with fear of falling and tend to fall: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 25:1021–1031
37. Hauer K, Rost B, Rutschle K et al (2001) Exercise training for rehabilitation and secondary prevention of falls in geriatric patients with a history of injurious falls. *J Am Geriatr Soc* 49:10–20
38. Howland J, Lachman ME, Peterson EW et al (1998) Covariates of fear of falling and associated activity curtailment. *Gerontologist* 38:549–55
39. Howland J, Peterson EW, Levin WC et al (1993) Fear of falling among the community-dwelling elderly. *J Aging Health* 5:229–43
40. Kruse A, Wahl HW (2010) *Zukunft Altern – individuelle und gesellschaftliche Weichenstellung*. Spektrum Heidelberg, S 297–300
41. Lach HW (2005) Incidence and risk factors for developing fear of falling in older adults. *Public Health Nurs* 22:45–52
42. Lampinen P, Heikkinen RL, Ruoppila I (2000) Changes in intensity of physical exercise as predictors of depressive symptoms among older adults: an eight-year follow-up. *Prev Med* 30:371–380
43. Laux G, Dietmaier O (2009) *Psychopharmaka: Ratgeber für Betroffene und Angehörige*. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 101–119
44. Lawrence RH, Tennstedt SL, Kasten LE et al (1998) Intensity and correlates of fear of falling and hurting oneself in the next year: baseline findings from a Roybal Center fear of falling intervention. *J Aging Health* 10:267–286
45. Lee LYK, Lee DTF, Woo J (2010) The psychosocial effect of Tai-Chi on nursing home residents. *J Clin Nurs* 19:927–938
46. Li F, Fisher KJ, Harmer P et al (2005a) Falls self-efficacy as a mediator of fear of falling in an exercise intervention for older adults. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 60B:P34–P40
47. Li F, Harmer P, Fisher KJ et al (2005b) Tai-Chi and fall reductions in older adults: a randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 60A:M187–M194
48. Li F, Harmer P, McAuley E et al (2001) Tai-Chi, self-efficacy, and physical function in the elderly. *Prev Sci* 2:229–239



49. Lin MR, Hwang HF, Wang YW et al (2006) Community-based Tai-Chi and its effect on injurious falls, balance, gait, and fear of falling in older people. *Phys Ther* 86:1189–1201
50. Lin MR, Wolf SL, Hwang HF et al (2007) A randomized, controlled trial of fall prevention programs and quality of life in older fallers. *J Am Geriatr Soc* 55:499–506
51. Linden M, Kurtz G, Baltes MM et al (1998) Depression bei Hochbetagten – Ergebnisse der Berliner Altersstudie. *Nervenarzt* 69:27–37
52. Lord S, Sherrington C, Menz H (2001) Falls in older people. Cambridge University Press, Cambridge
53. MacRae PG, Asplund LA, Schnelle JF et al (1996) A walking program for nursing home residents: effects on walk endurance, physical activity, mobility, and quality of life. *J Am Geriatr Soc* 44:175–180
54. Mather AS, Rodriguez C, Guthrie MF et al (2002) Effects of exercise on depressive symptoms in older adults with poorly responsive depressive disorder: randomized controlled trial. *Br J Psychiatry* 180:411–415
55. McAuley E, Blissmer B, Marquez DX et al (2000) Social relations, physical activity, and well-being in older adults. *Prev Med* 31:608–617
56. McAuley E, Courneya KS, Lettunich J (1991) Effects of acute and long-term exercise on self-efficacy responses in sedentary, middle-aged males and females. *Gerontologist* 31:534–542
57. McCurry SM, Gibbons LE, Logsdon RG et al (2005) Night time insomnia treatment and education for Alzheimer's disease: A randomized, controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 53:793–802
58. Motl RW, Birnbaum AS, Kubik MY et al (2004) Naturally occurring changes in physical activity are inversely related to depressive symptoms during early adolescence. *Psychosom Med* 66:336–342
59. Mulrow CD, Gerety MB, Kanten D et al (1994) A randomized trial of physical rehabilitation for very frail nursing-home residents. *JAMA* 271:519–524
60. Nelson JC, Devanand DP (2011) A systematic review and meta-analysis of placebo-controlled antidepressant studies in people with depression and dementia. *J Am Geriatr Soc* 59:577–585
61. Nitz JC, Choy NL (2004) The efficacy of a specific balance-strategy training programme for preventing falls among older people: a pilot randomised controlled trial. *Age Ageing* 33:52–58
62. Paffenbarger RS, Lee IM, Leung R (1994) Physical activity and personal characteristics associated with depression and suicide in American college men. *Acta Psychiatr Scand* 377:16–22
63. Patten SB, Williams JV, Lavorato D et al (2011) Mortality associated with major depression in a Canadian community cohort. *Can J Psychiatry* 56:658–666
64. Penninx BWJH, Rejeski WJ, Pandya J et al (2002) Exercise and depressive symptoms: a comparison of aerobic and resistance exercise effects on emotional and physical function in older persons with high and low depressive symptomatology. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 57B:P124–P132
65. Potter R, Ellard D, Rees K et al (2011) A systematic review of the effects of physical activity on physical functioning, quality of life and depression in older people with dementia. *Int J Geriatr Psychiatry* 26:1000–1011
66. Reinsch S, MacRae P, Lachenbruch PA et al (1992) Attempts to prevent falls and injury: a prospective community study. *Gerontologist* 32:450–456
67. Robertson MC, Devlin N, Gardner MM et al (2001) Effectiveness and economic evaluation of a nurse delivered home exercise programme to prevent falls. 1: Randomised controlled trial. *BMJ* 322:697–701
68. Rugulies R (2002) Depression as a predictor for coronary heart disease. a review and meta-analysis. *Am J Prev Med* 23:51–61
69. Ruuskanen JM, I Ruoppila (1995) Physical activity and psychological well-being among people aged 65–84 years. *Age Ageing* 24:292–296
70. Sattin RW, Easley KA, Wolf SL et al (2005) Reduction in fear of falling through intense Tai-Chi exercise training in older, transitionally frail adults. *J Am Geriatr Soc* 53:1168–1178
71. Shigematsu R, Okura T, Rantanen T (2008) Square stepping exercise versus strength and balance training for fall risk factors. *Aging Clin Exp Res* 20:19–24
72. Sims J, Hill K, Davidson S et al (2006) Exploring the feasibility of a community-based strength training program for older people with depressive symptoms and its impact on depressive symptoms. *BMC Geriatr* 6:18
73. Singh NA, Clements KM, Fiatarone M (1997) A randomized controlled trial of progressive resistance training in depressed elders. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 52:27–35
74. Singh NA, Clements KM, Fiatarone M et al (2001) The efficacy of exercise as a long-term antidepressant in elderly subjects: a randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 56:497–504
75. Singh NA, Ding W, Manfredi TJ (1999) Insulin-like growth factor I in skeletal muscle after weight-lifting exercise in frail elders. *Am J Physiol* 52:M27–M35
76. Singh NA, Stavrinou TM, Scarbek Y et al (2005) A randomized controlled trial of high versus low intensity weight training versus general practitioner care for clinical depression in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 60:768–776
77. Sjösten N, Kivelä SL (2006) The effects of physical exercise on depressive symptoms among the aged: a systematic review. *Int J Geriatr Psychiatry* 21:410–418
78. Sjösten N, Vaapio S, Kivelä SL (2008) The effects of fall prevention trials on depressive symptoms and fear of falling among the aged: a systematic review. *Aging Mental Health* 12:30–46
79. Stephens T (1988) Physical activity and mental health in the United States and Canada: evidence from four population surveys. *Prev Med* 17:35–47
80. Strawbridge WJ, Deleger S, Roberts RE et al (2002) Physical Activity Reduces the Risk of Subsequent Depression for Older Adults. *Am J Epidemiol* 156:328–334
81. Ströhle A (2009) Physical activity, exercise, depression and anxiety disorders. *J Neural Transm* 116:777–784
82. Tennstedt S, Howland J, Lachmann M et al (1998) A randomized, controlled trial of a group intervention to reduce fear of falling and associated activity restriction in older adults. *J Gerontol B Psychol Sci* 53:384–392
83. Teri L, Gibbons LE, McCurry SM et al (2003) Exercise plus behavioral management in patients with Alzheimer disease – a randomized controlled trial. *JAMA* 290:2015–2022
84. Timonen L, Rantanen T, Timonen TE et al (2002) Effects of group-based exercise program on the mood state of frail older women after discharge from hospital. *Int J Geriatr Psychiatry* 17:1106–1111
85. Tinetti ME, Baker DJ, McAvay G et al (1994) A multifactorial intervention to reduce the risk of falling among elderly people living in the community. *N Engl J Med* 331:821–827
86. Tinetti ME, Richman D, Powell L (1990) Falls efficacy as a measure of fear of falling. *J Gerontol Psychol Sci* 45:P239–P243
87. Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF (1988) Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med* 319:1701–1707
88. Van de Winckel A, Feys H, De Weerd W et al (2004) Cognitive and behavioural effects of music-based exercises in patients with dementia. *Clin Rehabil* 18:253–260
89. Vellas BJ, Wayne SJ, Romero LJ et al (1997) Fear of falling and restriction of mobility in elderly fallers. *Age Ageing* 26:189–193
90. Visser M, Pluijm SMF, Stel VS et al (2002) Physical activity as a determinant of change in mobility performance: a longitudinal Aging Study Amsterdam. *J Am Geriatr Soc* 50:1774–1781
91. Wang C, Bannuru R, Kupelnick B et al (2010) Tai-Chi on psychological well-being: systematic review and meta-analysis. *BMC* 10:23
92. Wang C, Collet JP, Lau J (2004) The effect of Tai-Chi on health outcomes in patients with chronic conditions. *Arch Intern Med* 164:493–501
93. Weyerer S (1992) Physical inactivity and depression in the community: evidence from the upper Bavarian field study. *Int J Sports Med* 13:492–496
94. Williams CL, Tappen RM (2008) Exercise training for depressed older adults with Alzheimer's disease. *Aging Ment Health* 12:72–80
95. Wolf B, Feys H, Weerd W de et al (2001) Effect of a physical therapeutic intervention for balance problems in the elderly: a single-blind, randomized, controlled multicentre trial. *Clin Rehabil* 15:624–636
96. Wolf SL, Barnhart HX, Kutner NG et al (1996) Reducing frailty and falls in older persons: an investigation of Tai-Chi and computerized balance training. Atlanta FICSIT Group frailty and injuries: cooperative studies of intervention techniques. *J Am Geriatr Soc* 44:489–497
97. Yates SM, Dunnagan TA (2001) Evaluating the effectiveness of a home-based fall risk reduction program for rural community-dwelling older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 56:226–230
98. Zank S, Heidenblut S (2009) Versorgung von Depressionen im Alter. In: Adler G, Gutzmann H, Haupt M et al (Hrsg) Seelische Gesundheit und Lebensqualität im Alter. Depression – Demenz – Versorgung. Schriftreihe der Deutschen Gesellschaft für Gerontopsychiatrie- und psychotherapie e. V. Kohlhammer, Stuttgart, S 15–19
99. Zhang JG, Ishikawa-Takata K, Yamazaki H et al (2006) The effects of Tai-Chi chuan on physiological function and fear of falling in the less robust elderly: an intervention study for preventing falls. *Arch Gerontol Geriatr* 42:107–116
100. Zijlstra GA, van Haastregt JC, Ambergen T et al (2009) Effects of a multicomponent cognitive behavioural group intervention on fear of falling and activity avoidance in community-dwelling older adults: results of a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 57:2020–2028
101. Zijlstra GA, van Haastregt JC, Eijk JT van et al (2007) Prevalence and correlates of fear of falling, and associated avoidance of activity in the general population of community-living older people. *Age Ageing* 36:304–309

## II. und III. Schrift

---

---

Therapie bei Demenz – Körperliches Training bei Menschen mit Demenz / Schriftreihe der Baden-Württemberg Stiftung gGmbH

Juli 2014

S. 126-168

***Effekte eines körperlichen Trainings bei älteren Menschen und bei Menschen mit Demenz auf die Psyche.***

Authors: S. Gogulla, N. Lemke, K. Hauer

S. 98-126

***Effekte körperlicher Aktivität auf die Kognition im Alter und bei Demenz.***

Authors: N. Lemke, S. Gogulla, K. Hauer

© Baden-Württemberg Stiftung gGmbH 2000-2017

Beide Originalartikel wurden mit Erlaubnis von der Baden-Württemberg Stiftung gGmbH in dieser Dissertationsschrift wiederverwendet.

Stiftung; Nr. 74

ISSN 1610-4269

ISBN 978-3-00-045762-3

# III. EFFEKTE KÖRPERLICHER AKTIVITÄT AUF DIE KOGNITION IM ALTER UND BEI DEMENZ

NELE CHRISTIN LEMKE, STEFANIE GOGULLA & KLAUS HAUER

## 1. EINLEITUNG

Der biologische Alterungsprozess schließt strukturelle sowie funktionelle Veränderungen des Gehirns ein. Häufig treten neben diesen alterstypischen Veränderungen aber auch pathologische, d.h. über das altersentsprechende Maß hinausgehende, Verschlechterungen auf, die sowohl Kognition als auch die funktionelle Leistungsfähigkeit des Menschen stark beeinträchtigen können. Die dabei am häufigsten auftretenden Veränderungen sind die leichten kognitiven Störungen (Mild Cognitive Impairment = MCI, ICD-10, Fo6.7) und die demenziellen Erkrankungen (hierbei vor allem die Alzheimer-Demenz) (► **Beitrag I**).

Kausal wirksame Therapieansätze, die das Demenzrisiko reduzieren können und kognitive Verluste dauerhaft verhindern, existieren bislang nicht. Bisherige pharmakologische Ansätze (Antidementiva) zeigen nur einen limitierten positiven Einfluss auf die Symptomatik altersassoziierter kognitiver Dysfunktionen und sind zudem mit relevanten Kosten und zum Teil auch mit Nebenwirkungen verbunden.

Den pharmakologischen Therapieansätzen stehen nicht-pharmakologische gegenüber,

von denen körperliche Aktivität bzw. körperliches Training bislang am intensivsten untersucht wurden.

Die positive Wirkung von körperlicher Aktivität wurde bereits in vielerlei Hinsicht, auch für gebrechliche und/oder demenziell erkrankte Menschen, bestätigt. Positive Effekte körperlicher Aktivität können zudem sowohl strukturelle als auch funktionelle Einflüsse auf das Gehirn und dadurch auch auf die damit verbundenen kognitiven Leistungen haben (Colcombe & Kramer 2003; Erickson 2011; Kramer & Erickson 2006).

Im folgenden Kapitel wird die Wirksamkeit von körperlicher Aktivität auf die kognitiven Fähigkeiten im normalen Alterungsprozess und bei bereits bestehender kognitiver Beeinträchtigung (MCI oder Demenz) thematisiert. Basierend auf den physiologischen Funktionen des menschlichen Gehirns werden die Beziehung von körperlicher Aktivität und Kognition aus präventiver Sicht (epidemiologisch assoziative Studien) und die kausalen Zusammenhänge mit Hilfe von randomisierten kontrollierten Interventionsstudien dargestellt. Abschließend erfolgt aus der Übersicht des aktuellen Forschungsstands eine Ableitung von Hinweisen und Empfeh-

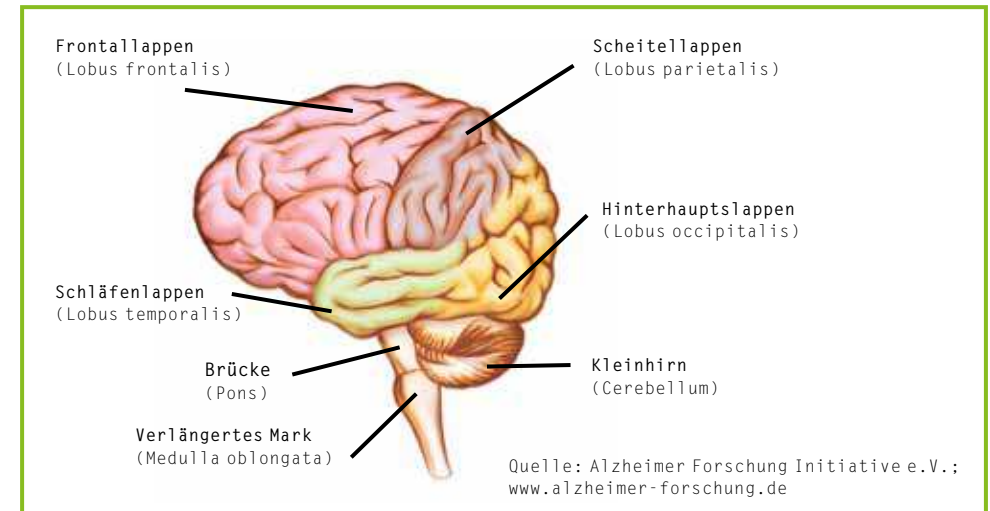


Abb. 1: Bereiche der Großhirnrinde (schematische, seitliche Ansicht)

lungen für ein körperliches Training, welches sich positiv auf die kognitive Leistung von Menschen mit Demenz auswirken kann.

## 2. ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DEMENZI- LEN ERKRANKUNGEN UND KOGNITION

### WAS BEDEUTET KOGNITION BZW. WELCHE GEHIRN- STRUKTUREN UND -FUNKTIONEN HABEN BESON- DERS IM ALTER EINE HOHE RELEVANZ?

Der Begriff der Kognition wird in der Psychologie sehr uneinheitlich verwendet. Nach der Definition von Zimbardo und Floyd (1983) schließt die Kognition alle neuronalen Prozesse ein, durch die Wahrnehmungen aus der Umwelt aufgenommen, verarbeitet, gespeichert und wieder abgerufen werden. Zu diesen Prozessen zählen unter anderem Gedächtnis, Sprache, Aufmerksamkeit, Emotionen, Exekutivfunktionen und die Intelligenz (Wagenknecht 1980; Zimbardo 1995). Das Gehirn ist der Ort, wo diese kognitiven Prozesse ab- bzw. zusammenlaufen.

Das Gehirn lässt sich in drei Hauptbereiche unterteilen:

- Großhirn: wichtig für das Abrufen von Informationen/Erinnerungen, das Problemlösen, Emotionen und die Steuerung von Bewegungsabläufen.
- Kleinhirn: wichtig für die Koordinationsfähigkeit und das Gleichgewicht.
- Hirnstamm: Verbindung von Gehirn und Rückenmark; wichtig für automatisierte Körperfunktionen wie den Herzschlag, die Atmung und die Verdauung.

Bei diesen Strukturen spielt vor allem die Großhirnrinde (auch Cortex genannt) eine besonders relevante Rolle. Sie lässt sich in sechs Hirnlappen einteilen, von denen vier an der Oberfläche (Temporal-, Parietal-, Frontal- und Okzipitalloben; ► Abb. 1) und zwei in der Tiefe (Insel- und limbische Loben) liegen (Creutzfeldt 1983).

Frontallappen (Stirnloben)	Parietallappen (Scheitellappen)	Temporallappen (Schläfenloben)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Willkürmotorik (steuert &amp; kontrolliert Bewegungen)</li> <li>▶ motorisches Sprachzentrum (Broca-Areal)</li> <li>▶ Willensstärke vorausschauendes Handeln /Denken</li> <li>▶ Persönlichkeitswahrnehmung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ somatische Sensibilität</li> <li>▶ visuelle Steuerung von Bewegungen</li> <li>▶ Erkennung von Reizen im Raum</li> <li>▶ räumliches Denken</li> <li>▶ „quasi-räumliches“ Denken (rechnen/lesen)</li> <li>▶ switchen zwischen zwei Reizen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ primäres Hörzentrum</li> <li>▶ sensorisches Sprachzentrum (Wernicke-Areal)</li> <li>▶ Sprachverständnis</li> <li>▶ Gedächtnisbildung (über den Hippocampus)</li> <li>▶ Arbeitsgedächtnis</li> </ul>

Tab. 1: Funktionsbereiche des Frontal-, Parietal- und Temporallappens

Von Alterungsprozessen im Gehirn sind strukturell besonders der Frontal-, Parietal- und der obere Temporallappen betroffen (Reuter 2010), auf dessen wichtigste Funktionen im Folgenden eingegangen wird (▶ Tab. 1).

Der **Frontallappen** (Stirnloben bzw. Lobus frontalis) hat primär eine motorische Funktion. Er steuert und kontrolliert Bewegungshandlungen (d.h. die Willkürmotorik) über den sogenannten Motorcortex, der einen großen Anteil des hinteren Frontallappens einnimmt. Zudem befindet sich im hinteren Rindenfeld das motorische Sprachzentrum (Broca-Areal), das für Sprachmotorik, Lautbildung, Artikulation und die Bildung abstrakter Wörter verantwortlich ist (Birbaumer & Schmidt 2010; Spornitz 2004). Die Rindenfelder im vorderen Teil des Frontallappens sind vor allem von großer Bedeutung für moralisches und soziales Handeln, vorausschauendes Handeln bzw. Denken, soziale Intelligenz, zukunftsorientiertes Handeln (persönliche Willensstärke) und das Verständnis für die Realität sowie die eigene Persönlichkeit, weshalb dieses Areal auch als „Sitz der Persönlichkeit“ bezeichnet wird (Spornitz 2004). Kommt es zu Schäden in diesem Bereich, z. B. durch neurodegenerative Erkrankungen, sind vor allem Aufmerksamkeits-, Sprach- (motorische Aphasie) und Gedächtnisleistungen beeinflusst. Zudem treten Probleme im schlussfolgernden Denken auf (Förstl 2012).

Die wichtigste Funktion des **Parietallappens** (Scheitellappen bzw. Lobus parietalis) ist die Integration von sensorischen Informationen (somatische Sensibilität; Spornitz 2004). Der obere Teil des Parietallappens spielt bei der visuellen Steuerung von Bewegungen und der Erkennung von Stimuli im Raum eine große Rolle, wodurch eine räumliche Aufmerksamkeit und der Wechsel zwischen verschiedenen Stimuli (Switching) ermöglicht werden. Der untere Teil ist zuständig für das räumliche Denken und für Prozesse wie Rechnen und Lesen („Quasi-räumliches Denken“; Creutzfeldt 1983).

Im vorderen Teil des **Temporallappens** (Schläfenloben bzw. Lobus temporalis) laufen die Enden der Hörbahnen zusammen, weshalb er auch als primäres Hörzentrum (auditorischer Cortex) bezeichnet wird (Creutzfeldt 1992; Spornitz 2004). Im hinteren Bereich des Temporallappens liegt die Region des sensorischen Sprachzentrums (Wernicke-Areal), welches für das Sprachverständnis ausschlaggebend ist (Spornitz

2004). Zusammen mit dem Broca-Areal im Frontallappen ist das Wernicke-Areal eine der beiden Hauptkomponenten des Sprachzentrums. Störungen des Wernicke-Areals führen zu sensorischen Aphasien, wobei es zu starken Beeinträchtigungen des Sprachverstehens kommt (Birbaumer & Schmidt 2010; Spornitz 2004).

Wichtig ist zudem der Hippocampus im medialen Teil. Hier fließen Informationen aus den verschiedenen sensorischen Systemen zusammen, die dort verarbeitet werden und an die Großhirnrinde zurückgehen, wo sie im Langzeitgedächtnis abgespeichert werden. Funktionell ist der Hippocampus somit von großer Bedeutung für die Gedächtniskonsolidierung. Er überführt Gedächtnisinhalte aus dem Kurzzeit- ins Langzeitgedächtnis (Roth 2002; Spornitz 2004). Einen kurzen Test zur Überprüfung u.a. des Kurzzeitgedächtnisses („Digit Span“) ist am Ende des Beitrags ausführlicher dargestellt.

Die oben beschriebenen Gehirnstrukturen sind der Sitz für wichtige kognitive Prozesse und Funktionen wie Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Orientierung, Wahrnehmung, Konzentration und Exekutivfunktionen. Für die Bewältigung des Alltags und ein möglichst selbstständiges Leben sind die exekutiven Funktionen von großer Bedeutung. Sie umfassen unter anderem die Impulskontrolle (Inhibition), zielgerichtetes Handeln (inklusive Planung, Koordination und Initiierung einer Handlung), die Beobachtung und Fehlerkorrektur von Ausführungen, die Willensbildung sowie die Prioritätensetzung und sind besonders im Bereich des Frontallappens lokalisiert (Duke & Kazniak 2000). Dieser Bereich ist am stärksten von

den Alterungsprozessen betroffen (Coffey 1992; Reuter 2010). Alle Funktionen stehen eng miteinander in Verbindung und beeinflussen sich gegenseitig (Miyake 2000).

### 3. KÖRPERLICHE AKTIVITÄT UND KOGNITION

Im folgenden Kapitel werden wissenschaftliche Erkenntnisse zur präventiven und therapeutischen Wirkung von körperlicher Aktivität und körperlichem Training auf die Kognition zusammenfassend dargestellt.

#### KANN KÖRPERLICHE AKTIVITÄT VOR KOGNITIVEN VERLUSTEN UND DEMENZEN SCHÜTZEN BZW. HAT KÖRPERLICHE AKTIVITÄT EINEN PRÄVENTIVEN NUTZEN FÜR DIE KOGNITION IM ALTER?

(Ergebnisse epidemiologischer Assoziationsstudien)

#### ZUSAMMENHANG ZW. KÖRPERLICHER AKTIVITÄT UND KOGNITIVEN FUNKTIONEN BEI GESUNDEN ÄLTEREN

Zu den ersten Wissenschaftlern, die den Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und der Kognition analysierten, gehörten Spirduso und Clifford (1978). Ihre Untersuchung zeigte, dass ältere Männer, die regelmäßig aktiv waren (Racket spielen oder Joggen), deutlich bessere Reaktionszeiten aufwiesen als deren inaktive Altersgenossen. Auf Basis solcher Ergebnisse wurde eine Vielzahl an epidemiologischen Studien initiiert, die den Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und kognitiven Leistungen bei gesunden älteren Menschen im Quer- oder Längsschnitt untersuchten.

Die Ergebnisse zeigten eine eindeutig positive Beziehung zwischen höherer körperlicher Aktivität (meist gemessen an sportlichen Aktivitäten oder Alltagsaktivitäten wie Gehstrecken oder Treppensteigen) und der Kognition. Höhere Aktivität im Alter war mit verbesserten kognitiven Leistungen und einer geringeren Wahrscheinlichkeit kognitiver Beeinträchtigung assoziiert (Angevaren 2007; Barnes 2003, 2007; Middelton 2008; Schuit 2001; van Gelder 2004; Weuve 2004; Yaffe 2001). Die Definition kognitiver Beeinträchtigung war dabei unterschiedlich. Meist wurde nur der relative Abbau der kognitiven Leistungen dargestellt, der jedoch nicht mit einer kognitiven Schädigung im Sinne eines Mild Cognitive Impairments oder einer Demenz gleichgesetzt werden kann. Schuit (2001) setzte z.B. eine kognitive Verschlechterung mit einer Veränderung der MMST-Werte von mehr als drei Punkten über einen Zeitraum von drei Jahren gleich.

Die häufigsten Endpunkte der Studien untersuchten, ob ein höheres Aktivitätsniveau mit einer verbesserten Kognition in verschiedenen Bereichen, wie im verbalen Gedächtnis (Weuve 2004), Aufmerksamkeit (Barnes 2008), Exekutivfunktionen (Barnes 2008) und globalen kognitiven Funktionen (Middelton 2008; Weuve 2004), assoziiert ist.

Die Aussagen, wie intensiv Aktivitäten betrieben werden sollen, um effektiv auf die Kognition wirken zu können, sind heterogen:

Eine Querschnittsstudie von Angevaren (2007) zeigte, dass eine intensive körperliche Belastung eher als der Gesamtumfang körperlicher Aktivitäten mit verbesserten kognitiven Leistungen in Verarbeitungsgeschwin-

digkeit, Gedächtnis und mentaler Flexibilität verknüpft ist. Daraus folgte die Annahme, dass es eine Art Intensitätsschwelle geben muss, über welcher der kognitive Benefit deutlich ausgeprägter auftritt. Dem stehen die Ergebnisse von Geda (2010) gegenüber, nach denen moderate Aktivitäten im mittleren oder späten Erwachsenenalter mit einem reduzierten Risiko für Mild Cognitive Impairment verknüpft waren. Ein vergleichbarer Effekt konnte in derselben Studie aber weder für leichte noch für hochintensive Aktivitäten nachgewiesen werden.

Unterschiedliche Ergebnisse erklären sich zum Teil aus Differenzen in der Methodik beider Studien bezüglich der Stichprobengröße, dem Alter der Probanden zu Studienbeginn, den Fragebögen zur Erfassung der körperlichen Aktivität als auch dem Nachuntersuchungszeitraum. So untersuchte Geda (2010) eine kleinere Stichprobe an Probanden, die zu Beginn der Studie bereits älter waren (zwischen 70–89), erfasste die körperliche Aktivität über ein Jahr (mit zusätzlichen Befragungen auch zur Aktivität im mittleren Erwachsenenalter) und setzte einen Nachuntersuchungszeitraum von zwei Jahren an.

Eine weitere Erklärung wäre, dass hochintensive Belastungen in dieser Altersgruppe gar nicht oder nur selten ausgeführt werden, wodurch mögliche Effekte nicht abgebildet werden konnten.

Im Gegensatz dazu erfasste Angevaren (2007) eine größere Stichprobe, die zu Beginn jünger war (45–70 Jahre) und führte eine detailliertere Befragung zur körperlichen Aktivität durch. Der Nachuntersuchungszeitraum war mit sechs Jahren deutlich län-

Studie	Probandenanzahl [n] /Geschlecht	Alter [Jahre]	Messmethoden körperlicher Aktivität/ Nachbeobachtung	Ergebnisse
Rovio (2005)	n = 1449 Frauen/Männer	65 - 79	Selbstauskunft über Fragebogen zur Häufigkeit der KA; 21 Jahre	<b>positiv</b> 2x KA pro Woche im mittleren Lebensalter assoziiert mit reduziertem AD-Risiko
Larson (2006)	n = 1740 Frauen/Männer	≥ 65	Selbstauskunft über Fragebogen zur Häufigkeit der KA; 6,2 Jahre	<b>positiv</b> KA ≥3x pro Woche assoziiert mit reduziertem AD-Risiko
Laurin (2001)	n = 4615 Frauen/Männer	≥ 65	Selbstauskunft über Fragebogen zur Häufigkeit & Intensität der KA; 5 Jahre	<b>positiv</b> hohe KA assoziiert mit reduziertem AD-Risiko (Effekte treten verstärkt bei Frauen auf)
Abbott (2004)	n = 2257 nur Männer	71 - 93	Selbstauskunft über Fragebogen; Gehdistanz pro Tag; 7 Jahre	<b>positiv</b> niedrige KA (Gehaktivität) assoziiert mit erhöhtem AD-Risiko
Buchman (2012)	n = 716 Frauen/Männer	53 - 100	totale KA pro Tag; gemessen mit Akzelerometern; 4 Jahre	<b>positiv</b> hohe Gesamt-KA assoziiert mit reduziertem AD-Risiko
Scarmeas (2009)	n = 1880 Frauen/Männer	≥ 65	Selbstauskunft über Fragebogen; zur Häufigkeit, Dauer & Intensität der KA; 5,4 Jahre	<b>positiv</b> höchste KA assoziiert mit reduziertem AD-Risiko (vgl. zu niedrigster KA)
Wilson (2002a)	n = 835 Frauen/Männer	≥ 65	Selbstauskunft über Fragebogen zur Häufigkeit & Dauer der KA; 4,1 Jahre	<b>negativ</b> keine Beziehung zwischen KA und AD-Inzidenz
Wilson (2002b)	n = 801 Frauen/Männer	≥ 65	Selbstauskunft über Fragebogen zur Häufigkeit der KA; 4,5 Jahre	<b>negativ</b> keine Beziehung zwischen KA und AD-Inzidenz

KA = körperliche Aktivität; AD=Alzheimer-Demenz

Tab. 2: Prospektive Längsschnittstudien zur körperlichen Aktivität und Alzheimer-Demenzrisiko

ger, wodurch die Effekte körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit deutlich länger beobachtet werden konnte.

Zusammenfassend unterscheiden sich die beiden Studien relevant in den oben genannten Punkten sowie auch in ihren Studienendpunkten: So erfasste Angevaren (2007) die graduelle Veränderung der Kognition, die nicht zwingend pathologisch sein muss, über eine neuropsychologische Testbatterie, wohingegen bei Geda (2010) die Pro-

banden zusätzlich über ein Expertenkonsensus nach pathologischen Kriterien für MCI klassifiziert wurden.

#### ZUSAMMENHANG ZWISCHEN KÖRPERLICHER AKTIVITÄT UND DEMENZ IM ALTER

Die bisherigen Studien untersuchten die kognitiven Leistungen abhängig vom Grad der körperlichen Aktivität, jedoch unabhängig davon, ob diese Anzeichen für eine spätere kognitive Beeinträchtigung bzw. demenzielle Entwicklung waren. Aus die-



sem Grund war es für Studien mit klinischer Relevanz wichtig, die körperliche Aktivität spezifischer als möglichen Prädiktor für kognitive Beeinträchtigung und demenzielle Entwicklungen im Alter zu untersuchen. Eine Übersicht über einige dieser prospektiven Längsschnittuntersuchungen ist in Tabelle 2 zu finden.

Die Mehrheit der prospektiven Kohortenstudien zeigte signifikant positive Beziehungen zwischen einem hohen körperlichen Aktivitätslevel und einer geringeren Wahrscheinlichkeit nachfolgend eine Demenz, v.a. eine Demenz des Alzheimer-Typs, zu entwickeln. Die positive Assoziation zwischen körperlicher Aktivität und einem späteren Demenzrisiko konnte jedoch nicht in allen Untersuchungen belegt werden (Wilson 2002a, 2002b). Diese Studien untersuchten jedoch nur relativ kleine Stichproben ( $n < 1000$ ) und nutzten kurze Nachuntersuchungsperioden (4–5 Jahre) verglichen mit den Studien, die positive Effekte fanden ( $n = 1449$ – $4615$ , Nachuntersuchungszeitraum 4–21 Jahre; ▶ Tab. 2). Zudem analysierten die Studien von Wilson (2002a, 2002b) eine sehr spezifische Stichprobe (Religious Orders Study), die möglicherweise nicht die Allgemeinbevölkerung repräsentiert.

#### WIE HÄUFIG UND INTENSIV MUSS KÖRPERLICHE AKTIVITÄT SEIN, UM PRÄVENTIV ZU WIRKEN?

Larson (2006) untersuchte die Effekte eines regelmäßigen körperlichen Trainings auf das Demenzrisiko. Personen, die drei oder mehr Trainingseinheiten pro Woche durchführten, hatten eine niedrigere Wahrscheinlichkeit, in den späteren Jahren eine Demenz zu entwickeln als diejenigen, die weniger häufig ( $< 3 \times$ /Woche) aktiv waren.

In einer anderen Studie (Rovio 2005) konnte bereits ab einer regelmäßigen körperlichen Aktivität von zwei Mal pro Woche (verglichen mit einem überwiegend inaktiven, sedentären Lebensstil) eine 50 % geringere Wahrscheinlichkeit, eine Demenz zu entwickeln, nachgewiesen werden. Offen, da unzureichend untersucht, bleibt bei beiden Studien die Frage, wie intensiv die körperliche Aktivität war, die zu den positiven Effekten führte.

Gestützt wurden die Ergebnisse von Scarmeas (2009), der zusätzlich auch den Faktor der Intensität mit erhob. Die Untersuchung erfasste, wie häufig und wie lange die Probanden Aktivitäten mit unterschiedlichen Intensitäten ausführten, woraus ein körperlicher Aktivitätswert (Trainingsminuten  $\times$  Häufigkeit der körperlichen Aktivität  $\times$  Intensität, d.h. intensiv, moderat oder leicht) berechnet wurde. Dabei unterschieden sich die Intensitäten der Aktivitäten wie folgt: „intensivere Aktivitäten“ (Aerobic, Joggen, Handball spielen); „moderate Aktivitäten“ (Fahrradfahren, schwimmen, wandern, Tennis spielen) und „leichtere Aktivitäten“ (spazieren gehen, tanzen, golfen, Bowling, Gartenarbeit, reiten). Die Teilnehmer, die auf Grundlage der Bewertung über Dauer, Häufigkeit und Intensität, als „intensiver aktiv“ (ca. 1,3 Stunden/Woche intensivere Aktivitäten) und „moderat aktiv“ (ca. 2,4 Stunden/Woche moderate Aktivitäten) eingestuft wurden, hatten im Vergleich zu denen, die keine Teilnahme an irgendeiner körperlichen Aktivität angaben, eine geringere Wahrscheinlichkeit, eine Alzheimer-Demenz zu entwickeln.

Scarmeas (2009) und Laurin (2001) zeigten sogar eine signifikante Dosis-Wirkungs-Beziehung, die belegt, dass ein reduziertes Risiko mit einem erhöhten Aktivitätsniveau einhergeht, was als wichtiger Hinweis für einen bestehenden Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und Kognition gesehen werden kann.

Daraus ergibt sich die Annahme, dass neben der Häufigkeit auch die Intensität der körperlichen Aktivität eine Rolle für die präventive Funktion spielt. Verschiedene Studien mit dem Endpunkt Demenzprävention zeigten größere Effekte durch intensivere körperliche Aktivitäten (Larson 2006; Laurin 2006; Scarmeas 2009). Zudem war ein höherer Energieverbrauch durch intensivere Trainingseinheiten an mindestens vier Tagen pro Woche mit dem geringsten Risiko verbunden, eine Demenz zu entwickeln.

Die Mehrheit der Studienergebnisse mit dem Studienendpunkt relevante kognitive Beeinträchtigung (Mild Cognitive Impairment) oder Demenz (hier v.a. Alzheimer-Demenz) zeigt eine Abhängigkeit des Grads der Wirksamkeit von der Intensität der körperlichen Aktivität (Colcombe 2003; Kramer 2003; Laurin 2001; Scarmeas 2009; Weuve 2004). Nichtsdestotrotz bewirken auch weniger intensive Aktivitäten einen positiven (wenn auch weniger ausgeprägten) Effekt (Rovio 2005).

Unterstützung findet diese Annahme zu Häufigkeit und Intensität durch eine Metaanalyse prospektiver Studien von Sofi (2011), welche die Beziehung zwischen körperlicher Aktivität und dem Risiko demenzielle Erkrankungen zu entwickeln analysierte.

Insgesamt wurden 15 Studien mit einer Gesamtanzahl von 33.816 Personen, die zu Beginn demenziell nicht erkrankt waren, von denen aber im Verlauf 3.210 Personen von erheblichen kognitiven Verlusten betroffen waren, eingeschlossen. Nach einer Nachbeobachtungszeit (zwischen ein bis 12 Jahren) konnte ein deutlicher protektiver Effekt von körperlicher Aktivität auf den kognitiven Status berichtet werden. Dabei war ein moderates bis intensives Maß an körperlicher Aktivität an mindestens zwei bis drei Tagen pro Woche für mindestens 30 Minuten mit dem größten Benefit assoziiert. Welche spezifischen Effekte die einzelnen Faktoren Häufigkeit, Dauer und/oder Intensität auf die kognitive Leistung haben, konnte nur unzureichend identifiziert werden.

#### WELCHE METHODISCHEN PROBLEME ZEIGEN EPIDEMIOLOGISCH-ASSOZIATIVE STUDIEN AUF?

Die bisherigen Erhebungsmethoden sind kritisch zu sehen, da sie die körperliche Aktivität überwiegend als Selbsteinschätzung in Form von Fragebögen erfassten, um den Zusammenhang von körperlicher Aktivität und einem Demenzrisiko zu untersuchen. Aber auch Studien, die qualitativ hochwertige objektive, technische Messmethoden wählten, konnten diesen deutlichen positiven Zusammenhang bestätigen (Barnes 2003, 2008; Buchman 2012).

Messverfahren, die auf Selbstauskünften beruhen (wie z.B. Fragebögen) sind zum Teil fehlerbehaftet, da die gemachten Angaben zur körperlichen Aktivität sehr ungenau bzw. unspezifisch sein können oder nicht der Wahrheit entsprechende Angaben gemacht werden (Stichwort: soziale Erwünschtheit). Die präzise retrospektive Bestimmung der

körperlichen Aktivitäten über das letzte Jahr oder über die Lebensspanne (z.B. im mittleren Erwachsenenalter) allein durch Erinnerungen einer Person stellt eine große Herausforderung dar.

Einige wenige Untersuchungen, die entweder den Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und Kognition (Barnes 2003, 2008) oder dem Demenzrisiko (Buchman 2012) analysierten, verwendeten objektive Messverfahren in Form von Akzelerometern oder Labortestungen:

Die Querschnittsstudie von Barnes (2008) dokumentierte die körperliche Aktivität anhand von akzelerometerbasierten Daten, um die Beziehung zwischen Gesamttagesaktivität und kognitiven Funktionen bei älteren Frauen zu bestimmen. Frauen, die im oberen Aktivitätsbereich lagen, hatten durchgehend signifikant bessere Werte in den kognitiven Testungen (Mini-Mental-Status-Test, Trail Making Test B), im Vergleich zu den Frauen, die sich im niedrigen Aktivitätsbereich befanden.

In einer prospektiven Studie (Barnes 2003) wurde die kardiorespiratorische Fitness als indirektes Maß für körperliche Aktivität bei gesunden Älteren über einen Laufbandtest erfasst und der kognitive Status bestimmt. Nach sechs Jahren erfolgte erneut die Kontrolle der Kognition: Probanden, die zum ersten Testzeitpunkt die niedrigsten Werte im Fitnessstest zeigten, hatten nachfolgend auch die schlechtesten kognitiven Werte und wiesen die größte Verschlechterung im Mini-Mental-Status-Test auf.

Buchman (2012), der die Auswirkung der körperlichen Aktivität im direkten Zusam-

menhang mit dem Auftreten einer Alzheimer-Demenz untersuchte, erhob zum ersten Mal die gesamte körperliche Tagesaktivität über Akzelerometer (► Tab. 2). Dabei wurde ein höherer täglicher Aktivitätsumfang mit einem verminderten Alzheimer-Risiko assoziiert. Dies war die erste Studie, welche die Zusammenhänge über objektive Messverfahren belegen konnte.

Zusammenfassend unterstützen die objektiv erhobenen Daten der körperlichen Aktivität die Ergebnisse der vorherigen Studien, die sich auf subjektive Fragebögen beziehen und sprechen somit für einen starken positiven Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und kognitiven Leistungen bzw. der Prävention demenzieller Erkrankungen.

### **KANN KÖRPERLICHE AKTIVITÄT DIE KOGNITION IM ALTER UND BEI EINER DEMENZIELLEN ERKRANKUNG VERBESSERN BZW. ERHALTEN?**

Epidemiologische Studien liefern Assoziationen zwischen körperlicher Aktivität und der Kognition bzw. dem Demenzrisiko. Sie sind aber nicht in der Lage, kausale Zusammenhänge darzustellen und zu belegen. Sie beobachten eine Stichprobe über einen bestimmten Zeitraum. Der Einfluss möglicher anderer Faktoren wird oft nicht oder nur zum Teil mit einbezogen.

Aufgrund dessen ist es notwendig, kontrollierte, randomisierte Interventionsstudien durchzuführen, die kausale Wirkmechanismen nachweisen können. Ergebnisse solcher Studien erlauben evidenzbasierte Empfehlungen der höchsten Evidenzklasse, z.B. durch die medizinischen Fachgesellschaften.

### **ERGEBNISSE VON TRAININGSPROGRAMMEN AUF DIE KOGNITION BEI GESUNDEN ÄLTEREN**

Deutlich positive Effekte von körperlicher Aktivität auf die Kognition konnten sowohl in Tiermodellen als auch in einer Anzahl von Interventionsstudien mit älteren, gesunden Menschen nachgewiesen werden (Erickson & Colcombe 2009; Fillit 2002; Kramer & Erickson 2006). Im Fokus der meisten Studien stand dabei ein aerobes Training zur Verbesserung kognitiver Leistungen, was die (in der Literatur oftmals beschriebene) inverse Beziehung zwischen Kognition und kardiovaskulärer Fitness (Colcombe & Kramer 2003; Erickson & Colcombe 2009) nahelegt.

Dabei zeigte sich, dass durch aerobe körperliche Aktivität vor allem die Exekutivfunktionen, Kontrollprozesse und visuell-räumliche Funktionen im Alter angesprochen werden (Kramer 2004; Scherder 2005). Bei den exekutiven Funktionen fand sich keine spezielle kognitive Teilleistung, die sich signifikant deutlicher verbesserte im Vergleich zu den anderen Teilleistungen: Alle Bereiche wie Arbeitsgedächtnis, Inhibition, Handlungsplanung/-steuerung konnten durch ein aerobes Training verbessert werden. Strukturell zeigten bildgebende Verfahren, dass ein langfristiges (mindestens 6 Monate dauerndes) aerobes Fitnessstraining zu signifikanten Volumenzunahmen der grauen Substanz im frontalen und temporalen Cortex, genauso wie der weißen Substanz bei gesunden Älteren führt (Kramer & Erickson 2006). Zudem kann ein langfristiges moderates aerobes Training das Hippocampusvolumen positiv beeinflussen (Erickson 2011).

Ein systematisches Review der Cochrane Stiftung (Angevaren 2008) berichtete, dass in 8 der 11 eingeschlossenen, randomisierten kontrollierten Studien die kardiorespiratorische Fitness, genauso wie die Kognition, durch ein aerobes Training in den Interventionsgruppen signifikant gesteigert werden konnten. Die größten kognitiven Effekte fanden sich in den motorischen Funktionen, der Aufmerksamkeit (auditiv und visuell) und der Verarbeitungsgeschwindigkeit.

Ähnliche Ergebnisse zeigte die Metaanalyse von Colcombe & Kramer (2003): Ein aerobes Training kann anhaltende (zumindest über einige Monate andauernde) Verbesserungen der kognitiven Leistungen bei älteren Menschen bewirken. Durch weitere Analysen wurden verschiedene moderierende Faktoren der Beziehung zwischen körperlicher Aktivität und Kognition identifiziert: Unter den kognitiven Funktionen profitierten die Exekutivfunktionen am stärksten; die Effekte waren nochmals höher, wenn das aerobe Training mit Kräftigungsübungen kombiniert wurde; Studien, die einen hohen Frauenanteil hatten, zeigten einen größeren Benefit als Studien mit geringem Frauenanteil (► Kap. 4).

Die Wirksamkeit eines Krafttrainings auf die Kognition im Alter wurde weit weniger häufig untersucht. Bisherige randomisierte, kontrollierte Studien konnten Verbesserungen der Kognition nach einer Trainingsdauer von 2 (Perrig-Chiello 1998), 6 (Cassilhas 2007) und nach 12 (Liu-Ambrose 2010) Monaten zeigen.



Zum Beispiel verglich Cassilhas (2007) den Einfluss der Intensität eines Krafttrainings (3x pro Woche, moderat-intensiv oder hochintensiv) auf kognitive Funktionen bei Menschen ohne kognitive Schädigung. Nach sechs Monaten konnten beide Gruppen, unabhängig von der Intensität, gleich starke Verbesserungen des Arbeitsgedächtnisses und des episodischen Gedächtnisses aufweisen. Andere kognitive Leistungen, wie bspw. die Aufmerksamkeit, verbesserten sich hingegen nicht signifikant.

Liu-Ambrose (2010) erweiterte die Erkenntnisse um den Einfluss der Häufigkeit eines Trainings und untersuchte die Effekte eines progressiven hoch-intensiven Krafttrainings auf die spezifischen Exekutivfunktionen selektive Aufmerksamkeit und Problemlösen, wobei die Interventionsgruppen zusätzlich nach der Häufigkeit der Trainingseinheiten (TE) unterschieden wurden (1 TE pro Woche vs. 2 TE pro Woche). Beide Gruppen erzielten nach 12 Monaten eine signifikante Steigerung in beiden primären Studienendpunkten (siehe genannte Exekutivfunktionen oben), jedoch nicht nach sechs Monaten wie bei Cassilhas (2007). Eine mögliche Erklärung für die nicht signifikanten Ergebnisse nach sechs Monaten bei Liu-Ambrose (2010) sind die niedrigere Trainingshäufigkeit pro Woche und/oder Unterschiede in den Kontrollgruppenaktivitäten (Dehnübungen vs. Balancetraining).

Das Heimtrainingsprogramm mit Kräftigungsübungen von Lachmann (2006) konnte keine signifikanten Veränderungen der Gedächtnisleistungen hervorrufen. Interessant war hier allerdings, dass die Probanden mit der größten Steigerung der Trai-

ningsgewichte deutliche Verbesserungen im Arbeitsgedächtnis erreichen konnten. Bei einem Krafttraining scheinen demnach moderat-intensivere Belastungen mit Progression im Trainingsverlauf am effektivsten, um kognitive Funktionen zu beeinflussen.

Ergebnisse einer Metaanalyse (Colcombe & Kramer 2003) fassen zusammen, dass sowohl über einen kürzeren (1–3 Monate) als auch über einen mittleren Zeitraum (4–6 Monate) ein Krafttraining oder aerobes Training signifikante Verbesserungen der Kognition bewirken kann. Die größte Wirkung erzielt allerdings ein langfristiges Training ab sechs Monaten. Dabei zeigte sich, dass die Dauer der einzelnen aeroben Trainingseinheiten eine Rolle spielt. Die besten Effekte ergaben sich bei einer Trainingsdauer von 31 bis 45 Minuten. Dagegen sind sehr kurze aerobe Belastungen (15–30 Minuten) ohne positive Wirkung auf die kognitive Leistungsfähigkeit (Colcombe & Kramer 2003). Bei einem Krafttraining scheint ein progressives moderat-intensiveres Training am wirkungsvollsten (Cassilhas 2007; Lachmann 2006; Liu-Ambrose 2010).

Bislang ist nicht abschließend geklärt, ob die positiven kognitiven Effekte auf Verbesserungen der kardiorespiratorischen Fitness zurückzuführen sind oder ob sich ein Benefit auch aus anderen körperlichen Aktivitäten ableiten lässt. Um die unterschiedliche Wirksamkeit verschiedener Trainingsprogramme zu untersuchen, sind direkte Vergleichsstudien notwendig, die bisher unzureichend durchgeführt wurden.

Studie	Kollektiv	Alter [Jahre]	Intervention	Dauer/ Häufigkeit	wichtigste Effekte auf Kognition [Zwischengruppenvergleich]
Schwenk (2010)	n = 61 mit leichter-, mittel-schwerer Demenz	81,9 ± 7,5	Dual-Task basiertes Übungsprogramm (gehen und rechnen)	3 Monate; 2x pro Woche für ca. 15 Min. (innerhalb eines Kraft-/ Funktionstrainings von insgesamt 120 Min.)	Verbesserung der aufmerksamkeitsabhängigen Dual-Task Leistungen
Lautenschlager (2008)	n = 170 mit MCI oder subjektiven Gedächtnisproblemen	68,6 ± 8,7	moderat-intensives Heimtrainingsprogramm (Gehtraining und leichte Kräftigungsübungen)	6 Monate; 3x pro Woche für 50 Min.	Verbesserung der globalen Kognition (ADAS-COG)
Kemoun (2010)	n = 31 mit mittel-schwerer-, schwerer Demenz	81,8 ± 5,3	Ausdauertraining (gehen, Ergometer)	15 Wochen; 3x pro Woche für 60 Min.	Verbesserung der globalen Kognition (ERFC)
Hernandez (2010)	n = 16 mit leichter-, mittel-schwerer AD	78,5 ± 6,8	gemischtes Sportprogramm (Ausdauer, Krafttraining, Dehn-/ Entspannungsübungen)	6 Monate; 2x pro Woche für 60 Min.	keine Verbesserung im MMST in IG (nur im Innergruppenvergleich: MMST-Werte in IG konstant; sign. Verschlechterung in KG)
Baker (2010)	n = 33 mit MCI	55-85	hochintensives aerobes Training (Laufband, Fahrradergometer)	6 Monate; 4x pro Woche für 45-60 Min.	geschlechtsspezifische Effekte: Frauen verbessern sign. die EF, Männer verbessern nur Teilbereich der EF (Trail Making Test B)
Nagamatsu (2013)	n = 86 Frauen mit subjektiven Gedächtnisproblemen	70-80	zwei Gruppen: IG 1: Ausdauertraining IG 2: Krafttraining	6 Monate; 2x pro Woche für 60 Min.	Verbesserung beider IGs in Reaktionszeit; IG 1 sign. bessere Gedächtnisleistungen; IG 2 sign. besseres assoziatives Gedächtnis
Rolland (2007)	n = 134 mit mittel-schwerer-, schwerer AD	83 (62-103)	Gehtraining (inkl. Übungen zur Kräftigung, Balance und Beweglichkeit)	6 Monate; 3x pro Woche für 60 Min.	keine Verbesserungen im MMST im Vergleich zu KG
Venturelli (2011)	n = 21 mit mittelschwerer AD	84 ± 5	Gehtraining (moderate Intensität)	4 Monate; 4x pro Woche für 30 Min.	Erhaltung der globalen Kognition (MMST)
Eggermont (2009)	n = 97 mit leichter-, mittel-schwerer Demenz MMST 17,7 (10-24)	85,4	Gehtraining	6 Wochen; 5x pro Woche für 30 Min.	keine kognitiven Effekte
Suzuki (2012)	n = 50 mit MCI	75 (65-93)	Multikomponententraining (aerobe Ausdauer, Kräftigung, Balance)	12 Monate; 2x pro Woche für 90 Min.	Verbesserung globaler Kognition (MMST) und verbaler Flüssigkeit

RCT=Randomized Controlled Trial, AD= Alzheimer-Demenz, D=Demenz, MMST=Mini-Mental-Status-Test, ADAS-COG=Alzheimer Disease Assessment Scale - Cognitive Subscale, ERFC=Rapid Evaluation of Cognitive Functions; sign.=signifikant; Min.=Minuten; IG=Interventionsgruppe; KG=Kontrollgruppe; max. HF=maximale Herzfrequenz; EF=Exekutivfunktionen

Tab. 3: Übersicht randomisierter kontrollierter Studien zum Effekt körperlicher Aktivität auf die Kognition bei Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen und/oder Demenz

### ERGEBNISSE VON TRAININGSPROGRAMMEN AUF DIE KOGNITION BEI MENSCHEN MIT KOGNITIVEN BEEINTRÄCHTIGUNGEN (MCI) ODER DEMENZ

Bei Menschen mit bereits bestehenden kognitiven Beeinträchtigungen, Mild Cognitive Impairment (MCI) oder einer Demenz ist ein Nachweis von Trainingseffekten auf die kognitiven Leistungen schwierig, da nur wenige qualitativ hochwertige Studien vorliegen. Die bisherigen Ergebnisse lassen aber vermuten, dass Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen durchaus in vergleichbarem Maße wie gesunde Ältere von körperlicher Aktivität profitieren können, da bisher zumindest ein kurzzeitiger kognitiver Benefit durch ein körperliches Training gezeigt werden konnte (Tab. 3). Die meisten Studien wählen ein Ausdauertraining (Baker 2010; Eggermont 2009; Kemoun 2010; Lautenschlager 2008; Nagamatsu 2013; Venturelli 2011) oder ein kombiniertes Training der Ausdauer, Kraft und Balance (Hernandez 2010; Rolland 2007; Suzuki 2012).

Eine Metaanalyse von randomisierten kontrollierten Studien (Heyn 2004), die Senioren mit MCI oder Demenz einschloss, untersuchte die Effekte körperlicher Aktivität u.a. auf die Kognition (d.h. Kognition war nicht immer primärer Studienendpunkt) mit einer Gesamtdauer von zwei–112 Wochen. Bei den 12 eingeschlossenen Studien konnten durchgehend signifikante Effekte von körperlichem Training auf die kognitiven Funktionen festgestellt werden.

Eine australische Studie (Lautenschlager 2008) bekräftigte als erste randomisierte kontrollierte Untersuchung die Annahme, dass körperliches Training kognitive Verschlechterungen bei MCI verlangsamt bzw.

abmildert, was wichtige Konsequenzen auf die Übergangsrate von MCI zu einer Demenz haben könnte. Lautenschlager (2008) schloss Personen mit (subjektiven) „Gedächtnisstörungen“ oder MCI in ein Training mit moderater Intensität ein. Nach sechs Monaten zeigte die Interventionsgruppe deutlich bessere globale kognitive Leistungen (gemessen anhand der Alzheimer Disease Assessment Scale – Cognitive Subscale). Die Effekte waren zudem nachhaltig und bestanden auch noch nach 12 und 18 Monaten.

Die meisten bisher angeführten Studien (Tab. 3), mit Ausnahme von Schwenk (2010), wählten ein unspezifisches Trainingsprogramm (Ausdauer oder kombinierte Inhalte), welches in der Mehrheit zu Verbesserungen der globalen Kognition führte.

Eine große Bandbreite an kognitiven Funktionen, wie Exekutivfunktionen, Gedächtnis usw. wurde abgefragt und zeigte Verbesserungen in einzelnen Teilbereichen, die allerdings kein eindeutig spezifisches Muster erkennen lassen. Zudem ist die klinische Relevanz solcher Effekte unklar.

Die randomisierte kontrollierte Studie von Schwenk (2010) ging einen Schritt weiter. Im Gegensatz zu vorherigen unspezifischen Interventionsansätzen überprüfte die Untersuchung, ob ein spezifisches defizitorientiertes Training der motorisch-kognitiven Leistungen (Dual-Tasks) zu spezifischen kognitiven Effekten bei Menschen mit leichter bis mittelschwerer Demenz führen kann. Die Probanden nahmen an einem 12-wöchigen Dual-Task-basierten Training teil, d.h. motorische Aufgaben (gehen) wurden mit zusätzlichen kognitiven Anforder-

ungen (rechnen in +2er- und -3er-Schritten) verknüpft. Nach Trainingsende zeigte die Interventionsgruppe signifikante Verbesserungen bei hoher Effektstärke der aufmerksamkeitsabhängigen Dual-Task-Leistungen, die unabhängig von den Verbesserungen in anderen kognitiven Bereichen waren. Dies ist die bisher erste Studie, die zeigte, dass ein spezifisches Training kognitiver Funktionen auch zu spezifischen Effekten bei Menschen mit demenzieller Erkrankung führt.

### LIMITATIONEN DER RANDOMISIERTEN KONTROLLIERTEN STUDIEN

Nur ein Teil dieser Studien schließt Menschen mit bestehender Demenz ein (n=6; Eggermont 2008; Hernandez 2010; Kemoun 2010; Rolland 2007; Schwenk 2010; Venturelli 2011), von denen drei die kognitiven Leistungen verbessern konnten. Einige Untersuchungen fanden bei Menschen statt, die

subjektive „Gedächtnisstörungen“ oder MCI hatten, was aber nicht zwangsläufig zu einer demenziellen Entwicklung führen muss. Zudem sind die untersuchten Stichproben häufig zu klein, um auch kleinere bis mittelstarke Effekte abbilden zu können.

### 4. MÖGLICHE WIRKMECHANISMEN DER KÖRPERLICHEN AKTIVITÄT AUF DAS GEHIRN UND DIE KOGNITIVEN LEISTUNGEN

Die genauen Mechanismen, die der protektiven Wirkung von körperlicher Aktivität auf die Entstehung kognitiver Beeinträchtigungen oder einer Demenz zugrunde liegen, sind bislang unklar. Die Basis bisheriger Annahmen beruht meist auf Untersuchungen an Tiermodellen, die nachweisen konnten, dass Bewegung über strukturelle und funktionelle Änderungen hilft, die neuronale Plastizität zu verbessern (Kronberg 2006; Uda

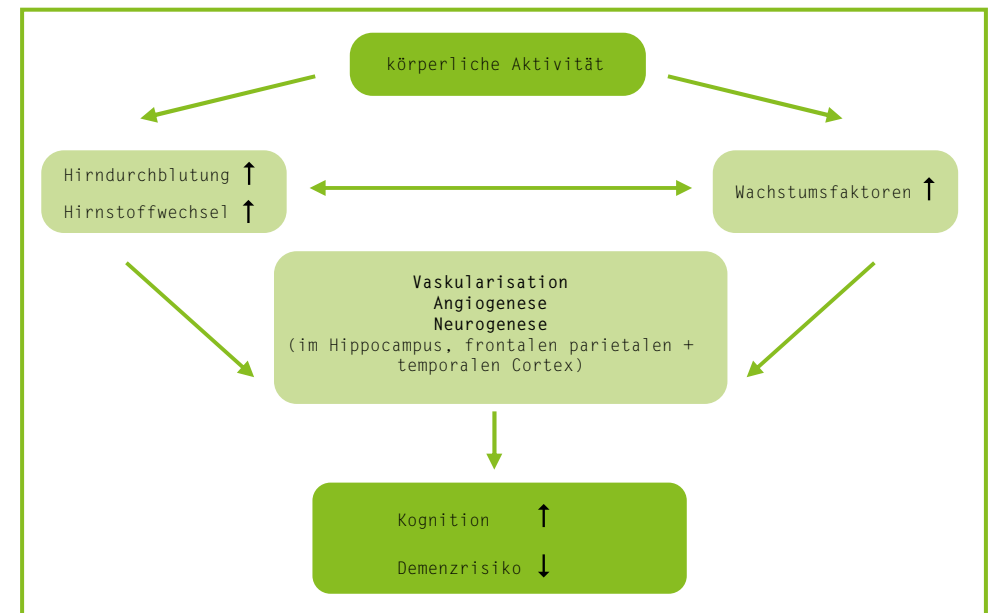


Abb. 2: Mögliche Wirkmechanismen von körperlicher Aktivität auf die Kognition

2006). Einer der Mechanismen besagt, dass die gesteigerte Plastizität auf eine verstärkte Hirndurchblutung in Verbindung mit einem erhöhten Hirnstoffwechsel, einer positiven Wirkung der körperlichen Aktivität auf die Vaskularisation (Neubildung kleiner Gefäße) und die Angiogenese [Wachstum von Gefäßen durch Sprossung (Cotman 2002; Pereira 2007; Van Praag 1999)] zurückzuführen ist. Bewegung steigert zudem die Produktion bestimmter Wachstumsfaktoren (z. B. brain derived neurotrophic factor = BDNF), die wiederum die Neubildung der Gefäße fördern und das Wachstum neuer Nervenzellen (Neurogenese) im Gehirn anregen (Van Praag 1999). Diese Wachstumsfaktoren werden ausschlaggebend durch Bewegung reguliert (Vayman 2004). Abbildung 2 zeigt eine Übersicht der beschriebenen Vorgänge und Zusammenhänge.

Durch körperliche Aktivität im Alter werden durch die beschriebenen Mechanismen vor allem die Hirnregionen angesprochen, welche altersbedingt am stärksten betroffen sind: frontaler, parietaler und temporaler Cortex (Kramer 2004) sowie der Hippocampus (Erickson 2009). Beispielsweise zeigten Querschnitts- (Colcombe 2003) und prospektive (Colcombe 2004) bildgebende Studien, dass eine gesteigerte aerobe Fitness bei kognitiv gesunden Älteren mit einer reduzierten Gehirnatrophie und einer gesteigerten Durchblutung in den Hirnregionen einhergeht, welche die Exekutivfunktionen, die Aufmerksamkeit und das Gedächtnis unterstützen und welche am anfälligsten für Alterungsprozesse sind.

Neben den direkten Wirkungen beeinflusst körperliche Aktivität auch indirekt

die Kognition positiv, indem sie zusätzlich auf verschiedene Risikofaktoren kognitiver Beeinträchtigungen und demenzieller Erkrankungen, wie kardiovaskuläre Erkrankungen, Bluthochdruck, Diabetes Mellitus oder Adipositas, einwirkt (Barnes 2007; Colcombe 2004; McAuley 2004).

