

Auswirkungen eines evidenz-basierten Gleichgewichtstrainings auf die kognitive Leistungsfähigkeit

Abschlussarbeit zur Erlangung des
Master of Science in Sportwissenschaften
Option Unterricht

eingereicht von

Yannic Stutz

an der
Universität Freiburg, Schweiz
Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät
Departement für Medizin

in Zusammenarbeit mit der
Eidgenössischen Hochschule für Sport Magglingen

Referent
Prof. Dr. Wolfgang Taube

Betreuer
PhD Student Yves-Alain Kuhn

Luzern, Juli 2019

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
1 Einleitung	4
1.1 Theoretische Hintergründe	6
1.2 Einfluss von physischer Aktivität auf kognitive Funktionen	14
1.3 Kortikale Anpassungen und Transfereffekte durch GGT	16
1.4 Einfluss von GGT auf kognitive Funktionen	18
1.5 Forschungslücke	19
1.6 Ziel und konkrete Fragestellung	19
2 Methode	21
2.1 Untersuchungsgruppe	21
2.2 Studiendesign	21
2.3 Untersuchungsinstrumente	22
2.4 Datenauswertung	24
3 Resultate	25
3.1 Einfluss von GGT auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei Senioren	25
3.2 Einfluss von GGT auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei jungen Erwachsenen	31
3.3 Senioren und junge Erwachsene im Vergleich	37
4 Diskussion	42
4.1 Interpretation der Resultate	42
4.2 Kritische Betrachtung der Studie	45
4.3 Ausblick	46
5 Schlussfolgerung	48
Literaturverzeichnis	49
Anhang A	58
Anhang B	61
Anhang C	63
Dank	68

Zusammenfassung

Einleitung. Der Alterungsprozess ist begleitet von einer Abnahme der kognitiven Leistungsfähigkeit, verringerten Mobilität sowie einer erhöhten Sturzwahrscheinlichkeit. Um die dadurch anfallenden Kosten zu reduzieren sowie die Lebensqualität auch im hohen Alter erhalten zu können, ist sportliche Aktivität wie beispielsweise aerobes Fitnesstraining eine hilfreiche Prophylaxe. Auch Gleichgewichtstraining (GGT) hat bereits bei Kindern und Alzheimer Patienten positive Wirkungen auf gewisse kognitive Funktionen gezeigt. Die Langzeiteffekte eines GGTs auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei gesunden Senioren und gesunden, jungen Erwachsenen sind allerdings noch unerforscht. Daher untersucht die vorliegende Arbeit die Auswirkungen eines evidenz-basierten GGTs über sechs Monate auf die visuelle Merkfähigkeit, Verarbeitungsgeschwindigkeit sowie Konzentrationsfähigkeit bei gesunden Senioren und gesunden, jungen Erwachsenen.

Methode. 72 gesunde Versuchspersonen wurden der Alterskategorie „Senioren“ ($n = 38$) beziehungsweise „junge Erwachsene“ ($n = 34$) zugeteilt. Nach einer randomisierten Unterteilung in die Interventionsgruppe „Senioren“ ($n = 19$), Interventionsgruppe „Jung“ ($n = 15$), Kontrollgruppe „Senioren“ ($n = 19$) und Kontrollgruppe „Jung“ ($n = 15$) trainierten beide Interventionsgruppen während sechs Monaten, zwei mal wöchentlich ihr Gleichgewicht. Alle Versuchspersonen absolvierten einen Pre- und Post-Test. Dabei wurde mittels drei kognitiver Tests die visuelle Merkfähigkeit, Verarbeitungsgeschwindigkeit sowie Konzentrationsfähigkeit eruiert. Ein 2x2 mixed-design ANOVA diente der statistischen Auswertung im RStudio.

Resultate. Die visuelle Merkfähigkeit, Verarbeitungsgeschwindigkeit und Konzentrationsfähigkeit konnte weder bei gesunden Senioren noch bei gesunden, jungen Erwachsenen nach einem evidenz-basierten GGT über sechs Monate gesteigert werden.

Diskussion und Schlussfolgerung. Vergleiche mit anderen Studien lassen vermuten, dass in der durchgeführten Studie die Trainingsdichte zu gering, die Interventionsdauer zu kurz sowie die Herausforderung in den Trainings zu tief war, um signifikante Effekte in der kognitiven Leistungsfähigkeit erzielen zu können. Motivationale Ursachen aufgrund der langen Testdauer sowie das Vernachlässigen der identischen Tageszeit bei der Durchführung des Post-Tests könnten die tatsächlichen Effekte verfälscht haben. Weitere Studien sind nötig, um neue Erkenntnisse zu gewinnen. Die Teilnahme neuer Zielgruppen, die Überprüfung anderer kognitiver Funktionen sowie eine Anpassung von Interventionsprogrammen könnten neue Aufschlüsse bringen, ob GGT eine positive Auswirkung auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei gesunden Senioren und jungen Erwachsenen hat.

1 Einleitung

Sowohl kognitive als auch physische Integrität scheinen massgebende Faktoren für unsere Lebensqualität zu sein (Langlois et al., 2012). Der Alterungsprozess ist jedoch begleitet von physiologischen und psychologischen Veränderungen (Bherer, 2015) und zeichnet sich in der Praxis im Vergleich zu jungen Erwachsenen durch eine Abnahme kognitiver Funktionen (Hultsch, Hertzog, Small & Dixon, 1999; Murman, 2015; Park et al., 2002) sowie einer verringerten Mobilität (Rantakokko, Manty & Rantanen, 2013) aus. Dadurch besteht beispielsweise ein erhöhtes Risiko, eine altersbedingte Krankheit wie Demenz zu entwickeln (Bherer, 2015) oder einen Sturz zu erleiden (Ambrose, Paul & Hausdorff, 2013). Alleine die Kosten von Demenz werden weltweit auf über 600 Billionen US-Dollar geschätzt (Wimo et al., 2013). Über ein Drittel der 65-Jährigen stürzen mindestens einmal jährlich. In den folgenden Jahren nimmt dieser Prozentsatz stetig zu (Blake et al., 1988). Inzwischen ist zudem bekannt, dass Stürze einen direkten Zusammenhang mit kognitivem Rückgang haben (Chen, Peronto & Edwards, 2012). Daher besteht nicht nur aus Sicht des Individuums hinsichtlich der Lebensqualität sondern auch aus Sicht des Gesundheitssystems hinsichtlich der anfallenden Kosten Interesse, die kognitive Leistungsfähigkeit möglichst bis ins hohe Alter aufrechterhalten zu können.

Sportliche Aktivität ist in dieser Hinsicht eine hilfreiche Prophylaxe. Einerseits wurde festgestellt, dass sportliche, ältere Personen kognitiv leistungsfähiger waren als unsportliche, ältere Personen (Spirduso & Clifford, 1978). Andererseits erwiesen zahlreiche Studien den positiven Effekt physischer Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit (Etnier et al., 1997).

Je länger je mehr wird in dieser Hinsicht der Fokus vermehrt auf den Effekt von Gleichgewichtstraining (GGT) gelegt. Der positive Nutzen von GGT konnte bereits bezüglich zahlreicher Aspekte nachgewiesen werden und hat sich auch längst in der Praxis etabliert: verbesserte Gleichgewichtsfähigkeiten, schnellere Heilungsprozesse nach einer Verletzung und Vorbeugung einer erneuten Verletzung, Reduktion von Nackenschmerzen und verbesserte halspezifische sensomotorische Funktionen sowie verbesserte Kraft- und Sprungleistungen (Granacher, Muehlbauer, Zahner, Gollhofer & Kressig, 2011; Hubscher et al., 2010; Sherrington, Tiedemann, Fairhall, Close & Lord, 2011; Sherrington et al., 2008; Taube, 2013; Taube, Gruber & Gollhofer, 2008). Darüber hinaus dient GGT auch als Sturzprophylaxe (Sherrington et al., 2011; Sherrington et al., 2008). Da wie bereits erwähnt Stürze und kognitiver Rückgang zusammenhängen und GGT nachweislich die Wahrscheinlichkeit eines Stur-

zes vermindert, stellt sich nun die Frage, ob auch GGT die kognitive Leistungsfähigkeit positiv beeinflusst. Im Rahmen dieser Frage konnte beispielsweise bereits festgestellt werden, dass bei Gleichgewichtsaufgaben kortikale Strukturen stärker aktiviert werden (Taube, 2017). Darüber hinaus wurde herausgefunden, dass bei jungen Personen die graue Substanz im präfrontalen Kortex nach einem 6-wöchigen GGT zunahm (Sehm et al., 2014; Taubert et al., 2010). Ob nun GGT nicht nur kortikale Strukturen verändert sondern auch die kognitive Leistungsfähigkeit verbessert, ist Gegenstand aktueller Forschung. Eine Studie untersuchte kürzlich bei jungen Erwachsenen den Effekt eines kurzzeitigen GGT auf die Leistung in zwei kognitiven Tests, konnte jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen Interventions- und Kontrollgruppe feststellen (Heller, 2013). Länger andauernde Interventionsstudien konnten allerdings bereits bei Kindern (Ritter, 2014) und bei Alzheimer Patienten (Ries, Hutson, Maralit & Brown, 2015) positive Effekte eines GGT auf Bereiche der Kognition feststellen. Möglicherweise benötigt somit die Auswirkung von GGT auf kognitive Leistungen mehr Zeit. Doch wie verhält sich dieser Transfereffekt bei gesunden, jungen Erwachsenen und gesunden Senioren? Es wird beispielsweise bereits angenommen, dass Lernprozesse bei alten Personen langsamer ablaufen (Taube, 2017). In diesem Forschungsfeld existiert zurzeit noch keine Studie, welche die Langzeiteffekte eines GGTs auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei gesunden, jungen Erwachsenen sowie bei gesunden Senioren untersucht hat. Daher setzt die vorliegende Studie an dieser Forschungslücke an und soll Hinweise dafür liefern, ob und inwiefern ein GGT über sechs Monate die kognitive Leistungsfähigkeit von gesunden, jungen Erwachsenen sowie von gesunden Senioren verändert. Die folgenden Abschnitte liefern Hintergrundinformationen über Themengebiete dieser Studie, zeigen die Forschungslücke auf und stellen die Forschungsfragen näher dar.

1.1 Theoretische Hintergründe

1.1.1 Kognition. Kognitive Prozesse spielen in all unseren Entscheidungen und Handlungen eine zentrale Rolle und wird seit über 125 Jahren systematisch erforscht (Anderson, 2013). Ziel der kognitiven Psychologie ist es, die gesamte Bandbreite psychologischer Prozesse (Solso, 2005) respektive die grundlegenden kognitiven Funktionen des menschlichen Denkens (Engelkamp & Zimmer, 2006) zu verstehen. Gemäss Schönplflug (2006) umfasst der Begriff Kognition zweierlei Bedeutungen:

- Kognition als *Produkt*: Die Erkenntnis, zu welcher ein Lebewesen gelangt ist
- Kognition als *Prozess*: Der Vorgang, durch den ein Lebewesen zu seiner Erkenntnis gelangt oder durch den es seine Erkenntnis bewahrt.

Kognitive Funktionen sind demzufolge all jene Produkte und Prozesse, die der Erkenntnis bzw. der Kognition dienen (Schönplflug, 2006). Nach Birbaumer und Schmidt (2011) umfassen kognitive Funktionen alle bewussten und unbewussten Vorgänge, die bei der Verarbeitung von Organismus-externer und –interner Information ablaufen. Zu diesen kognitiven Funktionen gehören beispielsweise Sinnesempfindungen, Wahrnehmung, Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Vorstellung und das Denken (Schönplflug, 2006). Die Erforschung kognitiver Fähigkeiten wurde vor allem durch die „kognitive Wende“ der Psychologie um die vergangene Jahrhundertmitte vorangetrieben. Neue neurowissenschaftliche Methoden und insbesondere die Verbreitung bildgebender Verfahren gegen Ende des 20. Jahrhunderts haben der Kognitionsforschung einen zusätzlichen Schub beschert (Dresler, 2011). Über die Jahre entstand in der Psychodiagnostik für die kognitiven Fähigkeiten ein Oberbegriff, der grosse Verbreitung erlangt hat: *Intelligenz* (lat. intellegere: erkennen, verstehen) (Schönplflug, 2006). Auch wenn zurzeit keine allgemein akzeptierte Definition der Intelligenz existiert, besteht gemäss Krohne und Hock (2015) weitgehende Einigkeit darüber, dass die Fähigkeit, Probleme aufzudecken und zu lösen, zum Kernbereich der Intelligenz gehört. Zudem umfasst Intelligenz, Zusammenhänge schnell und korrekt erkennen zu können, schlussfolgernd zu denken sowie neues Wissen effizient zu erwerben und adäquat zu nutzen. Spinath (2011) wiederum sieht den Konsens darin, dass zur Intelligenz ein „hierarchisch organisiertes Set spezifischer verbaler und kognitiver Fähigkeiten“ gehört, welches beispielsweise die Bereiche Wortschatz, verbale Produktion, numerische Fähigkeiten, räumliche Fähigkeiten, Gedächtnisleistung, Wahrnehmungsgeschwindigkeit und schlussfolgerndes Denken umfasst. Laut Schönplflug (2006) hat sich der Intelligenzbegriff nebst den kognitiven Fähigkeiten auf weitere Fähigkeiten erweitert. So lässt sich heutzutage die kognitive Intelligenz von der sozialen und der emotionalen Intel-

Intelligenz differenzieren Schönplüg (2006). Forscher wie Spearman, Thurstone, Horn und Cattell, Binet und Simon sowie Carroll haben die Intelligenzforschung nachhaltig geprägt (Spinath, 2011). McGrew (1997) präsentierte ein vielbeachtetes modernes Intelligenzmodell. Er fusionierte die Theorie von Cattell und Horn (Cattell, 1987; Horn, 1994; Horn & Cattell, 1966) mit der Theorie von Carroll (1993) zum sogenannten Cattell-Horn-Carroll-Modell (CHC-Modell). Charakteristisch für das CHC-Modell ist die Bildung von drei Ebenen, die als „Strata“ bezeichnet werden (Carroll, 1993). Auf der obersten Ebene bzw. dritten Stratum befindet sich die allgemeine Intelligenz mit dem g-Faktor. Im zweiten Stratum postuliert er zehn weite Gruppenfaktoren. Dazu zählen Fluide Intelligenz, Kristalline Intelligenz, Quantitatives Denken, Lesen und Schreiben, Kurzzeitgedächtnis, Langfristiges Speichern und Abrufen, Visuelle Verarbeitung, Auditive Verarbeitung, Verarbeitungsgeschwindigkeit (VG) und Reaktions-/Entscheidungszeit. Die einzelnen Gruppenfaktoren hängen vom g-Faktor ab. Dies führt dazu, dass die einzelnen Gruppenfaktoren untereinander korrelieren. Dennoch sind sie insofern eigenständig, weil die einzelnen Gruppenfaktoren in eine weitere Ebene (erstes Stratum) mit enger gefassten, spezifischen Fähigkeiten unterteilt werden können, welche untereinander erneut stärker korrelieren. Dieses erste Stratum enthält insgesamt 69 spezifische Fähigkeiten.

Wie der bisherige Abschnitt gezeigt hat, umfassen kognitive Funktionen eine Vielzahl unterschiedlicher Fähigkeiten. In der vorliegenden Arbeit wird die kognitive Leistungsfähigkeit anhand der kognitiven Funktionen Konzentration, VG und Gedächtnis (visuelle Merkfähigkeit im Spezifischen) eruiert. Aus diesem Grund werden in den nachfolgenden Abschnitten lediglich diese drei kognitiven Funktionen näher beleuchtet und auf deren Definitionen sowie Bedeutsamkeit eingegangen.

Konzentration. In wissenschaftlicher Hinsicht ist die Definition von *Konzentration* umstritten und wird kontrovers diskutiert. Es stellt sich primär die Frage, ob Konzentration Teil des konzeptuellen Rahmens der Aufmerksamkeit ist oder ob Konzentration als ein eigenständiges Konstrukt betrachtet werden kann und somit von der Aufmerksamkeit abzugrenzen ist. In einer Untersuchung von Schwalbach (2001) differenzierten Psychologiestudierende klar zwischen typischen Aufmerksamkeits- und Konzentrationssituationen. Konzentration wurde vorwiegend mit „Denkarbeit“ in Verbindung gebracht. Dies war beispielsweise beim Lesen oder einer Prüfung der Fall. Für die Aufmerksamkeit erwähnten die Studierenden Situationen wie Vortrag, Gespräch oder Teilnahme am Verkehr. Nach Schwalbach (2001) bezieht sich Konzentration auf die Art der Arbeitens, bei der die Weiterverarbeitung von aufgenommener

Information im Fokus steht. Wohingegen die Aufmerksamkeit die Art der Wahrnehmung betrifft, bei der das Selektionieren von relevanten Informationen dominant zu sein scheint. Schmidt-Atzert, Büttner und Bühner (2004) definieren die Aufmerksamkeit als „das selektive Beachten relevanter Reize oder Informationen“ und sehen daher ebenfalls ausschliesslich ein Bezug zu Wahrnehmungsprozessen und der Auswahl von Reizen oder Informationen. Die Konzentration jedoch wird laut Schmidt-Atzert et al. (2004) als eine Fähigkeit bezeichnet, die es erlaubt, kognitive Leistungen schnell und genau und zudem unter erschwerten Bedingungen zu vollbringen. Überdies nimmt der energetische Aspekt bei der Konzentration eine massgebende Rolle ein, weil ein hohes Leistungsniveau über längere Zeit aufrechterhalten werden muss und dies als kognitiv anstrengend empfunden wird (Schmidt-Atzert et al., 2004). Somit ist die Konzentration bezüglich der Art der kognitiven Leistung uneingeschränkt und lässt jede andere kognitive Leistung steigern (Schmidt-Atzert et al., 2004). Zu ähnlicher Erkenntnis kommen auch Westhoff und Hagemeister (2005). Sie beziehen die Konzentration ebenfalls auf das Arbeiten und die Aufmerksamkeit auf das Wahrnehmen. Nach Auffassung der Autoren ist bei einer konzentrierten Tätigkeit massgebend, relevante Information richtig selektionieren, dabei Irrelevantes ausblenden sowie Aktionsmuster richtig auswählen, energetisieren, koordinieren und kontrollieren zu können.

Brickenkamp und Karl (1986) jedoch gliedern die Konzentration in das Konzept der Aufmerksamkeit ein. Sie argumentieren, dass die Konzentration eine gesteigerte Form der Aufmerksamkeit ist, bei der sich eine Person willkürlich und stärker auf eine Aufgabe fokussiert. Andere Autoren beschreiben die Konzentration ebenfalls als „besondere Intensitätsform der Aufmerksamkeit“ (Rapp, 1982) oder als „zuchtvolle Organisation und Ausrichtung der Aufmerksamkeit“ (Mierke, 1957). Marschner (1980) geht sogar noch weiter und versteht Konzentration und Aufmerksamkeit als gleichbedeutende Begriffe. Schweizer (2006) erläutert zudem anhand stichhaltiger Argumente, weshalb die Konzentration innerhalb der Aufmerksamkeit integriert werden kann:

Erstens stimme die Kontroll- und Koordinierungsfunktion (Westhoff & Hagemeister, 2005) mit dem Konzept des supervisorischen Aufmerksamkeitssystems (Shallice, 1982) überein. Dieses werde in Situationen, die nicht auf der Basis von Routinehandlungen bewältigt werden können und somit ein hohes Mass an kognitiver Kontrolle benötigen, aktiviert und beeinflusse ganz gezielt die Aktivierung von Schemata. Zweitens konvergiere der von Schmidt-Atzert et al. (2004) erwähnte energetische Aspekt mit dem Konzept der Daueraufmerksamkeit (Sturm & Zimmermann, 2000). Diese wird von den Autoren als diejenige Aufmerksamkeit definiert, welche kognitiv anspruchsvollen Belastungen über eine längere Zeit aushält.

Drittens liesse sich die kognitive Anstrengung (Schmidt-Atzert et al., 2004) bereits in der Vigilanz (Posner & Rafal, 1987), eine Komponente der Aufmerksamkeit, wiederfinden. Die Vigilanz bezeichnet die Menge an bewusster, mentaler Anstrengung, welche in eine Handlung investiert wird. Wirken die erwähnten Aufmerksamkeitskomponenten erfolgreich zusammen, besteht nach Schweizer (2006) eine hohe Konzentration. Das Zusammenwirken dieser Komponenten und somit die Selektion, Koordination und Kontrolle von Handlungsschemata können allerdings von verschiedenen Faktoren beeinflusst werden. Westhoff und Hagemeyer (2005) nennen Bedingungen, welche die Konzentration sowohl fördern wie auch mindern können. Dazu gehören körperliche, kognitive, emotionale, motivationale und soziale Bedingungen sowie Umgebungs- und Organismusbedingungen.

Wie im bisherigen Abschnitt ersichtlich wurde, kann Konzentration in das Konzept der Aufmerksamkeit eingegliedert werden. In Bezug auf die Entwicklung der Daueraufmerksamkeit über die Lebensspanne existiert eine Studie von Fortenbaugh et al. (2015). Sie fanden in ihrer Studie heraus, dass sich die Daueraufmerksamkeit bis ungefähr zum 43. Lebensjahr stetig verbessert und anschliessend in den folgenden Jahren kontinuierlich abnimmt.

Verarbeitungsgeschwindigkeit. Die *Verarbeitungsgeschwindigkeit* (VG) wird als fundamentaler Bestandteil unseres kognitiven Systems betrachtet (Kail & Salthouse, 1994) und bezeichnet die Geschwindigkeit, mit welcher verschiedene kognitive Aufgaben ausgeführt werden können (Reichenberg & Harvey, 2007). Die VG lässt sich auch in Carroll's Analyse über kognitive Fähigkeiten unter dem Begriff *mental speed abilities* wiederfinden und stellt eine Domäne von neun wahren, relativ fixen kognitiven Fähigkeiten dar (Carroll, 1993). Nach Salthouse (2000) lässt sich die VG in unterschiedlichen Arten feststellen: Im Bereich der Psychometrie sind vorwiegend die *Entscheidungs-VG* und die *Wahrnehmungs-VG* von Bedeutung. Erstere wird anhand der Reaktionszeit bei Aufgaben mittlerer Komplexität eruiert, welche sowohl von Geschwindigkeitsaspekten wie auch vom individuellen Niveau der jeweiligen kognitiven Fähigkeit beeinflusst wird. Dies bedeutet, dass nicht alle Personen die jeweilige Aufgabe ohne Zeitlimite fehlerfrei lösen können. Die Wahrnehmungs-VG wird durch die Reaktionszeit bei einfachen kognitiven Aufgaben, welche ohne Zeitbegrenzung jede Person fehlerfrei lösen könnte, bestimmt. Weiter erwähnt Salthouse (2000) weitere Variablen wie die *psychomotorische VG*, welche sich auf die Reaktionszeit bei einfachen motorischen Bewegungen bezieht, die *psychophysiologische VG* im Zusammenhang mit körperinternen Reaktionszeiten sowie Wahlreaktionszeiten auf visuelle oder akustische Reize.

