Arbeitsgedächtnistraining

Untersuchungen mit jungen und älteren Erwachsenen

Inauguraldissertation der Philosophisch-humanwissenschaftlichen Fakultät

der Universität Bern

zur Erlangung der Doktorwürde vorgelegt von

Martin Buschkühl

Luzern

Selbstverlag, Bern, 2007

Von der Philosophisch-humanwissenschaftlichen Fakultät auf Antrag von Prof. Dr. Walter J. Perrig (Hauptgutacher) und Prof. Dr. Rudolf Groner (Zweitgutachter) angenommen.

Bern, 30. März 2007 Der Dekan: Prof. Dr. Norbert Semmer

Danksagung

Viele Leute haben mir in unterschiedlicher Art und Weise bei dieser Arbeit geholfen. Euch allen ein ganz herzliches Dankeschön! Speziell danken möchte ich:

Prof. Dr. Walter Perrig – für die Unterstützung und Hilfe, die ich immer wieder erfahren habe. Ich könnte mir keinen besseren Chef vorstellen!

Prof. Dr. Rudof Groner – für die Bereitschaft zur Übernahme des Koreferats.

Lic. phil. Sara Hutchison – für die gute und erfolgreiche Zusammenarbeit bei der NFP-53 Studie und speziell das Testen sowie das Durchführen des kognitiven Trainings, dass sonst in dieser tollen Art und Weise nie stattgefunden hätte.

Prof. Dr. Hans Hoppeler und Dr. nat. Christoph Däpp – für die gute Zusammenarbeit beim NFP-53 Projekt.

Lic. phil. Daniela Blaser, Lic. phil. Brigitte Schindler, Lic. phil. Petra Schmid, Lic. phil. Anna Grubert, Lic. phil. Sandra Passani und vielen anderen für die Mithilfe bei der Probandenrekrutierung und/oder der Datenerhebung.

Den vielen Versuchspersonen, die insbesondere bei den hier durchgeführten Trainingstudien oftmals viel iher Zeit zur Verfügung gestellt haben.

Allen meinen Freuden und Nachbarn – für die Hilfe und Unterstützung, die ich in verschiedenster Art und Weise erfahren habe.

Meiner Mutter – für die immerwährende Unterstützung und Wertschätzung.

Dr. phil. Susanne Jäggi – für das Diskutieren und das Korrekturlesen dieser Arbeit in ihren verschiedensten Stadien aber vor allem für die wunderschöne Zeit die wir miteinander verbringen und dass Du die beste Partnerin bist, die ich mir wünschen kann!

…und natürlich Olivia, die mit ihrer frohen und lebenslustigen Art immer wieder für viel Freude und Glück in unserer Familie sorgt!

Inhaltsverzeichnis

1. EINFÜHRUNG 1

2. KOGNITIVES TRAINING UND TRANSFER-EFFEKTE 4
2.1 Transfer-Effekte 6
2.2 Problemlösen und Transfer 8
2.3 Fertigkeitserwerb und Transfer 12
2.4 Fazit zu Transfer-Effekten 15

3. ARBEITSGEDÄCHTNIS 17

3.1 Das Multikomponentenmodell 19
3.1.1 Der visuell-räumliche Sketchpad 20
3.1.2 Die Phonologische Schlaufe 20
3.1.3 Der Episodische Buffer 21
3.1.4 Die Zentrale Exekutive 22
3.1.5 Abschliessende Betrachtung des Multikomponentenmodells 23

3.2 Das Embedded-Process Model 25
3.2.1 Beschreibung des Modells 25
3.2.2 Das Kapazitätslimit des Embedded-Process Model 27
3.2.3 Abschliessende Betrachtung des Embedded-Process Model 29

3.3 Verarbeitung und Speicherung 32

3.4 Arbeitsgedächtnis und Training 36

3.5 Arbeitsgedächtnistraining mit ausgewählten Probandengruppen 38
3.5.1 Training mit schizophrenen Patienten 38
3.5.2 Training mit Hirnverletzten 41
3.5.3 Training mit ADHD Kindern 43
3.5.4 Training mit gesunden Erwachsenen 45

3.6 Rahmenbedingungen für ein erfolgreiches Arbeitsgedächtnistraining 47

4. ARBEITSGEDÄCHTNISTRAINING MIT JUNGEN ERWACHSENEN 51

4.1 *n*-back Training mit jungen Erwachsenen 52
Die Trainingsaufgabe 53
Erste Studie 55
Zweite Studie 58

4.2 Experiment 1: Visuell-räumliches Training mit jungen Erwachsenen 62
4.2.1 Methode 63
Trainingsaufgabe 64
Aufgaben der Vor- und Nachtestung 65
4.2.2 Resultate 68
Datenanalyse 68
Trainingsaufgabe 69
Aufgaben der Vor- und Nachtestung 69
4.2.3 Diskussion 73

4.3 Experiment 2: „Katze-und-Hund-Aufgabe“ mit jungen Erwachsenen 77
4.3.1 Methode 78
Trainingsaufgabe 79
Aufgaben der Vor- und Nachtestung 81
4.3.2 Resultate 81

Datenanalyse ... 81
Trainingsaufgabe ... 81
Aufgaben der Vor- und Nachtestung ... 82
4.3.3 Diskussion ... 85

4.4 Fazit zum Training mit jungen Erwachsenen ... 89

5. ARBEITSGEDÄCHTNISTRAINING MIT ÄLTEREN MENSCHEN ... 90

5.1 Experiment 3: Exzentrisches Training bei Älteren (NFP-53 Studie) ... 92
5.1.1 Methode ... 96
Trainingsaufgaben ... 100
Aufgaben zur Messung des Trainingserfolgs während der Trainingsphase ... 107
Aufgaben der Vor-, Nach- und Follow-up-Testung ... 108
5.1.2 Resultate ... 113
Datenanalyse ... 113
Trainingsaufgaben ... 115
Testsessionen ... 118
Aufgaben der Vor- und Nachtestung ... 121
Aufgaben der Vor- und Follow-up-Testung ... 125
5.1.3 Diskussion ... 128
Arbeitsgedächtnistraining ... 128
Training der Verarbeitungsgeschwindigkeit ... 130
Positive Alterstereotypen ... 132
Passive semantische Aktierung ... 133
Die Resultate der Vor- und Nachtestung ... 133
Die Resultate der Vor- und Follow-up-Testung ... 136
Fazit zu Experiment 3 ... 138

5.2 Experiment 4: „Katze und Hund Aufgabe“ mit älteren Menschen ... 140
5.2.1 Methode ... 141
Trainingsaufgaben ... 142
Aufgaben der Vor- und Nachtestung ... 143
5.2.2 Resultate ... 146
Datenanalyse ... 146
Trainingsaufgabe ... 146
Aufgaben der Vor- und Nachtestung ... 147
5.2.3 Diskussion ... 151

5.3 Experiment 5: „Tiere-merken“ Aufgabe mit älteren Menschen ... 155
5.3.1 Methode ... 155
Trainingsaufgaben ... 156
Aufgaben der Vor- und Nachtestung ... 157
5.3.2 Resultate ... 158
Datenanalyse ... 158
Trainingsaufgabe ... 158
Aufgaben der Vor- und Nachtestung ... 160
5.3.3 Diskussion ... 163

5.4 Fazit zum Training mit älteren Erwachsenen ... 165

6. GENERELLE DISKUSSION UND FAZIT ... 168

REFERENZEN ... 172

Anhang A – Beschreibung von Vor- und Nachtests der *n*-back Studie 2 ... 184

Anhang B – Verwendete Kategorien in der passiven semantischen Aktivierung bei Experiment 3 ... 186

1. Einführung

Vor einem Jahr gingen die 20. Olympischen Winterspiele in Turin zu ende, wo zahlreiche Wettkämpfe auf allerhöchstem Niveau ausgetragen wurden. Darunter waren beispielsweise die Eisschnellläufer, die über eine Distanz von 5000 Meter um die Spitzenplätze kämpften. Intuitiv nehmen sicherlich die meisten Menschen an, dass es neben dem Vorhandensein von viel Talent ausserordentlich viel Übung braucht, um eine Weltklasseleistung in dieser Sportart zu erzielen. Nur durch hartes Training lassen sich die Beinmuskeln soweit aufbauen, dass sie zu einer solchen ausserordentlichen Leistung fähig sind. Sistiert man das Training, so fällt die Leistungsfähigkeit der trainierten Muskeln allmählich wieder zurück auf das Ausgangsniveau. Nicht nur im Spitzensport, sondern auch im Alltag der Breiten- und Hobbysportler trifft man dieses Phänomen oft an, beispielsweise nach der Rückkehr aus den Badeferien, wenn man zum ersten Mal seit längerer Zeit wieder Joggen geht und sich schmerzlich dem eigenen Trainingsrückstand bewusst wird.

Doch nicht nur auf körperlicher Ebene kann der Mensch durch Training seine eigene Leistungsfähigkeit steigern, auch bei geistigen Tätigkeiten ist das der Fall. Eindrücklich können wir das anhand von Weltklasse-Schachspielern nachvollziehen, die nach jahrelangem Training zu ihrer ausserordentlichen geistigen Hochform gefunden haben (Ericsson & Lehmann, 1996). Ebenfalls beachtlich sind die Leistungen von Menschen, die es nach längerem Training schaffen, eine Zahlenfolge von bis zu 104 Stellen auswendig zu lernen (Ericsson, 1988; Ericsson & Chase, 1982a). Obwohl es viele Beispiele gibt, die nahe legen, dass sich gewisse geistige Fertigkeiten durchaus trainieren lassen, so zeigen doch die Ergebnisse aus dem Bereich des Fertigkeitserwerbs (*skill acquisition*), dass ein Gehirntraining nicht ohne weiteres mit körperlichem Training verglichen werden darf. Speziell wird darauf hingewiesen, dass das Gehirn kein mentaler Muskel sei (Singley & Anderson, 1989) und es deshalb ein erfolgreiches „Gehirnjogging“ nicht geben kann. Doch inwiefern ist ein solcher Vergleich überhaupt zulässig? Was wird verbessert, wenn man beispielsweise regelmässig joggen geht? Intuitiv ist uns einsichtig, dass wir sicherlich die Beinmuskulatur trainieren. Ein zweiter meines Erachtens sehr wichtiger Punkt betrifft die Tatsache, dass Joggen in die

Kategorie des kardiovaskulären Trainings fällt, d.h., dass damit auch der Herz-Kreislauf trainiert wird. Sowohl Beinmuskulatur als auch Herzleistung stellen jedoch die Grundlage für sehr viele verschiedene körperliche Tätigkeiten dar. Deshalb ist es auch nicht verwunderlich, dass man nach regelmässigem Joggen einen Transfer zu nicht trainierten Disziplinen findet, z.B. eine Leistungssteigerung im Fahrradergometerfahren (Suter, Marti, & Gutzwiller, 1994). Wenn wir diese Analogie auf eine kognitive Ebene übertragen, dann müsste nicht eine spezifische kognitive Funktion, sondern etwas so Grundlegendes trainiert werden, welches die Basis für möglichst viele andere kognitive Funktionen darstellt. Dadurch sollte es möglich sein, ähnlich wie bei einem Herz-Kreislauf Training, die Leistung anderer, nicht trainierter Funktionen zu verbessern.

In meiner vorliegenden Dissertation gehe ich der Frage nach, ob es möglich ist, durch eine gezielte kognitive Trainingsintervention neben einer Verbesserung in der trainierten Aufgabe auch Leistungssteigerungen in Aufgaben zu erzielen, die nicht Gegenstand der Intervention waren. Weiter interessiert mich, in welchen kognitiven Leistungsmassen sich in welchem Umfang Transfer-Effekte zeigen und inwiefern ein solches Training möglicherweise die menschliche Informationsverarbeitung verändert. Sollte es gelingen, eine solche erfolgreiche Trainingsmethode zu etablieren, dann hätte dies einen bedeutenden Einfluss auf bestehende theoretische Annahmen, denn gerade bei strategienbasierten Trainingsmethoden beobachtet man in der Regel neben einem spezifischen Trainingseffekt, d.h. einer Leistungssteigerung in der trainierten Aufgabe, kaum Transfer-Effekte, d.h. Leistungsverbesserungen in nicht trainierten Aufgaben (Saczynski, Willis, & Schaie, 2002). Neben einem bedeutenden theoretischen Einfluss würden sich jedoch auch wichtige praktische Implikationen für die neuropsychologische Rehabilitation und die Erhaltung der kognitiven Fitness mit fortschreitendem Lebensalter ergeben. Neben Untersuchungen mit jungen Erwachsenen werde ich mich auch gezielt mit der Frage beschäftigen, ob auch ältere Menschen von einer Intervention profitieren können, so dass sich Leistungsverbesserungen in vielen nicht trainierten Aufgaben zeigen.

Erste Ansätze zu einem Training mit resultierenden Transfer-Effekten wurden in der Literatur bereits berichtet (Klingberg et al., 2005; Klingberg, Forssberg, & Westerberg, 2002; Olesen, Westerberg, & Klingberg, 2004; Posner & Rothbart, 2005). Eigene Studien haben bereits gezeigt, dass es mit einer Weiterentwicklung dieser Ansätze und mit einer von Susanne Jäggi und mir entwickelten *n*-back Aufgabe (Buschkuehl & Jaeggi, 2005) in einer zweiwöchigen Trainingszeit möglich ist, Transfer-Effekte zu erzielen. Auch nach einem vierwöchigen *n*-back Training konnten wir die gefundenen Resultate replizieren und durch eine differenziertere Transfer-Messung das Potential des Trainings aufzeigen (Buschkuehl, Jaeggi, Blaser, & Perrig, submitted).

Auf den Erkenntnissen dieser beiden Studien aufbauend, gehe ich in meiner Arbeit in Experiment 1 und Experiment 2 der Frage nach, ob auch mit anderen Trainingsaufgaben vergleichbare Transfer-Effekte erzielt werden können. Während diese beiden Experimente und auch die *n*-back Studien mit jungen Erwachsenen durchgeführt wurden, beschäftigte ich mich in den folgenden Experimenten dann mit der Frage, ob es auch möglich ist, ein erfolgreiches Training mit älteren Menschen durchzuführen, die mit einem entwicklungsbedingten kognitiven Abbau konfrontiert sind. Während Experiment 3 die grundsätzliche Machbarkeit im Rahmen eines integrierten Trainingsprogramms über eine Zeitspanne von drei Monaten nahe legt, untersuche ich in Experiment 4, ob das gleiche Trainingsprogramm bei jungen und älteren Erwachsenen zu unterschiedlichen Trainingseffekten führt. Basierend auf den Erkenntnissen von Experiment 3 und 4 wird in Experiment 5 das integrierte Training aus Experiment 3 in modifizierter Form, jedoch in viel kürzerer Zeit durchgeführt, um eine möglichst effiziente Interventionsform zu testen.

Abschliessend werden die Befunde der verschiedenen Experimente integriert, diskutiert und ein Ausblick auf weitere Forschungsfragen gegeben, die aufgrund dieser Arbeit entstanden sind.

2. Kognitives Training und Transfer-Effekte

In der Literatur findet man sehr viele Beiträge, wenn es um das Thema kognitives Training geht. Gerade im Zusammenhang mit älteren Menschen lässt sich dieses Interesse gut verstehen, lassen sich bei dieser Population im Vergleich zu jungen Erwachsenen doch Defizite in verschiedenen kognitiven Funktionen finden, wie beispielsweise dem episodischen Gedächtnis (Nyberg, Backman, Erngrund, Olofsson, & Nilsson, 1996; Rabbitt & Lowe, 2000; Salthouse, 2004) oder dem Arbeitsgedächtnis (AG) (De Beni & Palladino, 2004; Dobbs & Rule, 1989; Hartman & Warren, 2005; Kramer et al., 1999). Bei älteren Menschen wird die Prävalenz von subjektiven Gedächtnisbeschwerden auf 25-50% geschätzt (Jonker, Geerlings, & Schmand, 2000), somit ist es auch verständlich, dass sich sehr viele der vorhandenen kognitiven Trainingsprogramme mit der Verbesserung von Gedächtnisleistungen befassen. Oft beinhalten solche Programme das Vermitteln einer spezifischen Gedächtnisstrategie. Eine der am häufigsten eingesetzten Strategien ist die Methode der Orte (*method of loci*; z.B. Verhaeghen & Marcoen, 1996). Bei dieser Strategie lernen die Probanden als erstes einen sequentiellen Pfad mit verschiedenen Orten auswendig. Wurde eine solche Sequenz auswendig gelernt, besteht beim Enkodieren des zu lernenden Materials die Aufgabe darin, diese Items in einen assoziativen Zusammenhang mit jeweils einem dieser Orten zu bringen. Beim Abruf können die Probanden dann die zuvor gelernte Sequenz von Orten im Kopf „ablaufen“ und dabei die Orte als Abruf-Hinweise für das gelernte Material benutzen. Eine andere, ebenfalls sehr effektive Strategie (Roediger, 1980) ist das *pegword system* (Miller, Galanter, & Pribram, 1960). Bei diesem Vorgehen, welches sich in erster Linie zum Behalten von Listen eignet, lernt man zunächst eine Wortliste auswendig, deren Wörter sich einfach mit der seriellen Position verbinden lassen, wie z.B. durch Reime (1 – meins, 2 – Blei, 3 – frei, 4 – Stier, etc.). Beim Enkodieren einer willkürlichen Wortliste verbindet man die „*pegs*“ (die Wörter, die man mit den Zahlen in Verbindung gebracht hat) mit den zu behaltenden Items der willkürlichen Wortliste.

Generell sind solche strategienbasierten Trainingsprogramme erfolgreich, was die spezifischen Trainingseffekte anbelangt (Verhaeghen,

Marcoen, & Goossens, 1992). Es lassen sich jedoch kaum Transfer-Effekte, d.h. positive Auswirkungen auf nicht trainierte Bereiche beobachten (Saczynski, Willis, & Schaie, 2002; Verhaeghen, Marcoen, & Goossens, 1992), was in Anbetracht der ausgeprägten Spezifität solcher Strategien jedoch auch nicht erstaunlich scheint (Salthouse, 1991). Dabei wäre es jedoch etwas durchaus Wünschenswertes, wenn auch Leistungsverbesserungen in Aufgaben auftreten würden, die nicht Gegenstand des Trainings waren. Schliesslich ist das Auswendiglernen einer Liste nicht die einzige oder herausragend wichtigste Fähigkeit, die wir Menschen zur Ausübung unseres Alltags beherrschen müssen.