#### **IST DIE EFFEKTIVITÄT KÖRPERLICHER AKTIVITÄT GESCHLECHTSABHÄNGIG?**

Eine Anzahl an Studien mit sowohl weiblichen als auch männlichen Probanden fand eine stärkere Reaktion auf die körperliche Aktivität bei Frauen in Form von verbesserter kognitiver Leistungen, reduzierter kognitiver Verschlechterung und/oder einem Alzheimer-Demenzrisiko. Des Weiteren belegte eine Metaanalyse (Colcombe & Kramer 2003), dass im Allgemeinen Trainingsinterventionen deutlichere Effekte der körperlichen Aktivität auf die Kognition aufwiesen, bei denen ein höherer Frauenanteil vorhanden war im Vergleich zu Studien mit höherem Männeranteil. Eine mögliche Erklärung ist, dass Frauen insgesamt ein niedrigeres Aktivitätslevel haben, wodurch sie durch eine Trainingsintervention in einem höheren Maße profitieren können.

Eine weitere häufig angeführte Erklärung für die Unterschiede in der Wirksamkeit der Trainingsprogramme zwischen Männern und Frauen ist die neuroprotektive Wirkung des Hormons Östrogen (Colcombe & Kramer 2003), das durch ein moderat-intensives Ausdauertraining deutlich ansteigen kann (Geiger 1996). In Bezug auf die Wirkung von Östrogenen im Zusammenhang mit aerobem Training sind die Forschungserkenntnisse heterogen: Tierversuche zeigten, dass eine Kombination aus körperlicher Aktivität

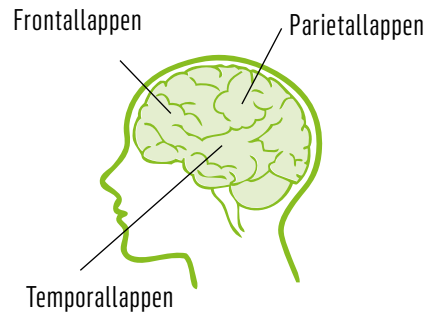
und Hormongabe deutlich effektiver war als körperliche Aktivität oder Hormongabe allein (Berchtold 2001). Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen körperlicher Leistung, Östrogengabe und dem kognitiven Leistungsniveau bei Frauen sind jedoch widersprüchlich. Einige Studien stellten fest, dass aerobe Aktivität nach der Menopause abhängig vom Hormonstatus deutlich positive Effekte auf einen geringeren Gehirnvolumenverlust und die kognitiven Funktionen (v.a. Exekutivfunktionen) hat. Dies konnte nur für eine Hormonsubstitution von bis zu zehn Jahren bestätigt werden. Eine Hormongabe von mehr als 16 Jahren führte jedoch zu negativen Effekten und kann sogar das Demenzrisiko erhöhen (Erickson 2007; Shumaker 2004).



# EMPFEHLUNGEN UND ZUSAMMENFASSUNG

Auf Basis der bisherigen Erkenntnisse können zusammenfassend folgende Hinweise und Empfehlungen für die Verbesserung kognitiver Leistungen bei gesunden und auch bei kognitiv beeinträchtigten älteren Menschen gegeben werden:

## WELCHE GEHIRNSTRUKTUREN UND -FUNKTIONEN SIND IM ALTER BZW. BEI ALZHEIMER-DEMENTZ BESONDERS BETROFFEN?



Im Alter und im Besonderen bei einer Alzheimer-Demenz sind zum großen Teil Strukturen der Großhirnrinde (Temporal-, Parietal- und Frontallappen) von Abbauprozessen betroffen. Funktionell bewirkt dies Defizite besonders im Bereich der Exekutivfunktionen. Probleme in diesem Bereich haben eine hohe Alltagsrelevanz. Jedoch werden gerade diese früh betroffenen Bereiche durch ein körperliches Training besonders angesprochen.

## KANN KÖRPERLICHE AKTIVITÄT VOR EINER DEMENZ SCHÜTZEN?

Die Mehrheit epidemiologischer Längs- und Querschnittstudien zeigt eine signifikant positive Beziehung zwischen einem hohen körperlichen Aktivitätslevel und einem Verlust kognitiver Leistungen (unabhängig davon, ob die Verluste schon pathologisch sind) sowie einer geringeren Wahrscheinlichkeit im Alter eine Demenz, v.a. eine Alzheimer-Demenz, zu entwickeln. Insbesondere langfristige, moderat-intensive Aktivitäten wirken präventiv.

## KANN KÖRPERLICHE AKTIVITÄT DIE KOGNITION IM ALTER UND BEI KOGNITIVEN BEEINTRÄCHTIGUNGEN VERBESSERN BZW. ERHALTEN?

Bisher wurde v.a. die Wirkung von Ausdauertraining, seltener von Krafttraining, auf die Kognition untersucht. Durch ein körperliches Training konnte in einigen Studien die globale Kognition verbessert werden, d.h. es kann zu unspezifischen Effekten v.a. in den Bereichen der: → Exekutivfunktionen, → motorischen Funktionen, → Aufmerksamkeit, → Verarbeitungsgeschwindigkeit, → Gedächtnis und → visuell-räumlichen Funktionen kommen.

Strukturell erhöht körperliche Aktivität das Volumen der grauen und weißen Substanz



# MENSCHEN MIT DEMENZ PROFITIEREN VON KÖRPERLICHEM TRAINING

im frontalen und temporalen Cortex sowie des Hippocampus.

Für Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen oder Demenz liegen wenige qualitativ hochwertige Studien vor. Bisherige Ergebnisse zeigen, dass Menschen mit Demenz in vergleichbarem Maße von der Wirkung eines körperlichen Trainings auf die Kognition profitieren können. Bisherige Trainingsinhalte (Ausdauer oder Kombination aus Ausdauer, Kraft und Balance) führen zu unspezifischen kognitiven Verbesserungen. Defizitorientierte spezifische Ansätze (motorisch-kognitives Training, z.B. Dual-Tasking) führen zu spezifischen kognitiven Verbesserungen, die alltagsrelevant sind.

Welche genauen Mechanismen die Effekte auf die Kognition durch körperliche Aktivität bewirken, ist weithin noch ungeklärt. Angenommen wird, dass die Aktivität die Gehirndurchblutung und dadurch auch den Gehirnstoffwechsel fördert und zudem die Produktion von Wachstumsfaktoren sti-

muliert, welche die Neurogenese im Gehirn anregen.

## WAS KÖNNEN SIE DARAUS IN IHREN ALLTAG BZW. IN DEN ALLTAG EINES MENSCHEN MIT DEMENZ MITNEHMEN?

Empfehlungen zu einem körperlichen Training finden Sie in der folgenden Übersicht:

## WELCHE TRAININGSINHALTE SIND BISHER BESONDERS EFFEKTIV?

- ▶ Die Basis sollte ein Ausdauertraining (wie Wandern, Ergometertraining oder Spazierengehen) sein. Um die Wirkung zu verstärken empfiehlt es sich, das Ausdauertraining mit Kraftübungen zu kombinieren (eine Anregung für einfache, aber effektive Kräftigungsübungen erhalten Sie auf der Seite [www.bewegung-bei-demenz.de](http://www.bewegung-bei-demenz.de)).
- ▶ Nach neuester Erkenntnis ist ein sehr wichtiger weiterer Baustein ein kognitiv-motorisches Training.

Ein Beispiel sind aufmerksamkeitsabhängige Dual-Task-Übungen wie schnelles Gehen und dabei Rechenaufgaben lösen oder Balanceübungen (wie der Einbeinstand) und gleichzeitiges Aufzählen von Hauptstädten. Es bietet sich an, neben den motorisch-kognitiven Aufgaben auch motorisch-motorische Aufgaben wie schnelles Gehen und einen Ball zuwerfen, in das Training einzubauen (auch hier bekommen Sie gute Tipps und einfache Übungsbeispiele auf der Seite [www.bewegung-bei-demenz.de](http://www.bewegung-bei-demenz.de)).



höhere zeitliche Umfänge erhöhen die Wirksamkeit auf die Kognition nach bisherigen Erkenntnissen nicht.

- Für ein Krafttraining sind Belastungen von 50–80 % der maximalen Kraft zu empfehlen „ermittelt wird die maximale Kraft z. B. durch das 1-Repetition-Maximum = 100 % der möglichen Kraftleistung, von der 50–80 % als Trainingsgewicht errechnet werden.

#### WIE INTENSIV SOLLTE TRAINIERT WERDEN UND WIE LANGE SOLLTE EINE TRAININGSEINHEIT DAUERN?

- Bereits moderate Intensitäten (ca. 50 % der max. Herzfrequenz) reichen aus, um positive Wirkungen auf die Kognition zu erzielen. Vergrößert wird der Effekt allerdings, wenn im moderat-intensiven Bereich (ca. 50–80 % der max. Herzfrequenz) trainiert wird. Die Faustregel für die maximale Herzfrequenz ist dabei: Maximalpuls = 220 – Lebensalter (in Jahren). Dies ist allerdings nur ein annähernder Richtwert und schließt Faktoren wie Trainingszustand oder Erkrankungen NICHT mit ein. Deswegen ist es empfehlenswert, die individuelle maximale Herzfrequenz (100 %) von einem Arzt abklären und dabei auch die individuelle Belastungsfähigkeit überprüfen zu lassen.
- Eine optimale Trainingsdauer liegt bei ca. 30 bis 45 Minuten pro Einheit,

#### WIE HÄUFIG SOLLTE TRAINIERT WERDEN?

- Die Aussagen dazu sind sehr heterogen, allerdings sollte eine Mindestanzahl von zwei Trainingseinheiten pro Woche bei einem Ausdauertraining nicht unterschritten werden. Bei einem Krafttraining reicht bereits eine Trainingseinheit pro Woche mit hochintensiven Belastungen oder zwei Trainingseinheiten mit moderat-intensiven Belastungen aus, um kognitive Funktionen zu fördern.
- Noch wichtiger ist allerdings, dass die körperliche Aktivität langfristig (regelmäßig über mind. sechs Monate, wenn möglich lebenslang) betrieben wird.

## ANHANG

### KOGNITIVE TESTVERFAHREN – EIN BEISPIEL

Neuropsychologische Testverfahren sind ein fester Bestandteil einer Demenzdiagnostik. Das Ziel der Verfahren ist es, subjektive Probleme in kognitiven Leistungen zu objektivieren, d. h. diese in standardisierte Werte zu transformieren. Eingesetzt werden die neuropsychologischen Verfahren vor allem bei der Früherkennung einer demenziellen Erkrankung und in der Verlaufsbeobachtung (die besonders für Ergebnisse von Therapieansätzen wichtig ist).

Es existieren zahlreiche Testverfahren, die sich in kognitiven Inhalten, Dauer, Umfang, Komplexität und Qualität unterscheiden. Genauere Informationen zu Diagnostik, inklusive einer Auswahl häufig angewandter Screening-/ Testverfahren findet sich im **Beitrag I**. Im Folgenden wird der kognitive Test „Digit Span“ (Zahlennachsprechen) in modifizierter Form beschrieben, der im ersten Teil (ZAHLEN VORWÄRTS) die Funktion des Kurzzeit- und im zweiten Teil (ZAHLEN RÜCKWÄRTS) die Funktion des Arbeitsgedächtnisses abprüft.

### TEST ZUR ERFASSUNG DES KURZZEIT- UND ARBEITSGEDÄCHTNISSES – DIGIT SPAN (ZAHLENNACHSPRECHEN)

Das Kurzzeitgedächtnis speichert Informationen für Sekunden, wobei die Kapazität für aufgenommene und gerade benötigte Informationen begrenzt ist. Der folgende Test prüft das sprachlich-auditive Kurzzeitgedächtnis, welches die Funktion hat, verbale Informationen aus der Umwelt bereit zu halten oder zu bearbeiten, die zum Lösen

von Problemen relevant sind. Gemessen wird die einfache Gedächtnisspanne meist über die Vorgabe von immer länger werdenden Informationsreihen (am häufigsten Zahlenfolgen) und deren sofortige Wiedergabe durch die Testperson. Die dadurch erlangten Ergebnisse liefern eine Aussage über die Menge an Informationen, welche die Testperson kurzzeitig speichern kann. Als Gedächtnisspanne bezeichnet man die Anzahl der korrekt wiedergegebenen Items. Auch im höheren Alter bleibt die einfache Gedächtnisspanne oftmals lange unbeeinträchtigt und ist relativ unauffällig gegenüber Beeinträchtigungen.

Das gleichzeitige Behalten und Bearbeiten von Informationen im Arbeitsgedächtnis ist weitaus komplizierter, da mehrere Prozesse zur selben Zeit stattfinden müssen und ist zudem weitaus früher bei verschiedenen Gehirnerkrankungen betroffen. Sehr häufig wird diese Funktion über das Wiedergeben einer Informationsreihe in umgekehrter Reihenfolge gemessen. Die Informationen müssen in solchen Tests gleichzeitig gespeichert und umgekehrt bearbeitet werden. Beeinträchtigungen in diesem Bereich zeigen sich bereits in einem frühen Stadium einer demenziellen Entwicklung.

Im folgenden Test finden Sie die Aufgaben zur einfachen Gedächtnisspanne im ersten Teil (**ZAHLEN VORWÄRTS**), die komplexere Form im zweiten Teil (**ZAHLEN RÜCKWÄRTS**).

**ZAHLEN VORWÄRTS**

**Anweisung:** „Die Aufgabe ist, dass Sie mir Zahlen nachsprechen. Ich werde Ihnen eine Reihe an Zahlen nennen, die sie wiederholen/nachsprechen sollen. Wenn ich z. B. sage „3 – 5 – 9“, sagen Sie „...“ (Pause)

	Testwert
9 7 6 (3 5 8)	(3)
2 4 6 3 (4 1 9 6)	(4)
4 9 8 5 7 (2 5 6 9 8)	(5)
8 6 1 5 3 4 (2 5 3 8 4 6)	(6)
1 3 5 8 4 6 2 (4 5 2 6 9 7 8)	(7)
8 7 3 4 1 6 2 5 (7 9 5 6 2 3 8 1)	(8)
8 4 3 7 5 9 2 6 1 (5 2 9 4 7 6 1 3 8)	(9)

Testperson antwortet: „3 – 5 – 9“. Wichtig ist, dass die Testperson die Aufgabe verstanden hat, wenn nicht, ein weiteres Beispiel geben! Vorlesen der Zahlen im Tempo eine Zahl pro Sekunde. Bei der letzten Zahl Stimme hörbar absenken. Jede richtig wiederholte Zahlenreihe wird korrekt bewertet. Tritt bei der ersten Wiedergabe ein Fehler auf, wird die zweite Zahlenfolge (in Klammern) vorgegeben. Ist der 2. Versuch ebenfalls nicht korrekt, wird der Test an dieser Stelle beendet. Der Höchstwert sind 9 Punkte.

**ZAHLEN RÜCKWÄRTS**

**Anweisung:** „Ich spreche Ihnen jetzt wieder Zahlen vor. Diesmal sollen Sie die Zahlen rückwärts nachsprechen. Wenn ich z. B. sage „2 – 5“, sagen Sie „...“ (Pause)

	Testwert
4 6 (1 3)	(2)
6 7 9 (3 2 6)	(3)
2 3 5 7 (6 2 1 4)	(4)
5 3 6 2 8 (7 9 8 3 1)	(5)
7 1 6 5 8 4 (2 5 4 1 6 7)	(6)
3 4 5 9 7 8 6 (1 8 7 6 5 9 2)	(7)
2 7 5 3 8 9 3 2 (6 1 5 9 2 8 7 3)	(8)

Testperson: „5 – 2“. Wichtig ist, dass die Testperson die Aufgabe verstanden hat, wenn nicht, ein weiteres Beispiel geben! Vorlesen der Zahlen im Tempo eine Zahl pro Sekunde. Bei der letzten Zahl Stimme hörbar absenken. Wenn die Testperson dies nicht richtig versteht, geben Sie ein weiteres Beispiel. Jede richtig rückwärts wiederholte Zahlenreihe wird angekreuzt. Anschließend wird die nächst längere Zahlenfolge vorgesprochen. Tritt ein Fehler auf, wird die zweite Zahlenfolge (in Klammern) vorgegeben. Ist der zweite Versuch ebenfalls falsch, wird der Test an dieser Stelle beendet. Der Höchstwert sind 8 Punkte.

**AUSWERTUNG: BEWERTET WERDEN DIE JEWEILS RICHTIG WIEDERGEgebenEN ZIFFERNFOLGEN. INTERPRETATION:**

ZAHLEN VORWÄRTS	ZAHLEN RÜCKWÄRTS
▶ 6-9 Ziffern/Punkte: normaler Bereich	▶ 4-8 Ziffern/Punkte: normaler Bereich
▶ 5 Ziffern/Punkte: unterer normaler Bereich	▶ 3 oder weniger Ziffern/Punkte: grenzwertig bis deutlich auffällig, je nach Ausbildung der Person
▶ 4 Ziffern/Punkte: Verdacht auf Störung	
▶ 3 oder weniger Ziffern/Punkte: deutliche Störung des Gedächtnis	

Modifiziert nach: Nürnberger Altersinventar (NAI); © by Hogrefe-Verlag GmbH & Co. KG, Göttingen

**LITERATUR**

**Abbott RD, White LR, Ross GW et al. (2004).** Walking and dementia in physically capable elderly men. *JAMA*, 292, 1447–1453.

**Angevaren M, Aufdemkampe G, Verhaar HJ et al. (2008).** Physical activity and enhanced fitness to improve cognitive function in older people without known cognitive impairment. *Cochrane Database Syst Rev*, 16(3).

**Angevaren M, Vanhees L, Wendel-Vos W et al. (2007).** Intensity, but not duration, of physical activities is related to cognitive function. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*, 14, 825–830.

**Baker LD, Frank LL, Foster-Schubert K et al. (2010).** Effects of aerobic exercise on mild cognitive impairment: a controlled trial. *Arch Neurol*, 67, 71–79.

**Barnes DE, Whitmer RA, Yaffe K (2007).** Physical activity and dementia: The need for prevention trials. *Exc Sport Sci Rev*, 35, 24–29.

**Barnes DE, Yaffe K, Satariano WA et al. (2003).** A longitudinal study of cardiorespiratory fitness and cognitive function in healthy older adults. *J Am Geriatr Soc*, 51, 459–465.

**Berchtold NC, Kesslak JP Pike CJ et al. (2001).** Estrogen and exercise interact to regulate brain-derived neurotrophic factor mRNA and protein expression in the hippocampus. *Eur J Neurosci*, 14(12), 1992–2002.

**Birbaumer N & Schmidt RF (2010).** *Biologische Psychologie*. Berlin: Springer.

**Buchman AS, Boyle PA, Yu L et al. (2012).** Total daily physical activity and the risk of AD and cognitive decline in older adults. *Neurology*, 78, 1323–1329.

**Cassilhas RC, Viana VA, Grassmann V et al. (2007).** The impact of resistance exercise on the cognitive function of the elderly. *Med Sci Sports Exerc*, 39(8), 1401–1407.

**Coffey C, Wilkinson W, Parashos J et al. (1992).** Quantitative cerebral anatomy of the aging brain: A cross-sectional study using magnetic resonance imaging. *Neurology*, 42, 527–536.

**Colcombe SJ, Kramer AF, Erickson KI et al. (2004).** Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 101(9), 3316–3321.

**Colcombe SJ, Erickson KI, Raz N et al. (2003).** Aerobic fitness reduces brain tissue loss in aging humans. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 58, 176–180.

**Colcombe S & Kramer AF (2003).** Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychol Sci*, 14, 125–130.

**Cotman CW & Berchthold NC (2002).** Exercise: a behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends Neurosci*, 25, 295–301.

**Creutzfeldt OD (1983).** *Cortex cerebri*. Springer Verlag.

**Duke LM & Kazniak AW (2000).** Executive control functions in degenerative dementias: A comparative review. *Neuropsych Rev*, 10, 75–99.

**Eggermont LHP, Swaab DF, Hol EM et al. (2009).** Walking the line: a randomized trial on the effects of a short term walking programme on cognition in dementia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 80, 802–804.

**Erickson KI & Colcombe AF (2009).** Aerobic exercise effects on cognitive and neural plasticity in older adults. *Br J Sports Med*, 43(1), 22–24.

**Erickson KI, Colcombe SJ, Elavsky S et al. (2007).** Interactive effects of fitness and hormone treatment on brain health in postmenopausal women. *Neurobiology Aging*, 28, 179–185.

**Erickson KI, Voss MW, Prakash RS et al. (2011).** Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 108(7), 3017–3022.

**Fillit HM, Butler RN, O'Connell AW et al. (2002).** Achieving and maintaining cognitive vitality with aging. *Mayo Clin Proc*, 77(7), 681–696.

**Förstl H & Wallech C-W (2012).** *Demenzen*. Georg Thieme Verlag.

**Geda YE, Roberts RO, Knopman DS et al. (2010).** Physical exercise, aging, and mild cognitive impairment: a population-based study. *Arch Neurol*, 67, 80–86.

**Geiger L (1996).** *Ausdauertraining*. München: Coppel.

**Hernandez SS, Coelho FG, Gobbi S et al. (2010).** Effects of physical activity on cognitive functions, balance and risk of falls in elderly patients with Alzheimer's dementia. *Abstract: Rev Bras Fisioter*, 14(1), 68–74.

**Heyn P, Abreu BC, Ottenbacher K (2004).** The Effects of Exercise training on Elderly Persons With Cognitive Impairment and Dementia: A Meta-Analysis. *Arch Phys Rehabil*, 85, 1694–1704.

**Kemoun G, Thibaud M, Roumagne N et al. (2010).** Effects of a Physical Training Programme on Cognitive Function and Walking Efficiency in Elderly Persons with Dementia. *Dement Geriatr Cogn Disord*, 29, 109–114.

**Kramer AF & Erickson KI (2006).** Exercise, cognition, and the aging brain. *J Appl Physiol*, 101(4), 1237–1242.

**Kramer AK, Bherer L, Colcombe SJ et al. (2004).** Environmental influences on cognitive and brain plasticity during aging. *J Gerontol Biol Med Sci Series A*, 59, M940–M957.

**Kronberg G, Bick-Sander A, Bunk E et al. (2006).** Physical exercise prevents age-related decline in precursor cell activity in the mouse dentate gyrus. *Neurobiol Aging*, 27(10), 1505–1513.

**Lachman ME, Neupert SD, Bertrand R et al. (2006).** The effects of strength training on memory in older adults. *J Aging Phys Act*, 14, 59–73.

**Larson EB, Wang L, Bowen JD et al. (2006).** Exercise is associated with reduced risk for incident dementia among persons 65 years of age and older. *Ann Intern Med*, 144(2), 73–81.

**Laurin D, Verreault R, Lindsay J et al. (2001).** Physical activity and risk of cognitive impairment and dementia in elderly persons. *Arch Neurol*, 58, 498–504.

**Lautenschlager NT, Cox KL, Flicker L et al. (2008).** Effect of physical activity on cognitive function in older adults at risk for Alzheimer disease: a randomized trial. *JAMA*, 300, 1027–1037.

**Liu-Ambrose LS, Nagamatsu P, Graf B et al. (2010).** Resistance training and executive functions: a 12-month randomized controlled trial. *Arch Int Med*, 170(2), 170–178.

**McAuley E, Kramer AF, Colcombe SJ (2004).** Cardiovascular fitness and neurodegenerative function in older adults: A brief review. *Brain, Behavior, and Immunity*, 18, 214–220.

**Middelton LE, Manini TM, Simonsick EM et al. (2008).** Activity energy expenditure and incident cognitive impairment in older adults. *Arch Intern Med*, 171, 1251–1257.

**Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ et al. (2000).** The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex „frontal lobe tasks“. A latent variable analysis. *Cog Psych*, 41, 49–100.

**Nagamatsu LS, Chan A, Davis JC et al. (2013).** Physical Activity Improves Verbal and Spatial Memory in Older Adults with Probable Mild Cognitive Impairment: A 6-Month Randomized Controlled Trial. *J Aging Res*, Article ID 861893.



**Peireira AC, Huddleston DE, Brickman AM et al. (2007).** An in vivo correlate of exercise-induced neurogenesis in the adult dentate gyrus. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 104(13), 5638–5643.

**Perrig-Chiello P (1998).** The effects of resistance training on well-being and memory in the elderly volunteers. *Age Ageing*, 27, 469–475.

**Reuter I & Engelhardt M (2010).** Kann Sport den Verlust kognitiver Funktionen im Alter verhindern? *Sport Ortho Trauma*, 26, 216–226.

**Rolland Y, Pillard F, Klapouzczak A et al. (2007).** Exercise program for nursing home residents with Alzheimer's disease: a 1-year randomized, controlled trial. *J Am Geriatr Soc*, 55, 158–165.

**Roth G (2002).** Das Gehirn und seine Wirklichkeit. Suhrkamp. Frankfurt/M.

**Rovio S, Karholt I, Helkala EL et al. (2005).** Leisure-time physical activity at midlife and the risk of dementia and Alzheimer's disease. *Lancet Neurol*, 4, 705–711.

**Scarmeas N, Luchsinger JA, Brickman AM et al. (2011).** Physical activity and Alzheimer disease course. *Am J Geriatr Psychiatry*, 19(5), 471–481.

**Scherder EJA, van Paasschen J, Deijen J-B et al. (2005).** Physical activity and executive functions in the elderly with mild cognitive impairment. *Aging Mental Health*, 9(3), 272–280.

**Schuit AJ, Feskens EJM, Launer LJ et al. (2001).** Physical activity and cognitive decline, the role of the apolipoprotein e4 allele. *Med Sci Sports Exc*, 33(5), 772–777.

**Schwenk M, Zieschang T, Oster P et al. (2010).** Dual-task performance can be improved in patients with dementia: a randomized controlled trial. *Neurology*, 74, 1961–1968.

**Shumaker SA, Legault C, Kuller L et al. (2004).** Conjugated equine estrogens and incidence of probable dementia and mild cognitive impairment in postmenopausal women: Women's Health Initiative Memory Study. *JAMA*, 291(24), 2947–2958.

**Sofi F, Valecchi D, Bacci D et al. (2011).** Physical activity and risk of cognitive decline: a meta-analysis of prospective studies. *J Intern Med*, 269, 107–117.

**Spiriduso WW & Clifford P (1978).** Replication of age and physical activity effects on reaction and movement time. *J Gerontol*, 33, 26–30.

**Spornitz UM (2004).** Anatomie und Physiologie. Lehrbuch und Atlas für Pflege- und Gesundheitsfachberufe. 4. Auflage, Springer Medizin Verlag Heidelberg.

**Suzuki T, Shimada H, Makizako H et al. (2012).** Effects of multicomponent exercise on cognitive function in older adults with amnesic mild cognitive impairment: a randomized controlled trial. *BMC Neurol*, 12, 128.

**Uda M, Ishido M, Kami K et al. (2006).** Effects of chronic treadmill running on neurogenesis in the dentate gyrus of the hippocampus of adult rat. *Brain Res*, 1104(4), 64–72.

**Van Gelder BM, Tjihuis MAR, Kalmijn S et al. (2004).** Physical activity in relation to cognitive decline in elderly men: the FINE Study. *Neurology*, 63(12), 2316–2321.

**Van Praag H, Christie BR, Sejnowski TJ et al. (1999).** Running enhances neurogenesis, learning, and long-term potentiation in mice. *Proc Natl Acad Sci USA*, 96, 13427–13431.

**Vayman S, Ying Z, Gomez-Pinilla F (2004).** Hippocampal BDNF mediates the efficacy of exercise on synaptic plasticity and cognition. *Eur J Neurosci*, 20(10), 2580–2590.

**Venturelli M, Scarsini R, Schena F (2011).** Six-Month Walking Program Changes Cognitive and ADL Performance in Patients With Alzheimer. *Am J Alzheimers Dis Other Demen*, 26, 381.

**Wagenknecht H (1980).** Lexikon der Psychologie (S. 1085). Freiburg: Verlag Herder KG, 1085.

**Weuve J, Kang JH, Manson JE et al. (2004).** Physical activity and cognitive function in older women. *JAMA*, 292(12), 1454–1461.

**Wilson RS, Bennett DA, Bienias JL et al. (2002a).** Cognitive activity and incident AD in a population-based sample of older persons. *Neurology*, 59, 1910–1914.

**Wilson RS, Mendes De Leon CF, Barnes LL et al. (2002b).** Participation in cognitively stimulating activities and risk of incident Alzheimer disease. *JAMA*, 287, 742–748.

**Yaffe K, Barnes D, Nevitt M et al. (2001).** A prospective study of physical activity and cognitive decline in elderly women: women who walk. *Arch Intern Med*, 161, 1703–1708.

**Zimbardo PG (1995).** Zimbardo Psychologie (S. 357). Berlin Heidelberg: Springer Verlag.

**Zimbardo PG & Floyd I (1983).** Psychologie (S. 235). Springer Verlag.

# IV. EFFEKTE EINES KÖRPERLICHEN TRAININGS AUF DIE PSYCHE BEI ÄLTEREN MENSCHEN UND BEI MENSCHEN MIT DEMENZ

STEFANIE GOGULLA, NELE CHRISTIN LEMKE & KLAUS HAUER

## 1. EINLEITUNG

Der menschliche Alterungsprozess hängt häufig mit Verlusten und Veränderungen zusammen, welche die körperliche und die psychische Gesundheit negativ beeinflussen können. Ursächlich für die Entstehung psychischer Leiden im hohen Lebensalter können einerseits bestimmte Lebensereignisse (z.B. Tod des Ehepartners) oder veränderte Umweltfaktoren (z.B. Einweisung in ein Pflegeheim) sein. Andererseits sind für die Entstehung psychischer Erkrankungen im Alter auch Auslösefaktoren wie körperliche Veränderungen verantwortlich. Vor allem der Verlust motorischer Fähigkeiten, wie Einschränkungen in der Gehfähigkeit oder chronische Erkrankungen, reduzieren das psychische Wohlbefinden. Meistens geht damit die Angst vor dem Verlust der Selbstständigkeit einher. Bei der Entstehung psychischer Erkrankungen im Alter spielen zudem (neuro-) biologische und genetische Faktoren eine Rolle.

Psychische Erkrankungen im hohen Alter und bei Menschen mit Demenz kommen häufig vor: Rund ein Viertel der in Deutsch-

land lebenden über 65-jährigen Menschen leidet unter einer psychischen Erkrankung (Kuzma 2012). Zu den altersspezifischen psychischen Krankheitsbildern zählen insbesondere Demenzen (► **Beitrag I**), die auch mit psychischen und Verhaltenssymptomen, wie z.B. Apathie oder Agitiertheit, (► **Beitrag V**) assoziiert sind. Neben demenziellen Erkrankungen gehören auch Depressionen zu den im hohen Alter am häufigsten auftretenden psychischen Erkrankungen. Beide Erkrankungen treten häufig zusammen auf. Depressive und demenzielle Symptome können sich sogar gegenseitig verstärken (Zimmer & Förstl 2011). Behandlungsmaßnahmen gegen Depressionen sind daher auch für Menschen mit Demenz besonders relevant. Im Zusammenhang mit dem motorisch-funktionellen Abbauprozess und dem dadurch erhöhten Sturzrisiko gerade bei Menschen mit Demenz kommt auch der Sturzangst eine große Bedeutung zu. Daher wird neben den Depressionen im Alter und bei Demenz auch die Sturzangst in diesem Buchkapitel thematisiert.

Im Folgenden wird Depression sowie Sturzangst im Alter und bei Demenz näher beschrieben (Wie werden Sturzangst und Depressionen definiert und wie häufig kommen diese psychischen Veränderungen im Alter und bei Demenz vor?). Vor dem Hintergrund dieser Daten und Fakten werden mögliche Therapiestrategien und speziell die Bedeutung körperlichen Trainings als nicht-pharmakologische Präventions- bzw. Behandlungsmaßnahmen herausgestellt (Welche Therapien gibt es? Was spricht für ein körperliches Training?). Nachfolgend wird ausführlich auf den Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und Depression sowie Sturzangst (Wie hängen sie zusammen? Was erklärt diesen Zusammenhang?) eingegangen. Danach werden etablierte Assessmentverfahren zur Erfassung depressiver Symptome und Sturzangst beschrieben. Anschließend folgt eine detaillierte Beschreibung randomisierter kontrollierter Studien, welche die Wirksamkeit verschiedener Trainingsprogramme auf Depression und Sturzangst untersucht haben (Welches Training zeigt die größten Effekte?). Zum Schluss werden sowohl ein Screeningstest zur Erfassung depressiver Symptome (GDS) und ein Verfahren zur Erhebung der sturzassoziierten Selbstwirksamkeit (FESI) vorgestellt als auch Empfehlungen und Hinweise für die Praxis gegeben.

## 2. DEFINITION, EPIDEMIOLOGIE UND ERFASSUNGSMETHODEN VON STURZANGST

### WAS IST STURZANGST?

Sturzangst im hohen Alter ist ein häufig vorkommendes und ernst zu nehmendes psychisches Problem, da die Angst vor einem Sturz gravierende Folgen auf die Mobilität

und damit auf die körperliche Leistungsfähigkeit haben kann (vgl. ► Abb. 1). Ungeachtet dessen existieren im Gegensatz zu definierten Angststörungen (z.B. Phobien oder Panikstörungen) für die Sturzangst bislang keine etablierten Diagnosekriterien nach ICD-10.

Legters (2002) gibt einen kurzen Überblick über häufig verwendete Definitionen: Tinetti und Powell (1993) bezeichnen Sturzangst als anhaltendes Bedenken zu stürzen, welches die Ausführung von Aktivitäten des täglichen Lebens einschränken kann (Tinetti & Powell 1993). Maki (1991) hingegen definiert Sturzangst als den Verlust des Selbstvertrauens einer Person in ihre eigene Gleichgewichtsfähigkeit (Maki 1991). Ein verwandtes, etwas weiter gefasstes Konzept bezeichnet Sturzangst als ein geringes Maß an sturzassoziierten Selbstwirksamkeit [geringe Überzeugung, selbst einen Sturz vermeiden zu können (► Kap. 4)] (Cumming 2000). Somit grenzt sich das Konzept der sturzassoziierten Selbstwirksamkeit über eine kognitive Komponente („Haben Sie Bedenken, eine Alltagsaktivität zu meistern?“) von der emotional fokussierten ursprünglichen Definition der Sturzangst („Haben Sie Angst zu stürzen?“) ab.

In den folgenden Kapiteln wird der Begriff „Sturzangst“ als Synonym zu den unterschiedlichen Konzepten und Definitionen genutzt, wenn dies im Kontext nicht spezifisch definiert ist.

Bei der Entstehung von Sturzangst sind verschiedene Ursachen und Entstehungsfaktoren denkbar. Sie kann aufgrund eines traumatischen Sturzereignisses entstehen.



Abb. 1: Möglicher Teufelskreis der Sturzangst als Resultat eines Sturzes (post-fall-Syndrom)

Daher galt Sturzangst lange als direkte Sturzfolge und wurde dementsprechend eines der wichtigsten Charakteristika des so genannten „post-fall-Syndroms“ (Murphy 1982) (► Abb. 1). Aus Angst zu stürzen kann es zu einer Vermeidung körperlicher Aktivitäten und Einbußen in der Lebensqualität kommen (Jorstadt 2005). Es entsteht ein Teufelskreis von Sturz, Verletzungen/Schmerzen, vermehrter Angst, erneut hinzufallen, Aktivitätsvermeidung, Reduktion der körperlichen Aktivität, Verlust körperlicher Leistung und Bewegungssicherheit und wiederum erhöhtem Sturzrisiko. Diese fatale Abwärtsspirale kann zu einer deutlich verringerten Autonomie und Lebensqualität führen (► Abb. 1).

Ein Sturz in der Vorgeschichte ist aber keine notwendige Bedingung für die Entstehung von Sturzangst. Epidemiologische Untersu-

chungen dokumentieren Sturzangst auch bei Personen, die in der Vorgeschichte keine Stürze angeben (Lawrence 1998; Myers 1996; Tinetti 1988). Als mögliche Ursache stehen hier psychische Einflussfaktoren wie Depressionen und neurotische Persönlichkeitsmuster (Benzinger 2011; Mann 2006; Painter 2012) im Vordergrund, die mit Sturzangst assoziiert sein und diese ebenfalls auslösen können.

Sturzangst kann neben den oben beschriebenen negativen auch positive Konsequenzen haben und gerechtfertigt sein, wenn ein objektivierbares Sturzrisiko vorliegt. Die Angst hinzufallen übernimmt dann eine protektive Funktion: Alltagsbewegungen werden aufmerksamer und sicherer ausgeführt (Delbaere 2004) oder es werden geeignete Hilfsmittel, wie z. B. Rollatoren, genutzt (► **Beitrag II**).

#### WIE HÄUFIG KOMMT STURZANGST VOR?

Prävalenzraten in der Gesamtpopulation zeigen eine hohe Varianz (20–85%) (Arfken 1994; Cumming 2000; Howland 1998). Der Grund dafür liegt meist in unterschiedlichen Erfassungsmethoden, erfassten unterschiedlichen Definitionen des Konstrukts Sturzangst (Verlust des Selbstvertrauens in Gleichgewichtsfähigkeit vs. sturzassoziierte Selbstwirksamkeit) und Auswahl der Studienpopulation.

Die Häufigkeit von Sturzangst liegt bei Frauen höher als bei Männern (Scheffer 2008). Ein erhöhtes Risiko für Sturzangst haben zum Beispiel auch Menschen mit anhaltendem Schwindel und einer subjektiv empfundenen schlechten Gesundheit (Lach 2005; Oh-Park 2011). Zudem liegt die Häufigkeit von Sturzangst bei älteren Menschen in

Pflegeheimen höher (Yardley 2005). Weitere Risikofaktoren für Sturzangst sind das Alter, Adipositas, Seheinschränkungen, Depressionen, Mobilitätseinschränkungen (gehen und Gleichgewicht) und das Einnehmen mehrerer Medikamente (Oh-Park 2011).

Bei gebrechlichen Menschen und bei Menschen, die in der Vorgeschichte Stürze angeben (post-fall-Syndrom), sind die Prävalenzraten für Sturzangst besonders hoch (Delbaere 2011). Allerdings ist auch hier die Varianz groß: Die Häufigkeit von Sturzangst bei über 60-Jährigen liegt hier zwischen 29% und 92% (Legters 2002). Bei Menschen (> 60 Jahre), die noch keine Sturzerfahrung gemacht haben, liegt die Prävalenzrate von Sturzangst zwischen 12% und 65% (Legters 2002).

Das Sturzrisiko bei Menschen mit Demenz liegt deutlich höher als bei gesunden älteren Menschen. Zwei Gründe, welche die höhere Sturzhäufigkeit bei Demenz erklären, sind die verminderte Aufmerksamkeitsleistung und reduzierte räumliche Wahrnehmung (Buchner & Larson 1987; Lord 2001). Obwohl Menschen mit Demenz häufiger stürzen, weisen sie ein geringeres Level an Sturzangst

auf als kognitiv nicht eingeschränkte Personen (Uemura 2011). Darüber hinaus schränken Alzheimer-Patienten ihre körperlichen Aktivitäten nach einem Sturz weniger ein, was auf eine geringe Sturzangst hindeutet (Fletcher 2004). Dies ist möglicherweise eine Folge von einer bei Demenz auftretenden falschen Sturzrisikoeinschätzung bei der Ausübung von Aktivitäten (Delbaere 2011). Es zeigt sich eine geringe Übereinstimmung von hohem objektiven Sturzrisiko und geringem subjektiv empfundenen Sturzrisiko.

#### WIE KANN MAN STURZANGST ERFASSEN?

Sturzangst kann auf ganz unterschiedliche Art und Weise definiert sein (siehe oben). Je nachdem, welches Konzept von Sturzangst (z. B. sturzassoziierte Selbstwirksamkeit vs. Bestimmung der Angst) erfasst werden soll, kommen unterschiedliche Erhebungsinstrumente in Frage. Ein Überblick über häufig angewendete Sturzangst-Erfassungsinstrumente ist in Tabelle 1 dargestellt und weiter unten kurz beschrieben.

Einer der international etabliertesten Tests ist die „Falls-Efficacy-Scale International“ oder kurz FESI (Yardley 2005). Dieses Instrument dient vor allem der Erfassung der sturz-

Erhebungsinstrument	untersuchte Population	erfasstes Konstrukt/Konzept
Falls-Efficacy-Scale International (FESI) (Yardley 2005)	Allgemeinheit/Patienten mit und ohne Demenz	sturzassoziierte Selbstwirksamkeit
Activities-Specific-Balance-Confidence-Scale (ABC) (Powell & Myers 1995)	Allgemeinheit/Patienten	Vertrauen in die Gleichgewichtsfähigkeit
Survey of Activities and Fear of Falling in the Elderly (SAFE) (Lachmann 1998)	Allgemeinheit	Sturzangst

Tab. 1: Etablierte Erfassungsinstrumente zur Sturzangst

assoziierten Selbstwirksamkeit bei älteren Menschen. Einer Person werden beim FESI unterschiedliche Aktivitäten des täglichen Lebens vorgegeben. Es soll anhand einer Skala bewertet werden, wie groß die Bedenken sind, bei den jeweiligen Aktivitäten, wie z. B. Ankleiden oder Treppensteigen, zu stürzen.

Der FESI hat eine herausragende prädiktive Validität für zukünftige Stürze und Reduktion motorisch-funktioneller Fähigkeiten (je höher der Testwert, desto größer das Risiko für Stürze und den motorisch-funktionellen Abbau). Zudem ist dieser Fragebogen für Menschen mit Demenz validiert (Hauer 2010). Sowohl für Menschen mit als auch ohne kognitive Einschränkung ist der FESI sehr veränderungssensitiv und damit für den Einsatz in Interventionsstudien geeignet.

Die deutsche Version des FESI (Dias 2006) ist auch als Kurzversion (nach Kempen 2008) anwendbar. Diese wird am Ende des Beitrags ausführlich beschrieben (► Abb. 10).

Im Gegensatz zum FESI, der die Bedenken einer Person hinsichtlich des Sturzrisikos bei Alltagsaktivitäten erfasst, erhebt die „Activities-Specific-Balance-Confidence-Scale“ oder kurz ABC-Skala (Powell & Myers 1995) die Wahrscheinlichkeit, das Gleichgewicht in gefährlichen Situationen nicht zu verlieren. Die ABC-Skala ist ebenso wie der FESI reliabel und valide.

Den Zusammenhang zwischen Sturzangst und auftretenden Problemen bei der Ausführung von Aktivitäten (Aktivitäten des täglichen Lebens, außerhäusliche Aktivitäten, soziale Aktivitäten) erfasst der „Survey of Activities and Fear of Falling in the Elderly“

(SAFE) (Lachman 1998). Eine Person gibt an, welche bestimmte Aktivitäten sie noch ausführt und welche nicht. Bei den Aktivitäten, welche die Person nicht ausführt, wird die Sturzangst ermittelt. Der SAFE-Fragebogen weist eine gute Reliabilität und Validität auf (Lachmann 1998).

### 3. DEFINITION, EPIDEMIOLOGIE UND ERFASSUNGSMETHODEN VON DEPRESSIONEN

#### WAS SIND DEPRESSIONEN?

Eine der häufigsten psychischen Leiden im hohen Lebensalter ist die Depression. Sie gehört zu den affektiven Störungsbildern. Depressionen sind durch eine Veränderung der Stimmungslage, Freudlosigkeit, emotionale Leere und Interessensverlust charakterisiert. Zusätzlich können körperlich-vegetative (z.B. Schlafstörungen) und kognitive Symptome (verminderte Konzentrationsfähigkeit) auftreten. Zudem zählen negative Denkmuster (z. B. das Gefühl der Wertlosigkeit oder Suizidgedanken) zu den Symptomen der Depression. Es ist wichtig zu unterscheiden, ob depressive Symptome als einzelnes Ereignis (einzelne depressive Episode) oder wiederkehrend auftreten (depressive Störung bzw. Major-Depression). Die wichtigsten Symptome und die Diagnosekriterien für eine depressive Episode nach ICD-10 (Ebert 2008) sind in der folgenden Tabelle (► Tab. 2) dargestellt. Wenn depressive Symptome auftreten, muss es sich nicht zwangsläufig um eine klinisch relevante Depression handeln. Sie können auch als Folge bestimmter Lebensereignisse nur kurzzeitig und in geringerem Ausmaß auftreten. Häufig ist die Unterscheidung zwischen klinisch relevanter Depression und vorübergehenden depressiven Symptomen schwierig.

Diagnosekriterien nach ICD-10	
2 oder 3 Hauptsymptome und 2 bis 4 Begleitsymptome für mindestens 2 Wochen	
Hauptsymptome	Begleitsymptome
gedrückte Stimmung Freudlosigkeit Antriebsstörung	Konzentrationsschwäche vermindertes Selbstwertgefühl Schuldgefühle Suizidgedanken Schlafstörungen Appetitminderung

Tab. 2: Haupt- und Begleitsymptome sowie Diagnosekriterien der Depression nach ICD-10 (Ebert 2008)

Eine ärztliche Abklärung ist daher immer ratsam.

Depressionen im hohen Alter zeigen sich nicht anders als im jüngeren Lebensalter. Allerdings ist die Diagnosestellung bei älteren Menschen erschwert und erhöht somit das Risiko einer Chronifizierung, da häufig gleichzeitig vorhandene körperliche Erkrankungen und kognitive Auffälligkeiten (Pseudodemenz) das klinische Bild bestimmen können (Kuzma 2012).

Häufig treten Depressionen gleichzeitig mit Angststörungen, Schlafstörungen, somatoformen Störungen und Demenzen auf

(Komorbidität). Einerseits können Depressionen als Folge einer Erkrankung auftreten. Andererseits können sie auch ein Prädiktor für ein erhöhtes Morbiditätsrisiko, insbesondere für Herz-Kreislauf-Erkrankungen, sein (Rugulies 2002). Auch die im Alter häufig auftretenden subdiagnostischen Depressionen (depressive Symptome mit Beeinträchtigung des psychosozialen Funktionsniveaus, ohne dass die Diagnosekriterien einer depressiven Störung nach ICD-10 erfüllt sind) erhöhen das Risiko für spätere Erkrankungen (Zank & Heidenblut 2009). Aufgrund des erhöhten Morbiditätsrisikos bzw. der hohen Komorbiditätsrate besteht

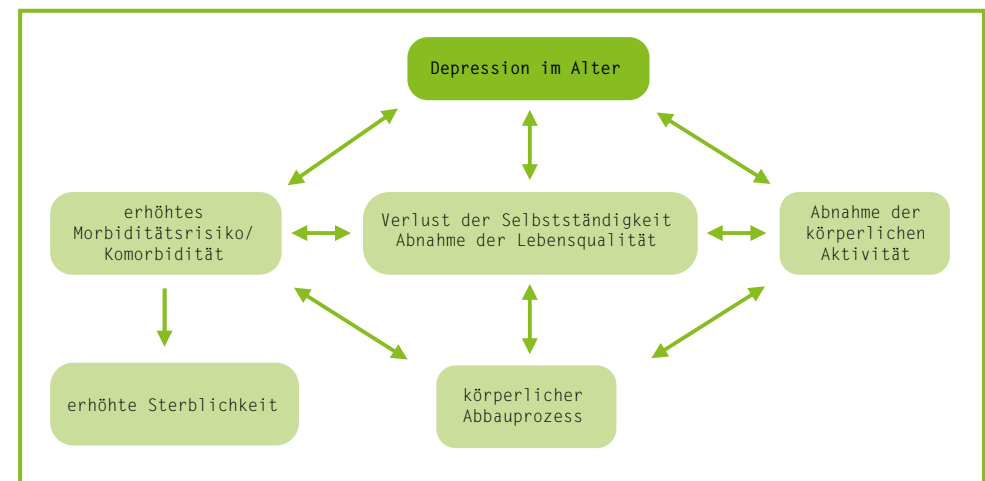


Abb. 2: Komplexe Zusammenhänge zwischen Depression und den Folgen



gegenüber nicht depressiven Menschen eine erhöhte Mortalität (Kuzma 2012; Patten 2011). Neben Morbidität und Mortalität haben Depressionen im Alter auch direkte Auswirkungen auf die Alltagsgestaltung. Häufig kommt es zu einem Antriebsmangel sowie zur Abnahme der körperlichen Aktivität und damit einhergehend zu körperlichen Abbauprozessen wie z. B. Muskelabbau. Dies kann zum Verlust der Selbstständigkeit führen und damit die Lebensqualität einschränken. Gleichzeitig erhöhen die körperlichen Veränderungen aber erneut das Morbiditäts- und Mortalitätsrisiko und verstärken somit auch die depressive Stimmung (▶ Abb. 2).

Zu den auslösenden Faktoren zählen gerade im hohen Alter Verlusterfahrungen wie etwa der Wegfall beruflicher Rollen oder der Verlust nahestehender Personen. Neben chronischen Erkrankungen zählen auch depressive Störungen in der Vorgeschichte und Demenzen zu den Auslösefaktoren für Depressionen im Alter (Kuzma 2012). Im folgenden Kapitel wird näher auf das Zusammenwirken von Depressionen und Demenz eingegangen.

Generell haben Depressionen eine multifaktorielle Ätiologie: Nicht nur die beschriebenen äußeren (Auslöse-) Faktoren, wie zum Beispiel kritische Lebensereignisse oder psychosoziale Faktoren wie Stress, sondern auch familiäre Dispositionen (Gene) können das Depressionsrisiko erhöhen. Zudem können bei der Entstehung von Depression auch Störungen in der Neurotransmission der Botenstoffe Noradrenalin und Serotonin eine Rolle spielen. An dieser Stelle wird nicht vertiefend auf die komplexe Pathogenese der Depression eingegangen, da dies den Rahmen des Kapitels sprengen würde. Für eine

detaillierte Beschreibung der unterschiedlichen und meist miteinander interagierenden neurobiologischen, psychologischen und psycho-sozialen Prozesse wird hier auf Laux (2011) verwiesen.

### DEPRESSIONEN UND DEMENZEN

Depressionen im hohen Lebensalter und eine beginnende Demenz sind häufig sehr schwer zu unterscheiden. Gerade im hohen Lebensalter können sich einige im Folgenden aufgeführte Symptome, die sowohl bei einer Demenz als auch bei einer Depressionen auftreten können, überschneiden (aus Hampel & Pantel 2011):

- ▶ Abnahme der Leistungsfähigkeit und zunehmende Müdigkeit
- ▶ Agitation, psychomotorische Verlangsamung
- ▶ Einschränkung der Konzentrations- und Auffassungsfähigkeit
- ▶ Verlangsamung des Denkens
- ▶ örtliche und zeitliche Orientierungsstörungen/Beeinträchtigung des Sozialverhaltens
- ▶ Einschränkung der Kritik- und Urteilsfähigkeit

Wissenschaftliche Untersuchungen konnten zeigen, dass depressive Menschen ein um das zweifach erhöhte Risiko aufweisen, an einer Demenz zu erkranken als nicht-depressive Personen (Laux 2011). Eine Demenz kann im frühen Stadium aber auch eine depressive Symptomatik auslösen („demenzinduzierte Depression“, Zimmer & Förstl 2001). Patienten im frühen Stadium können den Verlauf der demenziellen Erkrankung noch bewusst wahrnehmen und reagieren schließlich auf dieses „Selbst-

Merkmal	Alzheimer-Demenz	Depression
Schwere des kognitiven Defizits	alle Schweregrade (leicht bis schwer)	leicht
Beginn	schleichend	plötzlich
Dauer	über 6 Monate	unter 6 Monaten
Beschwerdeschilderung	bagatellisierend	aggravierend
Affektive Befundschwankung	ausgeprägt	gering
Befindlichkeitsverlauf	Leistungstief am Abend	Stimmungstief am Morgen
Orientierungsstörung	ja, anfangs aber nicht	nein
Alltagskompetenz	eingeschränkt	erhalten
Sprachstörung, Einschränkung der Visuokonstruktion	ja	nein

Tab. 3: Differenzialdiagnose Demenz-Depression aus Laux 2011

bewusst werden des Krankheitsverlaufes“ (Hampel & Pantel 2011) mit depressiven Symptomen. Die Depression stellt dann eine Begleitsymptomatik der Demenz dar, die im weiteren Verlauf der Erkrankung allerdings wieder abnimmt, weil die Reflexionsfähigkeit bei Menschen mit Demenz nachlässt. Die Depression stellt dann eine Begleitsymptomatik im Sinne einer Bewältigungs- bzw. Copingstrategie der Demenz dar. Copingstrategien bezeichnen allgemein den Umgang einer Person mit einer belastenden Situation wie etwa einer chronischen Erkrankung. Darüber hinaus können kognitive Symptome, wie Aufmerksamkeitseinschränkungen und Defizite in Gedächtnisfunktionen sowie in visuell-räumlichen Fähigkeiten, im Rahmen einer depressiven Störung auftreten. Derartige „depressionsinduzierte kognitive Störungen“ (Zimmer & Förstl 2011) werden auch als depressive Pseudodemenz bezeichnet. Depressionen im hohen Lebensalter gehen oft mit diesen kognitiven Störungen einher, wobei die Ausprägung der kognitiven Symptome auch abhängig von der Schwere und Art der depressiven Erkrankung ist. So weisen z. B. Menschen, die unter einer Major-Depression leiden, häufiger kognitive Symptome auf (Gunzelmann &

Oswald 2005). Daher ist eine Differenzialdiagnostik zu einer beginnenden demenziellen Erkrankung schwierig. Tabelle 3 liefert einen Überblick über bestimmte Merkmale zur Abgrenzung von der Alzheimer-Demenz mit depressiven Auffälligkeiten und der Depression mit kognitiven Symptomen (aus Laux 2011).

### EPIDEMIOLOGIE:

#### WIE HÄUFIG TRETEN DEPRESSIONEN AUF?

Die Prävalenz von Depressionen ist nicht altersabhängig, d. h. im hohen Alter treten sie genauso häufig auf wie bei jüngeren Menschen (Zank & Heidenblut 2009). Die Berliner Altersstudie (Linden 1998) berichtet für über 70-Jährige eine Gesamtprävalenz von 9,1%. Die Prävalenzraten der Major-Depression (schwere phasenhafte depressive Symptomatik) liegen für ältere Menschen zwischen 1 und 7% (Gunzelmann & Oswald 2005). Der Anteil von subdiagnostischen Depressionen unter den über 70-Jährigen liegt laut Berliner Altersstudie bei 27%. Frauen leiden im Laufe ihres Lebens generell häufiger an Depressionen (26%) als Männer (12%) (Gunzelmann & Oswald 2005).

Bei über 75-Jährigen Menschen, die an einer chronischen Erkrankung leiden, nimmt die Prävalenzrate der Depressionen bei über 75-Jährigen bis auf rund 40 % zu (Wernicke 1997). Knapp ein Drittel (33 %) aller älteren Krankenhauspatienten weist depressive Symptome auf (Gunzelmann & Oswald 2005).

Anteilig leiden ca. 40 bis 50 % der Personen mit beginnender Demenz unter einem depressiven Syndrom (Ebert 2008). Bei Depressionen können aber auch kognitive Auffälligkeiten auftreten (z.B. Konzentrations- und Aufmerksamkeitsdefizite), wobei die Ausprägung der kognitiven Symptome auch abhängig von der Schwere und Art der depressiven Erkrankung ist. So weisen z.B. Menschen, die unter einer Major-Depression leiden, häufiger kognitive Symptome auf (Gunzelmann & Oswald 2005).

Die Häufigkeit von Depressionen in Pflegeheimen beträgt ca. 15 bis 25 %. Viele Pflegeheimbewohner werden allerdings hinsichtlich depressiver Symptome nicht untersucht (mangelhaftes Assessment) oder äußern

eher körperliche als seelische Beschwerden (Gunzelmann & Oswald 2005).

**WIE KANN MAN DEPRESSIVE SYMPTOME ERFASSEN?**

Die Diagnostik einer Depression erfordert eine umfangreiche, fachärztliche Untersuchung und ist an feste klinische Diagnosekriterien gebunden (► Tab. 2). Screeningtests können erste Hinweise zum Vorliegen einer depressiven Symptomatik liefern, die aber immer ärztlich und psychologisch abzuklären sind. Es gibt zahlreiche (interviewgestützte) Selbst- und Fremdbeurteilungsfragebögen für ältere Menschen, die depressive Symptome erfassen können. In folgender Tabelle wird ein kurzer Überblick über häufig verwendete Tests gegeben (► Tab. 4).

Um den Schweregrad depressiver Symptome erfassen zu können, wird im klinischen Bereich häufig das Beck-Depressions-Inventar (BDI; Beck 1961) verwendet. Insgesamt beinhaltet dieser Fragebogen 21 Kategorien (z.B. traurige Stimmung, Schuldgefühle, Schlafstörungen, Reizbarkeit usw.). Zu jeder Kategorie werden dem Patienten vier Antwortmöglichkeiten (nach Schweregrad) vor-

gelegt (z.B. für die Kategorie „traurige Stimmung“: „0 = Ich bin nicht traurig“ bis „3 = Ich bin so traurig, dass ich es kaum ertrage“). Insgesamt können 63 Punkte erreicht werden. Mindestens 14 Punkte geben einen Hinweis auf eine Depression. Der BDI erfüllt wichtige Gütekriterien wie Reliabilität, Validität und Veränderungssensitivität (Beck 1988; Hautzinger 1991).

Im Vergleich zum Beck-Depressions-Inventar erfasst die Cornell Depressionsskala (CDS) (Alexopoulos 1988; Herrmann 1995) depressive Symptome bei Menschen mit Demenz. Sie erhebt sowohl Stimmungsauffälligkeiten (z.B. Angst oder Trauer), Verhaltensauffälligkeiten (z.B. Verlangsamung oder Unruhe), körperliche Auffälligkeiten (z.B. Appetitverlust), Störungen des biologischen Rhythmus (z.B. frühes Erwachen oder Stimmungsschwankungen) und Auffälligkeiten bezüglich der Lebenseinstellung (Suizidvorstellungen, Pessimismus, Wahnideen etc.). Insgesamt beinhaltet diese Skala 19 Items. Erfasst wird, ob die aufgeführten Symptome nicht einschätzbar sind („a“), nicht vorhanden sind („o“), geringfügig oder zeitweise vorhanden sind („1“), oder schwer und deutlich ausgeprägt sind („2“). Insgesamt können 38 Punkte erreicht werden. Ein Gesamtpunktwert von 8 Punkten deutet auf eine Depression bei Demenz hin und sollte weiter abgeklärt werden. Die Cornell Depressionsskala ist reliabel (Inter-Rater Reliabilität) und valide (Herrmann 1995).

Die Hamilton Depressionsskala (HAMD) (Hamilton 1960) dient der Erfassung des Schweregrads depressiver Symptome bei älteren Menschen. Mittels 21 Items werden sowohl depressive Symptome als auch

andere mit Depressionen einhergehende Verhaltensauffälligkeiten und Symptome erfasst (z.B. Suizidalität, Gewichtsverlust, Angst oder Schlaf-Wach-Rhythmusstörungen). Es gibt aber auch Versionen, die mehr oder weniger Items beinhalten. In der ursprünglichen Version gibt es für jedes der 21 Items mehrere Schweregradabstufungen, für die Punkte vergeben werden (0–2 Punkte, oder 0–4 Punkte). Maximal sind 66 Punkte zu erreichen. Je höher der Punktwert, desto schwerer die Depression (0–9 = keine Depression, 10–20 = Hinweis auf leichte Depression, 21–30 = Hinweis auf mittelschwere Depression, >30 = Hinweis auf schwere Depression).

Die Allgemeine Depressionsskala (ADS) (Hautzinger & Bailer 1993) dient der Feststellung depressiver Symptome im nicht-klinischen Bereich (Allgemeinbevölkerung). Hier werden mittels 20 oder 15 Items depressive Symptome, wie Unruhe, Konzentrationsauffälligkeiten, Traurigkeit usw., erfasst (z.B. „in der letzten Woche war ich niedergeschlagen“). Für jedes Item gibt es vier Antwortmöglichkeiten (0 = selten/überhaupt nicht bis 3 = meistens/die ganze Zeit). Liegt der Gesamtwert bei mindestens 23 Punkten, liegt ein Hinweis auf eine depressive Störung vor.

Eine der einfachsten und sehr etablierten Screeningtests ist die Geriatrische Depressionsskala (GDS) (Yesavage 1983). Die Skala zur Selbstbeurteilung depressiver Verstimmungen ist an ältere Menschen angepasst worden. Sie erfasst anhand unterschiedlicher Fragen, die mit „ja“ oder „nein“ beantwortet werden, verschiedene depressive Symptome. Eine Depression ist laut GDS

Erhebungsverfahren	untersuchte Population	erfasstes Konstrukt/Konzept
Beck-Depressions-Inventar (BDI) (Beck 1961)	ältere Patienten	schwere depressive Symptome im klinischen Bereich durch Selbstbeurteilung
Cornell Depressionsskala (CDS) (Alexopoulos 1988; dt. Version: Herrmann 1995)	ältere Menschen mit Demenz	depressive Symptomatik bei Demenz durch Fremdbeurteilung
Hamilton Depressionsskala (HAMD) (Hamilton 1960)	ältere Menschen	depressive Symptomatik im Alter durch Fremdbeurteilung
Allgemeine Depressionsskala (ADS) (Hautzinger & Bailer 1993)	Allgemeinbevölkerung	depressive Symptome durch Selbstbeurteilung
Geriatrische Depressionsskala (GDS) (Yesavage 1983)	geriatrische Patienten mit und ohne Demenz	depressive Symptome im Alter durch interviewgestützte Selbstbeurteilung

Tab. 4: Mögliche Erfassungsinstrumente von Depression



umso wahrscheinlicher, je höher der Punktwert (1–30 Punkte) liegt. Es wurde auch eine Kurzversion des GDS mit 15 Fragen entwickelt. Erreicht hier eine Person mehr als 5 Punkte, ist dies ein Hinweis auf eine leichte bis mittelschwere depressive Störung. Die Geriatrie Depressionsskala unterscheidet zuverlässig depressive von nicht depressiven Personen und stimmt mit Ergebnissen, die mittels Fremdbeurteilung erhoben wurden, gut überein (Gunzelmann & Oswald 2005). Sowohl die Lang- als auch die Kurzversion des GDS sind für ältere Menschen valide und reliabel. Die Kurzversion des GDS kann auch bei älteren Menschen mit beginnender bis moderater Demenz angewendet werden (Lach 2010; Lucas-Carrasco 2012).

#### 4. DER EINSATZ KÖRPERLICHEN TRAININGS IM ALTER UND BEI DEMENZ GEGEN STURZANGST UND DEPRESSIONEN

Im folgenden Abschnitt werden kurz mögliche Therapieformen bei psychischen Erkrankungen vorgestellt und anschließend die besondere Relevanz eines körperlichen Trainings herausgestellt. Zudem werden Ergebnisse wissenschaftlicher Arbeiten beschrieben,

welche die Wirksamkeit körperlichen Trainings auf Sturzangst und Depression untersucht haben.

#### WARUM IST GERADE EIN KÖRPERLICHES TRAINING IM ALTER UND BEI DEMENZ GEGEN STURZANGST UND DEPRESSIONEN BESONDERS SINNVOLL?