Die Entwicklung der VG über die Lebensspanne wurde ausgiebig analysiert. Forscher beobachteten eine Zunahme der VG während der Kindheit und dem Jugendalter, stellten dessen Höhepunkt im jungen Erwachsenenalter fest und erkannten in den darauf folgenden Jahren und im fortschreitenden Alter eine Abnahme der VG (De Ribaupierre, 2001; Salthouse & Kail, 1983). Park et al. (2002) untersuchten in einer Studie die VG bei gesunden erwachsenen Personen und teilten die Probanden in Dekaden ein. Sie registrierten bei den 20-Jährigen die höchste und bei den 80-Jährigen die tiefste VG. In den dazwischen liegenden Dekaden stellten sie eine kontinuierliche, lineare Abnahme der VG, ohne Beschleunigung der Abnahme im erhöhten Alter, fest. Interessanterweise stellten Cerella und Hale (1994) einen U-förmigen Verlauf der Verarbeitungszeiten über die Alterspanne von 5- bis 85-Jährigen fest. Während sich die Verarbeitungszeit während der Alterspanne von 5- bis 20-Jährigen negativ exponentiell verkürzte, verlängerte sich diese wiederum in der Alterspanne der 20- bis 85-Jährigen positiv exponentiell. Diese Feststellung wird zudem durch eine Meta-Analyse von Verhaeghen und Salthouse (1997) unterstützt. Sie fanden einen signifikanten, negativ quadratischen Effekt für den Zusammenhang von Alter und VG im Erwachsenenalter. Dieser Befund weist auf eine Beschleunigung der Leistungsabnahme der VG mit zunehmendem Alter hin. Kail und Salthouse (1994) halten fest, dass die VG eine massgebende Rolle in den altersbedingten Unterschieden in verschiedenen kognitiven Fähigkeiten einnimmt und diese somit einen entscheidenden Einfluss auf die Kognition sowohl in der Kindheit wie auch im Erwachsenenalter hat. Andere Autoren unterstreichen ebenfalls, dass die VG ein Mediator für die Veränderungen anderer kognitiver Funktionen ist (Cerella & Hale, 1994; De Ribaupierre, 2001; Park et al., 2002).

Die Befunde veranlassten Salthouse (1996) dazu, seine *processing-speed theory of adult age differences in cognition* aufzugleisen. Er geht davon aus, dass altersbedingte kognitive Rückgänge zu einem gewissen Teil von der verminderten VG herbeigeführt werden. Für diesen kognitiven Leistungsrückgang hat er zwei Erklärungsansätze: *limited time mechanism* und *simultaneity mechanism*. Der limitierte Zeitmechanismus geht davon aus, dass im Alter relevante Operationen nicht mehr erfolgreich durchgeführt werden können, weil die betroffene kognitive Funktion zu lange mit vorherigen Operationen beschäftigt war. Der Gleichzeitigkeitsmechanismus erklärt den Ansatz, dass Produkte früherer Verarbeitung nicht mehr zugänglich sind, wenn die spätere Verarbeitung abgeschlossen ist.

Wird die VG langsamer führt dies zu unterschiedlichen Auswirkungen. Eintreffende Informationen können eher zerfallen oder mit zusätzlich eintreffenden Informationen interferieren (Kail & Salthouse, 1994). Der Kortex wird stärker in Anspruch genommen (Kail, 2000) und

benötigt daher mehr bewusste Kontrolle, um eine Aufgabe zu bewältigen (Saling & Phillips, 2007). Gedächtnisprozesse laufen nicht mehr optimal ab und das Schlussfolgern wird ebenfalls erschwert (Kail, 2000).

Gedächtnis. Unser *Gedächtnis* vollbringt unterschiedlichste Leistungen über eine grosse Spannweite. Die zahlreichen Gedächtnisfunktionen sowie -systeme können, auch wenn sie sich teilweise überschneiden, sowohl in eine zeitliche wie auch in eine inhaltliche Dimension unterteilt werden (Schellig, Drechsler, Heinemann & Sturm, 2009). Wird das Gedächtnis als Prozess betrachtet, so läuft dieser in drei zeitlich unterschiedlichen Phasen ab (Schellig et al., 2009; Schweizer, 2006). Während der *Enkodierungsphase* werden neue Informationen ins Gedächtnis aufgenommen. Diese kann sowohl beabsichtigt, *intentional*, als auch unbeabsichtigt, *inzidentiell*, erfolgen. In der anschliessenden *Speicher- oder Konsolidierungsphase* werden die Informationen im Gedächtnis abgelegt und behalten. Sie stehen von unterschiedlicher Dauer für die Wiedergabe und Nutzung zur Verfügung. Die letzte Phase bezieht sich auf das Erinnern bzw. den *Abruf* der gespeicherten Gedächtnisinhalte. Die Informationen können bewusst, *explizit*, oder unbewusst, *implizit*, abgerufen werden. Auch wenn die drei Phasen in sequenzieller Abfolge erfolgen, interagieren sie miteinander und beeinflussen sich gegenseitig. So hängt beispielsweise das erfolgreiche Abrufen einer Information von der gewählten Strategie während der Enkodierungsphase ab. Auch bereits gespeicherte Inhalte beeinflussen die Enkodierung oder die Länge der Speicherungsphase.

Ein weiterer Aspekt der zeitlichen Dimension bezieht sich auf die Systemebene des Gedächtnisses (Schellig et al., 2009). Das bekannte Mehrspeicher-Modell (Atkinson & Shiffrin, 1968) geht von drei separaten Speichersystemen aus. Der *sensorische Speicher* verfügt über eine enorme Speicherkapazität, kann ausschliesslich sensorische Informationen speichern und verliert die gespeicherten Informationen bereits nach einigen Millisekunden (Schweizer, 2006). Das *Kurzzeitgedächtnis* kann eine begrenzte Menge an Informationen kurzzeitig für einige Sekunden speichern und diese rasch abrufbar für aktuelle Verarbeitungsziele zur Verfügung stellen (Schweizer, 2006). Alle länger dauernden Gedächtnisleistungen werden dem *Langzeitgedächtnis* zugeschrieben (Schellig et al., 2009). Es weist bezüglich seiner Speicherdauer und Aufnahmekapazität keine Begrenzung auf und speichert sämtliche Kenntnisse eines Menschen über Fakten, Sachverhalte, Personen, Ereignisse und persönliche Erfahrungen (Schweizer, 2006). Das Konzept des Kurzzeitgedächtnisses wurde jedoch mit der Zeit von verschiedenen Autoren kritisiert. Baddeley (1998) zweifelte das Konzept des Kurzzeitgedächtnisses an und stellte aufgrund seiner Befunde an amnestischen Patienten sowie Experi-

menten mit Mehrfachfähigkeitssaufgaben sein *Modell des Arbeitsgedächtnisses* vor. Dieses postuliert mehrere kurzzeitige Speichersysteme und geht somit auf die inhaltliche Dimension der Gedächtnissysteme ein. Eine übergeordnete Instanz, die *zentrale Exekutive*, kontrolliert und steuert mit begrenzter Verarbeitungskapazität die Speichersysteme. Die Speichersysteme lassen sich dabei nach den gespeicherten Inhalten differenzieren: verbale Informationen werden in der *phonologischen Schleife*, visuell-räumliche Informationen im *visuell-räumlichen Skizzenblock* gespeichert. Der visuell-räumliche Skizzenblock wurde später zusätzlich in den *visual cache*, für visuelle Informationen, und den *inner scribe*, für räumliche Informationen, unterteilt (Baddeley, 2003).

Auch die gespeicherten Informationen des Langzeitgedächtnisses können hinsichtlich inhaltlicher Aspekte unterteilt werden. Von zentraler Bedeutung ist die Unterscheidung zwischen dem *expliziten oder deklarativen* und dem *impliziten oder non-deklarativen* Langzeitgedächtnis (Schellig et al., 2009). Das explizite Gedächtnis besteht aus einem *episodischen* wie auch *semantischen* Gedächtnis. Im episodischen Gedächtnis sind persönliche Erlebnisse enthalten, die räumlich und zeitlich begrenzt und somit kontextabhängig sind. Charakteristisch für das episodische Gedächtnis ist das Erinnern von Ereignissen und Erfahrungen. Das semantische Gedächtnis besitzt bekannte Inhalte, die unabhängig von räumlich-zeitlichen Bezügen sind und nicht bewusst wiedererlebt werden. Zudem besteht ein Zusammenspiel von faktischem Wissen.

Das implizite Gedächtnis umfasst alle unbewussten Fertigkeiten und erfahrungsbedingten Verhaltensänderungen. Nach Squire und Knowlton (2000) existieren vier Formen des impliziten Gedächtnisses: Priming, prozedurales Gedächtnis, klassisches Konditionieren sowie einfaches nichtassoziatives Lernen.

1.1.2 Gleichgewicht und posturale Kontrolle. Der Mensch hat sich als einziges Säugetier einen bipedalen Stand und Gang als normale Haltungs- und Fortbewegungsart angeeignet. Die Folge davon ist, dass eine relativ kleine Unterstützungsfläche einen hohen Körperschwerpunkt ausbalancieren muss (Taubе, 2013). Diese Aufgabe zu bewältigen ist eine relativ grosse Herausforderung. Denn wie sich zeigt, erreichen Kinder erst etwa im Alter von 7 Jahren eine erwachsenenähnliche Haltungsregulation (Peterson, Christou & Rosengren, 2006; Riach & Hayes, 1987). Diese Kompetenz erfordert somit ein hohes Mass an Gleichgewichtsfähigkeit. Ein Körper oder Objekt befindet sich dann im *Gleichgewicht*, wenn sich der Körperschwerpunkt über der Unterstützungsfläche befindet (Bell, 1998). Das Gleichgewicht ist nebst Rhythmus, Reaktion, Orientierung und Differenzierung eine von fünf koordinativen Fähigkeiten.

ten (Hegner, 2012). Dies beinhaltet die Fähigkeit, in einer aufrechten Position verbleiben zu können (Rogers, Page & Takeshima, 2013). Andere Autoren wie Hirtz, Hotz und Ludwig (2005) beschreiben das Gleichgewicht als faszinierendes Phänomen, bei dem es darum geht, inneren und äusseren Kräften Stand halten zu können. Sie teilen das Gleichgewicht in vier Kategorien ein: *Standgleichgewicht*, *Balanciergleichgewicht*, *Drehgleichgewicht* und *Fluggleichgewicht*. Der Mensch besitzt die Fähigkeit, den Zustand des Gleichgewichts mittels sensorischer Wahrnehmung und Muskelarbeit zu kontrollieren. Diese Kontrolle wird als Gleichgewichtskontrolle oder immer mehr auch als *posturale Kontrolle* bezeichnet (Pollock, Durward, Rowe & Paul, 2000). Die posturale Kontrolle kann in drei Hauptklassen unterteilt werden (Pollock et al., 2000):

- Das Aufrechterhalten einer bestimmten Körperhaltung wie Sitzen oder oder Stehen
- Die willentliche Bewegung wie die Bewegung zwischen unterschiedlichen Körperhaltungen
- Die Reaktion auf externe Störeinflüsse wie beim Stolpern, Ausrutschen oder Stossen

Somit kann der Mensch dank der posturalen Kontrolle den Gleichgewichtszustand aufrechterhalten (1), erreichen (2) oder aber wiederherstellen (3). Kann der Körperschwerpunkt über der Unterstützungsfläche gehalten werden, spricht man auch von *posturaler Stabilität* (Rogers et al., 2013). Rogers et al. (2013) unterteilen diese wiederum in eine *statische* (z.B. Stehen) beziehungsweise *dynamische* (z.B. Laufen) posturale Stabilität. Gemäss Pollock et al. (2000) kann die posturale Kontrolle sowohl *vorausschauend* als auch *reaktiv* erfolgen. Bei der vorausschauenden posturalen Kontrolle werden Störungen frühzeitig antizipiert und darauf mit bewussten Bewegungen oder erhöhter Muskelaktivität reagiert. Bei der reaktiven posturalen Kontrolle erfolgt eine Bewegung oder eine Muskelantwort auf einen unvorhergesehenen Störreiz. Taube (2013) verwendete für diese beiden Kontrollsysteme den Begriff „Feedforward-Modus“ respektive „Feedback-Modus“.

1.2 Einfluss von physischer Aktivität auf kognitive Funktionen

1.2.1 Auswirkungen bei Senioren. In den letzten Jahrzehnten erschienen zahlreiche Studien, in welchen der Zusammenhang zwischen physischer Aktivität und kognitiven Funktionen bei alten Personen untersucht wurde. Spirduso und Clifford (1978) leisteten in diesem Bereich wichtige Pionierarbeit. Sie fanden heraus, dass alte, ehemalige Athleten bessere Leistungen bei Einfach- und Wahlreaktionszeiten sowie Bewegungszeiten erbrachten als alte, unsportliche Personen. Jahre später entstand erstmals die Hypothese, dass physische Aktivität kognitive Funktionen im Allgemeinen (Etnier et al., 1997) und exekutive Funktionen (Hall, Smith & Keele, 2001) im Speziellen positiv beeinflusst. Colcombe und Kramer (2003) bestätigten diesen Trend anhand einer Meta-Analyse 18 verschiedener Interventionsstudien. Sie untersuchten, ob ein aerobes Fitnesstraining bei älteren Erwachsenen positive Auswirkungen auf die kognitiven Prozesse hat. Dabei unterteilten sie die kognitiven Prozesse in vier Kategorien: Geschwindigkeits-, visuell-räumliche, Kontroll- und exekutive Prozesse. Gemäss den Autoren profitierten ältere Personen in allen kognitiven Prozessen vom aeroben Fitnesstraining, am meisten allerdings in exekutiven Kontroll-Prozessen. Barenberg, Berse und Dutke (2011) gingen noch eine Ebene tiefer, indem sie in ihrer Meta-Analyse zwischen unterschiedlichen Arten von Interventionen sowie exekutiven Funktionen differenzierten. Auf der Grundlage bereits entstandener Theorien (Baddeley, 1996; Miyake et al., 2000) unterteilten sie die exekutiven Funktionen in fünf Kategorien ein: *shifting*, die sich auf das Wechseln zwischen verschiedenen Aufgaben oder Operationen bezieht, *updating*, welche das aktive Erhalten beziehungsweise Manipulieren relevanter Information im Arbeitsgedächtnis beinhaltet, *inhibition*, die dominante, automatische Antworten unterdrückt, *dual task coordination*, welche die Bewältigung zweier Aufgaben koordiniert, und *complex requirements*, welche sich auf Aufgaben mit der Beteiligung von mehreren Kategorien bezieht. Gemäss den Autoren wiesen Langzeitinterventionen auf alle Kategorien der exekutiven Funktion einen positiven Effekt auf (ausser *updating tasks*, welche in Langzeitinterventionen nicht Teil der Auswertung war). In Kurzzeitinterventionen fanden sie lediglich bei *inhibition* Aufgaben einen erwähnenswerten Effekt. Die bisher erwähnten Studien zeigten vorwiegend den positiven Effekt von aerober Fitness auf kognitive Funktionen auf. Untersuchungen lassen suggerieren, dass auch physische Aktivitäten anderer Belastungsarten positive Auswirkungen auf kognitive Funktionen bei Senioren haben können (Baum, Jarjoura, Polen, Faur & Rutecki, 2003; van Uffelen, Chin, Hopman-Rock & van Mechelen, 2008). Baum et al. (2003) führten mit gebrechlichen Pflegeheim-Anwohnern ein einjähriges Kraft- und Beweglichkeitstraining durch und testeten die

Interventions- wie auch die Kontrollgruppe sowohl auf physische wie auch auf kognitive Funktionen. Die kognitiven Funktionen wurden mittels dem *mini-mental status exam* (MMSE) getestet und erreichten eine mittlere Effektstärke von 0.54. van Uffelen et al. (2008) überprüften 23 Interventionsstudien mit älteren Erwachsenen. Davon nahmen bei 15 Studien gesunde Probanden und in 8 Studien Probanden mit einem Abbau der kognitiven Fähigkeiten teil. In den untersuchten Studien absolvierten die Probanden unterschiedliche sportliche Aktivitäten wie aerobes Training, Krafttraining, GGT oder Beweglichkeitstraining. Die Autoren kamen zum Schluss, dass sowohl bei Probanden mit und ohne kognitivem Rückgang Trainingsprogramme unterschiedlicher Art förderliche Auswirkungen auf Aspekte der Kognition haben können. Allerdings stellten sie auch bei einigen Studien keine positiven Effekte fest.

1.2.2 Auswirkungen bei jungen Erwachsenen. Bisher galt der Fokus hinsichtlich dieser Thematik hauptsächlich auf den älteren Personen. Es besteht immer noch ein Mangel an Studien, welche die Effekte von physischer Aktivität auf die kognitiven Funktionen bei jungen Erwachsenen untersuchten (Hillman, Erickson & Kramer, 2008). Dies beruht möglicherweise auf der Tatsache, dass die kognitive Leistungsfähigkeit im jungen Erwachsenenalter ihren Höhepunkt erreicht (Salthouse & Davis, 2006) und in dieser Altersspanne daher wenig Raum für eine Verbesserung in kognitiver Hinsicht durch physische Aktivität zulässt (Hillman et al., 2008). Doch bereits die Studie von Spirduso und Clifford (1978) gab erste Hinweise, dass auch physisch aktive, junge Erwachsene bessere kognitive Leistungen erbringen als junge Erwachsene, welche sportlich untätig sind. Wie die alten ehemaligen Athleten, zeigten auch die physisch aktiven, jungen Erwachsenen bessere Leistungen in Einfach- und Wahlreaktionszeiten als junge, physisch inaktive Erwachsene. Ein systematisches Review von Cox et al. (2016) konnte aufzeigen, dass physische Aktivität auch bei jungen Erwachsenen sowie bei Erwachsenen mittleren Alters positive Auswirkungen auf gewisse kognitiven Funktionen hat. Das Review enthielt sowohl Querschnitts- als auch Interventionsstudien von mindestens 12 monatiger Dauer. Darin untersuchte Studien zeigten positive Effekte in den exekutiven Funktionen, Gedächtnis sowie VG. Die positiven Effekte wurden jedoch vorwiegend in Studien festgestellt, in welchen die Probanden physische Aktivität von höherer Intensität ausgeübt hatten. Lediglich eine Studie mit physischer Aktivität von tiefer Intensität fand positive Effekte in der Domäne Gedächtnis. Ein Studie von Stroth, Hille, Spitzer und Reinhardt (2009) fand bei Studenten bereits nach einem sechs wöchigen Lauftrainingsprogramm, bestehend aus 3 Lauftrainings von 30 Minuten pro Woche, positive Effekte auf das visuell-räumliche Ge-

dächtnis. Allerdings konnten nach diesem Trainingsprogramm keine signifikant besseren Leistungen in den Bereichen Konzentration sowie verbalem Gedächtnis festgestellt werden.

1.2.3 Vergleiche zwischen Jung und Alt. Wie die Abschnitte 1.2.1 und 1.2.2 zeigen, weist physische Aktivität sowohl bei jungen Erwachsenen wie auch bei Senioren positive Effekte auf verschiedenste Aspekte kognitiver Funktionen auf. Bei Vergleichen zwischen Jung und Alt gehen allerdings die Effektstärken der bisher wenig vorhandenen Studien auseinander. Stern et al. (2019) beispielsweise registrierten zwar die Wirksamkeit von aerobem Training auf die Kognition bei Probanden im Alter von 20 bis 67 Jahren. Allerdings stellten sie bei zunehmendem Alter der Probanden einen grösseren Effekt im Bereich der exekutiven Funktionen fest. Auch Etnier, Nowell, Landers und Sibley (2006) bemerkten in ihrer Meta-Regression, dass alte Probanden dank physischer Aktivität in gewissen kognitiven Leistungen profitieren konnten, jedoch junge Erwachsene keine Verbesserung in diesen kognitiven Leistungen erbringen konnten. Befunde wie diese könnten allerdings auch auf der Tatsache beruhen, dass die Aufgabestellung für die jungen Erwachsenen zu einfach war und somit gar keine Verbesserung in den kognitiven Funktionen zuliess (Stroth et al., 2009). Diese Befunde lassen vermuten, dass ältere Personen in kognitiver Hinsicht mehr Profit aus physischen Aktivitäten schlagen als junge Erwachsene. Untersuchungen in Bezug auf kortikale Veränderungen nach neu zu erlernenden Bewegungsaufgaben lassen aber auch eine andere Vermutung zu (siehe dazu Abschnitt 1.3)

1.3 Kortikale Anpassungen und Transfereffekte durch GGT

Sowohl während der posturalen Kontrolle (Mihara, Miyai, Hatakenaka, Kubota & Sakoda, 2008) wie auch in kognitiv anfordernden Situationen während der Fortbewegung (Holtzer, Epstein, Mahoney, Izzetoglu & Blumen, 2014) konnte eine erhöhte Beteiligung des Präfrontalen Kortex registriert werden. In einer Studie von Taubert et al. (2010) wurden gesunde, junge Probanden auf deren kortikalen Anpassungen nach einem GGT untersucht. Die Versuchspersonen lernten eine neue Gleichgewichtsaufgabe auf einem Stabilometer über sechs Wochen hinweg mit jeweils einem Training pro Woche. Sowohl die Gleichgewichtsleistung wie auch das Volumen der Grauen und Weissen Substanz nahmen über diese sechs Wochen konstant zu. Zudem veränderte und vergrösserte sich nach lediglich zwei Wochen das Volumen der Grauen Substanz im dorsolateralen präfrontalen Kortex. Die Resultate weisen darauf hin, dass in jungen Erwachsenen bei einer neu zu erlernenden Bewegungsaufgabe, wie z.B. bei jener Gleichgewichtsaufgabe, ziemlich rasch eine strukturelle Umwandlung und funktionelles Um-

schreiben im fronto-parietalen Hirnnetzwerk ausgelöst wird. Das gleiche Vorgehen bezweckte die Studie von (Sehm et al., 2014) mit alten, gesunden Probanden sowie Parkinson-Patienten. Auch in diesen Probandengruppen verbesserte sich die Gleichgewichtsleistung. Das Volumen der Grauen Substanz vergrößerte sich jedoch lediglich im Cerebellum bei den Parkinson-Patienten und im Hippocampus bei den gesunden Probanden. Im Vergleich zu den jungen Probanden fanden allerdings nur geringe Veränderungen im präfrontalen Kortex statt. Dies weist darauf hin, dass ältere Personen eine reduzierte Kapazität in der präfrontalen Region für kurzzeitige, trainingsinduzierte, strukturelle Anpassungen besitzen (Taube, 2017). Diese Befunde lassen vermuten, dass bei alten Erwachsenen die im präfrontalen Kortex stattfindenden Veränderungen möglicherweise erst zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen. Diese wiederum könnten gerade für einen möglichen Transfereffekt hinsichtlich kognitiver Funktionsfähigkeit von wichtiger Bedeutung sein, da der Präfrontale Kortex nämlich in zahlreichen kognitiven Prozessen wie Gedächtnis oder Wahrnehmung eine entscheidende Rolle spielt (Siddiqui, Chatterjee, Kumar, Siddiqui & Goyal, 2008).