Doch sind Transfer-Effekte überhaupt möglich? Falls ja, in welchem Fall könnte man mit Transfer-Effekten rechnen? Gibt es Voraussetzungen, die erfüllt sein müssen, damit ein Leistungstransfer eintritt? Falls es Transfer-Effekte geben würde, gibt es qualitativ unterschiedliche Transferleistungen? Wie muss man lernen und üben, um sich nicht nur in einer trainierten, sondern auch in anderen, nicht trainierten, Aufgaben zu verbessern?

2.1 Transfer-Effekte

Bevor solche Fragen in Angriff genommen werden, ist es notwendig festzulegen, was denn eigentlich unter Transfer zu verstehen ist. Da man sich in der Literatur einig zu sein scheint, was mit Transfer gemeint ist, führe ich stellvertretend für viele einander ähnliche Definitionen diejenige von Singley & Anderson (1989) an: „The study of transfer is the study of how knowledge acquired in one situation applies (or fails to apply) in other situations" (S. 1).

Transfer-Effekte können weiter als nah oder entfernt Transfer eingestuft werden (z.B. Holladay & Quiñones, 2003; Howard, 2000; Singley & Anderson, 1989). Mit nahem Transfer ist gemeint, dass eine Leistungsverbesserung nach einem Training in solchen Aufgaben festgestellt werden kann, die sich nur sehr minimal von der im Training verwendeten Aufgabe unterscheidet. Wenn die Anforderungen der Trainingsaufgabe und der nicht trainierten Aufgaben stärker voneinander abweichen, ist entfernter Transfer gemeint, wobei der Übergang von nahem zu entferntem Transfer als Kontinuum aufgefasst werden kann. Gemäss Salomon & Perkins (1989) gibt es jedoch weder eine formale Definition noch eine Messmethode, um die Transferentfernung zu bestimmen; trotzdem ist diese Unterscheidung ein nützliches Konzept, um unterschiedliche Transferphänomene zu verstehen (Woltz, Gardner, & Gyll, 2000).

In der Pädagogik stellt das Problem des Transfers eine der zentralsten Fragestellungen dar (Royer, 1979; Singley & Anderson, 1989), denn dem Schulsystem in der westlichen Welt liegt die Idee zugrunde, dass das in der Schule vermittelte Wissen später in den Arbeitsalltag transferiert werden kann. Dies ist wahrscheinlich auch einer der wesentlichen Gründe, weshalb der Frage nach der Natur von Transfer-Effekten in der psychologischen Literatur schon seit über 100 Jahren nachgegangen wird (z. B. Judd, 1908; Thorndike & Woodworth, 1901). Thorndike & Woodworth (1901) waren wohl die ersten, die der Frage nach der Transferdistanz systematisch nachgegangen sind. In der Theorie der identischen Elemente postulierte Thorndike (1906), dass ein Transfer von einer Aktivität auf eine andere nur dann entsteht, wenn beide Aktivitäten gemeinsame Stimulus-Antwort Elemente enthalten. Je grösser die Anzahl der gemeinsamen Elemente sei, desto mehr Transfer sollte beobach-

tet werden können. Die Theorie der identischen Elemente wird häufig als „environmental theory“ bezeichnet, da der kritische Punkt im Transferprozess ein Wiedererkennen einer Anzahl von Stimuluseigenschaften darstellt, die mit einer anderen Aufgabe geteilt werden. Falls dieser Wiedererkennungsprozess nicht stattfindet, dann kann der Transfer von einer zuvor gelernten Antwort nicht erfolgen. Thorndike ging davon aus, dass sich das Funktionieren des Gehirns aus vielen spezialisierten Prozessen und Kapazitäten zusammensetzt, so dass ein Training einer einzelnen Aufgabe eher einen nahen als entfernten Transfer-Effekt zur Folge hat. Es gibt zwei Kritikpunkte, die im Zusammenhang mit der Theorie von Thorndike erwähnt werden sollten (Royer, 1979): das erste Problem betrifft die Tatsache, dass die Theorie im wesentlichen nur verschiedene Bedingungen beschreibt, unter denen ein Transfer auftreten kann, die Theorie spezifiziert jedoch nicht die zugrunde liegenden psychologischen Prozesse, die für einen Transfer verantwortlich sind. Das zweite Problem betrifft den Umstand, dass mit der Theorie der identischen Elemente entfernte Transfer-Effekte nicht vorausgesagt werden können, da die Theorie nur solche Situationen in Betracht zieht, die einen offensichtlichen Anteil an Stimuluseigenschaften miteinander teilen. Für eine ausführlichere Kritik an der Theorie der identischen Elemente siehe z.B. Royer (1979).

Die Suche nach einem kognitiven Training, das entfernte Transfer-Effekte auf viele verschiedene kognitive Funktionen ermöglicht, stellt verständlicherweise einen enormen Anreiz dar. Sollte es gelingen, sich auf dem Kontinuum von nahem zu entfernten Transfer beim Training kognitiver Funktionen in Richtung des „entfernten Transfer“-Pols zu bewegen, dann sollte das nicht nur für die theoretischen psychologischen Grundlagen, sondern auch die praktische Anwendung einen nicht unerheblichen Einfluss haben.

2.2 Problemlösen und Transfer

Im Bereich des Problemlösens, nimmt das Thema des Transfers eine zentrale Rolle ein. Viele Studien wurden dabei im Zusammenhang mit dem Lernen von Analogien durchgeführt (z.B. Bassok, 1990; Bassok & Holyoak, 1989; Bereby-Meyer & Kaplan, 2005; Catrambone & Holyoak, 1989; Gick & Holyoak, 1980, 1983). Um ein Problem mit Analogien zu lösen, wird zuerst ein Problem vorgegeben, dessen Lösung bekannt ist. In einem zweiten Schritt wird ein neues, strukturell ähnliches Problem vorgegeben. Die Lösung des ersten Problems soll dann auf das neue übertragen werden. Die Übungsaufgabe unterscheidet sich dabei von der Transferaufgabe (d.h. die Aufgabe, auf welche die Lösung der Lernaufgabe angewendet werden soll) lediglich in der „Oberflächen-Charakteristik", das zugrunde liegende, strukturelle Problem bleibt jedoch identisch. Gick & Holyoak (1983) beispielsweise liessen ihre Vpn unter anderem eine Geschichte lesen, bei der es einem General gelang, eine Festung einzunehmen, in dem er mehrere kleinere Truppen auf zusammenlaufenden Strassen angreifen liess. Die Transferaufgabe bestand aus der klassischen „Strahlungsaufgabe" von Duncker (1945): Wie kann man einen Magentumor durch Strahlung so zerstören, dass möglichst wenig des umgebenden Gewebes verletzt wird? Die Lösung zu diesem Problem liegt darin, dass kleine Strahlungsdosen von verschiedenen Seiten auf den Tumor abgegeben werden, in Analogie zum taktischen Vorgehen des Generals in der Lernaufgabe. Salomon & Perkins (1989) sprechen in einem solchen Fall von *high-road transfer*. Es wird hierbei eine explizite, bewusste Abstraktion eines Problems (bzw. einer Situation) erfordert, die sich dann auf eine andere übertragen lässt. Die Abstraktion stellt dabei sowohl Produkt als auch Prozess dar, welche als Dekontextualisierung und Re-Repräsentation von dekontextualisierter Information in einer generellen Form charakterisiert werden kann. Das heisst, eine Abstraktion erfordert die Extraktion von generischen oder basalen Qualitäten aus gelerntem Material in einem Verhalten oder in einer Situation, und die Repräsentation dieser Qualitäten in einer internen symbolischen Art wie beispielsweise bewusst zugänglichen Propositionen. Transfer entsteht deshalb, weil die Abstraktion eine Re-Repräsentation darstellt, die eine Bandbreite von verschiedenen Fällen beinhaltet. Nach dem Erlernen einer

Abstraktion muss es für einen erfolgreichen Transfer jedoch auch gelingen, diese auf einen neuen Kontext anzuwenden. Konkret muss bei einem Analogieproblem bemerkt werden, dass die Lösung der Lernaufgabe strukturell auch bei einem neuen Problem (in einem anderen Kontext und/oder anderen oberflächlichen Ähnlichkeit) erfolgreich ist (Catrambone & Holyoak, 1989). Oftmals wird bei der Vorgabe solcher Analogieprobleme jedoch kein spontaner Transfer gefunden, d.h. wenn kein expliziter Hinweis für den Gebrauch von zuvor gelernten Informationen gegeben wird, lässt sich auch keine Transferleistung feststellen (z.B. Gick & Holyoak, 1980, 1983; Price & Driscoll, 1997). Eine Erklärung für diesen Befund könnte das Phänomen des *transfer-appropriate processing* (Morris, Bransford, & Franks, 1977; Roediger, Gallo, & Geraci, 2002) liefern: *transfer-appropriate processing* beschreibt das Phänomen, dass die Abrufleistung in einer Gedächtnisaufgabe dadurch bestimmt wird, wie gut die Prozessanforderungen beim Enkodieren mit jenen des Abrufes übereinstimmen. Durch den unterschiedlichen Kontext verschiedener Analogie-Probleme scheint diese Übereinstimmung gering zu sein. Die fehlende Transferleistung lässt sich auch mit der Theorie der Enkodier-Spezifität (Tulving & Thompson, 1973) erklären, die besagt, dass jene Abrufhinweise besonders effektiv sind (um eine Erfahrung wieder zu erinnern), die zusammen mit der Erfahrung enkodiert wurden. Wenn nun die Kontextmerkmale eines Analogie-Problems die effektivsten Abrufhinweise darstellen, dann ist es nicht verwunderlich, dass ein von der Struktur her bekanntes Problem in einem anderen Kontext nicht gelöst werden kann.

Damit bei Analogie-Problemen eine Transferleistung festgestellt werden kann, scheint es unumgänglich, dass ein tieferes Abstraktionsverständnis vorhanden ist (Salomon & Perkins, 1989). Das heisst, das reine Auswendigkennen einer Formel genügt nicht, um Transferleistungen zu erreichen. Gick und Holyoak (1983) liessen ihre Probanden unter anderem zwei analoge Probleme in der Form von Geschichten lesen und die Gemeinsamkeiten der beiden Aufgaben aufschreiben, mit dem Ziel eine schematische Repräsentationsinduktion zu fördern, die die abstrakten Ähnlichkeiten der beiden Geschichten enthalten sollte. Die von den Vpn beschriebenen Gemeinsamkeiten liessen sich in eine von drei Arten von „Schemaqualitäten“ einstufen. Mit

Schemaqualität bezeichnen Gick und Holyoak das Ausmass, in dem die wichtigsten Aspekte der konvergierenden Lösungen als Gemeinsamkeiten enthalten waren. Es zeigte sich, dass bei höherer Schemaqualität eine höhere Wahrscheinlichkeit für erfolgreichen Transfer gegeben war, sowohl bei spontanem Transfer als auch dann, wenn die Probanden darauf hingewiesen wurden, dass die Lernprobleme auf das Transferproblem übertragen werden konnten. Dieses Resultat konnte in weiteren Studien repliziert werden (Catrambone & Holyoak, 1989; Spencer & Weisberg, 1986). Catrambone & Holyoak (1989) fanden darüber hinaus, dass nach ausgiebigem Vergleichen dreier analoger Probleme ein Transfer zu einem neuen Problem mit gleicher Struktur auch nach einer Woche noch messbar war, wenn das Zielproblem so umschrieben war, dass von ihm auf die gelernten Probleme geschlossen werden konnte. Die aktive Beteiligung der Probanden beim Erarbeiten der Abstraktion scheint jedoch sehr wichtig zu sein, da Needham & Begg (1991) fanden, dass sich ihre Probanden nur dann in einer Transferaufgabe verbesserten, wenn sie aktiv Lösungen zu einem Lernproblem generierten, als wenn sie die Lösung ausschliesslich mitgeteilt bekamen. Im Vergleich zum *transfer-appropriate processing* können diese Befunde im Licht des *levels-of-processing* (LOP) Ansatzes (Craik & Lockhart, 1972; Roediger, Gallo, & Geraci, 2002) betrachtet werden. Im LOP *framework* wird postuliert, dass die Abrufleistung von der Verarbeitungstiefe der zu merkenden Stimuli beim Enkodieren abhängt. Obwohl sich das LOP auf Gedächtnisprozesse bezieht, so wird damit doch ein ähnliches Phänomen beschrieben, dass auch beim Transfer von Problemlösungsaufgaben festgestellt wird.

Die Mechanismen des *high-road transfer* sagen einen entfernten Transfer in Abhängigkeit des Abstraktionsgrades voraus. Je höher die Abstraktion ist, desto höher sollte auch die Bandbreite an möglichen Aufgaben oder Situationen sein, bei denen diese erfolgreich eingesetzt werden können und Transfer beobachtet werden kann (Salomon & Perkins, 1989). Die Mehrheit der durchgeführten Studien zum Problemlösen scheint diese Aussage jedoch nicht direkt zu stützen, so dass ein entfernter Transfer in der Regel nicht gefunden wird (Singley & Anderson, 1989). Singley & Anderson (1989) argumentieren, dass zu allgemein gefasste Heuristiken (siehe Groner, Groner, & Bischof, 1983 für einen Überblick zu Heuristiken) zu vage und zu wenig

spezifisch sind, um effektiv bei einer konkreten Problemlösung von Nutzen zu sein. Beispielsweise kann die allgemeine Heuristik „Vermeiden Sie es, sich im Detail zu verlieren“ für einen Anfänger zu schwierig gestalten, weil er gar nicht weiss, was denn nun zum Detail gehört und was nicht. In diesem Sinn geht die Nützlichkeit von Abstraktionen (in diesem Fall Heuristiken) zurück, je höher der Abstraktionsgrad ist. Des Weiteren müssen die neu erlernten Abstraktionen so neu sein, dass sie der lernenden Person auch zu einem Vorteil verhelfen können. Wenn eine Person vor einem Training bereits über einen sehr hohen Standard einer zu lernenden Abstraktion verfügt, dann ist es sehr unwahrscheinlich, dass die Person vom Training überhaupt etwas profitieren kann. Diese Punkte zeigen, dass von der Höhe eines Abstraktionsgrades nicht ohne weiteres auf die Distanz eines potentiellen Transfers geschlossen werden kann.

Abgesehen davon, dass die Befunde zu (nahem) Transfer beim Problemlösen durch Analogien darauf hindeuten, dass sich erworbenes Wissen nicht ohne weiteres auf neue Situationen übertragen lässt, habe ich den Eindruck, dass man angesichts der Befunde praktisch nie von entferntem Transfer sprechen kann, bzw. dass dieser in der Regel nicht einmal in der Forschungsfrage auftaucht. Vielmehr ist man daran interessiert, ob eine Abstraktion überhaupt aufgrund eines Beispielproblems erworben werden kann und ob man dann in einem zweiten Schritt die gegebenenfalls gelernte Abstraktion auch auf ein neues Problem übertragen kann. Dieses „neue“ Problem sieht dann jedoch so aus, dass seine strukturellen Charakteristiken, d.h. die nicht salienten Merkmale, die direkt mit den Bedingungen zusammenhängen, die für eine Problemlösung angemessen sind (Bassok & Holyoak, 1989), identisch sind. Auf kognitiver Prozessebene spielen sich dadurch nahezu die gleichen Vorgänge in vergleichbarer Art und Weise ab. Was sich in den meisten Studien ändert, sind lediglich die kontextuellen oder inhaltlichen Gegebenheiten der Zielprobleme. Wenn es nun gelingt, die kontextuellen Gegebenheiten auszublenden; die dahinter liegenden Problemmechanismen zu erkennen; die Gemeinsamkeit mit einem Problem zu erkennen, dessen Lösung bekannt ist und diese Lösung auf das neue Problem übertragen kann, dann ist der Transfer gelungen. Im Grunde genommen, ist es jedoch genau das gleiche Problem, es kommt lediglich in einer anderen „Aufmachung“ daher und ist dadurch schwieriger zu entdecken.

2.3 Fertigkeitserwerb und Transfer

Historisch gesehen ist der Ursprung der *cognitive skill acquisition* im Forschungsbereich des Problemlösen anzusiedeln (VanLehn, 1996). Diese Forschungsrichtung unterscheidet sich jedoch wesentlich vom Problemlösen in Bezug zur Art der vorgegebenen Übungsaufgabe und der Art des Lernens und beschreibt, welche qualitativen Veränderungen mit fortschreitendem Training auf kognitiver Prozessebene ablaufen könnten.

Im Gegensatz zum Problemlösen geht es im Folgenden um kognitive Fertigkeiten, die eine deterministische Berechnung zur Lösung erfordern und deren Lösung sich einzig und gänzlich aus der Problemstellung ergeben. Ein Beispiel für eine solche deterministische Berechnung wäre mentale Arithmetik. Verschiedene Studien zeigen, dass mit zunehmendem Training ein Strategienwechsel von algorithmenbasierten Prozeduren zu einem direkten Abruf aus dem Gedächtnis statt findet (Brigman & Cherry, 2002; Compton & Logan, 1991; Logan, 1988; Logan & Klapp, 1991; Rickard, 1997, 2004; Rickard & Bourne, 1996). Stellvertretend für verschiedene gedächtnisbasierte Theorien zum Fertigkeitserwerb führe ich im Folgenden die „Instance theory of automatization“ von Logan (1988) etwas näher aus, um zu erklären, weshalb nach dem Erwerb von Fertigkeiten (wie im obigen Sinn beschrieben) bestenfalls mit nahem Transfer gerechnet werden kann. Logan geht davon aus, dass sich die Art und Weise, wie eine Aufgabe ausgeführt wird, mit der Menge der Aufgabenübung qualitativ verändert. Er postuliert, dass beim Beginn der erstmaligen Ausführung einer Aufgabe, bewusste und absichtlich initiierte mentale Algorithmen für eine erfolgreiche Durchführung nötig sind. Jedes Mal, wenn in der Aufgabe eine Problemstellung gelöst wird, hinterlässt diese Lösung eine Gedächtnisspur (*instance*). Tritt das gleiche Problem in der Aufgabe erneut auf, dann kann auf diese angelegte Gedächtnisspur zurückgegriffen werden und ein erneutes algorithmisches Berechnen ist nicht mehr nötig. Mit zunehmendem Training werden immer mehr Gedächtnisspuren angelegt und die Aufgabe kann zunehmend gedächtnisbasiert gelöst werden. Dies erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass die Problemlösung im Vergleich zum algorithmischen Vorgehen zunehmend schneller abläuft und schliesslich zu einer qualitativen Veränderung der Aufgabendurchführung führt, die in schnellen,

gedächtnisbasierten Prozessen endet. Zentral für die Theorie ist die Annahme, dass das Enkodieren und der Abruf eine unvermeidbare und notwendige Konsequenz der Aufmerksamkeit sind und dass jeder Stimulus separat enkodiert, gespeichert und abgerufen wird. Damit hält Logan (1988) auch fest, dass ein Transfer zu neuen Stimuli und Situationen aufgrund seiner *instance theory* eher spärlich ausfallen muss. Obwohl es Forschungsbefunde gibt, die für die Theorie von Logan sprechen (z.B. Brigman & Cherry, 2002; Compton & Logan, 1991; Logan, 1988; Logan & Klapp, 1991), so gibt es auch Befunde, die gewisse Einzelheiten der theoretischen Konzeption in Frage stellen, wie z.B. die Behauptung Logan's dass sich der gedächtnisbasierte Abruf und die algorithmische Berechnung ein Rennen um den schnelleren Output liefern (Rickard, 1997). Die Gültigkeit des *Instance* Modells von Logan soll jedoch nicht im Mittelpunkt dieser Ausführungen stehen, sondern lediglich das Prinzip des qualitativen Wechsels von algorithmenbasierten zu gedächtnisbasierten Prozessen und damit verbunden das unwahrscheinliche Auftreten von entfernten Transfer-Effekten.