Präventions- bzw. Interventionsmaßnahmen bezüglich Depressionen und Ängsten im Alter sollten sich nicht nur auf die direkte Linderung des psychischen Leidens fokussieren. Ein weiterer wichtiger Bestandteil ist das Verarbeiten der auslösenden Faktoren, zum Beispiel die Bewältigung von Krisen oder kritischen Lebensereignissen. Allgemein umfasst die Behandlung psychischer Erkrankungen bei älteren Menschen ein breites Spektrum von Therapiemaßnahmen. Ein kurzer Überblick über die wichtigsten Behandlungsmaßnahmen ist im Folgenden (► Tab. 5) dargestellt.

In den letzten Jahren ist eine große Anzahl wissenschaftlicher Untersuchungen zu positiven Effekten körperlichen Trainings publiziert worden, die Eingang in Therapieempfehlungen internationaler Fachgesellschaften gefunden haben (z.B. American

Die wichtigsten Behandlungsmöglichkeiten psychischer Erkrankungen	Beispiele
psychotherapeutische Behandlung Lindert Verhaltensstörungen bzw. Symptome durch den Einsatz psychologischer Kommunikationsstrategien	<ul style="list-style-type: none"> <li>► Verhaltenstherapie, z.B. bei Demenz</li> <li>► Gruppenpsychotherapie, z.B. bei Depressionen</li> </ul>
sozialpsychiatrische Behandlungsmethoden Beziehen sich immer auf das soziale Umfeld (Integration in das soziale Umfeld/ Kontakte verstärken)	<ul style="list-style-type: none"> <li>► Beschäftigungstherapie (Ergotherapie)</li> <li>► Bewegungstherapie (körperliches Training), z.B. bei Depressionen</li> </ul>
somatisch-biologische Therapien Wirken direkt auf das Gehirn bzw. auf die Gehirnprozesse ein	<ul style="list-style-type: none"> <li>► Pharmakologische Therapien, z.B. Antidepressiva bei Depressionen</li> <li>► Lichttherapie bei Depressionen</li> <li>► Schlafentzug bei Depressionen</li> </ul>

Tab. 5: Wichtige Behandlungsmöglichkeiten bei psychischen Erkrankungen (nach Ebert 2008)

#### 1. Ein körperliches Training bei Demenz wirkt auf mehreren Ebenen

Da ältere Menschen und Menschen mit Demenz mit psychischen Leiden, wie Depressionen oder Sturzangst, nicht nur seelisch, sondern auch körperlich in hohem Maße betroffen sind, liegt es nahe, dass diese von einem körperlichen Training profitieren können (Denkinger 2012; Eggermont & Scherder 2006). Bewegungsprogramme haben den Vorteil, dass sie sowohl die alltagsrelevanten motorisch-funktionellen Fähigkeiten erhalten oder verbessern als auch indirekt durch multiple Wirkmechanismen das subjektive Wohlbefinden bzw. die psychische Gesundheit fördern und steigern können. Es gibt zahlreiche hochwertige wissenschaftliche Arbeiten, die positive Effekte eines körperlichen Trainings auf die Psyche belegen.

#### 2. Körperliches Training ist eine wichtige Ergänzung zur medikamentösen Therapie

Eine medikamentöse antidepressive Therapie bei Menschen mit Demenz ist wirksam und wird empfohlen. Im Rahmen einer Therapie mit Antidepressiva können bei älteren Menschen jedoch unerwünschte Nebenwirkungen, wie Übelkeit, Erbrechen, Herzrhythmusstörungen oder Kopfschmerzen (Laux 2009) auftreten. Ein antidepressiver Therapieansatz bei älteren Menschen und Menschen mit Demenz sollte daher immer mehrere Behandlungsstrategien miteinander kombinieren, um den größtmöglichen Erfolg erzielen zu können. Ein körperliches Training ist unter den ergänzenden nicht-medikamentösen Therapieansätzen (z.B. Soziotherapie oder Verhaltenstherapie) bei Menschen mit Demenz derzeit am besten wissenschaftlich untersucht.

Abb. 3: Zwei Argumente, die für ein körperliches Training sprechen

College of Sports Medicine 2005). Die zunehmende Bedeutung von Bewegungsprogrammen in Forschung und Praxis begründet sich aus zwei Argumenten (► Abb. 3), die für ein körperliches Training gerade bei Menschen mit Demenz sprechen, um insbesondere Depressionen und Ängste zu verringern.

#### ZUSAMMENHANG VON STURZANGST UND BEWEGUNG

##### KÖNNEN SICH STURZANGST UND KÖRPERLICHE AKTIVITÄT GEGENSEITIG BEEINFLUSSEN?

Sturzangst und körperliche Aktivität stehen in gegenseitiger Wechselwirkung: Die Sturzangst hat einen negativen Einfluss auf körperliche Aktivitäten. Die Angst vor einem Sturz bei Alltagsbewegungen ist häufig so groß, dass es zu der Verminderung körperlicher Aktivitäten bis hin zu einer Aktivitätsvermeidung kommt (Deshpande 2008).

Es fehlen epidemiologische Studien, welche den Einfluss von körperlicher Aktivität

auf die Sturzangst im Alter untersuchen. In Bezug auf Stürze konnte aber gezeigt werden, dass ein höheres Aktivitätsniveau das Sturzrisiko deutlich verringern kann (Gillespie 2003; Gregg 2000). Der Grund dafür liegt in einem verbesserten motorisch-funktionellen Status. So konnte nachgewiesen werden, dass ein gezieltes körperliches Training signifikant positive Effekte auf funktionelle Leistungen (Hauer 2001) und auf die Maximalkraft (Fiatarone 1994; Hauer 2001) hat. Da Stürze und Sturzangst in engem Zusammenhang stehen (Friedman 2002), liegt es nahe, dass körperliche Aktivität aufgrund der Reduktion des Sturzrisikos (Gillespie 2003; Gregg 2000) die Sturzangst verringert. Hauer (2001) konnte zeigen, dass das Training von Kraft und Gleichgewicht nicht nur die motorisch-funktionellen Leistungen verbessert, sondern auch die Sturzangst verringern kann.

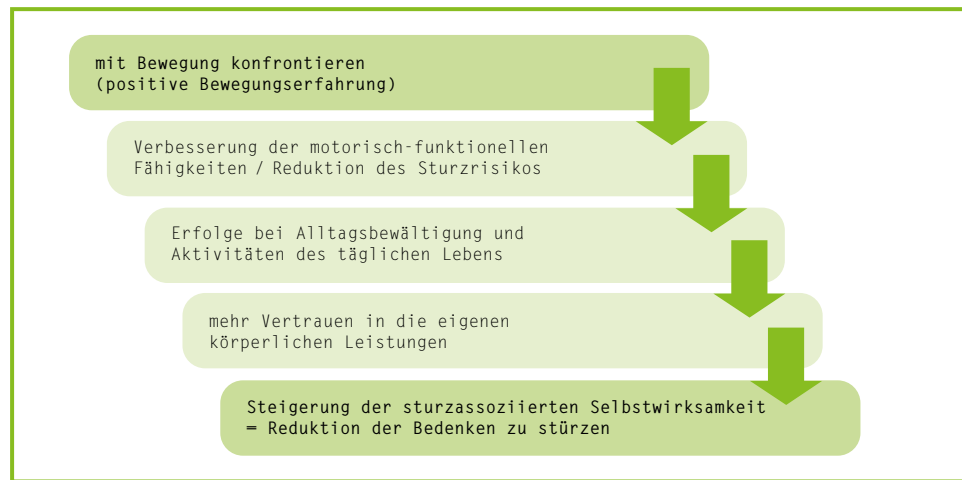


Abb. 4: Darstellung der Wirksamkeit eines körperlichen Trainings auf die sturzassoziierte Selbstwirksamkeit

#### WIE IST DER POSITIVE EINFLUSS VON KÖRPERLICHER AKTIVITÄT ODER KÖRPERLICHEM TRAINING ZU ERKLÄREN?

Warum körperliches Training auf die Sturzangst einen so positiven Einfluss hat, lässt sich erklären, wenn man die Sturzangst nicht als emotionalen Zustand definiert, sondern als kognitiven Prozess und damit als Konzept der sturzassoziierten Selbstwirksamkeit (► Definitionen der Sturzangst Kap. 2). Das Konzept der Selbstwirksamkeit im Allgemeinen bezeichnet die subjektive Einschätzung der eigenen Fähigkeiten, bestimmte Herausforderungen zu meistern (nach Bandura 1994). Das Konstrukt der sturzassoziierten Selbstwirksamkeit beschreibt die individuelle Überzeugung davon, in der Lage zu sein, Aktivitäten des täglichen Lebens durchzuführen, ohne zu stürzen oder die Balance zu verlieren (Li 2005a; Tinetti 1990). Eine Person mit geringer sturzassoziierte Selbstwirksamkeitserwartung hat dementsprechend Bedenken zu stürzen, da sie nur wenig Vertrauen in ihre eigenen

Fähigkeiten (z.B. gehen) hat. Eine geringe sturzassoziierte Selbstwirksamkeit führt häufig zu einer Verringerung körperlicher Aktivitäten. Erwartungsgemäß führt die Aktivitätsvermeidung und damit einhergehend die Reduktion motorisch-funktioneller Leistungen (z.B. Muskelabbau) wiederum zu einer Abnahme der Selbstwirksamkeit. Eine zunehmend geringe Selbstwirksamkeitserwartung erhöht dann erneut das Bedenken zu stürzen. Der Teufelskreis schließt sich.

Die sturzassoziierte Selbstwirksamkeitserwartung hängt mit der körperlichen Leistungsfähigkeit im Alter zusammen (Tinetti 1994). In Abbildung 4 wird dargestellt, dass ein körperliches Training eine deutliche Verbesserung dieser sturzassoziierten Selbstwirksamkeitserwartung bewirken kann. Ein möglicher erklärender Mechanismus ist die positive Bewegungserfahrung, die mit einem körperlichen Training einhergeht: Durch das Training verbessern sich die motorisch-funktionellen Leistungen und

das Sturzrisiko wird reduziert. Dies nimmt die Person subjektiv wahr, was dazu führt, dass sie sich bei der Ausführung von Aktivitäten sicherer fühlt und dadurch vermehrt Erfolge bei der Alltagsbewältigung erfährt (McAuley 1991). Die Person gewinnt mehr Vertrauen in die eigenen körperlichen Leistungen, was letztendlich zu einer Zunahme der sturzassoziierten Selbstwirksamkeitserwartung bzw. zu einer Abnahme der Bedenken zu stürzen führt.

#### WELCHE SPEZIELLEN TRAININGSFORMEN SIND BEI ÄLTEREN MENSCHEN OHNE DEMENZ EFFEKTIV GEGEN STURZANGST?

Tai Chi konnte in einigen wissenschaftlichen Arbeiten die Sturzangst bei älteren, selbstständig lebenden Menschen signifikant reduzieren (Li 2005; Zhang 2006). Erklärende Mechanismen für die positiven Effekte sind die physiologischen und psychologischen Auswirkungen durch die geistigen und motorischen Anforderungen beim Tai Chi (Wang 2004).

Ein reines Balancetraining zur Sturzangstreduktion bei älteren Menschen zeigte nur sehr begrenzte Wirkung. Nur eine Arbeit konnte bei Personen mit Sturzangst oder bei Personen, die einen Sturz erfahren haben, die Verringerung der Sturzangst belegen (Halvarsson 2011). Ein Gleichgewichtstraining gilt als eine effektive Trainingsmethode zur Vermeidung von Stürzen im Alter (Gillespie 2003). Da Stürze und Sturzangst in einer wechselseitigen Beziehung stehen (Friedman 2002), überrascht es einerseits, dass diese Trainingsmethode in Bezug auf Sturzangst zu keinen positiven Effekten führte. Andererseits gibt dieses Ergebnis einen Hinweis darauf, dass im Gegensatz zu eindimen-

sionalen Trainingsformen eher kombinierte oder multimodale Ansätze notwendig sind, um die Sturzangst im Alter zu reduzieren.

#### IST EINE KOMBINATION AUS UNTERSCHIEDLICHEN TRAININGSFORMEN EFFEKTIV?

Eine Kombination aus unterschiedlichen Trainingsformen zur Verringerung von Sturzangst im Alter ist sehr wirksam. Zu diesem Ergebnis kamen einige wissenschaftliche Studien: So führt sowohl ein kombiniertes Kraft- und Gleichgewichtstraining gegenüber einer herkömmlichen Pflege und sozialen Besuchen (Campbell 1997), als auch ein aus Kraft-, Ausdauer (Gehtraining) und Gleichgewichtsübungen kombiniertes Training (Robertson 2001) zu einer signifikanten Sturzangstreduktion. Auch sehr umfassende Trainingsprogramme, wie eine Kombination aus Kraft-, Ausdauer und Balancetraining mit Musikbegleitung sind effektiv (Barnett 2003).

#### WIE EFFEKTIV IST EIN KÖRPERLICHES TRAINING GEGEN STURZANGST IN KOMBINATION MIT PSYCHOTHERAPEUTISCHEN VERFAHREN?

Bei multifaktoriellen Interventionen werden unterschiedliche körperliche Trainingsprogramme mit anderen Interventionsmaßnahmen, wie z.B. mit psychologischen Therapieformen oder auch sozialen Maßnahmen, kombiniert. Multifaktorielle Ansätze, die mehrere Quellen der Sturzangst berücksichtigen (Brouwer 2003; Lawrence 1998; Tinetti 1994) bzw. auf eine gleichzeitige Reduktion mehrerer Risikofaktoren ausgelegt sind, sind effektiver als Ansätze, die sich auf nur einen Faktor fokussieren (Sjösten 2008). Die Effektivität dieser multifaktoriellen Therapieprogramme bei Sturzangst im Alter lässt sich durch die multifaktorielle Ätiologie der Sturzangst (Neurotizismus, man-

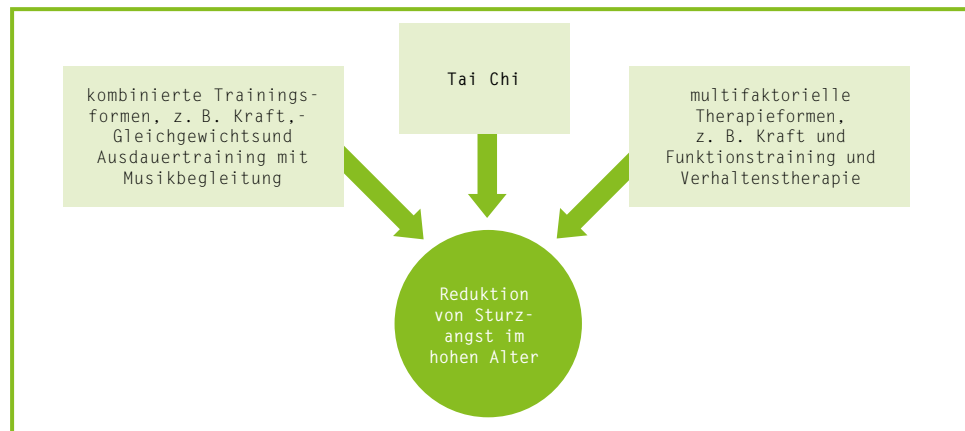


Abb. 5: Wirksame Trainingsformen gegen Sturzangst bei älteren Menschen ohne Demenz

gelnde Selbstwirksamkeit, Sturzerfahrung) erklären, welche die Anwendung unterschiedlicher Interventionsansätze erlaubt.

Tennstedt (1998) konnte in einer Studie zeigen, dass ein intensives Krafttraining kombiniert mit verhaltenstherapeutischen Interventionsmaßnahmen (z.B. Gruppendiskussionen, Problemlösestrategien) im Vergleich zu Sitzungen, welche lediglich Informationen zur Sturzprävention im Alter gegeben haben, positiv auf die Sturzangst wirkt. Auch Zijlstra (2009) kam zu ähnlich positiven Ergebnissen: Ein ebenfalls aus verhaltenstherapeutischen Maßnahmen und Kraft- sowie Beweglichkeitstraining bestehendes Programm führte zu einer signifikanten Verringerung der Sturzangst.

Eine Studie aus dem Jahr 2011 verglich Effekte einer Verhaltenstherapie in Kombination mit Tai Chi oder ohne Tai Chi auf die Sturzangst bei älteren Menschen (Huang 2011). Probanden, welche die Verhaltenstherapie in Kombination mit Tai Chi durchführten, zeigten die stärkste Reduktion der Sturzangst. Die Ergebnisse dieser Studien geben einen

Hinweis darauf, dass multifaktorielle Programme bei Sturzangst wirksamer sein können, als eindimensionale Trainingsprogramme. Eine bildliche Zusammenfassung der effektiven Trainingsprogramme bei Menschen ohne Demenz ist in Abbildung 5 dargestellt.

Es existieren bislang keine vergleichenden Interventionsstudien, welche die Wirksamkeit eines körperlichen Trainings bei älteren Menschen mit unterschiedlichem Schweregrad von Sturzangst oder bei Menschen mit oder ohne Stürzen in der Vorgeschichte untersuchen. Viele wissenschaftliche Arbeiten verwenden zur Erfassung der Sturzangst meist unterschiedliche Assessmentverfahren, die verschiedene Konstrukte der Sturzangst erheben (z. B. Sturzangst vs. sturzassoziierte Selbstwirksamkeit). Eine einheitliche Schweregradbestimmung von Sturzangst ist daher nur begrenzt möglich.

#### **SPIELEN FAKTOREN WIE INTENSITÄT, DAUER UND FREQUENZ BEI EINEM KÖRPERLICHEN TRAINING GEGEN STURZANGST EINE ROLLE?**

Eine eindeutige Empfehlung für ein

bestimmtes Trainingsprogramm oder eine ganz spezifische Kombination von Trainingsformen ist aufgrund der unterschiedlichen Organisationsformen (Training zu Hause vs. Gruppentraining) und Inhalte (Kraft, Balance, Koordination, Ausdauer) der Studien schwierig. Es fehlen Vergleichsstudien, welche die Bedeutung der Intensität, Dauer und Frequenz für unterschiedliche Trainingsformen unter ansonsten standardisierten Bedingungen untersuchen. Einige wissenschaftliche Arbeiten geben aber einen Hinweis darauf, dass eine längere Gesamtdauer (ca. 12 Monate) (Barnett 2003; Campbell 1997) und eine höhere Intensität (Hauer 2001) zu starken Effekten hinsichtlich der Sturzangstreduktion führen können.

#### **SIND DIE EFFEKTE EINES KÖRPERLICHEN TRAININGS AUF STURZANGST NACHHALTIG?**

Einige der oben erläuterten randomisierten kontrollierten Studien haben untersucht, ob die Wirksamkeit eines körperlichen Trainings auf die Reduktion von Sturzangst auch längerfristig bestehen bleibt. In den fünf Studien zur Sturzangst bei älteren Menschen ohne Demenz wurde die Nachhaltigkeit der Effekte eines körperlichen Trainings mittels „Follow-up“-Analysen überprüft (Brouwer 2003; Hauer 2001; Lin 2007; Tennstedt 1998; Zijlstra 2009). Alle „Follow-up“-Untersuchungen der Studien, die zu einer Reduktion der Sturzangst führten (Lin 2007; Tennstedt 1998; Zijlstra 2007), belegten eine signifikante, nachhaltige Reduktion nach Beendigung des Trainings (Follow-up 3–12 Monate), wobei sich kaum eine Verringerung der Interventionseffekte zeigte.

#### **WIRKEN DIE TRAININGSPROGRAMME AUCH BEI ÄLTEREN MENSCHEN MIT DEMENZ GEGEN STURZANGST?**

Es gibt bisher keine Interventionsprogramme, die speziell die Reduktion der Sturzangst bei kognitiv eingeschränkten Menschen untersucht haben. Die meisten Studien, welche die Reduktion der Sturzangst durch ein Trainingsprogramm thematisieren, schließen Menschen mit kognitiven Einschränkungen aus. Es stellt sich die Frage, ob die Trainingsprogramme, die bei älteren gesunden Menschen in ihrer Wirksamkeit wissenschaftlich belegt sind (Tai Chi, kombinierte Trainingsprogramme, multifaktorielle Programme), auch die Sturzangst von Menschen mit Demenz verringern könnten. Im Folgenden wird diskutiert, ob bzw. warum die Trainingsprogramme, welche bei älteren Menschen positive Effekte auf die Sturzangst erzielen, auch bei Menschen mit Demenz wirksam sein können.

Tai Chi ist zwar bei gesunden Älteren eine effektive Maßnahme zur Sturzangstreduktion, bei Menschen mit Demenz gibt es allerdings bislang keine wissenschaftlichen Belege für die Wirksamkeit gegen Sturzangst. Die komplexen motorischen und kognitiven Anforderungen (dreidimensionale Bewegungsmuster in einer zeitlichen Abfolge) könnten Menschen mit Demenz aber eher überfordern.

Vor allem der Einsatz multifaktorieller Trainingsprogramme (Kombination aus Training und Verhaltenstherapie) erwies sich in wissenschaftlichen Studien als effektiv gegen Sturzangst. Die Ergebnisse zeigen, dass multifaktorielle Programme, die im häuslichen Umfeld durchgeführt werden

(Lin 2007; Tinetti 1994; Yates 2001), im Vergleich zu Gruppenprogrammen (Clemson 2004; Lin 2006; Reinsch 1992) ebenfalls positive Effekte auf Sturzangst erzielen.

Es ist fraglich, inwiefern bei Menschen mit Demenz multifaktorielle Therapieformen überhaupt zur Sturzangstreduktion führen können. Verhaltenstherapeutische Ansätze werden häufig in frühen Stadien der Demenz vor allem zur Modifikation von psychischen und Verhaltenssymptomen angewendet. Inwiefern eine Verhaltenstherapie zur Behandlung von Sturzangst bei Demenz wirksam ist, ist bislang zu wenig untersucht.

Ob eine Kombination aus Training und Verhaltenstherapie wirksamer ist, ist bislang noch nicht belegt. Zudem existieren keine vergleichenden Studien, die untersuchen, ob multifaktorielle Therapieverfahren bei Menschen mit Demenz eher im häuslichen Umfeld oder als Gruppenmaßnahmen in externen Einrichtungen effektiver sind (► Abb. 6).

Körperliche Sportprogramme für ältere Menschen ohne kognitive Einschränkung, welche sich aus unterschiedlichen Trainingsinhalten zusammensetzen (kombinierte Trainingsprogramme), verringern vor allem dann die Sturzangst, wenn die Teilnehmer zusätzlich zum Training durch Hausbesuche, Telefonate oder Informationsmaterial zur Sturzvermeidung motiviert wurden. Dies konnten drei wissenschaftliche Studien belegen (Barnett 2003, Campbell 1997; Robertson 2001). Derartige motivierende Strategien können auch bei Menschen mit Demenz sinnvoll sein. Insbesondere für eine Verringerung der Sturzangst im häuslichen Umfeld ist nicht auszuschließen,

dass Motivationsmaßnahmen zu mehr körperlicher Aktivität verhelfen. Allerdings ist dies ebenfalls noch nicht wissenschaftlich belegt. Vergleichende Studien, die unter ansonsten standardisierten Bedingungen verschiedene Motivationsstrategien (z. B. häusliche Besuche, Supervision, Tagebücher oder im Rahmen der Verhaltenstherapie?) untersuchen, fehlen. Auch die Frage, wer das Training durchführen bzw. betreuen sollte (Trainer vs. psychologische Supervision), bleibt bislang ungeklärt (► Abb. 6).

Generell sollte bei Ansätzen zur Reduktion der Sturzangst bei Menschen mit Demenz der Fokus nicht nur auf der Wahl einer geeigneten Trainingsform liegen (z. B. Kraft vs. kombiniertes Training), sondern vor allem auch auf zusätzlichen Bedingungen bzw. Faktoren, welche die Wirksamkeit eines körperlichen Trainings bei Menschen mit Demenz stark beeinflussen können. Solche Faktoren können das Trainingssetting (Wo findet das Training statt? Zu Hause? In der Gruppe?) und demenzspezifische Kommunikations- bzw. Motivationsstrategien durch geschulte Trainer bzw. eine zusätzliche psychologische Betreuung sein (► Abb. 6; ► **Beitrag II**). Studien mit älteren Menschen ohne Demenz können zwar Hinweise auf den Einfluss solcher Faktoren liefern, letztendlich bleibt aber unklar, ob diese Ergebnisse auf Menschen mit Demenz übertragbar sind.

## ZUSAMMENHANG VON DEPRESSION UND BEWEGUNG

### WIE HÄNGEN DEPRESSION UND KÖRPERLICHE AKTIVITÄT ZUSAMMEN?

Depressionen und körperliche Aktivität stehen in wechselseitiger Beziehung: Einerseits

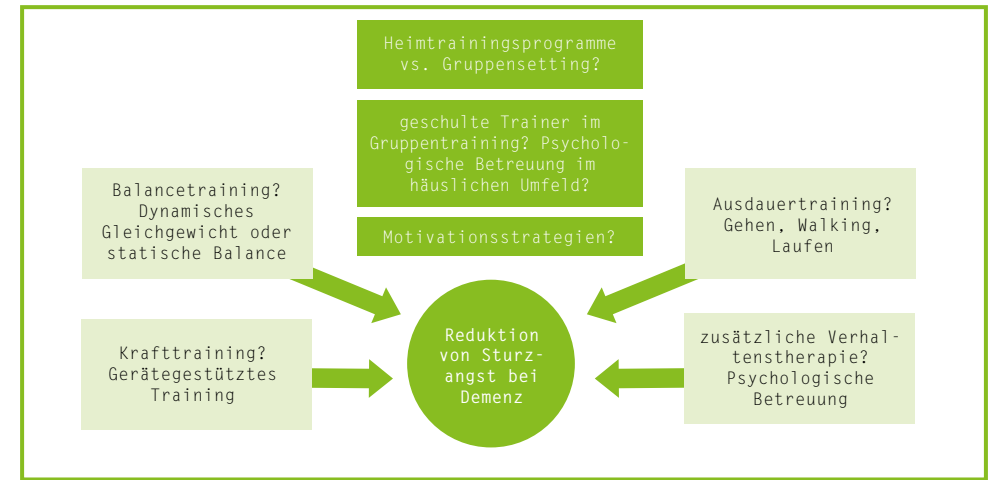


Abb. 6: Denkbare Trainingsformen und Trainingsbedingungen gegen Sturzangst bei Demenz

erhöhen Depressionen im Alter das Risiko eines geringen Aktivitätslevels. Eine Erklärung dafür ist eine größere Anzahl an Barrieren bei depressiven älteren Menschen, im Vergleich zu gesunden Älteren, welche die Ausführung körperlicher Aktivität behindern. Dazu zählen u. a. Ängste oder ein schlechter Gesundheitszustand (Rosqvist 2009), die mit einer Depression häufig einhergehen. Zudem können depressive Symptome, wie Antriebsmangel oder der zunehmende Interessenverlust selbst das Level an körperlicher Aktivität heruntersetzen.

Andererseits dokumentieren repräsentative Querschnittsstudien einen signifikanten Einfluss von körperlicher Aktivität auf die mentale Gesundheit wie etwa bei Depression (Abu-Omar 2004; Weyerer 1992). Auch repräsentative Längsschnittstudien (Motl 2004; Paffenbarger 1994) belegen diesen Zusammenhang. Eine Längsschnittstudie von Paffenbarger (1994) konnte z. B. bei ehemaligen 35 bis 74-jährigen College-Studenten nach 23 bis 27 Jahren bei denjenigen ein

um 27% geringeres Depressionsrisiko nachweisen, die mindestens drei Stunden pro Woche körperlich aktiv waren.

Dass körperliche Aktivität eine protektive Wirkung auf die körperliche und psychische Gesundheit auch im hohen Lebensalter (> 60 Jahre) hat, wurde in weiteren wissenschaftlichen (Übersichts-) Arbeiten bestätigt (Lampinen 2000; Ruuskanen 1995; Strawbridge 2002).

In einigen Arbeiten konnten zudem Hinweise für eine Dosis-Wirkungsbeziehung von körperlicher Aktivität und mentaler Gesundheit gefunden werden: Eine Untersuchung von Motl (2004) konnte zeigen, dass ein höheres Maß an körperlicher Aktivität signifikant mit einem geringeren Level an depressiver Symptomatik assoziiert ist. Ein Wechsel im Ausmaß an körperlicher Aktivität bildet sich sogar direkt im Grad der depressiven Symptomatik ab.

In einer Untersuchung von 15 Mitgliedsstaaten der Europäischen Union (Abu-Omar



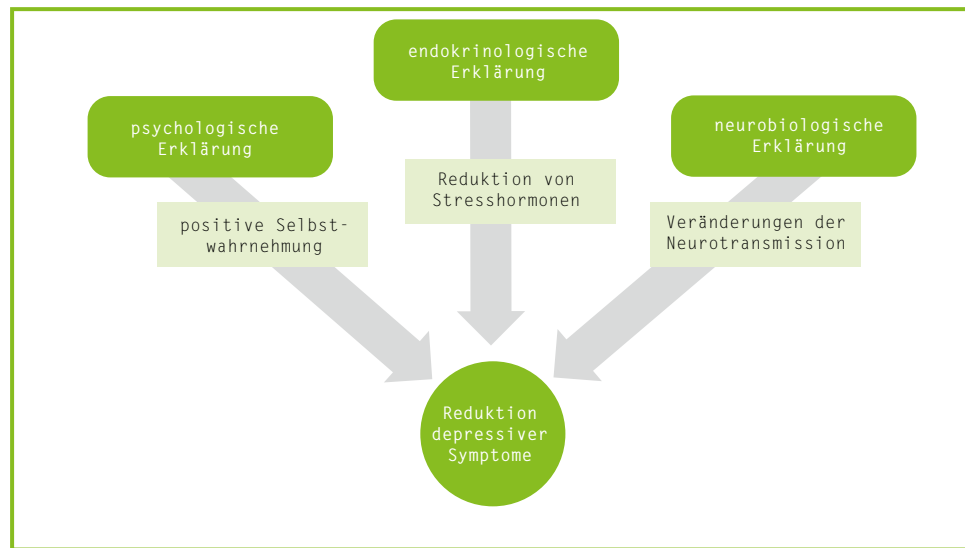


Abb. 7: Potenzielle Wirkmechanismen körperlicher Aktivität auf Depression

2004) konnte ebenfalls nachgewiesen werden, dass Personen, die körperlich aktiver sind, eine deutlich bessere psychische Gesundheit aufweisen. Dies zeigt sich zwar nicht in allen Nationen, aber für alle soziodemografischen Teilpopulationen – auch für ältere Menschen.

Körperliche Aktivität muss allerdings nicht immer eine sportliche Aktivität bedeuten. Eine Besserung depressiver Symptome im Alter zeigt sich nicht nur nach einem Sportprogramm wie z. B. Walking (Heesch 2011; Smith 2010), sondern auch nach Freizeitaktivitäten wie z. B. Gemeinschaftsaktivitäten in Pflegeheimen (Cheng 2012).

#### WELCHE MECHANISMEN KÖNNEN DIE POSITIVE WIRKSAMKEIT VON KÖRPERLICHER AKTIVITÄT AUF DEPRESSIONEN ERKLÄREN?

Möglicherweise haben ganz unterschiedliche neurobiologische, stoffwechselbedingte und psychologische Mechanismen einen

Einfluss auf den Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und Depressionen. Bislang sind die genauen Vorgänge, die bei körperlicher Aktivität zu einer Stimmungsaufhellung führen, nicht geklärt (Stöhle 2009). Man geht aber davon aus, dass die multiplen Mechanismen in enger Beziehung stehen und sich gegenseitig beeinflussen. Es gibt einige potenzielle Wirkmechanismen, die in Abbildung 7 skizziert sind.

Mit der Ausübung von körperlicher Aktivität oder körperlichem Training gehen wichtige psychologische Vorgänge einher, welche zu einer Reduktion von depressiven Symptomen führen können. Ein gesteigertes Selbstwertgefühl (Spence 2005), eine gesteigerte Selbstwirksamkeitserwartung (Netz 2005) und ein verbessertes psychisches Selbstkonzept (Taylor & Fox 2005) können zu einer positiven Selbstwahrnehmung und damit zu einer positiven Stimmung führen. Zudem ist denkbar, dass die vermehrten sozialen

Kontakte bei der Ausführung körperlicher Aktivität depressive Symptome positiv beeinflussen können (McAuley 2000).

Neben dem Einfluss psychologischer Vorgänge spielen womöglich auch (neuro-) biologische Mechanismen eine Rolle. Vermutlich gibt es einen engen Zusammenhang zwischen der körperlichen Aktivität und der Veränderung der Neurotransmission (Noradrenalin und Serotonin), der zu einer gesteigerten Stimmung führt (Stöhle 2009). Auch hormonelle Regulationsprozesse, wie etwa die Reduktion des Stresshormons Cortisol durch körperliche Aktivität, könnten zu der Verringerung depressiver Symptome führen (Duclos 2003).

#### WELCHE SPEZIELLEN TRAININGSPROGRAMME FÜR ÄLTERE MENSCHEN OHNE DEMENZ HABEN EINEN ANTIDEPRESSIVEN EFFEKT?

In drei randomisierten kontrollierten Studien (Singh 1997, 2001, 2005) konnte bei älteren Menschen mit diagnostizierter (Major- oder Minor-) Depression, aber ohne kognitive Einschränkung, belegt werden, dass ein reines Krafttraining zu einer signifikanten Reduktion depressiver Symptome führt.

Auch ein reines Ausdauertraining hat einen antidepressiven Effekt. Diese positive Wirkung auf depressive Symptome sowie auf eine diagnostizierte Depression bei älteren Menschen ohne Demenz konnte in drei vergleichenden Studien nachgewiesen werden: Blumenthal (1989) belegt die positive Wirkung eines aus Gehen, Joggen und Fahrradfahren kombinierten Ausdauertrainings auf depressive Symptome im Vergleich zu einem Yoga/Flexibilitätstraining.

Dass ein Ausdauertraining (Gehen/Joggen) bei Depressionen im Alter ähnlich wirksam sein kann wie eine medikamentöse Therapie, hat Blumenthal (1999) in einer weiteren Vergleichsstudie bei älteren Menschen mit diagnostizierter Major-Depression zeigen können. Es wurden drei Gruppen miteinander verglichen: Das reine Ausdauertraining wurde einer medikamentösen Therapie mit Antidepressiva und einer Kombination aus Ausdauertraining und Medikation gegenübergestellt. Nach den Interventionen verringerte sich die depressive Symptomatik signifikant, sowohl in der Trainingsgruppe als auch in der Gruppe, welche Antidepressiva erhielt.

Eine dritte Vergleichsstudie bestätigt den antidepressiven Effekt eines reinen Ausdauertrainings im Vergleich zu einem reinen Krafttraining bei älteren Teilnehmern mit depressiven Symptomen (Penninx 2002). Eine mögliche Erklärung für die negativen Effekte des Krafttrainings in der Studie von Penninx (2002) im Vergleich zu den Studien, die nach einem Krafttraining positive Effekte erzielten (Singh 1997, 2001, 2005), könnte die Auswahl des Trainingssettings sein. Bei Penninx (2002) wurde das Krafttraining ausschließlich im häuslichen Umfeld durchgeführt, bei Singh (2001) erfolgte der erste Teil des Trainingsprogramms supervidiert und nur der zweite Teil unbeaufsichtigt auch im häuslichen Umfeld.

Die Ergebnisse einer Tai-Chi-Studie (Chou 2004) belegen die Wirksamkeit auf die Stimmungslage bei depressiven Menschen. Neben Tai Chi kann auch Qigong bei älteren Menschen als antidepressiv wirkende Bewegungstherapie dienen (Tsang 2006). Im Ver-

gleich zu einer regelmäßig stattfindenden Lesegruppe erzielten die Probanden nach einem reinen Qigong-Training eine signifikante Reduktion der depressiven Symptome. Die Studien geben einen Hinweis darauf, dass eindimensionale Trainingsprogramme, wie Kraft- oder Ausdauertraining vor allem bei älteren Personen mit diagnostizierter Depression (Blumenthal 1999; Chou 2004; Singh 1997, 2001, 2005) oder mit schwereren depressiven Symptomen (Penninx 2002) wirksam sind. Zwar konnte auch Blumenthal (1999) bei älteren Personen mit nur leichter depressiver Symptomatik die Wirksamkeit eines Ausdauertrainings belegen, allerdings zeigten sich die signifikanten Effekte nur bei den männlichen Trainingsteilnehmern. Bei älteren Menschen ohne depressive Symptomatik können Deckeneffekte auftreten. Das heißt, dass eine signifikante Reduktion der depressiven Symptome nur begrenzt möglich ist, da die Teilnehmer bereits vor dem Training keine oder nur geringe Symptome aufweisen. Um aber belegen zu können, inwiefern der Schweregrad einer Depression Einfluss auf die Wirksamkeit eines körperlichen Trainings hat, sind vergleichende Interventionsstudien notwendig.

#### IST EINE KOMBINATION AUS UNTERSCHIEDLICHEN TRAININGSFORMEN BEI DER REDUKTION VON DEPRESSIONEN IM ALTER EBENFALLS EFFEKTIV?

In einigen randomisierten kontrollierten Studien konnte die Wirksamkeit von aus mehreren Trainingsmethoden kombinierten Interventionsmaßnahmen gegen Depressionen im Alter nachgewiesen werden (► Abb. 8):

So führt zum Beispiel eine Kombination aus einem Kraft- und Funktionstraining (Gleichgewicht, Flexibilität) im Vergleich zu

einem unspezifischen Gymnastiktraining im häuslichen Umfeld zu positiven Effekten bei ehemaligen geriatrischen Patienten mit depressiven Symptomen ohne Demenz (Timonen 2002).

In einer randomisiert kontrollierten Pilotstudie von Brenes (2007) führte ein im Fitnessstudio kombiniertes Aerobic- und Krafttraining bei älteren Teilnehmern mit diagnostizierter Minor-Depression sogar in gleichem Maße wie die Gabe von Antidepressiva zu einer signifikanten Reduktion der depressiven Symptome.

#### KOMMT ES NUN AUF DIE TRAININGSINHALTE AN ODER SPIELEN ANDERE FAKTOREN WIE INTENSITÄT, DAUER ODER FREQUENZ EINE ROLLE?

Die Ergebnisse der Studien lassen vermuten, dass ganz unterschiedliche Trainingsinhalte positiv auf Depressionen wirken können: Ein Krafttraining kann ebenso effektiv sein wie ein Gehtraining oder eine Kombination aus beidem. Alle genannten körperlichen Trainingsinhalte wirken im Gegensatz zu Bewegungstherapien oder Achtsamkeitstraining, die speziell zur Reduktion für psychische Auffälligkeiten ausgelegt sind, unspezifisch auf die Psyche. Belastungsnormativa, wie Dauer, Frequenz oder Intensität des Trainings, stellen möglicherweise wichtige Stellschrauben für die antidepressiven Effekte dar.

Inwiefern diese Faktoren die Wirksamkeit des körperlichen Trainings auf Depressionen beeinflussen, ist bislang nur wenig untersucht. Häufig ist die Vergleichbarkeit der in den Studien angewendeten Trainingsmethoden eingeschränkt. Deutlich wird das vor allem in den Studien, die ein Ausdauertraining gegen Depressionen im Alter

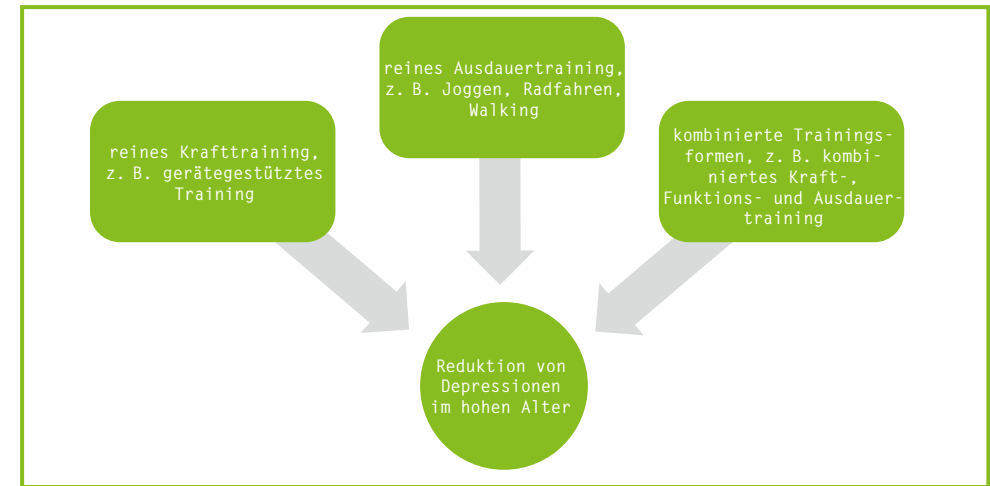


Abb. 8: Wirksame Trainingsinhalte gegen Depressionen bei älteren Menschen ohne Demenz

untersucht haben (Blumenthal 1989, 1999; Penninx 2002): Es besteht eine sehr große Varianz des Intensitätsbereiches (50–85% Herzfrequenz) und der Gesamtdauer des Ausdauertrainings (6 Wochen – 18 Monate) innerhalb dieser Studien. Daher bleibt unklar, welcher Umfang und welche Dauer des Trainings den größten antidepressiven Effekt bei Depressionen im Alter hat.

Im Gegensatz zu einem Ausdauertraining konnte für ein Krafttraining hinsichtlich der Reduktion von depressiven Symptomen eine Dosis-Wirkungsbeziehung nachgewiesen werden: Ein intensives Krafttraining führt zu stärkeren Effekten auf Depressionen. Singh (2005) verglich bei 60 Probanden mit diagnostizierter Depression in einem Alter von durchschnittlich 69 Jahren ein intensives Krafttraining (80% der Maximalkraft) mit einem leichten Krafttraining (20% der Maximalkraft). Beide Trainingsmaßnahmen wurden dreimal wöchentlich mit einer Dauer von 45 Minuten und für insgesamt acht Wochen durchgeführt. Zusätzlich

wurden die Trainingseffekte des jeweiligen Krafttrainings auf die Depression jenen einer Vergleichsgruppe gegenübergestellt, die nur medizinisch durch den Hausarzt betreut wurde. Die Ergebnisse zeigen, dass es nach einem intensiven Krafttraining zu einem signifikant stärkeren Absinken der Depressivität kam, als nach einem leichten Krafttraining.

#### WIRKEN EINDIMENSIONALE TRAININGSFORMEN AUCH BEI MENSCHEN MIT DEMENZ EFFEKTIV GEGEN DEPRESSIONEN?

Fest steht, dass ältere Menschen mit Depressionen von unterschiedlichen Trainingsformen profitieren können. Leider gibt es nur sehr wenige Untersuchungen, die Menschen mit einer demenziellen Erkrankung einschließen. Die Ergebnisse der wenigen Studien, welche eindimensionale Trainingsprogramme anwendeten, sind eher negativ: Eine randomisierte kontrollierte Studie (MacRae 1996) untersuchte Effekte eines reinen Gehtrainings auf Depressionen bei Pflegeheimbewohnern mit Demenz,



konnte aber keine signifikante Reduktion von depressiven Symptomen nachweisen. Auch für die Trainingsformen Tai Chi und Qigong existieren bislang keine wissenschaftlichen Belege für deren Wirksamkeit auf Depressionen bei Menschen mit Demenz.

Cheng (2012) veröffentlichte eine Arbeit, die spielerische Aktivitäten (chinesisches Gesellschaftsspiel Mahjong) mit Tai Chi und Kunsttherapie bei Pflegeheimbewohnern mit leichter demenzieller Symptomatik verglich. Es konnte eine Reduktion der Depression nur in der Gruppe, die regelmäßig an dem Gesellschaftsspiel teilnahm, nachgewiesen werden.

#### SIND KOMBINIERTE ODER MULTIMODALE TRAININGSFORMEN BEI MENSCHEN MIT DEMENZ EFFEKTIVER?

Wissenschaftliche Arbeiten, welche kombinierte Trainingsformen zur Reduktion von Depressionen bei Demenz untersuchten, liefern ebenfalls eher negative Ergebnisse: Williams und Tappen (2008) haben durch ein Ausdauer-, Kraft-, Gleichgewichts- und Flexibilitätstraining im Vergleich zu einem reinen Gehtraining keine positiven Effekte auf Depressionen bei Demenz nachweisen können.

Zwei randomisierte kontrollierte Studien konnten bei kognitiv eingeschränkten Studienteilnehmern durch eine Kombination aus Hockergymnastik mit Musik (Van de Winkel 2004) und Funktionstraining mit Musik (Mulrow 1994) ebenfalls keine signifikanten Verbesserungen der Depression erzielen.

Es bleibt unklar, ob die überwiegend negativen Ergebnisse der Studien hinsichtlich der Wirksamkeit von Trainingsprogrammen bei Menschen mit Demenz auf methodische

Mängel zurückzuführen sind. Eines der größten Probleme ist eine zu kleine Anzahl an Probanden oder der inadäquate Einsatz von Assessmentverfahren, die nicht auf Menschen mit Demenz angepasst wurden.

Eine Studie (Teri 2003) belegt hingegen die Wirksamkeit eines multimodalen Trainingsprogramms auf Depressionen bei demenziell erkrankten Menschen. Bei Patienten mit Alzheimer-Demenz wurde in der häuslichen Umgebung durch geschultes Pflegepersonal (die Schulung war Bestandteil der Intervention) ein kombiniertes körperliches Training (Ausdauer-, Kraft-, Gleichgewichts- und Flexibilitätstraining) täglich für 30 Minuten, drei Monate lang durchgeführt. Dem körperlichen Training wurde eine herkömmliche pflegerische Betreuung in den Privathaushalten gegenübergestellt. Das Trainingsprogramm bewirkte eine signifikante Verbesserung depressiver Symptome. Die Bestandteile dieses Trainingsansatzes sind in Abbildung 9 dargestellt.

Basierend auf diesen Ergebnissen ist zu erwarten, dass die Wirksamkeit von Trainingsprogrammen bei Menschen mit Demenz nicht nur von dem Einsatz unterschiedlicher Trainingsinhalte abhängt, sondern auch von externen Faktoren wie demenzspezifischen Umgangsformen bzw. Kommunikationsstrategien durch enge Angehörige oder nahestehende Personen. Das zeigt sich insbesondere in der Studie von Teri (2003), die im Gegensatz zu den anderen Arbeiten die Personen, welche engen Kontakt zu den Menschen mit Demenz hatten (Pflegepersonal), in die Intervention mit einschloss. Ein positiver psycho-sozialer Einfluss durch die in der Studie durchgeführten

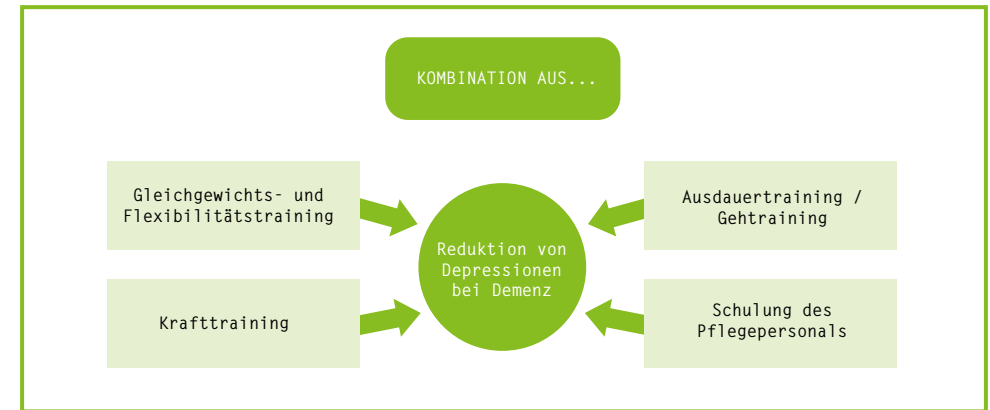


Abb. 9: Wirksames körperliches Training bei Demenz gegen Depressionen nach Teri 2003

ergänzenden Schulungen für die Pflegenden kann hier nicht ausgeschlossen werden. So können etwa demenzspezifische Kommunikationsstrategien einen großen Einfluss auf die Effektivität eines Trainings haben (► Beitrag II).

#### BLEIBEN DIE INTERVENTIONSEFFEKTE BEI DEPRESSIONEN ÜBER EINEN LÄNGEREN ZEITRAUM BESTEHEN?

Einige der Studien zur Erfassung der Wirksamkeit eines körperlichen Trainings auf Depressionen bei älteren Menschen ohne (Singh 2001; Timonen 2002), aber auch mit Demenz (Teri 2003), führten Follow-Up Untersuchungen durch. In allen Untersuchungen blieben signifikante Effekte auch nach Abschluss der Intervention erhalten. Singh (2001) zeigt eine signifikante Verbesserung durch ein intensives Krafttraining nach 26 Monaten, Teri (2003) weist nachhaltige Effekte durch ein kombiniertes Ausdauer-, Kraft-, Gleichgewichts- und Flexibilitätstraining bei Menschen mit Demenz nach 24 Monaten nach und Timonen (2002) belegt längerfristige Effekte durch ein kombiniertes Kraft- und Funktionstraining nach drei, aber nicht mehr nach neun Monaten.

#### GIBT ES EIN RISIKO BEI EINEM KÖRPERLICHEN TRAINING MIT ÄLTEREN MENSCHEN?

Ein körperliches Training zur Reduktion der Sturzangst oder Depression ist für ältere oder kognitiv eingeschränkte Personen generell mit keinem oder nur einem sehr geringen Risiko verbunden.

Einige der aufgeführten wissenschaftlichen Arbeiten machen sehr allgemeine Angaben zu Risiken bzw. Nebenwirkungen, die in oder nach einem körperlichen Training auftreten können (Blumenthal 1999; Singh 2001, 2005; Teri 2003). Die Arbeiten von Singh (2001; 2005) unterscheiden im Vergleich zu den anderen Studien konkret zwischen Krankenhausaufenthalten, Arztbesuchen, Krankheitsfällen, Muskelkater, Schmerzen und Verletzungen während des Trainings, Stürzen und Todesfällen. Dem in den Arbeiten erläuterten positiven Einfluss eines körperlichen Trainings auf Depressionen stehen keine schwerwiegenden Nebenwirkungen gegenüber, d.h. die aufgeführten Risiken traten nicht auf oder wurden nicht vom Training hervorgerufen.



## KÖRPERLICHES TRAINING REDUZIERT STURZANGST

# ZUSAMMENFASSUNG UND EMPFEHLUNGEN

Im folgenden Abschnitt werden die wichtigsten Punkte zum Thema Depressionen und Sturzangst im Alter und bei Demenz zusammengefasst. Anschließend werden Empfehlungen und Hinweise für die Durchführung eines körperlichen Trainings zur Reduktion dieser psychischen Auffälligkeiten gegeben.

### FAZIT:

#### DIE WICHTIGSTEN ASPEKTE ZUSAMMENGEFASST

Ältere Menschen können in vielerlei Hinsicht von körperlichem Training profitieren. Ein körperliches Training führt zu unspezifischen Effekten, d. h. es gehen mehrere positive Veränderungen mit einem Training einher. Regelmäßige Bewegung im Alter kann demnach positive Auswirkungen

auf körperliche Funktionen, wie Kraft und Gleichgewicht, auf die geistige Leistungsfähigkeit und auf die Psyche haben. Vor allem Depressionen und Sturzangst im Alter können durch ein körperliches Training reduziert werden. Wichtige Aspekte, wie Definitionen, Entstehungsfaktoren sowie Folgen der Sturzangst und von Depressionen, sind in Tabelle 6 kurz zusammengefasst.

Im Gegensatz zu Studien mit älteren Menschen ohne kognitive Einschränkung existieren nur wenige qualitativ hochwertige Untersuchungen zu der Wirksamkeit körperlicher Trainingsprogramme für Menschen mit Demenz. Die wichtigsten Ergebnisse der Arbeiten sind ebenfalls in Tabelle 6 dargestellt.

Was Sie über Sturzangst wissen sollten	Was Sie über Depressionen wissen sollten
<p>Sturzangst wird ganz unterschiedlich definiert. Häufig gilt Sturzangst als Angst davor, hinzufallen (emotionaler Zustand) oder weiter gefasst, als geringe sturzassoziierte Selbstwirksamkeit (kognitives Konzept).</p> <p>Sturzangst kann situationsbezogen sein und als posttraumatische Reaktion nach einem schweren Sturz auftreten (<i>Post-Fall-Syndrom</i>). Sturzangst kann aber auch unabhängig von Sturzereignissen entstehen. Ursachen sind hier psychologische Faktoren, z.B. Depressionen oder Persönlichkeitsmerkmale wie Neurotizismus.</p>	<p>Depressionen zählen zu den affektiven Störungen (Erkrankungen, die unsere Gefühle beeinflussen). Depressionen sind durch eine Veränderung der Stimmungslage, Verlust der Freude, emotionale Leere und Interessenverlust charakterisiert. Es können zusätzlich körperlich-vegetative (z.B. Unruhe, Schlafstörungen) sowie kognitive Symptome (z.B. Konzentrationsverlust) auftreten. Im Alter zeigen sich Depressionen nicht anders, als in jüngeren Jahren. Allerdings ist häufig eine Diagnosestellung erschwert, da zusammen mit den depressiven Symptomen häufig auch körperliche Symptome auftreten und diese das klinische Bild bestimmen können.</p>
<p>Neben Risikofaktoren wie Alter, weibliches Geschlecht oder Mobilitätseinschränkungen, erhöhen bei älteren Menschen vor allem vorausgegangene Stürze das Risiko, Sturzangst zu entwickeln. Menschen mit Demenz weisen aufgrund einer falschen Einschätzung der eigenen Sturzgefährdung ein geringeres Level an Sturzangst auf.</p>	<p>Lebenskrisen und chronische Erkrankungen und Demenzen können das Risiko für Depressionen erhöhen. Frauen leiden häufiger an Depressionen als Männer.</p>
<p>Sturzangst kann die Lebensqualität einer Person aufgrund der zunehmenden Aktivitätsvermeidung und dem damit einhergehenden Verlust motorisch-funktioneller Leistungen erheblich beeinträchtigen. Die Folge können Pflegebedürftigkeit und Abhängigkeit sein.</p>	<p>Depressionen im Alter und bei Demenz haben negative Auswirkungen auf die Lebensqualität, was sich u. a. in einem erhöhten Morbiditäts- und Mortalitätsrisiko sowie in sozialer Isolation und Verlust motorisch-funktioneller Leistungen aufgrund der zunehmend eingeschränkten Aktivitäten widerspiegelt.</p>
<p>Es ist zu erwarten, dass körperliche Aktivität Sturzangst reduzieren kann, da sich durch die mit der körperlichen Aktivität einhergehende verbesserte motorische Leistung das Sturzrisiko verringert. Ein denkbares Bindeglied zwischen verbesserter motorischer Leistung und verringerter Sturzangst ist eine gesteigerte Selbstwirksamkeit.</p>	<p>Körperliche Aktivität kann in jedem Lebensalter depressive Symptome reduzieren und sogar vorbeugend wirken. Die zugrunde liegenden Mechanismen sind multifaktoriell (neurobiologisch = Veränderung von Neurotransmission, hormonell = Reduktion von Stresshormonen und psychologisch = Steigerung des Selbstwertes.)</p>
<p>Studien konnten belegen, dass vor allem kombinierte und multifaktorielle Trainingsprogramme Sturzangst im Alter reduzieren können.</p>	<p>Neben pharmakologischen sowie psychotherapeutischen Behandlungsansätzen ist ein körperliches Training von Bedeutung. Es konnte nachgewiesen werden, dass bei älteren Menschen vor allem ein intensives Kraft- sowie Ausdauertraining wirkt.</p>
<p>Trainingsprogramme bei Menschen mit Demenz sind bislang nicht untersucht.</p>	<p>Bei Menschen mit Demenz sind eher multifaktorielle Trainingsprogramme effektiv, die Angehörige oder betreuende Personen mit einschließen. Allerdings fehlen vergleichende Studien, welche die Wirksamkeit eines körperlichen Trainingsprogramms bei Menschen mit Demenz belegen können.</p>

Tab. 6: Zusammenfassung

## EMPFEHLUNGEN: VON DER THEORIE ZUR PRAXIS

Zwar können auf der Basis der Ergebnisse von Teri (2003) und basierend auf den Ergebnissen der Studien mit älteren Teilnehmern ohne kognitive Einschränkung allgemeine Empfehlungen für ein körperliches Training bei Demenz gegeben werden (► Tab. 7), konkrete Richtlinien für ein Training bei Demenz zur Reduktion von Sturzangst und Depressionen existieren aber

<p><b>Welches Training kann bei Menschen mit Demenz empfohlen werden, um Depressionen zu verringern?</b></p> <p>Für Menschen mit Demenz sind multifaktorielle Trainingsprogramme unter Einbezug nahestehender Personen/Betreuer oder Pflegepersonal wissenschaftlich belegt. Empfehlenswert wäre eine Kombination aus Krafttraining (z.B. Gerätetraining), Ausdauer (z.B. strammes Gehen) und Funktionstraining (z.B. Alltagsleistungen, Gleichgewichtsübungen) unter Supervision.</p> <p>Je häufiger, regelmäßiger und intensiver das Training ist, desto größer sind die Effekte! Gerade für ein Krafttraining empfiehlt sich mit 80% der Maximalkraft zu trainieren. Empfehlenswert sind mindestens zwei Durchgänge mit jeweils 10-15 Wiederholungen pro Übung. Der Schweregrad des Trainings sollte zunehmen (progressives Training). Ein von geschulten Trainern geführtes Training kann aufgrund des psycho-sozialen Einflusses bei Menschen mit Demenz zu größeren Trainingseffekten führen.</p>
<p><b>Welches Training kann bei Menschen mit Demenz empfohlen werden, um Sturzangst zu verringern?</b></p> <p>Zwar gibt es noch keine wissenschaftlichen Belege zur Wirksamkeit eines körperlichen Trainings gegen Sturzangst bei Menschen mit Demenz. Dennoch weisen die Studien mit älteren Menschen ohne kognitive Einschränkung darauf hin, dass eine Kombination aus unterschiedlichen Trainingsformen und verhaltenstherapeutischen Aspekten bei Sturzangst positive Effekte erzielen könnte. Ergebnisse aus Studien mit nicht demenziell erkrankten Menschen zeigen, dass je häufiger und intensiver das Training ist, desto größer sind die Trainingseffekte auf Sturzangst.</p>
<p><b>Kann bei einem körperlichen Training etwas passieren? Gibt es Nebenwirkungen?</b></p> <p>Ein körperliches Training zur Reduktion der Sturzangst oder Depression ist für ältere oder kognitiv eingeschränkte Personen mit keinen schwerwiegenden Nebenwirkungen verbunden. Trainiert man intensiv, können gelegentlich Muskelkater oder vorübergehende Schmerzen (z.B. in den Gelenken) auftreten. Allgemeine Kontraindikationen zum körperlichen Training gelten natürlich auch hier: schwere Herzerkrankungen, ein entgleister Diabetes mellitus oder instabile Frakturen.</p>
<p><b>Ist ein körperliches Training im Alter und bei Demenz nachhaltig?</b></p> <p>Ein zeitlich begrenztes körperliches Training bei älteren Menschen und bei Menschen mit Demenz kann langfristige Effekte haben. Es empfiehlt sich aber generell, ein körperliches Training nicht nur für einen bestimmten Zeitraum, sondern längerfristig und regelmäßig durchzuführen.</p>
<p><b>Welche äußeren Faktoren könnten die Wirksamkeit des Trainings bei Demenz beeinflussen?</b></p> <p><b>Einfluss der Umgebung:</b> Bei Menschen mit Demenz ist eine vertraute Umgebung sehr wichtig. Ein Training im häuslichen Umfeld ist möglich (Heimtraining). In Pflegeheimen oder in Sportgruppen, die den Vorteil der Supervision haben, sollte das Setting immer gleich sein (Versammlungs-/Trainingsraum).</p> <p><b>Einfluss der Kompetenz des Trainers:</b> Die wichtigste Voraussetzung für einen Trainer wäre, sich hinsichtlich der Erkrankungen (z.B. Depression/Demenz) und bezüglich des Trainings (z.B. Grundlagen der Trainingslehre) auszubilden bzw. zu informieren. Vor allem demenzspezifische Kommunikationsstrategien und Umgangsformen sind eine wichtige Voraussetzung.</p>

Tab. 7: Mögliche Empfehlungen für ein körperliches Training bei Demenz

aufgrund mangelnder wissenschaftlicher Belege bislang nicht.

## ETABLIERTE FRAGEBÖGEN FÜR DEN SELBSTTEST: DER FESI UND DER GDS

Im Folgenden sind zwei Verfahren dargestellt, die häufig in Kliniken, aber auch in der Wissenschaft, zur Erfassung von Sturzangst und Depressionen im Alter und bei Demenz angewendet werden. Es handelt sich hierbei um Screeningstests, die nur einen ersten Hinweis auf Sturzangst und Depressionen geben. Sie erlauben aber keine Diagnose, insbesondere für die Depression als ICD-10 definierte Erkrankung. Auffällige Ergebnisse sollten fachärztlich abgeklärt werden.

### DER FESI:

#### WIE KÖNNEN SIE STURZANGST IM ALTER ERKENNEN?

In nachfolgender Abbildung (► Abb. 10) ist der FESI-Screeningtest (Falls Efficacy Scale-International, 7-Item-Kurzversion) mit einem Beispiel dargestellt. Der Test erfasst

die sturzassoziierte Selbstwirksamkeit, also einen spezifischen Aspekt in Bezug auf die Sturzangst. Er ist auch für Personen mit beginnender bis mittelschwerer kognitiver Schädigung als Interview geeignet (Hauer 2010).

**Testanleitung:** Wir würden Ihnen gerne einige Fragen darüber stellen, welche Bedenken Sie haben, hinzufallen, wenn Sie bestimmte Aktivitäten ausführen. Bitte denken Sie noch einmal darüber nach, wie Sie diese Aktivität normalerweise ausführen. Wenn Sie die Aktivität nicht ausführen, geben Sie bitte (trotzdem) eine Antwort, um anzuzeigen, ob Sie Bedenken hätten, zu stürzen, wenn Sie die Aktivität ausführen würden. Markieren Sie bitte diejenige Angabe, die am ehesten Ihrem eigenen Empfinden entspricht, um anzuzeigen, welche Bedenken Sie haben, zu stürzen, wenn Sie diese Aktivität ausüben.

		keinerlei Bedenken 1	einige Bedenken 2	ziemliche Bedenken 3	sehr große Bedenken 4
1	Sich an- oder ausziehen	×			
2	Ein Bad nehmen oder duschen				×
3	Von einem Stuhl aufstehen oder sich hinsetzen			×	
4	Eine Treppe hinauf oder hinunter gehen		×		
5	Etwas erreichen, was sich oberhalb des Kopfes oder auf dem Boden befindet	×			
6	Eine Steigung hinauf- oder hinunter gehen		×		
7	Eine Veranstaltung besuchen (z.B. ein Familientreffen, eine Vereinsversammlung oder einen Gottesdienst)	×			

Abb. 10: FESI deutsche Version

Ein Gesamtwert kann ermittelt werden, indem die Punktwerte für jede Ausprägung (1 = keinerlei Bedenken bis 4 = sehr große Bedenken) aufsummiert werden. Es können maximal 28 Punkte erreicht werden, was sehr großen Bedenken zu stürzen entspricht. Für die Kurzversion definiert Delbaere (2010) folgende Cut-off-Werte für zwei unterschiedliche Klassifikationsmodelle, die zwischen zwei bzw. drei Gruppen unterscheiden (Delbaere 2010):

**MODELL 1: (2 GRUPPEN)**

7–10 Punkte = geringe Bedenken zu stürzen  
11–28 Punkte = große Bedenken zu stürzen

**MODELL 2 (3 GRUPPEN):**

7–8 Punkte = geringe Bedenken zu stürzen  
9–13 Punkte = moderate Bedenken zu stürzen  
14–28 Punkte = große Bedenken zu stürzen

Im Beispiel (▶ Abb. 10) erreicht die Person insgesamt 14 Punkte. Dies entspricht großen Bedenken zu stürzen (und einer geringen sturzassoziierten Selbstwirksamkeit).