Nebst verbesserter posturaler Kontrolle durch GGT wurden inzwischen zahlreiche Transfereffekte mittels GGT registriert: schnellere Heilungsprozesse nach einer Verletzung und Vorbeugung einer erneuten Verletzung, als Sturzprophylaxe, Reduktion von Nackenschmerzen und verbesserte halsspezifische sensomotorische Funktionen sowie verbesserte Kraft- und Sprungleistungen (Granacher et al., 2011; Hubscher et al., 2010; Sherrington et al., 2011; Sherrington et al., 2008; Taube, 2013; Taube et al., 2008).

Immer mehr Befunde lassen inzwischen jedoch suggerieren, dass die Zunahme posturaler Fertigkeiten und dessen Transfereffekte bei älteren Personen abgeschwächt beziehungsweise langsamer vonstatten gehen (Taube, 2017). Während junge Erwachsene in verschiedenen Interventionen bereits nach 4 bis 5 Wochen Training hohe Effekte erzielen konnten (Taube et al., 2008) so waren Trainingsinterventionen bei alten Erwachsenen erst nach 11 bis 12 Wochen mit idealerweise 3 Trainings pro Woche hoch effektiv (Lesinski, Hortobagyi, Muehlbauer, Gollhofer & Granacher, 2015). Darüber hinaus bewirkte ein Slackline Training bereits nach 10 Trainingseinheiten posturale Transfereffekte bei jungen Probanden (Keller, Pfusterschmied, Buchecker, Muller & Taube, 2012), während bei älteren Probanden nach 18 Trainingseinheiten noch immer keine Transfereffekte festgestellt werden konnte (Donath, Roth, Zahner & Faude, 2016).

1.4 Einfluss von GGT auf kognitive Funktionen

Wie im Abschnitt 1.2 dargelegt wurde, weisen seit einigen Jahren Studien vermehrt auf den positiven Einfluss von sportlicher Betätigung auf die kognitive Leistungsfähigkeit hin. Aufgrund der im Abschnitt 1.3 genannten Befunde steigt nun immer mehr auch das Interesse daran, inwiefern sich GGT auf kognitive Funktionen auswirkt. Mit einer Studie bei 75 älteren, kognitiv beeinträchtigten Personen untersuchten Dorner et al. (2007) mittels MMSE erstmals den Effekt von Kraft- und Gleichgewichtstraining auf kognitive Funktionen. Die Interventionsgruppe absolvierte ein 10-wöchiges Sportprogramm, bestehend aus drei Trainings pro Woche. Eine Trainingseinheit (50 min) bestand dabei aus einem Aufwärmen (10 min), Krafttraining (25 min), GGT (10 min) und Cool-Down (5 min). Die Resultate dieser Studie zeigten, dass sich die Probanden nach der Trainingsintervention in ihren kognitiven Funktionen signifikant ($p = 0.023$) steigerten. Dennoch vermuteten die Autoren, dass der Kraftzuwachs Hauptursache für die gesteigerten kognitiven Funktionen war. Dies auch aufgrund der Tatsache, weil in den Gleichgewichtstests keine signifikante Verbesserung erzielt wurde. Dorner et al. (2007) betonten dabei explizit „whether balance training can also contribute to improve cognitive function needs to be examined in further studies“. Heller (2013) untersuchte bei jungen Erwachsenen ($MW = 23.9$, $SD = 4.77$) den Effekt eines kurzzeitigen GGT auf eine motorische Lernaufgabe und auf die kognitive Leistungsfähigkeit. Für die Überprüfung der kognitiven Leistungsfähigkeit verwendete (Heller, 2013) den Stroop-Test und den d2-Test. Da die GGT-Intervention lediglich während einem Tag mit nur 4 Gleichgewichtsübungen durchgeführt wurde, erstaunt es nicht, dass in den kognitiven Leistungstests keine signifikanten Unterschiede erzielt wurden. Ritter (2014) realisierte eine Intervention von aussagekräftiger Dauer. Sie liess Primarschulkinder ($n = 26$) während sieben Wochen täglich GGT von 10 Minuten ausführen und überprüfte dabei deren Konzentrationsfähigkeit vor, direkt nach der Intervention sowie zwei Wochen nach Vollendung des Trainingsprogramms mittels d2-R Test. Ritter stellte dabei eine klar verbesserte Konzentrationsfähigkeit ($p = 0.05$) bei der Interventionsgruppe fest, dies sowohl unmittelbar wie auch zwei Wochen nach der Intervention. Verglichen mit der Kontrollgruppe erreichte die Interventionsgruppe ebenfalls hochsignifikante bessere Leistungen ($p < 0.001$).

Eine interessante Studie untersuchte bei einer vergleichbaren Untersuchungsgruppe wie in der Studie von Dorner et al. den Einfluss von GGT auf kognitive Funktionen bei Alzheimer Patienten (Ries et al., 2015). Auch in dieser Studie verwendeten die Studienleiter den MMSE für die Überprüfung der kognitiven Leistungsfähigkeit. Ries et al. (2015) fanden dabei heraus, dass die kognitive Leistung während der Intervention bis zum unmittelbaren Posttest bei den

Alzheimer Patienten unverändert blieb. Erst im Anschluss an die Intervention reduzierte sich beim 3-monatigen Posttest deren kognitive Leistungsfähigkeit signifikant. Die Autoren vermuten, dass das GGT den Rückgang der kognitiven Leistungsfähigkeit bei Alzheimer Patienten herauszögern kann.

1.5 Forschungslücke

In den letzten Jahren erschienen Forschungsarbeiten, welche den Effekt von GGT auf kognitive Funktionen untersucht haben. So konnte bereits bei Kindern (Ritter, 2014) und Alzheimer Patienten (Ries et al., 2015) positive Effekte auf Bereiche der Kognition festgestellt werden. Junge Erwachsene (Heller, 2013) konnten ihre kognitive Leistungsfähigkeit mittels kurzzeitigem GGT noch nicht steigern. Dorner et al. (2007) erwähnten, dass in diesem Forschungsfeld mehr Studien benötigt werden, um effektiv sagen zu können, ob GGT positive Einflüsse auf Bereiche der Kognition hat. Zurzeit existiert noch keine Studie, welche die Langzeiteffekte eines evidenz-basierten GGTs auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei gesunden, jungen Erwachsenen sowie gesunden Senioren untersucht hat. Die vorliegende Studie setzt daher an dieser Forschungslücke an und möchte noch ungeklärte Fragen in diesem Forschungsgebiet abdecken.

1.6 Ziel und konkrete Fragestellung

Die vorliegende Arbeit stellt einen Teil einer umfangreichen Interventionsstudie der Universität Fribourg dar, welche dazu dienen soll, die dargelegte Forschungslücke zu schliessen.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, herauszufinden, ob ein evidenz-basiertes GGT über sechs Monate positive Auswirkungen auf die kognitive Leistungsfähigkeit von gesunden „jungen Erwachsenen“ und gesunden „Senioren“ hat. Die kognitive Leistungsfähigkeit kann anhand der visuellen Merkfähigkeit, VG sowie der Konzentration eruiert werden. In einem ersten Teil wird eruiert, ob das GGT die kognitive Leistungsfähigkeit von Senioren verbessert. In einem zweiten Teil wird untersucht, ob das GGT die kognitive Leistungsfähigkeit bei jungen Erwachsenen steigert. In einem dritten Teil wird der Einfluss des GGTs auf die kognitive Leistungsfähigkeit zwischen den beiden Probandengruppen „junge Erwachsene“ und „Senioren“ miteinander verglichen.

Fragestellung 1:

Fördert ein sechs monatiges GGT die visuelle Merkfähigkeit, VG und Konzentrationsfähigkeit bei Senioren?

H1: Ein sechs monatiges GGT hat einen positiven Effekt auf die visuelle Merkfähigkeit, VG und Konzentrationsfähigkeit bei Senioren.

H0: Ein sechs monatiges GGT hat keinen positiven Effekt auf die visuelle Merkfähigkeit, VG und Konzentrationsfähigkeit bei Senioren.

Fragestellung 2:

Fördert ein sechs monatiges GGT die visuelle Merkfähigkeit, VG und Konzentrationsfähigkeit bei jungen Erwachsenen?

H1: Ein sechs monatiges GGT hat einen positiven Effekt auf die visuelle Merkfähigkeit, VG und Konzentrationsfähigkeit bei jungen Erwachsenen.

H0: Ein sechs monatiges GGT hat keinen positiven Effekt auf die visuelle Merkfähigkeit, VG und Konzentrationsfähigkeit bei jungen Erwachsenen.

Fragestellung 3:

Führt ein sechs monatiges GGT bei jungen Erwachsenen zu einem grösseren, positiven Effekt in der visuellen Merkfähigkeit, VG und Konzentrationsfähigkeit als bei Senioren?

H1: Ein sechs monatiges GGT führt bei jungen Erwachsenen zu einem grösseren, positiven Effekt in der visuellen Merkfähigkeit, VG und Konzentrationsfähigkeit als bei Senioren.

H0: Ein sechs monatiges GGT führt bei jungen Erwachsenen zu keinem grösseren, positiven Effekt in der visuellen Merkfähigkeit, VG und Konzentrationsfähigkeit als bei Senioren.

2 Methode

2.1 Untersuchungsgruppe

An der Studie nahmen 33 Probandinnen und 39 Probanden teil ($n = 72$). Davon wurden 38 Versuchspersonen der Alterskategorie „Senioren“ und 34 der Alterskategorie „Junge Erwachsene“ zugeteilt. Voraussetzung für die Teilnahme an der Studie war, dass sich die Versuchspersonen in gesunder Verfassung befanden und sich zudem im entsprechenden Alter für eine der beiden Alterskategorien „Senioren“ beziehungsweise „Junge Erwachsene“ befanden. Die Probandinnen und Probanden wurden randomisiert in vier Gruppen unterteilt: Interventionsgruppe „Senioren“, Interventionsgruppe „Jung“, Kontrollgruppe „Senioren“ und Kontrollgruppe „Jung“ (Tabelle 1).

Tabelle 1

Randomisierte Gruppenaufteilung der Versuchspersonen

	Anzahl <i>V_p</i>	Anzahl <i>w</i>	Anzahl <i>m</i>	Alter	
				<i>M</i>	<i>SD</i>
Interventionsgruppe „Senioren“	19	9	10	70.58	3.48
Interventionsgruppe „Jung“	15	6	9	23.33	2.83
Kontrollgruppe „Senioren“	19	11	8	69.53	4.48
Kontrollgruppe „Jung“	19	7	12	24.6	3.67

Anmerkungen. *V_p* = Versuchspersonen. *w* = weiblich. *m* = männlich. *M* = Mittelwert. *SD* = Standardabweichung.

2.2 Studiendesign

Die beiden Interventionsgruppen „Jung“ und „Senioren“ absolvierten ein evidenz-basiertes GGT über sechs Monate, welches Ammann (2018) im Rahmen seiner Masterarbeit zusammenstellte. Vor der Intervention wurde mit allen Versuchspersonen ein Pre-Test durchgeführt. Dabei absolvierten die Probandinnen und Probanden verschiedene kognitive Tests. Nach Abschluss der Intervention wurden alle Probandinnen und Probanden in einem Post-Test erneut mit denselben kognitiven Aufgabestellungen getestet.

2.2.1 Intervention. Die Versuchspersonen der beiden Interventionsgruppen absolvierten während sechs Monaten ein von Ammann (2018) zusammengestelltes Interventionsprogramm. Die Grundlage des evidenz-basierten GGTs war ein Übungskatalog mit variablen und niveauangepassten GG-Übungen, welcher Ammann (2018) anhand wissenschaftlicher Re-

views aufgleiste. Das gesamte Interventionsprogramm beinhaltete total 48 Trainingseinheiten. Pro Woche bestand ein Angebot von vier möglichen Trainingseinheiten, wovon die Probandinnen und Probanden jeweils zwei auswählten. Dabei behandelten sie während zwei Trainingseinheiten dasselbe Überthema mit ähnlichen Trainingsinhalten. Jede Trainingseinheit liess sich in Warm-up (10 min), Hauptteil (20 bis 30 min) und Ausklang (5 min) unterteilen. Die GGTs wurden von zwei verschiedenen Trainingsleitern durchgeführt und fanden an zwei unterschiedlichen Standorten statt. Als Trainingsmaterial wurden einfache Geräte, welche in jeder Turnhalle vorhanden sind, verwendet. Für weitere Einzelheiten zur Intervention siehe „Entwicklung eines evidenz-basierten Gleichgewichtstrainings auf Basis von systematischen Reviews“ (Ammann, 2018).

2.2.2 Kognitive Tests. Die Versuchspersonen führten sowohl im Pre- wie auch im Post-Test drei aufeinanderfolgende kognitive Tests in entsprechender Reihenfolge durch: Erster Teil (Abfragezeitpunkt 1) des visuell und verbalen Merkfähigkeitstests (VVM), d2-R Test, Zahlenverbindungstest (ZVT), zweiter Teil (Abfragezeitpunkt 2) des VVMs. Während den kognitiven Tests wurde auf eine ruhige Umgebung geachtet, sodass die Versuchspersonen nicht von äusseren Einflüssen gestört wurden. Zudem wurden die Probandinnen und Probanden bei allen drei Tests standardisiert instruiert. Sowohl beim d2-R wie auch beim ZVT absolvierten die Versuchspersonen vor dem eigentlichen Test eine Übungsaufgabe.

2.3 Untersuchungsinstrumente

2.3.1 VVM. Der visuelle und verbale Merkfähigkeitstest von Schellig und Schächtele (2009) überprüft mittels zwei Untertests namens „Stadtplan“ und „Bau“ das kurz-, mittel- sowie längerfristige Behalten von visuell-räumlichen und verbalen Materialien. Die erwähnte Gedächtnisleistung wird in einem Zeitraum von 24 Stunden an drei Abfragezeitpunkten eruiert. Durch Vergleichen der drei Abfragezeitpunkte kann zudem ein Absinken der Behaltensleistungen ermittelt und die Vergessensraten berechnet werden. In der folgenden Studie wurde lediglich der Untertest „Stadtplan“ verwendet (Anhang A). Dabei wird in einer Einprägephase von zwei Minuten der Verlauf eines Weges gemerkt und an den jeweiligen Abfragezeitpunkten in einem identischen Stadtplan eingezeichnet. Für die Reproduktion des Weges wird ebenfalls über zwei Minuten Zeit zur Verfügung gestellt. Die Abfragezeitpunkte fanden in folgenden zeitlichen Abständen statt: ein erstes Mal unmittelbar nach der Einprägephase (kurzfristige Merkfähigkeit) und ein zweites Mal 10 – 15 Minuten später (mittelfristige Merkfähigkeit).

In der Originalversion wird der zweite Abfragezeitpunkt nach 30 – 120 Minuten durchgeführt und zudem noch die langfristige Merkfähigkeit nach 24 Stunden überprüft. Aus zeitlichen Gründen wurde in dieser Studie der zweite Abfragezeitpunkt früher angesetzt und auf die Überprüfung der langfristigen Merkfähigkeit verzichtet. Der VVM weist über sehr gute Reliabilitätswerte auf. Bei den verschiedenen Testvariablen und Messzeitpunkten wurden Split-Half-Koeffizienten zwischen .81 und .98 und Cronbachs α zwischen .81 und .95 gefunden.

2.3.2 d2-R. Der von Brickenkamp, Schmidt-Atzert und Liepmann (2010) entwickelte d2-R Test (Anhang B) stellt eine Weiterentwicklung des bewährten Tests d2 dar. Er misst die Konzentration sowie die Schnelligkeit und Genauigkeit bei Aufgaben, die Aufmerksamkeit verlangen (konzentrierte Aufmerksamkeit). Im Spezifischen erfasst er die Konzentrationsfähigkeit sowie die Schnelligkeit und Genauigkeit bei der Unterscheidung ähnlicher visueller Reize. Die Testaufgabe besteht darin, die Buchstaben *d* und *p* sowie deren Markierungen mit jeweils ein bis vier senkrechten Strichen zu unterscheiden. Dabei werden alle *d*, welche mit zwei senkrechten Strichen versehen sind, durchgestrichen. Der Test besteht aus 14 Zeilen mit je 57 Buchstaben bzw. Zeichen. Der Proband hat für jede Zeile 20 Sekunden Zeit, um möglichst viele Zielobjekte durchzustreichen. Der Test weist mit Cronbachs Alpha zwischen .89 und .95 sehr gute Reliabilitätswerte auf. Folgende Parameter des d2-R wurden im Rahmen dieser Arbeit erhoben:

- Die quantitative Leistung, sprich das Bearbeitungstempo des gesamten Tests, welche anhand der total bearbeiteten Zielobjekte (BZO) gemessen wird. $BZO = \text{Gesamtsumme korrekt markierter Zielobjekte}$
- Die Sorgfalt respektive Genauigkeit (F %) bei der Testbearbeitung, welche anhand des Prozentsatzes der Anzahl Fehler im Verhältnis zum BZO eruiert wird. $F \% = (\text{Verwechslungsfehler} + \text{Auslassungsfehler}) / BZO \times 100$.
- Die Konzentrationsleistung (KL) bei der Testbearbeitung, welche sich aus der Anzahl korrekt markierter Zielobjekte und der dabei gemachten Anzahl Fehler ergibt. $KL = BZO - \text{Verwechslungsfehler} - \text{Auslassungsfehler}$.

2.3.3 ZVT. Der Zahlen-Verbindungs-Test (ZVT) von Oswald (2016) misst die kognitive Bearbeitungsgeschwindigkeit und misst somit die VG. Der ZVT dauert lediglich wenige Minuten und ist sehr einfach durchzuführen (Anhang C). Er verlangt lediglich Kenntnisse des Zahlenraums von 1 bis 90 und ist somit sprachfrei und international durchführbar. Die Grund-

idee besteht daraus, die Zahlen von 1 bis 90 in aufsteigender Reihenfolge so schnell wie möglich miteinander zu verbinden. Die nächsthöhere Zahl befindet sich jeweils in unmittelbarer Nachbarschaft der vorherigen Zahl. Dies ermöglicht eine Quantifizierung der einzelnen Wahlhandlungen. Der Test enthält zwei Übungsaufgaben und vier unterschiedliche Testmatrizen mit gleicher Aufgabenstellungweise. Bei der Bearbeitung jeder Testmatrize wird die dafür benötigte Zeit gemessen. Der Endwert ergibt sich jeweils aus dem Mittelwert der vier bearbeiteten Testmatrizen. Der ZVT weist eine sehr hohe Zuverlässigkeit zwischen $r = .95$ und $r = .98$ auf.

2.4 Datenauswertung

Alle erfassten Daten wurden im *Microsoft Excel 2011* (Microsoft Corporation, Version 14.7.3, Redmond, USA) eingetragen. Vor der Datenauswertung wurden die Daten bereinigt. Es wurden all jene Probanden exkludiert, welche keinen Post-Test absolviert haben. Zudem gab es bei wenigen Probanden einen Datenverlust einzelner Tests. Somit wurden auch diejenigen Probanden in der statistischen Auswertung dieser Tests ausgeschlossen. Anschliessend erfolgte die statistische Auswertung mit dem Statistikprogramm *RStudio* (RStudio Inc, Version 1.0.136, Boston, USA). In einem ersten Schritt wurden die Daten auf die Normalverteilung überprüft. Anschliessend wurde bei der Fragestellung 1 und 2 ein 2x2 mixed-design ANOVA durchgeführt. Bei der Fragestellung 3 wurde ein Two Sample t-Test durchgeführt. Es wurden jeweils die Mittelwerte des Pre-Tests mit den Mittelwerten des Post-Tests verglichen. Das Signifikanzniveau wurde bei allen Fragestellungen auf 0.05 festgelegt. H1 wird somit bei einem p -Wert von $p < 0.05$ angenommen. Die Effektstärke des ANOVA wurde anhand des partiellen Eta Quadrat (η^2) eingeordnet. Folgende Referenzwerte wurden dabei geltend gemacht: $\eta^2 > 0.02$ = kleiner Effekt, $\eta^2 > 0.13$ = mittlerer Effekt, $\eta^2 > 0.26$ = grosser Effekt.

3 Resultate

3.1 Einfluss von GGT auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei Senioren

Die Abbildung 1 bis Abbildung 6 zeigen die Mittelwerte \pm Standardabweichungen der einzelnen kognitiven Tests. In jeder Abbildung sind die Werte der Interventions- sowie der Kontrollgruppe zum Messzeitpunkt vor und nach der Intervention enthalten.