Trotzdem schliesst jedoch die theoretische Konzeption von Logan entfernten Transfer nicht prinzipiell aus (Royer, 1979). Das Üben beim Erlernen von Fertigkeiten besteht aus repetitivem Bearbeiten von identischen Problemstellungen und bedeutet insbesondere, dass sich die Aufgabenschwierigkeit über die Lerndauer nicht verändert. Logan & Klapp (1991) beispielsweise liessen ihre Versuchspersonen (Vpn) alphabetische Arithmetikaufgaben von der Form *H + 4 = L* lösen. Die Vpn mussten entscheiden, ob eine solche Gleichung korrekt ist oder nicht. In diesem Beispiel stimmt die Gleichung, da der Buchstabe „L" im Alphabet vier Stellen nach dem Buchstaben „H" steht. In verschiedener Hinsicht ist diese Aufgabe gut geeignet, um einen Fertigkeitserwerb mit Erwachsenen durchzuführen. Einerseits ist das Material der Aufgabe (Zahlen und Buchstaben, bzw. Alphabet) als auch die zugrunde liegende arithmetische Berechnung (Addition) ausreichend gut bekannt, andererseits gehen die Probanden auf Grund der Neuheit der Aufgabe (Kombination von Zahlen und Buchstaben in einer Rechnung) als Anfänger, ähnlich wie Kinder beim Erlernen der regulären Addition, an die Aufgabe heran.

Die Frage ist, ob und wie es nach dem Erlernen von solchen Fertigkeiten zu Transfer-Effekten kommen kann. Salomon & Perkins (1989) reden in diesem Zusammenhang von einem *low-road transfer*. Die beiden Autoren gehen davon aus, dass durch wiederholtes Üben und Lernen ein „kognitives Element“ (eine Fertigkeit) erlernt werden kann, das automatisch und bis zu einem gewissen Grad flexibel einsetzbar ist, wenn es in leicht variierenden Situationen oder Kontexten erworben wurde. Wenn eine Situation entsteht, die dem gelernten Element genügend ähnlich ist, dann wird das Element „automatisch ausgelöst“. *Low-road transfer* zeichnet sich durch einen spontanen, automatischen Transfer aus, für den es nur wenig reflektives Nachdenken braucht. Die zwei wichtigsten Punkte für einen Transfer sind somit die Automatisierung, welche durch häufiges Üben erreicht werden kann, und die Übung in leicht variierenden Kontexten, damit in einem möglichst breiten Spektrum von Kontexten das gelernte Element auch automatisch ausgeführt werden kann. Verschiedene empirische Befunde zeigen, dass es nach dem Lernen einer kognitiven Fertigkeit im Sinn der angesprochenen deterministischen Lösungsmöglichkeit, in der Regel zu nahem, nicht aber zu entferntem Transfer kommt (Woltz, Gardner, & Gyll, 2000).

2.4 Fazit zu Transfer-Effekten

Die Aussichten auf einen entfernten Transfer scheinen auf der Grundlage der Transferliteratur grundsätzlich eher schlecht zu sein (Singley & Anderson, 1989). Ein wirkungsvoller entfernter Transfer tritt am ehesten dann auf, wenn eine generelle Methode vermittelt werden kann, die nicht zu aufgabenspezifisch, jedoch konkret anwendbar und neu für eine Person ist. Transfer-Effekte scheinen im Wesentlichen dann aufzutreten, wenn Aufgaben inhaltliche Aspekte teilen oder zumindest ein überlappender inhaltlicher Bereich besteht. So können z.B. nach den eingangs dieses Kapitels erwähnten Gedächtnistrainings durch Strategienvermittlung kaum entfernte Transfer-Effekte festgestellt werden: die vermittelten Strategien sind normalerweise ausserordentlich stimulusspezifisch, denn wie soll man sich z.B. mit der Methode der Orte eine Liste von abstrakten Wörter wie „Liebe, Glück, Freude, Spass“ merken? Darüber hinaus liess sich zeigen, dass es nach dem Erlernen einer Strategie, die es ermöglichte, über 100 Zahlen auswendig zu behalten, nicht möglich war, diese Leistung auch ohne weiteres auf Silben als Stimulusmaterial zu übertragen (Chase & Ericsson, 1981; Ericsson, 1988; Ericsson & Chase, 1982b).

Neben den fehlenden entfernten Transfer-Effekten in der Transfer-Literatur, ist es auch aus theoretischer Sicht schwierig zu begründen. Dies könnte mit der Art und Weise zusammenhängen, wie bisher nach Transfer-Effekten geforscht wurde: Entweder wird eine Expertise in einer spezifischen Aufgabe trainiert und dann erwartet, dass sich die entwickelte Expertise auf eine andere Situation mit gleichen oder leicht unterschiedlichen Stimuli überträgt oder es wird eine Problemlösungsaufgabe vorgegeben, deren Lösungsprinzip abstrahiert werden sollte und dann in einem anderen, neuen Problem, bei dem das gleiche Lösungsprinzip angewendet werden kann, zum Einsatz gebracht werden. In Analogie zum körperlichen Training müsste man jedoch vielmehr versuchen, eine grundlegende Fähigkeit zu trainieren (z.B. den Herz-Kreislauf), um damit eine Reihe von davon abhängigen Leistungen zu verbessern (z.B. Fahrradfahren oder Jogging). Wenn sich diese intuitive Analogie nicht nur für den körperlichen Bereich anwenden lässt, sondern sich auch in den kognitiven Bereich übertragen liesse, dann müsste man annehmen, dass die bisher verwendeten Trainingsaufgaben nicht so grundlegend

sein können. Welches wären nun aber „grundlegende“ Fähigkeiten, Funktionen oder Prozesse, welche die Basis für viele verschiedene komplexere Fähigkeiten des Menschen darstellen könnten? Aufgrund verschiedenen im Folgenden diskutierten Gründen kann man annehmen, dass das AG eine solche grundlegende Funktion darstellt. Diese Annahme schliesst jedoch nicht aus, dass es nicht auch andere Wege oder andere grundlegende Funktionen gibt, nach deren Training Transfer-Effekte beobachtet werden könnten. Verschiedene Forschungsbefunde, die nachfolgend näher beschrieben werden, legen jedoch nahe, dass gerade ein Training des AG zu nahem und entfernten Transfer-Effekten führen kann.

Im anschliessenden Kapitel werde ich nun das Konzept des AG ausführlich besprechen und im Weiteren verschiedene Forschungsgebiete und Studien vorstellen, die durch das Training von AG Aufgaben in Anbetracht der bis jetzt zitierten Literatur teilweise erstaunliche Transferleistungen aufzeigen konnten.

3. Arbeitsgedächtnis

Das AG ist eines der meist untersuchten Konzepte in der kognitiven Psychologie und den kognitiven Neurowissenschaften (Wager & Smith, 2003). Umso erstaunlicher ist es, dass es grundsätzlich schwierig zu sein scheint, das AG präzise zu definieren (Ericsson & Delaney, 1999; Oberauer, 2005). Baddeley (2003) umschreibt AG folgendermassen:

„The theoretical concept of working memory assumes that a limited capacity system, which temporarily maintains and stores information, supports human thought processes by providing an interface between perception, long-term memory and action" (S. 829).

Eine andere Beschreibung von Cowan (1999):

„...working memory refers to cognitive processes that retain information in an unusually accessible state, suitable for carrying out any task with a mental component. The task may be language comprehension or production, problem solving, decision making, or other thought" (S. 62).

In beiden Beschreibungen kommt meines Erachtens die zentrale Rolle des AG in der Informationsverarbeitung zum Ausdruck. Im Sinn einer funktionellen Definition von AG kann man darunter das „Arbeiten *mit* dem Gedächtnis" (Moscovitch, 1992) in einem kapazitätslimitierten System verstehen. Das heisst, es wird ein Speicher gebraucht, in welchem Informationen in einer solchen Art und Weise verfügbar gehalten werden, dass sie abgerufen oder entsprechend – eventuell mit weiteren Informationen - weiterverarbeitet werden können. Ein Beispiel dafür ist das Textverstehen: zum Verstehen eines Satzes ist es notwendig, dass man die Bedeutung des ersten Wortes noch präsent hat, während dem man bereits das zweite oder dritte Wort am Lesen ist. Ein weiteres Beispiel stellen gedächtnisbeanspruchende Doppelaufgaben dar, die den kapazitätslimitierten Charakter des AG erkennen lassen. In solchen Paradigmen wird von den Vpn verlangt, zwei mehr oder weniger verschiedene Aufgaben gleichzeitig durchzuführen. Eine in diesem Zusammenhang sehr oft in der Literatur zitierte Aufgabe ist der „Reading Span Task" (RST; Daneman & Carpenter, 1980). In dieser Aufgabe müssen die Vpn eine Reihe von nicht zusammenhängenden, sinnvollen oder sinnlosen

Sätzen laut vorlesen und am Ende jedes Satzes entscheiden, ob der Satz inhaltlich Sinn macht oder nicht. Gleichzeitig muss sich das jeweils letzte Wort jedes Satzes in der Präsentations-Reihenfolge der Sätze gemerkt werden. Nach dem letzten Satz wird die Vp dann dazu aufgefordert, die Endwörter in der richtigen Reihenfolge zu reproduzieren. Die Schwierigkeit dieser Aufgabe liegt darin, sich verbales Material zu merken und gleichzeitig anderes verbales Material zu verarbeiten (Lesen, Verstehen und Beurteilen).

Obwohl die Definition von AG nicht einfach ist, lässt sich dieses Konzept einerseits durch solche Beispiele konkretisieren, andererseits tragen aber auch theoretische Modellierungen viel dazu bei, das AG und seine Funktion bei der Informationsverarbeitung besser verständlich zu machen. Es gibt viele verschiedene Modellvorstellungen zum AG (siehe Miyake & Shah, 1999). Ich werde in den folgenden Ausführungen mit dem Multikomponentenmodell (Baddeley, 1986, 2000; Baddeley & Hitch, 1974) beginnen, einem der wohl einflussreichsten und in der Literatur am meisten diskutierten Modell zum AG. In Bezug zu Transfer-Effekten denke ich, dass vor allem das Embedded-Process Model (EPM; Cowan, 1995) ein gutes Modell zur theoretischen Einbettung liefern kann. Ich werde aber auch andere Modellierungen, wie beispielsweise jene von Randall Engle und Mitarbeitenden (z.B. Engle, Kane, & Tuholski, 1999; Engle, Tuholski, Laughlin, & Conway, 1999; Kane & Engle, 2002) miteinbeziehen, da die potentiellen Transfer-Effekte auch mit anderen Modellen begründet werden können, die einen etwas anderen theoretischen Fokus haben als das EPM.

3.1 Das Multikomponentenmodell

Der Grundstein für dieses in der kognitiven Psychologie wahrscheinlich am meisten zitierten Modell zum AG wurde vor über dreissig Jahren gelegt (Baddeley & Hitch, 1974). Im Wesentlichen basierend auf Untersuchungen von hirnverletzten Patienten postulierten Baddeley und Hitch ein Multikomponentenmodell des AG, das in seiner neusten Konzeption aus vier Komponenten besteht (Baddeley, 2003).

Baddeley und Mitarbeitende postulieren zwei modalitätsspezifische (Speicher-) Komponenten, eine für auditives (phonological loop) und eine für visuell-räumliches (visual-spatial sketchpad) Material. Die Unterscheidung eines auditiven und eines visuell-räumlichen Speichers reflektiert die wohl prominenteste doppelte Dissoziation in der Neuropsychologie, nämlich jene der linken und der rechten Hemisphäre, wobei die linke Hemisphäre normalerweise mit auditivem Material und die rechte Hemisphäre mit visuell-räumlichem Material assoziiert wird (De Renzi & Nichelli, 1975). In einer weiteren Komponente, dem Episodischen Buffer, können Informationen aus verschiedenen Modalitäten miteinander verbunden werden und auch mit kristallinen Systemen (z.B. episodisches Langzeitgedächtnis) interagieren (Baddeley, 2000). Kontrolliert und koordiniert werden diese drei Komponenten durch eine Zentrale Exekutive (*central executive*; CE), welche aktuell entge-

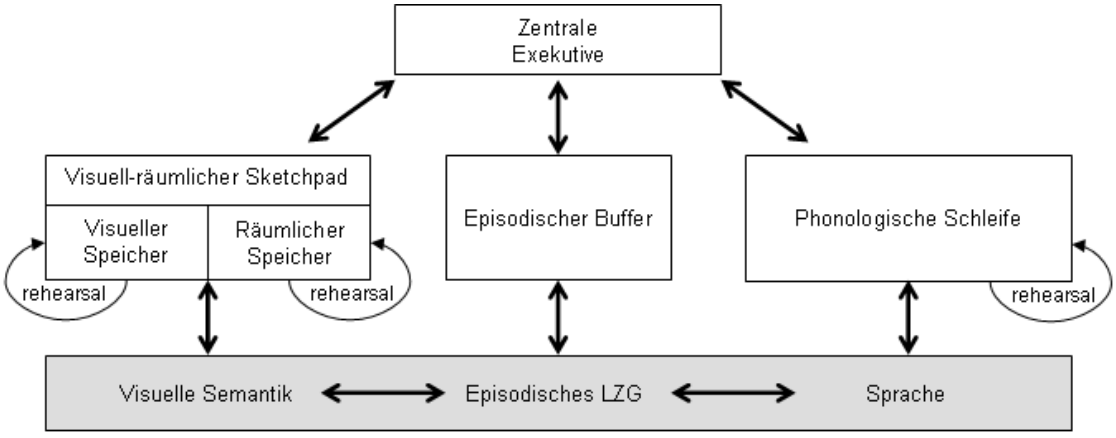

Abbildung 1. Das AG-Modell nach Baddeley in seiner aktuellsten Form (Repovs & Baddeley, 2006). Eine übergeordnete Kontrollinstanz, die Zentrale Exekutive, kontrolliert und koordiniert die Phonologische Schleife, den Episodischen Buffer und den Visuell-Räumlichen Sketchpad. Diese drei Komponenten haben wechselseitige Verbindungen zu kristallinen Strukturen (grau eingefärbt), wie z.B. dem Langzeitgedächtnis. Der visuell-räumliche Sketchpad lässt sich in zwei Subsysteme (visuell und räumlich) aufteilen, welche jeweils mit einem eigenen *rehearsal*-Prozess in Verbindung zu stehen scheinen.

gen der ursprünglichen Modellkonzeption keinen eigenen Speicher besitzt (Baddeley & Logie, 1999). Eine schematische Darstellung des Modells ist in Abbildung 1 wiedergegeben.

3.1.1 Der visuell-räumliche Sketchpad

Bei dieser Komponente wird angenommen, dass sie sowohl visuelles als auch räumliches Material speichern und manipulieren kann (Baddeley, 2001; Repovs & Baddeley, 2006). Obwohl zur Funktion im täglichen Leben dieser Komponente noch wenig bekannt ist (Baddeley, 1997, 2003), scheint es plausibel, dass es mit Hilfe des visuell-räumlichen Sketchpad möglich ist, semantisches Wissen über das Auftreten und den Gebrauch von Objekten zu erlangen (Baddeley, 2003). Des Weiteren stellt die Fähigkeit zur Manipulation von visuell-räumlichem Material einen Indikator für non-verbale Intelligenz dar. (Baddeley, 2003). Der visuell-räumliche Sketchpad ist in seiner Kapazität begrenzt (Baddeley, 2003). Die maximale Kapazität hängt einerseits von der Anzahl Items ab, aber auch von der Menge der Information, die in einem Item enthalten ist (Alvarez & Cavanagh, 2004). Bei sehr simplen Stimuli (die sich in nur einer Dimension unterscheiden – z.B. Farbe) lässt sich eine maximale Item-Kapazität von vier bis fünf Einheiten feststellen (Alvarez & Cavanagh, 2004). Enthält ein Stimulus Informationen auf mehreren Dimensionen, verkleinert sich die Kapazität entsprechend.

3.1.2 Die Phonologische Schlaufe

Diese wohl am besten untersuchte Modellkomponente (Baddeley, 2000) ist stark mit auditiver Information assoziiert und lässt sich in einen passiven Speicher und einen aktiven *rehearsal*-Prozess aufteilen (z.B. Baddeley, 2003). Baddeley, Gathercole, & Papagano (1998) gehen davon aus, dass der wichtigste Zweck der phonologischen Schleife im vorübergehenden Speichern von unvertrauten Lautmustern liegt, damit dadurch längerfristigere Repräsentationen aufgebaut werden können. Es wird angenommen, dass die Phonologische Schlaufe eine wesentliche Rolle beim Spracherwerb spielt (Baddeley & Gathercole, 1989, 1990). Weiter scheint die (limitierte) Kapazität

der phonologischen Schlaufe ein guter Prädiktor für das Erlernen einen zweiten Sprache zu sein (Atkins & Baddeley, 1998). Auditive Informationen zerfallen nach einem Zeitraum von ungefähr zwei Sekunden, wenn sie nicht durch ein aktives, subvokales *rehearsal*, erneuert werden (Baddeley, 2001).

3.1.3 Der Episodische Buffer

Diese Komponente stellt die bislang grösste Erweiterung des ursprünglichen AG Modells (Baddeley & Hitch, 1974) dar und wurde von Baddeley im Jahr 2000 erstmals vorgestellt (Baddeley, 2000). Baddeley sah die Einführung dieser Komponente als notwendig, da mit dem seinerzeit aktuellsten AG Modell verschiedene Probleme wie beispielsweise das kohärente Zusammenbringen von Speicherinhalten des visuell-räumlichen Sketchpad und der Phonologischen Schleife nur unbefriedigend erklärt werden konnten (Baddeley, 2000).