**DER GDS: WIE KANN MAN DEPRESSIONEN IM ALTER UND BEI DEMENZ ERKENNEN?**

Die Geriatrische Depressionsskala (GDS) wurde speziell für ältere Menschen entwickelt und validiert (Yesavage 1983). In Abbildung 11 ist die Kurzversion (15 Items) dargestellt. Die 15-Item-Kurzversion des GDS eignet sich auch für die Anwendung bei Menschen mit beginnender bis moderater demenzieller Erkrankung (Lach 2010; Lucas-Carrasco 2012).

Im Beispiel in Abbildung 11 erreichte die Testperson insgesamt 7 Punkte (gezählt werden die Kreuze in den grauen Kästchen; die restlichen Kreuze werden nicht gezählt). Ein Testergebnis von 7 Punkten liefert einen Hinweis auf eine leichte bis mäßige Depression und sollte ärztlich abgeklärt werden.

1. Sind Sie grundsätzlich mit Ihrem Leben zufrieden?	JA <input type="checkbox"/>	NEIN <input checked="" type="checkbox"/>
2. Haben Sie viele von Ihren Aktivitäten und Interessen aufgegeben?	JA <input checked="" type="checkbox"/>	NEIN <input checked="" type="checkbox"/>
3. Haben Sie das Gefühl, Ihr Leben sei leer?	JA <input checked="" type="checkbox"/>	NEIN <input type="checkbox"/>
4. Ist Ihnen oft langweilig?	JA <input checked="" type="checkbox"/>	NEIN <input checked="" type="checkbox"/>
5. Sind Sie meistens guter Laune?	JA <input type="checkbox"/>	NEIN <input checked="" type="checkbox"/>
6. Befürchten Sie, dass Ihnen etwas Schlechtes zustoßen könnte?	JA <input checked="" type="checkbox"/>	NEIN <input checked="" type="checkbox"/>
7. Sind Sie meistens zufrieden?	JA <input checked="" type="checkbox"/>	NEIN <input checked="" type="checkbox"/>
8. Fühlen Sie sich oft hilflos?	JA <input checked="" type="checkbox"/>	NEIN <input type="checkbox"/>
9. Sind Sie lieber zu Hause, statt auszugehen und etwas zu unternehmen?	JA <input checked="" type="checkbox"/>	NEIN <input type="checkbox"/>
10. Glauben Sie, dass Sie mit dem Gedächtnis mehr Probleme haben, als andere Leute?	JA <input checked="" type="checkbox"/>	NEIN <input checked="" type="checkbox"/>
11. Finden Sie, es sei wunderbar, jetzt zu leben?	JA <input type="checkbox"/>	NEIN <input checked="" type="checkbox"/>
12. Fühlen Sie sich wertlos?	JA <input checked="" type="checkbox"/>	NEIN <input checked="" type="checkbox"/>
13. Fühlen Sie sich energiegeladener?	JA <input checked="" type="checkbox"/>	NEIN <input checked="" type="checkbox"/>
14. Finden Sie, Ihre Lage sei hoffnungslos?	JA <input checked="" type="checkbox"/>	NEIN <input type="checkbox"/>
15. Glauben Sie, dass es den meisten anderen Leuten besser geht als Ihnen?	JA <input checked="" type="checkbox"/>	NEIN <input checked="" type="checkbox"/>
<b>Zu erreichende Punkte insgesamt:</b>	<b>15</b>	
0–5 Punkte	kein Hinweis auf Depression	
5–10 Punkte	Hinweis auf leichte bis mäßige Depression	
11–15 Punkte	Hinweis auf schwere Depression	

Abb. 11: Beispiel für den Screeningtest Geriatrische Depressionsskala (GDS)



## LITERATUR

**Abu-Omar K, Rütten A, Lehtinen V (2004).** Mental health and physical activity in the European Union. *Soz Präventivmed* 49, 301–309.

**American College of Sports Medicine. Lippincott, Williams, Wilkins (2005).** Guideline for Exercise Testing and Prescription. Philadelphia.

**Alexopoulos GS, Abrams RC, Young RC et al. (1988).** Cornell scale for depression in dementia. *Biological Psychiatry*, 23, 271–284.

**Arfken CL, Lach HW, Birge SJ et al. (1994).** The prevalence and correlates of fear of falling in elderly persons living in the community. *Am J Public Health*, 84, 565–570.

**Bandura A (1994).** Self efficacy. In: Ramachandran V.S. (Hrsg.): *Encyclopedia of Human Behavior*. Academic Press. (71–81). New York, 4.

**Barnett A, Smith B, Lord SR et al. (2003).** Community-based group exercise improves balance and reduces falls in at-risk older people: A randomised controlled trial. *Age Ageing*, 32, 407–414.

**Beck AT, Ward CH, Mendelson M et al. (1961).** An inventory for measuring depression. *Arch Gen Psychiatry*, 4, 561–571.

**Beck AT, Steer RA, Garbin MG (1988).** Psychometric properties of the Beck Depression Inventory: twenty-five years of evaluation. *Clin Psychol Rev*, 8, 77–100.

**Benzinger P, Rixt Zijlstra GA, Lindemann U et al. (2011).** Depressive symptoms and fear of falling in previously community-dwelling older persons recovering from proximal femoral fracture. *Aging Clin Exp Res*, 23(5–6), 450–456.

**Blumenthal JA, Babyak MA, Moore KA (1999).** Effects of exercise training on older patients with major depression. *Arch Intern Med*, 159, 2349–2356.

**Blumenthal JA, Emery CF, Madden DJ et al. (1989).** Cardiovascular and behavioral effects of aerobic exercise training in healthy older men and women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 44, 147–157.

**Brenes GA, Williamson JD, Messier SP et al. (2007).** Treatment of minor depression in older adults: a pilot study comparing sertraline and exercise. *Aging Ment Health*, 11(1), 61–68.

**Brouwer BJ, Walker C, Rydahl SJ, Culham EG (2003)** Reducing fear of falling in seniors

through education and activity programs: A randomized trial. *J Am Geriatr Soc*, 51, 829–834.

**Buchner D & Larson E (1987).** Falls and fractures in patients with Alzheimer-type dementia. *JAMA*, 257, 1492–1495.

**Campbell AJ, Robertson MC, Gardner MM et al. (1997).** Randomised controlled trial of a general practice programme of home based exercise to prevent falls in elderly woman. *BMJ*, 315, 1065–1069.

**Cheng ST, Chow PK, Yu EC et al. (2012).** Leisure activities alleviate depressive symptoms in nursing home residents with very mild or mild dementia. *Am J Geriatr Psychiatry*, 20(10), 904–908.

**Chou K-L, Lee PWH, Yu ECS et al. (2004)** Effect of tai chi on depressive symptoms amongst Chinese older patients with depressive disorder: a randomized clinical trial. *Int J Ger Psychiatry*, 19, 1105–1107.

**Clemson L, Cumming RG, Kendig H et al. (2004).** The effectiveness of a community-based program for reducing the incidence of falls in the elderly: A randomized trial. *J Am Geriatr Soc*, 52, 1487–1494.

**Cumming RG, Salkeld G, Thomas M et al. (2000).** Prospective study of the impact of fear of falling on activities of daily living, SF-36 scores, and nursing home admission. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 55, 299–305.

**Delbaere K, Crombez G, Vanderstraeten G et al. (2004).** Fear-related avoidance of activities, falls and physical frailty. A prospective community-based cohort study. *Age Ageing*, 33(4), 368–373.

**Delbaere K., Smith ST, Lord SR (2011).** Development and initial validation of Iconographical Falls Efficacy Scale. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 66, 674–680.

**Delbaere K, Close JC, Mikolaizak AS et al. (2010).** The Falls Efficacy Scale International (FES-I). A comprehensive longitudinal validation study. *Age Ageing*, 39(2), 210–216.

**Denkinger M, Nikolaus T, Denkinger C, Lukas A. (2012).** Physical activity for the prevention of cognitive decline. *Z Gerontol Geriat*, 45, 11–16.

**Deshpande N., Metter E.J, Lauretani F et al. (2008).** Activity restriction induced by fear of falling and objective and subjective measures of physical function: a prospective cohort study. *J Am Geriatr Soc*, 56(4), 615–620.

**Dias N, Kempen GI, Todd CJ et al. (2006).** Die Deutsche Version der Falls Efficacy Scale – International Version (FES-I). *Z Gerontol Geriatr*, 39, 1–4.

**Duclos M, Gouarne C, Bonnemaïson D (2003).** Acute and chronic effects of exercise on tissue sensitivity to glucocorticoids. *J Appl Physiol*, 94, 86.

**Ebert D & Thomas L (2008).** *Psychiatrie systematisch*. Bremen: UNI.MED (Klinische Lehrbuchreihe).

**Eggermont L & Scherder E (2006).** Physical activity and behaviour in dementia. A review of the literature and implications for psychosocial intervention in primary care. *Dementia*, 5, 411–428.

**Fiatarone MA, O’Neil EF, Ryan ND et al. (1994).** Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N Engl J Med*, 330, 1769–1775.

**Fletcher PC, Hirdes JP (2004).** Restriction in activity associated with fear of falling among community-based seniors using home care services. *Age Ageing*, 33, 273–279.

**Friedman SM, Munoz B, West SK et al. (2002).** Falls and fear of falling: which comes first? A longitudinal prediction model suggests strategies for primary and secondary prevention. *J Am Geriatr Soc*, 50, 1329–1335.

**Gillespie LD, Gillespie WJ, Robertson MC et al. (2003).** Interventions for preventing falls in elderly people. *Cochrane Database Syst Rev* 4:CD000340.

**Gregg EW, Pereira MA, Caspersen CJ (2000).** Physical activity, falls, and fractures among older adults: a review of the epidemiologic evidence. *J Am Geriatr Soc*, 48, 883–893.

**Gunzelmann T & Oswald WD (2005).** *Gerontologische Diagnostik und Assessment*. Stuttgart: Kohlhammer GmbH.

**Halvarsson A, Olsson E, Farén E et al. (2011).** Effects of new, individually adjusted, progressive balance group training for elderly people with fear of falling and tend to fall: a randomized controlled trial. *Clin Reha*, 25, 1021–1103.

**Hamilton M (1960).** A rating scale for depression. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 23, 56–62.

**Hampel H & Pantel J (2011).** Demenz. Möller HJ et al. (Hrsg.) *Psychiatrie, Psychosomatik, Psychotherapie* (S. 32–96). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

**Hauer K, Rost B, Rutschle K et al. (2001).** Exercise training for rehabilitation and secondary prevention of falls in geriatric patients with a history of injurious falls. *J Am Geriatr Soc*, 49, 10–20.

**Hauer K, Yardley L, Beyer N et al. (2010).** Validation of the Falls Efficacy Scale and Falls Efficacy Scale International in geriatric patients with and without cognitive impairment: results of self-report and interview-based questionnaires. *Gerontology*, 56(2), 190–199.

**Hauer K, Kempen GI, Schwenk M et al. (2011).** Validity and sensitivity to change of the falls efficacy scales international to assess fear of falling in older adults with and without cognitive impairment. *Gerontology*, 57(5), 462–472.

**Hautzinger M (1991).** Das Beck-Depressionsinventar (BDI) in der Klinik. *Nervenarzt*, 62, 689–696.

**Hautzinger M & Bailer M (1993).** *Allgemeine Depressionsskala (ADS)*. Göttingen: Beltz Test Gesellschaft.

**Heesch KC, Burton NW, Brown WJ (2011).** Concurrent and prospective associations between physical activity, walking and mental health in older women. *J Epidemiol Community Health*, 65(9), 807–813.

**Herrmann M, Bartels C, Keller A et al. (1995).** Die Cornell-Depressionsskala: Ein Verfahren zur Fremdbeurteilung depressiver Veränderungen bei Patienten mit hirnrorganischen Läsionen? – Psychometrische Gütekriterien. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 2, 83–100.

**Howland J, Lachman ME, Peterson EW et al. (1998).** Covariates of fear of falling and associated activity curtailment. *Gerontologist*, 38, 549–555.

**Huang TT, Yang LH, Liu CY (2011).** Reducing the fear of falling among community-dwelling elderly adults through cognitive-behavioural strategies and intense Tai Chi exercise: a randomized controlled trial. *J Adv Nurs*, 67(5), 961–971.

**Jørstad EC, Hauer K, Becker C et al. (2005).** ProFaNE Group. Measuring the psychological outcomes of falling: a systematic review. *Age Ageing*, 34(3), 501–510.

**Kempen GI, Yardley L, van Haastregt JC et al. (2008).** The Short FES-I: a shortened version of the falls efficacy scale-international to assess fear of falling. *Age Ageing*, 37, 45–50.

**Kuzma E, Pantel J, Schröder J (2012).** Prävention psychischer Krankheiten im Alter. In Wahl, Tesch-Römer, Ziegelmann (Hrsg.), *Angewandte Gerontologie – Interventionen für ein gutes Altern in 100 Schlüsselbegriffen* (S. 188–193). Stuttgart: W. Kohlhammer GmbH.



**Lach HW (2005).** Incidence and risk factors for developing fear of falling in older adults. *Public Health Nurs*, 22, 45–52.

**Lach HW, Chang YP, Edwards D (2010).** Can older adults with dementia accurately report depression using brief forms? Reliability and validity of the Geriatric Depression Scale. *J Gerontol Nurs*, 36(5), 30–37.

**Lachman ME, Howland J, Tennstedt S et al. (1998).** Fear of falling and activity restriction: the survey of activities and fear of falling in the elderly (SAFE). *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci.*, 53(1), 43–50.

**Lampinen P, Heikkinen RL, Ruoppila I (2000).** Changes in intensity of physical exercise as predictors of depressive symptoms among older adults: an eight-year follow-up. *Prev Med*, 30, 371–380.

**Laux G & Dietmaier O (2009).** *Psychopharmaka: Ratgeber für Betroffene und Angehörige.* Springer Berlin Heidelberg, 101–119.

**Laux G (2011).** *Depressive Störungen.* Möller HJ et al. (Hrsg.) *Psychiatrie, Psychosomatik, Psychotherapie (S.372–443).* Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011.

**Lawrence RH, Tennstedt SL, Kasten LE et al. (1998)** Intensity and correlates of fear of falling and hurting oneself in the next year: Baseline findings from a Roybal Center Fear of Falling Intervention. *J Aging Health*, 10, 267–286.

**Legters K (2002).** Fear of falling. *Phys Ther*, 82, 264–272.

**Li F, Fisher KJ, Harmer P et al. (2005a).** Falls self-efficacy as a mediator of fear of falling in an exercise intervention for older adults. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, 60B, 34–40.

**Lin MR, Hwang HF, Wang YW et al. (2006).** Community-based tai chi and its effect on injurious falls, balance, gait, and fear of falling in older people. *Phys Ther*, 86, 1189–1201.

**Lin MR, Wolf SL, Hwang HF et al. (2007).** A randomized, controlled trial of fall prevention programs and quality of life in older fallers. *J Am Geriatr Soc* 55, 499–506.

**Linden M, Kurtz G, Baltes MM et al. (1998).** Depression bei Hochbetagten - Ergebnisse der Berliner Altersstudie. *Nervenarzt*, 69, 27–37.

**Lord S, Sherrington C, Menz H (2001).** *Falls in older people.* Cambridge, Cambridge University, Press.

**Lucas-Carrasco R (2012).** Spanish version of the Geriatric Depression Scale: reliability and validity in persons with mild-moderate dementia. *Int Psychogeriatr.*, 24(8), 1284–1290.

**Lusardi MM & Smith EV Jr. (1997).** Development of a scale to assess concern about falling and applications to treatment programs. *J Outcome Meas*, 1, 34–55.

**MacRae PG, Asplund LA, Schnelle JF et al. (1996).** A walking program for nursing home residents: Effects on walk endurance, physical activity, mobility, and quality of life. *J Am Geriatr Soc*, 44, 175–180.

**Maki BE, Holliday PJ, Topper AK (1991).** Fear of falling and postural performance in the elderly. *J Gerontol.*, 46(4), 123-131.

**Mann R, Birks Y, Hall J, et al. (2006).** Exploring the relationship between fear of falling and neuroticism: a cross-sectional study in community-dwelling women over 70. *Age Ageing*, 35(2),143-147.

**McAuley E, Courneya KS, Lettunich J (1991).** Effects of acute and long-term exercise on self-efficacy responses in sedentary, middle-aged males and females. *Gerontologist*, 31, 534–542.

**Motl RW, Birnbaum AS, Kubik MY et al. (2004).** Naturally occurring changes in physical activity are inversely related to depressive symptoms during early adolescence. *Psychosom Med*, 66, 336–342.

**Mulrow CD, Gerety MB, Kanten D et al. (1994)** A randomized trial of physical rehabilitation for very frail nursing-home residents. *JAMA* 271, 519–524.

**Murphy J & Isaacs B (1982).** The post-fall syndrome. A study of 36 elderly patients. *Gerontology*, 28(4), 265–270.

**Myers AM, Powell LE, Maki BE, et al. (1996).** Psychological indicators of balance confidence: relationship to actual and perceived abilities. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 51, 37–43.

**Netz Y, Wu MJ, Becker BJ, Tenenbaum G (2005).** Physical activity and psychological well-being in advanced age: a meta-analysis of intervention studies. *Psychol Aging*, 20, 272–284.

**Oh-Park M, Xue X, Holtzer R et al. (2011).** Transient versus persistent fear of falling in community-dwelling older adults: incidence and risk factors. *J Am Geriatr Soc*, 59(7), 1225–1231.

**Paffenbarger RS, Lee IM, Leung R (1994).** Physical activity and personal characteristics associated with depression and suicide in American college men. *Acta Psychiatr Scand*, 377, 16–22.

**Painter JA, Allison L, Dhingra P et al. (2012).** Fear of falling and its relationship with anxiety, depression, and activity engagement among community-dwelling older adults. *Am J Occup Ther*, 66(2), 169–176.

**Patten SB, Williams JV, Lavorato D et al. (2011).** Mortality associated with major depression in a canadian community cohort. *Can J Psychiatry*, 56, 658–666.

**Penninx BWJH, Rejeski WJ, Pandya J et al. (2002).** Exercise and depressive symptoms: a comparison of aerobic and resistance exercise effects on emotional and physical function in older persons with high and low depressive symptomatology. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, 57B, 124–132.

**Powell LE & Myers AM (1995).** The Activities-specific Balance Confidence (ABC) Scale. *J Gerontol Biol Sci Med Sci*, 50A, 28–34.

**Reinsch S, MacRae P, Lachenbruch PA et al. (1992).** Attempts to prevent falls and injury: A prospective community study. *Gerontologist*, 32, 450–456.

**Robertson MC, Devlin N, Gardner MM et al. (2001).** Effectiveness and economic evaluation of a nurse delivered home exercise programme to prevent falls. 1: Randomised controlled trial. *BMJ*, 322, 697–701.

**Rosqvist E, Heikkinen E, Lyyra TM et al. (2009).** Factors affecting the increased risk of physical inactivity among older people with depressive symptoms. *Scand J Med Sci Sports*, 19(3), 398–405.

**Rugulies R (2002).** Depression as a predictor for coronary heart disease. A review and meta-analysis. *Am J Prev Med*, 23, 51–61.

**Ruuskanen JM & Ruoppila I (1995).** Physical activity and psychological well-being among people aged 65 to 84 years. *Age and Ageing*, 24, 292–296.

**Scheffer AC, Schuurmans MJ, van Dijk N et al. (2008).** Fear of falling: measurement strategy, prevalence, risk factors and consequences among older persons. *Age Ageing*, 37, 19–24.

**Singh NA, Clements KM, Fiatarone M (1997).** A randomized controlled trial of progressive resistance training in depressed elders. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 52, 27–35.

**Singh NA, Clements KM, Fiatarone M et al. (2001).** The efficacy of exercise as a long-term antidepressant in elderly subjects: a randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Med Sci*, 56, 497–504.

**Singh NA, Stavrinou TM, Scarbek Y et al. (2005).** A Randomized Controlled Trial of High Versus Low Intensity Weight Training Versus General Practitioner Care for Clinical Depression in Older Adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 60, 768–776.

**Sjösten N, Vaapio S, Kivelä SL (2008).** The effects of fall prevention trials on depressive symptoms and fear of falling among the aged: A systematic review. *Aging Mental Health*, 12, 30–46.

**Smith TL, Masaki KH, Fong K et al. (2010).** Effect of walking distance on 8-year incident depressive symptoms in elderly men with and without chronic disease: the Honolulu-Asia Aging Study. *J Am Geriatr Soc*, 58(8), 1447–1452.

**Spence JC, McGannon KR, Poon P (2005).** The effect of exercise on global self-esteem: a quantitative review. *J Sport Exerc Psychol*, 27, 311–334.

**Strawbridge WJ, Deleger S, Roberts RE et al. (2002).** Physical Activity Reduces the Risk of Subsequent Depression for Older Adults. *Am J Epidemiol*, 156, 328–334.

**Ströhle A (2009).** Physical Activity, exercise, depression and anxiety disorders. *J Neural Transm*, 116, 777–784.

**Taylor AH & Fox KR (2005).** Effectiveness of a primary care exercise referral intervention for changing physical self-perceptions over 9 months. *Health Psychol*, 24, 11–21.

**Tennstedt S, Howland J, Lachmann M et al. (1998).** A randomized, controlled trial of a group intervention to reduce fear of falling and associated activity restriction in older adults. *J Gerontol B Psychol Sci*, 53, 384–392.

**Teri L, Gibbons LE, McCurry SM et al. (2003).** Exercise plus behavioral management in patients with Alzheimer disease – a randomized controlled trial. *JAMA*, 290, 2015–2022.

**Timonen L, Rantanen T, Timonen TE et al. (2002).** Effects of group-based exercise program on the mood state of frail older women after discharge from hospital. *Int J Geriatr Psychiatry*, 17, 1106–1111.

**Tinetti ME, Baker DI, McAvay G et al. (1994).** A multifactorial intervention to reduce the risk of falling among elderly people living in the community. *N Engl J Med*, 331, 821–827.

**Tinetti ME & Powell I (1993).** Fear of falling and low self-efficacy: a case of dependence in elderly persons. *J Gerontol*, 48, 35–38.

**Tinetti ME, Mendes de Leon CF, Doucette JT et al. (1994).** Fear of falling and fall-related efficacy in relationship to functioning among community-living elders. *J Gerontol*, 49(3), 140–147.

**Tinetti ME, Richman D, Powell L (1990).** Falls efficacy as a measure of fear of falling. *J Gerontol: Psychol Sci*, 45, 239–243.

**Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF (1988).** Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med*, 319, 1701–1707.

**Tsang HW, Fung KM, Chan AS et al (2006).** Effect of a qigong exercise programme on elderly with depression. *Int J Geriatr Psychiatry*, 21(9), 890–897.

**Uemura K, Shimada H, Makizako H et al. (2012).** A lower prevalence of self-reported fear of falling is associated with memory decline among older adults. *Gerontology*, 58(5), 413–418.

**Van de Winckel A, Feys H, De Weerd W et al. (2004).** Cognitive and behavioural effects of music-based exercises in patients with dementia. *Clin Rehabil*, 18, 253–260.

**Wang C, Collet JP, Lau J (2004).** The effect of tai chi on health outcomes in patients with chronic conditions. *Arch Intern Med*, 164, 493–501.

**Wenicke TF, Geiselmann B, Linden M et al. (1997).** Prävalenz von Depressionen im Alter: Die Berliner Altersstudie (BASE). In H. Radebold RD, Hirsch J, Kipp R et al. (Hrsg.), *Depressionen im Alter* (S. 81–83). Darmstadt: Steinkopff.

**Weyerer S (1992).** Physical Inactivity and Depression in the Community. Evidence from the Upper Bavarian Field Study. *Int J Sports Med*, 13, 492–496.

**Williams CL & Tappen RM (2008).** Exercise training for depressed older adults with Alzheimer's disease. *Aging Ment Health*, 12, 72–80.

**Yardley L, Beyer N, Hauer K et al. (2005).** Development and initial validation of the Falls Efficacy Scale - International (FES-I). *Age Ageing*, 34(6), 614–619.

**Yardley L & Smith H (2002).** A prospective study of the relationship between feared consequences of falling and avoidance of activity in community-living older people. *Gerontologist*, 42, 17–23.

**Yates SM & Dunnagan TA (2001).** Evaluating the effectiveness of a home-based fall risk reduction program for rural community-dwelling older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 56, 226–230.

**Yesavage JA, Brink TL, Rose TL et al. (1983).** Development and validation of a geriatric depression screening scale: a preliminary report. *J Psychiatr Res*, 17(1), 37–49.

**Zank S & Heidenblut S (2009).** Versorgung von Depressionen im Alter. Adler G, Gutzmann H, Haupt M et al. (Hrsg), *Seelische Gesundheit und Lebensqualität im Alter. Depression – Demenz – Versorgung* (S. 15–19). Schriftreihe der Deutschen Gesellschaft für Gerontopsychiatrie- und psychotherapie e.V. Kohlhammer.

**Zhang JG, Ishikawa-Takata K, Yamazaki H et al. (2006).** The effects of tai chi chuan on physiological function and fear of falling in the less robust elderly: An intervention study for preventing falls. *Arch Gerontol Geriatr*, 42, 107–116.

**Zijlstra GA, van Haastregt JC, Ambergen T et al. (2009).** Effects of a multicomponent cognitive behavioural group intervention on fear of falling and activity avoidance in community-dwelling older adults: results of a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc*, 57, 2020–2028.

**Zimmer R & Förstl H (2011).** Depression und Dissoziation: Ganser-Syndrom und andere. Förstl H (Hrsg.), *Demenzen in Theorie und Praxis* (S. 234–239). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

## IV. Schrift

---

---

JMIR Serious Games

July 2016, volume4, issue 2: e12

***Validation of a Computerized, Game-based Assessment Strategy to Measure Training Effects on Motor-Cognitive Functions in People With Dementia.***

Authors: S. Wiloth, N. Lemke, Werner C, K. Hauer

Der Originalartikel wurde unter den Bedingungen des *Creative Commons Attribution license 2.0* (<http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>) in JMIR Serious Games publiziert und kann mit Erlaubnis von JMIR Publications in dieser Dissertationsschrift wiederverwendet werden.

Der Originalartikel ist unter <http://games.jmir.org/2016/2/e12/> aufzufinden.

DOI: 10.2196/games.5696

PMID: 27432746

PMCID: 4969551

Original Paper

# Validation of a Computerized, Game-based Assessment Strategy to Measure Training Effects on Motor-Cognitive Functions in People With Dementia

Stefanie Wiloth<sup>1,2</sup>, MA; Nele Lemke<sup>1,3</sup>, MA; Christian Werner<sup>1</sup>, MA; Klaus Hauer<sup>1</sup>, PhD

<sup>1</sup>AGAPLESION Bethanien Hospital, Geriatric Centre of the University of Heidelberg, Heidelberg, Germany

<sup>2</sup>The Institute for the Study of Christian Social Service at the University of Heidelberg, Heidelberg, Germany

<sup>3</sup>Network of Aging Research (NAR), University of Heidelberg, Heidelberg, Germany

**Corresponding Author:**

Stefanie Wiloth, MA

AGAPLESION Bethanien Hospital, Geriatric Centre at the University of Heidelberg, Heidelberg, Germany

Research Department

Rohrbacher Straße 149

Heidelberg, 69126

Germany

Phone: 49 1739471446

Fax: 49 622131915

Email: [stefanie.wiloth@gmail.com](mailto:stefanie.wiloth@gmail.com)

## Abstract

**Background:** Exergames often used for training purpose can also be applied to create assessments based on quantitative data derived from the game. A number of studies relate to these use functionalities developing specific assessment tasks by using the game software and provided good data on psychometric properties. However, (1) assessments often include tasks other than the original game task used for training and therefore relate to similar but not to identical or integrated performances trained, (2) people with diagnosed dementia have insufficiently been addressed in validation studies, and (3) studies did commonly not present validation data such as sensitivity to change, although this is a paramount objective for validation to evaluate responsiveness in intervention studies.

**Objective:** Specific assessment parameters have been developed using quantitative data directly derived from the data stream during the game task of a training device (Physiomat). The aim of this study was to present data on construct validity, test–retest reliability, sensitivity to change, and feasibility of this internal assessment approach, which allows the quantification of Physiomat training effects on motor-cognitive functions in 105 multimorbid patients with mild-to-moderate dementia (mean age 82.7±5.9).

**Methods:** Physiomat assessment includes various tasks at different complexity levels demanding balance and cognitive abilities. For construct validity, motor-cognitive Physiomat assessment tasks were compared with established motor and cognitive tests using Spearman's rank correlations ( $r_s$ ). For test–retest reliability, we used intra-class correlations ( $ICC_{3,1}$ ) and focused on all Physiomat tasks. Sensitivity to change of trained Physiomat tasks was tested using Wilcoxon statistic and standardized response means (SRMs). Completion rate and time were calculated for feasibility.

**Results:** Analyses have mostly shown moderate-to-high correlations between established motor as well as cognitive tests and simple ( $r_s=-.22$  to  $.68$ ,  $P \leq .001-.03$ ), moderate ( $r_s=-.33$  to  $.71$ ,  $P \leq .001-.004$ ), and complex motor-cognitive Physiomat tasks ( $r_s=-.22$  to  $.83$ ,  $P \leq .001-.30$ ) indicating a good construct validity. Moderate-to-high correlations between test and retest assessments were found for simple, moderate, and complex motor-cognitive tasks ( $ICC=.47-.83$ ,  $P \leq .001$ ) indicating good test–retest reliability. Sensitivity to change was good to excellent for Physiomat assessment as it reproduced significant improvements ( $P \leq .001$ ) with mostly moderate-to-large effect sizes ( $SRM=0.5-2.0$ ) regarding all trained tasks. Completion time averaged 25.8 minutes. Completion rate was high for initial Physiomat measures. No adverse events occurred during assessment.

**Conclusions:** Overall, Physiomat proved to have good psychometric qualities in people with mild-to-moderate dementia representing a reliable, valid, responsive, and feasible assessment strategy for multimorbid older adults with or without cognitive impairment, which relates to identical and integrated performances trained by using the game.



**KEYWORDS**

serious games; computerized assessment; validation; motor-cognitive functions; elderly; older adults; cognitive impairment; dementia

**Introduction**

With respect to the growing elderly population, the role of innovative assessments to detect motor-functional or cognitive deficits is becoming increasingly important. Such assessment methods could help to identify appropriate interventions to delay age-related physical or mental decline.

**Using Exergames for Training and Assessment Purpose**

Modern computer technology has yielded creative and motivating procedures especially for training mental and physical abilities, thereby reducing fall risk in older adults and promoting independence and participation in everyday life, respectively. Recent studies could show that applications such as tablet mobile devices with integrated memory training apps can be used even by people with early stage of dementia [1,2]. Some reviews reported that exergames that combine physical activity with digital gaming have also been found wide application in healthy [3], disabled older adults [4], and in people with cognitive impairment or dementia [5-7]. Just to name a few examples, a computerized Tai Chi game using the Microsoft's motion-capture device Kinect [8] or a computer tele-rehabilitation platform that combines game-based exercises with telemonitoring [9] has the potential to improve motor and cognitive functions in the older population. To measure effects of an exergame intervention, a broad variety of outcome measures are reported in the literature (eg, [10]).

Effects on motor or cognitive functions can be assessed by using "traditional" external outcome measures after gameplay such as established paper-pencil tests or questionnaires. A lot of exergames especially commercially available games such as The Nintendo's Wii Fit provides integrated approaches to evaluate balance performance. Sensors measure bodily movements, and algorithms automatically convert sensor information into quantitative data, for example, the center of pressure (COP) (eg, [10]). The COP is used to control the game tasks, to individually adjusting the gameplay to the user, and also to generate performance scores, which provide the users with instantaneous feedback about game performance in real time (eg, [11]). Scores assessing the users performances have been validated in a few studies but show inconsistent results: One study could show that scores of a step game had good discriminant validity to differentiate between fallers and nonfallers ( $P \leq 0.01$ ) as well as moderate criterion-related validity ( $r = -.55$  to  $-.69$ ) and test-retest reliability ranged from poor to good (ICC = .35-.93) in cognitively healthy older adults [12]. In contrast, Wii Fit balance activity scores from different static and dynamic balance tasks performed by "recreationally active" adults (aged  $27.0 \pm 9.8$  years) ranged from poor-to-moderate test-retest reliability (ICC = .29-.74), and concurrent validity was also poor ( $r < .50$ ) [13]. Goble et al [14] indicate that these results suggest that game software-based assessments displayed as scores are not effective to measure balance ability.

The data flow derived from the game software can also be used to develop specific computerized tests for quantification of performances such as balance control (eg, [15-18]). Although a wide range of results in terms of psychometric properties have been reported as no uniform protocols or outcomes were used for evaluation especially of the Wii Balance Board or the Xbox Kinect [19], validation studies were successful to show that commercially available games basically provide a good basis to create reliable and valid game-based assessments: For example, the Wii Balance Board COP assessment in healthy younger adults showed good-to-excellent test-retest reliability (ICC = .66-.91), inter-rater reliability (ICC = .79-.89), intra-rater reliability (ICC = .70-.92), and concurrent validity (ICC = .73-.89) during single and double limb standing [16,18]. Another study [20] investigated test-retest reliability and construct validity of the Wii Balance Board in people after stroke (mean age  $68.3 \pm 15.1$  years) and showed excellent reliability (ICC = .82-.98) and poor-to-moderate correlations between the Wii Balance Board outcomes and clinical tests. The Wii Balance Board also showed excellent concurrent validity (ICC = .92-.98) with force platform-based assessments during balance tasks in people with Parkinson's disease [21]. A previous study showed excellent concurrent validity in balance tasks ( $r > 0.75$ ) using the Microsoft Xbox Kinect in healthy adults [17]. Schoene et al [22] have evaluated a custom-made dance mat device to assess stepping reaction times and showed excellent test-retest reliability (ICC = .90) and high correlations with other laboratory assessments ( $r = .86$ ). Test-retest analyses of assessments using a force platform balance measurement and training device (Good Balance), in which participants had to move their COP along a track (a circle or a zigzag figure) shown on a computer screen, indicated also good results (ICC = .71-.83) [23].

Beyond these commercially available games used for assessment purpose, some researchers have developed and validated own game-based assessment approaches. For example, Szturm et al [24] examined a dual-task computer game-based platform that integrates head tracking and cognitive tasks with balance demands and showed moderate-to-high test-retest reliability (ICC = .55-.75) in healthy, community-dwelling individuals.

**Limitations of Exergame-Assessments Found in the Literature**

Although mentioned studies demonstrated that exergames can be used for reliable and valid quantification of motor performances such as balance control, assessment tasks derived from the data stream of a game that show good data on psychometric properties do commonly not represent the original game tasks used for training purpose. Some intervention studies demonstrated that dynamic aspects of COP are typical for game-based balance training requiring the participant to shift their COP to perform tasks such as catching and moving objects or popping rising balloons (eg, [11,15,25,26]). However, to measure changes in balance ability after exergaming, adequate



but external instruments (neuropsychological test batteries or functional tests such as the Timed Up and Go [27] or the Berg Balance Scale [28]) have been applied in certain trials (eg, [26,29-31]). Young et al [15] have developed an interface that retrieves information from the Wii Balance Board, which can be used to create a series of balance games for both training and assessment. However, in this study, effects of a training with game tasks developed with the interface (catching apples falling from a tree and popping rising bubbles) were assessed using tasks also created with the interface but which comprised different demands as participants were instructed to maintain a static standing position for 30 seconds with eyes closed and open. Similar internal assessment approaches have also been applied, for example, by Betker et al [25].

Although we could identify 2 studies that have validated assessments based on the game's original training tasks to obtain a reliable and valid feedback of balance ability during gameplay [22,23], assessment software derived from the data stream of a game commonly includes tasks other than the original game task used for training. Therefore, some of the data might be only loosely associated (eg, use of Timed Up and Go or single or double limb standing with eyes closed to evaluate game-based training gained for shifting the COP while standing) as most validated assessment tasks relate to similar but not identical or integrated performances trained by using exergames.

Despite an increasing number of validation studies evaluating commercially available games or research grade systems not only in young participants without any injuries and history of neurological and musculoskeletal diseases [16-18,24] but also in patients with Parkinson's disease [21], patients after stroke [20], or frail nursing home residents [23], there is a lack of validation studies including people with diagnosed dementia. However, this patient sample could be a relevant target group for game-based training programs and assessment. For all identified validation studies including older adults, only a cognitive screening was performed allowing a mere classification of cognitive impairment by clinical screening tools, for example, the Mini Mental State Examination (MMSE) (eg, [32]), the Trail Making Test [22] or the Rapid Dementia Screening Test [12]. In some validation studies, mixed samples in terms of the cognitive impairment level might be examined as participants were inadequately screened for cognitive status or screening process was not described in detail (eg, [13,23,24]). We found only 1 validation study that examined feasibility and test-retest reliability of a force platform assessment in people with diagnosis of Alzheimer's disease [33]. Participants had to move their COP by shifting their weight to 8 numbered targets presented on a screen. Study results showed acceptable test-retest reliability (ICC=.48-.71). Information regarding dementia diagnoses in this study was collected using the MMSE [34] and the Frontal Assessment Battery [35], but only a small sample (n=14) was included in the study.

As outlined previously, there are a number of validation studies mainly focusing on reliability and validity analyses of assessments incorporated into commercially available exergames or of other game-based systems specifically developed for assessment purpose (16-18,20-24). However, we found no study that has conducted not only reliability and validity analyses but

also targeting supplementary analyses on sensitivity to change and feasibility to guarantee high methodological quality of the assessment tools. It is striking that previous validation studies did not present especially sensitivity to change data, although this is a paramount objective for validation to evaluate responsiveness in intervention studies. Feasibility analyses based on documentations of completion rates, reasons for missing responses, and mean completion time of assessment process are also generally lacking. Commonly, questionnaires to measure motivation or subjective rating regarding difficulty of the tasks are applied.

## Summary and Aim of the Present Study

In summary, there are a number of studies demonstrating that exergames can be used for reliable and valid quantification of performances such as balance control and provided good data on psychometric properties. However, (1) assessments often include tasks other than the original game task used for training and therefore relate to similar but not identical or integrated performances trained, (2) people with diagnosed dementia have insufficiently been addressed in validation studies, and 3) studies often lack additional validation analyses such as sensitivity to change to document psychometric properties. The purpose of this study was to complement the pool of validated game-based measurements that have already been reported by a number of evaluations. We have developed task-specific assessment parameters based on data directly derived from the data stream during the game task of a training device (Physiomat), which are therefore direct marker of the training tasks. Parameters test a much more complex performance including the interplay (dual task) between challenging motor and cognitive tasks. This approach much better documents the actual game performance compared with another balance performance documentation (eg, during double limb standing with eyes closed) as used in other studies. We aimed to evaluate this internal assessment approach of the training device (Physiomat) in multimorbid, frail elderly with mild-to-moderate dementia. We present data on construct validity, test-retest reliability, sensitivity to change, and feasibility.

## Methods

### Study Design

The validation study was part of a double-blind randomized controlled trial (ISRCTN37232817) to improve motor-cognitive functions in people with mild-to-moderate dementia. To prevent high test burden in the frail and multimorbid sample, validation measures were split. Assessments for validation were conducted before intervention (T1: construct validity and feasibility) and after the intervention period (T2: sensitivity to change) with repeated measures 2-5 days after T2 (retest: test-retest reliability). The trial was performed according to the Helsinki declaration and was approved by the Ethics Committee of the University of Heidelberg.

### Recruitment

Participants were consecutively recruited including geriatric patients, nursing home residents, and community-dwelling persons. Inclusion criteria were: age>65 years, place of residence

<15km from the study center, no severe neurological, cardiovascular or psychiatric disorders, or visual deficits, ability to walk 10 m without using a walking aid and written informed consent (obtained by the patient or by a legal representative). Individuals were screened for cognitive impairment using the MMSE [34]. In those with an MMSE of 17-26 indicating cognitive impairment, a comprehensive neuropsychological assessment was performed based on an established neuropsychological test battery (Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease—CERAD) [36] and the Number Connection Test (ZVT-G) [37], a modified version of the Trail Making Test (TMT) [38]. Internationally established criteria for cognitive subperformances as assessed in CERAD were used as further inclusion criteria along with amnesic reports for diagnosis of probable dementia. Patients who met predefined criteria for dementia diagnosis based on CERAD results (cognitive subperformances lay under the 10% percentile of the sample corresponding to a z-value of -1.3) were included in the study.

## Measurement and Data Collection

### *Physiomat Assessment*

Physiomat (Physio = physiological, M=medical, A=active, T=therapy, EPL medical engineering [39], Figure 1) has been developed as a training device to improve balance performance.

The operating principle of Physiomat based on a specific combination of swivel joints fixed on 2 independent levels enabling bending, tilting, and rotation movements. This device's construction yields a special 3-dimensional (sagittal, frontal, and transverse level) movement sequences. The internal assessment approach of Physiomat is actually not comparable with the commonly used balance platforms with integrated pressure or inclination sensors. It uses 2 displacement sensors—one for the anterior–posterior motion, the other for the medio–lateral tilting and rotation motion—to record the movements of the platform. This is done by measuring the changes in resistance (measurement range 0-100 kohm, measurement accuracy 0.1 kohm, sampling rate 100 Hz). This sensor information is converted into a standard signal (normed electrical signals) by an analog-digital converter. Standard signal output acquired via the displacement sensors generates digital numerical values (digits) in a measuring range of 0-1000 digits for each motion axis. This means that the movement excursion of the platform is measured in digits/ms, and based on that sway path and sway area are determined as quantitative parameters. Movement excursion of the platform measured in digits/ms is also presented to the participants in terms of a visual feedback on the monitor in real time to control the cursor by mapping it to the target motion to solve Physiomat tasks.

The software with the training and assessment tasks as used in this study was specifically developed by the research group of the AGAPLESION Bethanien Hospital Heidelberg in cooperation with EPL to target motor-cognitive performances in patients with dementia. The assessment strategy derived from the data stream of Physiomat game tasks. The Physiomat assessment linked cognitive and motor-functional demands; concurrent dual tasks of various elements on balance ability (weight-shifting tasks and postural control while standing) with

specific cognitive subperformances such as executive functions are required.

To provide a motor-cognitive task to test a complex performance including the interplay (dual task) between challenging balance and cognitive tasks, the Physiomat-Trail-Making Tasks (PTMTs) have been developed. Compared with other exergames (eg, Nintendo Wii) including virtual reality tasks where an avatar is displayed on the screen that follows the participant's movements that do commonly not coincide with evidence-based neuropsychological tasks, we incorporated an internationally established cognitive test (the Trail-Making Test) into a balance training device. This test has been modified and successfully validated for use in older and cognitively impaired persons [37] with the introduction of a learning phase using an increasing number of digits before testing and reducing the complexity of the task by positioning of the digits. This modified version prevents frequent floor effects as compared by the original tests and is valid for the target sample of this study of cognitively impaired persons. The test is sensitive also for early deficits in the course of neurodegenerative diseases and documents cognitive subperformances such as executive functions including procedural memory, visual–spatial orientation, and attention-related performances (especially in the test setting as used in this study with the concurrent dual task of balance control with the specific cognitive subperformance of divided attention, see in the following section). These cognitive subperformances appear relatively early in the course of the disease and are therefore an adequate test for the study sample of patients with mild-to-moderate stage dementia.

PTMTs include different performance levels as defined by the number of digits to be tested. The participants were instructed to move the cursor on the screen (indicating the participant's bending, tilting, and rotation motion) directly to each numbered target with the aim to connect an increasing number of digits (number of digits: 4, 7, 9, 14, 20) as fast as possible by weight shifting (Figure 2). Physiomat platform was not fixed and allows movements in all directions, which must be controlled by the user. The degree of movements is partly limited by rubber rings attached to the corners of the platform. We used several rings to achieve a feasible motor challenge but did not modify this for the rather homogeneous sample with impaired motor status, advanced age, and multimorbidity including cognitive impairment. Participants were instructed to use handles (see Figure 1) to control movements. For validation purpose, we only used results of the simple (4 digits), moderate (9 digits), and complex (20 digits) PTMT, as we assumed that this range of complexity levels would be sufficient for the study purpose. With the standardized motor task and the standardized but increasing challenge level of the cognitive task, we ascertained a standardized assessment procedure.

We also applied an additional standardized motor task without an increasing challenge level of cognitive task to study psychometric properties. Instructions were to move the cursor from the center of the screen directly to the targets highlighted as a moving yellow ball on the screen as fast as possible. This Follow-The-Ball Task (FTBT) was used to assess participants' ability to move their center of mass by shifting their weight to the highlighted targets (Figure 3).

We also used 3 Physiomat balance tasks (PBTs) challenging postural control while standing without using the handles (Figure 4). Tasks also differed in complexity levels (keeping postural control for 3, 10, and 30 seconds). The platform was also not fixed but contrary to the PTMTs and the FTBTs, the degree of movements was limited by a larger number of rubber rings.

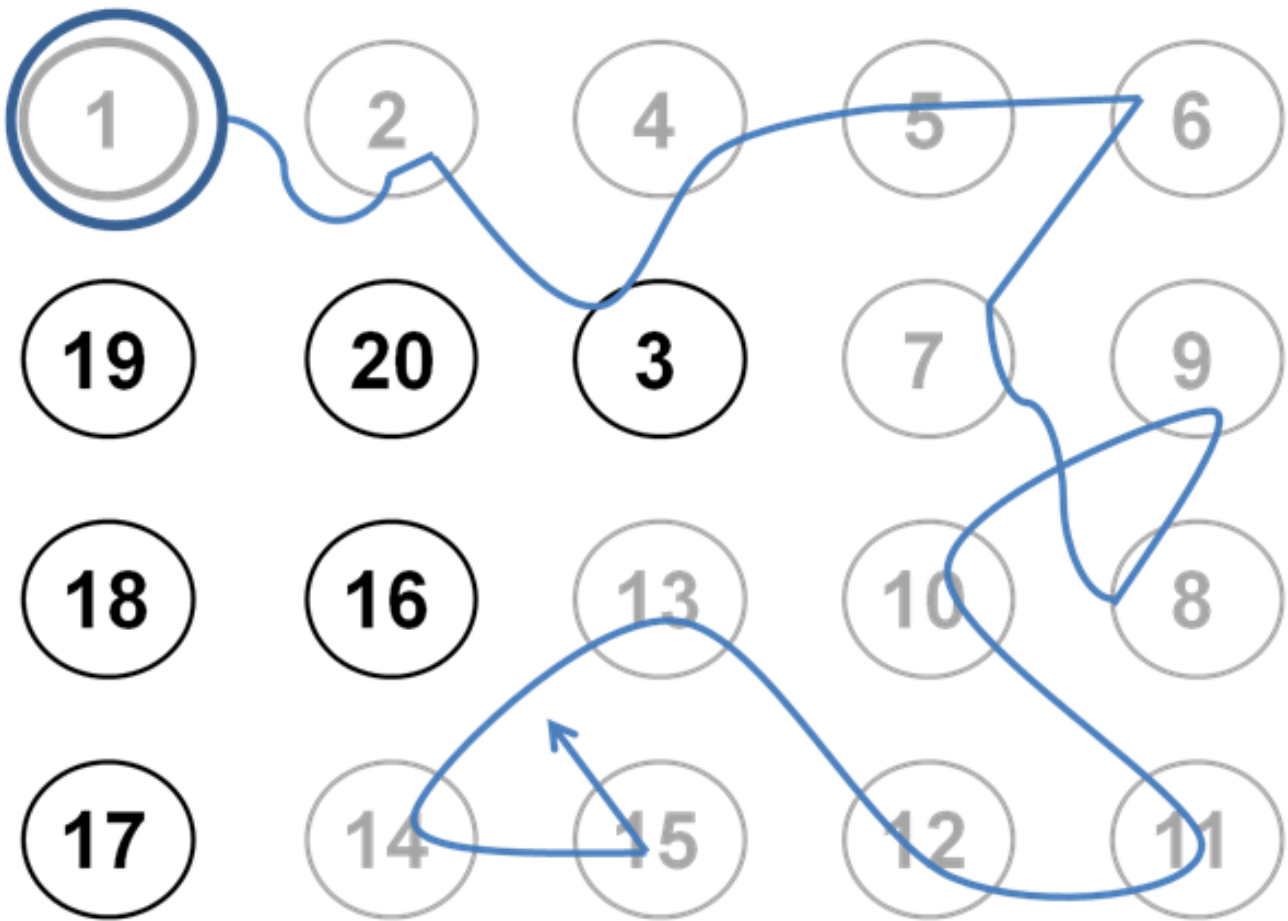
During assessment, no physical assistance or cueing was allowed. For each Physiomat measurement, the best performance of 2 trials was used for statistical analyses. Temporal (test duration in seconds) and spatial (sway path in mm/s, sway area in mm<sup>2</sup>/s) parameters have been documented as main study end points of assessment.

**Figure 1.** Physiomat including a three-dimensional moveable plate with integrated sensors for displacement measurement. It is connected with a computer and a monitor. Grab rails on each side ensure stability of the patients during training and assessment.

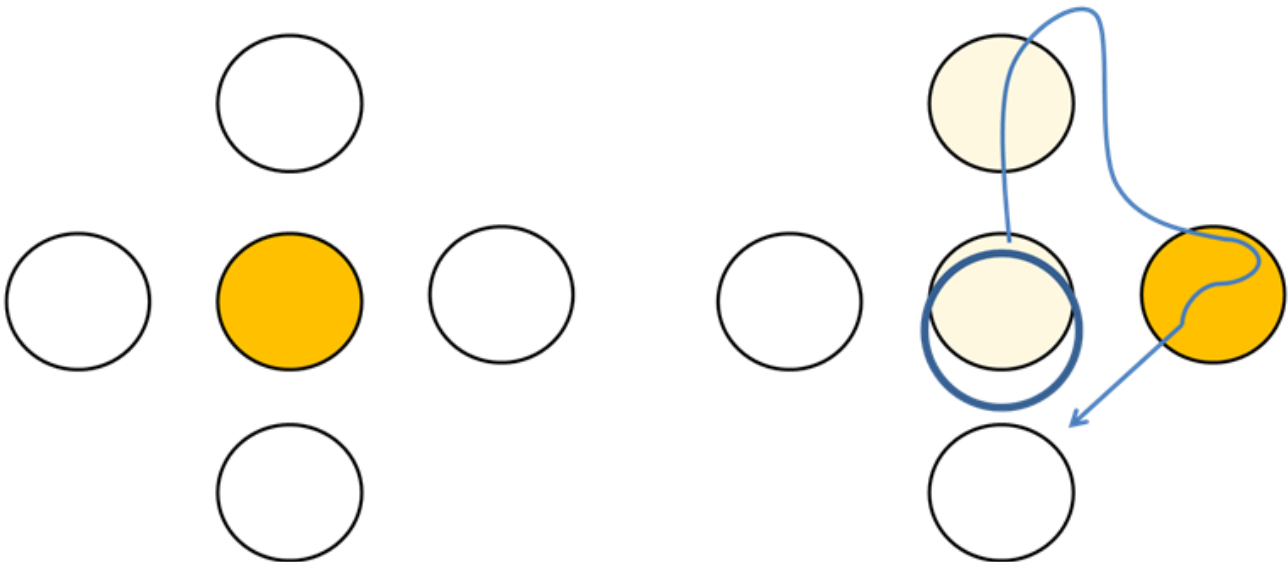
Furthermore, we documented the number of successfully performed Physiomat tasks for each measurement by doing dichotomous coding (1=successful; 0=not successful). Based on that we calculated a scoring for PTMT (PTMT score), for PBT (PBT score), and for the complete Physiomat assessment (total score) by summarizing the numerical codings. For PTMT score and PBT score, up to 3 points could be achieved for each as there were 3 levels (PTMTs: 4, 9, and 20 digits; PBTs: 3, 10, and 30 seconds) indicating that all complexity levels have been performed successfully. For the total score including all PTMTs, PBTs, and the FTBT, a maximum of 7 points could be achieved.



**Figure 2.** Example for complex Physiomat Trail-Making Task (PTMT). Participants were instructed to capture digits in correct order as fast as possible by shifting the weight to numbered targets.

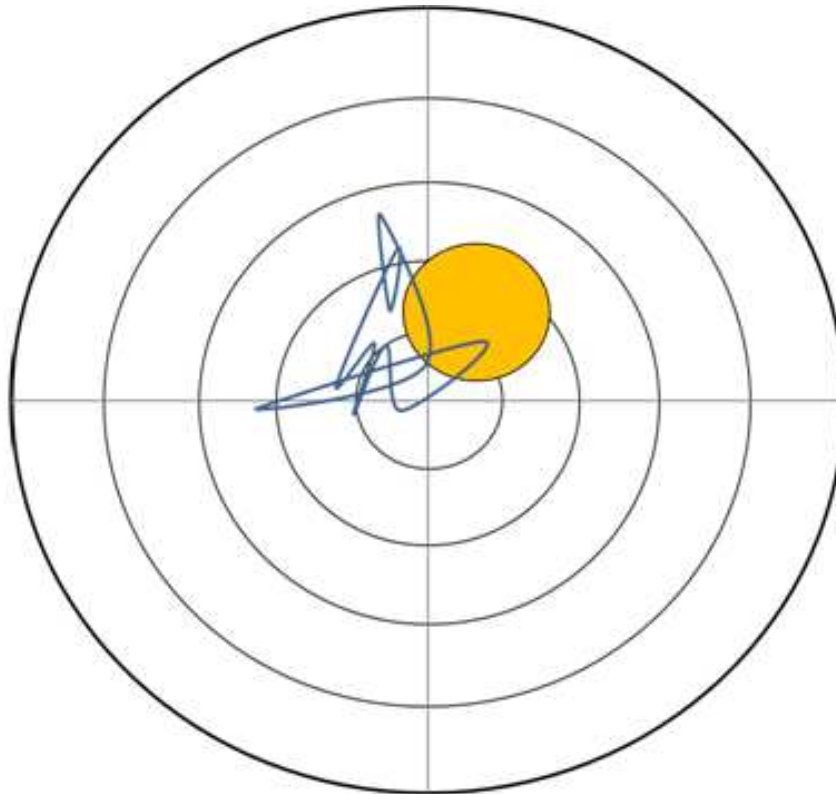


**Figure 3.** Physiomat Follow-the-Ball Task (FTBT). Participants were instructed to follow a yellow ball during displacement of center of mass as fast as possible using the handles.





**Figure 4.** The Physiomat Balance Task (PBT). Participants were instructed to stand still on the plate and keep in the middle of a yellow target for 3, 10 and 30 seconds without using the grab rails.



### **Descriptive Measures**

Demographic and clinical characteristics including age, gender, education, social status (independent or institutionalized), number of falls in the previous year, and number of medications and diagnoses were documented. Psychological status was assessed by the Geriatric Depression Scale [40] for depressive symptoms and by the Falls Efficacy Scale-International (FES-I) [41] for fall-related self-efficacy. Motor-functional status was assessed by the Timed-Up and Go (TUG) [27] and performance-oriented mobility assessment (POMA) [42]. Cognitive status was screened by the MMSE [34].

The TUG, POMA, and MMSE were also used for validity analyses. The following tests were additionally used for testing construct validity: The simple Physiomat balance task (10 seconds) and the FTBT as Physiomat balance tests (Figures 3 and 4) and word list immediate recall [43] as a subset of the CERAD, the ZVT-G, and repeating numbers (ZN-G) [37].

### **Statistical Analysis**

Statistical analyses were performed on SPSS 22.0 for Windows. Descriptive data are presented as means and standard deviations (SD) or number and percentages (%) as appropriate. The Kolmogorov–Smirnov test and histograms were used to analyze distribution of data. In case data were not normally distributed, nonparametric tests were used in addition to parametric tests.

### **Construct Validity**

Spearman's rank correlations between temporal parameters (test duration in seconds) of simple, moderate, and complex PTMTs and theoretically related motor-functions, respectively, cognitive measures as described previously were calculated to test 8

predefined hypotheses [44,45]. The hypotheses are given in detail in Table 3. Our assumptions can be summarized briefly as follows:

Cognitive measures as MMSE and especially ZVT-G were expected to be associated with PTMTs because both motor-cognitive Physiomat tasks and the mentioned tests require multiple cognitive abilities. A higher correlation with ZVT-G was expected because both tests assess a similar construct where attentional abilities and executive functions are demanded. In comparison, cognitive instruments measuring domain-related cognitive functions such as memory abilities (immediate wordlist recall and number repeating) were expected to be less associated with PTMTs.

Established motor-functional assessments (TUG and POMA) measuring postural control and gait performance were expected to be associated with motor-cognitive Physiomat tasks as also balance performances are demanded in each of the tests. The FTBT was expected to be highly correlated with all PTMTs because both tasks are performed during weight shifting.

Regarding the complexity levels of motor-cognitive Physiomat tasks, we expected that complex PTMTs were strongly associated with cognitive measures and simple PTMTs with motor-functional outcomes because of an increasing cognitive challenge by accelerating complexity level.

### **Test–Retest Reliability**

Test–retest assessments were performed within 2-5 days by the same examiner to exclude interobserver variability. For test–retest analyses, Spearman's rank correlations were calculated according to Cohen's criteria [46] for low ( $r_s < .2$ ),

moderate ( $r_s = .2-.5$ ), or high ( $r_s > .5$ ) correlations. In addition, we used ICC coefficients using a 2-way mixed model [47]. For ICCs, 95% confidence intervals were given. ICCs were considered as low ( $ICC < .40$ ), moderate ( $.40 \leq ICC \leq .75$ ), or high ( $ICC > .75$ ) [48].

### Sensitivity to Change

To study the responsiveness of trained Physiomat tasks, we used baseline values of a RCT (ISRCTN37232817), which will be published in the near future. Progressive Physiomat training (10 minutes twice a week) in 47 participants was part of this comprehensive intervention (1.5 hours, twice a week for 10 weeks) in groups at the maximum of 7 participants including dual tasking (walking while counting) and training of compensatory sit to stand movement maneuvers to improve motor-cognitive abilities in people with dementia. Subjects of the control group ( $n=43$ ) underwent a supervised, unspecific motor-functional group training for 10 weeks (1 hour, twice a week) including low-intensity strength training and flexibility exercises for the upper limbs while seated. In this paper, only the results of the intervention group that conducted the Physiomat training as one part of the overall training program was used to document sensitivity to change.

Physiomat exercise sessions were composed of the FTBT introducing the participants to Physiomat and to provide relevant strategies of balance displacement. In addition, PTMTs were trained, and complexity level was gradually increased according to the capacity of each participant. Physiomat balance tasks were not part of the intervention and responsiveness analyses. The Wilcoxon test was applied to test sensitivity to change.

Effect sizes were calculated using standardized response means (SRMs) [44] according to Cohen's criteria (small effect  $< .2$ , moderate effect  $.2 \leq SRM < .5$ , and large effect  $.8$  and above) [46].

### Feasibility

To study feasibility of motor-cognitive (PTMTs) and motor-functional (PBT and FTBT) Physiomat measures, percentages of successfully completed tasks (completion rates), reasons of missing responses, and the mean completion time as measured by a stopwatch were documented. To assess safety of the participants, issues such as a slip or fall and any clinical events during testing were systematically documented.

It should be noted, that only 7 of 15 Physiomat tasks assessed for further analyses were used for validation purpose. Documentation of feasibility outcomes was related to the overall Physiomat assessment protocol, which additionally included a comprehensive instruction period and breaks between single performance levels for the frail, multimorbid, and cognitively impaired participants. Therefore, completion time with regard to the assessments to test feasibility will be overestimated.

## Results

### Participants' Characteristics

The study sample included 105 (mean age  $82.7 \pm 5.9$ ) multimorbid and cognitively impaired subjects living at home or in nursing homes. Further demographic and clinical characteristics are summarized in Table 1.

**Table 1.** Descriptive characteristics of the participants.<sup>a</sup>

Characteristics <sup>b</sup>	All participants N=105
Age (years), mean (SD)	82.7 (5.9)
Gender (female), n (%)	76 (72.4)
Education (years), mean (SD)	11.8 (2.9)
Social status (institutionalized), n (%)	31 (29.5)
Cognitive status MMSE <sup>b</sup> (sum score), mean (SD)	21.9 (2.8)
Depression GDS <sup>c</sup> (sum score), mean (SD)	2.8 (2.3)
Indicated depression (GDS score $>5$ ), n (%)	19 (18.1)
Number of falls, n (%)	49 (46.7)
Fear of falling FES-I <sup>d</sup> (sum score), mean (SD)	9.2 (2.8)
Number of diagnosis, mean (SD)	8.2 (4.1)
TUG <sup>e</sup> (test duration in seconds)	18.4 (11.3)
POMA <sup>f</sup> (total score)	22.3 (4.0)

<sup>a</sup> Given are sample size (N), mean and standard deviation (SD) or percentages (%) of the sample of all characteristics.

<sup>b</sup> MMSE: Mini-Mental-State Examination

<sup>c</sup> GDS: Geriatric Depression Scale

<sup>d</sup> FES-I: Falls Efficacy Scale International

<sup>e</sup> TUG: Timed Up and Go

<sup>f</sup> POMA: Performance-Oriented Mobility Assessment



We separated the validation measures into 3 assessment sessions (feasibility and construct validity analyses at baseline, sensitivity to change measures after the intervention, and test-retest reliability assessment within the subsequent 2-5 days) to prevent high test burden. Assessments for feasibility and construct validity analyses were not practicable for 6 of 105 subjects (5.7%) because of serious motor-functional disability (n=3), visual impairment (n=2), and fear of assessment using Physiomat (n=1). Sensitivity to change was assessed in 47 participants in a subsample of the intervention group (n=56) as 9 participants (16.1%) dropped out owing to physical limitations (n=3), noncompliance (n=5), and death (n=1). Test-retest reliability

could not be assessed in 31 of 105 participants (29.5%) because of physical limitations and pain (n=11), noncompliance (n=13), death (n=4), and increased visual impairment (n=3).

### Construct Validity

PTMTs have shown a high association with established cognitive paper-and-pencil tests (ZVT-G and MMSE) and moderate associations with motor-functional instruments (TUG and POMA) indicating a good construct validity of motor-cognitive Physiomat outcomes. Correlations between simple, moderate, and complex PTMTs and cognitive as well as motor-functional paper-and-pencil tests are illustrated in [Table 2](#).