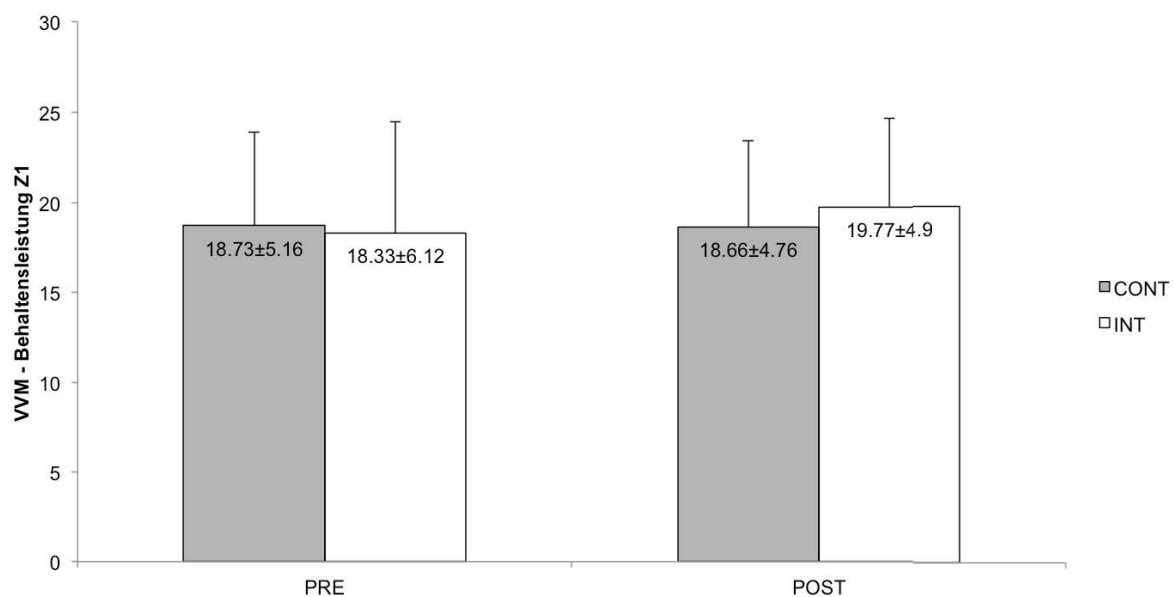


Abbildung 1. Behaltensleistung von korrekt reproduzierten Wegabschnitten während des Visuell und Verbalen Merkfähigkeitstests (VVM) bei Senioren vor (PRE) und nach (POST) sechs Monaten Gleichgewichtstraining (Interventionsgruppe; INT; $n = 18$), respektive ohne Gleichgewichtstraining (Kontrollgruppe; CONT; $n = 15$). Z1 = unmittelbarer Abfragezeitpunkt nach Einprägephase. Alle Werte sind als Mittelwerte \pm Standardabweichungen angegeben.

Der mixed-design ANOVA zeigte bei der Behaltensleistung Z1 des VVM keinen **main effect of group**: $F(1, 31) = 0.05$, $p = 0.81$, $\eta^2 = 0.001$, keinen **main effect of time**: $F(1, 31) = 0.45$, $p = 0.50$, $\eta^2 = 0.004$ und keinen **interaction effect of group x time**: $F(1, 31) = 0.54$, $p = 0.46$, $\eta^2 = 0.005$.

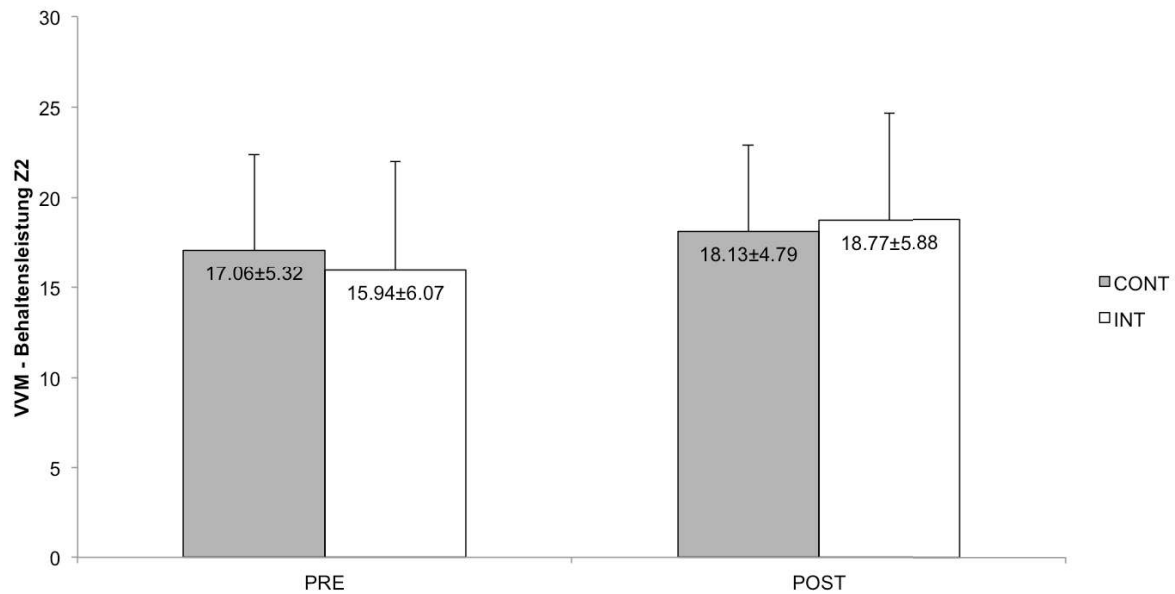


Abbildung 2. Behaltensleistung von korrekt reproduzierten Wegabschnitten während des Visuell und Verbalen Merkfähigkeitstests (VVM) bei Senioren vor (PRE) und nach (POST) sechs Monaten Gleichgewichtstraining (Interventionsgruppe; INT; $n = 18$), respektive ohne Gleichgewichtstraining (Kontrollgruppe; CONT; $n = 15$). Z2 = Abfragezeitpunkt 2, 10 – 15 min nach Einprägephase. Alle Werte sind als Mittelwerte \pm Standardabweichungen angegeben.

Der mixed-design ANOVA zeigte bei der Behaltensleistung Z2 des VVM keinen **main effect of group**: $F(1, 31) = 0.02, p = 0.87, \eta^2 = 0.0004$, keinen **main effect of time**: $F(1, 31) = 2.54, p = 0.12, \eta^2 = 0.031$ und keinen **interaction effect of group x time**: $F(1, 31) = 0.52, p = 0.47, \eta^2 = 0.006$.

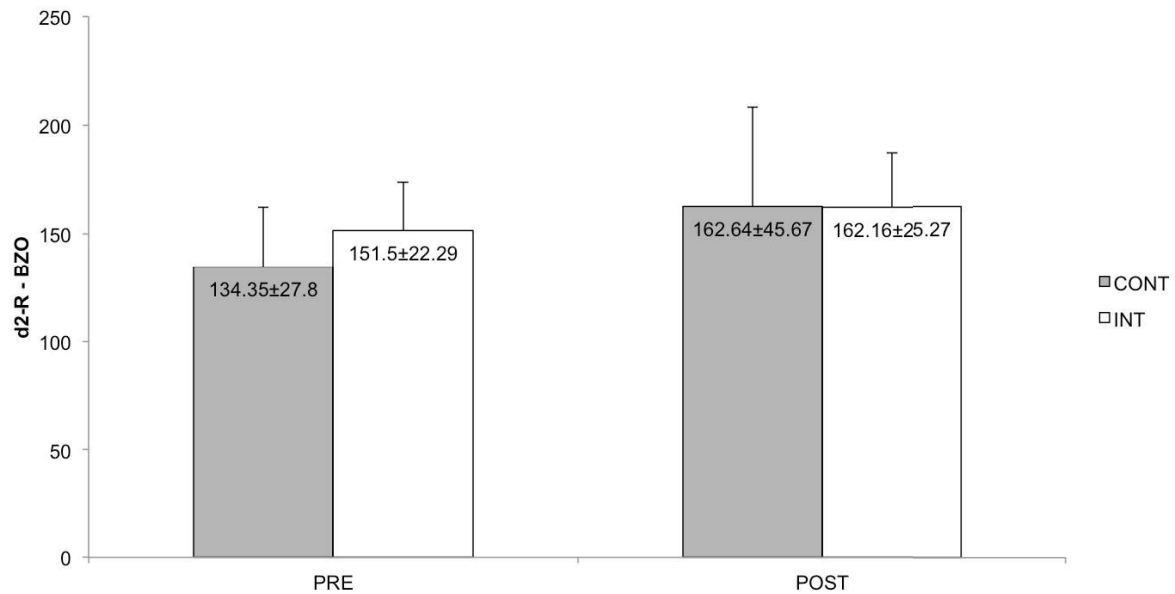


Abbildung 3. Bearbeitungstempo (BZO) während des Konzentrationstests (d2-R) von Senioren vor (PRE) und nach (POST) sechs Monaten Gleichgewichtstraining (Interventionsgruppe; INT; $n = 18$), respektive ohne Gleichgewichtstraining (Kontrollgruppe; CONT; $n = 14$). BZO = Anzahl bearbeiteter Zielobjekte. Alle Werte sind als Mittelwerte \pm Standardabweichungen angegeben.

Der mixed-design ANOVA zeigte beim Bearbeitungstempo des d2-R keinen **main effect of group**: $F(1, 30) = 0.71$, $p = 0.40$, $\eta^2 = 0.01$ und keinen **interaction effect of group x time**: $F(1, 30) = 3.40$, $p = 0.07$, $\eta^2 = 0.02$. Jedoch wurde ein signifikanter **main effect of time**: $F(1, 30) = 16.64$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.09$ festgestellt. Beide Gruppen verbesserten sich nach 6 Monaten (PRE = 144.00 ± 25.90 , POST = 162.37 ± 35.00).

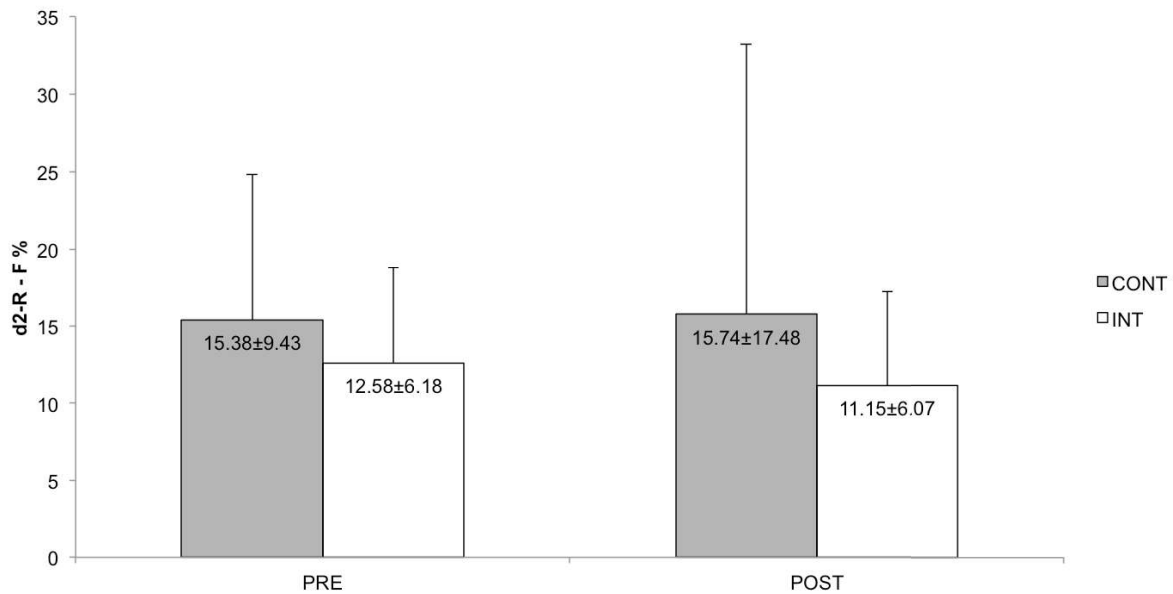


Abbildung 4. Sorgfaltsleistung (F %) während des Konzentrationstests (d2-R) von Senioren vor (PRE) und nach (POST) sechs Monaten Gleichgewichtstraining (Interventionsgruppe; INT; $n = 18$), respektive ohne Gleichgewichtstraining (Kontrollgruppe; CONT; $n = 14$). F % = Fehleranteil bezogen auf den BZO, (Verwechslungsfehler + Auslassungsfehler) / BZO $\times 100$. Alle Werte sind als Mittelwerte \pm Standardabweichungen angegeben.

Der mixed-design ANOVA zeigte bei der Sorgfaltsleistung des d2-R keinen **main effect of group**: $F(1, 30) = 1.33$, $p = 0.25$, $\eta^2 = 0.03$, keinen **main effect of time**: $F(1, 30) = 0.08$, $p = 0.77$, $\eta^2 = 0.0006$ sowie keinen **interaction effect of group x time**: $F(1, 30) = 0.23$, $p = 0.62$, $\eta^2 = 0.001$.

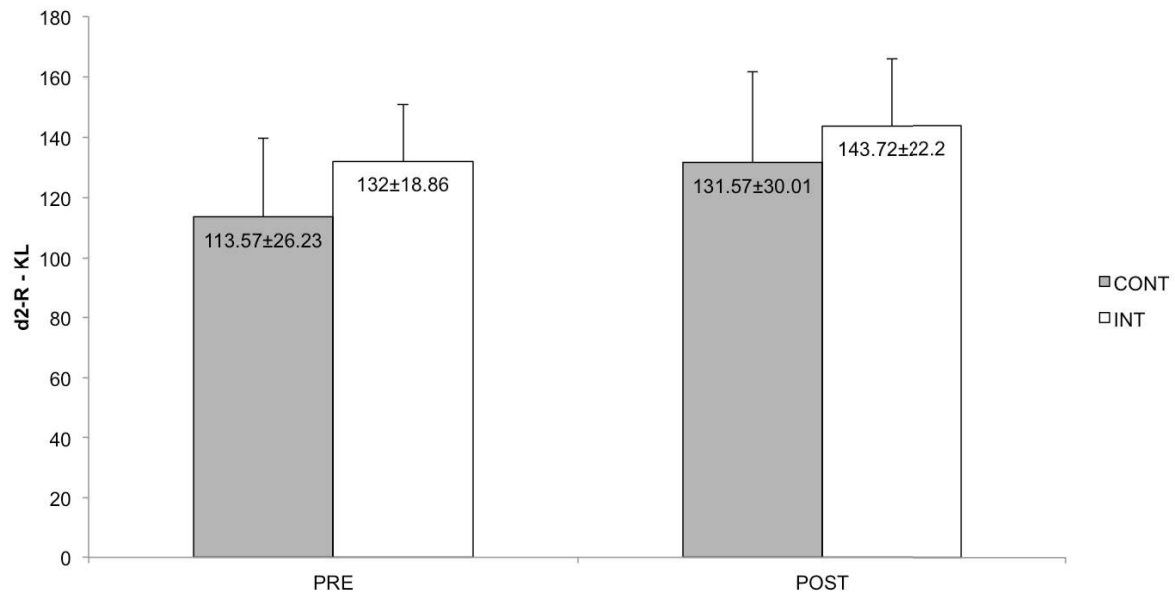


Abbildung 5. Konzentrationsleistung (KL) von Senioren während des Konzentrationstests (d2-R) vor (PRE) und nach (POST) sechs Monaten Gleichgewichtstraining (Interventionsgruppe; INT; $n = 18$), respektive ohne Gleichgewichtstraining (Kontrollgruppe; CONT; $n = 14$). KL = Konzentrationsleistung; entdeckte Zielobjekte – gemachte Fehler. Alle Werte sind als Mittelwerte \pm Standardabweichungen angegeben.

Der mixed-design ANOVA zeigte bei der Konzentrationsleistung des d2-R keinen **main effect of group**: $F(1, 30) = 3.51, p = 0.07, \eta^2 = 0.09$ und keinen **interaction effect of group x time**: $F(1, 30) = 1.27, p = 0.26, \eta^2 = 0.004$. Jedoch wurde ein signifikanter **main effect of time**: $F(1, 30) = 28.48, p < 0.001, \eta^2 = 0.09$ gefunden. Beide Gruppen verbesserten sich nach 6 Monaten (PRE = 123.93 ± 23.87 , POST = 138.40 ± 26.18).

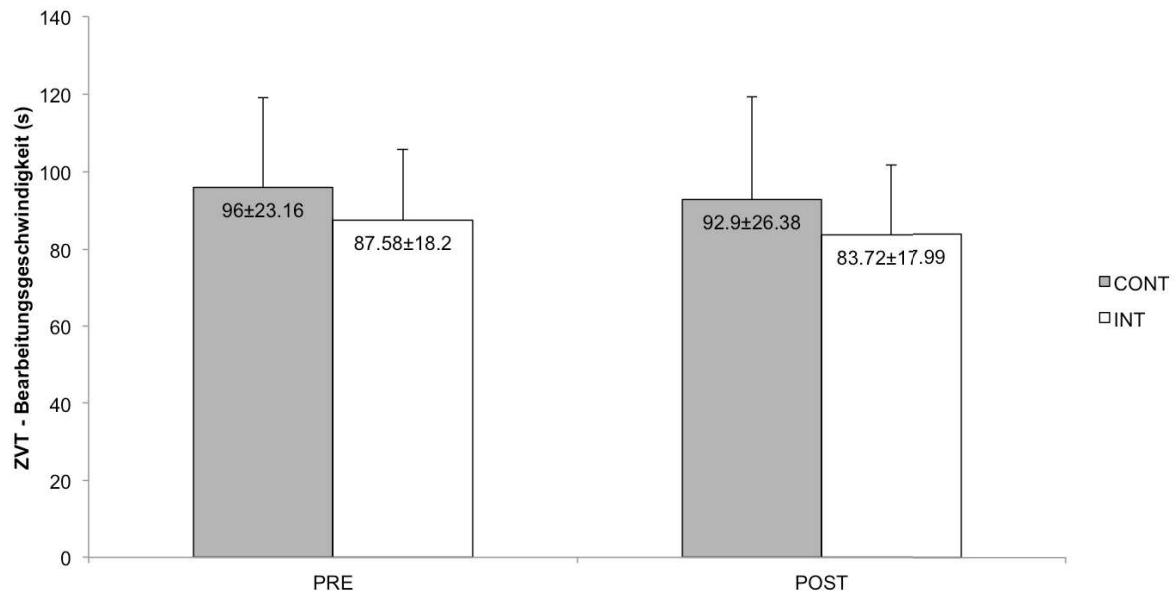


Abbildung 6. Bearbeitungsgeschwindigkeit von Senioren während des Zahlenverbindungstests (ZVT) vor (PRE) und nach (POST) sechs Monaten Gleichgewichtstraining (Interventionsgruppe; INT; $n = 18$), respektive ohne Gleichgewichtstraining (Kontrollgruppe; CONT; $n = 15$). Alle Werte sind als Mittelwerte \pm Standardabweichungen angegeben.

Der mixed-design ANOVA zeigte bei der Bearbeitungsgeschwindigkeit des ZVT keinen **main effect of group**: $F(1, 31) = 1.47, p = 0.23, \eta^2 = 0.04$, keinen **main effect of time**: $F(1, 31) = 3.49, p = 0.07, \eta^2 = 0.006$ und keinen **interaction effect of group x time**: $F(1, 31) = 0.04, p = 0.83, \eta^2 = 0.00008$.

3.2 Einfluss von GGT auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei jungen Erwachsenen

Die Abbildung 7 bis Abbildung 12 zeigen die Mittelwerte \pm Standardabweichungen der einzelnen kognitiven Tests. In jeder Abbildung sind die Werte der Interventions- sowie der Kontrollgruppe zum Messzeitpunkt vor und nach der Intervention enthalten.

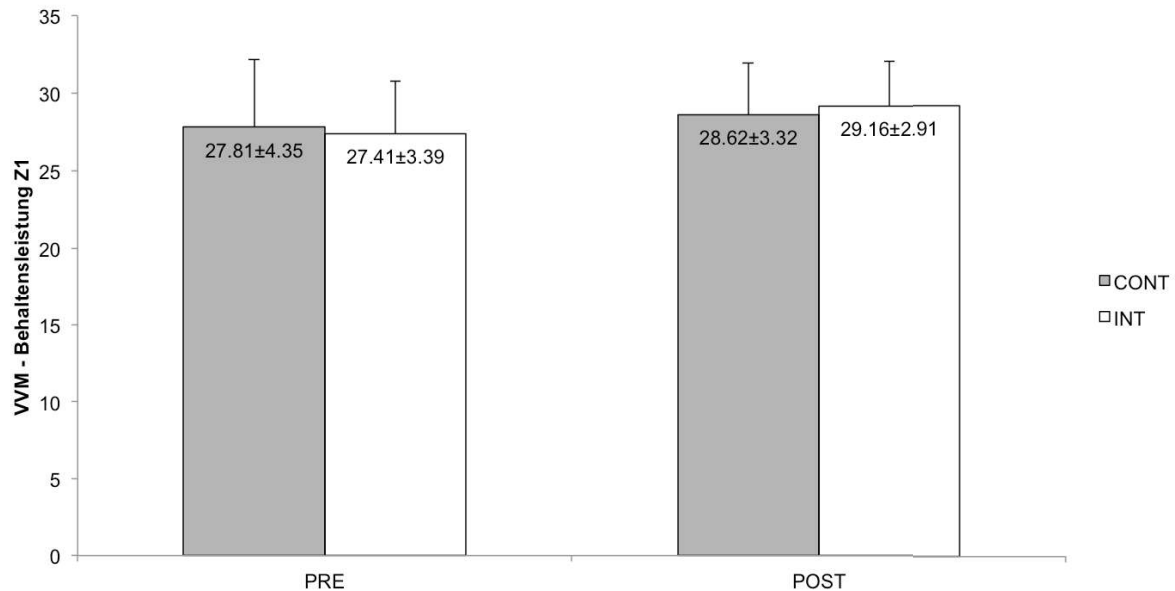


Abbildung 7. Behaltensleistung von korrekt reproduzierten Wegabschnitten während des Visuell und Verbalen Merkfähigkeitstests (VVM) bei jungen Erwachsenen vor (PRE) und nach (POST) sechs Monaten Gleichgewichtstraining (Interventionsgruppe; INT; $n = 12$), respektive ohne Gleichgewichtstraining (Kontrollgruppe; CONT; $n = 16$). Z1 = unmittelbarer Abfragezeitpunkt nach Einprägephase. Alle Werte sind als Mittelwerte \pm Standardabweichungen angegeben.

Der mixed-design ANOVA zeigte bei der Behaltensleistung Z1 des VVM keinen **main effect of group**: $F(1, 26) = 0.003$, $p = 0.95$, $\eta^2 = 0.0001$, keinen **main effect of time**: $F(1, 26) = 3.62$, $p = 0.06$, $\eta^2 = 0.032$ und keinen **interaction effect of group x time**: $F(1, 26) = 0.49$, $p = 0.47$, $\eta^2 = 0.004$.