Der Episodische Buffer ist ein temporäres Speichersystem mit begrenzter Kapazität, welches die Fähigkeit besitzt, Informationen aus verschiedenen Modalitäten und multiplen Quellen zu integrieren (Baddeley, 2000) und dadurch kohärente, komplexe Strukturen (Szenen oder Episoden) zu bilden (Repovs & Baddeley, 2006). Die Komponente ist als eine modalitätsunabhängige Vermittlerin anzusehen, welche einheitliche multidimensionale Repräsentationen durch die Kombination von multi-modalem Code aus verschiedenen Subsystemen generiert (Repovs & Baddeley, 2006). Die Integration und die Erhaltung (*maintenance*) der Informationen im Episodischen Buffer sollen ausschliesslich von der CE abhängen (Repovs & Baddeley, 2006). Damit unterscheidet sich diese Komponente vom visuell-räumlichen Sketchpad und der Phonologischen Schlaufe, da diese beiden Komponenten über eigene (basale) *rehearsal*-Prozesse verfügen. Die Ergebnisse von Allen, Hitch, & Baddeley (2006) können jedoch gerade den modulierenden Charakter der CE auf die Inhalte des Episodischen Buffers nicht verifizieren. Die Autoren argumentieren jedoch, dass weitere Experimente notwendig sind, um ihre Befunde zu bestätigen.

3.1.4 Die Zentrale Exekutive

Die CE ist abgesehen vom verhältnismässig „jungen“ Episodischen Buffer das am schlechtesten untersuchte Konstrukt im AG Modell von Baddeley (Baddeley, 1996). Dies ist insofern erstaunlich, als dass die CE die wahrscheinlich wichtigste Komponente im ganzen Modell darstellt (Baddeley, 1996). In der ersten Beschreibung des Multikomponentenmodells wurde der CE verhältnismässig wenig Beachtung geschenkt und als ein „Vielzweck-Prozessor“ mit begrenzter Kapazität beschrieben (Baddeley & Hitch, 1974), dem verschiedene Prozesse wie z.B. komplexe Strategienselektion oder Planung zugeschrieben wurden (Baddeley, 1996). Dies änderte sich mit einer Erneuerung des Modells (Baddeley, 1986): Baddeley versuchte die CE näher zu spezifizieren und stützte sich dabei stark auf das Modell zur Aufmerksamkeitskontrolle von Norman & Shallice (1986). Wie in Kapitel 3.1.3 zum Episodischen Buffer beschrieben, wurde die Integration von Gedächtnisinhalten seit Baddeley (2000) neu dem Episodischen Buffer zugeschrieben. Baddeley erachtete diesen Schritt als notwendig, da mit dem bisherigen Konzept der CE unter anderem der Zugriff auf Langzeitgedächtnisinhalte nicht befriedigend erklärt werden konnte (Repovs & Baddeley, 2006). Dadurch wurde die CE zu einer nahezu gänzlich aufmerksamkeitsorientierten Komponente und umfasst nach Repovs & Baddeley (2006) fokussierte Aufmerksamkeit, geteilte Aufmerksamkeit und die Fähigkeit des Aufmerksamkeitswechsels.

In vielen Publikationen zieht Baddeley den Homunkulus – ein kleines Männchen im Gehirn, welches vieles steuert und entscheidet – als Platzhalter für ungelöste Probleme heran (Baddeley, 1996, 2001, 2003; Repovs & Baddeley, 2006). In diesem Sinn ist die Konzeption der CE als „*work in progress*“ anzusehen. Der Homunkulus wird als nützliche Funktion angesehen, um Funktionen und Eigenschaften zu identifizieren, die einer näheren Erklärung bedürfen. Diese können dann systematisch untersucht werden, bis nichts mehr erklärt werden muss und damit der Homunkulus aus dem Gehirn verbannt wird (Repovs & Baddeley, 2006).

3.1.5 Abschliessende Betrachtung des Multikomponentenmodells

Mit der vergleichsweise frühen Formulierung der ersten Version des Multikomponentenmodells (Baddeley & Hitch, 1974) und der damit zusammenhängenden Loslösung des älteren, statischen und sich im Wesentlichen auf Speicherung konzentrierenden, Kurzzeitgedächtnis-Konzepts nimmt das Modell von Baddeley und Mitarbeitenden historisch gesehen eine bedeutende Rolle ein. Damit verbunden ist eine verhältnismässig lange Forschungsaktivität zum Multikomponentenmodell. Neben dem experimentellen Vorgehen bemühte sich Baddeley bei der Modellierung aber auch immer wieder um einen angewandten Bezug (z.B. Baddeley, Baddeley, Bucks, & Wilcock, 2001; Baddeley, Vallar, & Wilson, 1987; Wilson & Baddeley, 1988). Ich denke, dass diese Punkte entscheidend zur Popularität und dem grossen Einfluss beigetragen haben, den das Multikomponentenmodell hat. Baddeley & Logie (1999) betonen, dass bei der Modellierung keine a priori Annahmen gemacht wurden, sondern dass das Modell auf empirischen Nachweisen beruht. Dies ist sicherlich auch ein wesentlicher Grund, weshalb die CE noch heute so schwer fassbar und im Vergleich zum restlichen Modell unterspezifiziert ist (Baddeley & Hitch, 2001). Im Gegensatz dazu repräsentieren sich die Phonologische Schleife und teilweise auch der visuell-räumliche Sketchpad als sehr gut untersuchte Konstrukte, zu denen es eine Fülle von Forschungsbefunden gibt.

Mit seinen verschiedenen Komponenten ist das Modell von Baddeley und Mitarbeitenden wohl etwas spezifischer als das EPM, in dem generelle Gedächtnis-Eigenschaften über verschiedene Modalitäten hinweg integriert werden. Cowan (2001) spricht diesen Punkt explizit an und meint, dass die Auswahl und Postulierung der verschiedenen Modellkomponenten im Multikomponentenmodell dubios, situationsspezifisch und willkürlich seien. In Anbetracht der grossen Fülle an empirischer Unterstützung und praktischer Anwendung (Baddeley & Logie, 1999) des Multikomponentenmodells finde ich diese Bewertung jedoch zu einseitig. Ich denke vielmehr, dass der hauptsächliche Unterschied zwischen dem Multikomponentenmodell und dem EPM in der Betrachtungsweise, bzw. der Herangehensweise an die Modellierung liegt (Baddeley & Hitch, 2001; Cowan, 2005).

Die jüngste Modifikation des Multikomponentenmodells durch die Einführung des Episodischen Buffer (Baddeley, 2000) ist meines Erachtens ein Zeichen dafür, dass den Problemen, die das ältere Multikomponentenmodell aufwies, Rechnung getragen wird und Modelländerungen vorgenommen werden, um beispielsweise schwer oder nichterklärbare Dinge – wie das serielle Erinnern – im Modell besser nachvollziehbar zu machen. In diesem Sinn betrachte ich das aktuelle Modell als „work-in-progress“, das sich stark an vorhandenen bzw. neu gewonnenen Forschungsresultaten orientiert und damit in Bezug zur Modellierung vielleicht etwas schwerfällig aber glaubwürdig daherkommt.

In Bezug zur theoretischen Erklärung von Transfer-Effekten scheint mir das Multikomponentenmodell nur bedingt geeignet, da es mit diesem Modell schwierig ist, einen gegebenenfalls auftretenden Transfer-Effekt mit einer Modellkomponente in Verbindung zu bringen. Die grosse Fülle von vorhandener Literatur, die sich mit diesem Modell beschäftigt, zeigt jedoch seinen grossen Einfluss und seine starke Relevanz für das Gebiet des AG. Für meine Arbeit halte ich vor allem das EPM von Nelson Cowan und auch die Modellierung von Randall Engle und Mitarbeitenden für sehr wertvoll. Aus diesem Grund werde ich nun im Folgenden zunächst das EPM etwas detaillierter beschreiben und mich in nachfolgenden Ausführungen auch etwas mit dem Ansatz von Engle et al. auseinandersetzen.

3.2 Das Embedded-Process Model

3.2.1 Beschreibung des Modells

In Abbildung 2 ist das EPM nach Cowan (1988) schematisch wiedergegeben. Dieses Informationsverarbeitungsmodell geht davon aus, dass sämtliche eintreffenden Informationen zunächst in einen sensorischen Speicher gelangen, der eine Kapazität von einigen 100 Millisekunden aufweist. Der sensorische Speicher lässt sich dadurch charakterisieren, dass er modalitätsspezifisch ist und die Informationen in einer analogen Form verfügbar gehalten werden (Cowan, 1988). Entgegen der früheren Annahme, dass es neben einem visuellen sensorischen Speicher mit der Kapazität von einigen 100 Millisekunden, einen auditiven sensorischen Speicher mit einer Kapazität

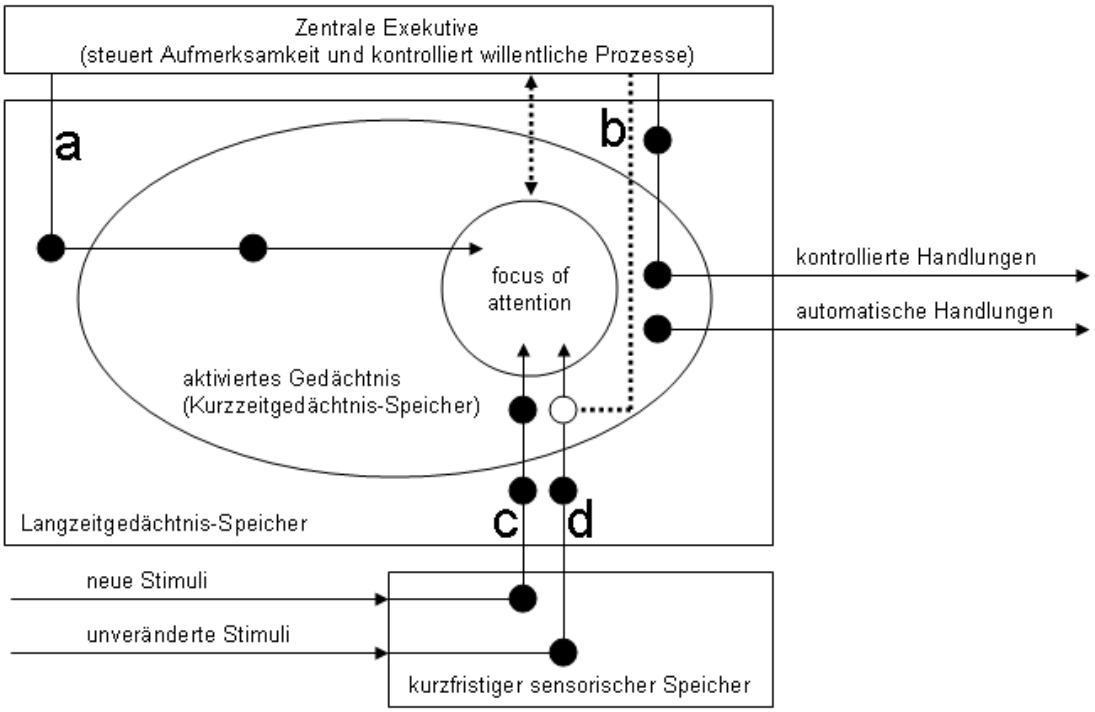

Abbildung 2. Schematische Darstellung des EPM nach Cowan (1988). Die Informationen im AG entstammen aus verschiedenen hierarchisch organisierten theoretischen Einheiten. Die umfassendste Ebene stellt das Langzeitgedächtnis dar. Die aktuell im Langzeitgedächtnis aktivierten Inhalte repräsentieren den Kurzzeit-Speicher. Ein Teil dieses Kurzzeit-Speichers wiederum wird als Aufmerksamkeitsfokus (*focus of attention*) bezeichnet und repräsentiert die zu einem gegebenen Zeitpunkt bewusst zugänglichen Informationen. Dieser *focus of attention* wird gemeinsam durch willentliche Prozesse über die zentrale Exekutive und unwillentliche Prozesse (z.B. im Sinn einer Orientierungsreaktion, siehe z.B. Kahneman (1973)) gesteuert. Dabei erhalten vor allem neue, herausstechende Informationen (c) automatischen Zugang zum Aufmerksamkeitsfokus. Gewöhnliche und in diesem Sinn unauffällige Informationen bedürfen einer Aufmerksamkeitszuwendung (d), damit diese ins Bewusstsein und damit in den Aufmerksamkeitsfokus gelangen. Die Aufmerksamkeit kann dabei aktiv auf externe Stimuli (b) oder auch auf interne Informationen (a) gerichtet werden.

von einigen wenigen Sekunden gibt (Cowan, 1988), konnte Cowan (1987) zeigen, dass auch der sensorische Speicher für auditives Material lediglich einige 100 Millisekunden umfasst. Cowan (1988) konnte nachweisen, dass bei einer längeren Spanne von einigen Sekunden die auditiven Informationen zumindest partiell weiterverarbeitet werden und damit als ein Teil des Kurzzeitgedächtnisses angeschaut werden können. Insgesamt kommt Cowan (1988) zum Schluss, dass es für jede Modalität einen sensorischen Speicher (eine Erinnerung an einen Sinneseindruck) in einer zeitlich ersten Phase und einen Kurzzeitspeicher (eine klare Erinnerung) in einer zeitlich zweiten Phase gibt. Die Inhalte des sensorischen Speichers können zu einem Teil des aktivierten Gedächtnisses werden, welches Cowan (1995) auch als Kurzzeitgedächtnis bezeichnet. Dieses aktivierte Gedächtnis repräsentiert einen Teil des Langzeitgedächtnisses, was von der Konzeption her bereits von Hebb (1949) berichtet wurde. Hebb beschrieb das AG als ein Set von aktiven, reverberatorischen neuronalen Kreisläufen, welche die Träger der Repräsentation von aktuell aktivierten Konzepten des Gehirns darstellen.

Innerhalb des aktivierten Gedächtnisses (dem Kurzzeitgedächtnis-Speicher) postuliert Cowan (1988, 1995, 1999) einen Aufmerksamkeitsfokus (*focus of attention*; FOA). Der FOA stellt jenen aktivierten Gedächtnisinhalt dar, der aktuell bewusst zugänglich ist, was von James (1890) als *primary memory* beschrieben wurde. Im Gegensatz dazu beschrieb James (1890) jenen Teil des Gedächtnisses als *secondary memory*, der sich auf einen Zeitpunkt in der Vergangenheit bezieht und ins Bewusstsein zurückgebracht werden muss. Der Fokus wird einerseits durch willentliche Aufmerksamkeitsprozesse – die der CE zugeschrieben werden können – und andererseits durch automatische Orientierungsreaktionen gesteuert. Eine Orientierungsreaktion wird im Wesentlichen dann ausgelöst, wenn neue oder speziell wichtige (saliente) Stimuli auftreten (z.B. Kahneman, 1973). Dass nicht alle aktivierten Informationen im FOA liegen können, jedoch trotzdem einen Status erhöhter Aktivierung haben, zeigen beispielsweise Befunde von Untersuchungen mit unbewusstem Priming (z.B. Perrig & Eckstein, 2005).

3.2.2 Das Kapazitätslimit des Embedded-Process Model

Im FOA können Verbindungen zwischen verschiedenen Informationen aus unterschiedlichen Modalitäten geknüpft werden, wie z.B. das Aussehen eines Objektes und sein dazugehöriger Name. Cowan (2005) nimmt an, dass der FOA ein Kapazitätslimit in Bezug auf die Anzahl von separaten Informationseinheiten aufweist. Eine Informationseinheit im AG kann dann als separat und einzeln aufgefasst werden, wenn die Informationen vertraut sind, jedoch ein Gruppieren und ein *rehearsal* verhindert wird. Erwachsene können sich ungefähr drei bis fünf solche Informationseinheiten merken (Cowan, 2000). Damit die Kapazität des FOA (auch *scope of attention* genannt) gemessen werden kann, müssen verschiedene wichtige Punkte beim Informationsabruf beachtet werden: es ist möglich, dass die im FOA zu haltenden Informationen eventuell in *chunks* (siehe Miller, 1956) rekodiert werden können, d.h. Aufmerksamkeit ist potentiell beim Aufnehmen, Behalten und Abrufen von Informationen involviert. Durch eine sorgfältige Selektion des Stimulusmaterials oder durch ein entsprechendes Aufgabendesign bei der Enkodierung und dem Behalten kann erreicht werden (Cowan et al., 2005), dass jedes Item im FOA eine einzelne, messbare Informationseinheit darstellt, die aus dem aktivierten Gedächtnis in den FOA gebracht werden kann, wodurch die Kapazität des FOA gemessen werden kann. Ein geeignetes Paradigma zur Messung der Grösse des FOA stellt die *Running Memory Span* (RMS; Pollack, Johnson, & Knaff, 1959) dar. Bei dieser, auch von Cowan et al. (2005) verwendeten Aufgabe, werden den Vpn einstellige Zahlen in einer Geschwindigkeit von vier Zahlen pro Sekunde präsentiert. Die Zahlensequenz hat dabei eine zufällige Länge von 12-20 Items. Nachdem die Präsentation der Zahlen nach einer zufällig bestimmten Sequenzlänge gestoppt hat, besteht die Aufgabe für die Vpn darin, möglichst viele der zuletzt gehörten Items in der richtigen Reihenfolge wiederzugeben. Cowan et al. (2005) fanden, dass solche Aufgaben mit so genannten Speicher- und Prozessaufgaben (*storage-and processing tasks*), wie beispielsweise dem RST (Daneman & Carpenter, 1980) mit r = .56 (Experiment 1) und r = .58 (Experiment 2) korrelieren. Diese Resultate entsprachen den Voraussagen der Autoren: sie nahmen an, dass ein hoher Zusammenhang zwischen Speicher-/Prozessaufgaben und *scope of*

attention-Aufgaben besteht, da bei einer Speicher- und Prozessaufgabe der Prozessanteil der Aufgabe dafür sorgt, dass keine *chunks* gebildet werden und kein *rehearsal* (oder Gruppierungen) des Stimulusmaterials vorgenommen werden kann.