**Table 2.** Construct validity of motor-cognitive Physiomat tasks.<sup>a</sup>

Test	Variable (unit)	Simple PTMT <sup>b</sup> ( <i>P</i> value)	Moderate PTMT ( <i>P</i> value)	Complex PTMT ( <i>P</i> value)
FTBT <sup>c</sup>	Duration (time in seconds)	.68 <sup>d</sup> ( <i>P</i> ≤ .001)	.71 <sup>d</sup> ( <i>P</i> ≤ .001)	.61 <sup>d</sup> ( <i>P</i> ≤ .001)
PBT <sup>e</sup> 10 sec.	sway path (mm/second)	0.11 <sup>f</sup> ( <i>P</i> = .31)	−0.03 <sup>f</sup> ( <i>P</i> = .79)	−0.34 <sup>g</sup> ( <i>P</i> = .10)
POMA <sup>h</sup>	Total score	−0.22 <sup>g</sup> ( <i>P</i> = .03)	−0.40 <sup>g</sup> ( <i>P</i> ≤ .001)	0.08 <sup>f</sup> ( <i>P</i> = .71)
TUG <sup>i</sup>	Duration (time in seconds)	0.22 <sup>g</sup> ( <i>P</i> = .03)	0.48 <sup>g</sup> ( <i>P</i> ≤ .001)	0.19 <sup>f</sup> ( <i>P</i> = .35)
MMSE <sup>j</sup>	Total score	0.29 <sup>g</sup> ( <i>P</i> = .004)	0.35 <sup>g</sup> ( <i>P</i> = .002)	0.66 <sup>d</sup> ( <i>P</i> ≤ .001)
ZVT-G <sup>k</sup>	Duration (time in s)	0.36 <sup>g</sup> ( <i>P</i> ≤ .001)	0.44 <sup>g</sup> ( <i>P</i> ≤ .001)	0.83 <sup>d</sup> ( <i>P</i> ≤ .001)
ZN-G <sup>l</sup>	Total score	−0.25 <sup>g</sup> ( <i>P</i> = .02)	−0.19 <sup>f</sup> ( <i>P</i> = .12)	−0.22 <sup>g</sup> ( <i>P</i> = .30)
Wordlist immediate recall	Number of quoted words	−0.33 <sup>g</sup> ( <i>P</i> = .004)	−0.42 <sup>g</sup> ( <i>P</i> = .04)	−0.16 <sup>f</sup> ( <i>P</i> = .12)

<sup>a</sup> Given are Spearman's rank correlations ( $r_s$ ) between simple (4 numbers), moderate (9 numbers), and complex (20 numbers) PTMTs and motor-functional (FTBT, moderate PBT, POMA, and TUG) and cognitive outcomes (MMSE, ZVT-G, ZN-G and wordlist immediate recall).

<sup>b</sup> Physiomat Trail-Making Task

<sup>c</sup> FTBT: Follow-The-Ball Task

<sup>d</sup> High correlation ( $r_s > .5$ )

<sup>e</sup> PBT: Physiomat-Balance-Task

<sup>f</sup> Low correlation ( $r_s < .2$ )

<sup>g</sup> Moderate correlation ( $.2 \geq r_s \leq .5$ )

<sup>h</sup> POMA: performance-oriented mobility assessment

<sup>i</sup> TUG: Timed Up and Go

<sup>j</sup> MMSE: Mini-Mental-State Examination

<sup>k</sup> ZVT-G: modified version of the Trail-Making-Test A

<sup>l</sup> ZN-G: repeating numbers

Correlations between measures assessing motor-functional performances (TUG, POMA, FTBT, moderate PBT—10 seconds) and PTMTs were low to high ( $r_s = -.03-.71$ ). Highest correlations ( $P \leq .001$ ) were found for duration of FTBT ( $r_s = .61-.71$ ). Correlations with PBT, POMA, and TUG were low to moderate ( $r_s = -.03$  to .48). Highest correlations with cognitive outcomes ( $P \leq .001$ ) were found between complex PTMT and MMSE ( $r_s = .66$ ) and ZVT-G ( $r_s = .83$ ). Correlations

with instruments measuring memory skills were low to moderate (ZN-G:  $r_s = -.19$  to  $-.25$ ; wordlist immediate recall:  $r_s = -.16$  to  $-.42$ ).

Construct validity assessed by testing 8 a priori hypotheses is presented in [Table 3](#). Except hypothesis number 8, all assumptions could be confirmed (87.5%) for PTMTs regarding temporal parameters (time in seconds) indicating excellent construct validity [45].

**Table 3.** Results of 8 predefined hypotheses.

No.	Hypothesis <sup>a</sup>	Hypothesis confirmed?
Expected associations with cognitive outcome measures		
1	We expected moderate-to-high associations between PTMTs <sup>b</sup> and MMSE <sup>c</sup> as both assessments measure multiple cognitive functions.	Yes
2	We expected more pronounced associations between PTMTs and ZVT-G <sup>d</sup> as both assessments measure a similar construct where particularly attentional abilities are demanded.	Yes
3	We expected moderate associations between PTMTs and memory tests as both cognitive tests would cover different cognitive subperformances as compared with PTMTs.	Yes
4	We expected higher associations of cognitive outcome measures with increasing complexity of PTMTs as for difficult Physiomat levels cognitive demands may predominate.	Yes (except ZN-G <sup>e</sup> )
Expected associations with motor-functional outcome measures		
5	We expected associations between PTMTs and TUG <sup>f</sup> as well as POMA <sup>g</sup> as also balance performances are demanded in each of the assessments, although not comparable in type of assessment.	Yes
6	We expected pronounced associations between PTMTs and FTBT <sup>h</sup> as FTBT is a preliminary Physiomat training task requiring similar strategies of balance performances.	Yes
7	We expected a less association between PTMTs and the moderate PBT <sup>i</sup> (10 seconds) as this Physiomat task requires a different strategy of balance performance.	Yes
8	We expected higher associations of motor-functional outcomes with decreasing complexity of PTMTs as for simple Physiomat levels motor-functions demands may predominate.	No

<sup>a</sup> Hypotheses are given for Spearman's rank correlations between PTMTs, motor-functional outcomes (hypotheses 5-8), and cognitive outcomes (hypotheses 1-4) of selected comparison measurement instruments.

<sup>b</sup> PTMT: Physiomat Trail-Making Task

<sup>c</sup> MMSE: Mini-Mental-State Examination

<sup>d</sup> ZVT-G: modified version of the Trail-Making-Test A

<sup>e</sup> ZN-G: repeating numbers

<sup>f</sup> TUG: Timed Up and Go

<sup>g</sup> POMA: performance-oriented mobility assessment

<sup>h</sup> FTBT: Follow-The-Ball Task

<sup>i</sup> PBT: Physiomat-Balance Task

### Test–Retest Reliability

For almost all outcomes of Physiomat measures and for requirement level concerning all Physiomat tasks (total, PBT,

and PTMT score) moderate-to-high correlations between test and retest assessment were found indicating good to excellent test–retest reliability (Tables 4 and 5).

**Table 4.** Test–retest results of all Physiomat tasks and requirement level (Spearman's rank correlations).

Test	Variable (unit)	N	Mean (SD) Test	Mean (SD) Retest	$r_s$	<i>P</i> value
PBT <sup>a</sup> 3 Sec						
	Sway path (mm/second)	71	134.4 (83.9)	120.6 (84.1)	.48 <sup>b</sup>	≤.001
	Sway area (mm <sup>2</sup> /second)		627.7(1311.3)	534.7(1289.1)	.45 <sup>b</sup>	≤.001
PBT 10 Sec						
	Sway path (mm/second)	68	571.3 (312.2)	568.7 (292.6)	.68 <sup>c</sup>	≤.001
	Sway area (mm <sup>2</sup> /second)		654.5 (1164.8)	627.7 (1120.2)	.60 <sup>c</sup>	≤.001
PBT 30 Sec						
	Sway path (mm/second)	61	1719.3 (1020.5)	1589.8 (844.1)	.78 <sup>c</sup>	≤.001
	Sway area (mm <sup>2</sup> /second)		750.2 (1729.2)	563.7 (1015.2)	.75 <sup>c</sup>	≤.001
FTBT <sup>d</sup>						
	Sway path (mm/second)	73	3449.1 (1044.2)	3269.1 (1005.5)	.74 <sup>c</sup>	≤.001
	Duration (time in seconds)		20.9 (5.4)	21.2 (6.8)	.69 <sup>c</sup>	≤.001
Simple PTMT <sup>e</sup>						
	Sway path (mm/second)	73	1883.7 (558.5)	1774.7 (343.4)	.59 <sup>c</sup>	≤.001
	Duration (time in seconds)		8.2 (2.8)	8.2 (2.9)	.60 <sup>c</sup>	≤.001
Moderate PTMT						
	Sway path (mm/second)	69	3722.3 (910.9)	3630.9 (923.8)	.78 <sup>c</sup>	≤.001
	Duration (time in seconds)		20.8 (5.9)	19.9 (6.2)	.74 <sup>c</sup>	≤.001
Complex PTMT						
	Sway path (mm/second)	47	8319.4 (2220.8)	8111.1 (2170.9)	.80 <sup>c</sup>	≤.001
	Duration (time in seconds)		51.0 (16.2)	49.1 (16.7)	.87 <sup>c</sup>	≤.001
Total Score		74	6.3 (1.1)	6.3 (1.1)	.89 <sup>c</sup>	≤.001
PTMT Score		74	2.6 (0.6)	2.6 (0.6)	.89 <sup>c</sup>	≤.001
PBT Score		74	2.8 (0.7)	2.7 (0.7)	.87 <sup>c</sup>	≤.001

<sup>a</sup> PBT: Physiomat-Balance Tasks

<sup>b</sup> moderate correlation ( $.2 \geq r_s \leq .5$ )

<sup>c</sup> high correlation ( $r_s > .5$ )

<sup>d</sup> FTBT: Follow-The-Ball Task

<sup>e</sup> PTMT: Physiomat Trail-Making Task

Regarding Spearman's rank correlations reliability for the total sample was moderate to high ( $r_s=.45-.89$ ) for all variables. Highest correlations were found for sway path ( $r_s=.80$ ) and duration ( $r_s=.86$ ) of the complex PTMT as well as for requirement level (total score  $r_s=.89$ ; PTMT score  $r_s=.89$ ; and

PBT score  $r_s=.87$ ). Moderate correlations were only found for sway path ( $r_s=.48$ ) and sway area ( $r_s=.45$ ) of the simple PBT (3 seconds). Overall, it could be observed that correlations increased with the duration of PBT and the complexity of PTMT.

**Table 5.** Test–retest results of all Physiomat tasks and requirement level (ICCs<sup>a</sup>).

Test	Variable (unit)	N	Mean (SD) Test	Mean (SD) Retest	ICC (95%CI)	P value
<b>S</b>						
	Sway path (mm/second)	71	134.4 (83.9)	120.6 (84.1)	.50 <sup>b</sup> (.30-.66)	≤.001
	Sway area (mm <sup>2</sup> /seconds)		627.7 (1311.3)	534.7 (1289.1)	.73 <sup>b</sup> (.59-.82)	≤.001
<b>PBT<sup>c</sup> 10 Sec</b>						
	Sway path (mm/second)	68	571.3 (312.2)	568.7 (292.6)	.66 <sup>b</sup> (.50-.78)	≤.001
	Sway area (mm <sup>2</sup> /s)		654.5 (1164.8)	627.7 (1120.2)	.57 <sup>b</sup> (.38-.71)	≤.001
<b>PBT 30 Sec</b>						
	Sway path (mm/seconds)	61	1719.3 (1020.5)	1589.8 (844.1)	.73 <sup>b</sup> (.59-.83)	≤.001
	Sway area (mm <sup>2</sup> /seconds)		750.2 (1729.2)	563.7 (1015.2)	.32 <sup>d</sup> (.08-.53)	.005
<b>FTBT<sup>e</sup></b>						
	Sway path (mm/second)	73	3449.1 (1044.2)	3269.1 (1005.5)	.84 <sup>f</sup> (.76-.89)	≤.001
	Duration (time in seconds)		20.9 (5.4)	21.2 (6.8)	.79 <sup>f</sup> (.68-.86)	≤.001
<b>Simple PTMT<sup>g</sup></b>						
	Sway path (mm/second)	73	1883.7 (558.5)	1774.7 (343.4)	.47 <sup>b</sup> (.27-.63)	≤.001
	Duration (time in seconds)		8.2 (2.8)	8.2 (2.9)	.55 <sup>b</sup> (.37-.69)	≤.001
<b>Moderate PTMT</b>						
	Sway path (mm/second)	69	3722.3 (910.9)	3630.9 (923.8)	.74 <sup>b</sup> (.61-.82)	≤.001
	Duration (time in seconds)		20.8 (5.9)	19.9 (6.2)	.79 <sup>f</sup> (.68-.87)	≤.001
<b>Complex PTMT</b>						
	Sway path (mm/second)	47	8319.4 (2220.8)	8111.1 (2170.9)	.82 <sup>f</sup> (.69-.89)	≤.001
	Duration (time in seconds)		51.0 (16.2)	49.1 (16.7)	.83 <sup>f</sup> (.72-.91)	≤.001
<b>Total score</b>						
	Score	74	6.3 (1.1)	6.3 (1.1)	.92 <sup>f</sup> (.88-.95)	≤.001
<b>PTMT score</b>						
	Score	74	2.6 (0.6)	2.6 (0.6)	.90 <sup>f</sup> (.85-.94)	≤.001
<b>PBT score</b>						
	Score	74	2.8 (0.7)	2.7 (0.7)	.89 <sup>f</sup> (.84-.93)	≤.001

<sup>a</sup> ICC: intraclass correlations<sup>b</sup> moderate ICC (.40 ≤ ICC ≤ .75)<sup>c</sup> PBT: Physiomat-Balance Tasks<sup>d</sup> Low ICC (< .40)<sup>e</sup> FTBT: Follow-The-Ball Task<sup>f</sup> high ICC (ICC > .75)<sup>g</sup> PTMT: Physiomat Trail-Making Task

Regarding ICCs, moderate-to-high test–retest reliability (ICC=.47-.92) was found for almost all variables. Only sway path of the complex Physiomat balance task (30 seconds) was

below the threshold of moderate reliability (ICC <.40). High ICCs were found for sway path (ICC=.82) and duration (ICC=.84) of not only the complex PTMT and for requirement

level (total score ICC=.92; PTMT score ICC=.90; PBT score ICC=.89) but also for the duration of the moderate PTMT (ICC=.79). ICCs increase with complexity level of PTMT. For sway path (ICC=.84) and duration (ICC=.79) of FTBT, high correlations were proven, too.

Spearman's correlations and ICCs were all significantly different from zero at a.01 level ( $P \leq .001$ ).

To examine potential influence of deviating subsamples in different conditions (larger sample in simple condition, selection to high functioning participants in more complex conditions) on test–retest reliability, we conducted a subsequent test–retest analysis of 47 participants, which successfully conducted all complexity levels (Table 6).

**Table 6.** Subanalysis of test–retest reliability of motor-cognitive Physiomat tasks.

Test	Variable (unit)	N <sup>a</sup>	Mean (SD) Test	Mean (SD) Retest	ICC (95%CI)	P value
Simple PTMT <sup>b</sup>						
	Sway path (mm/second)	47	1799.9 (417.6)	1793.1 (313.9)	.36 <sup>c</sup> (.09-.59)	.006
	Duration (time in seconds)		7.3 (2.2)	7.5 (2.5)	.44 <sup>d</sup> (.18-.64)	.001
Moderate PTMT						
	Sway path (mm/second)	47	3660.4 (675.4)	3602.8 (674.5)	.75 <sup>d</sup> (.59-.85)	$\leq .001$
	Duration (time in seconds)		19.2 (4.2)	18.6 (4.3)	.79 <sup>e</sup> (.66-.88)	$\leq .001$
Complex PTMT						
	Sway path (mm/second)	47	8392.7 (2248.3)	8204.9 (2145.3)	.81 <sup>e</sup> (.69-.89)	$\leq .001$
	Duration (time in seconds)		51.0 (16.2)	49.1 (16.7)	.84 <sup>e</sup> (.72-.91)	$\leq .001$

<sup>a</sup> Subanalysis of test–retest reliability was conducted in a subsample of 47 participants, which successfully conducted all complexity levels of PTMTs.

<sup>b</sup> PTMT: Physiomat Trail-Making Task

<sup>c</sup> Low ICC ( $< .40$ )

<sup>d</sup> Moderate ICC ( $.40 \leq \text{ICC} \leq .75$ )

<sup>e</sup> High ICCs ( $\text{ICC} > .75$ )

Results are comparable to the results of the nonselected group. Moderate-to-high test–retest reliability (ICC=.44-.84) was found for almost all variables. Only sway path of the simple PTMT was below the threshold of moderate reliability (ICC<.40). ICCs also increase with complexity level of PTMT.

### Sensitivity to Change

All trained Physiomat tasks (FTBT and PTMTs) showed significant improvements indicating good-to-excellent sensitivity to change. Results of the Wilcoxon test and effects sizes (SRMs) are outlined in Table 7.

**Table 7.** Sensitivity to change for trained Physiomat tasks.

Test	Variable (unit)	N	Mean (SD) T1 – before intervention period	Mean (SD) T2 – after intervention period	<i>P</i> value <sup>a</sup>	SRM <sup>b</sup>
FTBT <sup>c</sup>						
	Sway path (mm/second)	47	4356.5 (3064.8)	3135.4 (569.6)	≤.001	0.4 <sup>d</sup>
	Duration (time in seconds)		19.3 (4.6)	18.6 (4.3)	≤.001	0.7 <sup>e</sup>
Simple PTMT <sup>f</sup> (4 numbers)						
	Sway path (mm/second)	45	2944.3 (4597.5)	1732.5 (307.3)	≤.001	0.3 <sup>d</sup>
	Duration (time in seconds)		17.6 (21.9)	7.2 (1.9)	≤.001	0.5 <sup>e</sup>
Moderate PTMT (9 numbers)						
	Sway path (mm/second)	37	4296.5 (1482.6)	3472.5 (643.1)	≤.001	0.7 <sup>e</sup>
	Duration (time in seconds)		28.6(10.6)	18.5(4.1)	≤.001	1.1 <sup>g</sup>
Complex PTMT (20 numbers)						
	Sway path (mm/second)	14	8361.7 (2269.5)	6850.6 (1341.2)	.01	0.8 <sup>e</sup>
	Duration (time in seconds)		57.6 (11.7)	37.5 (7.8)	.001	2.0 <sup>g</sup>
PTMT Score		47	2.0 (0.8)	2.8 (0.6)	≤.001	1.1 <sup>g</sup>

<sup>a</sup>*P* values for Wilcoxon test applied to test differences between T1 and T2.

<sup>b</sup> SRM: standardized response mean (difference between the mean scores at assessments, divided by the mean scores of the standard deviation).

<sup>c</sup> FTBT: Follow-The-Ball Task

<sup>d</sup> Small effect size (SRM=0.2-0.5)

<sup>e</sup> Moderate effect size (SRM=0.5-0.8)

<sup>f</sup> PTMT: Physiomat Trail-Making Task

<sup>g</sup> Large effect size (SRM >0.8)

Results showed significant changes ( $P \leq .001$ ) of both spatial and temporal parameters of PTMTs and the FTBT after a 10-week Physiomat intervention (twice a week/10 minutes). Large effect sizes were evident especially for duration (SRM=2.0) of complex PTMT and moderate PTMT (SRM=1.1). There were also significant changes ( $P \leq .001$ ) for requirement level concerning motor-cognitive Physiomat tasks (PTMT score) with a large effect size (SRM=1.1).

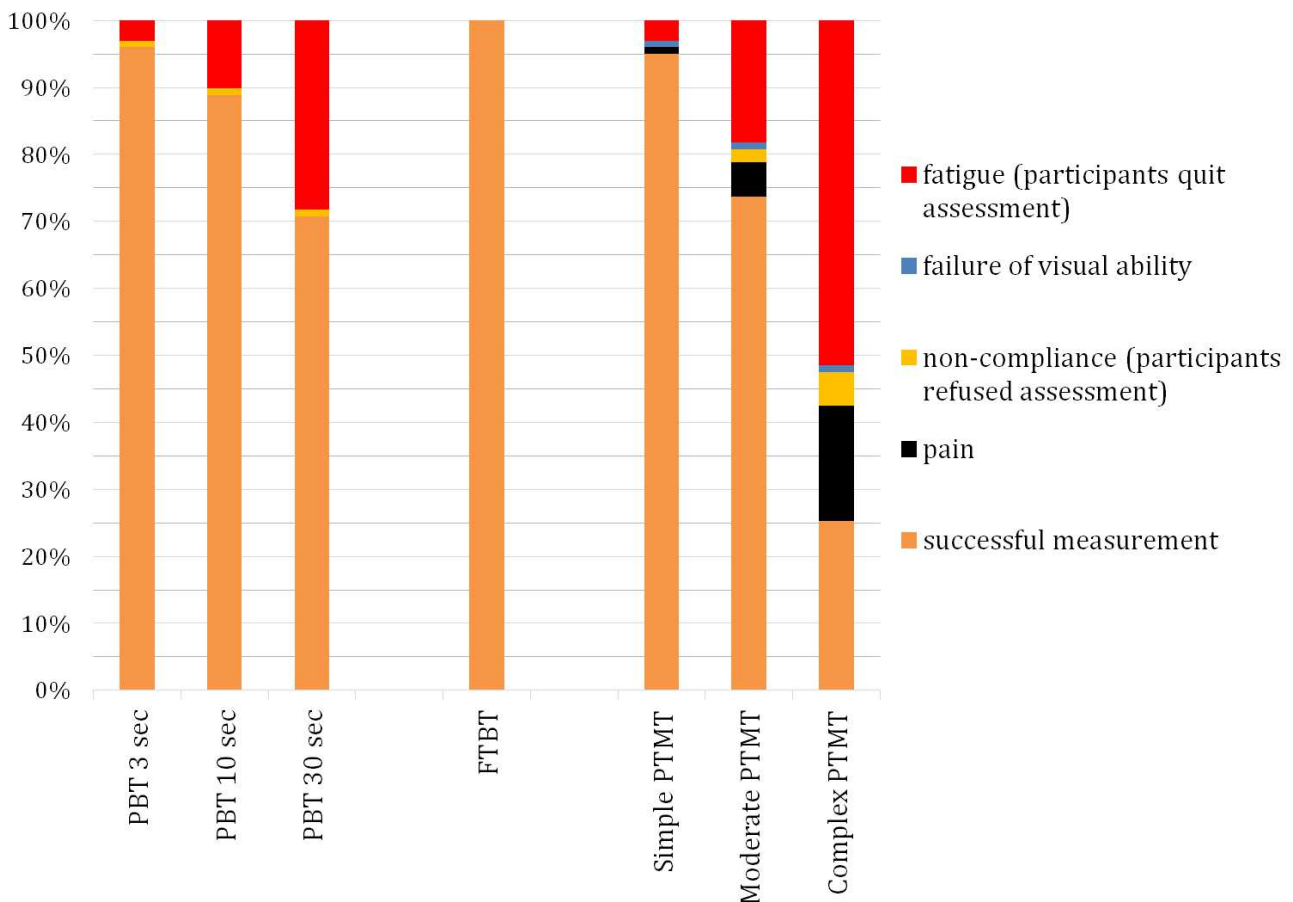
### Feasibility

Physiomat assessment was found to be practicable by frail, old, and multimorbid persons with mild to moderate-stage dementia. There were no clinical events, slips, or falls during training or assessment. A total of 99 of 105 participants (94.3%) could be tested at baseline. Five subjects could not be assessed due to severe motor-functional (hemiparesis) and visual (blindness)

limitations. Willingness of the participants to attend to the computerized Physiomat assessment was excellent, and only 1 very frail and fearful person refused assessment.

Duration of assessment averaged 25.8 minutes (range: 6-55 minutes). No technical problems in assessing and analyzing the data occurred. Results of response rates are illustrated in [Figure 5](#). For most of the participants, PBT (3, 10, and 30 seconds) was feasible. 30 of 99 subjects (30.3%) could not execute the complex PBT (30 seconds) because of self-reported fatigue. All participants could perform the FTBT. Regarding the motor-cognitive Physiomat tasks, 94 of 99 participants (94.9%) could conduct the simple, 73 subjects (73.7%) the moderate and 25 subjects (25.3%) the complex PTMT. Reasons for discontinuation were also predominantly fatigue reported by almost half of the participants (51.5%) followed by pain (17.2%) and by noncompliance (5.1%).



**Figure 5.** Feasibility analysis including response rates during a consecutive Physiomat assessment.

## Discussion

### Principal Findings

In this study, we validated an internal assessment approach of a game-based training device (Physiomat) to obtain a reliable and valid feedback of motor-cognitive abilities during gameplay. In contrast to recent studies focusing on computerized game-based assessments, which often conducted only reliability and validity analyses, we investigated multiple psychometric properties to allow a more comprehensive evaluation of the methodological quality of the assessment tested. In this study, validation was performed in frail, older persons with mild-to-moderate dementia who had not been addressed in most previous validation studies. Despite the crucial problems to assess persons with dementia [49], results indicated good construct validity, test-retest reliability, sensitivity to change, and feasibility of the tested device.

### Construct Validity

In this study, construct validity was analyzed by testing 8 a priori hypotheses. For this purpose, Spearman's rank correlations between temporal parameters (test duration in seconds) of simple, moderate, and complex PTMTs and theoretically related motor-functional as well as cognitive measures were calculated. Almost all predefined hypotheses could be confirmed indicating a good construct validity of Physiomat assessment.

Expected higher correlations of cognitive instruments with increasing complexity of PTMTs were found for all cognitive outcome measures except the ZN-G. Correlations with ZN-G and wordlist immediate recall were partly not significant. As highest correlations were found between the complex PTMT and ZVT-G, more difficult motor-cognitive tasks seem to be associated with increased cognitive demands especially including attentional abilities and information processing. These results showed that particularly domain-related cognitive functions could rather be assessed when participants perform more complex PTMTs.

To our knowledge, there are no studies including cognitively impaired participants that investigated the relationship between interactive computerized assessment strategies comparable to Physiomat and cognitive test batteries, which do not use technological devices, although game-based assessments require a combination of motor and cognitive abilities. Expected higher associations of motor-functional instruments with decreasing complexity of PTMTs could not have conclusively identified for all tests (Table 2). Except the Physiomat balance task, highest correlations of motor-functional tests (FTBT, TUG, and POMA) were actually found with moderate and simple PTMTs, and expected lowest associations between complex PTMTs and TUG as well as POMA were not significant. However, when balance performances are challenged, rather an additional complex cognitive task than a simple or moderate task may require a higher level of attention in patients with dementia, which leads to a decrease in postural control. A previous study

[50] found a further decline of up to 15% in postural control during a more complex task in a cognitively impaired sample. Although findings were not significant, which might be due to a small study sample, balance performances seem to be determined by the complexity level of additional cognitive tasks, which could explain stronger correlations between motor-functional outcome measures and easier levels of PTMTs in our study.

We could not find any studies that have investigated the relationship between interactive assessment methods and established motor tests in people with dementia. Therefore, the comparability of our results with recent validity studies is limited. One study [20] examined associations of the Wii Balance Board and clinical tests in patients after stroke. The study could show moderate Spearman's correlations ( $r_s = -0.57$ ) between a Wii Balance Board dynamic balance task measuring shifting of body weight to follow a visual feedback target and the TUG, which is comparable to our findings. A further study examining the association of TUG scores and different levels of a computer-based balance board test using the Biodex Balance System in healthy adults (mean age  $48.9 \pm 15.4$ ) showed stronger associations between relatively easy levels of machine-based assessments and manual balance tests [51]. In this study, an assessed stability index on the Biodex Balance System indicating the degree of body movement during the balance test was highly correlated with TUG scores especially at relatively easy Biodex Balance System levels (higher stability of the foot platform). This is comparable to our results including higher correlations between the simple and moderate PTMTs (less digits to connect/less path of movement) and TUG. Significant stronger associations with relatively easy tasks (simple and moderate PTMT) indicate that the assessment of balance performance using motor-cognitive Physiomat tasks should be conducted at a simple or moderate level.

### **Test–Retest Reliability**

Almost all Physiomat outcome measures showed moderate-to-high correlations between test and retest assessment indicating good test–retest reliability. Both temporal (speed of task performance) and spatial (accuracy of task performance) parameters of Physiomat tasks showed similar test–retest reliability. These findings are comparable to results of test–retest analyses of temporal (time used to complete the test) and spatial (the extent of the path moved by the COP during the test) variables of different dynamic balance tasks using a force platform with visual biofeedback in nondemented female nursing home residents [23].

Most previous studies excluded patients with dementia. Exclusion might be based on the assumptions that cognitively impaired persons show an increasing variability of test performance due to illness-related symptoms such as attentional deficits, inability to follow instructions, and impaired executive function. Such dementia-related characteristics challenge an accurate assessment and substantially restrict the reproducibility of specific performances (eg, [52,53]). The only study we found including persons with Alzheimer's disease showed similar results [33] analyzing test–retest reliability for temporal (reaction

time) and spatial (maximum excursion during test performance) variables.

Regarding test–retest reliability of motor-cognitive Physiomat tasks (PTMTs), we found an association between the complexity level and reproducibility. Spearman's rank correlations and ICCs were lower for simple PTMT compared with moderate and complex motor-cognitive tasks. We could exclude effects of deviating subsamples in different conditions (larger sample in simple condition, selection to high functioning participants in more complex conditions) by subsequent statistical test–retest analyses of 47 participants that successfully conducted all complexity levels. Results of subanalyses confirmed results of the nonselected group as ICCs were lower for simple PTMT compared with moderate and complex motor-cognitive tasks. Referring to this, we suggest a task-specific learning effect from simple to complex PTMTs, which may have led to smaller test performance variability and increased reproducibility regarding complex tasks. Such task-specific learning effects from simple to complex tasks have been reported by Lezak et al [54] attributed to the results of Oliveira et al [55]. The scientists argued that during an initial test, strategies to manage the task might have been developed, which facilitate performing subsequent tasks [54]. Such training mechanisms might have contributed to more reliable test results of complex PTMT in this study, as participants may have felt easier, and more competent in executing the tasks while gaining confidence and stability in performance by prolonged testing.

### **Sensitivity to Change**

Sensitivity to change was good to excellent for Physiomat assessment as it reproduced significant improvements regarding all trained Physiomat tasks (FTBT as well as simple, moderate, and complex PTMTs) after a 10-week (twice a week/10 minutes) intervention period. In this study, temporal parameters of PTMTs and FTBT appeared to be more sensitive to change, as effect sizes of test duration (time) were larger than those of accuracy (sway path). Differences might be the result of the test instruction to “perform the FTBT and the PTMTs as fast—not as accurate—as possible,” which focused on speed rather than accuracy of action. Results refer to a “speed-accuracy tradeoff” also reported in an intervention study [56] showing that participants were able to navigate quicker through a test path to measure foot placement but suffered the loss of accuracy after dance video game training. Results may also be influenced by variance of measurement as spatial outcomes showed higher SD compared with temporal outcomes leading to smaller effect sizes.

The complexity level of PTMTs seems to be relevant for responsiveness of Physiomat assessment. Whereas participants showed significant changes with low to high effect sizes in simple and moderate PTMTs, highest effect sizes were found under more challenging conditions (complex PTMT). Results confirmed previous findings from our research group in patients with dementia that more challenging tasks showed higher training gains, in case challenging tasks were still feasible for participants [57]. It is the very large effect sizes documented in highly trained outcomes representing the maximal potential change to be achieved, which are of paramount methodological

interest in this study. These large effect sizes indicated the excellent sensitivity to change for the Physiomat assessment. Results supported the task-specific assessment approach as developed for the computerized game-based training and assessment program to document task-specific training gains.

### Feasibility

Physiomat assessment was feasible even in an old and frail sample with mild-to-moderate dementia. Willingness of the participants to attend in the computerized game-based Physiomat assessment was excellent as only 1 very frail subject, who expressed fear, refused assessment. Results were in line with other reports in force platform-based assessment strategies that are comparable with Physiomat measures, which indicated adequate participation in machine-based computerized tests [58] and a high response rate in patients with dementia [33].

In this present study, all subjects could cope with the FTBT, and most participants could perform lower complexity levels of simple and moderate PBTs and simple and moderate PTMTs. As expected, response rate of the complex tasks was lower based on the higher request on motor-cognitive performance. According to the participants' reports, fatigue based on motor-functional or cognitive limitations was the primary reason for discontinuation. Unfortunately, based on the participants' reports, we could not further specify results. Report of fatigue may have been caused by advanced motor impairment and frailty in the study sample or by psychological mechanisms. Previous results of the working group documented that repressive coping strategies or denial of events were significantly associated with inadequate reports on anxiety-related events such as falls in old age [59]. As denial is distinctive of types of dementia [60], we supposed that repressive coping strategy may have led to underreporting of cognitive limitations causing fatigue.

Completion time of Physiomat assessment averaged 25.8 minutes for the comprehensive Physiomat test protocol including a detailed and clear instruction, several trials and breaks between single tasks, and performance levels. As in the original test protocol, more than 3 tasks (simple, moderate, and complex PTMTs) as documented in this validation study were assessed and the completion time to perform those will be substantially

reduced. Time to complete ranged from 6 to 55 minutes because of a large heterogeneity of the participants with respect to motor-functional and cognitive status. Completion time of a variety of noninteractive computer-based cognitive tests or batteries to assess or detect age-related changes in cognition ranged from 15 to 60 minutes [61]. Time to complete assessments that is directly comparable to the presented Physiomat measures such as force platform-based assessments [23,33] was not mentioned in the papers.

Participants' safety was a clear focus in this study as training and assessment was tightly supervised, and clear and brief instructions were provided. As a result, all Physiomat tasks included in the study could be performed safely in this challenging sample of cognitively impaired older adults as no clinical events, falls, and slips could be documented. Safety outcomes are in line with a comparable study examining test-retest reliability of a force platform assessment in people with dementia [33].

### Limitations

Increasing complexity levels in different task conditions led to decreasing sample sizes for each condition. Although we confirmed results of the whole group in the subsample of persons who participated in all test, comparability of psychometric quality may be influenced by slight change of samples between conditions.

### Conclusions

Study results confirm good-to-excellent psychometric quality of an internal assessment approach using quantitative data derived from a computerized game-based training program (Physiomat) in frail persons with mild-to-moderate stage of dementia. This approach provides quantitative parameters that relate to identical and integrated performances trained by using Physiomat and are therefore direct marker of motor-cognitive Physiomat training tasks. Physiomat assessment may represent an evaluation strategy to document game performances and training-associated effects in a rapidly increasing research field including serious games, virtual reality, and machine-based, computerized training.

### Acknowledgments

The study was supported by the Robert Bosch Foundation, the Network of Aging Research (NAR) at the University of Heidelberg, and the Dietmar Hopp Foundation. We kindly thank M. Günther for her assistance in training and supervising participants and S. Schnaidt, and O. Schilling for supporting statistical analysis. J. Lautenschläger (EPL engineering, Physiomat) is acknowledged for technical support during the study and cooperation in the development of the training program.

### Conflicts of Interest

None declared.

### References

1. Zmily A, Mowafi Y, Mashal E. Study of the usability of spaced retrieval exercise using mobile devices for Alzheimer's disease rehabilitation. *JMIR Mhealth Uhealth* 2014;2(3):e31 [FREE Full text] [doi: [10.2196/mhealth.3136](https://doi.org/10.2196/mhealth.3136)] [Medline: [25124077](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25124077/)]
2. Lim FS, Wallace T, Luszcz MA, Reynolds KJ. Usability of tablet computers by people with early-stage dementia. *Gerontology* 2013;59(2):174-182. [doi: [10.1159/000343986](https://doi.org/10.1159/000343986)] [Medline: [23257664](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23257664/)]

3. Schoene D, Valenzuela T, Lord SR, de Bruin ED. The effect of interactive cognitive-motor training in reducing fall risk in older people: a systematic review. *BMC Geriatr* 2014;14:107 [FREE Full text] [doi: [10.1186/1471-2318-14-107](https://doi.org/10.1186/1471-2318-14-107)] [Medline: [25240384](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25240384/)]
4. Webster D, Celik O. Systematic review of Kinect applications in elderly care and stroke rehabilitation. *J Neuroeng Rehabil* 2014;11:108 [FREE Full text] [doi: [10.1186/1743-0003-11-108](https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-108)] [Medline: [24996956](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24996956/)]
5. Kazmi S, Ugail H, Lesk V, Palmer I. Interactive Digital Serious Games for the Assessment, Rehabilitation, and Prediction of Dementia. *International Journal of Computer Games Technology* 2014;2014:1-11. [doi: [10.1155/2014/701565](https://doi.org/10.1155/2014/701565)]
6. McCallum S, Boletsis C. Dementia Games: A Literature Review of Dementia-Related Serious Games. In: Ma M, Oliveira MF, Petersen S, Hauge JB, editors. *Serious games development and applications*. Berlin Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2013:15-27.
7. Robert PH, König A, Amieva H, Andrieu S, Bremond F, Bullock R, et al. Recommendations for the use of Serious Games in people with Alzheimer's Disease, related disorders and frailty. *Front Aging Neurosci* 2014;6:54 [FREE Full text] [doi: [10.3389/fnagi.2014.00054](https://doi.org/10.3389/fnagi.2014.00054)] [Medline: [24715864](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24715864/)]
8. Kayama H, Okamoto K, Nishiguchi S, Yamada M, Kuroda T, Aoyama T. Effect of a Kinect-based exercise game on improving executive cognitive performance in community-dwelling elderly: case control study. *J Med Internet Res* 2014 Jan;16(2):e61 [FREE Full text] [doi: [10.2196/jmir.3108](https://doi.org/10.2196/jmir.3108)] [Medline: [24565806](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24565806/)]
9. Szturm T, Hochman J, Wu C, Lisa L, Reimer K, Wonneck B, et al. Games and Telerehabilitation for Balance Impairments and Gaze Dysfunction: Protocol of a Randomized Controlled Trial. *JMIR Res Protoc* 2015;4(4):e118 [FREE Full text] [doi: [10.2196/resprot.4743](https://doi.org/10.2196/resprot.4743)] [Medline: [26490109](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26490109/)]
10. van Diest DM, Lamoth CJ, Stegenga J, Verkerke GJ, Postema K. Exergaming for balance training of elderly: state of the art and future developments. *J Neuroeng Rehabil* 2013;10:101 [FREE Full text] [doi: [10.1186/1743-0003-10-101](https://doi.org/10.1186/1743-0003-10-101)] [Medline: [24063521](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24063521/)]
11. Betker AL, Desai A, Nett C, Kapadia N, Szturm T. Game-based exercises for dynamic short-sitting balance rehabilitation of people with chronic spinal cord and traumatic brain injuries. *Phys Ther* 2007 Oct;87(10):1389-1398 [FREE Full text] [doi: [10.2522/ptj.20060229](https://doi.org/10.2522/ptj.20060229)] [Medline: [17712036](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17712036/)]
12. Yamada M, Aoyama T, Nakamura M, Tanaka B, Nagai K, Tatematsu N, et al. The reliability and preliminary validity of game-based fall risk assessment in community-dwelling older adults. *Geriatr Nurs* 2011;32(3):188-194. [doi: [10.1016/j.gerinurse.2011.02.002](https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2011.02.002)] [Medline: [21501899](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21501899/)]
13. Wikstrom EA. Validity and reliability of Nintendo Wii Fit balance scores. *J Athl Train* 2012 Jun;47(3):306-313 [FREE Full text] [doi: [10.4085/1062-6050-47.3.16](https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.3.16)] [Medline: [22892412](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22892412/)]
14. Goble DJ, Cone BL, Fling BW. Using the Wii Fit as a tool for balance assessment and neurorehabilitation: the first half decade of "Wii-search". *J Neuroeng Rehabil* 2014 Feb;11:12 [FREE Full text] [doi: [10.1186/1743-0003-11-12](https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-12)] [Medline: [24507245](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24507245/)]
15. Young W, Ferguson S, Brault S, Craig C. Assessing and training standing balance in older adults: a novel approach using the 'Nintendo Wii' Balance Board. *Gait Posture* 2011 Feb;33(2):303-305. [doi: [10.1016/j.gaitpost.2010.10.089](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.10.089)] [Medline: [21087865](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21087865/)]
16. Clark RA, Bryant AL, Pua Y, McCrory P, Bennell K, Hunt M. Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance. *Gait Posture* 2010 Mar;31(3):307-310. [doi: [10.1016/j.gaitpost.2009.11.012](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.11.012)] [Medline: [20005112](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20005112/)]
17. Clark RA, Pua Y, Oliveira CC, Bower KJ, Thilarajah S, McGaw R, et al. Reliability and concurrent validity of the Microsoft Xbox One Kinect for assessment of standing balance and postural control. *Gait Posture* 2015 Jul;42(2):210-213. [doi: [10.1016/j.gaitpost.2015.03.005](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.03.005)] [Medline: [26009500](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26009500/)]
18. Park D, Lee G. Validity and reliability of balance assessment software using the Nintendo Wii balance board: usability and validation. *J Neuroeng Rehabil* 2014;11:99 [FREE Full text] [doi: [10.1186/1743-0003-11-99](https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-99)] [Medline: [24912769](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24912769/)]
19. Ruff J, Wang TL, Quatman-Yates CC, Phieffer LS, Quatman CE. Commercially available gaming systems as clinical assessment tools to improve value in the orthopaedic setting: a systematic review. *Injury* 2015 Feb;46(2):178-183. [doi: [10.1016/j.injury.2014.08.047](https://doi.org/10.1016/j.injury.2014.08.047)] [Medline: [25441576](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25441576/)]
20. Bower KJ, McGinley JL, Miller KJ, Clark RA. Instrumented static and dynamic balance assessment after stroke using Wii Balance Boards: reliability and association with clinical tests. *PLoS One* 2014;9(12):e115282 [FREE Full text] [doi: [10.1371/journal.pone.0115282](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115282)] [Medline: [25541939](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25541939/)]
21. Holmes JD, Jenkins ME, Johnson AM, Hunt MA, Clark RA. Validity of the Nintendo Wii balance board for the assessment of standing balance in Parkinson's disease. *Clin Rehabil* 2013 Apr;27(4):361-366. [doi: [10.1177/0269215512458684](https://doi.org/10.1177/0269215512458684)] [Medline: [22960241](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22960241/)]
22. Schoene D, Lord SR, Verhoef P, Smith ST. A novel video game--based device for measuring stepping performance and fall risk in older people. *Arch Phys Med Rehabil* 2011 Jun;92(6):947-953. [doi: [10.1016/j.apmr.2011.01.012](https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.01.012)] [Medline: [21549352](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21549352/)]
23. Sihvonen SE, Sipilä S, Era PA. Changes in postural balance in frail elderly women during a 4-week visual feedback training: a randomized controlled trial. *Gerontology* 2004;50(2):87-95. [doi: [10.1159/000075559](https://doi.org/10.1159/000075559)] [Medline: [14963375](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14963375/)]



24. Szturm T, Sakhalkar V, Boreskie S, Marotta JJ, Wu C, Kanitkar A. Integrated testing of standing balance and cognition: test-retest reliability and construct validity. *Gait Posture* 2015 Jan;41(1):146-152. [doi: [10.1016/j.gaitpost.2014.09.023](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.09.023)] [Medline: [25455701](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25455701/)]
25. Betker AL, Szturm T, Moussavi ZK, Nett C. Video game-based exercises for balance rehabilitation: a single-subject design. *Arch Phys Med Rehabil* 2006 Aug;87(8):1141-1149. [doi: [10.1016/j.apmr.2006.04.010](https://doi.org/10.1016/j.apmr.2006.04.010)] [Medline: [16876562](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16876562/)]
26. Szturm T, Betker A, Moussavi Z, Desai A, Goodman V. Effects of an interactive computer game exercise regimen on balance impairment in frail community-dwelling older adults: a randomized controlled trial. *Phys Ther* 2011;91(10):1449-1462. [doi: [10.2522/ptj.20090205](https://doi.org/10.2522/ptj.20090205)] [Medline: [21799138](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21799138/)]
27. Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc* 1991 Feb;39(2):142-148. [Medline: [1991946](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1991946/)]
28. Berg K, Wood-Dauphinee SL, Williams J, Maki B. Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. *Can J Public Health* 1992;83 Suppl 2:S7-11. [Medline: [1468055](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1468055/)]
29. Padala KP, Padala PR, Malloy TR, Geske JA, Dubbert PM, Dennis RA, et al. Wii-fit for improving gait and balance in an assisted living facility: a pilot study. *J Aging Res* 2012;2012:597573 [FREE Full text] [doi: [10.1155/2012/597573](https://doi.org/10.1155/2012/597573)] [Medline: [22745909](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22745909/)]
30. Maillot P, Perrot A, Hartley A. Effects of interactive physical-activity video-game training on physical and cognitive function in older adults. *Psychol Aging* 2012 Sep;27(3):589-600. [doi: [10.1037/a0026268](https://doi.org/10.1037/a0026268)] [Medline: [22122605](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22122605/)]
31. Lai C, Peng C, Chen Y, Huang C, Hsiao Y, Chen S. Effects of interactive video-game based system exercise on the balance of the elderly. *Gait Posture* 2013 Apr;37(4):511-515. [doi: [10.1016/j.gaitpost.2012.09.003](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.09.003)] [Medline: [23177921](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23177921/)]
32. Koslucher F, Wade MG, Nelson B, Lim K, Chen F, Stoffregen TA. Nintendo Wii Balance Board is sensitive to effects of visual tasks on standing sway in healthy elderly adults. *Gait Posture* 2012 Jul;36(3):605-608. [doi: [10.1016/j.gaitpost.2012.05.027](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.05.027)] [Medline: [22748469](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22748469/)]
33. Suttanon P, Hill KD, Dodd KJ, Said CM. Retest reliability of balance and mobility measurements in people with mild to moderate Alzheimer's disease. *Int Psychogeriatr* 2011 Sep;23(7):1152-1159. [doi: [10.1017/S1041610211000639](https://doi.org/10.1017/S1041610211000639)] [Medline: [21489342](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21489342/)]
34. Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res* 1975 Nov;12(3):189-198. [Medline: [1202204](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1202204/)]
35. Dubois B, Slachevsky A, Litvan I, Pillon B. The FAB: a Frontal Assessment Battery at bedside. *Neurology* 2000 Dec 12;55(11):1621-1626. [Medline: [11113214](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11113214/)]
36. Morris JC, Mohs RC, Rogers H, Fillenbaum G, Heyman A. Consortium to establish a registry for Alzheimer's disease (CERAD) clinical and neuropsychological assessment of Alzheimer's disease. *Psychopharmacol Bull* 1988;24(4):641-652. [Medline: [3249766](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3249766/)]
37. Oswald W, Fleischmann U. Das Nürnberger-Alters-Inventar (NAI) - Testinventar & NAI-Testmanual und Textband. 4th edition. Göttingen: Hogrefe; 1997.
38. Reitan R. Validity of the trail making test as an indicator of organic brain damage. *Perceptual and Motor Skills* 1958;8:271-276.
39. EPL medical engineering. URL: <http://www.epl.de/> [accessed 2016-02-21] [WebCite Cache ID 6fSbU22cu]
40. Yesavage JA, Brink TL, Rose TL, Lum O, Huang V, Adey M, et al. Development and validation of a geriatric depression screening scale: a preliminary report. *J Psychiatr Res* 1982;17(1):37-49. [Medline: [7183759](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7183759/)]
41. Yardley L, Beyer N, Hauer K, Kempen G, Piot-Ziegler C, Todd C. Development and initial validation of the Falls Efficacy Scale-International (FES-I). *Age Ageing* 2005 Nov;34(6):614-619 [FREE Full text] [doi: [10.1093/ageing/afi196](https://doi.org/10.1093/ageing/afi196)] [Medline: [16267188](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16267188/)]
42. Tinetti ME. Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *J Am Geriatr Soc* 1986 Feb;34(2):119-126. [Medline: [3944402](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3944402/)]
43. Atkinson RC, Shiffrin RM. The control of short-term memory. *Sci Am* 1971 Aug;225(2):82-90. [Medline: [5089457](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5089457/)]
44. Carmine E, Zeller R. Reliability and validity assessment. Newbury Park, London, New Delhi: SAGE publications; 1979.
45. Terwee CB, Bot SD, de Boer MR, van der Windt DA, Knol DL, Dekker J, et al. Quality criteria were proposed for measurement properties of health status questionnaires. *J Clin Epidemiol* 2007 Jan;60(1):34-42. [doi: [10.1016/j.jclinepi.2006.03.012](https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2006.03.012)] [Medline: [17161752](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17161752/)]
46. Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd edition. New York: Academic Press; 1988.
47. Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull* 1979 Mar;86(2):420-428. [Medline: [18839484](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18839484/)]
48. Fleiss J. Design and analysis of clinical experiments. New York: John Wiley & Sons Inc; 1986.
49. Hauer K, Oster P. Measuring functional performance in persons with dementia. *J Am Geriatr Soc* 2008 May;56(5):949-950. [doi: [10.1111/j.1532-5415.2008.01649.x](https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2008.01649.x)] [Medline: [18454757](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18454757/)]
50. Hauer K, Pfisterer M, Weber C, Wezler N, Kliegel M, Oster P. Cognitive impairment decreases postural control during dual tasks in geriatric patients with a history of severe falls. *J Am Geriatr Soc* 2003 Nov;51(11):1638-1644. [Medline: [14687396](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14687396/)]

51. Oh KY, Kim SA, Lee SY, Lee YS. Comparison of manual balance and balance board tests in healthy adults. *Ann Rehabil Med* 2011 Dec;35(6):873-879 [[FREE Full text](#)] [doi: [10.5535/arm.2011.35.6.873](https://doi.org/10.5535/arm.2011.35.6.873)] [Medline: [22506217](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22506217/)]
52. Ries JD, Echternach JL, Nof L, Gagnon BM. Test-retest reliability and minimal detectable change scores for the timed “up & go” test, the six-minute walk test, and gait speed in people with Alzheimer disease. *Phys Ther* 2009 Jun;89(6):569-579 [[FREE Full text](#)] [doi: [10.2522/ptj.20080258](https://doi.org/10.2522/ptj.20080258)] [Medline: [19389792](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19389792/)]
53. Tappen RM, Roach KE, Buchner D, Barry C, Edelstein J. Reliability of physical performance measures in nursing home residents with Alzheimer's disease. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1997 Jan;52(1):M52-M55 [[FREE Full text](#)] [Medline: [9008669](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9008669/)]
54. Lezak M, Howieson D, Bigler E, Tranel D. *Neuropsychological assessment*. New York: Oxford University Press; 2012.
55. Oliveira RS, Trezza BM, Busse AL, Jacob-Filho W. Learning effect of computerized cognitive tests in older adults. *Einstein (Sao Paulo)* 2014 Apr;12(2):149-153 [[FREE Full text](#)] [Medline: [25003917](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25003917/)]
56. Pichierri G, Murer K, de Bruin ED. A cognitive-motor intervention using a dance video game to enhance foot placement accuracy and gait under dual task conditions in older adults: a randomized controlled trial. *BMC Geriatr* 2012;12:74 [[FREE Full text](#)] [doi: [10.1186/1471-2318-12-74](https://doi.org/10.1186/1471-2318-12-74)] [Medline: [23241332](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23241332/)]
57. Schwenk M, Zieschang T, Oster P, Hauer K. Dual-task performances can be improved in patients with dementia: a randomized controlled trial. *Neurology* 2010 Jun 15;74(24):1961-1968. [doi: [10.1212/WNL.0b013e3181e39696](https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3181e39696)] [Medline: [20445152](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20445152/)]
58. Piirtola M, Era P. Force platform measurements as predictors of falls among older people - a review. *Gerontology* 2006;52(1):1-16. [doi: [10.1159/000089820](https://doi.org/10.1159/000089820)] [Medline: [16439819](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16439819/)]
59. Hauer K, Tremmel A, Ramroth H, Pfisterer M, Todd C, Oster P, et al. Repressive coping in geriatric patients' reports - impact on fear of falling. *Z Gerontol Geriatr* 2009 Apr;42(2):137-144. [doi: [10.1007/s00391-008-0552-9](https://doi.org/10.1007/s00391-008-0552-9)] [Medline: [18560787](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18560787/)]
60. Bahro M, Silber E, Sunderland T. How do patients with Alzheimer's disease cope with their illness? A clinical experience report. *J Am Geriatr Soc* 1995 Jan;43(1):41-46. [Medline: [7806738](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7806738/)]
61. Wild K, Howieson D, Webbe F, Seelye A, Kaye J. Status of computerized cognitive testing in aging: a systematic review. *Alzheimers Dement* 2008 Nov;4(6):428-437 [[FREE Full text](#)] [doi: [10.1016/j.jalz.2008.07.003](https://doi.org/10.1016/j.jalz.2008.07.003)] [Medline: [19012868](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19012868/)]

## Abbreviations

**CERAD:** Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's disease

**CI:** confidence interval

**COP:** center of pressure

**FES-I:** Falls-Efficacy-Scale-International

**FTBT:** Physiomat Follow-The-Ball Task

**GDS:** Geriatric Depression Scale

**ICC:** intraclass correlations

**MMSE:** Mini-Mental-State Examination

**POMA:** performance-oriented mobility assessment

**PTMT:** Physiomat Trail-Making Task

**PBT:** Physiomat-Balance Task

**SD:** standard deviation

**SRM:** standardized response mean

**TMT:** Trail-Making-Test

**TUG:** Timed-Up-and-Go

**ZN-G:** Zahlen-Nachsprechen-G (Repeating-Number-Test)

**ZVT-G:** Zahlen-Verbindungs-Test-G (Connecting Number-Test)

*Edited by G Eysenbach; submitted 25.02.16; peer-reviewed by T Szturm, M D. Patterson; comments to author 14.04.16; revised version received 26.05.16; accepted 04.07.16; published 18.07.16*

*Please cite as:*

*Wiloth S, Lemke N, Werner C, Hauer K*

*Validation of a Computerized, Game-based Assessment Strategy to Measure Training Effects on Motor-Cognitive Functions in People With Dementia*

*JMIR Serious Games 2016;4(2):e12*

URL: <http://games.jmir.org/2016/2/e12/>

doi: [10.2196/games.5696](https://doi.org/10.2196/games.5696)

PMID: [27432746](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27432746/)



©Stefanie Wiloth, Nele Lemke, Christian Werner, Klaus Hauer. Originally published in JMIR Serious Games (<http://games.jmir.org>), 18.07.2016. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work, first published in JMIR Serious Games, is properly cited. The complete bibliographic information, a link to the original publication on <http://games.jmir.org>, as well as this copyright and license information must be included.

## V. Schrift

---

---

Aging & Mental Health

July 2016, pp. 1-12

***Motor-cognitive effects of a computerized game-based training method in people with dementia: a randomized controlled trial***

Authors: S. Wiloth, Werner C, N. Lemke, Bauer J., K. Hauer

Die folgende Schrift ist ein von den Autoren akzeptiertes Manuskript des oben zitierten Originalartikels, welches im Juli 2016 in der Zeitschrift Aging & Mental Health publiziert wurde (<http://dx.doi.org/10.1080/13607863.2017.1348472>). Das Manuskript konnte mit Zustimmung der Taylor & Francis Group wiederverwendet werden.

This is the authors accepted manuscript of an article published as the version of record in Aging & Mental Health on 6th July 2017. <http://www.tandfonline.com/http://dx.doi.org/10.1080/13607863.2017.1348472>

Manuscript received on 29 Dec 2016, accepted on 25 Jun 2017, and published online on 06 Jul 2017

# Motor-Cognitive Effects of a Computerized Game-Based Training in People with Dementia: A Randomized Controlled Trial

---

---

Wiloth S, Werner C, Lemke N, Bauer J, Hauer K

Eingereicht am 29.12.2016 in der Zeitschrift *Aging and Mental Health*

Status zum Zeitpunkt der Abgabe der Dissertation: *under review*

## Abstract

**Objectives:** To examine the effects of a computerized, game-based training on motor-cognitive performances, the transfer of potential training effects on untrained tasks, and the sustainability of training gains after a follow-up period without training in people with dementia. **Method:** Ninety-nine individuals with a mean age of 82.9 (5.8) years and mild to moderate dementia participated in a 10-week randomized controlled trial with 3-month follow-up. The intervention group (IG) received a motor-cognitive training on an interactive training device (Physiomat<sup>®</sup>) including concurrent dual tasks of balance control with a modified version of the Trail Making Test (Physiomat<sup>®</sup>-Trail Making Tasks [PTMTs]). The control group (CG) performed a non-specific, low-intensity exercise training. Game-based, motor-cognitive performance was assessed by the duration and sway path at different complexity levels of trained and untrained PTMTs and by the number of successfully performed trained and untrained PTMTs (PTMT score) **Results:** Physiomat<sup>®</sup> training significantly improved the duration and sway path at almost all complexity levels of trained ( $P < .001 - .047$ ,  $\eta_p^2 = .065 - .589$ ) and untrained PTMTs ( $P < .001 - .005$ ,  $\eta_p^2 = .204 - .384$ ). Significant effects were also found for the PTMT score of trained ( $P < .001$ ,  $\eta_p^2 = .211$ ) and untrained PTMTs ( $P < .001$ ,  $\eta_p^2 = .184$ ). Training gains in trained and untrained PTMTs were partly sustained at follow-up. **Conclusion:** Computerized, game-based training on the Physiomat<sup>®</sup> is feasible and has the potential to sustainably improve game-related motor-cognitive performances in multi-morbid older people with dementia.

Keywords: dementia, exergame, cognition, motor-cognitive functions, training

Trial registration number: ISRCTN37232817

## Introduction

The evidence on the efficacy of current drug therapies in people with dementia is still limited (Galimberti & Scarpini, 2011; O'Brien et al., 2011; Salomone et al., 2012) leading to a growing interest in the research area of non-pharmacological treatments (e.g. cognitive simulation, behavioral interventions, physical exercise) (Livingston, 2014; Olazarán et al., 2010; Oyebode & Parveen, 2016). A number of studies have shown that

physical exercise (e.g. aerobic, strength or coordination exercises) may be effective to reduce cognitive decline or enhance cognitive functions in older adults (e.g. Angevaren et al., 2008; Colcombe & Kramer, 2003) but also in people with dementia (e.g. Heyn, Abreu, & Ottenbacher, 2004; Lautenschlager, Cox, & Cyarto, 2012). There is evidence indicating that especially a combination of mental and physical exercise may have a positive effect on cognitive functions in older adults with and without cognitive impairment (Law, Barnett, Yau, & Gray, 2014; Schäfer & Schuhmacher, 2011). Recent research in people with dementia has therefore increasingly focused on motor-cognitive intervention strategies. Exergames that combine physical exercise with cognitive stimulation by video games specifically developed for rehabilitation, education and training purposes (“serious games”) may represent a promising and effective tool for motor-cognitive training in older adults with and without cognitive impairment (Pichierri, Wolf, Murer, & de Bruin, 2011; ; Schoene, Valenzuela, Lord, & de Bruin, 2014). In health care, such computerized, game-based training tools have become popular as their playful character might help to encourage people to participate in physical activity and to enhance their motivation toward exercise adherence (Betker et al., 2005; Chao, Scherer, & Montgomery, 2015; Fitzgerald et al., 2010).

Current systematic reviews found positive effects of exergaming on physical functions, cognition, and psychosocial outcomes in cognitively healthy older adults, indicating that exergames may also be an effective intervention strategy in people with cognitive impairment (Chao et al., 2015; Laufer, Dar, & Kodesh, 2014; Miller et al., 2014; Molina, Ricci, de Moraes, & Perracini, 2013; Schoene et al., 2014; Skjæret et al., 2016). However, in cognitively impaired people and in people with dementia published results on the effectiveness of exergaming are still scarce and inconsistent. The exergame interventions most frequently used in this population covered video-sports games with a rather low level of cognitive load (e.g. Nintendo Wii Sports™). Few studies reported on positive effects of these exergames on physical functions (Padala et al., 2012), global cognition and visuospatial and constructive function (Yamaguchi, Maki, & Takahasi, 2011), attention to task and positive affect (Weybright, Dattilo, & Rusch, 2010), or game performances (e.g. game score, number of errors) (Fenney & Lee, 2010; Legouverneur, Pino, & Boulay, 2011).

In contrast, there are also studies that could not demonstrate positive effects on physical functions (Hughes et al., 2014; McEwen, Taillon-Hobson, Bilodeau, Sveistrup, & Finestone, 2014), global cognition (Padala et al., 2012; Hughes et al., 2014), or specific cognitive functions such as attention, executive functions, and processing speed (Hughes et al., 2014).

The lacking evidence on the effectiveness of exergaming in people with cognitive impairment and dementia might be due to different reasons. The available data have been obtained mainly from case studies (Fenney & Lee, 2010; McEwen et al., 2014; Weybright et al., 2010), usability studies (Legouverneur et al., 2011), non-controlled studies (Yamaguchi et al., 2014), and randomized, controlled studies with small sample sizes (Hughes et al., 2014; Padala et al., 2012). Also long-term follow-up assessments to evaluate the sustainability of possible training effects are predominantly lacking

(Legouverneur et al., 2011; Padala et al., 2012; Weybright et al. 2010; Yamaguchi et al., 2014).

Additionally, a broad variety of outcome measures were used across studies to examine the effects of the exergame intervention, including most frequently external outcome measures after gameplay such as clinical performance-based measures (e.g. Timed Up and Go [TUG], Berg Balance Scale) or cognitive tests (e.g. Mini-Mental Status Examination [MMSE]) (Padala et al., 2012; Yamaguchi et al., 2011; McEwen et al., 2014; Hughes et al., 2014) or occasionally internal outcome measures to assess the game performance during gameplay, for instance by game scores or number of errors (Fenney & Lee, 2010; Legouverneur et al., 2011).

The use of external outcome measures effectively means that actually the transfer of benefit from trained tasks to more general task-related domains (e.g. global motor or cognitive functioning) was assessed, rather than the specific effects of training on the trained tasks with their specific demands. Such an assessment strategy seemed to be based on the assumption that effects of exergame training would generalize beyond the training context and would thereby improve participants' performance in the trained domains generally. A similar assessment approach has already been used in studies evaluating cognitive training methods for people with dementia; however, only very limited evidence has been found to support such transfer effects (Bahar-Fuchs, Clare, & Fuchs, 2013 for overview). To document specific training effects, outcome measures have to be used that assess the specific task performance trained during the intervention. A high specificity of outcome measures may be particularly relevant in people with dementia that show a reduced ability to use acquired skills in other contexts (Dick et al., 2000; Littbrand et al., 2011), i.e. also in external outcome measures. Exergames may enable a highly task-specific, reliable and valid assessment of trained, game-based performances by using quantitative data directly derived from the data stream of sensor systems actually used to control the gameplay (Wiloth et al., 2016). However, only very few studies in cognitively impaired people seemed to have used the exergame itself as a source for internal assessment to evaluate the effectiveness of exergame interventions by task-specific performances (Fenney & Lee, 2010; Legouverneur et al., 2011).

Some of the studies performed in patients with dementia lack established standards for dementia diagnosis. Only cognitive screening tools such as the Mini Mental State Examination (MMSE) were used rather than international established criteria for probable dementia (Padala et al., 2012) or the dementia criteria used for study inclusion were not (Yamaguchi et al., 2011) or insufficiently described (McEwen et al. 2014), which may have led to heterogeneous study samples with respect to the level of cognitive impairment.

In summary, high-quality intervention studies on the effectiveness of exergame training including highly challenging motor-cognitive dual-tasks to improve motor-cognitive performances are still lacking in people with dementia.

Therefore, the aim of this study was to evaluate the effects of a computerized, game-based training with an interactive training device (Physiomat<sup>®</sup>) including concurrent dual-tasks of balance control with a modified version of an established, neuropsych-

chological test (Physiomat<sup>®</sup>-Trail Making Task [PTMT]) on task-specific, game-based motor-cognitive performances in people with dementia. In addition, we examined the transfer of benefits from trained to untrained tasks and the sustainability of training gains after a follow-up period without training.

## **Methods**

### ***Study Design***

The present study was designed as a double-blinded, randomized, controlled 10-week intervention trial. The ethics committee of the Medical Department of the University of Heidelberg approved the study in accordance with the Declaration of Helsinki. Written informed consent was obtained from all participants (or legal representatives) prior to study inclusion.

### ***Study Population***

Participants were consecutively recruited from rehabilitation wards of the AGAPLESION Bethanien Hospital Heidelberg, nursing homes, and a community dwelling population. Predefined inclusion criteria were: age of 65 years and older, residence within 15 km of the study center, no severe or uncontrolled metabolic, neurological, cardiovascular, (or) psychiatric disorders, visual deficits, inability to walk 10m without using a walking aid, and written informed consent.