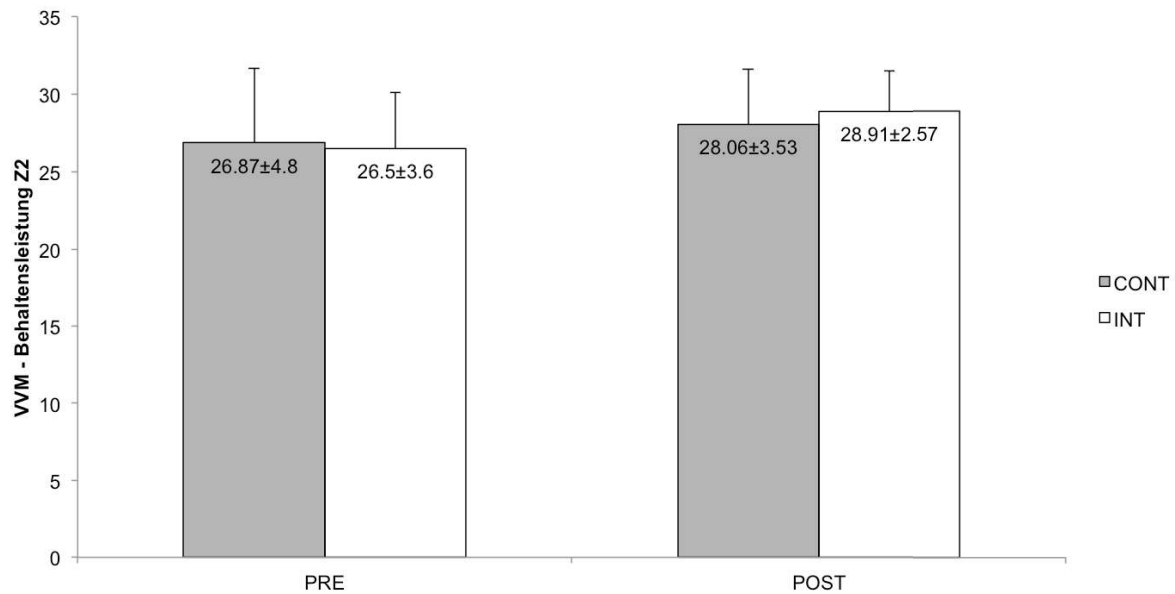


Abbildung 8. Behaltensleistung von korrekt reproduzierten Wegabschnitten während des Visuell und Verbalen Merkfähigkeitstests (VVM) bei jungen Erwachsenen vor (PRE) und nach (POST) sechs Monaten Gleichgewichtstraining (Interventionsgruppe; INT; $n = 12$), respektive ohne Gleichgewichtstraining (Kontrollgruppe; CONT; $n = 16$). Z2 = Abfragezeitpunkt 2, 10 – 15 min nach Einprägephase. Alle Werte sind als Mittelwerte \pm Standardabweichungen angegeben.

Der mixed-design ANOVA zeigte bei der Behaltensleistung Z2 des VVM keinen **main effect of group**: $F(1, 26) = 0.03, p = 0.84, \eta^2 = 0.001$ und keinen **interaction effect of group x time**: $F(1, 26) = 0.68, p = 0.41, \eta^2 = 0.006$. Allerdings wurde ein signifikanter **main effect of time**: $F(1, 26) = 5.85, p = 0.02, \eta^2 = 0.05$ festgestellt. Beide Gruppen wurden nach 6 Monaten besser (PRE = 26.71 ± 4.25 , POST = 28.42 ± 3.13).

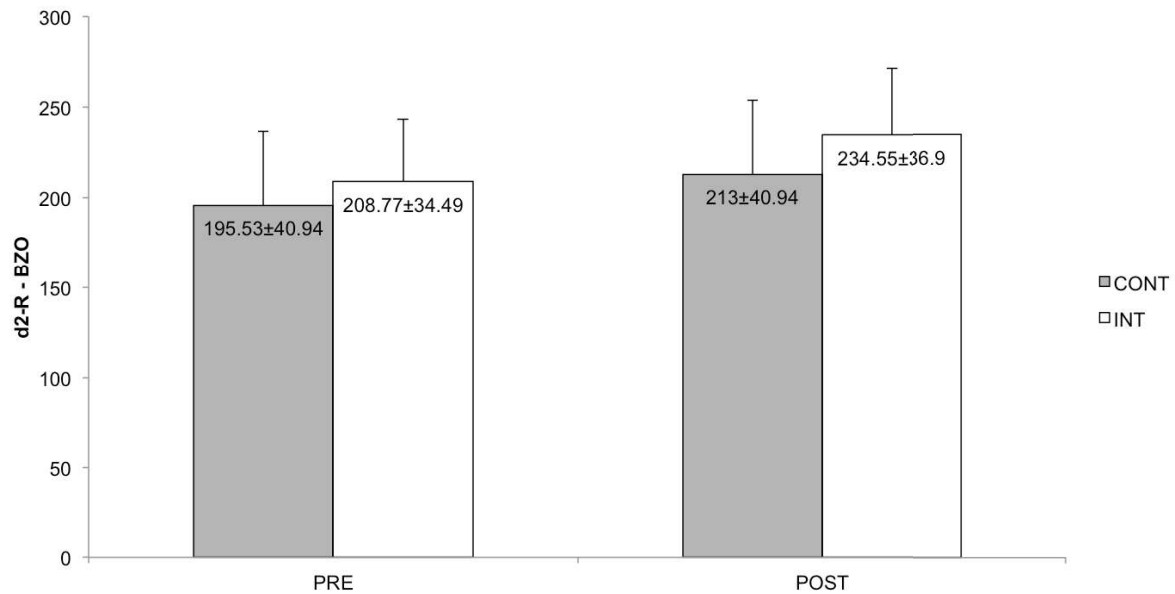


Abbildung 9. Bearbeitungstempo (BZO) während des Konzentrationstests (d2-R) von jungen Erwachsenen vor (PRE) und nach (POST) sechs Monaten Gleichgewichtstraining (Interventionsgruppe; INT; $n = 9$), respektive ohne Gleichgewichtstraining (Kontrollgruppe; CONT; $n = 15$). BZO = Anzahl bearbeiteter Zielobjekte. Alle Werte sind als Mittelwerte \pm Standardabweichungen angegeben.

Der mixed-design ANOVA zeigte beim Bearbeitungstempo des d2-R keinen **main effect of group**: $F(1, 22) = 1.18, p = 0.28, \eta^2 = 0.04$ und keinen **interaction effect of group x time**: $F(1, 22) = 1.01, p = 0.32, \eta^2 = 0.002$. Jedoch wurde ein signifikanter **main effect of time**: $F(1, 22) = 27.55, p < 0.001, \eta^2 = 0.07$ gefunden. Beide Gruppen wurden nach 6 Monaten besser (PRE = 200.50 ± 38.43 , POST = 221.08 ± 40.09).

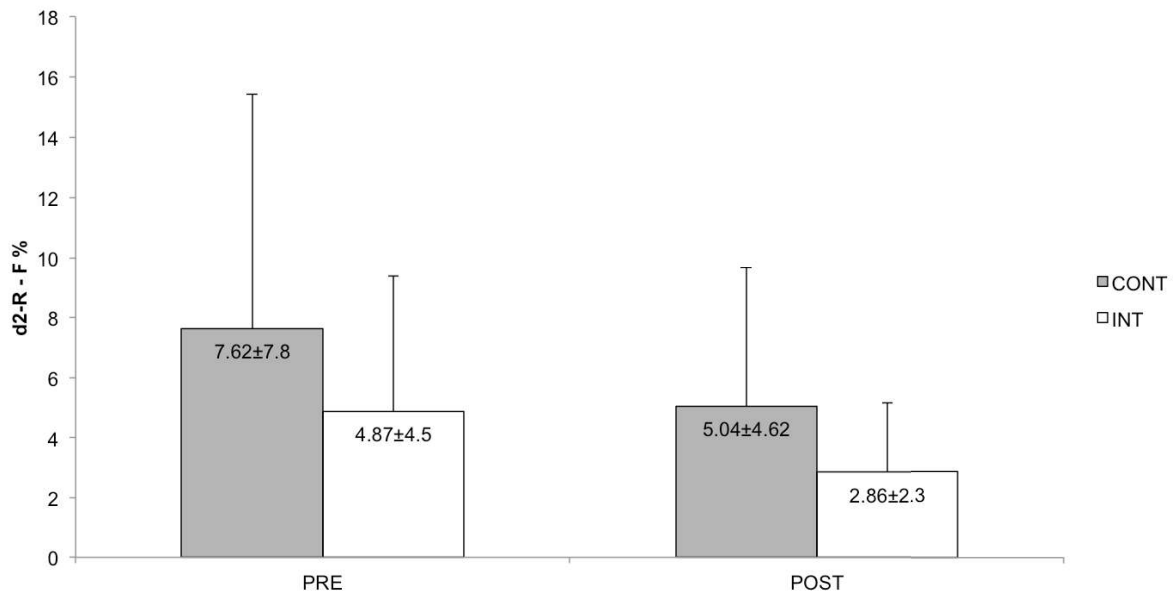


Abbildung 10. Sorgfaltsleistung (F %) während des Konzentrationstests (d2-R) von jungen Erwachsenen vor (PRE) und nach (POST) sechs Monaten Gleichgewichtstraining (Interventionsgruppe; INT; $n = 9$), respektive ohne Gleichgewichtstraining (Kontrollgruppe; CONT; $n = 15$). F % = Fehleranteil bezogen auf den BZO, (Verwechslungsfehler + Auslassungsfehler) / BZO x 100. Alle Werte sind als Mittelwerte \pm Standardabweichungen angegeben.

Der mixed-design ANOVA zeigte bei der Sorgfaltsleistung des d2-R keinen **main effect of group**: $F(1, 22) = 1.70$, $p = 0.20$, $\eta^2 = 0.04$, keinen **main effect of time**: $F(1, 22) = 2.71$, $p = 0.11$, $\eta^2 = 0.04$ und keinen **interaction effect of group x time**: $F(1, 22) = 0.04$, $p = 0.83$, $\eta^2 = 0.0006$.

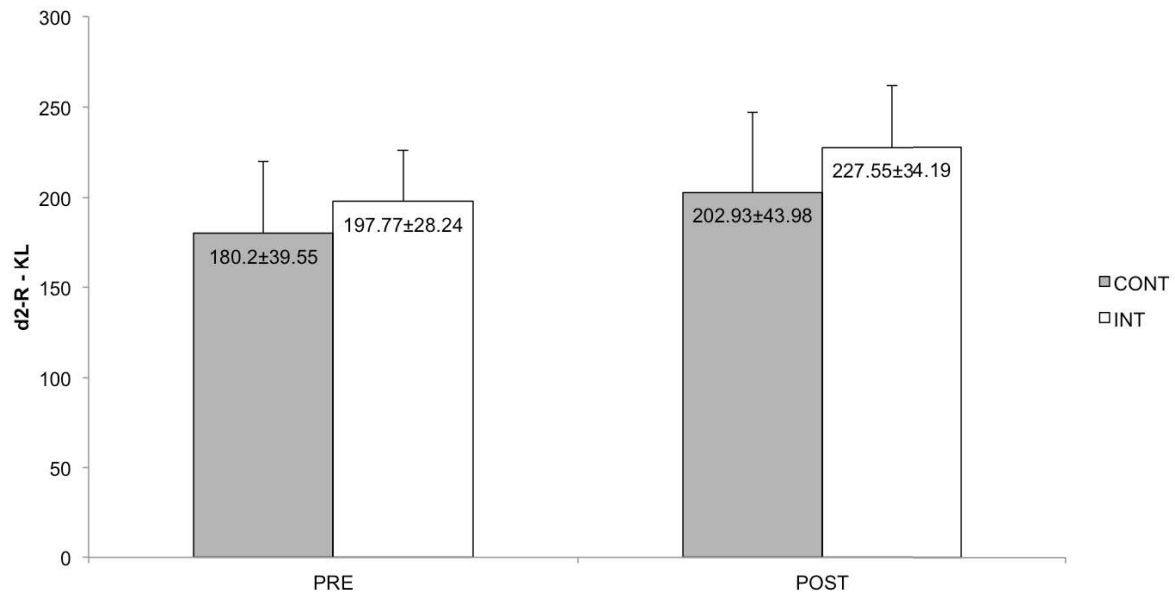


Abbildung 11. Konzentrationsleistung (KL) von jungen Erwachsenen während des Konzentrationstests (d2-R) vor (PRE) und nach (POST) sechs Monaten Gleichgewichtstraining (Interventionsgruppe; INT; $n = 9$), respektive ohne Gleichgewichtstraining (Kontrollgruppe; CONT; $n = 15$). KL = Konzentrationsleistung; entdeckte Zielobjekte – gemachte Fehler. Alle Werte sind als Mittelwerte \pm Standardabweichungen angegeben.

Der mixed-design ANOVA zeigte bei der Konzentrationsleistung des d2-R keinen **main effect of group**: $F(1, 22) = 1.76, p = 0.19, \eta^2 = 0.07$ und keinen **interaction effect of group x time**: $F(1, 22) = 1.30, p = 0.26, \eta^2 = 0.002$. Jedoch wurde ein signifikanter **main effect of time**: $F(1, 22) = 72.25, p < 0.001, \eta^2 = 0.1$ festgestellt. Beide Gruppen verbesserten sich nach 6 Monaten (PRE = 186.79 ± 36.12 , POST = 212.16 ± 41.62).

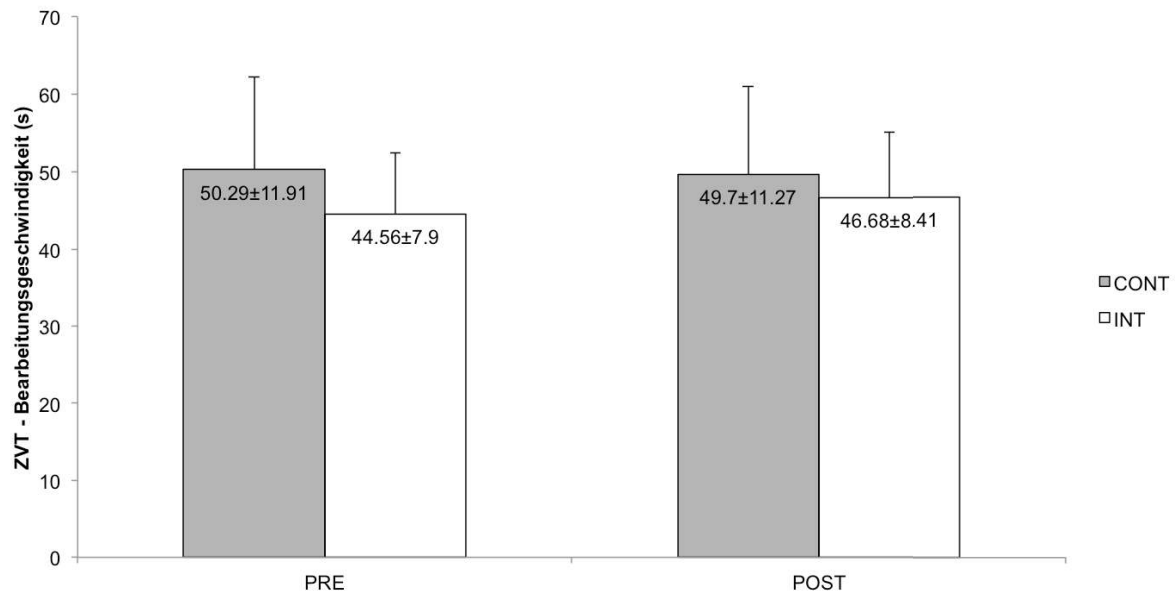


Abbildung 12. Bearbeitungsgeschwindigkeit von jungen Erwachsenen während des Zahlenverbindungstests (ZVT) vor (PRE) und nach (POST) sechs Monaten Gleichgewichtstraining (Interventionsgruppe; INT; $n = 12$), respektive ohne Gleichgewichtstraining (Kontrollgruppe; CONT; $n = 16$). Alle Werte sind als Mittelwerte \pm Standardabweichungen angegeben.

Der mixed-design ANOVA zeigte bei der Bearbeitungsgeschwindigkeit des ZVT keinen **main effect of group**: $F(1, 26) = 1.28, p = 0.26, \eta^2 = 0.04$, keinen **main effect of time**: $F(1, 26) = 1.08, p = 0.30, \eta^2 = 0.001$ und keinen **interaction effect of group x time**: $F(1, 26) = 3.43, p = 0.07, \eta^2 = 0.004$.

3.3 Senioren und junge Erwachsene im Vergleich

Die im Kapitel 3.1 und 3.2 präsentierten statistischen Auswertungen ergaben keine signifikanten Interaktionseffekte. Daher konnte nicht überprüft werden, ob das GGT einen grösseren Effekt bei jungen Erwachsenen als bei Senioren hat. Um aufzuzeigen, ob dennoch ein Unterschied in der kognitiven Leistungsfähigkeit zwischen jungen Erwachsenen und Senioren existiert, wurden die Werte der PRE-Tests zwischen jungen Erwachsenen (Interventions- und Kontrollgruppe) und Senioren (Interventions- und Kontrollgruppe) bei allen kognitiven Tests verglichen. Nachfolgend werden die Mittelwerte \pm Standardabweichungen (Abbildung 13 bis Abbildung 17) sowie die Resultate der t-Tests präsentiert:

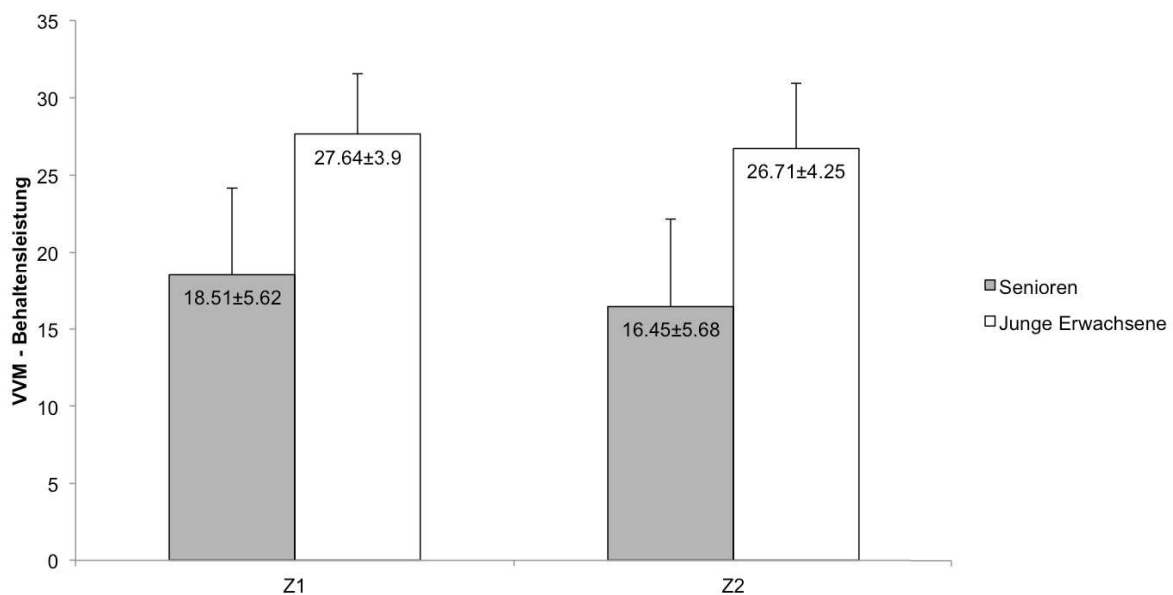


Abbildung 13. Behaltensleistung von korrekt reproduzierten Wegabschnitten während des Visuell und Verbalen Merkfähigkeitstests (VVM) bei Senioren ($n = 33$) und jungen Erwachsenen ($n = 28$). Z1 = unmittelbarer Abfragezeitpunkt nach Einprägephase. Z2 = Abfragezeitpunkt 2, 10 – 15 min nach Einprägephase. Alle Werte sind als Mittelwerte \pm Standardabweichungen angegeben.

Der **Welch Two Sample t-Test** zeigte bei der Behaltensleistung des VVM beim unmittelbaren Abfragezeitpunkt 1 einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen Senioren und jungen Erwachsenen. Junge Erwachsene reproduzierten während des Abfragezeitpunkt 1 durchschnittlich 9.13 mehr Wegabschnitte: (95%-CI[-11.58, -6.67]), $t(56.93) = -7.44$, $p < 0.001$.

Auch beim Abfragezeitpunkt 2 wurde ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen Senioren und jungen Erwachsenen festgestellt. Junge Erwachsene reproduzierten während des

Abfragezeitpunkt 2 durchschnittlich 10.26 mehr Wegabschnitte: (95%-CI[-12.81, -7.7]), $t(58.17) = -8.04, p < 0.001$.

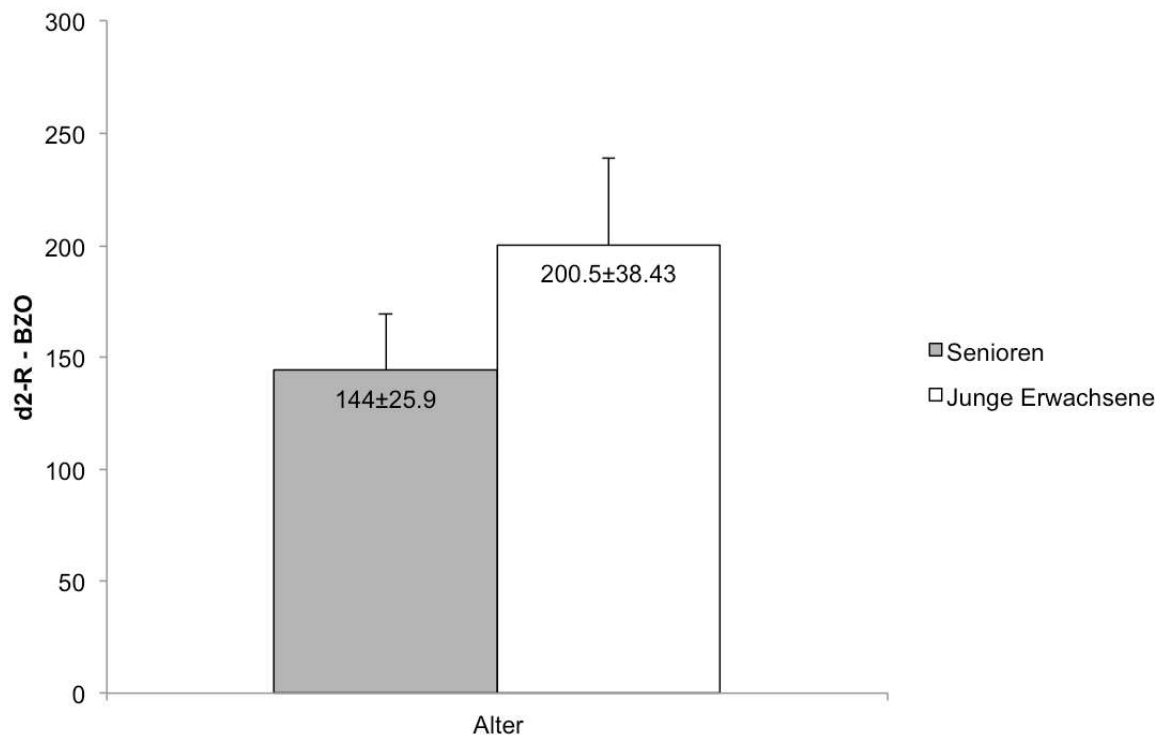


Abbildung 14. Bearbeitungstempo (BZO) während des Konzentrationstests (d2-R) von Senioren ($n = 32$) und jungen Erwachsenen ($n = 24$). BZO = Anzahl bearbeiteter Zielobjekte. Alle Werte sind als Mittelwerte \pm Standardabweichungen angegeben.