Cowan (2005) postuliert, dass der FOA der einzige Teil des EPM ist, der eine Kapazitätslimitierung aufweist. Das aktivierte Gedächtnis weist in diesem Sinn kein solches Kapazitätslimit auf, ist jedoch durch Interferenzeffekte (Conway & Engle, 1994) und wahrscheinlich durch den Zerfall der Gedächtnisspur über die Zeit (Cowan, 2005) limitiert. Conway & Engle (1994) führten im Zusammenhang mit der Limitierung durch Interferenzeffekte eine Serie von vier Experimenten durch, die in Bezug auf die postulierten Kapazitätslimiten des EPM zentral ist. Eines der Anliegen von Conway & Engle war es, den Einfluss der AG Kapazität auf den Abruf aus dem *primary* und dem *secondary memory* (siehe James, 1890) zu untersuchen. Das den vier Experimenten zu Grunde liegende Paradigma sah folgendermassen aus: In einer Lernphase mussten die Vpn vier verschiedene Sets von Stimuli auswendig lernen. Die Setgrösse bestand aus 2, 4, 6 oder 8 Items und wurde jeweils als Ganzes auf einem Computerbildschirm präsentiert. Nachdem die Vpn ein bestimmtes Lernkriterium für sämtliche Sets erfüllt hatten, wurde der zweite Teil des Experiments durchgeführt, die *verification stage*. In diesem zweiten Teil wurde den Vpn eine der Zahlen 2, 4, 6 oder 8 präsentiert, um anzuzeigen, um welches Set es geht. Weiter wurde ein Stimulus präsentiert und die Vpn mussten so schnell wie möglich durch einen entsprechenden Tastendruck angeben, ob der Stimulus in diesem Set vorgekommen ist. In zwei der vier Experimente kam jeder Stimulus ausschliesslich in einem Set vor, in den zwei anderen konnte ein Stimulus in mehr als einem Set vorkommen, so dass die irrelevanten Sets, in denen der Zielstimulus ebenfalls vorkam, unterdrückt werden mussten. Die Vpn wurden aufgrund den Resultaten des Operation-Span Task (LaPointe & Engle, 1990), der mit dem RST (Daneman & Carpenter, 1980) vergleichbar ist, in *high*- und *low-spans* eingeteilt. Es zeigte sich, dass sich ein Leistungsunterschied zwischen *high*- und *low-spans* lediglich dann zeigte, wenn ein Stimulus in mehr als einem Set vorkam. Die Ergebnisse wurden dahingehend interpretiert, dass es nicht notwendigerweise ein Aktivie-

rungslimit für Informationen zu einem gegebenen Zeitpunkt gibt, dass es jedoch ein Limit dafür gibt, wie gut interferierende Informationen unterdrückt werden können.

In Bezug zur Interferenz gehen Hasher & Zacks (1988) noch einen Schritt weiter, in dem sie die Fähigkeit zur Inhibition als zentralen Mechanismus annehmen, der die Leistung des AG determiniert. Eine effektive Inhibition zeichnet sich dadurch aus, dass nur solche Informationen ins AG gelangen, die zu einem gegebenen Moment das Erreichen eines bestimmten Zieles (z.B. das Verstehen eines Textes) ermöglichen. Eine ineffektive Inhibition führt dazu, dass viele Informationen ins AG gelangen, die für die Erreichung des Zieles irrelevant sind. Hasher & Zacks nehmen an, dass die Fähigkeit zur Inhibition mit zunehmendem Alter abnimmt, da mit zunehmendem Alter die Wichtigkeit von persönlichen Zielen und Erfahrungen zunimmt und diese die Art der Informationsverarbeitung beeinflussen. Dadurch gelangen mehr Informationen in das AG, welche jedoch zur Erreichung eines bestimmten Zieles nicht relevant sind und dadurch Interferenz erzeugen.

3.2.3 Abschliessende Betrachtung des Embedded-Process Model

Mit der Einführung des Episodischen Buffers (Baddeley, 2000) hat sich die Konzeption des Multikomponentenmodells sehr stark dem EPM von Cowan (1999) genähert. Cowan (2005) selbst bestätigt dies in seinem neusten Buch und meint, dass der wesentliche Unterschied zwischen seinem Modell und demjenigen von Baddeley sich in der Analyseebene wiederspiegelt: „a level of specific phonological, visuospatial, and episodic storage properties versus a level of general principles of activated memory and attentional focus“ (S. 48). Cowan’s Zugang ist genereller und globaler als die Konzeption von Baddeley. Cowan (2005) weist in diesem Zusammenhang auf die beiden Subsysteme (Phonologische Schlaufe und Visuell-räumlicher Sketchpad) des Multikomponentenmodells hin und argumentiert, dass zwar Baddeley (1986) sicherlich gute Gründe hatte, sich auf diese beiden Systeme zu beschränken, aber grundsätzlich kann nicht ausgeschlossen werden, dass ausserhalb dieser strikt getrennten Systeme noch andere Prozesskonfigurationen möglich sind: wie können beispielsweise perzeptuelle und kategoriale Informationen

miteinander verknüpft werden? Mit der Einführung des Episodischen Buffers ist es nun möglich, das Zustandekommen solcher Phänomene theoretisch nachzuvollziehen. Das Multikomponentenmodell ist jedoch noch immer nicht erschöpfend, da zum Beispiel taktile Informationen keine Repräsentation in der aktuellen AG Konzeption erhalten haben (Cowan, 2005). Einerseits ist das Modell von Cowan in dieser Hinsicht umfassender, da keine Modalitätsunterschiede postuliert werden, andererseits versucht Cowan gerade damit (z.B. im Unterschied zum Multikomponentenmodell), das essentiell Gemeinsame des Langzeit-, Kurzzeit-, Arbeits- und sensorischen Gedächtnisses herauszuarbeiten und in eine „eingebettete“ Form zu bringen, die durch die Integration einer CE komplettiert wird. Mit dieser globaleren Sichtweise verbunden, ist die Tatsache, dass sehr vieles nicht spezifiziert und offen ist. Eine nicht zu enge Spezifizierung kann zwar durchaus als guter Startpunkt für weitere Entwicklungen dienen, hat aber auch zur Folge, dass das Modell schwer zu testen ist und keine grosse Erklärungskraft bietet.

Baddeley übt in verschiedenen Forschungsbeiträgen (z.B. Baddeley, 2001; Baddeley & Wilson, 2002) Kritik an der Annahme von Cowan (2005), dass das Kurzzeitgedächtnis einen aktivierten Teil des Langzeitgedächtnisses darstellen soll. Als Argument führt Baddeley (siehe Kommentar in Cowan, 2001) auf, dass diese Annahme nicht mit neuropsychologischen Daten vereinbar sei: Wilson & Baddeley (1988) beschreiben einen Patienten, der aufgrund einer Meningitis eine anterograde Amnesie entwickelte. Bei diesem Patienten fanden sich Defizite in Aufgaben zum verzögerten freien Erinnern, jedoch nicht beim unmittelbaren Abruf oder in Aufgaben zur Messung des AG. Die Frage ist in diesem Fall, wie kann es einen Inhalt im Kurzzeitgedächtnis geben, wenn das Langzeitgedächtnis solche Defizite aufweist, bzw. nicht korrekt funktioniert? Obwohl dieser Befund auf eine erste Betrachtung hin gegen das EPM zu sprechen scheint, so denke ich doch, dass sich dieser Befund mit dem Modell vereinen lässt: man könnte beispielsweise annehmen, dass es sich bei dem beobachteten Defizit um ein Aufmerksamkeitsproblem beziehungsweise ein Aktivierungsproblem handelt, so dass sich die abzurufenden Information immer noch im Langzeitgedächtnis befinden, diese jedoch nicht in den FOA transferiert werden können, d.h. nicht bewusst gemacht werden

können. Für meine Annahme sprechen auch die Befunde bei Amnestikern, bei denen trotz grossen Defiziten in episodischen Gedächtnisaufgaben, Gedächtnisaktivierungen in der Form von Primingeffekten nachgewiesen werden können (z.B. Conroy, Hopkins, & Squire, 2005). Ich könnte mir vorstellen, dass die Kritik von Baddeley vor allem deshalb zustande kommt, da Baddeley schon seit der ersten Formulierung des Multikomponentenmodells (Baddeley & Hitch, 1974) sehr stark in (einheitlichen) Komponenten oder Modulen denkt, die eine mehr oder weniger scharfe Abgrenzung gegeneinander aufweisen, wie zum Beispiel eben das Langzeitgedächtnis und das Kurzzeitgedächtnis.

Wie in Kapitel 3.4 noch weiter zum Ausdruck kommen wird, stellt das EPM eine gute Grundlage dar, auf der potentielle Transfer-Effekte erklärt werden können. Die Frage, ob sich Transfer-Effekte induzieren lassen, lässt sich in Bezug auf das AG folgendermassen stellen: kann das AG Training die Informationsverarbeitung innerhalb des AG Systems so verändern, dass auch in nicht trainierten Aufgaben Leistungsverbesserungen messbar sind? Das heisst, damit Transfer-Effekte auftreten, müsste sich die Leistung des „AG-Systems“ verbessern. Diese Leistungsveränderung liesse sich mit der Messung der AG Kapazität feststellen. Der Begriff der AG Kapazität ist nicht leicht zu definieren (Oberauer, 2005), ich verstehe darunter ein Mass, welches die maximale Leistungsfähigkeit des AG-Systems (gemessen mit einem angemessenen Paradigma) reflektiert. Im EPM ist der FOA der einzige limitierte Teil im ganzen Modell. Sollte also ein AG Training erfolgreich sein, dann müsste sich dies in der Form eines vergrösserten FOA niederschlagen. Wie aber liesse sich die Leistung des AG-Systems messen und mit welchen anderen Konzeptionen könnte man die AG Kapazität auch noch erklären? Diesen beiden Fragen gehe ich im nun folgenden Kapitel nach.

3.3 Verarbeitung und Speicherung

Wie es beim Multikomponentenmodell und dem EPM aber auch bei anderen Modellen (Miyake & Shah, 1999) der Fall ist, integrieren diese Modellierungen sowohl Speicher- als auch Verarbeitungskomponenten. Diese beiden Kernkomponenten stellen die Hauptmerkmale des AG dar, geht es beim AG doch um das „Arbeiten mit dem Gedächtnis“ (Moscovitch, 1992). Gemäss Oberauer (2005) stellen AG Aufgaben – wie beispielsweise der RST (Daneman & Carpenter, 1980) – welche die gleichzeitige Speicherung und Manipulation von Informationen zur Aufgabenerfüllung erfordern, ein gutes Mass für das Erfassen der AG Kapazität dar. Unter *Speicherung* versteht Oberauer das Aufrechterhalten einer kurz präsentierten, neuen Information über eine Zeitdauer von einigen Sekunden, während deren diese Information nicht mehr in der Umgebung zugänglich ist. Mit *Verarbeitung* bezieht sich Oberauer auf die Manipulation von Informationen (im Gegensatz z. B. zu *rehearsal*, mit dem die Information lediglich aufrechterhalten, aber nicht verändert wird). Die gleichzeitige Speicherung und Manipulation bezieht sich nun auf das Behalten einer präsentierten Information über einige Zeit, während dem diese oder andere Informationen manipuliert werden.

Im EPM von Cowan spielt der FOA eine wichtige Rolle sowohl bei der Verarbeitung, als auch bei der Speicherung von Informationen (Cowan, 2005). Wenn dem so ist, dann müsste es Situationen geben, bei denen eine Teilung der vorhandenen Ressourcen beobachtbar ist. Cowan (2005) bestätigt diese Annahme durch die Analyse von Doppelaufgaben und Untersuchungen zu interindividuellen Unterschieden. Morey & Cowan (2004), beispielsweise, führten dazu ein Experiment mit der Array-Aufgabe von Luck & Vogel (1997) durch. In diesem Paradigma werden den Vpn für kurze Zeit (z.B. 100 Millisekunden) verschiedene, farbige Quadrate auf dem Bildschirm präsentiert. Darauf folgt nach einem leeren Bildschirm von 900ms eine erneute Präsentation dieser farbigen Quadrate an den gleichen Orten wie zuvor. Eines dieser Quadrate ist nun aber schwarz umkreist und die Vp muss nun entscheiden, ob dieses Quadrat die gleiche Farbe hat, wie jenes bei der ersten Präsentation. In Abhängigkeit der Anzahl der präsentierten Quadrate, zeigte sich, dass die Vpn in der Lage waren, sich etwa vier Items zu merken (siehe auch Kapitel

5.2.1 (*Visual-Array Comparison)* für eine genaue Aufgabenbeschreibung). Die Vpn von Morey & Cowan mussten nun einerseits diese Aufgabe und andererseits eine der folgenden Bedingungen gleichzeitig durchführen: (1) den Satz „*nothing to say*" kontinuierlich wiederholen, (2) zwei Zahlen in einer Geschwindigkeit von drei Zahlen pro Minute kontinuierlich wiederholen, (3) sieben Zahlen ebenfalls in einer Geschwindigkeit von drei Zahlen pro Minute kontinuierlich wiederholen, (4) die eigene Telefonnummer (die ebenfalls aus sieben Zahlen bestand) kontinuierlich wiederholen. Wie auch Luck & Vogel (1997), fanden Morey & Cowan (2004) keinen Unterschied in der zweiten Bedingung, jedoch zeigte sich ein grosser Effekt in der dritten Bedingung, dem kontinuierlichen Wiederholen von sieben Zahlen. Mit der vierten Bedingung als Kontrolle für die dritte Bedingung, kann damit die Schlussfolgerung gezogen werden, dass eine verbale Gedächtnisbelastung die Leistung in der Array-Aufgabe beeinträchtigt. Dieser Effekt kann nicht auditivem *rehearsal* zugeschrieben werden, da der Effekt in der Kontrollbedingung (die ebenfalls aus einer *rehearsal*-Bedingung bestand – allerdings mit einer viel kleineren Gedächtnisbelastung) nicht auftrat. Obwohl Cowan (2005) noch weitere, verschiedene Punkte aufführt, die alle die Behauptung unterstützen, dass Verarbeitung und Speicherung auf einen gemeinsamen Ressourcenpool zurückgreifen, so wirft dies im Hinblick auf *storage- and processing tasks* die Frage auf, weshalb vergleichsweise wenig Interferenz beobachtet wird, wenn man davon ausgeht, dass Verarbeitung und Speicherung auf einen gemeinsamen Ressourcenpool zurückgreifen. Cowan (2001) argumentiert in diesem Zusammenhang wie folgt:

> "…there is no reason to expect a separation between processing and storage. The reason why a storage load does not much interfere with processing is that the storage load and the process do not have to be expanded in the focus of attention at the same time. Although both are activated at the same time, there is no capacity limit on this activation, only with its use (Schneider & Detweiler 1987). The subject might only hold in the focus of attention a pointer to the activated, stored information while carrying out the processing, and then the subject could shift the focus to the stored information when necessary to recall the memory load" (S. 113).

Diesen gemeinsamen Ressourcenpool bringen Engle, Kane, & Tuholski (1999) unter der Bezeichnung Aufmerksamkeitskontrolle mit interindividuellen Unterschieden in Verbindung. Für Engle und Mitarbeitende liegt die Basis für gute und schlechte AG Leistungen zwischen verschiedenen Personen in der Fähigkeit der Aufmerksamkeitskontrolle, welche einen starken Zusammenhang mit fluider Intelligenz (und damit auch einer Reihe von intellektuellen Fertigkeiten (z.B. Engle, 2002)) aufweist. Engle, Tuholski, Laughlin, & Conway (1999) führten in diesem Zusammenhang eine elegante Studie durch, in welcher sie ihren Probanden Aufgaben zur Messung des Kurzzeitgedächtnisses (d.h. Speicheraufgaben ohne Verarbeitungsanteil), *processing*- und *storage* Aufgaben sowie Aufgaben zur Messung von fluider Intelligenz vorgaben. Bei der Analyse durch Strukturgleichungsmodellen wandten sie die folgende Logik an: wenn die gemeinsame Varianz von Kurzzeitgedächtnisaufgaben (die im Wesentlichen aus eine Speicherkomponente bestehen) und *processing*- und *storage* Aufgaben herauspartialisiert wird, dann sollte ihrer Annahme zufolge das Residuum mit den Intelligenzmessungen korrelieren, was auch tatsächlich mit einem Wert von $r = .49$ zutraf (siehe aber auch Ackerman, Beier, & Boyle, 2005). Dabei ist diese Korrelation nicht darauf zurückzuführen, dass sich die Vpn in der Fertigkeit unterscheiden, in welcher die Verarbeitungskomponente der *process*- und *storage* Aufgaben durchgeführt werden kann, um so eventuell Ressourcen einzusparen, die dann für das *rehearsal* der Speicherkomponente eingesetzt werden können (Conway & Engle, 1996; Engle, Cantor, & Carullo, 1992).

Die oben aufgeführte Studie (mit Strukturgleichsmodellen) von Engle, Tuholski, Laughlin, & Conway (1999) stellt eine Bestätigung für das AG Modell und die Definition der AG Kapazität von Engle und Mitarbeitenden dar. Sie (Engle, Tuholski, Laughlin, & Conway, 1999; Kane & Engle, 2002) definieren die AG Kapazität (bei Engle et al. auch als *controlled attention* bezeichnet) als die Fähigkeit zur Aufmerksamkeitskontrolle unter dem Einfluss von Interferenz oder Ablenkung. Die AG Kapazität wird als domänenfrei angeschaut und zeigt einen hohen Zusammenhang mit fluider Intelligenz (siehe dazu auch oben). Engle et al. gehen davon aus, dass mit der AG Kapazität die Fähigkeit beschrieben wird, Gedächtnisrepräsentationen zu aktivieren, um diese in den Fokus zu bringen oder in ihm zu halten (speziell bei Interferenz oder Ablenkung). Die Sichtweise von Engle et al. kann durch die folgende Gleichung

ausgedrückt werden: AG (gemessen durch komplexe Spannenmasse wie z.B. dem RST) = Kurzzeitgedächtnis + *controlled attention*. Dieser Term stellt eine Zusammenfassung der oben ausführten Studie mit Strukturgleichungsmodellen dar (Engle, Tuholski, Laughlin, & Conway, 1999). Wie ich im Folgenden ausführe, passt diese Sichtweise der AG Kapazität gut mit dem EPM zusammen und potentielle Transfer-Effekte lassen sich ebenfalls mit diesem Ansatz begründen.