Eligible participants were screened for cognitive status using the MMSE (Folstein, Folstein, & McHugh, 1975). In those with a MMSE score of 17-26 a comprehensive testing was performed including the Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease [CERAD]; Morris, Mohs, Rogers, Fillenbaum, & Heyman, 1988), a modified Trail Making Test (ZVT-G; Oswald & Fleischmann, 1999), and digit-span test (ZN-G; Oswald & Fleischmann, 1999). Individuals who met predefined CERAD criteria for probable dementia were randomly assigned to the intervention (IG) or control group (CG) after baseline testing (T1) by a person unrelated to the study. Randomization was undertaken using an urn design for clinical trials (Wei, 1977) stratified according to sex and place of recruitment (rehabilitation wards vs. others).

### ***Intervention***

Subjects of the IG participated in a comprehensive motor-cognitive training program for 10 weeks (1.5h, twice a week) in groups at a maximum of 7 participants. Game-based, motor-cognitive training on an interactive balance training device (Physiomat<sup>®</sup>) (Figure 1) lasted 10 minutes within each training session. Concurrent dual tasks of various elements on balance ability (weight shifting tasks and postural control while standing) with specific cognitive functions such as executive functions are required on the Physiomat<sup>®</sup>.

The operating principle of Physiomat<sup>®</sup> is based on a specific combination of swivel joints fixed on 2 independent levels enabling bending, tilting, and rotation



movements while standing on a platform. This construction yields a special 3-dimensional movement sequence (sagittal, frontal, and transverse level).

<< *Please insert Figure 1 about here* >>

The aim of the first training session was to introduce the participants to the Physiomat<sup>®</sup> and to impart relevant strategies of balance displacement by using brief, simple and direct instructions (cueing), and haptic support (Hauer et al., 2012; Schwenk et al., 2008; Oddy, 1987) while they executed a standardized motor task without an increasing challenge level of cognitive task (Physiomat<sup>®</sup>-Follow-The-Ball Task [FTBT], Figure 2). Instructions were to move the cursor from the center of the screen directly to the targets highlighted as a moving yellow ball on the screen as fast as possible by shifting their weight while holding the handles of the Physiomat<sup>®</sup>

<< *Please insert Figure 2 about here* >>

In subsequent training sessions, participants were trained in performing Physiomat<sup>®</sup>-Trail-Making Tasks (PTMTs) on 5 different cognitive performance levels as defined by an increasing number of digits to be connected (number of digits: 4, 7, 9, 14, 20). Participants were asked to move the cursor on the screen in order to connect the number of digits provided as fast as possible in ascending order by weight shifting with holding the handles (Figure 3). The number of digits to be connected (i.e. PTMT level) was successively increased, as training progressed.

<< *Please insert Figure 3 about here* >>

Subjects of the CG underwent a supervised motor placebo group training for 10 weeks (1h, twice a week), including non-specific, low-intensity training on strength and flexibility for the upper body while seated.

Subjects had not been informed regarding the diverging aims of the two training approaches (Hauer et al., 2012; Hueger et al., 2009).

### ***Measures and data collection***

Assessments were conducted at baseline (T1), after a 10-week training program with Physiomat<sup>®</sup> (T2), and after a 3-month follow-up period without training (T3). Only tests established and validated in older adults with and without cognitive impairment were used in this study. Training adherence was recorded as percentage of successfully completed training sessions.

Various demographic and clinical characteristics were recorded (Table 1). Psychological status was assessed by the Geriatric Depression Scale (Yesavage et al., 1982) and the Falls Efficacy Scale International (Hauer et al., 2010), motor status by the

Timed Up and Go (Podsiadlo & Richardson, 1991) and the Performance Oriented Mobility Assessment (Tinetti, 1986), cognitive status by the MMSE (Folstein et al., 1975).

To measure motor-cognitive Physiomat<sup>®</sup> performances, we used task-specific assessment parameters directly derived from the data stream during the game task of Physiomat<sup>®</sup>, including temporal (test duration in seconds) and spatial (sway path in digits/ms) outcome parameters (Wiloth et al., 2016). Physiomat<sup>®</sup> assessment tasks included the FTBT and the 5 PTMTs trained by the IG during the intervention period.

Additionally, untrained PTMTs were assessed which differed from the trained PTMTs only in the position of the digits (different task constellation) but not in the number of digits shown on the screen. Untrained PTMTs also included five complexity levels, with the same increasing number of digits as used for the trained PTMTs (number of digits: 4, 7, 9, 14, 20).

Furthermore, we documented the number of successfully performed trained and untrained PTMT levels by dichotomous scoring (1 = successful; 0 = not successful). Based on that, we calculated total PTMT scores for the trained and untrained PTMTs by summing the individual scores. For both PTMT scores a maximum of 5 points could be achieved.

For assessment procedure, the same instructions were given as those used for the Physiomat<sup>®</sup> intervention (see above). Physiomat<sup>®</sup> assessment was administered by a person who was adequately trained in test procedures and who was blinded to the participants' group allocation. During assessment, no physical assistance, or cueing was allowed by the test administrator. Participants performed two trials for each Physiomat<sup>®</sup> task. The trial with the shortest test duration was used for the statistical analysis.

For each Physiomat<sup>®</sup> measurement, the best performance of two trials was used for statistical analyses.

Construct validity, test-retest reliability, sensitivity to change, and feasibility of the Physiomat<sup>®</sup> assessment have been reported previously, showing high biometrical quality in people with dementia (Wiloth et al., 2016).

### ***Statistical Analysis***

Statistical analyses were performed on an intention-to-treat basis using SPSS 22.0 for Windows. Data are presented as means and standard deviations (SD), medians and ranges or number and percentages (%) as appropriate. Unpaired t-tests, Mann-Whitney U-tests, and chi-square tests were calculated to determine differences between IG and CG at baseline.

Analyses of covariance with baseline value as covariate were used to test for significant differences in changes in Physiomat<sup>®</sup> outcome measures (duration, sway path, and PTMT scores) between IG and CG for the intervention period (T1-T2) and the total investigation period (T1-T3). Effect sizes for motor-cognitive training effects were calculated as partial eta squared ( $\eta_p^2$ ) and was considered as small ( $\eta_p^2 = 0.01$ ), medium ( $\eta_p^2 = 0.06$ ), and large ( $\eta_p^2 > 0.14$ ) (Cohen, 1988). The level of significance was set at  $P \leq 0.05$  for all analyses.

## Results

### *Recruitment and training adherence*

The process of screening, enrolment, allocation, follow-up, and data analysis is shown in figure 4. Out of 2,876 patients initially screened for eligibility, 99 were enrolled and randomly assigned to the IG (n = 56) or CG (n = 43). All participants who had given consent were included in baseline assessments (intention-to-treat analysis). All assessed participants received allocated intervention. Duration of Physiomat<sup>®</sup> intervention averaged 11.8 (3.7) weeks. Training adherence was high and did not differ between study groups (IG: 86.3% vs. CG: 91.3%; p = 0.30). Dropout rates (9% for IG and 6% for CG at T2, 16% for IG and 10% for CG at T3) related to serious medical events (IG T2: n = 2; T3: n = 3; CG T2: n = 3; T3: n = 4), injurious falls (IG T2: n = 2; T3: n = 4), and death (IG T2: n = 1; T3: n = 2; CG T2: n = 2; T3: n = 2). A number of patients denied despite repeated invitation to be tested (IG T2: n = 4; T3: n = 7; CG T2: n = 1, T3: n = 4). All fall and medical events as well as causes of death were attributed to pre-existing and were not related to intervention.

### *Participants' characteristics*

The study sample comprised multi-morbid older people with impaired cognitive status (Table 1). The participants' mean (SD) age was 82.9 (5.8) years and MMSE averaged 22.0 (2.9) points. Baseline functional performance was impaired: the POMA score averaged 22.6 (3.9) points and the median TUG time was 14.5s (range 6.5 -52.7). None of the participants was severely depressed (GDS = 12 -15). Forty-five participants (45.5%) reported one or more falls in the previous year. Sixty-eight (68.7%) were living at home independently, partly with supportive care, and 31 (31.3%) were institutionalized. No significant differences between IG and CG were found for descriptive variables at baseline (Table 1).

<< Please insert Table 1 about here >>

When dropouts (n = 26) were compared with those participants who stayed in the study until the end of follow-up (n = 73), no significant differences were found for any descriptive variables at baseline (range p = 0.090 - 0.747). Results are consistent with the statistical analysis for the total sample initially recruited, indicating that both groups were still comparable despite missing measures.

### *Effects of Physiomat<sup>®</sup> intervention on trained tasks*

Significant improvements induced by Physiomat<sup>®</sup> training were found in all trained tasks and in all Physiomat<sup>®</sup> outcomes (Table 2). The duration and the sway path for the FTBT (P < 0.001) and for all complexity levels of the PTMTs (P < 0.001 - 0.047) decreased significantly in the IG after training. Overall large effect sizes were found for duration ( $\eta_p^2 = 0.255 - 0.589$ ). Effect sizes for the sway path varied between moderate

to large ( $\eta_p^2 = 0.065 - 0.365$ ). Sample sizes decreased with increasing complexity level of the PTMTs; however, larger effect sizes for the duration and the sway path were found for more complex PTMTs (level 4 and 5). The PTMT score increased significantly in the IG after training ( $P < 0.001$ ) with a large effect size ( $\eta_p^2 = 0.184$ ).

<< Please insert Table 2 about here >>

### ***Effects of Physiomat<sup>®</sup> intervention on untrained tasks***

The Physiomat<sup>®</sup> outcomes for untrained tasks also significantly improved in the IG after training compared to participants in the CG (Table 3). As an effect of Physiomat<sup>®</sup> intervention, the duration significantly decreased for all complexity levels of the untrained PTMTs ( $P < 0.001 - 0.005$ ) with overall large effect sizes (range  $\eta_p^2 = 0.204 - 0.384$ ). For the sway path, also significant training-induced improvements were found for all PTMTs levels ( $P = 0.001 - 0.017$ ), except for level 2 ( $P = 0.121$ ). Effect sizes for significant group effects in the sway path were medium to large ( $\eta_p^2 = 0.073 - 0.459$ ).

Although samples sizes decreased with increasing PTMT level, the largest effect sizes for PTMT outcomes were found in the most complex PTMT levels. The PTMT score for untrained tasks increased also significantly in the IG after training ( $P < 0.001$ ) with a large effect size ( $\eta_p^2 = 0.211$ ).

<< Please insert Table 3 about here >>

### ***Sustainability of effects***

Training gains decreased in the follow-up period after training cessation, but significant effects could be identified in most of the trained Physiomat<sup>®</sup> tasks (Table 2) and partially also in the untrained tasks (Table 3), especially for the Physiomat<sup>®</sup> outcome duration.

The duration for the FTBT and for the trained PTMT levels 2 to 4 remained decreased in the IG after 3 months without training with significant differences between the IG and CG ( $P = 0.002 - 0.049$ ). The effect sizes for these significant group effects were smaller than those found at post-intervention assessment but were still medium for the FTBT ( $\eta_p^2 = 0.073 - 0.459$ ) and even large for the PTMTs ( $\eta_p^2 = 0.151 - 0.208$ ).

Sustained training effects in the IG could also be found for the sway path in the FTBT ( $P = 0.038$ ) and in the most complex PTMT levels 4 and 5 ( $P = 0.004-0.037$ ). The associated effect sizes were medium to large PTMTs ( $\eta_p^2 = 0.061 - 0.245$ ).

The PTMT score was elevated in the follow-up period in both groups (time effect for T1 vs. T3:  $P < 0.001$ ,  $\eta_p^2 = 0.306$ ), but between-group differences disappeared (group effect for T1 vs. T3:  $P < 0.142$ ,  $\eta_p^2 = 0.031$ ),

In untrained tasks, the duration for the PTMT levels 2, 3, and 4 in the follow-up was still decreased in the IG compared to the CG ( $P = 0.025-0.043$ ). The effect sizes for these group effects at follow-up varied between medium to large ( $\eta_p^2 = 0.085 - 0.246$ ). No sustained training effects were found for the sway path ( $P = 0.059-0.411$ ). At follow up, the PTMT score for untrained tasks was elevated in both groups (time effect for T1

vs. T3:  $P < 0.001$ ,  $\eta_p^2 = 0.348$ ), but between-group differences disappeared (group effect for T1 vs. T3:  $P < 0.067$ ,  $\eta_p^2 = 0.047$ ).

## Discussion

The present study demonstrates that a computerized, game-based training method (Physiomat<sup>®</sup>) is feasible and improves highly-challenging motor-cognitive performances in trained and untrained tasks in a sample of multi-morbid, frail older people with mild to moderate dementia. Training-induced improvements were partially sustained for at least 3 months after training cessation.

### *Physiomat<sup>®</sup> intervention effects on trained tasks*

Direct comparisons of our results are very limited due to the varying study designs, exergame interventions, and outcome measures used to examine the effectiveness of exergaming in people with dementia. Training-induced improvements in exergame performances in people with dementia assessed by internal outcomes measures have so far only been reported in studies with limited methodological quality, i.e. in a case study and a usability study without statistical analysis (Fenney & Lee, 2010; Legouverneur et al., 2011). The exergames used in these studies covered enjoyable video-sports games with a rather low level of cognitive load (i.e. Nintendo Wii Sports<sup>TM</sup>). In contrast, our findings are based on data gathered from a high-quality randomized controlled trial and show that game performance in people with dementia can also be improved in an exergame that required dual-tasking of a highly challenging motor (balance control) and cognitive task (modified Trail-Making Test).

The larger effects sizes found for the duration compared to the sway path might be the result of the test instruction to “perform the tasks as fast - not as accurate - as possible” which focused on speed rather than accuracy of action. Results refer to a “speed-accuracy tradeoff” showing that when participants perform a test more quickly they may consequently suffer a loss of accuracy (Fitts, 1954; Pichierri et al., 2012). Results may also be influenced by variance of measurement as in the present study sway path showed a higher standard deviation compared to task duration leading to smaller effect sizes.

Although increasing complexity levels in different Physiomat<sup>®</sup> task conditions led to decreasing sample sizes for each condition, significant training effects with highest effect sizes were found under more challenging test conditions. By using increasing complexity levels of the PTMT tasks for assessment, we ensured that each participant could be adequately challenged to assess his or her individual upper maximum motor-cognitive performance level (“testing the limits”). As some participants reached their performance limit already on lower complexity levels, this assessment approach caused, however, reduced sample sizes for the higher complexity levels. The smaller effect sizes for less complex levels might be explained by a potential ceiling effect for participants who may have been unchallenged at these task levels, leading to high performances prior to and after intervention thereby limiting the impact of the intervention on the

simple tasks in these participants. However, the large effect sizes for the high complexity levels despite the small sample sizes demonstrates the effectiveness of the intervention also in high-performing participants.

The significant increase in the PTMT score shows that participants of the IG are able to complete more complex tasks after Physiomat<sup>®</sup> intervention. Participants seem to have acquired task-coordination strategies and motor-cognitive skills during the intervention (e.g. Eggenberger, Schuhmacher, Angst, Theill, & de Bruin, 2015), facilitating the performance of more difficult tasks. In contrast to a single-case study which reported no opportunity to progress task complexity in an exergame due to memory deficits and difficulties in concentration (McEwen et al., 2014), we could demonstrate that a progress of complexity levels is feasible in older persons with dementia by using dementia-specific instructional strategies during training including brief, simple and direct verbal instructions, cueing, and haptic support.

In general training gains decreased after training cessation, but effects were partly sustained at the end of a three-month follow-up period with regard to the performance of motor-cognitive Physiomat<sup>®</sup> tasks. These findings are very important as dementia is characterized by a progressive course with an increase of symptoms associated with dementia. No to one of the identified studies that had included cognitively impaired older persons reported long-term effectiveness of exergaming on game-related cognitive or motor-cognitive abilities which reduced the comparability of the results of the present study.

### ***Physiomat<sup>®</sup> intervention effects in untrained tasks***

In untrained tasks, which differed from the trained task in terms of the positioning of the digits shown on the screen but required similar cognitive performances (“within-modality transfer condition“; Bherer et al., 2008), participants of the IG showed also significant training-induced improvements with effect sizes quite comparable to those found in trained tasks. Findings are actually comparable to results of previous studies including cognitively healthy older adults indicating that by exergaming multi-morbid people with dementia can achieve similar training gains as healthy older adults. Although these studies did not use internal outcome measures to assess game-based abilities but external tests to measure training-related cognitive performances, they could show a medium average effect size for executive function (Anderson-Hanley et al., 2012) and for motor-cognitive demands (Pichierri, Murer, & de Bruin, 2012). In some other studies also training-related abilities (attention-related motor performances) improved significantly in cognitively healthy older adults (Schoene et al., 2013) and in people with dementia (Schwenk et al., 2010). However, no significant changes in other non-trained domains tested by using external assessments could be found indicating that motor-cognitive training effects might be highly specific (Schwenk et al., 2010). Transfer of training gains on untrained conditions would appear more likely when training and assessment tasks share common demands and require similar or identical skills, respectively (Kliem & Wiemeyer, 2010; Naumann et al., 2015; Oei & Patterson, 2013).



Evidence for transfer effects on domains which are not related to the game's motor-cognitive demands remains generally unclear in persons with dementia (Bahar-Fuchs et al., 2013) as they show a reduced ability to apply acquired skills to untrained contexts (Dick, Hsieh, Bricker, & Dick-Muehlke, 2003). We did not investigate the generalizability of Physiomat<sup>®</sup> training effects to broader cognitive (e.g. memory skills) or motor-functional domains (e. g. walking) using various external assessments as the potential translation of training gains on untrained domains may be induced not only by Physiomat<sup>®</sup> training but also by other training elements used in the motor-cognitive intervention of the presented study. More research is needed to examine transfer effects of Physiomat<sup>®</sup> exergaming on non-trained, motor-functional or cognitive abilities, and psycho-social domains in the target sample. However, we could prove trainability of cognitive functions in association with complex motor performances induced by Physiomat<sup>®</sup> intervention which are relevant to cope with everyday situations and may potentially provide the causal link to the extraordinary high fall risk reported in people with dementia (van Doorn et al., 2003; Morris, Rubin, Morris, & Mandel, 1987). We succeeded to detect a motor-cognitive benefit which was proven by using an untrained task constellation of the same test which is a widespread approach (e.g. ZVT variations; Oswald & Fleischmann, 1999), especially to show that mental functions might have been increased and to exclude that test performance is only a remembered task presentation as a result of training the test. Our findings indicate that participants did not seem to reproduce only memorized motion sequences but rather have acquired new cognitive abilities or enhanced motor-cognitive skills during training involving a first step towards proving a generalizable effect of exergaming in people with dementia.

### ***Adherence and feasibility***

Adherence to Physiomat<sup>®</sup> training was high as it averaged 86.3% which is comparable to previous studies focusing on motor-cognitive exergames for training purposes in cognitively healthy older adults (Pichierri et al., 2012; Schoene et al., 2013). A possible factor that contributed to the high training adherence in exergame training programs is that especially game-based approaches incorporate direct feedback as well as a playful and therefore more motivational aspect (e.g. Robert et al., 2014; Schoene et al., 2014).

Participants' safety was a clear focus in this intervention trial as exergame training and assessment were strictly supervised and dementia-specific. As a result, no critical events like falls or slips occurred during training and assessment, indicating that Physiomat<sup>®</sup> intervention and the involved measurements offer a high feasibility and induce only a very low risk in the challenging population of multi-morbid older persons with dementia. Our findings are similar to those reported in studies using other exergames (e.g. Nintendo Wii<sup>™</sup>) in persons with dementia (McEwen et al., 2014; Padala et al., 2012) or in cognitively healthy older adults (Chao et al., 2015). However, Physiomat<sup>®</sup> tasks have a higher level of cognitive load compared to these traditional sport-exergames.

## **Conclusion**

There has been only scarce evidence in the scientific literature on the effects of motor-cognitive exergaming in people with dementia on health outcomes such as physical and mental abilities. Therefore, the present study may be regarded as an essential in this regard. Our results establish that exergame training is feasible and effective in a multi-morbid older population with motor and cognitive impairment, the latter being documented by substantial and sustainable improvements in task-specific motor-cognitive performances. We could also demonstrate a transfer of positive effects in trained tasks to untrained tasks, suggesting a potential benefit of exergaming on more general task-related motor and/or cognitive performances.

## **Acknowledgement**

The study was supported by the Robert Bosch Stiftung, the Network of Aging Research (NAR), and the Dietmar Hopp Stiftung. We kindly thank M. Günther-Lange for her assistance in training and supervising the participants.

## References

- Anderson-Hanley, C., Arciero, P. J., Brickman, A. M., Nimon, J. P., Okuma, N., Westen, S. C., (...), Zimmermann, E. A. (2012). Exergaming and older adult cognition: a cluster randomized clinical trial. *American Journal of Preventive Medicine*, *42*(2), 109-119. doi: 10.1016/j.amepre.2011.10.016.
- Angevaren, M., Aufdemkampe, G., Verhaar, H. J., Aleman, A., & Vanhees, L. (2008). Physical activity and enhanced fitness to improve cognitive function in older people without known cognitive impairment. *Cochrane Database Systematic Review*, *16*(3), CD005381. doi: 10.1002/14651858.CD005381
- Bahar-Fuchs, A., Clare, L., & Woods, B. (2013). Cognitive training and cognitive rehabilitation for mild to moderate Alzheimer's disease and vascular dementia. *Cochrane Database Systematic Review*, *6*, CD003260.
- Betker, A. L., Szturm, T., Moussavi, Z. (2005). Development of an interactive motivating tool for rehabilitation movements. *Conference Proceedings IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, *3*, 2341-2344.
- Bherer, L., Kramer, A. F., Peterson, M., Colcombe, S., Erickson, K., & Becic, 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. *Experimental Aging Research*, *34*(3), 188-219.
- Chao, Y. Y., Scherer, Y. K., & Montgomery, C. A. (2015). Effects of using Nintendo Wii™ exergames in older adults: a review of the literature. *Journal of Aging and Health*, *27*(3), 379-402. doi: 10.1177/0898264314551171
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. New York: Academic Press.
- Colcombe, S. & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychological Science*, *14*, 125–130.
- Dick, M. B., Hsieh, S., Bricker, J., & Dick-Muehlke, C. (2003). Facilitating acquisition and transfer of a continuous motor task in healthy older adults and patients with Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, *17*(2), 202-212.
- Dick, M. B., Hsieh, S., Dick-Muehlke, C., Davis, D. S., Cotman, C. W. (2000). The variability of practice hypothesis in motor learning: Does it apply to Alzheimer's disease? *Brain and Cognition*, *44*, 470-489.
- Eggenberger, P., Schuhmacher, V., Angst, M., Theill, N., & de Bruin, E. D. (2015). Does multi-component physical exercise with simultaneous cognitive training boost cognitive performance in older adults? A 6-month randomized controlled trial with a 1-year follow-up. *Clinical Interventions in Aging*, *10*, 1335–1349. doi: 10.2147/CIA.S87732.
- Fenney, A., Lee, T. D. (2010). Exploring Spared Capacity in Persons With Dementia: What Wii™ Can Learn. *Activities, Adaptation & Aging*, *34*, 303–313.
- Fitts, P. M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, *47*(6), 381–391.
- Fitzgerald, D., Trakarnratanakul, N., Smyth, B., Caulfield, B. (2010). Effects of a wobble board-based therapeutic exergaming system for balance training on dynamic postural stability and

- intrinsic motivation levels. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 40(1), 11-19.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P.R. (1975). Mini-mental state: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12, 189–198.
- Galimberti, D., Scarpini, E. (2012). Progress in Alzheimer's disease. *Journal of Neurology*, 259(2), 201-211.
- Hauer, K., Schwenk, M., Zieschang, T., Essig, M., Becker, C., & Oster, P. (2012). Physical training improves motor performance in people with dementia: a randomized controlled trial. *Journal of the American Geriatric Society*, 60(1), 8-15. doi: 10.1111/j.1532-5415.2011.03778.x.
- Hauer, K., Yardley, L., Beyer, N., Kempen, G., Dias, N., Campbell, N., (...), Todd, C. (2010). Validation of the Falls Efficacy Scale and Falls Efficacy Scale International in geriatric patients with and without cognitive impairment: results of self-report and interview-based questionnaires. *Gerontology*, 56(2), 190-199. doi: 10.1159/000236027.
- Heyn, P., Abreu, B. C., & Ottenbacher, K. J. (2004). The effects of exercise training on elderly persons with cognitive impairment and dementia: a metaanalysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(10), 1694 –1704.
- Hueger, D., Zieschang, T., Schwenk, M., Oster, P., Becker, C., & Hauer, K. (2009). Designing studies on the effectiveness of physical training in patients with cognitive impairment. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 42, 11–19. doi: 10.1007/s00391-008-0529-8.
- Hughes, T. F., Flatt, J. D., Fu, B., Butters, M. A., Chang, C. C., & Ganguli, M. (2014). Interactive video gaming compared with health education in older adults with mild cognitive impairment: a feasibility study. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 29(9), 890-898. doi: 10.1002/gps.4075.
- Kliem, A., & Wiemeyer, J. (2010). Comparison of a traditional and a video game based balance training program. *International Journal of Computer Science in Sport*, 9, 80-92.
- Laufer, Y., Dar, G., & Kodesh, E. (2014). Does a Wii-based exercise program enhance balance control of independently functioning older adults? A systematic review. *Clin Interv Aging*, 9, 1803-1813. doi: 10.2147/CIA.S69673
- Lautenschlager, N. T., Cox, K., & Cyarto, E. V. (2012). The influence of exercise on brain aging and dementia. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1822(3), 474–481.
- Law, L. L., Barnett, F., Yau, M. K., Gray, M. A. (2014). Effects of combined cognitive and exercise interventions on cognition in older adults with and without cognitive impairment: a systematic review. *Ageing Research Reviews*, 15, 61–75.
- Legouverneur, G., Pino, M., & Boulay, M., Rigaud, A. S. (2011). Wii sports, a usability study with MCI and Alzheimer's patients. *Alzheimer's and Dementia*, 7, 500–50. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jalz.2011.05.2398>.
- Littbrand, H., Stenvall, M., Rosendahl, E. (2011). Applicability and effects of physical exercise on physical and cognitive functions and activities of daily living among people with dementia: A systematic review. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 90, 495–518.

- Livingston, G., Kelly, L., Lewis-Holmes, E., Baio, G., Morris, S., Patel, N., (...), Cooper, C. (2014). Non-pharmacological interventions for agitation in dementia: systematic review of randomised controlled trials. *The British journal of psychiatry: the journal of mental science*, 205, 436-442.
- McEwen, D., Taillon-Hobson, A., Bilodeau, M., Sveistrup, H., & Finestone, H. (2014). Two-week virtual reality training for dementia: Single case feasibility study. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 51(7), 1069-1076. doi: 10.1682/JRRD.2013.10.0231.
- Miller, K.J., Adair, B.S., Pearce, A.J., Said, C. M., Ozanne, E., & Morris M. M. (2014). Effectiveness and feasibility of virtual reality and gaming system use at home by older adults for enabling physical activity to improve health-related domains: a systematic review. *Age and Ageing*, 43(2), 188-195. doi: 10.1093/ageing/aft194.
- Molina, K. I., Ricci, N. A., de Moraes, S. A., & Perracini, M. R. (2014). Virtual reality using games for improving physical functioning in older adults: a systematic review. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 11, 156. doi: 10.1186/1743-0003-11-156
- Morris, J. C., Mohs, R. C., Rogers, H., Fillenbaum, G., & Heyman, A. (1988). Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease (CERAD) clinical and neuropsychological assessment of Alzheimer's disease. *Psychopharmacology Bulletin*, 24, 641-652.
- Morris, J. C., Rubin, E. H., Morris, E. J., & Mandel, S. A. (1987). Senile dementia of the Alzheimer's type: an important risk factor for serious falls. *Journal of Gerontology*, 42(4), 412-417.
- Naumann, T., Kindermann, S., Joch, M., Munzert, J., & Reiser, M. (2015). No transfer between conditions in balance training regimes relying on tasks with different postural demands: Specificity effects of two different serious games. *Gait and Posture*, 31(3), 774-779. doi: 10.1016/j.gaitpost.2015.02.003.
- O'Brien, J. T., Burns, A. (2011). Clinical practice with anti-dementia drugs: a revised (second) consensus statement from the British Association for Psychopharmacology. *Journal of Psychopharmacology*, 25, 997-1019.
- Oddy, R. (1987). Promoting mobility in patients with dementia: some suggested strategies for physiotherapists. *Physiotherapy Practice*, 3, 18-27.
- Oei, A. C., & Patterson, M. D. (2013). Enhancing cognition with video games: a multiple game training study. *PLoS One*, 8(3), e58546. doi: 10.1371/journal.pone.0058546.
- Olazaran, J., Reisberg, B., Clare, L., Cruz, I., Pena-Casanova, J., Del Ser, T., (...), Muniz, R. (2010). Nonpharmacological therapies in Alzheimer's disease: a systematic review of efficacy. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 30, 161-178.
- Oswald, W. D., & Fleischmann, U. M. (1999). *Das Nürnberger-Alters-Inventar (NAI) - Testinventar & NAI-Testmanual und Textband*, Göttingen: Hogrefe.
- Oyebode, J. R., Parveen, S. (2016). Psychosocial interventions for people with dementia: An overview and commentary on recent developments. *Dementia (London)* [Epub ahead of print].
- Padala, K. P., Padala, P. R., Malloy, T. R., Geske, J. A., Dubbert, P. M., Dennis, R. A., (...), Sullivan, D. H. (2012). Wii-fit for improving gait and balance in an assisted living facility: a pilot study. *Journal of Aging Research*, 597573. doi: 10.1155/2012/597573.

- Pichierri, G., Murer, K., & de Bruin, E. D. (2012) A cognitive-motor intervention using a dance video game to enhance foot placement accuracy and gait under dual task conditions in older adults: a randomized controlled trial. *BMC Geriatrics*, *14*, 74. doi: 10.1186/1471-2318-12-74.
- Pichierri, G., Wolf, P., Murer, K., & de Bruin, E. D. (2011). Cognitive and cognitive-motor interventions affecting physical functioning: a systematic review. *BMC Geriatrics*, *11*, 29. doi: 10.1186/1471-2318-11-29.
- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The timed Up and Go: A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatric Society*, *39*, 944-954.
- Robert, P. H., König, A., Amieva, H., Andrieu, S., Bremond, F., Bullock, R., (...), Manera, V. (2014). Recommendations for the use of Serious Games in people with Alzheimer's Disease, related disorders and frailty. *Frontiers in Aging Neuroscience*, *6*, 54. doi: 10.3389/fnagi.2014.00054.
- Salomone, S., Caraci, F., Leggio, G. M., Fedotova, J., Drago, F. (2012). New pharmacological strategies for treatment of Alzheimer's disease: focus on disease modifying drugs. *British Journal of Clinical Pharmacology*, *73*(4), 504-517.
- Schaefer, 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.
- Schoene, D., Lord, S. R., Delbaere, K., Severino, C., Davies, T. A., & Smith, S. T. (2013). A randomized controlled pilot study of home-based step training in older people using video-game technology. *PLoS One*, *8*, e57734. doi: 10.1371/journal.pone.0057734.
- Schoene, D., Valenzuela, T., Lord, S. R., & de Bruin, E. D. (2014). The effect of interactive cognitive-motor training in reducing fall risk in older people: a systematic review. *BMC Geriatrics*, *14*, 107. doi: 10.1186/1471-2318-14-107.
- Schwenk, M., Oster, P., & Hauer, K. (2008), Kraft- und Funktionstraining bei älteren Menschen mit demetieller Erkrankung. *Praxis Physiotherapie*, *2*, 59-65.
- Schwenk, M., Zieschang, T., Oster, P. & Hauer, K. (2010). Dual-task performances can be improved in patients with dementia: a randomized controlled trial. *Neurology*, *74*, 1961-1968. doi: 10.1212/WNL.0b013e3181e39696.
- Skjæret, N., Nawaz, A., Morat, T., Schoene, D., Helbostad, J. L., & Vereijken, B. (2016). Exercise and rehabilitation delivered through exergames in older adults: An integrative review of technologies, safety and efficacy. *International Journal of Medical Informatics*, *85*(1), 1-16. doi: 10.1016/j.ijmedinf.2015.10.008.
- Tinetti, M. E. (1986). Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *Journal of the American Geriatric Society*, *34*, 119-126.
- Van Doorn, C., Gruber-Baldini, A. L., Zimmerman, S., Hebel, J. R., Port, C. L., Baumgarten, M., (...), Magaziner, J. (2003). Dementia as a risk factor for falls and fall injuries among nursing home residents. *Journal of the American Geriatric Society*, *51*(9), 1213-1218.
- Wei, L. J. (1977). A class of designs for sequential clinical trials. *Journal of the American Statistical Association*, *72*, 382-386.



- Weybright, E., Dattilo, J., & Rusch, F. (2010). Effects of an interactive video game (Nintendo Wii) on older women with Mild Cognitive Impairment. *Therapeutic Recreation Journal, 44*, 271–287.
- Wiloth, S., Lemke, N., Werner, C., & Hauer, K. (2016). Validation of a Computerized, Game-based Assessment Strategy to Measure Training Effects on Motor-Cognitive Functions in People With Dementia. *JMIR Serious Games, 4*(2), e12. doi: 10.2196/games.5696.
- Yamaguchi, H., Maki, Y., & Takahashi, K. (2011). Rehabilitation for dementia using enjoyable video-sports games. *International Psychogeriatrics, 23*, 674–676. doi: 10.1017/S1041610210001912.
- Yesavage, J.A., Brink, T.L., Rose, T.L., Lum, O., Huang, V., Adey, M., & Leirer, V. O. (1982). Development and validation of a geriatric depression screening scale: a preliminary report. *Journal of Psychiatric Research, 17*, 37–49.

Table 1. Participants' characteristics.

Characteristics	IG (n = 56)	CG (n = 43)	P-Value
Age, years, mean (SD) <sup>a</sup>	82.7 (6.2)	82.2 (5.3)	0.653
Gender, female, n (%) <sup>b</sup>	39 (69.6)	32 (74.4)	0.601
Mini Mental State Examination, score, mean (SD) <sup>a</sup>	22.2 (2.8)	21.7 (2.9)	0.401
Education, years, median (range) <sup>c</sup>	11.0 (7.0-20.0)	11.0 (7.0-18.0)	0.795
Number of medications, mean (SD) <sup>a</sup>	7.6 (3.4)	7.7 (3.4)	0.842
Number of diagnoses, mean (SD) <sup>a</sup>	7.7 (3.8)	8.5 (4.2)	0.321
Taking cholinesterase inhibitors or memantine, n (%) <sup>b</sup>	13(23.2)	16 (37.2)	0.233
Timed Up and Go, median (range) <sup>c</sup>	14.6 (6.5-52.7)	13.8 (7.3-43.6)	0.337
Performance Oriented Mobility Assessment, score, mean (SD) <sup>a</sup>	22.4 (4.3)	22.8 (3.3)	0.654
Geriatric Depression Scale, score, median (range) <sup>c</sup>	2.0 (0.0-9.0)	2.0 (0.0-9.0)	0.838
Recent history of falls, n (%) <sup>b</sup>	23 (41.1)	22 (51.2)	0.318
Falls Efficacy Scale-International, score, median (range) <sup>c</sup>	8.5 (7.0-19.0)	8.0 (7.0-14.0)	0.271
Living situation, n (%) <sup>b</sup>			0.815
Community-dwelling	39 (69.6)	29 (32.6)	
Institutionalized	17 (30.4)	14 (67.7)	

Notes: IG = intervention group; CG = control group; n = number of participants; SD = standard deviation. P-values are given for <sup>a</sup>t-tests, <sup>b</sup>chi-square tests, and <sup>c</sup>Mann-Whitney U-tests applied to test for differences between IG and CG.

Table 2. Training effects and sustainability of Physiomat<sup>®</sup> intervention on trained tasks and PTMT score.

Task	Variable	T1		T2		T3		T1-T2			T1-T3		
		n	Mean (SD)	n	Mean (SD)	n	Mean (SD)	% change Mean (SD)	<i>P</i>	$\eta^2$	% change Mean (SD)	<i>P</i>	$\eta^2$
FTBT	Duration [s]												
	IG	56	30.9 (17.5)	47	19.3 (4.6)	39	20.8 (6.5)	-28.8 (18.8)	<0.001	0.253	-27.4 (19.0)	0.049	0.055
	KG	43	28.9 (15.7)	37	23.4 (5.5)	33	22.3 (5.4)	-8.7 (20.4)			-10.4 (30.1)		
	Sway path [digits/ms]												
	IG	56	4450.4 (2859.8)	47	3169.7 (557.2)	39	3166.8 (658.4)	-18.6 (24.5)	<0.001	0.144	-20.3 (24.8)	0.038	0.061
PTMT level 1	KG	43	4164.3 (3922.4)	37	3776.3 (1286.9)	33	3498.8 (824.4)	+3.8 (29.6)			-3.0 (26.9)		
	Duration [s]												
	IG	54	16.7 (20.3)	46	7.2 (1.9)	39	10.7 (13.2)	-41.0 (26.6)	<0.001	0.260	-31.4 (25.3)	0.357	0.013
	KG	40	11.5 (4.7)	36	9.7 (3.1)	33	8.7 (2.7)	-6.3 (29.8)			-11.5 (38.3)		
	Sway path [digits/ms]												
PTMT level 2	IG	54	2849.1 (4199.2)	46	1782.0 (339.7)	39	2012.7 (748.7)	-16.8 (24.0)	0.007	0.092	-11.0 (25.7)	0.648	0.003
	KG	40	2108.1 (911.9)	36	2124.9 (773.9)	33	1971.4 (398.9)	+4.7 (28.3)			-2.2 (21.2)		
	Duration [s]												
	IG	49	21.8 (9.7)	46	14.3 (5.6)	38	13.8 (4.4)	-30.0 (18.7)	<0.001	0.311	-30.1 (19.5)	0.002	0.156
	KG	37	19.9 (11.5)	33	16.7 (4.9)	33	15.2 (3.9)	+0.5 (28.6)			-9.9 (23.1)		
PTMT level 3	Sway path [digits/ms]												
	IG	49	3390.1 (1800.1)	46	2923.1 (803.0)	38	2777.5 (726.3)	-6.8 (18.8)	0.003	0.127	-7.6 (22.7)	0.462	0.009
	KG	37	3005.7 (1066.2)	33	3187.0 (940.1)	33	2895.3 (642.6)	+13.5 (29.7)			+1.0 (22.6)		
	Duration [s]												
	IG	42	28.6 (11.8)	45	20.0 (7.4)	37	19.9 (5.4)	-30.3 (19.2)	<0.001	0.293	-28.7 (18.6)	0.004	0.151
PTMT level 4	KG	31	25.9 (10.4)	32	22.7 (5.3)	30	21.9 (6.0)	-1.4 (17.9)			-5.0 (23.2)		
	Sway path [digits/ms]												
	IG	42	4376.7 (1528.5)	45	3806.1 (1246.3)	37	3733.5 (842.8)	-11.9 (20.1)	0.047	0.065	-9.5 (19.0)	0.095	0.053
	KG	31	3742.8 (557.8)	32	3992.0 (945.8)	30	3941.2 (961.9)	4.3 (23.2)			1.7 (21.0)		
	Duration [s]												
PTMT level 5	IG	27	51.3 (16.6)	43	34.9 (7.9)	33	35.5 (9.3)	-34.8 (14.6)	<0.001	0.340	-29.2 (16.8)	0.009	0.208
	KG	19	43.9 (9.0)	19	44.0 (15.5)	21	41.2 (13.8)	5.1 (32.9)			-3.7 (34.6)		
	Sway path [digits/ms]												
	IG	27	8176.3 (2484.2)	43	6599.3 (1468.6)	33	6613.2 (1499.0)	-20.7 (12.6)	<0.001	0.365	-15.5 (12.9)	0.004	0.244
	KG	19	7724.4 (1676.4)	19	7880.0 (2238.8)	21	7733.4 (1884.1)	+6.8 (21.0)			+3.2 (19.7)		
PTMT score	Duration [s]												
	IG	16	56.3 (12.1)	40	48.7 (14.7)	28	49.1 (13.8)	-33.8 (12.1)	<0.001	0.589	-24.6 (12.8)	0.149	0.126
	KG	9	58.7 (17.6)	14	56.2 (16.7)	16	62.1 (37.8)	+3.9 (17.1)			+6.1 (52.5)		
	Sway path [digits/ms]												
	IG	16	8444.3 (2261.5)	40	8005.0 (1906.4)	28	7838.7 (1358.8)	-14.4 (19.2)	0.007	0.329	-9.9 (17.6)	0.037	0.245
PTMT score	KG	9	8467.8 (1646.8)	14	9360.2 (2855.1)	16	10146.6 (4529.6)	+16.0 (27.8)			+6.0 (18.1)		
	Score [points]												
PTMT score	IG	56	3.4 (1.4)	47	4.7 (0.9)	40	4.5 (1.0)	+64.6 (109.8)	<0.001	0.211	+61.4 (120.7)	0.142	0.031
	KG	43	3.2 (1.5)	37	3.6 (1.4)	33	4.0 (1.1)	+13.1 (59.1)			+26.7 (53.9)		

Notes: IG = intervention group; CG = control group; N = number of participants; SD = standard deviation; FTBT = Physiomat-Follow-The-Ball Tasks; PTMT = Physiomat-Trail-Making Task; increasing complexity levels (level 1-5) of PTMTs included an increasing number of digits to connect; PTMT score = number of successfully performed PTMT tasks; T1 = baseline assessment before training; T2 = assessment after 10-week training; T3 = 3-month after end of training; *P* -values are given for group effects with adjustment for baseline covariates as calculated by analysis of covariance.  $\eta^2$  = Partial eta squared is given for effect sizes (group effect). A decrease in sway path (accuracy of task performances; digits/milliseconds) and in duration (speed of task performance; seconds) indicates improvement for each Physiomat® task. Increase in PTMT score indicates improvement to perform complex tasks.

Table 3. Training effects and sustainability of Physiomat<sup>®</sup> intervention on untrained PTMT levels and PTMT Score.

Task	Variable	T1		T2		T3		T1–T2			T1–T3		
		n	Mean (SD)	n	Mean (SD)	n	Mean (SD)	% change Mean (SD)	<i>P</i>	$\eta^2$	% change Mean (SD)	<i>P</i>	$\eta^2$
PTMT level 1	Duration [s]												
	IG	54	15.6 (15.6)	46	7.5 (2.1)	39	8.2 (3.0)	-37.2 (22.4)	<0.001	0.219	-36.5 (24.1)	0.087	0.044
	KG	40	11.2(5.4)	36	9.7 (3.1)	33	8.5 (2.2)	-2.6 (31.7)			-14.9 (27.8)		
	Sway path [digits/ms]												
PTMT level 2	IG	54	2523.1 (3040.6)	46	1735.4 (317.1)	39	1737.1 (311.7)	-11.5 (27.4)	0.017	0.073	-13.2 (29.2)	0.242	0.021
	KG	40	2043.6 (1246.8)	36	1959.8 (543.6)	33	1803.4 (346.1)	+3.6 (26.4)			-2.1 (29.4)		
	Duration [s]												
	IG	48	18.0 (7.4)	46	13.9 (9.9)	38	13.9 (11.0)	-26.6 (21.3)	<0.001	0.236	-28.3 (20.6)	0.025	0.085
PTMT level 3	KG	36	17.9 (8.4)	32	14.7 (3.7)	33	13.1 (2.7)	-3.5 (29.1)			-15.2 (24.6)		
	Sway path [digits/ms]												
	IG	48	2703.4 (1586.1)	46	2683.1 (1746.5)	38	2631.7 (1609.5)	-3.5 (21.7)	0.121	0.037	-4.6 (20.1)	0.356	0.015
	KG	36	2770.9 (1598.6)	32	2661.6 (785.8)	33	2544.4 (704.2)	+1.8 (28.9)			-3.5 (23.7)		
PTMT level 4	Duration [s]												
	IG	39	32.9 (16.5)	45	23.1 (10.9)	36	23.9 (11.6)	-28.5 (25.7)	<0.001	0.204	-22.0 (27.1)	0.036	0.090
	KG	29	29.6 (15.9)	31	25.4 (7.0)	28	25.2 (6.7)	+0.1 (18.9)			+2.4 (27.5)		
	Sway path [digits/ms]												
PTMT level 5	IG	39	5316.9 (2637.1)	45	4539.6 (2924.3)	36	4499.0 (1664.4)	-14.2 (24.7)	0.008	0.122	-5.9 (29.2)	0.112	0.024
	KG	29	4467.0 (1093.5)	31	4816.0 (1671.0)	28	4823.4 (1174.7)	+7.0 (27.3)			11.1 (21.8)		
	Duration [s]												
	IG	19	38.7 (11.8)	42	33.0 (7.7)	32	33.4 (8.2)	-22.7 (27.4)	0.005	0.280	-18.3 (18.7)	0.211	0.070
PTMT level 5	KG	14	41.4 (9.5)	17	38.7 (12.2)	19	35.4 (9.7)	+2.9 (24.0)			-11.3 (30.3)		
	Sway path [digits/ms]												
	IG	19	7285.2(2346.8)	42	5857.7 (1296.5)	32	6221.3 (1615.9)	-21.9 (16.6)	0.009	0.244	-13.3 (18.8)	0.411	0.031
	KG	14	8137.4 (2374.7)	17	7671.3 (3642.1)	19	6959.7 (1577.7)	+5.6 (34.5)			-9.6 (19.6)		
PTMT score	Duration [s]												
	IG	15	55.7 (16.5)	33	48.5 (13.7)	28	47.9 (11.6)	-26.6 (20.4)	0.003	0.384	-22.7 (9.9)	0.043	0.246
	KG	9	55.5 (11.8)	14	54.5 (15.1)	15	51.6 (12.4)	+6.3 (18.0)			-9.7 (14.9)		
	Sway path [digits/ms]												
PTMT score	IG	15	9227.8 (4138.9)	33	8278.5 (2000.1)	28	8121.2 (1734.5)	-16.8 (22.0)	0.001	0.459	-9.6 (25.8)	0.059	0.218
	KG	9	8598.2 (1539.8)	14	9027.3 (2444.4)	15	9599.7 (3653.9)	+13.0 (19.4)			-0.1 (10.7)		
	Score [points]												
	IG	56	3.1 (1.4)	47	4.5 (1.0)	40	4.3 (1.2)	+69.4 (99.1)	<0.001	0.184	+70.0 (120.2)	0.067	0.047
PTMT score	KG	43	3.0 (1.5)	37	3.5 (1.4)	33	3.9 (1.2)	+17.0 (62.8)			+27.4 (53.8)		

Notes: IG = intervention group; CG = control group; N = number of participants; SD = standard deviation; FTBT = Physiomat-Follow-The-Ball Tasks; PTMT = Physiomat-Trail-Making Task; increasing complexity levels (level 1-5) of PTMTs included an increasing number of digits to connect; PTMT score = number of successfully performed Physiomat tasks; T1 = baseline assessment before training; T2 = assessment after 10-week training; T3 = 3-month after end of training; *P* = *p*-values are given for group effects with adjustment for baseline covariates as

calculated by analysis of covariance.  $\eta^2$  = Partial eta squared is given for effect sizes (group effect). A decrease in sway path (accuracy of task performances; digits/milliseconds) and in duration (speed of task performance; seconds) indicates improvement for each Physiomat® task. Increase in PTMT score indicates improvement to perform complex tasks.



Figure 1. Training and assessment device Physiomat®.

(siehe Abbildung 11 in der Mantelschrift)

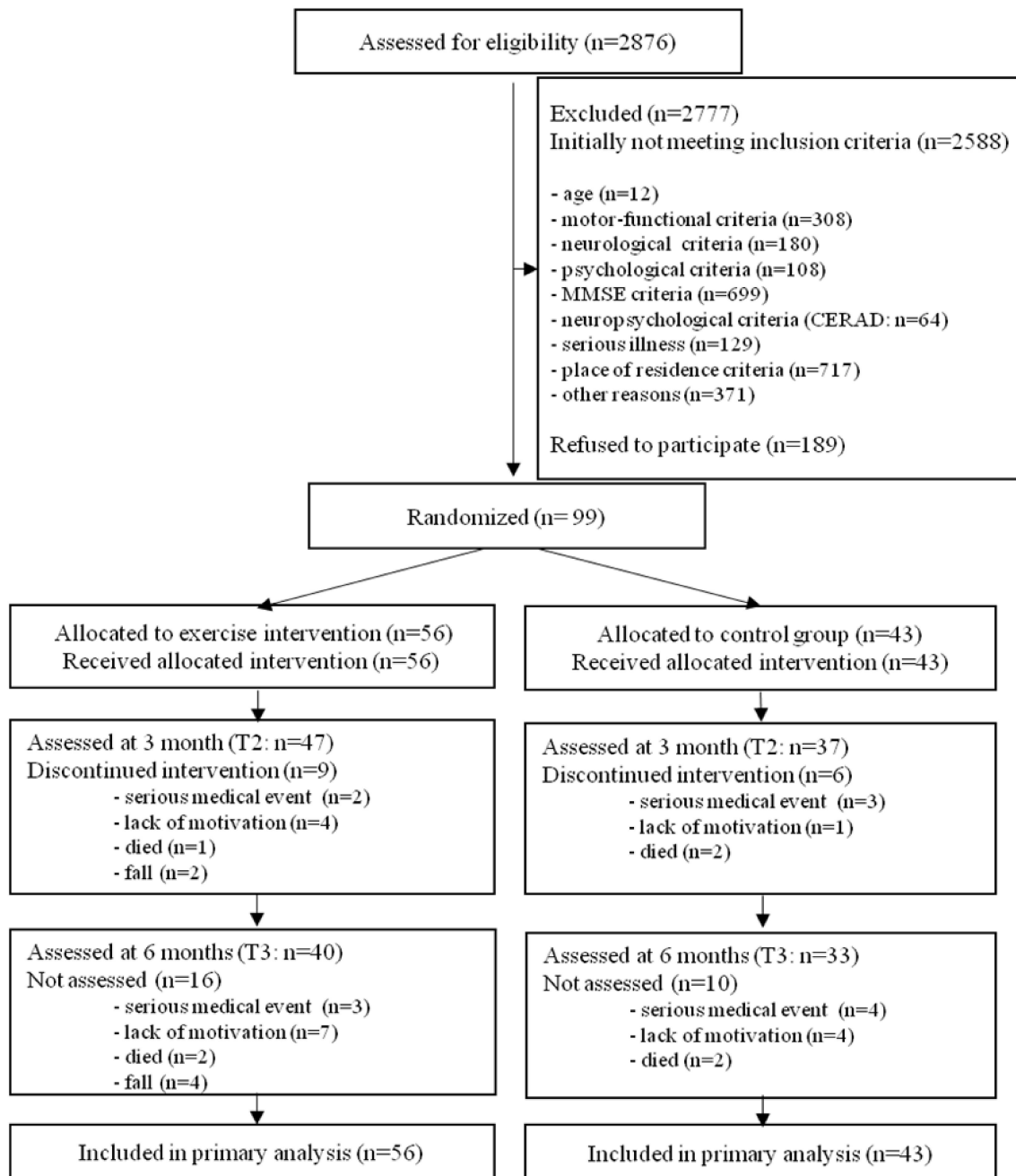
Figure 2. Physiomat®-Follow-The-Ball Task (FTBT).

(siehe Abbildung 13 in der Mantelschrift)

Figure 3. Complex Physiomat®-Trail-Making Task (PTMT).

(siehe Abbildung 12 in der Mantelschrift)

Figure 4. Flowchart for screening, recruitment, allocation, intervention, and follow-up  
 Notes: n = number of participants; MMSE = Mini Mental State Examination



## VI. Schrift

---

---

Archives of Gerontology and Geriatrics

January 2017, volume 70, pp. 169-179

***Validity, test-retest reliability, sensitivity to change and feasibility of motor-cognitive dual task assessments in patients with dementia***

Authors: N. Lemke, S. Wiloth, C. Werner, K. Hauer

© 2017 Elsevier B.V. All rights reserved.

Die folgende Schrift ist ein von den Autoren akzeptiertes Manuskript des oben zitierten Originalartikels, welches im Januar 2017 in der Zeitschrift Archives of Gerontology and Geriatrics publiziert wurde und bei ScienceDirect zu finden ist (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016749431730081X?via%3Dihub>). Das Manuskript konnte mit Zustimmung von Elsevier wiederverwendet werden.

This is the authors accepted manuscript of an article published as the version of record Archives of Gerontology and Geriatrics in January 2017 (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016749431730081X?via%3Dihub>)

PubMed: 28182895

DOI: 10.1016/j.archger.2017.01.016

# Validity, test-retest reliability, sensitivity to change and feasibility of motor-cognitive dual task assessments in patients with dementia

---

---

Lemke C, Wiloth S, Werner C, Hauer K

Eingereicht am 19.01.2017 in der Zeitschrift *Archives of Gerontology and Geriatrics*

Status zum Zeitpunkt der Abgabe der Dissertation: *under review*

## Abstract

**Objective:** To investigate validity, test-retest reliability, sensitivity to change, and feasibility of dual task (DT) assessments in patients with dementia. **Design:** Validation study. **Setting:** Post ward-rehabilitation. **Participants:** Geriatric patients (n=105) with dementia (age  $82.7 \pm 5.9$ , MMSE score 21.9). **Main outcome measures:** Psychometric quality of DT performance of different DT-tests. Analyses were performed for motor and cognitive performance, and relative DT costs (DTCs). **Results:** Spearman's rank correlations ( $r_s$ ) between examined DT-tests were moderate to high for motor tasks ( $r_s = .29-.90$ ), small to high for cognitive tasks ( $r_s = .12-.55$ ) and small to high for relative DTCs (motor DTCs  $r_s = .02-.61$ , cognitive DTCs  $r_s = -.19-.06$ , combined DTCs  $r_s = -.11-.31$ ). Correlations with external assessment were moderate to high for motor tasks ( $r_s = .25-.84$ ), small to moderate for cognitive tasks ( $r_s = -.10-.46$ ) and small to moderate for relative DTCs (motor DTCs  $r_s = -.09-.17$ , cognitive DTCs  $r_s = -.03-.21$ , combined DTCs  $r_s = -.07-.26$ ). Test-retest reliability was excellent for motor tasks (ICC =  $.75-.96$ ), fair to excellent for cognitive tasks (ICC =  $.51-.88$ ) and poor to good for relative DTCs (motor DTCs ICC =  $.10-.74$ , cognitive DTCs ICC =  $.05-.65$ , combined DTCs ICC =  $.15-.71$ ). Sensitivity to change was acceptable to excellent for trained DT-tests ( $p \leq .01$ ). Effect sizes were small to large for gait parameters (SRM =  $0.30-1.12$ ), large for cognitive tasks (SRM =  $0.82-0.95$ ) and small to large for relative DTCs (motor DTCs SRM =  $0.15-0.77$ , cognitive DTCs SRM =  $0.56-0.98$ , combined DTCs SRM =  $0.40-1.10$ ). Completion time ranged from 13.1 to 16.9 min. **Conclusions:** All DT-tests showed acceptable to excellent psychometric properties in cognitively impaired patients with highest quality for gait-based DT-tests 'Walking & Counting' and 'Walking & reciting ABC'.

Keywords: assessment validation; dementia; cognition; elderly; dual task

## Introduction

The ability to perform multiple tasks simultaneously (dual tasking=DT) decreases with age and is severely impaired in dementia (Baddeley et al., 1991; Della Sala et al., 1995; Verghese et al., 2002) because of limited attentional resources and constrictions in executive functions (EF) (Perry & Hodges, 1999). Deficits in attention-related DT performances show a faster decline compared to the loss of basic functional performances (Baddeley et al., 1991; Sala & Logie, 2001) in patients with dementia and are strongly related to motor dysfunctions (Beauchet et al., 2009). This reveals that DT deficits are sensitive and specific indicators for

cognitive decline with the potential to be a diagnostic tool and to evaluate the effectiveness of intervention strategies (Baddeley et al., 1991; Sala & Logie, 2001; Muir et al., 2012). Despite this, no methodological gold standard has been established to assess DT deficits.

Frequently used DT combinations have been walking while performing a simultaneous cognitive task (e.g. walking while talking [Lundin-Olsson et al., 1997], walking and an arithmetic task [Shumway-Cook et al., 2000; Sheridan et al., 2003; Yogev et al., 2005; Beauchet et al., 2007, 2008a, 2008b, 2011; Hartmann et al., 2009; Montero-Odasso et al., 2009; McCulloch et al., 2009; Hofheinz & Schusterschitz, 2010; Nordin et al., 2010; Schwenk et al., 2010; Yamada et al., 2011; Gimmon et al., 2013; Muhaidat et al., 2013a, 2013b, 2014; Tang et al., 2015; Yang et al., 2016], walking with a visuo-spatial working memory task [Schott, 2015], or walking with a verbal fluency (VF) task [Verghese et al., 2002; McCulloch et al., 2009; Nordin et al., 2010; Gimmon et al., 2013; Muhaidat et al., 2013a, 2013b, 2014; Yang et al., 2016; Camicioli et al., 1998; Beauchet et al., 2005; McCulloch et al., 2006; Liu-Ambrose et al., 2009; Hollman et al., 2010]) or postural control combined with cognitive tasks (Condrón & Hill, 2002; Hauer et al., 2003; Melzer et al., 2007; Swanenburg et al., 2008, 2010; Makizako et al., 2010; Moghadam et al., 2011; Szturm et al., 2015). Combinations with other motor tasks, although rarely used, showed high discriminative validity (e.g. arithmetic task with maximal strength; Hauer et al., 2002), and hold option to test less automated motor performances.

While a large number of DT assessment tools are available, examining their psychometric properties is essential. Adequate validity and reliability are necessary for the evaluation of patients' performance. Responsiveness of a measurement tool is required for detecting changes in DT performance over the time and for assessing intervention effectiveness (Ashford et al., 2008).

So far, the mentioned studies focused on validity (predictive validity [Verghese et al., 2002; Shumway-Cook et al., 2000; Beauchet et al., 2007, 2008a, 2008b; Nordin et al., 2010; Yamada et al., 2011; Muhaidat et al., 2014; Tang et al., 2015; Yang et al., 2016; Schott, 2015; Swanenburg et al., 2010; Makizako et al., 2010], construct validity [McCulloch et al., 2009; Szturm et al., 2015], concurrent validity [Gimmon et al., 2013; Yang et al., 2016; Condrón & Hill, 2002], convergent validity [Gimmon et al., 2013; Hofheinz & Schusterschitz, 2010; Liu-Ambrose et al., 2009; Schott, 2015]) and test-retest reliability (Beauchet et al., 2011; Condrón & Hill, 2002; Gimmon et al., 2013; Hartmann et al., 2009; Hofheinz & Schusterschitz, 2010; Hollman et al., 2010; Makizako et al., 2010; McCulloch et al., 2009; Melzer et al., 2007; Moghadam et al., 2011; Montero-Odasso et al., 2009; Muhaidat et al., 2013a; Shumway-Cook et al., 2000; Swanenburg et al., 2008; Szturm et al., 2015; Tang et al., 2015; Yang et al., 2016). Only two studies examined feasibility (McCulloch et al., 2006; Muhaidat et al., 2013b) and none investigated responsiveness.

Except for some studies (McCulloch et al., 2009; Muhaidat et al., 2013a, 2013b, 2014; Nordin et al., 2010; Schott, 2015; Yang et al., 2016), investigations only analyzed psychometric properties of the outcomes derived from the motor but not of the cognitive tasks (Yang et al., 2015). Outcome measures were declared for single task (ST) and DT conditions but rarely for relative DT costs (DTCs, [McCulloch et al., 2009; Nordin et al., 2010; Muhaidat et al., 2013a, 2013b, 2014; Schott, 2015; Yang et al., 2016]) which is recommended for DT performance,

because it considers differences in baseline ST performance and provides a measure of actual DT changes (Muhaidat et al., 2013a; Riby et al., 2004).

Validation studies predominantly included community-dwelling healthy elderly and excluded patients with cognitive impairments. A possible reason for excluding patients with dementia could be the challenge in testing because of impairments in cognitive and motor-functional domains (Boyle et al., 2002) as well as behavioral and psychological symptoms (Aalten et al., 2007), that could have strong influence on test performance (Hauer & Oster, 2008).

Only two studies examined test-retest reliability of quantitative gait variables under DT in older adults with a diagnosis of mild cognitive impairment (diagnosis cp. Petersen et al., 1999) but excluded patients with diagnosed dementia (Montero-Odasso et al., 2009) and test-retest reliability of stride time variability while DT in patients with frontotemporal dementia (Beauchet et al., 2011). But no validation study has been comprehensively investigated DT assessments in patients with dementia.

In summary, common DT assessment strategies in older adults are insufficiently evaluated for comprehensive biometrical quality and for comparison between different tests. No previous study has performed validation of DT assessment in patients with dementia. Therefore, the aim of this study was to assess construct validity respectively convergent validity, test-retest reliability, sensitivity to change, and feasibility of different DT-tests and to compare those tests in people with dementia.

## **Materials and Methods**

### ***Study design and participants***

Validation study was part of a randomized controlled intervention trial (RCT) to improve motor-cognitive performance in geriatric people with dementia. The RCT was performed according to the Helsinki declaration and the study protocol was approved by the ethics committee of the University of Heidelberg.

Participants were recruited consecutively at a geriatric rehabilitation ward, from nursing homes and community-dwelling persons. Predefined inclusion criteria were: age > 65 years; no severe cardiovascular, neurological (e.g. Parkinson's disease) or psychological disease; ability to walk 10m without a walking aid; residence within 15 kilometers of the study center and written informed consent. Only a small percentage of the participants had legal representatives. In those cases for the written informed consent legal representatives were included in the ethical consent procedure.

Eligible participants were screened for cognitive function using the Mini-Mental State Examination (MMSE; Folstein et al., 1975). In those with a MMSE score of 17-26 a comprehensive neuropsychological assessment was applied based on an established neuropsychological test battery (Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease [CERAD]; Morris et al., 1988), a modified, age-adjusted Trail Making Test (ZVT-G; & Fleischmann, 1997), and a digit-span test (ZN-G; Oswald & Fleischmann, 1997). Only individuals meeting internationally established CERAD criteria for probable dementia (cognitive performances in CERAD



subtests in lower 10% percentile of the sample corresponding to a z-value of -1.3, cf. Fisseni 1990, Barth et al. 2005) were included in the study.

## ***Measurements***

### *Participant characteristics*

Demographic and clinical characteristics of participants including age, gender, years of educational and professional training, comorbidity (number of diagnoses), number of medications, social status (nursing home vs. home-dwelling), and falls (definition of falls cp. Hauer et al., 2006) in the previous year were documented from patient charts or by standardized patient interviews. Psychological status was assessed by the Geriatric Depression Scale (GDS; Yesavage et al., 1982) and the Short-Version of the Falls Efficacy Scale-International short version (FES-I; Hauer et al., 2010; Delbaere et al., 2010). Functional status was measured by the Timed up and Go (TUG; Podsiadlo & Richardson, 1991) and the Performance Oriented Mobility Assessment (POMA; Tinetti, 1986). For disease-related description the Cumulative Illness Rating Scale (CIRS; Linn et al., 1968; Miller et al., 1992) which gives a cumulative sum score of severity and prevalence of different diagnostic groups was used.