Der **Two Sample t-Test** zeigte beim BZO des d2-R einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen Senioren und jungen Erwachsenen. Junge Erwachsene bearbeiteten durchschnittlich 56.5 mehr Zielobjekte: (95%-CI[-73.74, -39.25]), $t(54) = -6.56, p < 0.001$

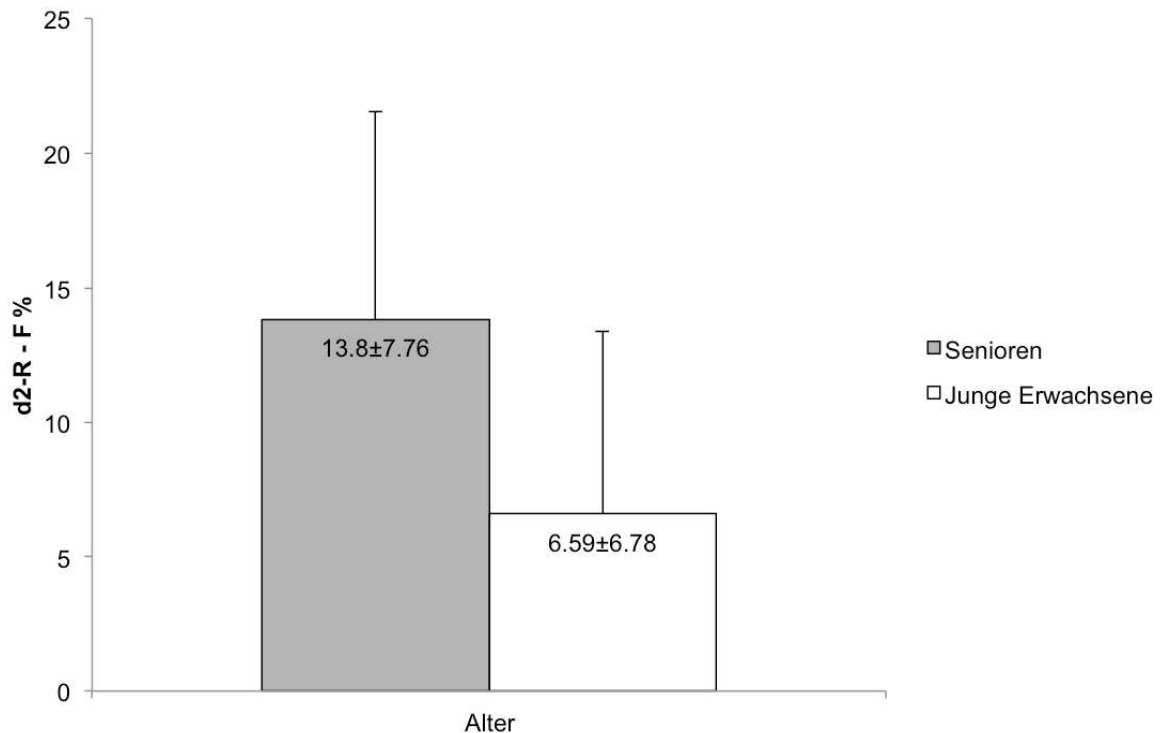


Abbildung 15. Sorgfaltsleistung (F %) während des Konzentrationstests (d2-R) von Senioren ($n = 32$) und jungen Erwachsenen ($n = 24$). F % = Fehleranteil bezogen auf den BZO, (Verwechslungsfehler + Auslassungsfehler) / BZO x 100. Alle Werte sind als Mittelwerte \pm Standardabweichungen angegeben.

Der **Two Sample t-Test** zeigte bei der Sorgfaltsleistung des d2-R einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Senioren und den jungen Erwachsenen. Junge Erwachsene begingen durchschnittlich 7.21 weniger Fehler %: (95%-CI[3.22, 11.19]), $t(54) = 3.62$, $p < 0.001$.

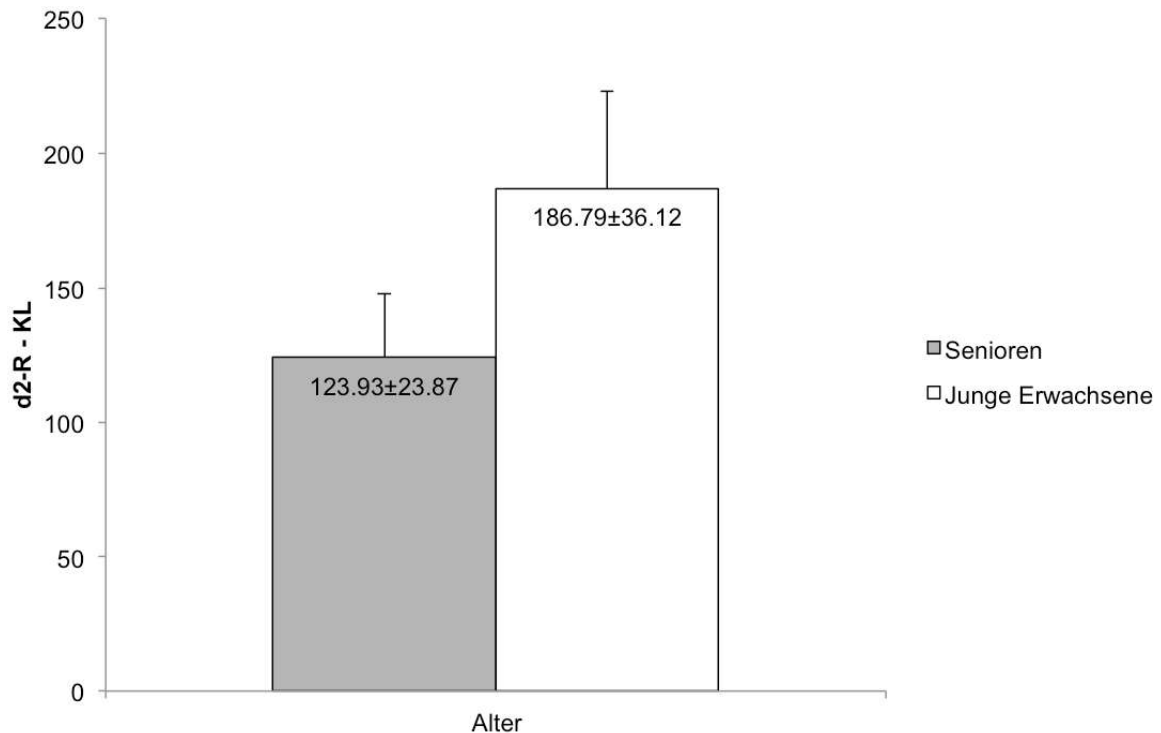


Abbildung 16. Konzentrationsleistung (KL) von Senioren ($n = 32$) und jungen Erwachsenen ($n = 24$) während des Konzentrationstests (d2-R). KL = Konzentrationsleistung; entdeckte Zielobjekte – gemachte Fehler. Alle Werte sind als Mittelwerte \pm Standardabweichungen angegeben.

Der **Two Sample t-Test** ergab bei der Konzentrationsleistung während des d2-R einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Senioren und den jungen Erwachsenen. Die Konzentrationsleistung von jungen Erwachsenen war durchschnittlich 62.86 Punkte höher: (95%-CI[-78.94, -46.76]), $t(54) = -7.83$, $p < 0.001$.

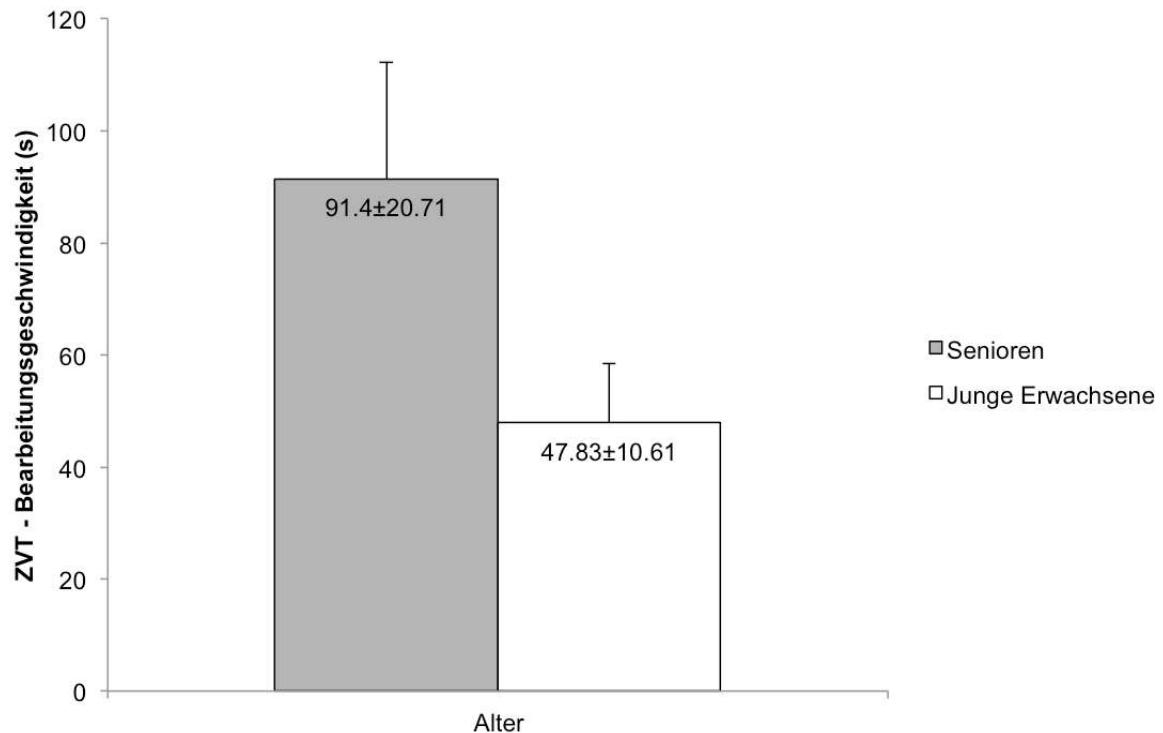


Abbildung 17. Bearbeitungsgeschwindigkeit von Senioren ($n = 33$) und jungen Erwachsenen ($n = 28$) während des Zahlenverbindungstests (ZVT). Alle Werte sind als Mittelwerte \pm Standardabweichungen angegeben.

Der **Two Sample t-Test** ergab bei der Bearbeitungsgeschwindigkeit während des ZVT einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Senioren und den jungen Erwachsenen. Die Bearbeitungsgeschwindigkeit von jungen Erwachsenen war durchschnittlich 43.57 Sekunden schneller: (95%-CI[34.9, 52.23]), $t(59) = 10.05$, $p < 0.001$.

4 Diskussion

Diverse Studien haben die Bedeutsamkeit und zahlreichen Effekte von GGT aufgezeigt. Die vorliegende Arbeit ist die erste Untersuchung überhaupt, welche das Ziel verfolgt hat, die Wirkung eines evidenz-basierten GGTs über sechs Monate auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei gesunden Senioren und gesunden jungen Erwachsenen zu überprüfen. In den nachfolgenden Abschnitten werden die Resultate näher betrachtet und diskutiert.

4.1 Interpretation der Resultate

4.1.1 Einfluss von GGT auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei Senioren. Die Forschungsfrage 1 ist davon ausgegangen, dass ein GGT über sechs Monate die kognitiven Funktionen visuelle Merkfähigkeit, VG sowie Konzentrationsfähigkeit bei gesunden Senioren verbessert. Die entstandenen Resultate zeigen jedoch bei allen kognitiven Tests keinerlei signifikante Interaktionseffekte zwischen Interventions- und Kontrollgruppe respektive zwischen Pre- und Post-Test. Es ist lediglich ein signifikanter Effekt über die Zeit beim d2-R hinsichtlich des Bearbeitungstempos ($p < 0.001$) sowie der Konzentrationsleistung ($p < 0.001$) gefunden worden. Dies deutet jedoch vielmehr auf einen Lerneffekt über die Zeit hin, da sich sowohl die Interventions- wie auch die Kontrollgruppe in diesen Tests über die Zeit verbessert haben. Aufgrund der erhaltenen Resultate muss somit H1 der Forschungsfrage 1 klar abgelehnt werden. Es stellt sich nun die Frage, weshalb in der vorliegenden Untersuchung das GGT keine Verbesserung in der kognitiven Leistungsfähigkeit bei gesunden Senioren erbracht hat. Dorner et al. (2007) haben in ihrer Studie positive Effekte auf die kognitive Leistungsfähigkeit festgestellt. Im Unterschied zur vorliegenden Studie beinhaltet die Intervention von Dorner et al. (2007) jedoch nebst einem GGT auch ein Krafttraining und ist mit kognitiv beeinträchtigten Senioren durchgeführt worden. Möglicherweise ist eine Kombination von Krafttraining und GGT von grösserem Nutzen als ein eigenständiges GGT. Die Studie von Ries et al. (2015) hat jedoch wie die vorliegende Untersuchung darauf abgezielt, den Effekt eines blossen GGTs zu untersuchen. Bei den darin untersuchten Alzheimer Patienten ist die kognitive Leistung nach der Intervention unverändert geblieben und lässt die Autoren vermuten, dass das GGT den kognitiven Rückgang hinauszögern kann. Da jedoch in der vorliegenden Studie gesunde Senioren untersucht worden sind, ist die Untersuchungsgruppe nicht vergleichbar. Dies zeigt möglicherweise auf, dass sich ein GGT bei gesunden Senioren langsamer positiv im Bereich der kognitiven Leistungsfähigkeit entfaltet als bei Alzheimer Patienten.

ten. Die Resultate der Studie von Dorner et al. (2007) unterstützt diese Annahme ebenfalls, da in jener Intervention ebenfalls kognitiv beeinträchtigte Senioren untersucht worden sind. Hinzu kommt, dass bereits Taube (2017) darauf hingedeutet hat, dass Transfereffekte bei älteren Personen relativ langsam vonstatten gehen. Interessanterweise haben jedoch zahlreiche Interventionen mit anderen physischen Aktivitäten einen positiven Effekt auf kognitive Funktionen aufgezeigt. So hat beispielsweise laut der Meta-Analyse von Colcombe und Kramer (2003) aerobes Fitnesstraining kognitive Prozesse bei älteren Personen klar verbessert. Dies zeigt eventuell auf, dass sich die Art der physischen Aktivität unterschiedlich auf die kognitiven Funktionen auswirken kann. Ein weiterer Aspekt, weshalb keine signifikanten Resultate festgestellt worden sind, könnte sich auf die Dauer der Trainingseinheiten beziehen. Mit einem Hauptteil von lediglich 20 – 30 Minuten sind die einzelnen Trainingseinheiten eventuell zu kurz gewesen. Auch die Meta-Analyse von Colcombe und Kramer (2003) hat bei Studien mit zu kurzen Trainingseinheiten keine signifikanten Effekte festgestellt. Dies könnte darauf hindeuten, dass der Hauptteil der Trainingseinheiten hätte länger gestaltet werden sollen. Doch wie die Studie von Ritter (2014) gezeigt hat, bringen auch Trainingseinheiten von lediglich 10 Minuten positive Effekte hervor. Anzumerken hierbei ist jedoch, dass die Untersuchung einerseits mit Primarschulkindern durchgeführt worden ist und andererseits die Trainingseinheiten über 7 Wochen jeden Tag stattgefunden haben. Somit könnte auch das Alter der Trainierenden wie auch die Dichte der Trainingseinheiten eine massgebende Rolle im Transfereffekt auf die kognitive Leistungsfähigkeit spielen.

4.1.2 Einfluss von GGT auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei jungen Erwachsenen.

Die Forschungsfrage 2 ist davon ausgegangen, dass ein GGT über sechs Monate die kognitiven Funktionen visuelle Merkfähigkeit, VG sowie Konzentrationsfähigkeit bei gesunden jungen Erwachsenen verbessert. Wie bei den Senioren weisen die erhaltenen Resultate auch bei den gesunden, jungen Erwachsenen keine signifikanten Interaktionseffekte zwischen Interventions- und Kontrollgruppe respektive Pre- und Post-Test auf. Die gefundenen, statistisch signifikanten Effekte über die Zeit, welche beim Abfragezeitpunkt 2 des VVM ($p = 0.02$), beim Bearbeitungstempo des d2-R ($p < 0.001$) sowie bei der Konzentrationsleistung des d2-R ($p < 0.001$) festgestellt worden sind, zeigen lediglich eine Verbesserung beider Gruppen im Pre-/Post-Test-Vergleich auf. Somit ist auch bei den jungen Erwachsenen davon auszugehen, dass sie lediglich aufgrund der Testwiederholung beim Post-Test Fortschritte in der kognitiven Leistungsfähigkeit erzielt haben. Diese Fortschritte können somit nicht auf das GGT zurückgeführt werden, da auch Versuchspersonen der Kontrollgruppe im Post-Test signifikant

besser gewesen sind als im Pre-Test. Da jedoch die Interaktionseffekte bei allen kognitiven Tests keine Signifikanz aufweisen, muss auch H1 der Forschungsfrage 2 klar abgelehnt werden. Diese Resultate erstaunen allerdings aus verschiedenen Gründen. Erstens ist auch bei jungen Erwachsenen herausgefunden worden, dass physische Aktivität positive Auswirkungen auf die kognitive Leistungsfähigkeit hat (Cox et al., 2016). Daher wäre zu erwarten, dass auch ein GGT als Komponente der physischen Aktivität die kognitive Leistungsfähigkeit verbessert. Zweitens haben junge Erwachsene nach einem GGT bereits nach sechs Wochen Training starke kortikale Anpassungen gezeigt (Taubert et al., 2010). Das Volumen der Grauen Substanz im dorsolateralen präfrontalen Kortex hat sich dabei bereits nach zwei Wochen GGT verändert und vergrößert (Taubert et al., 2010). Dies würde grundsätzlich vermuten lassen, dass auch die kognitive Leistungsfähigkeit gesteigert werden könnte, zumal der präfrontale Kortex in zahlreichen kognitiven Prozessen eine massgebende Rolle einnimmt (Siddiqui et al., 2008). Drittens spielt das Gleichgewicht als koordinative Fähigkeit (Hegner, 2012) auch in vielen Sportarten eine wichtige Rolle. Daher erstaunt es auch aus diesem Aspekt, da gemäss Spirduso und Clifford (1978) physisch aktive, junge Erwachsene bessere kognitive Leistungen erbringen als unsportliche, junge Erwachsene.

Der Blick auf die Entwicklung kognitiver Leistungsfähigkeit über die Lebensspanne zeigt möglicherweise dennoch auf, weshalb die kognitive Leistungsfähigkeit junger Erwachsener nach dem GGT unverändert geblieben ist. Salthouse und Davis (2006) haben nämlich gezeigt, dass die kognitive Leistungsfähigkeit im jungen Erwachsenenalter am höchsten ist. Auch Park et al. (2002) haben bei 20-Jährigen die schnellste VG, höchste Arbeitsgedächtnis sowie Langzeitgedächtnisleistung bemerkt. Diese Befunde könnten darauf hindeuten, dass es in dieser Alterspanne schwierig ist, mittels GGT die kognitive Leistungsfähigkeit zu verbessern.

4.1.3 Senioren und junge Erwachsene im Vergleich. Die Fragestellung 3 ist davon ausgegangen, dass gesunde, junge Erwachsene von einem GGT über sechs Monate mehr in der kognitiven Leistungsfähigkeit profitieren als gesunde Senioren. Aufgrund der Tatsache, dass weder gesunde Senioren noch gesunde, junge Erwachsene ihre kognitive Leistungsfähigkeit nach einem GGT über sechs Monate gesteigert haben, muss auch die H1 der Fragestellung 3 klar abgelehnt werden. Um dennoch eine Aussage über den Vergleich zwischen gesunden Senioren und gesunden, jungen Erwachsenen machen zu können, ist unabhängig von der Interventions- und Kontrollgruppe die kognitive Leistungsfähigkeit während des Pre-Tests zwischen Senioren und jungen Erwachsenen verglichen worden. Die Resultate zeigen in allen kognitiven Tests hoch signifikante Unterschiede ($p < 0.001$) zwischen gesunden Senioren und

gesunden, jungen Erwachsenen. Dabei sind die jungen Erwachsenen in allen kognitiven Tests hochsignifikant besser gewesen als die Senioren. Gemäss Murman (2015) nehmen kognitive Leistungen beim normalen Alterungsprozess fortschreitend ab. Diese Leistungen beinhalten vorwiegend Aufgaben, bei denen Informationen schnell verarbeitet und transformiert werden müssen, um Entscheidungen zu treffen. Dies ist beispielsweise bei der VG, Arbeitsgedächtnis und den exekutiven Funktionen der Fall (Murman, 2015). Auch Park et al. (2002) haben beispielsweise aufgezeigt, dass ab 20 Jahren VG, Arbeitsgedächtnis sowie Langzeitgedächtnis kontinuierlich abnehmen. De Ribaupierre (2001) kommt ebenfalls zum Schluss, dass im jungen Erwachsenenalter die VG ihren Höhepunkt erreicht, um im fortschreitenden Alter wieder abzunehmen. Die Daueraufmerksamkeit nimmt ebenfalls ab dem 43. Altersjahr kontinuierlich ab (Fortenbaugh et al., 2015). Die Feststellungen der vorliegenden Arbeit gehen somit mit den bereits gemachten Erkenntnissen der vorhandenen Literatur einher und unterstreichen den Rückgang kognitiver Leistungsfähigkeit im Alter erneut. Anhand dieser Studie kann somit gezeigt werden, dass die visuelle Merkfähigkeit, VG sowie Konzentrationsfähigkeit im Seniorenalter verglichen zum jungen Erwachsenenalter hochsignifikant reduziert ist.