3.4 Arbeitsgedächtnis und Training

Im Hinblick auf den Ausgangspunkt dieses Kapitels – nämlich das AG als eine mögliche Grundfunktion anzusehen, deren Verbesserung durch Training einer breiten Palette von verschiedenen kognitiven Funktionen zugute kommt – ist das EPM besonders interessant. Cowan (2005) argumentiert, dass wenn Speicherfunktionen und die CE eine gemeinsame Ressource teilen und diese gemeinsame Ressource eine wichtige Determinante für interindividuelle (kognitive) Fähigkeits-Unterschiede darstellt, dann gibt es im Rahmen des EPM drei verschiedene Möglichkeiten, wo interindividuelle Differenzen festzumachen sein könnten:

1. Die Grösse des Aufmerksamkeitsfokus
2. Die Kontrolle der Aufmerksamkeit
3. Es könnte sein, dass aufmerksamkeitsbasierte Verarbeitung und Speicherung keine gemeinsame Basis haben, jedoch aufgrund dessen miteinander korrelieren, weil es wahrscheinlicher ist, bei einem grossem FOA auch eine bessere Aufmerksamkeitskontrolle zu haben.

Sollte es tatsächlich möglich sein, das „AG-System“ zu trainieren, dann könnte sich ein Trainingseffekt nun entweder deshalb einstellen, weil sich die Kapazität des FOA vergrössert oder weil die Informationsverarbeitung effizienter und erfolgreicher geworden ist, d.h. bei einer verbesserten Kontrolle der Aufmerksamkeit. Wenn ein solches Training nun tatsächlich erfolgreich wäre, dann müsste sich dies durch entsprechende kognitive Leistungsmessungen auch nachweisen lassen. Ob das AG Training zu einer Vergrösserung des Aufmerksamkeitsfokus führt, lässt sich mit entsprechenden Aufgaben testen, wie sie beispielsweise in Cowan et al. (2005) verwendet wurden. Ob das Training zu einer Verbesserung der Aufmerksamkeitskontrolle führt, ist ebenfalls testbar. Am einfachsten lässt sich dies mit einem fluiden Intelligenzmass tun, da dieses Mass gemäss Engle, Tuholski, Laughlin, & Conway (1999) mit Aufmerksamkeitskontrolle zusammenhängt (siehe Kapitel 3.3).

Es wird jedoch angenommen, dass die AG Kapazität eine stabile Einheit ist (Oberauer, Süss, Schulze, Wilhelm, & Wittmann, 2000), in welcher sich interindividuelle Unterschiede manifestieren. Wenn sich nun die AG Kapazität durch Training verändern lassen sollte, dann könnte dies einen nicht unerheblichen Einfluss auf die aktuelle AG Theorienbildung nehmen. Sollten sich jedoch wiederholt und reliabel trainingsinduzierte AG Kapazitätsveränderungen zeigen, dann müsste diese Sichtweise überarbeitet werden.

3.5 Arbeitsgedächtnistraining mit ausgewählten Probandengruppen

Wie schon erwähnt, lassen sich in der Literatur vermehrt Hinweise dazu finden, dass es möglich ist, Transfer-Effekte durch das Training des AG zu induzieren (Klingberg et al., 2005; Klingberg, Forssberg, & Westerberg, 2002; Olesen, Westerberg, & Klingberg, 2004; Posner & Rothbart, 2005). Ich werde im Folgenden einen kurzen Überblick über diese Literatur geben, geordnet nach der Charakteristik der in diesen Studien untersuchten Vpn.

3.5.1 Training mit schizophrenen Patienten

Es gibt sehr viele Studien, die sich mit der Förderung von kognitiven Funktionen bei schizophrenen Patienten beschäftigen. Oft finden sich kognitive Beeinträchtigungen bei diesen Patienten (Heinrichs & Zakzanis, 1998), die zusammen mit der Negativsymptomatik und der Psychose die hauptsächlichen Symptomtypen der Schizophrenie darstellen (Austin, 2005). Die kognitiven Defizite betreffen hauptsächlich Aufmerksamkeitsprozesse, Gedächtnis- und Exekutivfunktionen (Braff, 1993; Calev, 1984; Green, 1998; Hoff *et al.*, 1999; Rund, 1998).

Obwohl die Trainingsaufgaben in kognitiven Trainingsstudien mit Schizophrenen nicht spezifisch darauf ausgelegt scheinen, das AG zu trainieren, so gibt es doch verschiedene erfolgreiche Studien, die ein solches Paradigma einsetzen. So verwenden beispielsweise Wykes et al. (2002) Trainingsaufgaben, in denen kognitive Flexibilität, AG und Planen geübt werden. Viel breiter hingegen trainierten Sartory, Zorn, Groetzinger, & Windgassen (2005). Sie setzen das Computer-Programm „Cogpack“ (Marker Software) ein, mit dem die Probanden 30 verschiedene Aufgaben trainierten, die darauf abzielten, verschiedene kognitive Funktionen, wie „attention and concentration, …verbal, spatial and numerical ability and memory or fast reaction time“ (Wykes et al., 2002, S. 221) zu verbessern. In der Studie von Medalia, Revheim, & Casey (2000) spielten die Probanden in einer Bedingung während 25 Minuten pro Trainingssession gar ein kommerziell erhältliches Computerspiel („Where in USA is Carmen Sandiego“; Broderbund Software). In diesem Spiel schlüpft der/die Spielende in die Rolle eines Detektivs und hat die Aufgabe, durch verschiedene Problemlösungs-Prozesse fiktive Kriminalfälle zu lösen. Wie man

anhand dieser kurzen und selektiven Darstellung sieht, sind die verwendeten Trainingsparadigmen sehr heterogen und erfüllen keine grossen Erwartungen in Bezug zu den experimentellen Umsetzungen (z.B. Medalia, Revheim, & Casey, 2000).

Zusammenfassend unterteilen Krabbendam & Aleman (2003) die Trainingsstudien mit schizophrenen Patienten grob in zwei Lager mit unterschiedlichem Trainingsansatz: eine Gruppe von Studien verwendet ausschliesslich eine einzige Aufgabe zum Trainieren. Sehr oft wird dabei der Wisconsin Card Sorting Test (WCST; Berg, 1948) eingesetzt. Bei dieser Aufgabe bekommt der Patient bzw. die Patientin die Aufgabe, einen Kartenstapel zu sortieren, dessen Karten verschiedene Elemente enthalten, die die drei verschiedenen Eigenschaften Farbe, Form und Anzahl enthalten. Diese Karten müssen nach einer dieser drei Eigenschaften sortiert werden, wobei die Rückmeldung der VL Rückschluss darüber gibt, nach welcher Eigenschaft aktuell sortiert werden soll. Im Verlauf der Aufgabe wechselt die VL die Sortierregel unerwartet, so dass der Patient bzw. die Patientin diese neue Regel entdecken und neu anwenden muss. Für eine Prozessanalyse zum WCST siehe Jonides & Nee (2005). Der WCST wird im Rahmen von kognitivem Training mit Schizophrenen deshalb so oft eingesetzt, da Defizite im Problemlösen bei Schizophrenen einen zentralen Aspekt der Verhaltenssymptome darstellen und die Leistung im WCST reliabel bei dieser Patientengruppe beeinträchtigt ist (Kurtz, Moberg, Gur, & Gur, 2001). In ihrer Meta-Analyse finden Kurtz, Moberg, Gur, & Gur (2001) eine Effektgrösse von $d = 0.96$ (Cohen's d) für die Verbesserung der WCST-Leistung nach unterschiedlichen Trainingsinterventionen, d.h. es lassen sich spezifische Trainingseffekte messen. Eine zweite Gruppe von Trainingsstudien ist mehr klinisch orientiert und versucht das kognitive Funktionsniveau von Schizophrenen nicht nur in einer Aufgabe, sondern generell anzuheben. Bei solchen Studien wird vor und nach einer Trainingsintervention eine Reihe von unterschiedlichen kognitiven Aufgaben durchgeführt, um damit den Einfluss der Intervention zu quantifizieren.

Die kognitive Rehabilitation bei Schizophrenen ist vergleichsweise jung und begann mit der Studie von Goldberg, Weinberger, Berman, Pliskin, & Podd (1987) zur Leistungsverbesserung im WCST. Dieses Forschungsgebiet

zeichnet sich durch starke Variabilität in vielen Bereichen aus, wie beispielsweise den verwendeten Trainingsaufgaben, der Anzahl Trainingssessionen, der Dauer einer Session oder der methodischen Herangehensweise. Wie verschiedene Meta-Analysen und Übersichtsabreiten (Medalia, Revheim, & Casey, 2000; Pilling et al., 2002) zeigten, schien es vor allem bei den frühen Studien so zu sein, dass es nur sehr schwache Hinweise dafür gab, dass Transferleistungen nach einer Trainingsintervention messbar sind. Verschiedene neuere Studien (z.B. Bell, Bryson, Greig, Corcoran, & Wexler, 2001; Bellack, Weinhardt, Gold, & Gearon, 2001) zeigen jedoch, dass kognitive Transfer-Effekte gezeigt werden können, was in einer jüngeren Meta-Analyse (Krabbendam & Aleman, 2003) weitere Bestätigung fand. Es gibt auch einige Hinweise darauf, dass die gemessenen Effekte überdauernd sind und über einen Zeitraum von mehreren Monaten anhalten (Fiszdon, Bryson, Wexler, & Bell, 2004; Medalia, Revheim, & Casey, 2002; Wexler et al., 1997; Wykes et al., 2003). Diese Resultate legen nahe, dass es möglich ist, durch eine geeignete Intervention Transferleistungen in schizophrenen Patienten zu erzielen. Medalia & Richardson (2005) kommen bei ihrer Arbeit zum Bestimmen der wichtigsten Moderatoren für einen Therapieerfolg (d.h. dem Erreichen von Transfer-Effekten) zum Schluss, dass vor allem die Trainingsintensität (d.h. Regelmässigkeit der Teilnahme), die Art des Trainingprogramms und die Qualifikation des Therapeuten entscheidend sind. Bessere Effekte sind zu erwarten, wenn das Trainingsprogramm in eher kürzerer Zeit absolviert wird und es sich um ein computerbasiertes Programm handelt (Suslow, Schonauer, & Arolt, 2001).

Abschliessend kann festgehalten werden, dass verschiedene vor allem jüngere Studien zeigen konnten, dass kognitive Rehabilitation bei Schizophrenen durchaus möglich ist. Wie man aber auch gemäss den Inklusionskriterien einiger Meta-Analysen (Krabbendam & Aleman, 2003; Pilling et al., 2002; Suslow, Schonauer, & Arolt, 2001) feststellen kann, weisen viele dieser Studien methodische Mängel auf, wie z.B. das Fehlen einer adäquaten Kontrollgruppe. Für die weitere Forschung bleibt vor allem die Frage zu klären, auf welchen Wirkmechanismen die gefundenen Effekte beruhen und was die zugrunde liegenden Prozesse sind. Einen ersten Ansatz dazu

bieten zwei fMRI-Studien, die nach einem kognitiven Training bei Schizophrenen erhöhte Aktivierungen in aufgabenrelevanten frontalen Gebieten finden (Wexler, Anderson, Fulbright, & Gore, 2000; Wykes et al., 2002). Die Autoren dieser beiden Studien argumentieren, dass sich die Aktivierung nach dem Training eher mit dem einer gesunden Kontrollgruppe vergleichen lässt, d.h. dass sich auf Gehirnaktivierungsebene die Gehirnaktivität der Schizophrenen nach dem Training der Aktivität von gesunden Personen annähert.

3.5.2 Training mit Hirnverletzten

Bei praktisch allen Hirnverletzten lassen sich Aufmerksamkeitsdefizite feststellen (Zimmermann & Leclerq, 2002). Deshalb ist es auch nicht erstaunlich, dass nach Möglichkeiten gesucht wird, wie man solche Aufmerksamkeitsstörungen rehabilitieren kann. Es kann zwischen zwei verschiedenen Ansätzen zur Aufmerksamkeitsrehabilitation unterschieden werden (N. W. Park & Ingles, 2001): (1) Mit einem Retraining wird versucht, gezielt die beeinträchtigten Aufmerksamkeitskomponenten durch häufige Aufgabenrepetitionen zu trainieren, dabei wird angenommen, dass Aufmerksamkeit kein einheitliches Konstrukt ist, sondern sich in verschiedene Dimensionen aufteilen lässt, wie z.B. selektive Aufmerksamkeit, geteilte Aufmerksamkeit, Alertness oder Daueraufmerksamkeit (Sturm, 2003). In einer europäischen Multicenter-Studie (Sturm et al., 2003) wurde genau dieser Ansatz verfolgt. Mit 33 Hirnverletzten mit traumatischer oder vaskulärer Ätiologie wurde ein computerbasiertes Aufmerksamkeitstraining durchgeführt, in welchem jeweils zwei der oben genannten Aufmerksamkeitsdimensionen trainiert wurden. In der Vor- und Nachtestung wurden jeweils alle vier Dimensionen überprüft. Es liessen sich konsistent spezifische Trainingseffekte in den Dimensionen Alertness und Daueraufmerksamkeit finden, Transfer-Effekte zu nicht trainierten Trainingsaufgaben konnten jedoch nicht überzeugend nachgewiesen werden. Diese Befunde sind konsistent mit vorhergehenden Annahmen (Sturm & Willmes, 1991; Sturm, Willmes, Orgass, & Hartje, 1997), dass die Verbesserung in spezifischen Aufmerksamkeitsdimensionen nur durch ein spezifisches Training der jeweiligen Aufmerksamkeitsdimension erreicht werden kann. (2) Viel weniger häufiger ist der zweite Ansatz, bei dem

versucht wird, eine Kompensation (Bäckman & Dixon, 1992) der verlorenen Fähigkeit zu erreichen, d.h. noch intakte Gehirnregionen sollen die funktionellen Ausfälle ersetzen. Kewman et al. (1985) führten beispielsweise eine Studie durch, in welcher sie Hirnverletzten das Autofahren wieder beibringen wollten. Das Training bestand aus einzelnen mit Autofahren assoziierten Übungen, in denen ein kleines mit Elektrizität betriebenes Fahrzeug verwendet wurde. Dabei wurde davon ausgegangen, dass die Fähigkeit Auto zu fahren, eine komplexe Fertigkeit darstellt, bei welcher für eine erfolgreiche Umsetzung unter anderem geteilte Aufmerksamkeit und das schnelle Wechseln des Aufmerksamkeitsfokus von einer Aktivität zur andern erforderlich ist. Im Gegensatz zu einer Gruppe von Vpn, die zwar die gleiche Zeit auf dem Fahrzeug verbrachte wie die Experimentalgruppe, jedoch keine gezielten Anweisungen erhielt, zeigten sich substantielle Verbesserungen im Autofahren.

Wie die Literaturübersicht von Leclercq & Sturm (2002) und vor allem auch die Meta-Analyse von Park & Ingles (2001) zeigen, lassen sich durch das Trainieren von spezifischen Aufgaben bessere Resultate erzielen lassen, als durch ein Retraining von beeinträchtigten Aufmerksamkeitsdimensionen. Beim Retraining scheint es so zu sein, dass bestenfalls spezifische Trainingseffekte beobachtet werden, d.h. Verbesserungen in jenen Aufmerksamkeitsdimensionen, die auch Gegenstand des Trainings waren. Transfer-Effekte zu nicht trainierten Aufgaben sind kaum zu finden. Park & Ingles (2001) erklären diese Befunde mit *transfer-appropriate processing* (Morris, Bransford, & Franks, 1977). Gemäss dieser Hypothese lassen sich umso bessere Trainingseffekte finden, je ähnlicher sich die Prozesse einer spezifischen Zielaufgabe und der trainierten Aufgabe sind (siehe dazu auch Kapitel 2.2).

Obwohl es also so aussieht, als ob es eher unwahrscheinlich ist, durch ein Aufmerksamkeitstraining bei Hirnverletzten, Transfer-Effekte zu erzielen, so zeigen die Resultate doch immerhin eine Verbesserung in den spezifisch geübten Aufgaben, was einer grundsätzlichen Unveränderbarkeit dieser Funktionen widerspricht.

3.5.3 Training mit ADHD Kindern

Die Aufmerksamkeitsdefizit/Hyperaktivitätsstörung (ADHD) ist eine psychische Störung, die in der Regel im Kindesalter auftritt und 3-10% aller Kinder betrifft. Die Störung ist charakterisiert durch leichte Ablenkbarkeit, Hyperaktiviät und Impulsivität (Saß, Wittchen, Zaudig, & Houben, 2003). Weiter gibt es Befunde, die nahe legen, dass auch das AG von ADHD Kindern beeinträchtigt ist (z.B. Barkley, 1997; Kuntsi, Oosterlaan, & Stevenson, 2001). Klingberg und Mitarbeitende haben zwei Studien (Klingberg et al., 2005; Klingberg, Forssberg, & Westerberg, 2002) publiziert, in welchen ein AG Training mit Kindern mit ADHD Diagnose durchgeführt wurde. In diesen beiden Studien wurde untersucht, ob sich ein AG Training bei ADHD Kindern positiv auf das AG und auch exekutiven Funktionen (EF) auswirkt und ob damit auch die ADHD Symptome reduziert werden können. Die beiden Studien (Klingberg et al., 2005; Klingberg et al., 2002, Experiment 1) sind einander sehr ähnlich. Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass in der jüngeren Studie mehr Kinder unter besser kontrollierten Bedingungen untersucht wurden. So konnten Klingberg et al. (2005) zeigen, dass eine sechswöchige Trainingsintervention mit einer täglichen Trainingszeit von ungefähr 40 Minuten einerseits zu spezifischen Verbesserungen in der trainierten Aufgabe führten, andererseits liessen sich aber auch Verbesserungen in Aufgaben beobachten, die nicht Gegenstand des Trainings waren. Die Beschreibung der durchgeführten Intervention ist in der Studie von 2005 leider nicht präzise, es kann jedoch unter Zuhilfenahme der Studien von Klingberg et al. (2002) und Olesen et al. (2004) davon ausgegangen werden, dass drei bis vier verschiedene Trainingsaufgaben verwendet wurden. Alle Aufgaben wurden in computerbasierter Form vorgegeben, wobei die aktuelle Aufgabenschwierigkeit auf einer Trial-zu-Trial-Basis angepasst wurde. Dies hatte zur Folge, dass die Vpn regelmässig Erfolgserlebnisse in der Aufgabendurchführung hatten, jedoch auch an ihrer persönlichen Leistungsgrenze trainierten.