### *Measurement of dual task performance*

Three DT-tests were used to evaluate psychometric properties:

1. Walking & Counting (serial 2 forward and serial 3 backward calculations)
2. Walking & Verbal Fluency (reciting the alphabet and naming animals/plants)
3. Strength of the leg extensors & Verbal Fluency (reciting the alphabet and naming animals/plants)

The chosen tests all followed the well-established paradigm of DT using cognitive as well as motor tasks. As there is no gold standard method available we chose for a main test the internationally most established test ('Walking while Counting'). In a second step the cognitive task was exchanged by established other cognitive tests (verbal fluency) to test the effect of different combinations of motor and cognitive tasks in this vulnerable study sample. In a third step the automated key motor feature walking was exchanged by a non –automated strength test. The strength test combined with another cognitive task was previously used in a study to successfully document effects of DT burden in geriatric patients with and without cognitive impairment (Hauer et al., 2002).

Walking performance was measured using the GAITRite® walkway system (CIR Systems Inc., Havertown, PA) by computing spatial and temporal gait parameters (gait speed, cadence, stride length, heel to heel base support, single support [%] and double support [%]). The superior parameter of previous investigations maximal gait speed was used for most analysis and was amended by additional parameters for sensitivity to change analysis. The GAITRite® is an electronic gait analysis system based on embedded pressure sensors which demonstrated high validity relative to a 3-dimensional motion analysis system (Menz et al., 2004).

The peak of the maximal isometric strength against a fixed resistance of the leg extensors (in Newton=N) was measured by the strength measuring unit Diagnos 40 (Schnell

Trainingsgeräte GmbH, Peutenhausen) for a preinstalled duration of 5 seconds (cp. Hauer et al., 2002).

Cognitive tasks consisted of two tasks of varying difficulty. The arithmetic task were serial 2 forward calculations, which represents a less challenging, semi-automated task for people with mild to moderate dementia (Hauer et al., 2002, 2003; Schwenk et al., 2010) and more challenging serial 3 backward calculations which represents a non-automatized task with focus on working memory (Schwenk et al., 2010). The verbal fluency tasks included the simple, semi-automated task to recite the alphabet (cp. Verghese et al., 2002) and the more challenging task to name animals and plants representing a non-automatized task. No surnames, belittlements or plurals were allowed for the naming task based on the criteria of the CERAD test battery (Morris et al., 1988). Correct answers following a fault were accepted as correct. All tasks were piloted before for target sample to be feasible and thereby to prevent ceiling and floor effects. Both motor as well as the cognitive tasks have been measured objectively by computer-based methods (motor tasks) and standardized measures using a voice recorder (cognitive tasks).

#### *Dual task measurement protocol*

Maximal gait speed and maximal strength were initially documented as ST. Patients executed the tasks of each DT-test in random sequence order to prevent systematic bias by motor learning or fatigue:

- Single Task (ST): motor task
- Dual Task (DT): motor task with the simple cognitive task
- Dual Task (DT): motor task with the more challenging cognitive task

Patients were instructed to perform the motor and cognitive tasks as fast as possible without prioritizing one of them. All cognitive tasks were performed as ST while seated as well. Assessments were performed at a laboratory by a trained assessor (movement scientist) well trained in the specific test evaluation and blinded to the study group affiliation. Data collection for the validation study took place from May 2011 to May 2014.

#### *Data processing and statistical analysis*

The decrease of performance under DT in comparison to ST performance was defined as relative DT costs (DTCs in %). DTCs were calculated with the following equation:  $([\text{dual task} - \text{single task}] / \text{single task} \times 100)$  (Abernethy, 1988). To avoid the effects of subconscious task prioritization (Verghese et al., 2007) under DT combined DTCs were computed additionally:  $([\text{motor DTC} + \text{cognitive DTC}] / 2)$ . Outcome measures were the absolute motor (gait speed [cm/s], strength [N]) and cognitive parameters (response rates [correct calculations, letters or naming's/s]) as well as the relative motor, cognitive and combined (motor + cognitive) DTCs (%) were computed.

Validity of the DT assessments was tested by determining construct validity and convergent validity as a subtype of construct validity. Construct validity for DT-tests was assessed by calculating Spearman's rank correlation coefficients ( $r_s$ ) between DT-tests and motor-functional (POMA, TUG) and cognitive measurements (MMSE, CERAD subtest verbal flu-

ency: category animals, ZVT-G). Convergent validity was assessed by calculating  $r_s$  between the 'Walking & Counting'-test, which we assumed, as the most established DT-test in elderly patients with dementia, and the other DT-tests.

Spearman's rank correlation and intra-class correlation coefficients with absolute agreement (ICC 3, 1) and 95% confidence intervals were calculated to evaluate the test-retest reliability of the 2 administrations (within a time interval of 2-5 days) of the DT-tests.

Spearman's rank correlation coefficients were interpreted as low ( $r_s < 0.2$ ), moderate ( $r_s = 0.2-0.5$ ), or high ( $r_s > 0.5$ ) (Cohen, 1988), and ICCs as poor (ICC < 0.40), fair to good (ICC = 0.40 -0.75), or excellent (ICC > 0.75) (Fleiss, 1986).

Sensitivity to change was assessed for the RCT participants who were randomly assigned to the intervention group (IG,  $n = 47$ ). Participants of the IG met 2x/week for 1.5 hours and performed DT walking with different challenging arithmetic tasks (serial 2 forward and serial 3 backward calculations), which was one of the DT-tests we used for this validation study. Other DT tasks and the control group were not specifically trained and therefore not included in the analysis. Wilcoxon tests were computed to test for significant within-group changes from baseline to post-intervention assessment. To quantify the magnitude of changes, we calculated standardized response means (SRMs) (Kazis et al., 1989), which was interpreted as low (SRM = 0.2-0.5), moderate (SRM = 0.5-0.8) or strong effect (SRM > 0.8).

To evaluate feasibility of each DT-test, response rates, and the mean of the total completion time (measured by a stopwatch) were documented.

Statistical procedures were performed by SPSS 22.0 for Windows. A two-sided P-value .05 indicated statistical significance. Descriptive baseline characteristics were presented as means and standard deviations (SD) or number and percentages (%) as appropriate. The distribution of the data was evaluated with the Kolmogorov-Smirnov test and visually with histograms testing the Gaussian normal distribution curve. For skewed data non-parametric tests were used.

## Results

### *Participants*

The study sample comprised multimorbid, geriatric patients with mild to moderate dementia. Participants' mean age was  $82.7 \pm 5.9$  years and the mean MMSE score was  $21.9 \pm 2.8$ . Levels of cognitive impairment have been classified as none (27-30), mild (20-26), moderate (10-19) and severe ( $\leq 9$ ) (DGPPN & DGN, 2010). Functional performance was impaired: The TUG time averaged  $18.4 \pm 11.3$  s. A score of  $\geq 14$  s for the TUG has been shown to indicate high risk of falls (Shumway-Cook et al., 2000). The POMA score averaged  $22.3 \pm 4.0$  points (cut offs: <19=high fall risk, 19-24=medium falls risk, 24-28=low fall risk; Tinetti 1986). Forty-nine participants (46.7%) reported 1 or more falls during the previous year. Participants showed moderate fear of falling as indicated by a mean FES-I score of  $9.2 \pm 2.8$  (Delbaere et al., 2010). Further participant characteristics are presented in **Table 1**.

**Table 1** Sample characteristics<sup>a</sup>

	Total sample (n=105)
Age (years), mean (SD)	82.7 (5.9)
Cognitive status MMSE <sup>b</sup> (sum score), mean (SD)	21.9 (2.8)
Gender (female), n (%)	76 (72.4)
Education (years), mean (SD)	11.8 (2.9)
Social status, n (%)	Nursing home: 31 (29.5) Home-dwelling: 74 (70.5)
Depression GDS <sup>c</sup> (sum score) mean (SD)	2.8 (2.3)
Indicated depression (GDS >5), n (%)	19 (18.1)
Recent history of falls, n (%)	49 (46.7)
Fear of falling FES-I <sup>d</sup> (sum score), median (SD)	9.2 (2.8)
Number of diagnosis, mean (SD)	8.2 (4.1)
Number of medication mean (SD)	7.6 (3.4)
CIRS <sup>e</sup> (sum score), mean (SD)	11.8 (4.4)
TUG <sup>f</sup> (test duration in seconds) (SD)	18.4 (11.3)
POMA <sup>g</sup> (total score) (SD)	22.3 (4.0)

<sup>a</sup>Given are sample sizes (*n*), mean and standard deviation (SD) or percentages (%) of all characteristics, <sup>b</sup>MMSE: Mini-Mental State Examination, <sup>c</sup>GDS: Geriatric Depression Scale, <sup>d</sup>FES-I: Falls Efficacy Scale International (short version), <sup>e</sup>CIRS: Cumulative Illness Rating Scale, <sup>f</sup>TUG: Timed Up and Go, <sup>g</sup>POMA: Performance-Oriented Mobility Assessment

### ***Convergent validity***

**Table 2** shows the correlations between the motor and cognitive tasks of the 'Walking & Counting'- and the other DT-tests.

#### *Motor task*

Correlations between maximal gait speed of the 'Walking & Counting'-test with the other gait-based DT-tests were consistently high ( $r_s = .81-.90$ ,  $p \leq .001$ ) and moderate for correlations with strength-based test ( $r_s = .29-.34$ ,  $p \leq .001-.006$ ). Highest correlation was shown between maximal gait speed of 'Walking & Counting serial 2 forward calculations' and 'Walking & Counting serial 3 backward calculations' ( $r_s = .90$ ,  $p < .001$ ).

#### *Cognitive task*

High correlations for the cognitive tasks were found between the arithmetic tasks ( $r_s = .55$ ,  $p < .001$ ) and between the semi-automated cognitive tasks 'counting serial 2 forward calculations' with 'reciting the alphabet' ( $r_s = .52$ ,  $p \leq .001$ ) in the gait-based DT-tests. All other verbal fluency tasks included in gait-based DT-tests showed moderate correlations ( $r_s = .29-.35$ ,  $p = .001-.002$ ), except of 'naming plants' in the 'Walking & Verbal Fluency'-test in which only low correlations ( $r_s = .06-.09$ ,  $p = .37-.53$ ) could be found.

Correlations between the arithmetic tasks of 'Walking & Counting' with cognitive tasks of 'Strength & Verbal Fluency' were low to moderate ( $r_s = .12-.42$ ,  $p \leq .001-.23$ ) with highest correlations for the cognitive task of 'Walking & Counting serial 2 forwards calculation' with 'Walking & Reciting the alphabet' ( $r_s = .42$ ,  $p < .001$ ) representing semi-automated tasks.

**Table 2** Convergent validity of the different dual task assessments

Dual Task-Test	n	Walking & Counting +2		Walking & Counting -3	
		maximal gait speed (cm/s)	response rate (correct calculations/s)	maximal gait speed (cm/s)	response rate (correct calculations/s)
<b>Walking &amp; Counting +2</b>					
maximal gait speed (cm/s)	105			.90**	
response rate (correct calculations/s)					.55**
<b>Walking &amp; Reciting ABC</b>					
maximal gait speed (cm/s)	105	.85**		.83**	
response rate (correct namings/s)			.52**		.35*
<b>Walking &amp; Naming animals</b>					
maximal gait speed (cm/s)	105	.81**		.82**	
response rate (correct namings/s)			.32**		.29**
<b>Walking &amp; Naming plants</b>					
maximal gait speed (cm/s)	105	.81**		.84**	
response rate (correct namings/s)			.06 (NS)		.09 (NS)
<b>Strength &amp; Reciting ABC</b>					
maximal strength (N)	104	.34**		.29**	
response rate (correct namings/s)			.42**		.25**
<b>Strength &amp; Naming animals</b>					
maximal strength (N)	104	.34**		.29**	
response rate (correct namings/s)			.25**		.12
<b>Strength &amp; Naming plants</b>					
maximal strength (N)	104	.30**		.29**	
response rate (correct namings/s)			.12 (NS)		.19 (NS)

Given are Spearman's rank correlations ( $r_s$ ) between an established DT-test ('Walking & Counting' [+2, -3]) with the other assessed DT-tests ('Walking & Verbal Fluency' [ABC, animals, plants] and 'Strength & Verbal Fluency' [ABC, animals, plants]). Correlations were calculated for motor and cognitive parameters (gait speed [cm/s] or maximal strength [N]; response rate [correct namings resp. calculations/s]). Correlations were significant at the \*\*0.01 and \*0.05 level (two-sided). Strength of correlation was indicated for  $r_s < 0.2$ =low,  $r_s = 0.2-0.5$ =moderate and  $r_s > 0.5$ =high (Cohen, 1988). n: sample size, cm: centimeter, s: seconds, N: Newton, NS: not significant

#### *Relative DTCs (motor DTCs, cognitive DTCs, combined DTCs in %)*

Comparison between motor DTCs of maximal gait speed of the 'Walking & Counting'- and 'Walking & Verbal Fluency'-test showed moderate to high correlations ( $r_s = .37-.61$ ;  $p < .001$ ). Correlations between motor DTCs of the 'Walking & Counting'- and the 'Strength & Verbal Fluency'-test were low ( $r_s = .02-.17$ ,  $p = .09-.82$ ).

Only low correlations ( $r_s = -.19-.06$ ,  $p=.09-.49$ ) between the cognitive DTCs of the 'Walking & Counting'- and the 'Walking & Verbal Fluency'-test as well as with the 'Strength & Verbal Fluency'-test could be shown.

For the combined (motor & cognitive) DTCs of the 'Walking & Counting'- with the 'Walking & Verbal Fluency'-test as well as with the 'Strength & Verbal Fluency'-test only low correlations ( $r_s = -.11-.16$ ,  $p=.26-.97$ ) were found, expect a moderate correlation between the combined DTCs of the 'Walking & Counting serial 2 forwards calculation '-test with the 'Walking & Reciting the alphabet'-test ( $r_s = .31$ ,  $p=.04$ ). Results are not presented in tables.

### Construct validity

**Table 3** shows the correlations between the examined DT-tests with external motor-functional and cognitive outcomes.

#### Motor task

Correlations between maximal gait speed of the gait-based DT-tests with measures assessing motor-functional performance were continuously high (TUG  $r_s = -.74- -.84$ ,  $p \leq .001$ ; POMA  $r_s = .62-.80$ ,  $p \leq .001$ ) and moderate for the maximal strength of the strength-based test (TUG  $r_s = -.33- -.40$ ,  $p \leq .001$ ; POMA  $r_s = .25-.31$ ,  $p=.002-.005$ ). Highest correlations with motor-functional outcomes were found for maximal gait speed of 'Walking & Reciting the alphabet' ( $r_s = -.84 - .80$ ,  $p \leq .001$ ) and 'Walking & Naming animals' ( $r_s = -.82 - .73$ ,  $p \leq .001$ ).

#### Cognitive task

Highest correlations with external cognitive outcomes have been shown between the cognitive task 'naming animals or plants' with the subtest 'Verbal Fluency Animals' of the CERAD (0-15s  $r_s = .20-.46$ ,  $p \leq .001-.037$ , total score  $r_s = .28-.46$ ,  $p \leq .001-.004$ ) under the gait-based as well as under the strength-based DT-conditions. Correlations of the other cognitive tasks within the evaluated DT-tests with the MMSE ( $r_s = .12-.37$ ,  $p \leq .001-.08$ ) and the ZVT-G ( $r_s = -.10- -.31$ ,  $p=.002-.34$ ) were low to moderate.

**Table 3** Construct validity for motor and cognitive parameters of dual task-tests

Dual Task-Test	n	Variable	External motor-functional tests		Variable	External cognitive tests			
			TUG (time in s)	POMA (total score)		MMSE (total score)	ZVT-G (time in s)	Verbal Fluency Animals (0-15s) (total score)	
Walking & Counting +2	105	max. gait speed (cm/s)	-.79**	.70**	response rate (correct calculations/s)	.19 (NS)	-.30**	.15 (NS)	.08 (NS)
Walking & Counting -3	105	max. gait speed (cm/s)	-.74**	.62**	response rate (correct calculations/s)	.37**	-.31**	.07 (NS)	.16 (NS)
Walking & Reciting ABC	105	max. gait speed (cm/s)	-.84**	.80**	response rate (correct namings/s)	.12 (NS)	-.17 (NS)	.02 (NS)	.18 (NS)



Walking & Naming animals	105	max. gait speed (cm/s)	-.82**	.73**	response rate (correct namings/s)	.28**	-.25*	.41**	.37**
Walking & Naming plants	105	max. gait speed (cm/s)	-.78**	.69**	response rate (correct namings/s)	.29**	-.14 (NS)	.20*	.28**
Strength & Reciting ABC	104	max. strength (N)	-.33**	.29**	response rate (correct namings/s)	.14 (NS)	-.28**	.15 (NS)	.29**
Strength & Naming animals	104	max. strength (N)	-.40**	.31**	response rate (correct namings/s)	.26**	-.15 (NS)	.46**	.46**
Strength & Naming plants	104	max. strength (N)	-.38**	.25*	response rate (correct namings/s)	.28**	-.10 (NS)	.34**	.39**

Given are Spearman's rank correlations ( $r_s$ ) between 'Walking & Counting' (+2, -3), 'Walking & Verbal Fluency' (ABC, animals, plants) or 'Strength & Verbal Fluency' (ABC, animals, plants) and motor-functional (TUG and POMA) or cognitive (MMSE, ZVT-G, Verbal Fluency Animals as a subtest of the CERAD test-battery [0-15s, 0-60s=total score]) outcomes. Correlations were calculated for motor (gait speed [cm/s] or maximal strength [N]) or cognitive (response rate [namings resp. calculations/s]) parameters. Correlations were significant at the \*\*0.01 and \*0.05 level (two-sided). Strength of correlations were indicated for  $r_s < 0.2$ =low,  $r_s = 0.2-0.5$ =moderate and  $r_s > 0.5$ =high (Cohen, 1988). n: sample size, NS: not significant, TUG: Timed Up and Go, POMA: Performance-Oriented Mobility Assessment, MMSE: Mini-Mental State Examination, ZVT-G: Zahlen-Verbindungs-Test-G (age-adjusted Trail Making Test).

#### *Relative DTCs (motor DTCs, cognitive DTCs, combined DTCs in %)*

Motor DTCs of all DT-tests showed consistently low and non-significant correlations with the motor-functional outcomes (TUG  $r_s = -.09-.10$ ,  $p=.31-.95$ ; POMA  $r_s = -.10-.03$ ,  $p=.35-.89$ ). Correlations between cognitive DTCs of DT-tests and the external cognitive tests were low to moderate (MMSE  $r_s = -.03-.12$ ,  $p=.21-.87$ , ZVT-G  $r_s = -.01-.16$ ,  $p=.76-.29$ , Verbal Fluency Animals [0-15s]  $r_s = -.11-.21$ ,  $p=.03-.28$  [total score]  $r_s = -.02-.21$ ,  $p=.04-.86$ ), except of cognitive DTCs of the 'Strength & Naming animals/plants'-test which showed moderate correlations with the subtest of the CERAD 'Verbal Fluency Animals' ( $r_s=.21$ ,  $p=.03-.04$ ). Combined (motor & cognitive) DTCs showed low to moderate correlations with the motor-functional outcomes (TUG  $r_s = -.01-.10$ ,  $p=.32-.94$ ; POMA  $r_s=.01-.17$ ,  $p=.30-.94$ ) as well as with external cognitive tests (MMSE  $r_s=.08-.26$ ,  $p=.32-.24$ ; ZVT-G  $r_s = -.19-.12$ ,  $p=.32-.21$ ; Verbal Fluency Animals [0-15s]  $r_s = -.07-.26$ ,  $p=.31-.25$ , [total score]  $r_s = -.11-.24$ ,  $p=.07-.35$ ). Results of relative DTCs are not documented in the table.

### Test–retest reliability

Results see **Table 4**.

#### Motor task

Regarding Spearman’s rank correlations test-retest reliability of motor performance was high ( $r_s$  walking=.91-.94,  $r_s$  strength=.76-.79,  $p \leq .001$ ) for all evaluated DT-tests. Highest correlation was found for gait speed of the 'Walking & Reciting the alphabet'-test ( $r_s=.94$ ,  $p \leq .001$ ).

Regarding ICCs excellent test-retest reliability was found for both motor parameters gait speed and maximal strength ( $ICC_{walking}=.92-.96$ ,  $ICC_{strength}=.75-.77$ ,  $p \leq .001$ ) with best ICCs for gait speed of 'Walking & Reciting the alphabet' ( $ICC=.96$ ,  $p \leq .001$ ) and 'Walking & Naming animals' ( $ICC=.96$ ,  $p \leq .001$ ).

#### Cognitive task

Correlations for the response rates were moderate to high for all cognitive tasks ( $r_s=.42-.86$ ,  $p \leq .001$ ). Highest correlations were found for the verbal fluency task 'reciting the alphabet' under both the walking- ( $r_s=.86$ ,  $p \leq .001$ ) and the strength-condition ( $r_s=.83$ ,  $p \leq .001$ ). Regarding ICCs good to excellent test-retest reliability could be shown for all cognitive tasks ( $ICC=.51-.88$ ,  $p \leq .001$ ) with excellent reliability for arithmetic tasks ( $ICC=.80-.86$ ,  $p \leq .001$ ) and 'reciting the alphabet' ( $ICC=.83-.86$ ,  $p \leq .001$ ). Results of the more challenging task 'naming animals/plants' showed good test-retest reliability ( $ICC=.51-.69$ ,  $p \leq .001$ ) with moderate to high correlations ( $r_s=.42-.70$ ,  $p \leq .001$ ). Test-retest reliability of the 'naming animals/plants'-task was higher ( $ICC=.62-.69$ ,  $p \leq .001$ ) and showed stronger correlations ( $r_s=.64-.70$ ,  $p \leq .001$ ) under the walking than under the strength condition.

**Table 4** Test-retest reliability results for all dual task assessments

Dual Task-Test	n	Motor task				Cognitive task			
		Mean (SD)		$r_s$	ICC (95%CI)	Mean (SD)		$r_s$	ICC (95%CI)
		Test	Retest			Test	Retest		
<b>Walking &amp; Counting +2</b>									
gait speed (cm/s)	81	92.6 (33.5)	96.2 (36.7)	.93**	.93 (.90-.96)**				
response rate (correct calculations/s)					1.3 (0.4)	1.3 (0.5)	.77**	.80 (.70-.87)**	
<b>Walking &amp; Counting -3</b>									
gait speed (cm/s)	81	79.5 (32.3)	83.8 (33.3)	.91**	.92 (.87-.95)**				
response rate (calculations/s)					0.5 (0.4)	0.5 (0.3)	.78**	.86 (.80-.91)**	
<b>Walking &amp; Reciting ABC</b>									
gait speed (cm/s)	80	103.1 (39.1)	103.9 (36.3)	.94**	.96 (.93-.97)**				

response rate (calculations/s)						3.1 (1.4)	3.3 (1.4)	.86**	.88 (.81-.92)**
<b>Walking &amp; Naming animals</b>									
gait speed (cm/s)	80	85.3 (35.6)	85.8 (34.6)	.93**	.96 (.93-.97)**				
response rate (calculations/s)						0.5 (0.3)	0.5 (0.3)	.64**	.62 (.46-.74)**
<b>Walking &amp; Naming plants</b>									
gait speed (cm/s)	80	84.2 (34.0)	85.7 (33.5)	.93**	.95 (.92-.96)**				
response rate (calculations/s)						0.4 (0.3)	0.4 (0.3)	.70**	.69 (.55-.79)**
<b>Strength &amp; Reciting ABC</b>									
max. strength (N)	78	50.6 (28.9)	55.9 (28.7)	.76**	.76 (.65-.84)**				
response rate (namings/s)						3.0 (1.0)	3.1 (1.0)	.83**	.83 (.75-.89)**
<b>Strength &amp; Naming animals</b>									
max. strength (N)	78	48.6 (28.6)	49.6 (26.8)	.79**	.77 (.66-.84)**				
response rate (namings/s)						0.6 (0.3)	0.5 (0.3)	.42**	.51 (.32-.65)**
<b>Strength &amp; Naming plants</b>									
max. strength (N)	78	45.2 (27.1)	44.7 (23.6)	.77**	.75 (.64-.84)**				
response rate (namings/s)						0.5 (0.2)	0.5 (0.3)	.56**	.55 (.37-.69)**

Given are sample size ( $n$ ), mean with standard deviation (SD) of absolute motor and cognitive parameters (maximal gait speed or maximal strength, response rate) as well as Spearman's rank correlations ( $r_s < 0.2$  = low,  $r_s = 0.2-0.5$  = moderate,  $r_s > 0.5$  = high) and intra-class correlation coefficients (ICC) with a 95% CI (ICC < 0.40 = poor, ICC 0.40-0.75 = fair to good, ICC > 0.75 = excellent) for each variable of test and retest. Level of significance was indicated by stars for \*\*0.01 and \*0.05. s: seconds, cm: centimeter, N: Newton.

### *Relative DTCs (motor DTCs, cognitive DTCs, combined DTCs in %)*

Regarding Spearman's rank correlations test-retest reliability of motor DTCs were moderate to high ( $r_s = .35-.77$ ,  $p \leq .001$ ) for all DT-tests. ICCs of motor DTCs of the gait-based as well as the strength-based DT-tests ranged from poor to good (ICC = .10-.74,  $p \leq .001-.20$ ). Highest correlations and ICCs for motor DTCs were found for the gait-based tests ('Walking & Counting'  $r_s = .67-.72$ ,  $p \leq .001$ ; ICC = .72-.74,  $p \leq .001$ ; 'Walking & Verbal Fluency'  $r_s = .53-.77$ ,  $p \leq .001$ ; ICC = .67-.74,  $p \leq .001$ ).

Test-retest reliability for cognitive DTCs of all DT-tests showed low to high Spearman's rank correlations ( $r_s = .13-.62$ ,  $p \leq .001-.25$ ) and poor to good ICCs (ICC = .05-.65,  $p \leq .001-.21$ ).

Test-retest reliability for combined (motor & cognitive) DTCs of all DT-tests ranged from low to high correlations ( $r_s=.14-.69$ ,  $p\leq.001-.22$ ) with poor to good ICCs (ICC=.15-.71,  $p\leq.001-.09$ ).

### ***Sensitivity to change of the 'Walking & Counting'-test***

Results see **Table 5**.

#### *Motor task*

The 'Walking & Counting'-test with either serial 2 forward calculations or serial 3 backward calculations showed significant improvements in all gait parameters ( $p \leq .01$ ) over the intervention period of 10 weeks. Motor parameters showed slightly stronger effects under the serial 2 forward (SRM=0.41-1.12) than under the serial 3 backward calculations (SRM=0.30-1.10). Strongest effect sizes were detected for gait speed (SRM=1.10-1.12) and cadence (SRM=1.10-1.13).

#### *Cognitive task*

Both arithmetic tasks showed significant changes of the response rates (correct calculations/s) over an intervention period of 10-weeks. Within the response rates effect sizes were almost identical and showed strong effects for both arithmetic tasks ('serial 3 backward calculations' SRM=0.95, 'serial 2 forward calculations' SRM=0.82).

**Table 5** Sensitivity to change for 'Walking and Counting' – Results of the Wilcoxon test and effect sizes (Standardized Response Means [SRM])

Test	Variable <sup>a</sup>	<i>n</i> <sup>b</sup>	Mean (SD) <sup>c</sup>		<i>p</i> -value <sup>d</sup>	SRM <sup>e</sup>
			T1	T2		
<b>Gait parameters</b>						
Walking & Counting +2	gait speed	47	76.98 (35.36)	100.94 (36.50)	$\leq .001$	1.12
	cadence		100.08 (21.20)	119.64 (21.34)	$\leq .001$	1.13
	stridelg		91.68 (32.48)	101.94 (32.84)	$\leq .001$	0.59
	H-H Base		13.57 (5.36)	12.48 (5.38)	.005	0.41
	singlesupp		0.46 (0.12)	0.39 (0.09)	$\leq .001$	0.92
	doublesupp		0.35 (0.17)	0.26 (0.16)	$\leq .001$	0.94
Walking & Counting -3	gait speed	47	66.90 (34.38)	90.97 (35.19)	$\leq .001$	1.10
	cadence		94.13 (19.45)	112.32 (19.94)	$\leq .001$	1.10
	stridelg		84.61 (34.66)	98.20 (34.10)	$\leq .001$	0.73
	H-H Base		14.30 (5.26)	13.25 (5.49)	.010	0.40
	singlesupp		0.55 (0.45)	0.42 (0.11)	$\leq .001$	0.30
	doublesupp		0.45 (0.42)	0.29 (0.18)	$\leq .001$	0.43

### Cognitive parameters

Walking & Counting +2	response rate	0.99 (0.50)	1.33 (0.44)	≤.001	0.82
		47			
Walking & Counting -3	response rate	0.35 (0.23)	0.64 (0.38)	≤.001	0.95

<sup>a</sup>Variables: gait speed (cm/s), cadence (steps/min), stride length (cm), H-H Base = Heel to Heel Base support (cm), single support (%), double support (%); <sup>b</sup>n: sample size, <sup>c</sup>Mean and standard deviation (SD) for T1 and T2 are given for motor and cognitive parameters 'Walking and Counting (+2; -3)', <sup>d</sup>P-values for Wilcoxon test applied to test differences between T1 and T2, <sup>e</sup>Standardized response means (SRM = difference between the mean scores T1 - T2, divided by the mean scores of the standard deviation [Kazis et al., 1989]; SRM = 0.2 – 0.5 = low effect, SRM = 0.5 – 0.8 = moderate effect, SRM > 0.8 = strong effect [Cohen, 1988]) are given.

### Relative DTCs (motor DTCs, cognitive DTCs, combined DTCs in %)

Motor DTCs of 'Walking & Counting' showed significant changes under both arithmetic tasks (SRM=0.15-0.77) except for the parameters of 'heel to heel base support' and 'single support'. Significant changes over time with moderate to strong effect sizes (SRM=0.56-0.98) were found for cognitive DTCs of 'Walking & Counting'.

Combined (motor & cognitive) DTCs of 'Walking & Counting' showed significant changes for all examined gait parameters. Stronger effect sizes for combined DTCs were found in 'Walking & serial 2 forward calculations' (SRM=0.41-1.10) than in 'Walking & serial 3 backward calculations' (SRM=0.40-0.62). In contrast, other DT-tests ('Walking & Verbal Fluency', 'Strength & Verbal Fluency') which were not trained showed no significant changes over the time (not documented in tables).

### Feasibility

Feasibility of the assessment procedures was good, as all participants could perform the gait-based tests and only 1 participant was excluded from the strength-based test, because of an abdominal aortic aneurysm. Eleven patients had concerns about walking without walking aids, but after test trials with the attendance of the instructor, the measurement was feasible. Not all participants were able to give an adequate response to cognitive tasks in each trial both under ST and DT which represented the differing levels of cognitive performance which we assumed as floor effects (*Serial 2 forward calculations [walking/strength]*: 5 patients were not able to give a correct calculation in 1 of 2 trials under DT; *Serial 3 backward calculations [walking/strength]*: 7 under ST and 10 under DT patients were not able to give a correct calculation in 1 of 2 trials, 5 participants could not give 1 correct answer in both DT trials; *Reciting ABC [walking / strength]*: All participants were able to recite at least 3 letters of the alphabet; *Naming animals / plants [walking]*: 4 patients were not able to name plants in 1 of 2 DT trials, all patients could name at least one animal in 1 of 2 DT trials; *Naming animals / plants [strength]*: 3 participants could not name an animal, 8 patients could not name a plant under DT). Average time (including test instructions, test documentation and individual breaks) for test performance was: 'Walking & Counting' 16.7 (±5.0) min, 'Walking & Verbal Fluency' 13.1 (±5.4) min and 'Strength & Verbal Fluency' 16.9 (±4.9) min. No critical events such as falls occurred during testing.

## **Discussion**

Results confirm good to excellent psychometric quality of almost all examined DT-tests regarding the motor and cognitive tasks under DT conditions in a vulnerable sample with dementia. Consequently, our findings demonstrated that these DT-tests are suitable as a diagnostic tool for cognitive decline. Gait-based tests 'Walking & Counting' and 'Walking & reciting the alphabet' stood out with highest biometrical quality. Furthermore 'Walking & Counting' was a responsive measure to demonstrate changes over the time which is highly relevant for demonstrating intervention effects. Furthermore, with regard to the cognitive task, arithmetic tasks demonstrated most valid, reliable and responsive results, as well as the semi-automated verbal fluency task 'reciting the alphabet'. Thus the results proved that DT performance could be used as a valid, reliable and feasible study endpoint within intervention studies. Relative DTCs, which are recommended for DT assessments, showed lower biometric quality.

### ***Construct and convergent validity***

In the present study almost all motor and cognitive tasks under DT conditions showed moderate to high correlations with either the 'Walking & Counting'-test (convergent validity) or motor-functional or cognitive outcomes (construct validity). Highest convergent validity was shown for DT-tests with closely related motor and cognitive demands: 'Walking & serial 2 forward calculations' with 'Walking & serial 3 backward calculations' as well as correlations between gait-based tests rather than correlations with the strength-based tests. Our findings showed that DT-tests were most valid if they included a gait-based motor task, arithmetic cognitive tasks which partly demanding the working memory and cognitive semi-automated tasks (serial 2 forward calculations and reciting the alphabet). Concluding that highest convergent validity for determining DT performance in elderly patients with dementia could be confirmed for 'Walking & Counting' and 'Walking & reciting the alphabet'. High correlations between serial 2 forwards calculations and reciting the alphabet may be due to the fact that both tasks representing rhythmic, semi-automated tasks with lower cognitive challenge (Beauchet et al., 2007).

Lower correlations were found for the relative DTCs which could be ascribe to the specific calculation of the DTCs at which outlier or marginal changes could have strong influence on the results.

Stronger validity for DT-tests including the motor task 'walking' in comparison to the motor task 'strength' may be attributing to the fact that the tests used for evaluating validity were gait-based as well ('Walking & Counting' or TUG and POMA). Closely related demands produced higher validity in this study. Similar results could be demonstrated in a further study (Hofheinz & Schusterschitz, 2010) that examined the relationship between a cognitive or a manual DT version of the TUG with the Berg Balance Scale (BBS), a theoretically related measure, as the gold standard. In addition walking represents an activity of daily living whereas strength testing was machine-based and in the majority of cases a completely new demand for our patients. Results are in line with studies examining relationship between DT-tests and clinical measures of balance and mobility (e.g. TUG [Condrón et al., 2002; Schott, 2015], DT version of the TUG [Yang et al., 2016], Short Physical Performance Battery [Gimmon et al., 2013], Performance Oriented Mobility Assessment [Gimmon et al., 2013],



Berg Balance Scale [Hofheinz & Schusterschitz, 2010]) demonstrated moderate to strong correlations for walking time (Gimmon et al., 2013; Yang et al., 2016), the dynamic Chattecx Balance System (Condron et al., 2002) or the Trail Walking Test (Schott, 2015).

To our knowledge, this is the first study which investigates the relationship between DT assessments or the relationship between DT-tests and theoretically related motor-functional or cognitive tests. in patients with cognitive impairment.

### ***Test-retest reliability***

DT outcome measures showed excellent test-retest reliability for the motor tasks and fair to excellent test-retest reliability for the cognitive tasks under DT conditions for the three different DT-tests in patients with dementia. For cognitive tasks strongest reliability was found for reciting the alphabet and arithmetic tasks. The presence of cognitive impairment did not preclude stability in DT performance in our sample supporting that this DT methodology can be reliably used in patients with dementia.

A small increase in motor results during DT might indicate a minor learning effect. This could be due to the fact that (1) we used a relative short time period between the test and retest sessions and (2) we collected data of all three DT-tests within one session so that patients had numerous repetitions of the motor task. Gait-based DT-tests showed better test-retest reliability than strength-based tests. This might be due to the reasons that walking represents an everyday life motor key performance whereas the strength task was performed on a special measuring unit that was completely unknown to study participants. Additionally, strength-based DT-tests included a short time period for the trials (preinstalled 5 sec). We choose this time interval regarding to the numerous trials our vulnerable sample had to perform within the strength-based DT-tests. These findings are similar to those of Muhaidat and colleagues (2013a) in which a DT-test including the stair descent showed the least test-retest reliability in a sample of non-demented elderly which might have been due to the small number of steps, comparable to our short time period, which might have not allowed for the normalization of the walking pattern.

In addition, most reliable were the simple gait-based DT-tests. This might pose the question if people with dementia are able to perform more challenging DT properly in general (Camicicoli et al., 1997; Della Sala et al., 1995).

In more challenging cognitive tasks (serial 3 backward calculations, naming animals and plants we found a slightly reduced test-retest reliability indicating more stable results when participants were not tested at limits.

However, the relative DTCs in this study showed poor to good test-retest reliability. Although we suggested that proportionate measures might be the best way to express DT abilities as it accounts for baseline differences in ST performance (Riby et al., 2004), relative DTCs were a less valid and reliable measure. These results are comparable to findings of test-retest analyses of DT assessments combining a walking with a verbal fluency or an arithmetic task in a non-demented sample which showed good to excellent test-retest reliability for the motor task (ICC=.53-.92; Muhaidat et al., 2013a) respectively for the walking time (ICC=0.70-0.93; Yang et al., 2016), fair to excellent results for cognitive performance speed and accuracy (ICC=.40-.51; Muhaidat et al., 2013a) respectively correct response rates (ICC=0.58-0.81; Yang et al., 2016). These findings could be explained by the increase of systematic error

when ST and DT are used to compute the proportionate differences (Crawford, 2004). In almost the same manner the systematic review of Yang et al. (2015) that investigated psychometric properties of DT assessments in older adults found out that test-retest reliability of motor parameters and cognitive outcomes under DT conditions was generally fair to good whereas the reliability of relative DTCs was generally poor to fair. This statement with regard to test-retest reliability of the motor task under DT condition is supported by several studies examining DT walking combined with counting backwards (Gimmon et al., 2013; Hartmann et al., 2009; Hofheinz & Schusterschitz, 2010; McCulloch et al., 2009), backward spelling (Hollman et al., 2010) or reciting days of the week or the month of the year backwards (Gimmon et al., 2013) in older adults without cognitive impairment and could demonstrate excellent retest reliability for spatio-temporal gait parameters (ICC=0.86-0.99 [Hartmann et al., 2009], ICC>0.84 [Hollman et al., 2010], ICC=0.78-0.92 [Gimmon et al., 2013], ICC=0.98 [Hofheinz & Schusterschitz, 2010]).

Most previous studies excluded patients with dementia due to the assumptions that patients with cognitive impairments demonstrated an increasing variability of test performance on the basis of illness-related symptoms such as attentional deficits, inability to follow instructions and impaired executive functions. Such deficits seem to be an issue for an accurate assessment and restrict the reproducibility of specific performance (Ries et al., 2009). We only found two studies analyzing test-retest reliability of assessing quantitative gait variables using an electronic walkway in older adults with mild cognitive impairment under ST and DT conditions (Montero-Odasso et al., 2009) and test-retest reliability of stride time variability while DT in healthy and demented adults with frontotemporal degeneration (Beauchet et al., 2011) and showed excellent results of the mean value of stride time (ICC=0.81; Beauchet et al., 2011) and for evaluated gait parameters (ICC>0.85; Montero-Odasso et al., 2009). These results could support our excellent data of test-retest reliability of the gait parameters in patients with cognitive impairment. But the reservation must be made, compared to our study, that both studies have restricted validity due to methodological limitations that they analyzed details of the motor task and disregarded the secondary cognitive task in a small sample of patients with cognitive impairment ( $n=11$  [Montero-Odasso et al., 2009],  $n=14$  [Beauchet et al., 2011]). Furthermore, Montero-Odasso (2009) only examined patients with mild cognitive impairment and excluded patients with dementia.

### ***Sensitivity to change***

This is the first study examining sensitivity to change of a DT assessment tool in patients with dementia and demonstrated good to excellent responsiveness for the 'Walking & Counting'-test as it reproduced significant changes induced by a task specific training program regarding the main motor and cognitive outcome measures 'gait speed' and 'response rate'. Moreover, results could also be confirmed for relative DTCs. Motor parameters 'gait speed' and 'cadence' were most sensitive for changes in DT performance. Within the cognitive tasks effect sizes were larger for the serial 3 backward than for the serial 2 forward calculations. Findings confirm previous results in patients with dementia that more challenging tasks showed higher training gains, assumed that the challenging tasks were still feasible for the patients (Schwenk et al., 2010). The large effect sizes documented in specifically-trained outcomes represented

the potential change to be achieved and indicated the excellent sensitivity to change for the 'Walking & Counting'-test.

### ***Feasibility***

DT-tests were feasible even in high aged, multimorbid participants with mild to moderate stage dementia and could therefore be an important extension to geriatric assessment strategies. All patients were able to perform the walking task. This might be due to the fact that 'walking 10m without a walking aid' was an inclusion criterion to participate in our study. Differences regarding the type and the complexity level of the cognitive tasks could be explained by an excessive demand with simultaneous limited resources of the study sample. Patients had more difficulties to properly perform the arithmetic tasks than the verbal fluency tasks. The semi-automated cognitive tasks (serial 2 forward calculations, reciting the alphabet) seemed to be more feasible for our sample than the complex tasks (serial 3 backward calculations, naming animals/plants). Counting backwards in 3s disclosed that 14% were not able to give a correct calculation step under DT which we assumed to be a floor effect for those with advanced impairment. Results are in line with previous studies that examined feasibility of gait-based DT-tests (McCulloch et al., 2006; Muhaidat et al., 2013b) and showed that the arithmetic tasks (McCulloch et al., 2006; Muhaidat et al., 2013b) were less feasible than the verbal fluency tasks even in a sample of community-dwelling older adults without cognitive impairment. In the current study tasks were piloted before testing to adapt the tasks to the sample's ability and to prevent ceiling and floor effects.

Previous research demonstrated that counting backwards by 3s essentially relies on working memory (Smith et al., 2001) which is usually impaired early in the course of dementia whereas simple verbal fluency tasks (e.g. reciting ABC) mainly demands on semantic memory (Hittmair-Delazer et al., 1994) which is predominantly unimpaired at the onset of dementia. The demand for executive functions that, under DT conditions, are already used to coordinate two tasks simultaneously would be more relevant for complex counting backwards than for the verbal fluency task (Beauchet et al., 2005).

No clinical events (e.g. falls) occurred during supervised testing indicating a low risk of the DT-test.

Average time for conducting the DT-tests ranged from 13.1 to 16.9 min which seems to be a fair time interval for the multimorbid study sample. It was the first study to document feasibility for DT evaluation in patients with dementia thus allowing an evidence-based planning of specific assessment strategies.

### **Study limitations**

As there is no gold standard to assess DT performance, we selected the 'Walking & Counting'-test as the benchmark to determine construct validity which could have influence on validity results.

The fact that people with dementia have difficulties completing DT properly (Camicioli et al., 1997; Della Sala et al., 1995) became apparent in the way that response rates of the cognitive tasks were low in some patients. With the current methodology in use it is unclear if the patients paid equal attention on both tasks or if they prioritizing one of them. All tests including

verbal fluency tasks were performed within one session. Frequent repetitions of the verbal fluency tasks within the tests could have caused learning effects. However, the sequence of the tasks was randomized. Furthermore, participants were recruited from different settings that could have induced result bias (e.g. clustering effects).

## **Conclusions**

This is the first validation study of different types of DT-tests in multimorbid patients with mild to moderate dementia, a study sample most affected in attention-related deficits. In contrast to recent DT validation studies, which included less impaired or healthy samples, limited to validity, reliability and few feasibility analyses for biometrical quality, we examined multiple psychometric properties to allow a comprehensive and comparative evaluation of different DT-tests. Despite reported problems to assess patients with dementia (Hauer & Oster, 2008) results confirm adequate to excellent psychometric quality of almost all examined DT-tests regarding motor and cognitive task under DT in a vulnerable sample with dementia. Gait-based DT-tests demonstrated best results. Furthermore, with regard to the cognitive task, arithmetic tasks turned out to have most valid, reliable and responsive results, as well as the semi-automated verbal fluency task 'reciting the alphabet'. 'Walking & Counting' and 'Walking & reciting the alphabet' stood out with highest biometrical quality and could be recommended for assessment purpose in future DT studies with people with dementia. Consequently, our findings demonstrated that these DT-tests are suitable as a diagnostic or descriptive tool for cognitive decline as well as study endpoints for intervention studies. Relative DTCs which are recommended for DT assessments were less valid measures in our study and this need to be considered in future research.

## **Abbreviations**

AD: Alzheimer's Disease

CERAD: Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease

CG: control group

CI: confidence interval

CIRS: Cumulative Illness Rating Scale

cm: centimeter

EF: executive functions

DT: dual task

DTC: dual task costs

GDS: Geriatric Depression Scale

ICC: Intra-Class Correlation Coefficient

IG: intervention group

min.: minutes

MMSE: Mini-Mental State Examination

NAI: Nürnberger-Alters-Inventar

N: Newton

OR: Odds ratio

POMA: Performance Orientated Mobility Assessment

s: seconds

SF-12: Short Form (12)

ST: single task

TUG: Timed up and Go-test

WWT: Walking While Talking

ZN-G: Zahlen-Nachsprechen-G (Repeating-Number-Test)

ZVT-G: Zahlen-Verbindungs-Test-G (age-adjusted Trail Making Test)

### **Conflict of interest**

The authors declare that they have no conflicts of interest concerning this article.

### **Acknowledgements**

The authors would like to thank the Network of Aging Research (NAR) of the University of Heidelberg, the Robert Bosch Stiftung, and Dietmar Hopp Stiftung for supporting this study. A special thanks to our participants, and our exercise trainer (M. Günther).

## References

- Aalten P, Verhey FR, Boziki M, Bullock R, Byrne EJ, Camus V, Caputo M, Collins D, De Deyn PP, Elina K, Frisoni G, Girtler N, Holmes C, Hurt C, Marriott A, Mecocci P, Nobili F, Ousset PJ, Reynish E, Salmon E, Tsolaki M, Vellas B, Robert PH. Neuropsychiatric syndromes in dementia. Results from the European Alzheimer Disease Consortium: part I. *Dement Geriatr Cogn Disord* 2007;24(6):457-63. doi: 10.1159/000110738.
- Abernethy B. Dual-task methodology and motor skills research: some applications and methodological constraints. *J Hum Mov Stud* 1988;14:101-132.
- Ashford S, Slade M, Malaprade F, Turner-Stokes L. Evaluation of functional outcome measures for the hemiparetic upper limb: a systematic review. *J Rehabil Med* 2008;40:787-95. doi: 10.2340/16501977-0276.
- Baddeley AD, Bressi S, Della Sala S, Logie R, Spinnler H. The decline of working memory in Alzheimer's disease. A longitudinal study. *Brain* 1991;114(Pt 6):2521-42.
- Barth S, Schönknecht P, Pantel J, Schröder J. Mild cognitive impairment and Alzheimer's Disease: An investigation of the CERAD-NP test battery. *F Neuro Psych* 2005;73(10):568-576.
- Beauchet O, Dubost V, Gonthier R, Kressig RW. Dual-task-related gait changes in transitionally frail older adults: the type of the walking-associated cognitive task matters. *Gerontology* 2005;51(1):48-52. doi: 10.1159/000081435.
- Beauchet O, Dubost V, Allali G, Gonthier R, Herrmann FR, Kressig RW. 'Faster counting while walking' as a predictor of falls in older adults. *Age Ageing* 2007;36(4):418-23. doi: 10.1093/ageing/afm011.
- Beauchet O, Annweiler C, Allali G, Berrut G, Herrmann FR, Dubost V. Recurrent falls and dual task-related decrease in walking speed: Is there a relationship? *JAGS* 2008a;56:1265-69. doi: 10.1111/j.1532-5415.2008.01766.x.
- Beauchet O, Allali G, Annweiler C, Berrut G, Maarouf N, Herrmann FR, Dubost V. Does change in gait while counting backward predict the occurrence of a first fall in older adults? *Gerontology* 2008b;54:217-23. doi: 10.1159/000127318.
- Beauchet O, Annweiler C, Dubost V, Allali G, Kressig RW, Bridenbaugh S, Berrut G, Assal F, Herrmann FR. Stops walking when talking: a predictor of falls in older adults? *Eur J Neurol* 2009;16(7):786-95. doi: 10.1111/j.1468-1331.2009.02612.x.
- Beauchet O, Freiburger E, Annweiler C, Kressig RW, Herrmann FR, Allali G. Test-retest reliability of stride time variability while dual tasking in healthy and demented adults with frontotemporal degeneration. *J Neuroeng Rehabil* 2011;8:37. doi: 10.1186/1743-0003-8-37.
- Boyle PA, Cohen RA, Paul R, Moser D, Gordon N. Cognitive and motor impairments predict functional declines in patients with vascular dementia. *Int J Geriatr Psychiatry* 2002;17(2):164-9.
- Camicioli R, Howieson D, Lehman S, Kaye J. Talking while walking: the effect of a dual task in aging and Alzheimer's disease. *Neurology* 1997;48(4):955-8.
- Camicioli R, Oken BS, Sexton G, Kaye JA, Nutt JG. Verbal fluency task affects gait in Parkinson's disease with motor freezing. *J Geriatr Psychiatry Neurol* 1998;11(4):181-5.

- Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, 2nd ed. Hillsdale: Lawrence Erlbaum; 1988.
- Condron JE, Hill KD. Reliability and validity of a dual-task force platform assessment of balance performance: effect of age, balance impairment, and cognitive task. *J Am Geriatr Soc* 2002;50:157-62.
- Crawford J. Psychometric foundations of neurological assessment. In: Goldstein LH, McNeil JE, editors. *Clinical Neuropsychology: a practical guide to assessment and management for clinicians*. Chichester: John Wiley & Sons; 2004. p 121-40.
- Delbaere K, Close JCT, Mikolaizak AS, Sachdev PS, Brodaty H, Lord SR. The Falls Efficacy Scale International (FES-I). A comprehensive longitudinal validation study. *Age and Ageing* 2010;39:210-16.
- Della Sala S, Baddeley A, Papagno C, Spinnler H. Dual-task paradigm: a means to examine the central executive. *Ann N Y Acad Sci* 1995;769:161-71.
- DGPPN (Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie, Psychotherapie und Nervenheilkunde), DGN (Deutsche Gesellschaft für Neurologie). *Diagnose- und Handlungsleitlinien Demenz. Interdisziplinäre S3 Praxisleitlinien*. Springer Verlag; 2010.
- Fisseni H-J. *Lehrbuch der psychologischen Diagnostik*. Verlag für Psychologie; 1990, Göttingen.
- Fleiss JL. *The design and analysis of clinical experiments*. Chichester: John Wiley & Sons; 1986.
- Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. „Mini-mental state“. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res* 1975;12(3):189-98.
- Gimmon Y, Jacob G, Lenoble-Hoskovec C, Büla C, Melzer I. Relative and absolute reliability of the clinical version of the narrow path walking test (NPWT) under single and dual task conditions. *Arch Gerontol Geriatr* 2013;57:92-9. doi: 10.1016/j.archger.2013.02.001.
- Hartmann A, Murer K, De Bie RA, De Bruin ED. Reproducibility of spatio-temporal gait parameters under different conditions in older adults using a trunk tri-axial accelerometer system. *Gait Posture* 2009;30:351-5. doi: 10.1016/j.gaitpost.2009.06.008.
- Hauer K, Marburger C, Oster P. Motor performance deteriorates with simultaneously performed cognitive tasks in geriatric patients. *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83(2):217-23.
- Hauer K, Pfisterer M, Weber C, Wezler N, Kliegel M, Oster P. Cognitive impairment decreases postural control during dual tasks in geriatric patients with a history of severe falls. *J Am Geriatr Soc* 2003;51(11):1638-44.
- Hauer K, Lamb SE, Jorstad EC, Todd C, Becker C. Systematic review of definitions and methods of measuring falls in randomized controlled fall prevention trials. *Age Ageing* 2006;35(1):5-10.
- Hauer K, Oster P. Measuring functional performance in persons with dementia. *J Am Geriatr Soc* 2008;56(5):949-50. doi: 10.1111/j.1532-5415.2008.01649.x.
- Hauer K, Yardley L, Beyer N, Kempen G, Dias N, Campell M, Becker C, Todd C. Validation of the Falls Efficacy Scale and Falls Efficacy Scale International in geriatric patients with and without cognitive impairment: results of self-report and interview-based questionnaires. *Gerontology* 2010;56(2):190-9. doi: 10.1159/000236027.



- Hittmair-Delazer M, Semenza C & Denses G. Concepts and facts in calculation. *Brain* 1994, 117:715–728.
- Hofheinz M, Schusterschitz C. Dual task interference in estimating the risk of falls and measuring change: a comparative, psychometric study of four measurements. *Clin Rehabil* 2010;24:831–42.
- Hollman JH, Childs KB, McNeil ML, Mueller AC, Quilter CM, Youdas JW. Number of strides required for reliable measurements of pace, rhythm and variability parameters of gait during normal and dual task walking in older individuals. *Gait Posture* 2010;32:23–8. doi: 10.1016/j.gaitpost.2010.02.017.
- Kazis LE, Anderson JJ, Meenan RF. Effect sizes for interpreting changes in health status. *Med Care* 1989;27(3 Suppl):S178-89.
- Linn BS, Linn MW, Gurel L. Cumulative Illness Rating Scale. *J Am Geriatr Soc* 1968;16:622-6.
- Liu-Ambrose T, Katarynych LA, Ashe MC, Nagamatsu LS, Hsu CL. Dual-task gait performance among community-dwelling senior women: the role of balance confidence and executive functions. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2009;64:975–82. doi: 10.1093/gerona/glp063.
- Lundin-Olsson L, Nyberg L, Gustafson Y. “Stops walking when talking” as a predictor of falls in elderly people. *Lancet* 1997;349(9052):617. doi: 10.1016/S0140-6736(97)24009-2.
- Makizako H, Furuna T, Shimada H, Ihira H, Kimura M, Uchiyama E, Oddsson LI. Association between a history of falls and the ability to multi-task in community-dwelling older people. *Aging Clin Exp Res* 2010;22:427–32. doi: 10.3275/6763.
- McCulloch KL, Shubert TE, Giuliani CA. Walking dual task performance in older adults: Feasibility of three cognitive tasks and associations among measures of balance and attention. *J Geriatr Phys Ther* 2006;29(3):132.
- McCulloch KL, Mercer V, Giuliani C, Marshall S. Development of a clinical measure of dual-task performance in walking: reliability and preliminary validity of the Walking and Remembering Test. *J Geriatr Phys Ther* 2009;32(1):2-9.
- Melzer I, Shtilman I, Rosenblatt N, Oddsson LI. Reliability of voluntary step execution behavior under single and dual task conditions. *J Neuroeng Rehabil* 2007;4:16. doi: 10.1186/1743-0003-4-16.
- Menz HB, Latt MD, Tiedemann A, Mun San Kwan M, Lord SR. Reliability of the GAITRite walkway system for the quantification of temporo-spatial parameters of gait in young and older people. *Gait Posture* 2004;20:20 –25).
- Miller MD, Paradis CF, Houck PR, Mazumdar S, Stack JA, Rifai H, Mulsant B, Reynolds CF III. Rating chronic medical illness burden in geropsychiatric practice and research: application of the Cumulative Illness Rating Scale. *Psychiatry Res* 1992;41:237-48.
- Moghadam M, Ashayeri H, Salavati M, Sarafzadeh J, Taghipoor KD, Saeedi A, et al. Reliability of center of pressure measures of postural stability in healthy older adults: effects of postural task difficulty and cognitive load. *Gait Posture* 2011;33:651–5. doi: 10.1016/j.gaitpost.2011.02.016.
- Montero-Odasso M, Casas A, Hansen KT, Bilski P, Gutmanis I, Wells JL, Borrie MJ. Quantitative gait analysis under dual-task in older people with mild cognitive impairment: a reliability study. *J Neuroeng Rehabil* 2009;6:35. doi: 10.1186/1743-0003-6-35.

- Morris JC, Mohs RC, Rogers H, Fillenbaum G, Heyman A. Consortium to establish a registry for Alzheimer's disease (CERAD) clinical and neuropsychological assessment of Alzheimer's disease. *Psychopharmacol Bull* 1988;24(4):641-52.
- Muhaidat J, Kerr A, Evans JJ, Skelton DA. The test-retest reliability of gait-related dual task performance in community-dwelling fallers and non-fallers. *Gait Posture* 2013a;38(1):43-50. doi: 10.1016/j.gaitpost.2012.10.011.
- Muhaidat J, Kerr A, Evans JJ, Skelton DA. Exploring gait-related dual task tests in community-dwelling fallers and non-fallers: a pilot study. *Physiother Theory Pract* 2013b;29(5):351-70. doi: 10.3109/09593985.2012.752056.
- Muhaidat J, Kerr A, Evans JJ, Pilling M, Skelton DA. Validity of simple gait-related dual-task tests in predicting falls in community-dwelling older adults. *Arch Phys Med Rehabil* 2014;95(1):58-64. doi: 10.1016/j.apmr.2013.07.027.
- Muir SW, Speechley M, Wells J, Borrie M, Gopaul K, Montero-Odasso M. Gait assessment in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: the effect of dual-task challenges across the cognitive spectrum. *Gait Posture* 2012;35(1):96-100. doi: 10.1016/j.gaitpost.2011.08.014.
- Nordin E, Moe-Nilssen R, Ramnemark A, Lundin-Olsson L. Changes in step-width during dual-task walking predicts falls. *Gait Posture* 2010;32:92-7. doi: 10.1016/j.gaitpost.2010.03.012.
- Oswald WD, Fleischmann UM. *Nürnberger-Alters-Inventar: (NAI); NAI-Testmanual und -Textband*, 4th ed. Göttingen: Hogrefe; 1997.
- Perry RJ, Hodges JR. Attention and executive deficits in Alzheimer's disease: a critical review. *Brain* 1999;122:383-404.
- Petersen RC, Smith GE, Waring SC, Ivnik RJ, Tangalos EG, Kokmen E. Mild cognitive impairment: Clinical characterization and outcome. *Arch Neurol* 1999;56:303-8. Doi:10.1001/archneur.56.3.303.
- Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc* 1991;39(2):142-8.
- Riby L, Perfect T, Stollery B. Evidence for disproportionate dual-task costs in older adults for episodic but not semantic memory. *Q J Exp Psychol A* 2004;57(2):241-67. doi: 10.1080/02724980343000206.
- Ries JD, Echternach JL, Nof L, Gagnon Blodgett M. Test-retest reliability and minimal detectable change scores for the timed "up & go" test, the six-minute walk test, and gait speed in people with Alzheimer disease. *Phys. Ther.* 2009;89:569-79. doi: 10.2522/ptj.20080258.
- Sala SD, Logie RH. Theoretical and practical implications of dual-task performance in Alzheimer's disease. *Brain* 2001;124:1479-81.
- Schott N. Trail Walking Test zur Erfassung der motorisch-kognitiven Interferenz bei älteren Erwachsenen. Entwicklung und Überprüfung der psychometrischen Eigenschaften des Verfahrens. *Z Gerontol Geriatr* 2015;48:722-33. doi: 10.1007/s00391-015-0866-3.

- Schwenk M, Zieschang T, Oster P, Hauer K. Dual-task performances can be improved in patients with dementia: a randomized controlled trial. *Neurology* 2010;74(24):1961-8. doi: 10.1212/WNL.0b013e3181e39696.
- Sheridan PL, Solomont J, Kowall N, Hausdorff JM. Influence of executive function on locomotor function: divided attention increases gait variability in Alzheimer's disease. *J Am Geriatr Soc* 2003;51(11):1633-7.
- Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Phys Ther* 2000;80(9):896-903.
- Smith EE, Geva A, Jonides J, Miller A, Reuter-Lorenz P, Koeppe RA. The neural basis of task-switching in working memory: Effects of performance and aging. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America* 2001;98:2095–2100. doi: 10.1073/pnas.98.4.2095.
- Swanenburg J, De Bruin ED, Favero K, Uebelhart D, Mulder T. The reliability of postural balance measures in single and dual tasking in elderly fallers and non-fallers. *BMC Musculoskelet Disord* 2008;9:162. doi: 10.1186/1471-2474-9-162.
- Swanenburg J, De Bruin E, Uebelhart D, Mulder T. Falls prediction in elderly people: a 1-year prospective study. *Gait Posture* 2010;31:317–21. doi: 10.1016/j.gaitpost.2009.11.013.
- Szturm T, Sakhalkar V, Boreskie S, Marotta JJ, Wu C, Kantikar A. Integrated testing of standing balance and cognition: test-retest reliability and construct validity. *Gait Posture* 2015;41(1):146-52. doi: 10.1016/j.gaitpost.2014.09.023.
- Tang PF, Yang HJ, Peng YC, Chen HY. Motor dual-task timed up & go test better identifies prefrailty individuals than single-task timed up & go test. *Geriatr Gerontol Int* 2015;15:204-10. doi: 10.1111/ggi.12258.
- Tinetti ME. Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *J Am Geriatr Soc* 1986;34(2):119-26.
- Vergheze J, Buschke H, Viola L, Katz M, Hall C, Kuslansky G, Lipton R. Validity of divided attention tasks in predicting falls in older individuals: a preliminary study. *J Am Geriatr Soc* 2002;50(9):1572-6.
- Vergheze J, Kuslansky G, Holtzer R, Katz M, Xue X, Buschke H, Pahor M. Walking while talking: effect of task prioritization in the elderly. *Arch Phys Med Rehabil* 2007;88(1):50-3. doi: 10.1016/j.apmr.2006.10.007.
- Yamada M, Aoyama T, Arai T, Nagai K, Tanaka B, Uemura K, Mori S, Ichihashi N. Dual-task walk is a reliable predictor of falls in robust elderly adults. *J Am Geriatr Soc* 2011;59(1):163-4. doi: 10.1111/j.1532-5415.2010.03206.x.
- Yang L, Liao LR, Lam FMH, He CQ, Pang MYC. Psychometric properties of dual-task balance assessments for older adults: A systematic review. *Maturitas* 2015;80:359-69. doi: 10.1016/j.maturitas.2015.01.001.
- Yang L, He C, Pang MYC. Reliability and validity of dual-task mobility assessment in people with chronic stroke. *PLoS ONE* 2016;11(1):1-22. doi: 10.3109/09638288.2014.932445.

Yesavage JA, Brink TL, Rose TL, Lum O, Huang V, Adey M, Leirer VO. Development and validation of a geriatric depression screening scale: a preliminary report. *J Psychiatr Res* 1982-1983;17(1):37-49.

Yogev G, Giladi N, Peretz C, Springer S, Simon ES, Hausdorff JM. Dual tasking, gait rhythmicity, and Parkinson's disease: which aspects of gait are attention demanding? *Eur J Neurosci* 2005;22(5):1248-56. doi: 10.1111/j.1460-9568.2005.04298.x.

## VII. Schrift

---

---

Journal of Geriatric Physical Therapy

November 2016 (Epub ahead of print)

***Development and Validation of a Novel Motor-Cognitive Assessment Strategy of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers in People with Dementia***

Authors: C. Werner, S. Wiloth, N. Lemke, F. Kronbach, K. Hauer

© 2017 Academy of Geriatric Physical Therapy, APTA

Die folgende Schrift ist die finale, peer-reviewed Manuskriptversion des oben zitierten Originalartikels, welches im November 2016 in der Zeitschrift Geriatric Physical Therapy publiziert wurde und unter folgendem Link zu finden ist ([http://journals.lww.com/jgpt/Abstract/publishahead/Development\\_and\\_Validation\\_of\\_a\\_Novel.99793.aspx](http://journals.lww.com/jgpt/Abstract/publishahead/Development_and_Validation_of_a_Novel.99793.aspx)). Das Manuskript konnte mit Zustimmung von Wolters Kluwer wiederverwendet werden.