4.2 Kritische Betrachtung der Studie

Die Trainingsintervention der vorliegenden Arbeit basiert auf einem von Ammann (2018) zusammengestellten GGT. Anhand wissenschaftlicher Reviews hat er den Übungskatalog für das GGT kreiert. Dies kann durchaus als Stärke der vorliegenden Studie betrachtet werden, da für den Aufbau und Inhalt des GGTs systematisch vorgegangen worden ist. Dennoch gibt es hierbei einen negativen Aspekt anzumerken. Trotz seiner Erkenntnis, dass Gleichgewicht kontinuierlich und regelmässig jeweils 120 min pro Woche trainiert werden soll, haben die Versuchspersonen in der Intervention lediglich zwei Trainingseinheiten pro Woche absolviert. Dies ist vermutlich auch auf den verfügbaren Zeitaspekt der Studienteilnehmenden zurückzuführen. Mit mehr zu verpflichtenden Trainingseinheiten pro Woche wäre es vermutlich schwieriger gewesen, genügend Probandinnen und Probanden zu finden. Dennoch hätte möglicherweise mit mehr Trainingseinheiten pro Woche ein Transfereffekt auf die kognitive Leistungsfähigkeit erzielt werden können. Denn Ritter (2014) hat ihre Versuchspersonen täglich während sieben Wochen das Gleichgewicht trainieren lassen und hat schliesslich deutliche Fortschritte in der Konzentrationsfähigkeit festgestellt. Ein weiterer Aspekt bezieht sich auf die Schwierigkeit der Gleichgewichtsaufgaben des GGTs. Auch wenn die GGTs progressiv, mit zunehmend schwierigeren Aufgaben, aufgebaut worden sind (Ammann, 2018), sind die Versuchspersonen möglicherweise zu wenig stark herausgefordert worden. Dies wiederum

könnte einen Fortschritt gehemmt und folglich einen möglichen Effekt in der kognitiven Leistungsfähigkeit verhindert haben (Stroth et al., 2009). In Bezug auf das Testdesign der Pre- und Post-Tests kann Folgendes festgehalten werden: Die Testbatterie hat nebst den kognitiven Tests, welche im Rahmen dieser Arbeit ausgewertet worden sind, auch zahlreiche weitere Tests beinhaltet, welche nicht für die vorliegende Studie benutzt worden sind. Insgesamt hat die Testbatterie pro Versuchsperson jeweils zwischen 80 und 120 min gedauert. Ein solches Testverfahren ist von relativ langer Dauer, was sich durchaus negativ auf die Motivation der Testpersonen auswirken kann. Die kognitive Leistung wird nämlich von Faktoren wie der Motivation massgebend beeinflusst (Westhoff & Hagemeister, 2005). Zudem ist bei der Terminvereinbarung für den Post-Test die Tageszeit des Pre-Tests nicht berücksichtigt worden. So hat beispielsweise eine Versuchsperson beim Pre-Test die Testbatterie am Morgen absolvieren können und beim Post-Test am Abend. Wie eine Studie kürzlich gezeigt hat, ist die individuell höchste, kognitive Leistung auch von der Tageszeit abhängig. „Nachteulen“ erbringen morgens beispielsweise eine schlechtere Leistungsfähigkeit als „Frühaufsteher“ (Facer-Childs, Boiling & Balanos, 2018). Möglicherweise hat also auch die Tageszeit des Messzeitpunkts die kognitive Leistungsfähigkeit einzelner Probanden negativ beeinflusst und somit den tatsächlichen Leistungsfortschritt verfälscht.

4.3 Ausblick

Die vorliegende Arbeit ist Teil eines grösseren Projekts der Universität Fribourg. Nebst der kognitiven Leistungsfähigkeit ist unter anderem auch die Gleichgewichtsleistung überprüft worden. Korrelationsanalysen zwischen Gleichgewicht und kognitiver Leistungsfähigkeit werden mit Sicherheit noch folgen. Somit können die Resultate der Gesamtstudie mit Spannung erwartet werden. Auch wenn in dieser Untersuchung keine signifikanten Resultate festgestellt worden sind, soll diese Thematik in Zukunft nicht vernachlässigt und zwingend weiter geforscht werden. Dadurch können möglicherweise neue, essenzielle Erkenntnisse gewonnen werden, um längerfristig den Rückgang kognitiver Leistungsfähigkeit im Alter zu vermindern (Murman, 2015), oft vorkommende altersbedingte Krankheiten wie Demenz (Bherer, 2015) vorzubeugen oder auch Stürze im Alter zu verhindern (Chen et al., 2012). Es wäre vorstellbar, dieselbe Studie mit einer grösseren Dichte der Trainingseinheiten durchzuführen, um in derselben Zeit mehr Reize zu setzen. Ammann (2018) hat nämlich erwähnt, dass idealerweise 120 min pro Woche trainiert werden soll. Weiter könnten andere Zielgruppen in neuen Studien untersucht werden. Bisher sind hauptsächlich ältere Personen und unter anderem auch Personen mit kognitiver Einschränkung im Fokus gewesen (Hillman et al., 2008). Es fehlen

beispielsweise Langzeitstudien mit Kindern oder Jugendlichen. Weiter wären auch Interventionen mit anderen koordinativen Fähigkeiten wie Rhythmisierung, Orientierung, Differenzierung oder Reaktion (Hegner, 2012) denkbar. Überdies wäre es auch spannend zu erfahren, wie sich ein GGT auf andere kognitive Fähigkeiten auswirkt. In dieser Studie wurde lediglich der Effekt eines GGTs auf die visuelle Merkfähigkeit, VG und Konzentrationsfähigkeit eruiert, doch es gäbe auch zahlreiche weitere, spannende Fragestellungen. Im Bezug auf das Gedächtnis könnte zum Beispiel der Effekt auf die verbale Merkfähigkeit untersucht werden. Die phonologische Schleife ist bekanntlich nebst dem visuell-räumlichen Notizenblock ein zentrales Speichersystem des Arbeitsgedächtnisses (Baddeley, 1998). Weiter wäre auch der Einfluss eines GGT auf andere Formen der Aufmerksamkeit (Brickenkamp & Karl, 1986) interessant. Gemäss Carroll (1993) existieren über 69 spezifische kognitive Fähigkeiten. Somit könnte auch die fluide Intelligenz, kristalline Intelligenz, Lesen und Schreiben oder die auditive Verarbeitung in den Fokus neuer Untersuchungen gelangen, um nur einige Domänen zu nennen.

5 Schlussfolgerung

Die vorliegende Arbeit zeigt auf, dass die visuelle Merkfähigkeit, VG sowie Konzentrationsfähigkeit nach einem evidenz-basierten GGT über sechs Monate weder bei gesunden Senioren noch bei gesunden, jungen Erwachsenen gesteigert werden konnte. Diejenigen signifikanten kognitiven Leistungsverbesserungen, welche im Post-Test festgestellt wurden, können nicht auf das GGT zurückgeführt werden sondern deuten vielmehr auf einen Lerneffekt hinsichtlich der Testwiederholung hin, da auch die Versuchspersonen der Kontrollgruppe eine Leistungssteigerung erzielten. Eine zu geringe Trainingsdichte, zu wenig starke Herausforderung sowie eine zu kurze Interventionsphase könnten mögliche Gründe für die nicht signifikanten Ergebnisse sein. Zudem könnten motivationale Ursachen aufgrund der langen Testdauer sowie das Vernachlässigen der identischen Tageszeit bei der Durchführung des Post-Tests die tatsächlichen Effekte verfälscht haben. Das Erhalten der kognitiven Leistungsfähigkeit ist im Hinblick aufs erhöhte Alter von essenzieller Bedeutung. Daher werden auch zukünftig Studien benötigt, die in diesem Forschungsfeld neue Erkenntnisse versuchen zu gewinnen. Die Teilnahme neuer Zielgruppen, die Überprüfung anderer kognitiver Funktionen sowie eine Anpassung von Interventionsprogrammen könnten neue Aufschlüsse bringen, ob GGT eine positive Auswirkung auf die kognitive Leistungsfähigkeit hat.

Literaturverzeichnis

- Ambrose, A. F., Paul, G. & Hausdorff, J. M. (2013). Risk factors for falls among older adults: a review of the literature. *Maturitas*, 75(1), 51-61. doi:10.1016/j.maturitas.2013.02.009
- Ammann, D. (2018). *Entwicklung eines evidenz-basierten Gleichgewichtstrainings auf Basis von systematischen Reviews*. (Masterarbeit, Universität Freiburg, Schweiz). Zugriff unter <http://doc.rero.ch/record/324488>
- Anderson, J. R. (2013). *Kognitive Psychologie* (7. überarbeitete Aufl.). Berlin: Springer VS.
- Atkinson, R. C. & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In K. W. Spence & J. T. Spence (Hrsg.), *The psychology of learning and motivation* (S. 89-195). New York: Academic Press.
- Baddeley, A. (1996). Exploring the central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology Section a-Human Experimental Psychology*, 49(1), 5-28.
- Baddeley, A. (1998). Working memory. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series III - Sciences de la Vie*, 321(2), 167-173. doi:10.1016/S0764-4469(97)89817-4
- Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(10), 829-839. doi:10.1038/nrn1201
- Barenberg, J., Berse, T. & Dutke, S. (2011). Executive functions in learning processes: Do they benefit from physical activity? *Educational Research Review*, 6(3), 208-222. doi:10.1016/j.edurev.2011.04.002
- Baum, E. E., Jarjoura, D., Polen, A. E., Faur, D. & Rutecki, G. (2003). Effectiveness of a group exercise program in a long-term care facility: a randomized pilot trial. *Journal of the American Medical Directors Association*, 4(2), 74-80. doi:10.1097/01.JAM.0000053513.24044.6C
- Bell, F. (1998). *Principles of mechanics and biomechanics*. Cheltenham: Stanley Thornes.
- Bherer, L. (2015). Cognitive plasticity in older adults: Effects of cognitive training and physical exercise. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1337(1), 1-6. doi:10.1111/nyas.12682
- Birbaumer, N. & Schmidt, R. F. (2011). Kognitive Funktionen und Denken. In R. F. Schmidt, F. Lang & M. Heckmann (Hrsg.), *Physiologie des Menschen: mit Pathophysiologie* (S. 237-247). Heidelberg: Springer.

- Blake, A. J., Morgan, K., Bendall, M. J., Dallosso, H., Ebrahim, S. B., Arie, T. H.,...Bassey, E. J. (1988). Falls by elderly people at home: prevalence and associated factors. *Age Ageing*, 17(6), 365-372.
- Brickenkamp, R. & Karl, G. (1986). Geräte zur Messung von Aufmerksamkeit, Konzentration und Vigilanz. In R. Brickenkamp (Hrsg.), *Handbuch apparativer Verfahren in der Psychologie* (S. 195-211). Göttingen: Hogrefe.
- Brickenkamp, R., Schmidt-Atzert, L. & Liepmann, D. (2010). *d2-R Test d2 - Revision Aufmerksamkeits- und Konzentrationstest*. Göttingen: Hogrefe.
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities a survey of factor-analytic studies*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cattell, R. B. (1987). *Intelligence: its structure, growth, and action*. New York: Elsevier.
- Cerella, J. & Hale, S. (1994). The rise and fall in information-processing rates over the life span. *Acta Psychologica*, 86(2-3), 109-197.
- Chen, T. Y., Peronto, C. L. & Edwards, J. D. (2012). Cognitive function as a prospective predictor of falls. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, 67(6), 720-728. doi:10.1093/geronb/gbs052
- Colcombe, S. & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychological Science*, 14(2), 125-130. doi:10.1111/1467-9280.t01-1-01430
- Cox, E. P., O'Dwyer, N., Cook, R., Vetter, M., Cheng, H. L., Rooney, K. & O'Connor, H. (2016). Relationship between physical activity and cognitive function in apparently healthy young to middle-aged adults: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(8), 616-628. doi:10.1016/j.jsams.2015.09.003
- De Ribaupierre, A. (2001). Working Memory and Attentional Processes across the Lifespan. In P. Graf & N. Ohta (Hrsg.), *Lifespan Development of Human Memory* (S. 59-80). Cambridge, MA: MIT Press.
- Donath, L., Roth, R., Zahner, L. & Faude, O. (2016). Slackline training and neuromuscular performance in seniors: A randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(3), 275-283. doi:10.1111/sms.12423
- Dorner, T., Kranz, A., Zettl-Wiedner, K., Ludwig, C., Rieder, A. & Gisinger, C. (2007). The effect of structured strength and balance training on cognitive function in frail, cognitive impaired elderly long-term care residents. *Aging Clinical and Experimental Research*, 19(5), 400-405.

- Dresler, M. (2011). *Kognitive Leistungen Intelligenz und mentale Fähigkeiten im Spiegel der Neurowissenschaften*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Engelkamp, J. & Zimmer, H. D. (2006). *Lehrbuch der kognitiven Psychologie*. Göttingen: Hogrefe.
- Etnier, J. L., Nowell, P. M., Landers, D. M. & Sibley, B. A. (2006). A meta-regression to examine the relationship between aerobic fitness and cognitive performance. *Brain Research Reviews*, 52(1), 119-130. doi:10.1016/j.brainresrev.2006.01.002
- Etnier, J. L., Salazar, W., Landers, D. M., Petruzzello, S. J., Han, M. & Nowell, P. (1997). The influence of physical fitness and exercise upon cognitive functioning: A meta-analysis. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 19(3), 249-277. doi:DOI 10.1123/jsep.19.3.249
- Facer-Childs, E. R., Boiling, S. & Balanos, G. M. (2018). The effects of time of day and chronotype on cognitive and physical performance in healthy volunteers. *Sports medicine - open*, 4(1), 47-47. doi:10.1186/s40798-018-0162-z
- Fortenbaugh, F. C., DeGutis, J., Germine, L., Wilmer, J. B., Grosso, M., Russo, K. & Esterman, M. (2015). Sustained Attention Across the Life Span in a Sample of 10,000: Dissociating Ability and Strategy. *Psychological Science*, 26(9), 1497-1510. doi:10.1177/0956797615594896
- Granacher, U., Muehlbauer, T., Zahner, L., Gollhofer, A. & Kressig, R. W. (2011). Comparison of traditional and recent approaches in the promotion of balance and strength in older adults. *Sports Medicine*, 41(5), 377-400. doi:10.2165/11539920-000000000-00000
- Hall, C. D., Smith, A. L. & Keele, S. W. (2001). The impact of aerobic activity on cognitive function in older adults: A new synthesis based on the concept of executive control. *European Journal of Cognitive Psychology*, 13(1-2), 279-300. doi:Doi 10.1080/09541440042000313
- Hegner, J. (2012). *Training fundiert erklärt Handbuch der Trainingslehre* (5. überarbeitete Aufl.). Herzogenbuchsee: Ingold.
- Heller, I. (2013). *Einfluss von kurzzeitigem Gleichgewichtstraining auf das motorische Lernen und die kognitive Leistungsfähigkeit*. (Masterarbeit). Universität Freiburg, Freiburg.
- Hillman, C. H., Erickson, K. I. & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(1), 58-65. doi:10.1038/nrn2298

- Hirtz, P., Hotz, A. & Ludwig, G. (2005). *Bewegungskompetenzen : Gleichgewicht* (2. unveränderte Aufl.). Schorndorf: Hofmann.
- Holtzer, R., Epstein, N., Mahoney, J. R., Izzetoglu, M. & Blumen, H. M. (2014). Neuroimaging of mobility in aging: a targeted review. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 69(11), 1375-1388. doi:10.1093/gerona/glu052
- Horn, J. L. (1994). Theory of fluid and crystallized intelligence. In R. J. Sternberg (Hrsg.), *Encyclopedia of human intelligence* (S. 443-451). New York: MacMillan.
- Horn, J. L. & Cattell, R. B. (1966). Refinement and test of the theory of fluid and crystallized general intelligences. *Journal of Educational Psychology*, 57(5), 253-270.
- Hubscher, M., Zech, A., Pfeifer, K., Hansel, F., Vogt, L. & Banzer, W. (2010). Neuromuscular training for sports injury prevention: a systematic review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(3), 413-421. doi:10.1249/MSS.0b013e3181b88d37
- Hultsch, D. F., Hertzog, C., Small, B. J. & Dixon, R. A. (1999). Use it or lose it: engaged lifestyle as a buffer of cognitive decline in aging? *Psychol Aging*, 14(2), 245-263.
- Kail, R. (2000). Speed of information processing: Developmental change and links to intelligence. *Journal of School Psychology*, 38(1), 51-61. doi:Doi 10.1016/S0022-4405(99)00036-9
- Kail, R. & Salthouse, T. A. (1994). Processing Speed as a Mental-Capacity. *Acta Psychologica*, 86(2-3), 199-225. doi:Doi 10.1016/0001-6918(94)90003-5
- Keller, M., Pfusterschmied, J., Buchecker, M., Muller, E. & Taube, W. (2012). Improved postural control after slackline training is accompanied by reduced H-reflexes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 22(4), 471-477. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01268.x
- Krohne, H. W. & Hock, M. (2015). *Psychologische Diagnostik Grundlagen und Anwendungsfelder* (2. überarb. und aktual. Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.
- Langlois, F., Vu, T. T., Chasse, K., Dupuis, G., Kergoat, M. J. & Bherer, L. (2012). Benefits of physical exercise training on cognition and quality of life in frail older adults. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, 68(3), 400-404. doi:10.1093/geronb/gbs069
- Lesinski, M., Hortobagyi, T., Muehlbauer, T., Gollhofer, A. & Granacher, U. (2015). Effects of Balance Training on Balance Performance in Healthy Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine*, 45(12), 1721-1738. doi:10.1007/s40279-015-0375-y

- Marschner, G. (1980). *Revisions-Test: Ein allgemeiner Leistungstest zur Untersuchung anhaltender Konzentration bei geistiger Tempoarbeit. Handanweisung (Teil II)*. Göttingen: Hogrefe.
- McGrew, K. (1997). Analysis of the major intelligence batteries according to a proposed comprehensive Gf-Gc framework. In D. P. Flanagan, J. L. Genshaft & P. L. Harrison (Hrsg.), *Contemporary Intellectual Assessment: Theories, Tests, and Issues* (S. 151-179). New York: THE GUILFORD PRESS.
- Mierke, K. (1957). *Konzentrationsfähigkeit und Konzentrationsschwäche*. Bern: Huber.
- Mihara, M., Miyai, I., Hatakenaka, M., Kubota, K. & Sakoda, S. (2008). Role of the prefrontal cortex in human balance control. *Neuroimage*, 43(2), 329-336. doi:10.1016/j.neuroimage.2008.07.029
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A. & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100. doi:10.1006/cogp.1999.0734
- Murman, D. L. (2015). The Impact of Age on Cognition. *Semin Hear*, 36(3), 111-121. doi:10.1055/s-0035-1555115
- Oswald, W. D. (2016). *Zahlen-Verbindungs-Test (ZVT)* (3. überarbeitete und neu normierte Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- Park, D. C., Lautenschlager, G., Hedden, T., Davidson, N. S., Smith, A. D. & Smith, P. K. (2002). Models of visuospatial and verbal memory across the adult life span. *Psychology and Aging*, 17(2), 299-320.
- Peterson, M. L., Christou, E. & Rosengren, K. S. (2006). Children achieve adult-like sensory integration during stance at 12-years-old. *Gait Posture*, 23(4), 455-463. doi:10.1016/j.gaitpost.2005.05.003
- Pollock, A. S., Durward, B. R., Rowe, P. J. & Paul, J. P. (2000). What is balance? *Clinical Rehabilitation*, 14(4), 402-406. doi:DOI 10.1191/0269215500cr342oa
- Posner, M. I. & Rafal, R. D. (1987). Cognitive theories of attention and the rehabilitation of attentional deficits. In R. J. Meier, B. A. C. & L. Diller (Hrsg.), *Neuropsychological Rehabilitation* (S. 182-201). Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Rantakokko, M., Manty, M. & Rantanen, T. (2013). Mobility decline in old age. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 41(1), 19-25. doi:10.1097/JES.0b013e3182556f1e
- Rapp, G. (1982). *Aufmerksamkeit und Konzentration Erklärungsmodelle, Störungen, Handlungsmöglichkeiten*. Bad Heilbrunn/Obb.: Julius Klinkhardt.