Die am prominentesten vorgestellte Trainingsaufgabe in den von Klingberg und Mitarbeitenden durchgeführten Studien ist eine visuell-räumliche Spannenaufgabe. Dabei wurde den Vpn in einem 4x4 Gitter eine Abfolge von nacheinander aufleuchtenden Punkten in den verschiedenen Feldern des Git-

ters gezeigt. Nach der Präsentation der Sequenz hatten die Vpn die Aufgabe, die gezeigte Reihenfolge korrekt mit der Computermaus nachzuklicken. Weiter mussten die Vpn in andern Aufgaben Phoneme, Buchstaben oder Zahlen erinnern. Vor und gleich nach dem Ende der Trainingsintervention wurden verschiedene Tests gemacht, um den Trainingserfolg zu quantifizieren. Es zeigte sich dabei, dass es nahe Transfer-Effekte zu einer nicht trainierten *span-board* Aufgabe (vergleichbar mit dem Block-Tapping-Test von Schellig (1997) – siehe Kapitel 4.2.1) und entfernte Transfer-Effekte zur Stroop-Aufgabe (Stroop, 1935; eine Aufgabe zum Messen von Antwortkonflikten), dem Zahlennachsprechen vorwärts (einstellige Zahlen werden auditiv vorgegeben und müssen im Anschluss an die Präsentation wiedergegeben werden) und den Coloured Progressive Matrices (Raven, 1995; ein Matrizentest, der als nonverbales Intelligenzmass gibt) gab. Klingberg et al. (2005) sehen die Erklärung für diese Transfer-Effekte darin begründet, dass mit den Trainingsaufgaben gleiche oder überlappende neuronale Systeme trainiert werden, die auch bei der Durchführung der Transferaufgaben involviert sind.

Die beiden Studien sind insofern bemerkenswert, als dass sie im Gegensatz zur vorhandenen Transferliteratur (siehe Kapitel 2) tatsächlich einen Transfer zu nicht trainierten Aufgaben aufzuzeigen scheinen. Aufgrund der unpräzisen Interventionsbeschreibung lässt sich jedoch nicht genau eruieren, ob es sich dabei tatsächlich um einen entfernten Transfer handelt. Die Tatsache, dass mehrere Trainingsaufgaben eingesetzt wurden, lässt die Frage auftauchen, welche dieser Interventionsaufgaben am ehesten zu einem Trainingserfolg beiträgt, oder ob alle Aufgaben gleichermassen zu dem erzielten Ergebnis führen oder ob es vielmehr eine Interaktion dieser Aufgaben ist, die zu einem solchen Resultat führt. Die beiden Studien überzeugen daher aufgrund von Mängeln in der Methodenbeschreibung nicht vollends in der Darstellung der Transfer-Effekte. Bis zum heutigen Zeitpunkt ist mir auch keine Replikation oder Erweiterung dieser Studien durch eine andere Forschungsgruppe bekannt.

3.5.4 Training mit gesunden Erwachsenen

Bis heute sind meines Wissens zwei Studien (Klingberg, Forssberg, & Westerberg, 2002; Olesen, Westerberg, & Klingberg, 2004) publiziert, in denen ein AG Training mit gesunden Erwachsenen durchgeführt wurde. Klingberg, Forssberg, & Westerberg (2002; Experiment 2) führten mit gesunden Erwachsenen ein AG Training bestehend aus vier Unteraufgaben durch: (1) Eine visuell-räumliche Spannenaufgabe, wie jene in der Studie von Klingberg et al. (2005; siehe Kapitel 3.5.3). (2) Zahlennachsprechen rückwärts. (3) Buchstaben-Spanne: Eine Reihe von Buchstaben wurde nacheinander vorgesprochen und anschliessend visuell mitgeteilt, welcher Buchstabe (also z.B. den dritten) der Reihe wiederholt werden soll. (4) Wahlreaktionsaufgabe mit go/nogo Charakter (die Vpn sahen zwei graue, horizontal angeordnete Kreise, sobald einer dieser Kreis die Farbe von Grau nach Grün wechselte, musste eine räumlich kongruente Taste so schnell wie möglich gedrückt werden; der Tastendruck sollte aber nicht erfolgen, wenn die Farbe von Grau nach Rot wechselte). Die vierte Aufgabe ist nicht im Bereich des AG anzusiedeln, betrifft aber laut Klingberg, Forssberg, & Westerberg (2002) einen Bereich, in welchem ADHD Kinder wiederholt Defizite aufweisen, deshalb wurde diese Aufgabe auch ins Training integriert. Die Autoren geben an, nach fünfwöchigem Training neben spezifischen Trainingseffekten, auch generalisierende Auswirkungen auf die Stroop-Aufgabe (Stroop, 1935) und die Advanced Progressive Matrices (APM; Raven, 1990) festgestellt zu haben. Vor allem die Verbesserung in den APM ist erstaunlich, da die Ergebnisse dieses Tests als ein Mass für fluide Intelligenz gelten, welches wiederum mit AG Kapazität gleichgesetzt wird (Engle, Kane, & Tuholski, 1999; Engle, Tuholski, Laughlin, & Conway, 1999) und als ein fixes, unveränderliches Mass angesehen wird (Oberauer, Süss, Schulze, Wilhelm, & Wittmann, 2000). Allerdings weist die Studie von Klingberg et al. (2002) wiederum einige Schwachpunkte auf, die dieses Resultat wenig aussagekräftig machen: die Resultate wurden an einer Stichprobe von lediglich vier Personen erhoben und als Kontrollgruppe diente eine Gruppe von Kindern, die in entscheidenden Faktoren, wie zum Beispiel dem Alter, nicht mit der Experimentalgruppe vergleichbar ist. Park & Ingles (2001) jedoch zeigten in ihrer Meta-Analyse überzeugend, dass bei fehlender

Kontrollgruppe die Effektgrössen überschätzt werden, weshalb auf eine mit der Experimentalgruppe vergleichbare Kontrollgruppe nicht verzichtet werden kann, um z.B. Test-Wiederholungseffekte reliabel auszuschliessen.

Die Zweifel an entfernten Transfer-Effekten werden durch die Resultate von Olesen et al. (2004) verstärkt. In dieser Studie wird von zwei Experimenten berichtet, in denen das gleiche Trainingsprogramm wie bei Klingberg, Forssberg, & Westerberg (2002) verwendet wurde. Das Ziel dieser Studie war es, funktionelle Trainingsveränderungen durch bildgebende Verfahren aufzuzeigen. Nach einem fünfwöchigen Training resultierte in den Verhaltensmassen aber lediglich in der Stroop-Aufgabe (Stroop, 1935) eine signifikante Verbesserung in einer Transferaufgabe, die über einen einfachen Wiederholungseffekt hinausging. In den anderen Aufgaben (APM und Zahlennachsprechen) fanden sich keine überzeugenden Effekte. Für eine etwas ausführlichere Kritik an Olesen et al. (2004) siehe Jonides (2004).

3.6 Rahmenbedingungen für ein erfolgreiches Arbeitsgedächtnistraining

Obwohl die Studien, die sich mit AG Training bei gesunden Erwachsenen auseinandersetzen, teilweise methodisch nicht überzeugen können (z.B. Klingberg, Forssberg, & Westerberg (2002) haben in Experiment 2 in der Kontrollgruppe Kinder und in der Experimentalgruppe junge Erwachsene untersucht), so scheint es trotzdem eine schwache Evidenz dafür zu geben, dass es möglich ist, ein erfolgreiches AG Training in einer gesunden Stichprobe durchzuführen (Olesen, Westerberg, & Klingberg, 2004) und Transfer-Effekte zu erreichen. Diese Evidenz wird zusätzlich durch Befunde von Studien mit ADHD Kindern, schizophrenen Patienten und Ergebnissen der Aufmerksamkeitsrehabilitation unterstützt, welche aber ebenfalls methodisch nicht ganz zu überzeugen wissen: obwohl ein AG Training gemäss der vorhandenen Trainingsliteratur nicht unmöglich erscheint, so weisen die Resultate jedoch insgesamt auf eher geringe Transfer-Effekte hin. Dies ist im Hinblick auf die Transferliteratur (siehe Kapitel 2) nicht verwunderlich, werden doch kaum jemals grössere Transfer-Effekte berichtet. Entsprechend lassen sich auch keine klaren Aussagen ableiten, welches Trainingsparadigma zu bevorzugen ist und welche Parameter notwendigerweise wie berücksichtigt werden müssen. Trotz dieser etwas pessimistischen Aussicht für ein erfolgreiches AG Training, verliert die Hoffnung auf ein Training, das entfernte Transfer-Effekte in verschiedenen kognitiven Bereichen zur Folge hat, nicht an Attraktivität. Klingberg und Mitarbeitende haben einen guten Anfang mit ihrem Trainingsparadigma gemacht, doch konzeptuell eingebettet werden die Befunde nicht, sondern hängen ausschliesslich am verwendeten Paradigma. Um die Validität dieser Trainingsmethode nachzuweisen, ist es unumgänglich, den Trainingserfolg mit anderen Trainingsparadigmen zu bestätigen und den gewonnen Erkenntnissen einen theoretischen Rahmen zu geben. Ich bin davon überzeugt, dass solche Fortschritte dann auch einen wesentlichen Einfluss auf aktuelle Theorienbildungen im Bereich des AG haben werden. Mit der soweit berichteten Literatur als Grundlage, gehe ich davon aus, dass ein AG Training erfolgreich sein kann, wenn gewisse Rahmenbedingungen erfüllt sind:

- Eine ideale Trainingsaufgabe sollte es ermöglichen, die persönliche Leistung zu steigern, dies darf jedoch nicht durch die Entwicklung oder Perfektionierung von aufgabenbezogenen Strategien passieren, denn es sollte das AG trainiert werden und nicht der Umgang mit aufgabenspezifischen Strategien.
- Ein AG Training setzt ein Paradigma voraus, welches die Anforderungen an eine AG Aufgabe erfüllt (Daneman & Carpenter, 1980; Oberauer, 2005), d.h. es müssen sowohl Speicher-, als auch Verarbeitungskomponenten im Training berücksichtigt werden. Idealerweise sollte die Trainingsaufgabe möglichst viele Prozesse, die mit dem AG in Zusammengang stehen, für eine erfolgreiche Aufgabendurchführung beanspruchen. Vorhandene Studien haben diesen Punkt unter anderem so umgesetzt, dass eine breitere Palette von verschiedenen Trainingsaufgaben verwendet wurde (z.B. Klingberg et al., 2005; Klingberg, Forssberg, & Westerberg, 2002; Olesen, Westerberg, & Klingberg, 2004).
- Das Trainingsniveau sollte individuell anpassbar sein, damit man einerseits den interindividuellen Unterschieden in der AG Kapazität (z.B. de Ribaupierre, 1995) gerecht werden kann, andererseits sollte es aber auch möglich sein, mit zunehmender Trainingsdauer und Expertise in der Trainingsaufgabe die Aufgabenschwierigkeit zu erhöhen.
- Eine hohe Trainingsintensität kann motivationale Probleme mit sich bringen, d.h. die Gefahr, dass nach einer gewissen Trainingszeit die Lust dazu fehlt, ernsthaft bei der Sache zu bleiben. Um dem entgegenzuwirken, sollte die Aufgabe adaptiv (Klingberg et al., 2005; Klingberg, Forssberg, & Westerberg, 2002; Olesen, Westerberg, & Klingberg, 2004; Tallal et al., 1996) gestaltet sein: Erreicht die Versuchsperson (Vp) eine gewisse Expertise in der Trainingsaufgabe, dann wird diese schwieriger, ist die Leistung zu schlecht, dann wird die Aufgabe leichter. Diese Adaptivität hat zur Folge, dass die Vp regelmässig Erfolgserlebnisse hat, jedoch auch regelmässig mit jener Aufgabenschwierigkeit trainiert, die sie gerade nicht schafft. Ein ideales Medium für die Umsetzung dieser Adaptivität stellt ein computerbasiertes Training dar, bei welchem die aktuelle Schwierigkeit kontinuierlich der aktuellen Probandenleistung angepasst werden kann.

- Die Trainingsdauer muss so gewählt werden, dass durch das Training die intendierten Effekte (d.h. zumindest eine Leistungssteigerung in der Trainingsaufgabe) auch einsetzen können. Nur wenn eine signifikante Verbesserung in der Trainingsaufgabe nachweisbar ist, besteht überhaupt die Möglichkeit, anzunehmen, dass Transfer-Effekte aufgrund des Trainings auftreten (Willis, 2001). Allerdings sollte das Training dabei auch effektiv sein und Erfolge sollten in möglichst kurzer Zeit erreichbar sein, damit das Training sich auch gewinnbringend in angewandten Settings, wie z.B. der Rehabilitation, einsetzten lässt. Strategienbasierte Trainings zeigen in der Regel schon nach ungefähr 5 Trainingssessionen von jeweils 1.5 Stunden Dauer einen nachweisbaren, aufgabenbezogenen Effekt (Verhaeghen, Marcoen, & Goossens, 1992).

Meine Hypothese ist, dass ein AG Training dann erfolgreich sein kann, wenn diesen Punkten bei der Trainingsumsetzung genügend Rechnung getragen wird. Es ist jedoch gut möglich, dass der Umfang der aufgeführten Punkte zu gross ist und gewisse Punkte nicht wesentlich zum Trainingserfolg beitragen, oder dass auch wesentliche Punkte, die entscheidend zum Trainingserfolg beitragen, nicht aufgeführt sind. Als Ausgangpunkt für die im Folgenden berichteten Untersuchungen im Gebiet des AG Training scheinen mir diese Rahmenbedingungen jedoch geeignet, nicht zuletzt auch deshalb, weil es derzeit in dieser Art und Weise keine Richtlinien oder eine Festlegung derjenigen Parameter gibt, die zu einem erfolgreichen Trainingserfolg führen.

Gewisse Punkte, wie beispielsweise jener der Adaptivität, sind wesentlich einfacher umzusetzen, als andere, wie z.B. jenen, dass die Entwicklung aufgabenspezifischer Strategien nicht möglich sein sollte. Unter der Berücksichtigung dieser Rahmenbedingungen werde ich im Folgenden nun verschiedene Experimente vorstellen, in denen ich verschiedene AG Trainings-Paradigmen mit unterschiedlichen Probandengruppen durchgeführt habe. Ich werde dabei mit Untersuchungen bei jungen Erwachsenen beginnen und dann Experimente mit älteren Menschen ab 70 Jahren vorstellen.

Das methodische Vorgehen bei meinen Untersuchungen ist mit der Ausnahme von Experiment 3 jeweils vergleichbar. Vor und nach dem Training wird zur Quantifizierung des Trainingerfolgs eine Reihe von verschiedenen

Aufgaben aus unterschiedlichen kognitiven Bereichen durchgeführt. Ein statistischer Vergleich der Vor- mit der Nachuntersuchung lässt eine Aussage über die Wirksamkeit der Trainingsintervention zu. Wird jedoch ausschliesslich die Experimentalgruppe in der statistischen Auswertung berücksichtigt, dann werden die Effektstärken in den einzelnen Aufgaben überschätzt (N. W. Park & Ingles, 2001; Willis, 2001). Damit diese korrigiert und auftretende Testwiederholungseffekte kontrolliert werden können, ist es notwendig, eine mit der Experimentalgruppe vergleichbare Kontrollgruppe zu testen. Die Kontrollgruppe kann dabei aktiv sein, d.h. eine Intervention erhalten, von der man nicht ausgeht, dass sie einen positiven Effekt auf die Vor- und Nachtestung hat, oder inaktiv sein, d.h. ausschliesslich die Vor- und Nachtestung ohne eine dazwischen liegende Intervention wird durchgeführt. Für eine eingehendere Diskussion über Kontrollgruppen, siehe Willis (2001).

4. Arbeitsgedächtnistraining mit jungen Erwachsenen

Den Startpunkt meiner Untersuchungen zum AG Training bilden zwei Studien, die mit jungen Erwachsenen durchgeführt wurden. Basierend auf publizierten Trainingsstudien mit jungen Erwachsenen (Klingberg, Forssberg, & Westerberg, 2002; Olesen, Westerberg, & Klingberg, 2004) versuchten wir, die darin berichteten Transfer-Effekte zu replizieren, allerdings verwendeten wir mit der *n*-back Trainingsaufgabe ein ganz anderes Trainingsparadigma als Klingberg und Mitarbeitende. In Experiment 1 berichte ich von einer Studie, die eine der verschiedenen von Klingberg und Mitarbeitenden eingesetzten Trainingsaufgaben enthielt. Wichtig ist der Einsatz eines AG Trainings aber auch dort, wo die trainierte Zielgruppe von einem positiven Trainingeffekt im Alltag profitieren könnte. Das betrifft z.B. Hirnverletzte oder Kinder mit Entwicklungsstörungen oder aber auch ältere Menschen, die mit einem progredienten kognitiven Abbau konfrontiert sind. Da mit solchen Menschen ein *n*-back Training unmöglich erscheint, habe ich ein weiteres Trainingsparadigma entwickelt, das sich am RST von Daneman & Carpenter, (1980) orientiert und das wir in einem ersten Schritt in Experiment 2 bei jungen Erwachsenen eingesetzt haben.

4.1 *n*-back Training mit jungen Erwachsenen

In zwei Studien untersuchten wir (Buschkuehl, Jaeggi, Blaser, & Perrig, submitted), ob es möglich ist, ein AG Training mit einer *n*-Back Aufgabe durchzuführen. Das Ziel der ersten Studie war es, zu überprüfen, ob es mit der ausgewählten *n*-back Aufgabe unter Berücksichtigung der im obigen Kapitel aufgeführten Punkte möglich ist, Transfer-Effekte aufzuzeigen. Die zweite Studie diente einerseits als Replikation und andererseits als Erweiterung des ersten Experiments. Da diese Studien den zentralen Ausgangspunkt meiner Dissertation darstellen und einige Aufgaben der Vor- und Nachtestung auch in den nachfolgend berichteten Experimenten verwendet werden, ist die Beschreibung zum Teil etwas ausführlich.

Die *n*-back Aufgabe wird hauptsächlich im Bereich der funktionellen Bildgebung eingesetzt und erlaubt eine parametrische Variation der Aufgabenschwierigkeit. Den Probanden wird eine Abfolge von Stimuli dargeboten und es muss immer dann auf einen Stimulus geantwortet werden, wenn der aktuelle Stimulus mit jenem identisch ist, der *n* Stellen zuvor bereits präsentiert wurde. Je höher das *n* ist, desto komplexer und schwieriger ist die Aufgabe. Eine erfolgreiche Durchführung der *n*-back Aufgabe erfordert das vorübergehende Speichern von *n* Items und ein Updaten des vorhandenen Speicherinhalts beim Erscheinen jedes neuen Items, d.h. es werden sowohl Speicher- als auch Verarbeitungsprozesse benötigt.