This is a non-final version of an article published in final form in the Journal of Geriatric Physical Therapy on 23th November 2016.

([http://journals.lww.com/jgpt/Abstract/publishahead/Development\\_and\\_Validation\\_of\\_a\\_Novel.99793.aspx](http://journals.lww.com/jgpt/Abstract/publishahead/Development_and_Validation_of_a_Novel.99793.aspx))

DOI: 10.1519/JPT.000000000000116

Issn Print: 1539-8412

# **Development and Validation of a Novel Motor-Cognitive Assessment Strategy of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers in People with Dementia**

**Christian Werner, MA<sup>1</sup>; Stefanie Wiloth, MA<sup>1,2</sup>; Nele Christin Lemke, MA<sup>1,3</sup>; Florian Kronbach, MD<sup>4</sup>, and Klaus Hauer, PhD<sup>1</sup>**

Email: C. Werner: christian.werner@bethanien-heidelberg.de; S. Wiloth: stefanie.wiloth@dwi.uni-heidelberg.de; N. C. Lemke: nele.c.lemke@gmail.com; F. Kronbach: florian.kronbach@umm.de; Hauer: khauer@bethanien-heidelberg.de.

<sup>1</sup> AGAPLESION Bethanien Hospital, Geriatric Center at the University of Heidelberg, Heidelberg, Germany.

<sup>2</sup> The Institute for the Study of Christian Social Service at the University of Heidelberg, Heidelberg, Germany.

<sup>3</sup> Network of Aging Research (NAR), University of Heidelberg, Heidelberg, Germany.

<sup>4</sup> University Medical Center Mannheim, University of Heidelberg, Mannheim, Germany.

## **Corresponding Author:**

Christian Werner

AGAPLESION Bethanien Hospital, Geriatric Center at the University of Heidelberg

Rohrbacher Str. 149

69126 Heidelberg, Germany

Phone: +49 6221 319 1760

Fax: +49 6221 319 1435

## **Conflict of Interest and Source of Funding**

The authors declare no conflicts of interest.

This article is based on a study funded by the Dietmar Hopp Foundation, the Robert Bosch Foundation, and the Network of Aging Research (NAR) at the University of Heidelberg.

## **ABSTRACT**

**Background and Purpose:** People with dementia show disease-specific sit-to-stand (STS) movement disorders, which relate to deficits of integrating cognitive aspects of motor processes into motor action organization. During STS training in rehabilitation therapy, compensatory STS movement maneuvers are taught aiming to improve patients' STS ability. Previous clinical STS measures do not address these maneuvers or assess cognitive aspects of their motor action organization. The purpose of this study was to develop and validate a motor-cognitive STS assessment instrument for people with dementia (Assessment of Compensatory Sit-to-stand maneuvers In people with Dementia, ACSID).

**Methods:** The ACSID covers the recall, initiation, and effective performance of compensatory STS movement maneuvers. The inter- and intra-rater reliability, concurrent validity, sensitivity to change, and feasibility were investigated by secondary analysis of data of 97 participants from a randomized, controlled trial to improve motor-cognitive performances in people with mild to moderate dementia (mean [standard deviation] age: 82.5 [5.9] years, Mini-Mental Status Examination: 21.9 [2.9] points). Concurrent validity of the individual ACSID items was assessed against reference criteria derived from video-motion analysis.

**Results:** Good to excellent inter- ( $\kappa$  [ $\kappa$ ] = .64-.99; intra-class correlation coefficient [ICC] = .74-.89) and intra-rater ( $\kappa$  = .77-.91; ICC = .77-.91), concurrent validity (point-biserial correlation coefficients = |.56|-.84|), and sensitivity to change (standardized response means = .61-1.00) was found. Feasibility was excellent with a high completion rate (96.9%), no critical events during assessment, and no floor or ceiling effects.

**Conclusion:** The ACSID represents the first, observation-based assessment instrument to document motor and cognitive aspects in the execution of a motor key feature in people with dementia, and has been shown to be reliable, valid, feasible, and sensitive to intervention-induced changes.

**Key Words:** sit-to-stand, movement strategy, assessment, dementia, rehabilitation



## INTRODUCTION

The sit-to-stand (STS) movement is a motor key component of functional mobility in everyday life. However, difficulties in performing a STS transfer are common among older adults and a high occurrence of falls during STS transfers has been reported.<sup>1,2</sup> STS difficulties in older adults are associated with increased risk of falling and subsequent disability, institutionalization, and mortality.<sup>3-5</sup> Therefore, recovering or improving the STS performance is a major aim of rehabilitation medicine. For successful therapy planning, management and evaluation, however, clinicians need valid, reliable, sensitive, and feasible measurement tools that enable an appropriate assessment of a patient's STS ability.<sup>6</sup>

The STS movement represents the most biomechanically demanding functional task in activities of daily living (ADLs), requiring more lower-limb strength and greater joint ranges of motion than walking or stair climbing.<sup>7-9</sup> Involving the motion of all body segments, the STS movement, defined as moving the body's center of mass (COM) from an intrinsically stable sitting position through a dynamically unstable transition phase to a quasi-static standing position on a small base of support (BOS),<sup>9</sup> requires not only sufficient muscle strength and joint mobility, but also adequate motor planning and control as well as balance ability.<sup>10-12</sup> However, as a consequence of the aging process, these subject-related determinants for successfully completing the STS movement decrease with age.<sup>13-15</sup>

In people with dementia (PWD), also disease-related disorders in the motor action organization of the STS transfer have been reported,<sup>16</sup> indicating that cognitive impairment may have an additional detrimental effect on STS performance. In comparison to healthy elderly, PWD showed significantly different spatio-temporal features in the STS motion. They reduced their forward trunk flexion, i.e. motion in the horizontal plane, coupled with an earlier initiation of motion components in the vertical plane (lower-limb and trunk extension).<sup>16</sup> This so-called "dominant vertical chair-rise strategy" increases the maximum knee torque, requires greater effort in lower-limb muscles, and decreases the overall efficiency of the STS movement.<sup>12,17</sup> Such motor behavior may relate particularly to the decline in attention control of executive functions,<sup>16</sup> which is among the earliest symptoms of dementia along with amnesia.<sup>18</sup> Executive functions are defined as higher-order cognitive functions that are necessary to plan, initiate, control, and execute a sequence of goal-oriented complex actions.<sup>19</sup> However, PWD lose their capacity of integrating such high-level, cognitive aspects of motor processes (i.e. motor planning, initiation, control) into motor action organization.<sup>16,20</sup> These deficits in attention and executive functions may potentially provide the causal link to the extraordinary high fall risk reported in PWD.<sup>21,22</sup>

During STS (re-)training in rehabilitation therapy, specific STS movement maneuvers for different sub-phases of the STS transfer represent a focus to enhance a patient's STS ability by compensating for deficits in subject-related STS determinants (e.g. muscle weakness, balance disturbances, impaired motor planning/control). These compensatory STS movements include: initial sliding the buttocks forward in the anterior portion of the chair seat,<sup>23,24</sup> moving the feet back toward the chair,<sup>25,26</sup> straightening and stabilizing the upper body in preparation for the trunk flexion,<sup>27</sup> and leaning the upper body forward.<sup>28,29</sup>

In clinical practice, the patient's STS ability is commonly assessed through performance-based/-oriented measures by using the time to complete a specified number of chair stand repetitions (e.g. 5 times) the number of chair stand repetitions during a specified time interval (e.g. 10 seconds),<sup>5,30</sup> or single item scores covering the patient's requirements for STS assistance on observation-based rating scales (e.g. Performance-Oriented Mobility Assessment (POMA), Berg Balance Scale).<sup>31,32</sup> Such outcomes may serve as quick input for guiding rehabilitation; however, they do not address compensatory STS maneuvers nor do they provide any detailed information on movement disorders or the patient's motor action organization and thereby on the quality of the STS task.<sup>33</sup> In clinical research, qualitative aspects of the STS movement process have so far been captured by using video-based tracking methods and/or force plates or body-fixed sensors comprising accelerometers and gyroscopes.<sup>16,17,25,34,35</sup> However, the costs, time requirements, and expertise necessary to interpret the findings of these instrumented approaches may have limited their implementation in routine clinical practice. A recent review on STS movement analyses concluded that the STS movement as a complex, multifactorial transfer skill is not yet adequately addressed by the previous STS assessments in the clinical practice and called for the development of a clinical tool able to capture also qualitative aspects of the STS transfer.<sup>33</sup>

In the design of such qualitative STS assessment instruments, it should, however, be considered that physical performance measures for the elderly in general may be inappropriate for use in PWD, whose functional disabilities may relate particularly to deficits in cognitive functions.<sup>36</sup> Motor testing requires that subjects are able to comprehend test instructions, develop an adequate motor action/sequence, and recollect both during the execution of the test. Another prerequisite is that the subject show adequate motivation and attention during test procedure.<sup>37</sup> However, due to the decline in memory, attention, and executive functions, PWD may have difficulties in all these domains. Thus, a suitable, comprehensive STS assessment tool for PWD would be one that covers not only the motor

aspects of the STS movement process, but also cognitive aspects that are related to the planning, control and execution of the motor task.

Following the limitations in clinical STS assessment and taking into account dementia-specific disorders in the motor action organization, we developed an innovative qualitative, observation-based STS assessment instrument specifically designed to address motor and cognitive aspects of compensatory STS movement maneuvers in PWD (Assessment of Compensatory Sit-to-stand maneuvers In people with Dementia [ACSID]). In this article, we present comprehensive data on its clinimetric properties including inter- and intra-rater reliability, concurrent validity, sensitivity to change, and feasibility.

## **METHODS**

### **Study Design**

The present study involved secondary analysis of data from a double-blinded, randomized, placebo-controlled trial (RCT) to improve motor-cognitive performances in people with mild to moderate dementia (ISRCTN37232817). The RCT was conducted according to the Declaration of Helsinki and was approved by the ethics committee of the Medical Department of the University of Heidelberg.

### **Setting and Participants**

Participants were consecutively recruited from rehabilitation wards of a German geriatric hospital, nursing homes, and a community-dwelling population. Eligible participants were screened for cognitive impairment using the Mini-Mental State Examination (MMSE).<sup>38</sup> In those with MMSE scores from 17 to 26, a comprehensive neuropsychological testing was performed based on the Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease (CERAD) test battery,<sup>39</sup> a modified Trail Making Test (ZVT-G),<sup>40</sup> and a digit-span test (ZN-G).<sup>40</sup> Individuals meeting predefined CERAD criteria for probable dementia were included in the study. Further inclusion criteria were:  $\geq 65$  years; no severe neurologic, cardiovascular, metabolic, or psychiatric disorders; residence within 15 kilometers of the study center; ability to walk at least 10 meters without a walking aid, written informed consent (obtained from patients or their legal representatives).

### **Descriptive Measures**

Demographic and clinical characteristics including age, gender, education, social status (independent vs. institutionalized), multi-morbidity (number of medications, diagnoses), and falls in the previous year

were documented from patient charts or by standardized patient interviews. Trained interviewers assessed psychological status for depression (Geriatric Depression Scale) and fear of falling (7-item Short Falls Efficacy Scale-International).<sup>41-43</sup> Functional performance tests included the POMA and the 5-chair-stand test with seat placed at knee height.<sup>5,31</sup>

### **The Assessment of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers In People with Dementia**

Serial motor tasks such as the STS transfer can be broken down and sequenced into sub-phases to reduce their complexity, to decelerate the total movement speed, and to facilitate the motor learning process in rehabilitation therapy.<sup>44</sup> Accordingly, the compensatory STS movement strategy is distinguished into 5 sub-phases: (1) buttocks displacement; (2) feet displacement; (3) trunk straightening; (4) trunk flexion, and (5) standing up.

Considering simple biomechanical principles, specific movement maneuvers for these sub-phases are trained in rehabilitative STS training interventions to reduce the effort in lower limb muscles and to facilitate balance control during the STS transfer. An initial anterior buttocks displacement and posterior feet displacement position shortens the horizontal distance over which the COM must be moved forward in order to stand up successfully already in the stable sitting position. The shorter this distance, the smaller the COM lever arm, reducing the magnitude of the torque required to be generated around the knee. In contrast, a larger distance (posterior buttocks, anterior feet) requires greater and more abrupt forward COG displacement to develop a momentum large enough to successfully reach the standing position. The dynamically moving COM requires, in turn, greater postural control to prevent the loss of anterior-posterior (AP) stability during STS.<sup>25,45</sup> Straightening the upper body to an extended, active sitting posture (i.e. trunk muscle activation) before start rising (defined as the time at which the trunk flexion begins) and keeping the upper body extended during leaning forward increases the trunk stability while it rotates forward at the hips, and thus facilitate the STS balance control.<sup>27</sup> An excessive trunk flexion prior to lift-off (LO, defined as the buttocks first begins to leave the chair seat) shifts the COM decisively toward the rotational axis of the knee joint and the BOS, which further reduces the knee torque and the extension load in lower limbs to raise the body to the standing position.<sup>29,46</sup> When the COM is moved over the BOS while still in seated position, the critical, unstable transition phase is essentially eliminated, allowing moving from an inherently stable position on the 3-point BOS (buttocks and each foot) at LO directly to the 2-point support position on both feet by low momentum generation to be controlled.<sup>46</sup> However, when a further trunk flexion occurs after LO, the

forward momentum of the upper body, which has now to be effectively decelerated and transferred to vertical momentum on a smaller BOS (feet), also increases, requiring greater postural control to bring the body into the upright standing position.

The ACSID was specifically developed for PWD, assessing motor and cognitive aspects in the movement execution of these compensatory STS maneuvers. The ACSID items were directly derived from the STS training commonly performed in geriatric rehabilitation, covering all 5 sub-phases of the compensatory STS strategy. As dementia-specific disorders in motor action organization may particularly relate to deficits in executive functions, we developed an assessment instrument that covers also cognitive aspects of the STS motor process. Each item was therefore subdivided into 2 dimensions: (1) 'retrieval/recall and initiation' (RI), representing rather the cognitive dimension, and (2) 'effective performance' (EP), representing rather the motor dimension. The RI dimension covers the ability to recall and initiate the STS maneuvers, whereas the EP dimension covers the ability to effectively complete the maneuvers as intended. The 5 items of each dimension are rated dichotomously (0 = no, 1 = yes) and summed to yield a score for the RI (ACSID-RI, range 0-5) and the EP dimension (ACSID-EP, range 0-5). A total score is calculated as the sum of both dimension scores (ACSID-T, range 0-10).

A similar dimension-based assessment approach has been developed and validated for assessing functional disabilities in dementia by the Disability Assessment for Dementia (DAD) scale.<sup>36</sup> The DAD focuses on cognitive dimensions of disabilities in ADLs (e.g. dressing, eating telephoning) by subdividing activities into executive functions that are related to cognitive performance in functional activities (i.e. initiation, planning and organization, and effective performance). In contrast to the ACSID, whose scoring is based on direct observation of performance by rater, the DAD uses proxy-respondents for scoring who assess the subject's ADL performance based on observations made during the 2 weeks prior to the interview. Excellent inter- and intra-rater reliability was reported for this assessment approach with intra-class correlation coefficients (ICCs) ranging from .91 to .95.<sup>36,47</sup>

### **Instrumentation and Procedure**

The assessment of the compensatory STS movement strategy was conducted according to a standardized written test protocol. To assess the general ability to stand up from a chair, each participant was initially asked to repeat one chair stand without using their arms. The participants were seated on an armless, backless chair of adjustable height, with seat placed at 100% knee height, measured as

the distance from the left medial tibial plateau to the floor.<sup>12</sup> If participants were unable to rise from the regular seat height due to physical limitations, the seat height was adjusted to 110% (120%) of knee height for further procedure.<sup>35</sup> At baseline, the compensatory STS movement strategy was first introduced and demonstrated by the test administrator on a standard chair placed in the sagittal plane in front of the participants for one time. Each movement maneuver of the strategy was simultaneously accompanied by a standardized verbal cue given by the administrator during the demonstration: (1) “slide forward to the front edge of the chair seat”; (2) “move the feet backwards to the edge of the chair seat”; (3) “straighten the upper body, erect the back, and raise up the chest”; (4) “bend the upper body forwards until your buttocks starts leaving the chair seat”, and (5) “raise up in an upright standing position without using your arms”. Participants were required to pay attention to the administrator’s demonstration and verbal cues and to memorize each of the 5 maneuvers presented. Immediately after the demonstration, the administrator instructed the participants to stand up 5 times in a row by using the STS movement strategy demonstrated before (“arise from the chair 5 times in the way it was demonstrated before”). No instructions were given on the speed of standing up. Repeated chair stands could be performed at self-selected pace with short breaks between chair stands if needed (e.g. due to physical limitations, need for reflection time). The buttocks and foot placement were not standardized. Each participant was allowed to relax into his/her own comfortable initial sitting position. During testing, no physical or cognitive assistance was allowed. Each compensatory STS transfer was simultaneously videotaped by a digital camcorder (Xacti VPC-FH1, SANYO Electric Co. Ltd, Moriguchi, Japan) with a fixed sampling rate of 30 frames per second positioned on a tripod 80 cm above the surface at a distance of 4 m from the subjects, perpendicular to the left sagittal plane. Video recording was stopped at the final standing position at the end of the fifth stand. Each video was downloaded to a computer and was used for the ACSID scoring and an objective 2D video-motion analysis.

At post-intervention assessment, the administrator only initiated the task with the command “arise from the chair 5 times in the way you have learned/practiced it in the training sessions”. No demonstration of the compensatory STS movement strategy was given prior to the assessment. The subjects’ seat height was adjusted according to that used at the baseline assessment.

## **Assessment of Measurement Properties:**

### *Inter- and Intra-rater Reliability*

For the assessment of inter-rater reliability, 2 independent raters performed the ACSID scoring of the baseline video recordings. Viewer ratings of videotaped performances of subjects have been used frequently in reliability studies.<sup>47,48</sup> One of the raters (rater A) was a sport scientist experienced in geriatric mobility and functional assessment measures, whereas the other rater (rater B) was a medical student unexperienced in physical testing of geriatric patients. Prior to the independent ratings, both raters completed a training session on scoring the ACSID with a written scoring guide including the predefined ACSID rating criteria (see Table 1). The video recordings of a small group of pilot subjects were played, using repeated playback, and slow-action and stop-action viewing of the STS transfers while raters discussed scoring of each maneuver for all of the pilot subjects. Disagreements were resolved by consensus-based discussion involving a third experienced rater who was actively involved in the development of the ACSID. Training continued until full agreement among all raters was reached on the scoring of each maneuver for all pilot subjects.

The scoring of the actual test sessions was performed independently by the 2 raters on 2 separate occasions. It was allowed to re-play the videotapes several times where the scoring was unclear. Stopping and slowing down the tape was, however, not permitted.

To establish intra-rater reliability, rater A repeated baseline scoring for the total sample approximately 4 weeks later. During this period of time, the rater was asked to not practice using the ACSID with other patients. A further training session prior to the second scoring was not provided; however, the rater was instructed to use the written scoring guide.

<< *Please insert Table 1 about here* >>

### *Concurrent Validity*

To assess concurrent validity, the 2D video-motion analysis software Kinovea (version 0.8.15, available for download at <http://www.kinovea.org>) was used as an objective, technologically advanced reference measurement to quantify the subjects' movements in terms of measuring point coordinates, distances, and angles in 2 dimensions. By using this software, we were able to calculate objective, external reference criteria for direct comparison of each ACSID item. Videos were consequently analyzed by an investigator extensively trained in determining these Kinovea criteria. The investigator was inde-



pendent of the raters involved in the ACSID reliability testing. In the key frames of each STS maneuver, markers were placed on relevant landmarks of the participants by using the cross marker tool of the Kinovea software. Determinations of key frames were made by visual inspection. The coordinates of the markers placed in the key frames were imported into Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corporation, Redmond, WA) to manually calculate position displacements, distances from reference lines, and segment angles by simple algebraic or goniometric functions. The Kinovea criteria were computed as follows:

- (1) To quantify the RI dimension of the buttocks displacement, the absolute AP displacement ( $|\Delta x|$ ) of a marker placed at the most posterior contact of the buttocks with the chair seat (BC) prior to the buttocks' LO was calculated. At the end of the buttocks displacement, the relative AP distance of BC to a vertical axis passing the center of the chair seat (zero mark) was calculated to quantify the criterion for the EP dimension of this STS maneuver. An anterior buttocks position was recorded as positive and a posterior buttocks position as negative distance values.
- (2) The criterion for the RI dimension of the feet displacement was calculated as the absolute AP displacement ( $|\Delta x|$ ) of a marker placed at the most anterior contact of the left foot with the ground (FT) prior to LO. The final foot position, defined as the AP distance of FT relative to a vertical axis passing the most anterior point of knee (zero mark) at LO, was used as the criterion for the EP dimension of the feet displacement. An anterior foot position was recorded as positive and a posterior foot position as negative distance values.
- (3) The RI dimension of straightening the trunk was quantified by calculating the changes (i.e. flexion, extension) in the spinal curvature before start rising. The spinal curvature was assessed by the thoracic and the thoraco-lumbar angle which was determined using a modified method of the approach described by Groeneveld<sup>49</sup> (see Figure 1), quantifying the spinal curves based on back surface tracking. Flexion angles were represented as positive angles, whereas extension angles were represented as negative angles. As in young adults, an erect, upright sitting posture is associated with less thoracic flexion and greater lumbar extension angles,<sup>50,51</sup> we assumed that the RI dimension of straightening the trunk is associated with a decrease of a curvature index calculated as the sum of thoracic and the thoraco-lumbar angle. This index was also used to quantify the upper body posture during trunk flexion. For this, the index was averaged over the start, half-time and end of flexion, hypothesizing that an upright upper body posture during trunk flexion is associated with a lower mean curvature index.

<< Please insert Figure 1 about here >>

- (4) To quantify the trunk flexion, we calculated the trunk angle, defined as the angle of the line VP-SC relative to the vertical axis of the global coordinate system,<sup>52</sup> during leaning forward. Angles anterior (posterior) to the vertical axis were represented as positive (negative) angles. The maximum trunk angle reached during trunk flexion was used as the criterion for the RI dimension and the trunk angle at LO as the criterion for the EP dimension of the trunk flexion.
- (5) The RE dimension of standing up was quantified by calculating the maximum percentage vertical displacement of SC relative to SC in the initial sitting position. At the end of STS transfer, defined as the time at which SC reached its highest vertical position and simultaneously the maximal trunk extension was achieved, the relative body height were calculated to quantify the EP dimension of the final STS maneuver. The relative body height was defined as the vertical distance from the vertex of the head to ground, expressed in percentages of subjects' actual body height.

The ability to reliably set markers, identify relevant key frames by visual inspection (i.e. LO, maximum trunk flexion, end of STS transfer), and calculate Kinovea criteria has been established in a pilot study with subjects randomly selected out of the total sample each performing 5 trials. Excellent to perfect reliability was found for marker positioning, identifying key events, and calculating Kinovea criteria, with ICCs (3,1) ranging from .87 to 1.00.

#### *Sensitivity to Change*

Sensitivity to change was examined for RCT participants who were randomly assigned to the intervention group (IG). The IG performed a dementia-specific motor learning program on the compensatory STS movement strategy for 10 weeks (15 minutes twice a week). Training sessions were group-based with a maximum of 7 participants and were supervised by instructors experienced in training in PWD. For the statistical analysis, we used baseline and post-intervention ratings given by rater B, who was blinded to the participants' group allocation.

#### *Feasibility and Acceptability*

To address issues of feasibility and acceptability, we examined the completion rate (number and reasons for missing data) and total time for completion (i.e. instruction time, task completion time, and rating time) at baseline. In addition, we assess the instrument coverage by inspecting the ACSID total scores for possible floor and ceiling effects at baseline (total sample) and post-intervention (IG).

## Statistical Analysis

Descriptive data were presented as frequencies and percentages for categorical variables, and means and standard deviations or medians and ranges for continuous variables as appropriate. Inter- and intra-rater reliability for the individual ACSID items was analyzed by calculating the percentage agreement (PA) and Cohen's kappa ( $\kappa$ ). The extent of rater agreement for  $\kappa$  coefficients was considered as slight ( $\leq 0.2$ ), fair ( $> 0.2 \leq 0.4$ ), moderate ( $> 0.4 \leq 0.6$ ), substantial ( $> 0.6 \leq 0.8$ ), almost perfect ( $> 0.8 < 1.0$ ), or perfect ( $= 1.0$ ).<sup>53</sup> ICCs with absolute agreement and 95% confidence intervals (CI) were calculated to evaluate the inter- (ICC [2,1]) and intra-rater (ICC [3,1]) reliability of the ACSID total scores.<sup>54</sup> ICCs were interpreted as poor ( $< .40$ ), fair to good ( $\geq .40 \leq .75$ ), or excellent ( $> .75$ ).<sup>55</sup> Concurrent validity was assessed by point-biserial correlation coefficients ( $r_{pb}$ ) between the individual ACSID items and the corresponding Kinovea criteria. Correlation coefficients was interpreted as low ( $< 0.3$ ), moderate ( $\geq 0.3 < 0.5$ ), high ( $\geq 0.5 < 0.7$ ), very high ( $\geq 0.7 < 0.9$ ), or almost perfect  $> 0.9$ .<sup>56</sup> Sensitivity to change was assessed using standardized response means (SRMs) and paired t-tests. Paired t-tests were computed to test for significant within-group differences between baseline and post-intervention assessment. To quantify the magnitude of changes, we used SRMs calculated as the difference in mean change scores divided by the standard deviation of the change score.<sup>57</sup> To interpret the value of the SRMs in terms of Cohen's thresholds for effect sizes (trivial  $< 0.2$ , small  $\geq 0.2 < 0.5$ , moderate  $\geq 0.5 < 0.8$ , large  $\geq 0.8$ ),<sup>56</sup> we adjusted SRMs for the size of correlation coefficients between the baseline and post-intervention scores.<sup>58</sup> For reliability testing of individual ACSID items, agreement coefficients (PA,  $\kappa$ ) were averaged into generalized values across all 5 trials, whereas the reliability of the ACSID total scores and the concurrent validity, sensitivity to change, and feasibility were evaluated using the trial with the highest ACSID-T score. Floor and ceiling effects were calculated as the percentage of participants with the lowest or highest possible ACSID total scores. To meet acceptable measurement standards, a maximum of 15% has been proposed as the reasonable limit of floor or ceiling effects.<sup>59</sup> Statistical analyses were performed on IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0 (IBM Corp., Armonk, N.Y., USA).

## RESULTS

### Participants' Characteristics

The total sample for validating the ACSID included 97 participants of the RCT study comprising multi-morbid, frail older people with impaired cognitive status. The participants' mean (SD) age was 82.5 (5.9) years and MMSE averaged 21.9 (2.9) points. Functional performance was impaired: the POMA score averaged 22.4 (4.0) points and 36 participants (37.1%) were not able to rise from a chair with seat placed at knee height. Forty-six participants (47.4%) reported 1 or more falls in the previous year. Further participant characteristics are presented in Table 2.

<< Please insert Table 2 about here >>

Sensitivity to change was assessed in a subsample (77.1%) of the IG including 37 participants for which data was available for both baseline and post-intervention assessment. Five participants dropped out during the intervention period due to serious medical events ( $n = 4$ ) or death ( $n = 1$ ); another 5 interrupted training and/or rejected a post-intervention assessment, despite repeated efforts of persuasion, and 1 was unable to perform the post-intervention assessment due to physical limitations and pain. Dropouts did not differ significantly from those participants who completed the study regarding baseline characteristic as presented in Table 2 (range:  $P = .11-.98$ ), except for their history of falls in the previous year ( $2/11$  (18.2%) vs.  $44/86$  (51.2%)  $\geq 1$  fall;  $P = .039$ ).

### **Inter- and Intra-Rater Reliability**

Inter- and intra-rater reliability expressed as  $\kappa$  coefficients for the individual ACSID items and ICCs for the ACSID scores are shown in Table 3 and 4, respectively. The overall level of PA between raters' individual item scores ranged from 92.1 to 100%. The  $\kappa$  coefficients ranged from .64 to .99, indicating substantial to almost perfect inter-rater agreement for individual item scoring. Inter-rater reliability of the ACSID total scores was good to excellent, with ICCs ranging from .74 to .89.

Comparisons of the ACSID ratings given by the same rater at baseline and 4 weeks later showed similar reliability values. The overall level of PA ranged from 90.2 to 100%. Almost perfect intra-rater agreement was found for 80% of the item scores ( $\kappa = .83-.91$ ). Only the EP dimensions of the items "feet backwards" ( $\kappa = .80$ ) and "straighten upper body" ( $\kappa = .77$ ) just missed the threshold of almost perfect reliability ( $\kappa > .80$ ). Good to excellent intra-rater reliability was also documented for the ACSID total scores, with ICCs ranging from .72 to .90.

No  $\kappa$  statistic could be computed for the EP dimension of the item "standing up", since this item was (repeatedly) scored 1 for all participants, and thus was treated as a constant.

<< Please insert Table 3 and 4 about here >>

### **Concurrent Validity**

The point-biserial correlations between the ACSID items and the reference criteria determined by the Kinovea software are shown in Table 5. For the RI dimension of the STS maneuver “standing up”, the correlation coefficient could not be calculated as all participants initiated to stand up and received a score of 1 on this item. All other items were significantly correlated with the corresponding Kinovea criteria ( $P < .001$ ). In all these items, we found high to very high correlation coefficients ranging from  $|.56|$  to  $|.84|$ . The lowest correlation coefficients were obtained for the “trunk straightening” (RI:  $r_{pb} = -.63$ , EP:  $r_{pb} = -.56$ ) and for the EP dimension of the “trunk flexion” item ( $r_{pb} = .62$ ).

<< Please insert Table 5 about here >>

### **Sensitivity to Change**

All ACSID scores were significantly different between baseline and post-intervention assessment ( $p \leq .001$ ). Moderate to large SRMs (range 0.61-1.00) over the intervention period were obtained for all ACSID scores. The highest SRM was observed for the ACSID-EP (SRM = 1.00) and the lowest for the ACSID-RI (SRM = 0.61).

<< Please insert Table 6 about here >>

### **Feasibility and Acceptability**

Except for 3 (3.1%) participants with severe physical limitations, all participants could be assessed at baseline. There were no critical events (e.g. falls) during test procedure and all participants accepted the test protocol. Test administrations required on average less than 2 minutes (mean [SD] time: 1.7 [0.3] min), including standardized instructions and the task completion time of participants. Mean (SD) time to assess the video recordings was 4.6 (2.6) min.

At baseline, the minimum scores for the ACSID-EP and ACSID-T were not obtained and only 1 participant (1.1%) obtained the maximum score for the ACSID-RI. At post-intervention, 4 participants (7.1%) reached the maximum score for the ACSID-RI and 1 participant (2.7%) for the ACSID-EP and ACSID-T.

## **DISCUSSION**

The ACSID is the first qualitative, observation-based STS assessment instrument developed and validated for use in PWD to address motor and cognitive aspects that are related to the execution of compensatory STS movement maneuvers commonly trained in geriatric rehabilitation. The aim of this study was to investigate various clinimetric properties for a comprehensive evaluation of its methodological quality.

### **Inter- and Intra-Rater Reliability**

Inter-rater reliability refers to the extent of agreement among ratings given by multiple raters on the same subject, indicating the generalizability of the ratings.<sup>60</sup> In contrast, intra-rater reliability refers to the consistency of ratings given by same rater across multiple trials on the same subject, indicating the stability of the ratings over time.<sup>61</sup> In clinical and research settings, both intra-rater and inter-rater reliability are important since different raters (with different levels of experience) might perform pre- and post-assessment. The use of an assessment measure that is stable over time and capable of being used in a reliable manner by multiple raters is crucial to objectively identify the effectiveness of treatments or interventions.<sup>62</sup>

The inter-rater reliability of the ACSID assessed between 2 raters of different clinical experience in geriatric assessment measures was good to excellent for the individual item scores ( $\kappa = .64-.99$ ) and the total scores (ICC =  $.74-.89$ ), suggesting that with adequate training and the use of the scoring guide, other raters can be trained to reliably use the ACSID, irrespective of their previous clinical experience. The ACSID demonstrates also good to excellent intra-rater reliability ( $\kappa = .77-.91$ ; ICC =  $.72-.90$ ), indicating that trained raters can achieve stable scores with minimal differences between repeated measurements, which on average was less than 0.15 points (Table 3). Once adequately trained, raters seemed to have no need for further additional practice but are able to reliably score the ACSID even after prolonged periods of non-use by only using the written scoring guide. The present results were almost in line with the excellent inter- and intra-rater reliability reported for the DAD (ICC =  $.91-.95$ ),<sup>36,47</sup> which is to our best knowledge the only functional measure that uses a similar dimension-based assessment approach in PWD. However, the DAD covers different ADL abilities as a whole (e.g. dressing, eating, telephoning) based on a long-term observation of 2 weeks by a proxy, whereas the ACSID covers the motor action organization of individual sub-phases of a specific, complex motor task by direct performance observation.

The relatively low  $\kappa$  coefficients ( $< .80$ ) for some of the ACSID items (e.g. EP dimension “standing up”:  $\kappa = .64$ ), despite high PAs ( $> 94.1\%$ ) may be due to the low variability of the ratings in these items. For instance, a much higher proportion of participants were rated as reaching an upright standing position (93.6%), resulting in a skewed binominal distribution. When the marginal totals of contingency tables are systematically imbalanced, a high percentage agreement can be associated with a dramatically lower level of  $\kappa$ . This problem has been referred to as the “kappa paradox”.<sup>63</sup>

One limitation of the reliability analysis is that we tested rater reliability based on participants’ performance of the ACSID, and not on administering the test. The reliability of a rater that both administers the test and simultaneously assesses participants’ performance may be different because of the greater number of tasks performed. Raters administering the test must give test instructions, provide safety to prevent falls, and remember the rating scores for documentation after the test procedure. Such an approach may cause different ACSID scores for “administering raters” than for raters who solely observe and score the participants’ performance.

### **Concurrent Validity**

Concurrent validity refers to the relationship of an instrument to a theoretically relevant external criterion measured at the same time.<sup>64</sup> For validating the ACSID, we used a video-motion analysis software (Kinovea) as external reference measurement to objectively quantify subjects’ STS movements. In clinical research, such video-based tracking methods have been used frequently to assess kinematics of body segments in STS transfers.<sup>16,17,25</sup> In the current study, 6 ACSID items showed very high ( $> 0.7$ ) and 3 high ( $\geq 0.5$ ) correlation coefficients with the external reference criteria determined by the Kinovea software, confirming the good to excellent validity of the ACSID in capturing the compensatory STS movement maneuvers.

The slightly lower correlations obtained for the RI dimension of the trunk straightening maneuver ( $r_{pb} = -.63$ ) may be due to the corresponding Kinovea criteria, which may be not generally applicable for all study participants. In young adults, an erect, upright sitting posture was reported to be associated with less thoracic flexion and greater thoraco-lumbar extension angles.<sup>50,51</sup> We therefore assumed that the recall and initiation of trunk straightening is associated with changes in these angles also in our sample of elderly people. However, some of the participants may have been no longer able to change angles of spinal curves due to age-associated degenerative-deforming processes at the spine and loss of spinal flexibility and strength. In such participants, the recall and initiation of this STS ma-



neuver may have rather been observed in taking back the upper body towards a sitting posture perpendicular to the chair seat or in lifting merely the head, without changing angles in spinal curvature at the same time. Such motor behavior may have been interpreted by the rater as successful recalling and initiating of trunk straightening within the ACSID scoring; however, it was not covered by the Kinovea criteria, which may have contributed to the lower correlation coefficient. Differences in participants' spinal curvature may have also caused the lower correlations reported for the EP dimension of the trunk straightening maneuver ( $r_{pb} = -.56$ ). Age-associated changes in spine can lead to an increased thoracic flexion angle (kyphosis) and decreased lumbar extension angle (lordosis).<sup>65,66</sup> When initiating an active, upright upper body posture, the elderly affected by these changes may also show a decrease of the thoracic flexion angle and an increase of the thoraco-lumbar extension angle; however, these angles may be still excessive or reduced compared to those of the physiological spinal curvature. An active upper body posture with strained upper body muscles during trunk flexion may therefore be not necessarily associated with a small thoracic angle or a large thoraco-lumbar angle in these people. Such "individually active" upper body postures during trunk flexion may have been considered by the rater as an effective execution of this STS maneuver; however, they may have been not reflected in the curvature index used as the external reference criteria, which may explain the lower correlation coefficient.

Difficulties of the rater in determining the exact moment of the lift-off may explain the slightly lower correlations obtained for the EP dimension of the trunk flexion maneuver ( $r_{pb} = .62$ ). Although the compensatory STS movement strategy is characterized by sequencing the STS motion into sub-phases and by decelerating the total movement speed, the transition phase from the sitting position to the standing position, which actually includes a decelerated, excessive trunk flexion before lift-off, may have been performed very dynamically in some participants. In cases where an excessive trunk flexion was initiated but the sub-phases trunk flexion and standing up could not be clearly separated from each other due to a dynamic movement execution, it may have been hard to assess in real-time whether an excessive trunk flexion was achieved before or after the lift-off. In contrast, the video-motion analysis software allowed a frame-by-frame analysis by which the lift-off and the trunk angle at this moment can be determined more reliable and accurately, especially in borderline cases where an excessive trunk flexion was performed close to the moment of lift-off.

### **Sensitivity to Change**

Sensitivity to change, or responsiveness, is defined as the ability of a measurement instrument to detect changes in an outcome over time.<sup>58</sup> For use in clinical settings, it is essential that assessment instruments can detect changes over time within individuals, which might reflect therapeutic effects of effects of interventions in RCTs. The significant improvements with moderate to high effect sizes for all ACSID scores strikingly show the high potential of the ACSID to adequately reproduce improvements induced by a motor learning program on the compensatory STS movement strategy.

The score of the EP dimension seemed to be less sensitive as its effect size was smaller (SRM = 0.61) than that of the EP dimension (SRM = 1.00). This may be attributable to the higher score of the EP dimension at baseline, which is related to the test procedure we have used. Participants were allowed to choose their own comfortable initial sitting position prior to testing the compensatory STS movement strategy. Before the actual test trials and video recordings were started, some participants already have placed their buttocks in the front half of the seat and/or their feet posteriorly behind the knee. After receiving the test instructions, such participants often did not deliberately change the position of their buttocks or feet once more. In these participants, the rater scored the ACSID items as effectively “performed”, but a zero score was given for the recall and initiation of these items as there was no deliberate buttocks or feet displacement observable on videos during the actual test trial. This test procedure have caused floor effects for these 2 items of the EP dimension, which may have limited the ability of the ACSID to detect even higher intervention effects in this ACSID dimension.

### **Feasibility and Acceptability**

Feasibility documents the administrators’ demands that arise from the use of the instrument, and acceptability documents the physical and emotional burden of the participants.<sup>67</sup> As assessed in this study, feasibility and acceptability was excellent for the ACSID; we found a very high completion rate for the ACSID (96.9%) without any objections of participants to the test procedure. Only a very small number of severely physically impaired participants (3.1%) were not able to complete the test due to muscle weakness and fatigue, suggesting that such assessment is not feasible for those in very advanced stages of physical impairment.

The ACSID showed excellent instrument coverage with no floor and ceiling effects for any ACSID total score. The lack of floor and ceiling effects indicates that the ACSID covers a wide range of performance levels without being limited in upper and lower levels.

Total time for completion including standardized instructions, task completion and rating time ranged from 2.5 to 15.0 min (mean [SD] time: 6.2 [2.4] min) representing a fair time interval and comparable to completion times of other functional assessment tools frequently used in clinical practice ranging from 5 to 20 min.<sup>68</sup>

Participants' safety was a clear focus in this study as test procedure was strictly supervised and dementia-specific, clear and brief instructions as well as a presentation of the task were given. As a result, no critical events (e.g. falls) occurred during test procedure, indicating the low risk of this test in the challenging sample of multi-morbid, frail older PWD.

## **CONCLUSIONS**

The results of this study demonstrated good to excellent clinimetric properties of an innovative, dementia-specific STS assessment instrument to assess motor and cognitive aspects of compensatory STS movements commonly trained in rehabilitation therapy. In the study sample of multi-morbid, frail, older people with mild to moderate dementia, the inter-rater-/intra-rater reliability, concurrent validity, and feasibility of the ACSID was good to excellent, and results showed that intervention effects of a dementia-specific motor learning program on the compensatory STS movement strategy can be adequately documented by the ACSID.

## **ACKNOWLEDGMENTS**

We kindly thank Michaela Günther for her assistance in training and supervision of participants.

## REFERENCES

1. Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med*. 1988;319(26):1701-1707.
2. Williamson JD, Fried LP. Characterization of older adults who attribute functional decrements to "old age". *J Am Geriatr Soc*. 1996;44(12):1429-1434.
3. Guralnik JM, Ferrucci L, Simonsick EM, Salive ME, Wallace RB. Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability. *N Engl J Med*. 1995;332(9):556-561.
4. Gill TM, Williams CS, Tinetti ME. Assessing risk for the onset of functional dependence among older adults: the role of physical performance. *J Am Geriatr Soc*. 1995;43(6):603-609.
5. Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, et al. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol*. 1994;49(2):M85-94.
6. Silva PF, Quintino LF, Franco J, Faria CD. Measurement properties and feasibility of clinical tests to assess sit-to-stand/stand-to-sit tasks in subjects with neurological disease: a systematic review. *Braz J Phys Ther*. 2014;18(2):99-110.
7. Hodge WA, Carlson KL, Fijan RS, et al. Contact pressures from an instrumented hip endoprosthesis. *J Bone Joint Surg Am*. 1989;71(9):1378-1386.
8. Berger RA, Riley PO, Mann RW, Hodge WA. Total body dynamics in ascending stairs and rising from a chair following total knee arthroplasty. *Trans Orthop Res Soc*. 1988;13:542.
9. Riley PO, Schenkman ML, Mann RW, Hodge WA. Mechanics of a constrained chair-rise. *J Biomech*. 1991;24(1):77-85.
10. Lindemann U, Mucbe R, Stuber M, Zijlstra W, Hauer K, Becker C. Coordination of strength exertion during the chair-rise movement in very old people. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2007;62(6):636-640.
11. Schenkman M, Hughes MA, Samsa G, Studenski S. The relative importance of strength and balance in chair rise by functionally impaired older individuals. *J Am Geriatr Soc*. 1996;44(12):1441-1446.
12. Scarborough DM, Krebs DE, Harris BA. Quadriceps muscle strength and dynamic stability in elderly persons. *Gait Posture*. 1999;10(1):10-20.
13. Alexander NB. Postural control in older adults. *J Am Geriatr Soc*. 1994;42(1):93-108.

14. Ferrucci L, Cooper R, Shardell M, Simonsick EM, Schrack JA, Kuh D. Age-related change in mobility: perspectives from life course epidemiology and geroscience. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2016.
15. Whipple R, Wolfson L, Derby C, Singh D, Tobin J. Altered sensory function and balance in older persons. *J Gerontol*. 1993;48 Spec No:71-76.
16. Manckoundia P, Mourey F, Pfitzenmeyer P, Papaxanthis C. Comparison of motor strategies in sit-to-stand and back-to-sit motions between healthy and Alzheimer's disease elderly subjects. *Neuroscience*. 2006;137(2):385-392.
17. Scarborough DM, McGibbon CA, Krebs DE. Chair rise strategies in older adults with functional limitations. *J Rehabil Res Dev*. 2007;44(1):33-42.
18. Perry RJ, Hodges JR. Attention and executive deficits in Alzheimer's disease. A critical review. *Brain*. 1999;122 (Pt 3):383-404.
19. Lezak MD, Howieson DB, Bigler ED, Tranel D. *Neuropsychological Assessment*. 5th ed. New York: Oxford University Press; 2012.
20. Ghilardi MF, Alberoni M, Marelli S, et al. Impaired movement control in Alzheimer's disease. *Neurosci Lett*. 1999;260(1):45-48.
21. van Doorn C, Gruber-Baldini AL, Zimmerman S, et al. Dementia as a risk factor for falls and fall injuries among nursing home residents. *J Am Geriatr Soc*. 2003;51(9):1213-1218.
22. Morris JC, Rubin EH, Morris EJ, Mandel SA. Senile dementia of the Alzheimer's type: an important risk factor for serious falls. *J Gerontol*. 1987;42(4):412-417.
23. Bohannon RW, Corrigan DL. Strategies community dwelling elderly women employ to ease the task of standing up from household surfaces. *Top Geriatr Rehabil*. 2003;19(2):137-144.
24. Barreca S, Sigouin CS, Lambert C, Ansley B. Effects of extra training on the ability of stroke survivors to perform an independent sit-to-stand: a randomized controlled trial. *J Geriatr Phys Ther*. 2004;27(2):59-68.
25. Akram SB, McIlroy WE. Challenging horizontal movement of the body during sit-to-stand: impact on stability in the young and elderly. *J Mot Behav*. 2011;43(2):147-153.
26. Khemlani MM, Carr JH, Crosbie WJ. Muscle synergies and joint linkages in sit-to-stand under two initial foot positions. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 1999;14(4):236-246.

27. Fulk GD. Interventions to improve transfers and wheelchair skills. In: O'Sullivan SB, Schmitz TJ, eds. *Improving Functional Outcomes in Physical Rehabilitation*. Philadelphia: F.A. Davis Company; 2010:138-162.
28. Shepherd RB, Gentile AM. Sit-to-stand: functional relationship between upper body and lower limb segments. *Hum Mov Sci*. 1994;13(6):817-840.
29. Butler PB, Nene AV, Major RE. Biomechanics of transfer from sitting to the standing position in some neuromuscular diseases. *Physiotherapy*. 1991;77(8):521-525.
30. Bohannon RW. Sit-to-stand test for measuring performance of lower extremity muscles. *Percept Mot Skills*. 1995;80(1):163-166.
31. Tinetti ME. Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *J Am Geriatr Soc*. 1986;34(2):119-126.
32. Berg K, Wood-Dauphine S, Williams JI, Gayton D. Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *Physiother Can*. 1989;41(6):304-311.
33. Frykberg GE, Häger CK. Movement analysis of sit-to-stand – research informing clinical practice. *Phys Ther Rev*. 2015;20(3):156-167.
34. Van Lummel RC, Ainsworth E, Lindemann U, et al. Automated approach for quantifying the repeated sit-to-stand using one body fixed sensor in young and older adults. *Gait Posture*. 2013;38(1):153-156.
35. Schwenk M, Gogulla S, Englert S, Czempik A, Hauer K. Test-retest reliability and minimal detectable change of repeated sit-to-stand analysis using one body fixed sensor in geriatric patients. *Physiol Meas*. 2012;33(11):1931-1946.
36. Gelinas I, Gauthier L, McIntyre M, Gauthier S. Development of a functional measure for persons with Alzheimer's disease: the disability assessment for dementia. *Am J Occup Ther*. 1999;53(5):471-481.
37. Hauer K, Oster P. Measuring functional performance in persons with dementia. *J Am Geriatr Soc*. 2008;56(5):949-950.
38. Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res*. 1975;12(3):189-198.
39. Morris JC, Mohs RC, Rogers H, Fillenbaum G, Heyman A. Consortium to establish a registry for Alzheimer's disease (CERAD) clinical and neuropsychological assessment of Alzheimer's disease. *Psychopharmacol Bull*. 1988;24(4):641-652.

40. Oswald WD, Fleischmann UM. *Das Nürnberger-Alters-Inventar (NAI) - Testinventar & NAI-Testmanual und Textband*. Göttingen: Hogrefe; 1999.
41. Yesavage JA, Brink TL, Rose TL, et al. Development and validation of a geriatric depression screening scale: a preliminary report. *J Psychiatr Res*. 1982;17(1):37-49.
42. Hauer KA, Kempen GI, Schwenk M, et al. Validity and sensitivity to change of the falls efficacy scales international to assess fear of falling in older adults with and without cognitive impairment. *Gerontology*. 2011;57(5):462-472.
43. Kempen GI, Yardley L, van Haastregt JC, et al. The short FES-I: a shortened version of the falls efficacy scale-international to assess fear of falling. *Age Ageing*. 2008;37(1):45-50.
44. de Werd MM, Boelen D, Rikkert MGMO, Kessels RPC. Errorless learning of everyday tasks in people with dementia. *Clin Interv Aging*. 2013;8:1177-1190.
45. Hughes MA, Weiner DK, Schenkman ML, Long RM, Studenski SA. Chair rise strategies in the elderly. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 1994;9(3):187-192.
46. Schenkman M, Berger RA, Riley PO, Mann RW, Hodge WA. Whole-body movements during rising to standing from sitting. *Phys Ther*. 1990;70(10):638-648.
47. Shen JHQ, Shen Q, Yu H, et al. Validation of an Alzheimer's disease assessment battery in Asian participants with mild to moderate Alzheimer's disease. *Am J Neurodegener Dis*. 2014;3(3):158-169.
48. Kegelmeyer DA, Kloos AD, Thomas KM, Kostyk SK. Reliability and validity of the Tinetti Mobility Test for individuals with Parkinson disease. *Phys Ther*. 2007;87(10):1369-1378.
49. Groeneveld HB. Metrische Erfassung und Definition von Rückenform und Haltung des Menschen. In: Junghanns H, ed. *Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis*. Vol 66. Stuttgart: Hippokrates-Verlag; 1976.
50. Caneiro JP, O'Sullivan P, Burnett A, et al. The influence of different sitting postures on head/neck posture and muscle activity. *Man Ther*. 2010;15(1):54-60.
51. O'Sullivan PB, Dankaerts W, Burnett AF, et al. Effect of different upright sitting postures on spinal-pelvic curvature and trunk muscle activation in a pain-free population. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31(19):E707-E712.
52. Cole MH, Silburn PA, Wood JM, Worringham CJ, Kerr GK. Falls in Parkinson's disease: kinematic evidence for impaired head and trunk control. *Mov Disord*. 2010;25(14):2369-2378.

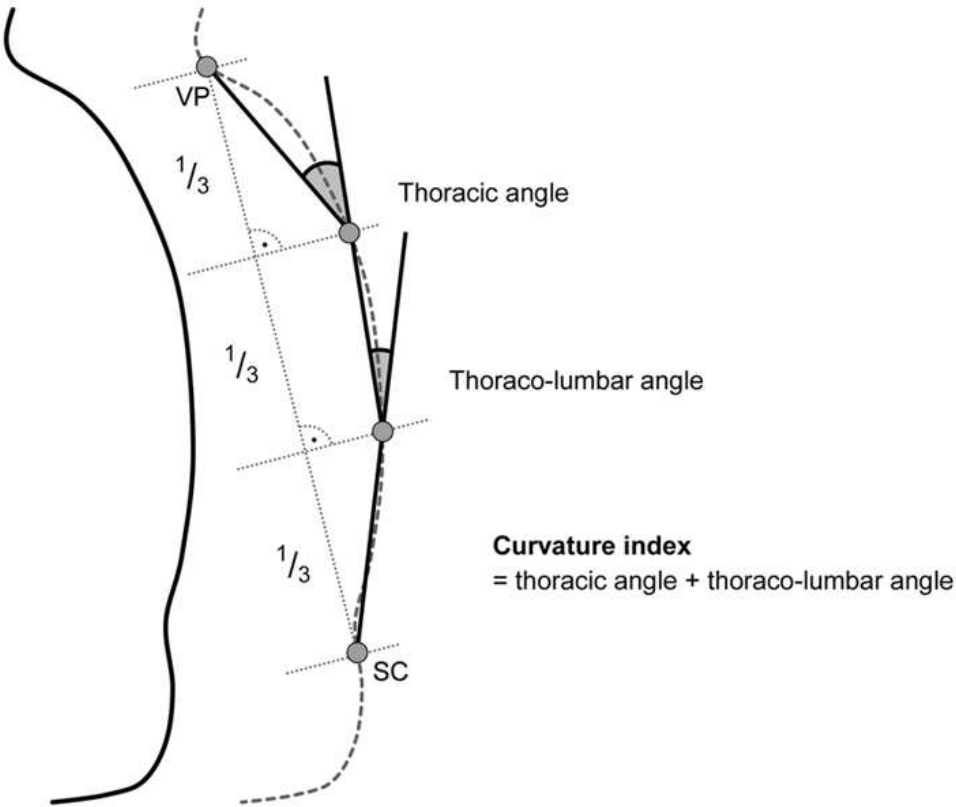


53. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977;33(1):159-174.
54. Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull*. 1979;86(2):420-428.
55. Fleiss JL. *The Design and Analysis of Clinical Experiments*. New York: John Wiley & Sons; 1986.
56. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates; 1988.
57. Katz JN, Larson MG, Phillips CB, Fossel AH, Liang MH. Comparative measurement sensitivity of short and longer health status instruments. *Med Care*. 1992;30(10):917-925.
58. Middel B, van Sonderen E. Statistical significant change versus relevant or important change in (quasi) experimental design: some conceptual and methodological problems in estimating magnitude of intervention-related change in health services research. *Int J Integr Care*. 2002;2:e15.
59. McHorney CA, Tarlov AR. Individual-patient monitoring in clinical practice: are available health status surveys adequate? *Qual Life Res*. 1995;4(4):293-307.
60. Gwet KL. *Handbook of Inter-Rater Reliability: The Definitive Guide to Measuring the Extent of Agreement Among Raters*. 4th ed. Gaithersburg: Advanced Analytics, LLC; 2014.
61. Portney LG, Watkins MP. *Foundations of Clinical Research: Applications to Practice*. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall Health; 2000.
62. Wellmon R, Degano A, Rubertone JA, Campbell S, Russo KA. Interrater and intrarater reliability and minimal detectable change of the Wisconsin gait scale when used to examine videotaped gait in individuals post-stroke. *Arch Physiother*. 2015;5(1):1-10.
63. Feinstein AR, Cicchetti DV. High agreement but low kappa: I. The problems of two paradoxes. *J Clin Epidemiol*. 1990;43(6):543-549.
64. Nunnally JC, Bernstein IH. *Psychometric theory*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill; 1994.
65. Boyle JJ, Milne N, Singer KP. Influence of age on cervicothoracic spinal curvature: an ex vivo radiographic survey. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2002;17(5):361-367.
66. Drzal-Grabiec J, Snela S, Rykala J, Podgorska J, Banas A. Changes in the body posture of women occurring with age. *BMC Geriatr*. 2013;13:108.
67. Fitzpatrick R, Davey C, Buxton MJ, Jones DR. Evaluating patient-based outcome measures for use in clinical trials. *Health Technol Assess*. 1998;2(14):i-iv, 1-74.

68. Hayes KW, Johnson ME. Measures of adult general performance tests: the Berg balance scale, dynamic gait Index (DGI), gait velocity, physical performance test (PPT), timed chair stand test, timed up and go, and Tinetti performance-oriented mobility assessment (POMA). *Arthritis Care Res.* 2003;49(S5):S28-S42.

**FIGURE LEGEND**

**Figure 1.** Diagram illustrating the method for calculating the thoracic angle, thoraco-lumbar angle, and curvature index from the back curvature surface (VP = vertebra prominens, SC = sacrum); angles were calculated for the thoracic and thoraco-lumbar regions as indicated by the arcs.



**Table 1.** The Assessment of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers In People with Dementia Scoring Guide

Sit-to-Stand Maneuver / ACSID Item	Dimension	Description of Scoring
(1) Buttocks displacement	RI	0 no buttocks displacement on the chair seat 1 deliberate buttocks displacement (anterior or posterior) on the chair seat
	EP	0 buttocks placed in the posterior portion of the chair seat 1 buttocks placed in the anterior portion of the chair seat ( $\geq$ center of the seat)
(2) Feet displacement	RI	0 no feet displacement 1 deliberate feet displacement (anterior or posterior)
	EP	0 anterior feet position, toes in front of the knees 1 posterior feet position, toes behind or aligned with the knees
(3) Trunk straightening	RI	0 no change of upper body posture 1 straightening the upper body to an extended active sitting posture (e.g. by raising up the chest, pulling shoulders back, anterior tilting of the pelvis)
	EP	0 relaxed passive (slump) upper body posture during trunk flexion (increased thoracic kyphosis and posterior pelvic tilt) 1 extended active upper body posture during trunk flexion (upper trunk extension while the lower trunk rotates forward at the hips)
(4) Trunk flexion	RI	0 no excessive trunk flexion 1 excessive trunk flexion prior <u>or</u> after the moment at which the buttocks begins to leave the chair seat (lift-off)
	EP	0 no excessive trunk flexion prior to lift-off 1 excessive trunk flexion prior to lift-off
(5) Standing up	RI	0 no attempt to raise 1 obvious attempt to raise (buttocks starts leaving contact with the chair)
	EP	0 no upright standing posture (flexed knee and/or hip joints) 1 upright standing posture (knee and hip joints as fully extended as possible)
ACSID-RI score		0-5 points
ACSID-EP score		0-5 points
Total ACSID score		0-10 points
Abbreviations: ACSID, Assessment of Compensatory Sit-to-stand maneuvers In people with Dementia; RI, recall and initiation; EP, effective performance.		

**Table 2.** Participants' Characteristics of the Total Sample

Characteristics	Total Sample (n = 97)
Age, years, mean (SD)	82.5 (5.9)
Gender, female, n (%)	72 (74.2)
Height, cm, mean (SD)	163.9 (8.9)
Mini-Mental Status Examination, score, mean (SD)	21.9 (2.9)
Education, years, mean (SD)	11.7 (3.0)
Medications, number, mean (SD)	7.6 (3.4)
Diagnoses, number, mean (SD)	8.2 (4.1)
Performance Oriented Mobility Assessment, score, mean (SD)	22.4 (4.0)
5-chair-stand, s, median (range) <sup>a</sup>	11.3 (6.8-29.3)
Geriatric Depression Scale (0-15), score, mean (SD)	2.8 (2.3)
Short Falls Efficacy Scale – International (7-28), score, median (range)	8 (7-18)
Recent history of falls, n (%)	46 (47.4)
Living situation, n (%)	
community-dwelling	63 (64.9)
institutionalized	34 (35.1)
Abbreviations: SD, standard deviation.	
<sup>a</sup> Based on data of a subsample (n = 61) due to the inability of 36 participants to rise 5 times from a chair with seat placed at knee height without using arms.	

**Table 3.** Percentage Agreement and Kappa Coefficients of the Individual Assessment of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers In People with Dementia Items (Averaged Across 5 Trials)

Sit-to-Stand Maneuver / ACSID Item	n	Inter-rater (Rater A vs. B)			Intra-rater (Rater A vs. A)		
		PA	$\kappa$	$P^a$	PA	$\kappa$	$P^a$
(1) Buttocks displacement							
ACSID-RI	94	99.6	0.99	< .001	99.1	0.87	< .001
ACSID-EP	94	98.3	0.95	< .001	96.0	0.89	< .001
(2) Feet displacement							
ACSID-RI	94	97.7	0.90	< .001	97.0	0.86	< .001
ACSID-EP	94	92.1	0.84	< .001	90.2	0.80	< .001
(3) Trunk straightening							
ACSID-RI	94	99.8	0.98	< .001	98.7	0.84	< .001
ACSID-EP	94	95.1	0.73	< .001	95.1	0.77	< .001
(4) Trunk flexion							
ACSID-RI	94	94.1	0.72	< .001	97.9	0.88	< .001
ACSID-EP	94	98.5	0.78	< .001	98.3	0.91	< .001
(5) Standing up							
ACSID-RI <sup>b</sup>	94	100.0	-	-	100.0	-	-
ACSID-EP	94	95.5	0.64	< .001	97.6	0.83	< .001

Abbreviations: ACSID, Assessment of Compensatory Sit-to-stand maneuvers In people with Dementia; PA, percentage agreement;  $\kappa$ , kappa; RI, recall and initiation; EP, effective performance.

<sup>a</sup>  $P$  values are given for  $\kappa$  statistics.

<sup>b</sup> No  $\kappa$  coefficients could be calculated for the EP dimension of the item "standing up" because this item was a constant.

**Table 4.** Mean Assessment of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers In People with Dementia Scores and Intra-class Correlation Coefficients of 2 Raters (Inter-rater) and 2 Sessions (Intra-rater Reliability)

ACSID Score	n	Inter-rater				Intra-rater			
		Rater A	Rater B	ICC (2,1) <sup>a</sup>	P	Session 1	Session 2	ICC (3,1) <sup>a</sup>	P
ACSID-RI	94	1.8 (1.0)	1.7 (0.9)	.89 (.84-.93)	< .001	1.8 (1.0)	1.8 (1.0)	.90 (.85-.93)	< .001
ACSID-EP	94	2.1 (0.7)	2.0 (0.7)	.74 (.63-.82)	< .001	2.1 (0.7)	2.2 (0.7)	.72 (.59-.82)	< .001
ACSID-T	94	3.8 (1.3)	3.7 (1.2)	.85 (.78-.90)	< .001	3.8 (1.3)	4.0 (1.2)	.84 (.76-.89)	< .001

Abbreviations: ACSID, Assessment of Compensatory Sit-to-stand maneuvers In people with Dementia; ICC, intra-class correlation coefficient; RI, recall and initiation; EP, effective performance; T, total.

<sup>a</sup> 95% confidence intervals in parentheses;



**Table 5.** Point-Biserial Correlation Coefficients Between the Assessment of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers In People with Dementia Items and the External Reference Criteria Objectively Measured by the Kinovea Software

Sit-to-Stand Maneuver / ACSID Item	Kinovea Criterion	n	$r_{pb}$	P
(1) Buttocks displacement				
ACSID-RI	Absolute buttocks displacement [cm]	94	.84	< .001
ACSID-EP	AP distance: buttocks - center of chair seat [cm]	94	.78	< .001
(2) Feet displacement				
ACSID-RI	Absolute foot displacement [cm]	94	.71	< .001
ACSID-EP	AP distance: toe - knee [cm]	94	-.73	< .001
(3) Trunk straightening				
ACSID-RI	Change of curvature index [°]	94	-.63	< .001
ACSID-EP	Curvature index during trunk flexion [°]	94	-.56	< .001
(4) Trunk flexion				
ACSID-RI	Maximum trunk angle [°]	94	.75	< .001
ACSID-EP	Trunk angle at lift-off [°]	94	.62	< .001
(5) Standing up				
ACSID-RI <sup>a</sup>	Vertical displacement of the sacrum [%]	94	-	-
ACSID-EP	Body height in standing position [%]	94	.73	< .001
<p>Abbreviations: ACSID, Assessment of Compensatory Sit-to-stand maneuvers In people with Dementia; <math>r_{pb}</math>, point-biserial correlation coefficients; RI, recall and initiation; EP, effective performance; AP, anterior-posterior.</p> <p><sup>a</sup> No <math>r_{pb}</math> could be calculated for the RI dimension of the item "standing up" because this item was scored 1 for all subjects.</p>				

**Table 6.** Mean Assessment of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers In People with Dementia Total Scores at Baseline and Post-Intervention, Paired t-Test Results, and Standardized Response Means for the Analysis of Sensitivity to Change

ACSID Score	n	Mean (SD)		P	SRM <sup>a</sup>
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>		
ACSID-RI	37	1.6 (0.8)	2.7 (1.4)	< .001	1.00
ACSID-EP	37	2.2 (1.0)	2.8 (1.0)	.001	0.61
ACSID-T	37	3.8 (1.3)	5.4 (2.1)	< .001	0.89

Abbreviations: ACSID, Assessment of Compensatory Sit-to-stand maneuvers In people with Dementia; SD, standard deviation; T<sub>1</sub>, baseline; T<sub>2</sub>, post-intervention; SRM, standardized response mean; RI, recall and initiation; EP, effective performance; T, total.

<sup>a</sup> SRM adjusted for the size of correlation coefficient between repeated measurements.