- Reichenberg, A. & Harvey, P. D. (2007). Neuropsychological impairments in schizophrenia: Integration of performance-based and brain imaging findings. *Psychological Bulletin*, 133(5), 833-858. doi:10.1037/0033-2909.133.5.833
- Riach, C. L. & Hayes, K. C. (1987). Maturation of postural sway in young children. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 29(5), 650-658.
- Ries, J. D., Hutson, J., Maralit, L. A. & Brown, M. B. (2015). Group Balance Training Specifically Designed for Individuals With Alzheimer Disease: Impact on Berg Balance Scale, Timed Up and Go, Gait Speed, and Mini-Mental Status Examination. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 38(4), 183-193. doi:10.1519/JPT.0000000000000030
- Ritter, A. (2014). *Verbesserung der Konzentrationsfähigkeit durch Gleichgewichtstraining*. (Masterarbeit, Universität Freiburg, Schweiz). Zugriff unter http://doc.rero.ch/record/233032/files/Ritter_Anja.pdf
- Rogers, M. E., Page, P. & Takeshima, N. (2013). Balance training for the older athlete. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 8(4), 517-530.
- Saling, L. L. & Phillips, J. G. (2007). Automatic behaviour: efficient not mindless. *Brain Research Bulletin*, 73(1-3), 1-20. doi:10.1016/j.brainresbull.2007.02.009
- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103(3), 403-428.
- Salthouse, T. A. (2000). Aging and measures of processing speed. *Biological Psychology*, 54(1-3), 35-54.
- Salthouse, T. A. & Davis, H. P. (2006). Organization of cognitive abilities and neuropsychological variables across the lifespan. *Developmental Review*, 26(1), 31-54. doi:10.1016/j.dr.2005.09.001
- Salthouse, T. A. & Kail, R. (1983). Memory development throughout the lifespan: The role of processing rate. In P. B. Baltes & O. G. Brin (Hrsg.), *Life-span development and behavior* (S. 89-116). New York: Academic Press.
- Schellig, D., Drechsler, R., Heinemann, D. & Sturm, W. (2009). *Handbuch neuropsychologischer Testverfahren* (1. Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- Schellig, D. & Schächtele, B. (2009). *VVM - Visueller und Verbaler Merkfähigkeitstest*. Frankfurt am Main: Pearson.
- Schmidt-Atzert, L., Büttner, G. & Bühner, M. (2004). Theoretische Aspekte von Aufmerksamkeits-/Konzentrationsdiagnostik. In G. Büttner & L. Schmidt-Atzert

- (Hrsg.), *Diagnostik von Konzentration und Aufmerksamkeit - Tests und Trends* (S. 3-22). Göttingen: Hogrefe.
- Schönplflug, W. (2006). *Einführung in die Psychologie*. Weinheim: Beltz.
- Schwalbach, C. (2001). *Laienkonzepte über Aufmerksamkeit und Konzentrationsfähigkeit*. (Unveröffentlichte Semesterarbeit). Philipps-Universität Marburg, Deutschland.
- Schweizer, K. (2006). *Leistung und Leistungsdiagnostik*. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Sehm, B., Taubert, M., Conde, V., Weise, D., Classen, J., Dukart, J.,...Ragert, P. (2014). Structural brain plasticity in Parkinson's disease induced by balance training. *Neurobiology of Aging*, 35(1), 232-239. doi:10.1016/j.neurobiolaging.2013.06.021
- Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 298(1089), 199-209. doi:10.1098/rstb.1982.0082
- Sherrington, C., Tiedemann, A., Fairhall, N., Close, J. C. & Lord, S. R. (2011). Exercise to prevent falls in older adults: an updated meta-analysis and best practice recommendations. *New South Wales Public Health Bulletin*, 22(3-4), 78-83. doi:10.1071/NB10056
- Sherrington, C., Whitney, J. C., Lord, S. R., Herbert, R. D., Cumming, R. G. & Close, J. C. T. (2008). Effective Exercise for the Prevention of Falls: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56(12), 2234-2243. doi:10.1111/j.1532-5415.2008.02014.x
- Siddiqui, S. V., Chatterjee, U., Kumar, D., Siddiqui, A. & Goyal, N. (2008). Neuropsychology of prefrontal cortex. *Indian Journal of Psychiatry*, 50(3), 202-208. doi:10.4103/0019-5545.43634
- Solso, R. L. (2005). *Kognitive Psychologie*. Berlin: Springer.
- Spinath, F. M. (2011). Psychologische Intelligenzforschung - Provokation und Potenzial. In M. Dresler (Hrsg.), *Kognitive Leistungen Intelligenz und mentale Fähigkeiten im Spiegel der Neurowissenschaften* (S. 11-32). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Spirduso, W. W. & Clifford, P. (1978). Replication of Age and Physical-Activity Effects on Reaction and Movement Time. *Journals of Gerontology*, 33(1), 26-30. doi:10.1093/geronj/33.1.26

- Squire, L. R. & Knowlton, B. L. (2000). The medial temporal lobe, the hippocampus, and the memory systems of the brain. In M. S. Gazzaniga (Hrsg.), *The new cognitive neurosciences* (2. Aufl., S. 765-779). Cambridge: MIT Press.
- Stern, Y., MacKay-Brandt, A., Lee, S., McKinley, P., McIntyre, K., Razlighi, Q.,...Sloan, R. P. (2019). Effect of aerobic exercise on cognition in younger adults: A randomized clinical trial. *Neurology*, 92(9), 905-916. doi:10.1212/WNL.00000000000007003
- Stroth, S., Hille, K., Spitzer, M. & Reinhardt, R. (2009). Aerobic endurance exercise benefits memory and affect in young adults. *Neuropsychological Rehabilitation*, 19(2), 223-243. doi:10.1080/09602010802091183
- Sturm, W. & Zimmermann, P. (2000). Aufmerksamkeitsstörungen. In W. Sturm, M. Herrmann & C. W. Wallesch (Hrsg.), *Lehrbuch der klinischen Neuropsychologie* (S. 345-365). Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Taube, W. (2013). Neuronale Mechanismen der posturalen Kontrolle und der Einfluss von Gleichgewichtstraining. *Journal für Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie*, 14(2), 55-63.
- Taube, W. (2017). *Neural adaptations in response to long-term balance learning in young and old: Behavioural, structural, functional and neurophysiological differences*. University of Fribourg, Department of Medicine, Movement and Sport Science.
- Taube, W., Gruber, M. & Gollhofer, A. (2008). Spinal and supraspinal adaptations associated with balance training and their functional relevance. *Acta Physiologica*, 193(2), 101-116. doi:10.1111/j.1748-1716.2008.01850.x
- Taubert, M., Draganski, B., Anwander, A., Müller, K., Horstmann, A., Villringer, A. & Ragert, P. (2010). Dynamic properties of human brain structure: learning-related changes in cortical areas and associated fiber connections. *Journal of Neuroscience*, 30(35), 11670-11677. doi:10.1523/JNEUROSCI.2567-10.2010
- van Uffelen, J. G., Chin, A. P. M. J., Hopman-Rock, M. & van Mechelen, W. (2008). The effects of exercise on cognition in older adults with and without cognitive decline: a systematic review. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 18(6), 486-500. doi:10.1097/JSM.0b013e3181845f0b
- Verhaeghen, P. & Salthouse, T. A. (1997). Meta-analyses of age-cognition relations in adulthood: estimates of linear and nonlinear age effects and structural models. *Psychological Bulletin*, 122(3), 231-249.
- Westhoff, K. & Hagemeister, C. (2005). *Konzentrationsdiagnostik*. Lengerich: Pabst Science Publishers.

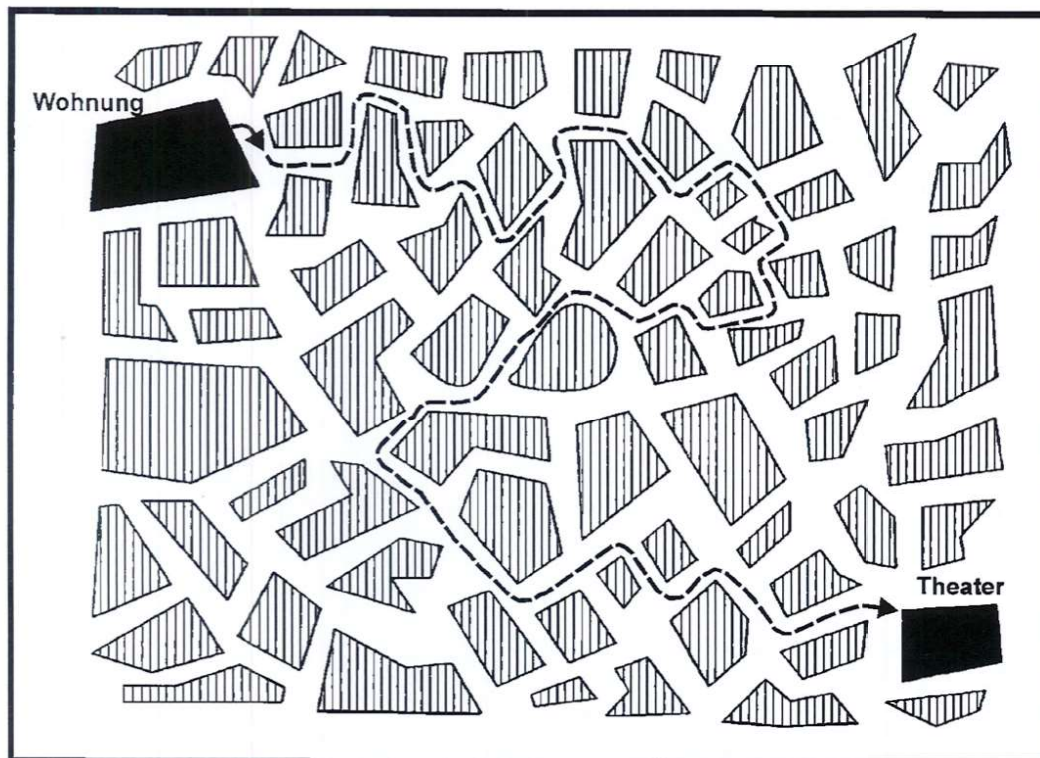
Wimo, A., Jonsson, L., Bond, J., Prince, M., Winblad, B. & Alzheimer Disease, I. (2013). The worldwide economic impact of dementia 2010. *Alzheimer's & Dementia*, 9(1), 1-11. doi:10.1016/j.jalz.2012.11.006

Anhang A

THEATER

VVM

Der Weg zum Theater



Visueller und Verbaler Merkfähigkeitstest (VVM)

Unmittelbare Reproduktion (Z1)

WEG 1

RW = _____ PR = _____

BAU 1

RW = _____ PR = _____

Name _____

Schulabschluss _____

Beruf _____

Geschlecht: m / w

Testdatum

Geburtstag

Alter

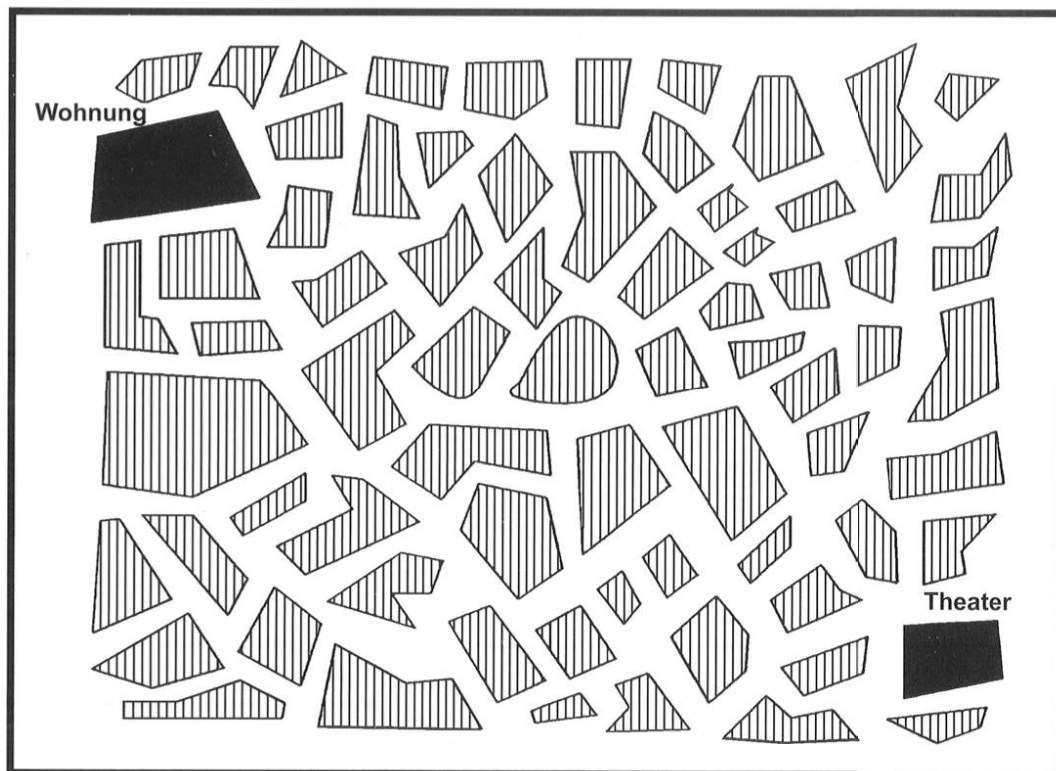
Jahr	Monat	Tag

Stadtplan: THEATER

Z1

Zeichnen Sie bitte den eingprägten Weg in diesen Stadtplan.
Sie haben 2 Minuten Zeit.

Z1



PEARSON

Copyright © 2009 Pearson Assessment & Information GmbH, Frankfurt am Main. Von Dieter Schellig und Beate Schächtele.

Visueller und Verbaler Merkfähigkeitstest (VVM)

Reproduktion nach 30-120 Min. (Z2)

WEG 2

RW = _____ PR = _____

Vergessensrate

$\frac{\text{WEG 2} - \text{WEG 1}}{\text{WEG 1}} * 100 = \text{_____}$ PR = _____

BAU 2

RW = _____ PR = _____

Vergessensrate

$\frac{\text{BAU 2} - \text{BAU 1}}{\text{BAU 1}} * 100 = \text{_____}$ PR = _____

Name _____

Schulabschluss _____

Beruf _____

Geschlecht: m / w

Testdatum

Geburtstag

Alter

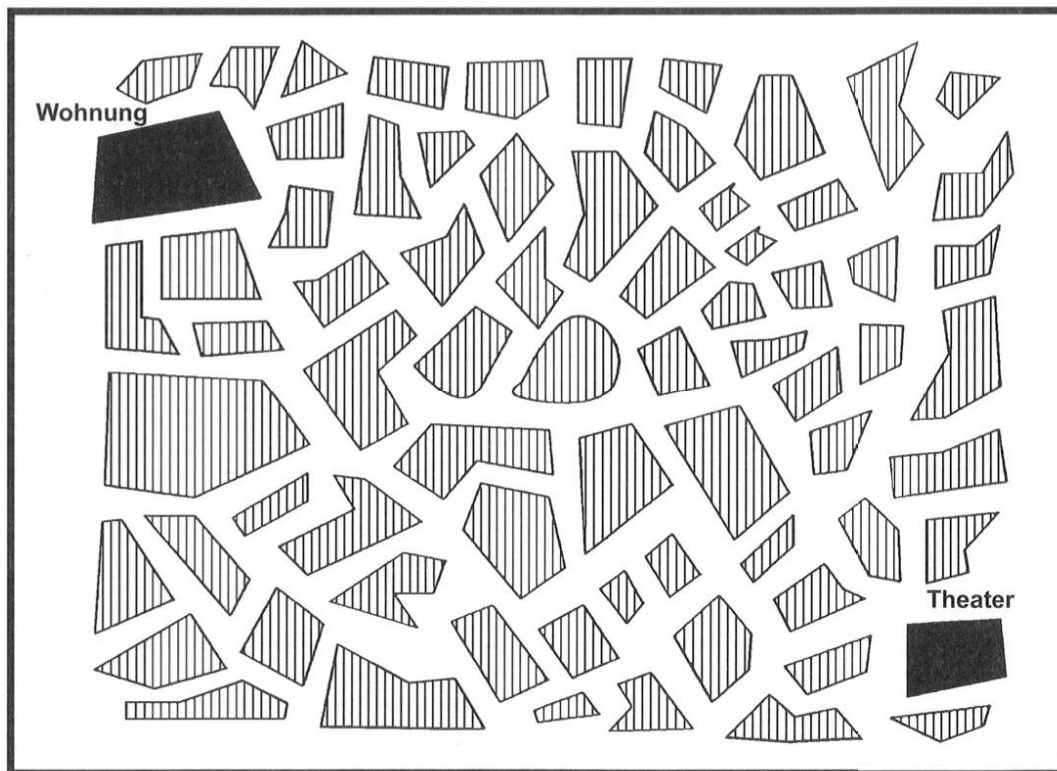
Jahr	Monat	Tag

Stadtplan: THEATER

Z2

Zeichnen Sie bitte den eingprägten Weg in diesen Stadtplan.
Sie haben 2 Minuten Zeit.

Z2



Anhang B

d2-R Feuille d'instructions

Nom/N° de code: _____ Date: _____

Âge: _____ ans

Sexe: ☐ masculin ☐ féminin

Type d'école/classe: _____

Correction de la vue nécessaire
(lunettes ou lentilles de contact)?

Latéralité:

ou études: _____

☐ oui, portées lors du test

☐ droitier

ou profession: _____

☐ oui, mais non portées lors du test

☐ gaucher

☐ non

Barrer chaque *d* qui est accompagné de deux traits:

" d "	d "	" d "
2 traits en haut	2 traits en bas	1 trait en haut 1 trait en bas

Ne pas barrer:

d avec moins ou plus de 2 traits:	" d "	d "	" d "	" d "	" d "
p, quel que soit le nombre de traits:	p "	" p "	" p "	" p "	" p "

Exercice 1: Barrez chaque *d* avec 2 traits (zones blanches).

" d "	" p "	" d "	" d "	" d "	" d "	" d "	" d "	" p "	" p "	" d "	" d "	" d "	" d "	" p "	" p "	" d "	" d "	" d "	" d "	" p "
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Exercice 2: Barrez maintenant sans aide chaque *d* avec 2 traits.

" d "	" p "	" d "	" p "	" d "	" d "	" p "	" d "	" d "	" d "	" p "	" d "	" d "	" p "	" p "	" d "	" d "	" p "	" d "	" p "	" d "
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Résumé des consignes:

- Travaillez de gauche à droite. Vous avez 20 secondes par ligne.
- Lorsque vous entendez «Stop! Ligne suivante!», commencez aussitôt la ligne suivante.
- Travaillez aussi vite que possible et sans faire de fautes.

© Hogrefe Verlag GmbH & Co. KG · Nachdruck und jegliche Art der Vervielfältigung verboten · Best.-Nr. 01 413 05

Auswertungs-/Übungsbogen

ZVT*

Name: _____ Vorname: _____

Alter: | | | | | Geburtsdatum: | | | | | Tag | | | | | Monat | | | | | Jahr | | | | |

Schule: _____ Klasse: _____

Beruf: _____ Datum: | | | | | Tag | | | | | Monat | | | | | Jahr | | | | |

Bitte diesen Teil nicht ausfüllen!					ZVT	
Einzelv.				A		Bemerk.:
Gruppenv.				B		
T				C		
PR				D		
C				Σ		
IQ					: 4	
SW				RW		

ÜBUNGSAUFGABE 1:

Aufgabe: Verbinde die Zahlen in fortlaufender Folge:
1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 usw. ...

1

2

3

4

5

6

ANFANG

19

20

7

8

9

11

12

13

14

15

16

17

18

ÜBUNGSAUFGABE 2:

Aufgabe: Verbinde die Zahlen in fortlaufender Folge:
1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 usw. ...

1

2

3

4

5

6

ANFANG

19

20

7

8

9

11

12

13

14

15

16

17

18

ZVT A *

1	7	6	14	12	18	19	21	22	23
ANFANG									
2	5	8	13	15	11	17	20	24	26
77	3	4	9	10	16	29	30	27	25
76	78	83	84	85	86	31	28	34	35
75	74	79	82	87	88	32	33	38	36
73	72	81	80	90	89	49	39	40	37
ENDE									
71	65	64	63	58	50	48	47	46	41
70	66	62	59	56	57	51	53	45	42
69	68	67	61	60	55	54	52	43	44

*

ZVT B

40	38	36	35	1	2	6	7	8	10
39	41	37	33	34	5	3	13	9	11
43	42	47	32	31	4	15	14	12	18
44	48	46	50	30	28	25	16	17	19
54	45	49	51	29	26	27	24	20	21
55	53	52	67	68	90	88	85	23	22
57	56	66	64	69	89	86	87	84	83
60	58	63	65	73	70	75	78	79	82
59	61	62	72	71	74	77	76	80	81

ANFANG

ENDE

© Hogrefe Verlag Göttingen
Nachdruck und jegliche Art der Vervielfältigung verboten
Buch-Nr. 01 065 04

 hogrefe

ZVTC*

1	2	7	8	14	15	16	18	24	23
ANFANG									
3	6	5	13	9	10	19	17	22	25
41	4	39	38	12	11	20	21	28	26
42	40	44	45	37	36	34	32	27	29
90	43	46	47	49	35	52	33	31	30
ENDE									
89	87	86	83	48	50	51	53	54	56
88	81	82	85	84	69	68	65	55	57
80	77	74	75	70	67	66	64	61	58
78	79	76	73	72	71	63	62	59	60

© Hogrefe Verlag Göttingen
Nachdruck und jegliche Art der Vervielfältigung verboten
Best-Nr. 01.066.05

* ZVT D

10	8	7	6	2	1	35	36	38	40
11	9	13	3	5	34	33	37	41	39
18	12	14	15	4	31	32	47	42	43
19	17	16	25	28	30	50	46	48	44
21	20	24	27	26	29	51	49	45	54
22	23	85	88	90	68	67	52	53	55
83	84	87	86	89	69	64	66	56	57
82	79	78	75	70	73	65	63	58	60
81	80	76	77	74	71	72	62	61	59

© Hogrefe Verlag Göttingen
Nachdruck und jegliche Art der Vervielfältigung verboten
Buch-Nr. 01 065 06

 hogrefe

Dank

Die vorliegende Masterarbeit entstand im Rahmen meines Masterstudiums an der Universität Fribourg. Während dieser Zeit setzte ich mich intensiv mit dieser Arbeit auseinander. Dabei durfte ich viele wertvolle Erfahrungen sammeln und zahlreiche neue Erkenntnisse gewinnen. Aus diesem Grund möchte ich mich an dieser Stelle bei allen Personen bedanken, die mich bei der Realisierung der vorliegenden Arbeit unterstützt haben.

In erster Linie möchte ich einen Dank an meinen Betreuer, Yves-Alain Kuhn, und meinen Referenten, Wolfgang Taube, aussprechen. Durch die bedeutsame Themenstellung dieser Studie sowie die professionelle Begleitung haben sie die Grundbausteine dieser Arbeit gelegt. Zudem konnte ich während meinem ganzen Arbeitsprozess bei Unklarheiten stets auf ihre Unterstützung zählen. Die Zwischenbesprechungen waren immer sehr aufschlussreich und die anschliessenden, gemeinsamen Mittagessen schätzte ich sehr.

Ein besonderer Dank geht an alle Probandinnen und Probanden, die regelmässig während sechs Monaten an den Gleichgewichtstrainings teilgenommen haben und fokussiert bei den bis zu zwei Stunden andauernden Messungen mitgewirkt haben. Ohne sie wäre die vorliegende Studie nicht realisierbar gewesen.

Abschliessend danke ich auch meinen Eltern und meinen beiden Geschwistern. Sie haben mich während meines ganzen Studiums in jeglicher Hinsicht unterstützt und haben sich die Zeit genommen, meine Arbeit gegenzulesen.