Auf einer detaillierten Ebene führen Jonides et al. (1997) in ihrer Aufgaben-Analyse aus, welche Prozesse für die Ausführung einer *n*-back Aufgabe erforderlich sind: In einem ersten Schritt muss der gezeigte Stimulus (1) enkodiert werden, darauf muss er durch (2) Speicherung für zukünftige Entscheidungen verfügbar gehalten werden. (3) *rehearsal*-Prozesse können verwendet werden, um Gedächtnisinhalte aufzufrischen. In einem (4) Vergleichsprozess muss entschieden werden, ob der aktuelle Stimulus mit jenem identisch ist, der *n* Stellen zuvor schon gezeigt wurde. Dabei muss die (5) zeitliche Ordnung der Stimuluspositionen aufrechterhalten werden. (6) Inhibitionsprozesse werden benötigt, um die Gedächtnisspuren der ältesten Stimuli abzuschwächen, so dass sie durch neuere Stimuli ersetzt werden können. Schliesslich ist ein (7) Antwortprozess erforderlich, um angemessen

zu reagieren. Durch die gleichzeitige Beanspruchung von Speicher- und Verarbeitungskomponenten wird das AG System bei der Durchführung der *n*-back Aufgabe intensiv beansprucht, so dass die *n*-back die Anforderungen einer AG Aufgabe erfüllt (Oberauer, 2005).

Damit die *n*-Back Aufgabe noch intensiver wird (d.h. noch mehr Prozesse für eine erfolgreiche Durchführung in einem Trial involviert werden) und damit den Anforderungen an eine geeignete Trainingsaufgabe, wie in Kapitel 3.6 ausgeführt, noch besser gerecht wird, führten wir die Aufgabe in einem *dual-task* Paradigma (siehe z.B. Jaeggi et al., 2003) durch, d.h. es muss gleichzeitig auf visuell-räumliche *und* auditiv präsentierte Stimuli reagiert werden.

Die Trainingsaufgabe

Konkret war die verwendete *n*-back Aufgabe so aufgebaut, dass die Vpn visuell-räumliche Stimuli auf einem Computerbildschirm und gleichzeitig auditive Stimuli über einen Lautsprecher präsentiert bekamen. Die visuell-räumlichen Stimuli bestanden aus blauen Quadraten, die an einer von acht verschiedenen Positionen erscheinen konnten. Die auditiven Stimuli setzten sich aus acht verschiedenen Konsonanten (c, g, h, k, p, q, t, w) zusammen, die von einer weiblichen Stimme gesprochen wurden und aufgrund der auditiven Diskriminierbarkeit ausgewählt wurden. Die Aufgabe bestand nun daraus, gleichzeitig auf die visuell-räumlichen und die auditiven Stimuli zu reagieren. Immer dann, wenn der visuell-räumliche Stimulus mit jenem identisch war, der *n* Stellen zuvor gezeigt wurde, dann musste mit dem linken Zeigefinger die Taste „A“ auf der Computertastatur gedrückt werden. Für auditive Stimuli musste mit dem rechten Zeigefinger auf die Taste „L“ gedrückt werden, wenn der auditive Stimulus mit jenem identisch war, der *n* Stellen zuvor zu hören war. Das *n* war jeweils für beide Modalitäten identisch.

Eine Trainingssession bestand aus 20 Durchgängen. Ein Durchgang wiederum setzte sich aus 20+*n* Trials zusammen und wurde jeweils auf der gleichen Stufe (z.B. 2-back) durchgeführt. Pro Durchgang musste in 10 Trials keine Antwort, in vier Trials nur auf visuell-räumliche, in vier Trials nur auf auditive und in zwei Trials auf beide Stimulusarten reagiert werden. Total musste also sechs Mal auf visuell-räumliche und sechs Mal auf auditive Stimuli reagiert werden. Die Targets wurden von der Software an zufällig ausgewählten Positionen präsentiert (aufgrund des Charakters der Aufgabe kam in den ersten *n* Trials kein Target vor). Der Ablauf der verwendeten Aufgabe ist in Abbildung 3 schematisch für eine 1-back und eine 2-back Aufgabe dargestellt.

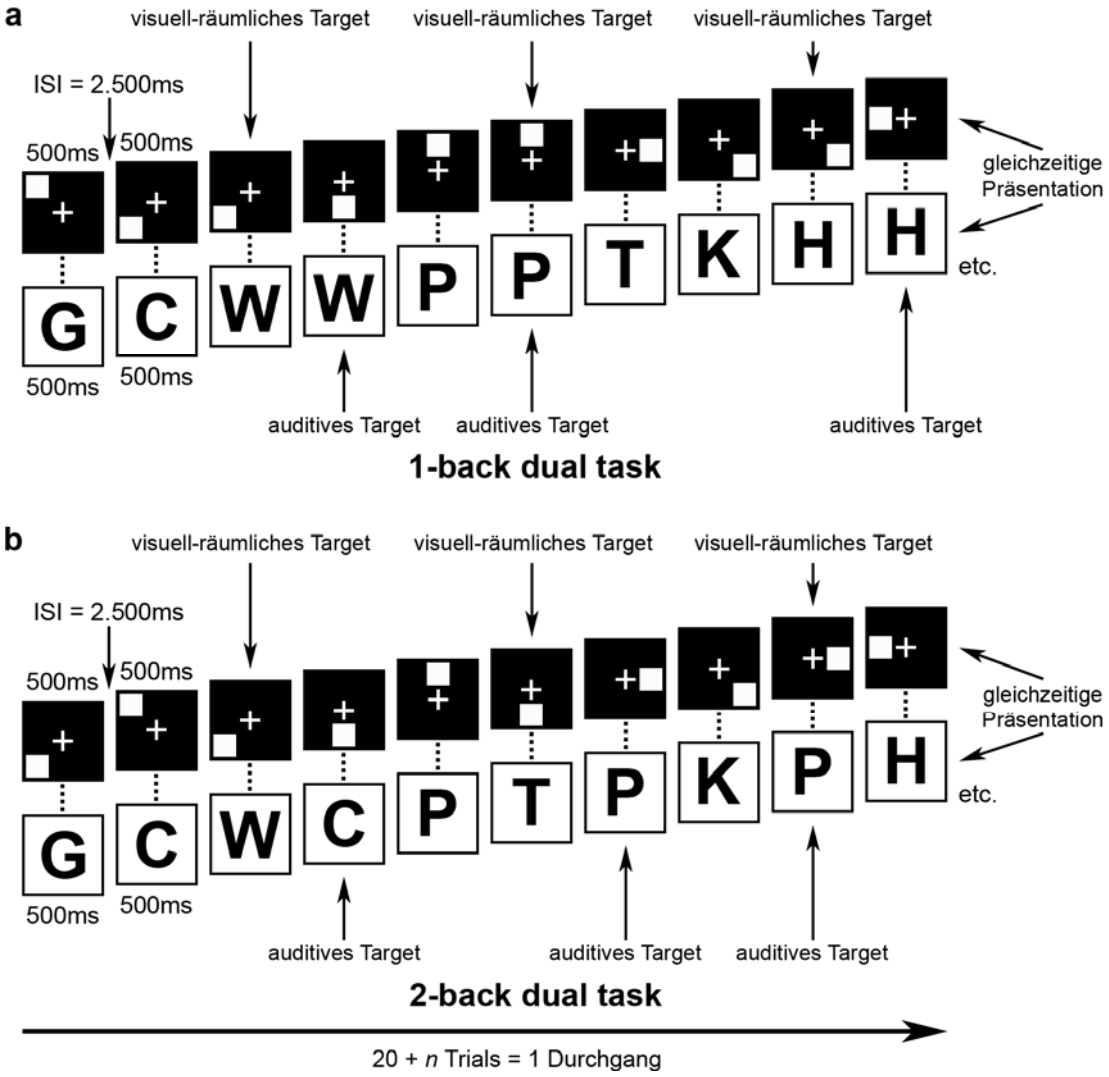

Abbildung 3. Darstellung des Ablaufs der *n*-back Aufgabe am Beispiel einer 1-back (a) und einer 2-back (b) Aufgabe. Es wird eine kontinuierliche Sequenz von Stimuli gleichzeitig in der visuellen und auditiven Modalität dargeboten. Immer dann, wenn der aktuelle Stimulus mit jenem vor *n* Stellen übereinstimmt, muss eine definierte Taste gedrückt werden.

Die Schwierigkeit der Aufgabe wurde nach jedem Durchgang an das aktuelle Können der Vp adaptiert: Machte die Vp weniger als drei Fehler, wurde die *n*-back Stufe um 1 erhöht, wurden mehr als 5 Fehler gemacht, wurde die *n*-back Stufe um 1 vermindert, andernfalls blieb die *n*-back Stufe unverändert.

Erste Studie

In einem ersten Experiment nahmen 23 Vpn (davon 11 Männer) mit einem Durchschnittsalter von 24.5 Jahren (*SD* = 4) teil. Die Experimentalgruppe (N = 8) trainierte mit der beschriebenen *n*-back Aufgabe. Weiter gab es eine Kontrollgruppe 1 (N = 8), die kein Training absolvierte und eine Kontrollgruppe 2 (N = 7), die ein in der Dauer mit dem *n*-back Training vergleichbares Trainingsprogramm durchführte, wobei als Trainingsaufgaben nicht-adaptive Reaktionszeitaufgaben verwendet wurden. Kontrollgruppe 1 diente dazu, um Aufgabenwiederholungseffekte zu kontrollieren, Kontrollgruppe 2 wurde in den Versuchsaufbau aufgenommen, um generelle Aspekte der Trainings- und Testprozedur zu kontrollieren. Darunter fallen beispielsweise die Zeit, die mit dem Computer verbracht wurde, die Interaktion mit der VL und die steigende Vertrautheit mit dem Prozedere insgesamt.

Zunächst absolvierten die Experimentalgruppe und die Kontrollgruppe 2 zwei Trainingssessionen, bevor die Vortestung durchgeführt wurde. Dieses konservative Vorgehen wurde deshalb gewählt, damit sich die Vpn an

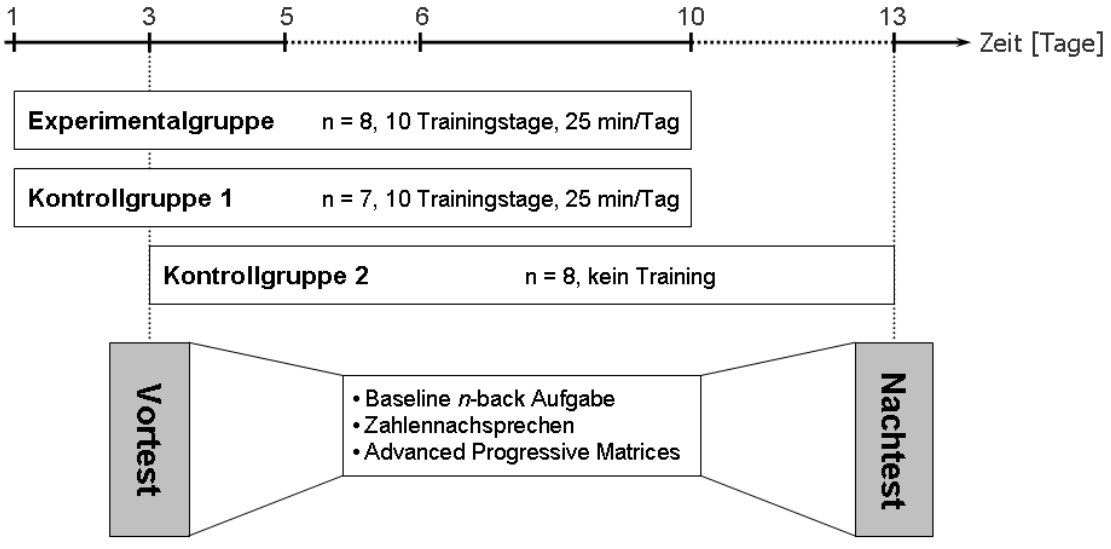

Abbildung 4. Zeitlicher Ablauf der Intervention von Studie 1. Ebenfalls angegeben sind die verwendeten Aufgaben der Vor- und Nachtestung.

die VL und die Trainingsaufgabe gewöhnen konnten, bevor die Vortestung durchgeführt wurde. Direkt nach der Vortestung wurde am gleichen Tag nochmals trainiert. Darauf folgten zwei weitere Trainingstage, bevor zwei Tage nicht trainiert wurde (Wochenende). In der darauf folgenden Woche wurde an jedem Tag trainiert, bevor dann zwei Tage nach Trainingsende schlussendlich die Nachtestung durchgeführt wurde. Die Kontrollgruppe 1 hatte in Bezug zur Vor- und Nachtestung den gleichen zeitlichen Abstand, absolvierte jedoch in der Zwischenzeit kein Training. Der zeitliche Ablauf der Trainingsstudie ist in Abbildung 4 dargestellt.

Bei der Auswahl der Transferaufgaben beschränkten wir uns in der ersten Studie auf einige wenige Tests, da das Ziel lediglich darin bestand, herauszufinden, ob das Paradigma geeignet ist, um Transfer-Effekte aufzuzeigen. Entsprechend berichte ich hier die Ergebnisse des

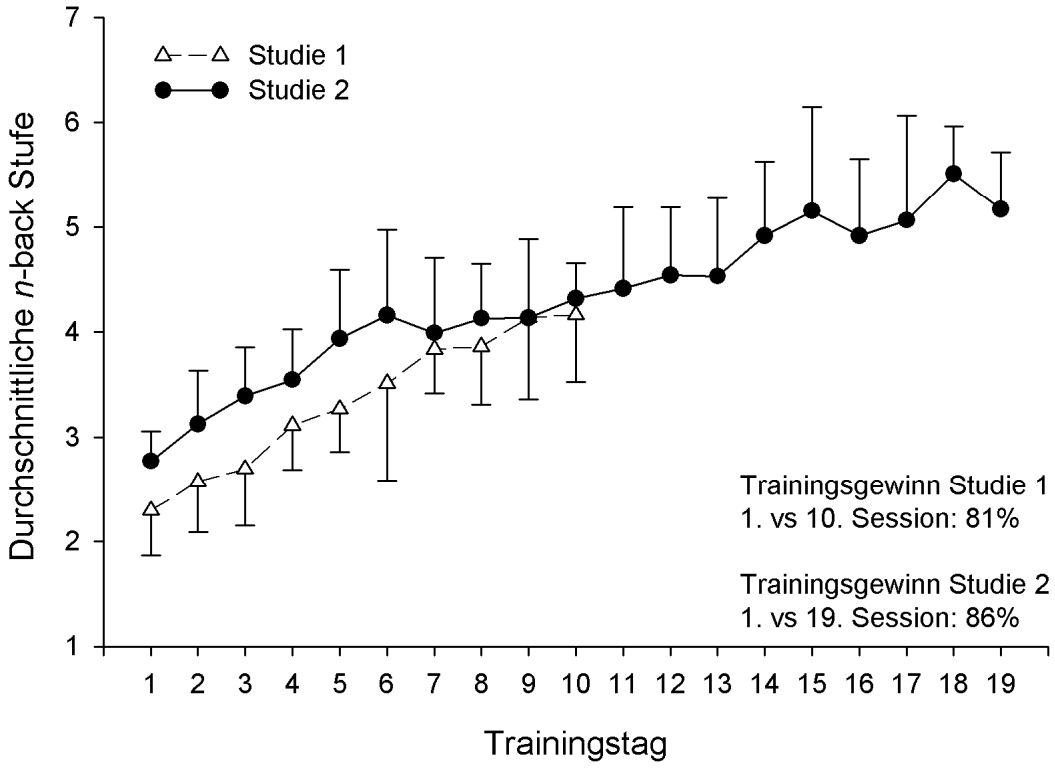

Abbildung 5. Verlauf der Trainingskurve für die beiden Experimente von Buschkuehl, Jaeggi, Blaser, & Perrig (submitted). Ebenfalls angegeben ist der Standardfehler (*standard error of the mean*, *SEM*). In beiden Studien zeigte sich eine signifikante Leistungssteigerung in der trainierten Aufgabe beim Vergleich der ersten mit der letzten Trainingssession. Die qualitativ vergleichbaren Verläufe (betreffend den ersten 10 Trainingstagen) legen eine reliable spezifische Leistungssteigerung nahe.

Zahlennachsprechens vorwärts und rückwärts (Tewes, 1994; siehe auch Experiment 2) und die Ergebnisse der Advanced Progressive Matrices (Raven, 1990), einem fluiden Intelligenzmass (für diesen Test gibt es keine Parallelversionen, weshalb in der Vortestung alle ungeraden und in der Nachtestung alle geraden Items vorgegeben wurden).

Wie weiter oben ausgeführt, ist es notwendig zu überprüfen, ob spezifische Trainingseffekte, d.h. Verbesserungen in der trainierten Aufgabe eingetreten sind, denn lediglich unter dieser Voraussetzung kann man eine kausale Verbindung zwischen Trainings- und Transfer-Effekt postulieren (Willis, 2001). Der Verlauf der Trainingskurve ist in Abbildung 5 dargestellt (gestrichelte Linie). Von der ersten zur letzten Trainingssession resultierte ein Trainingsgewinn von 81%, von der dritten zur letzten Session waren es noch 54%. Beide Vergleiche erwiesen sich als statistisch signifikant.

Die varianzanalytische Auswertung der Vor- und Nachtestung zeigte signifikante Haupteffekte für das Zahlennachsprechen vorwärts und rückwärts, sowie eine signifikante Testzeitpunkt x Gruppe Interaktion für das Zahlennachsprechen vorwärts, wobei sich die Experimentalgruppe in der Posttestung verbesserte, nicht aber die Kontrollgruppe. Keine Effekte liessen sich für das fluide Intelligenzmass finden. Die exakten Mittelwerte, die Effektgrössen und die Resultate der Einzelvergleiche zwischen Vor- und Nachtestung sind in Tabelle 1 wiedergegeben.

Tabelle 1. *n*-back Training – Studie 1: Deskriptive Daten und Effektgrössen für das Zahlennachsprechen und Raven's APM, getrennt nach Experimental- und Kontrollgruppen. Ebenfalls dargestellt sind die statistischen Kennwerte der Einzelvergleiche von Vor- zu Nachtest.

		Vortest		**Nachtest**		**Vor- vs Nachtest**		
Zahlennachsprechen		***M***	***(SD)***	***M***	***(SD)***	***t-Wert***	***p***	***ES***
Vorwärts	Experimentalgruppe	7.00	*(1.60)*	9.50	*(1.93)*	$t(7) = 4.41$	**	1.41
	Kontrollgruppe 1	7.25	*(2.60)*	7.50	*(1.60)*			0.12
	Kontrollgruppe 2	7.57	*(2.99)*	8.57	*(1.99)*			0.39
Rückwärts	Experimentalgruppe	7.38	*(1.85)*	9.13	*(1.96)*	$t(7) = 5.58$	***	0.92
	Kontrollgruppe 1	6.88	*(2.03)*	8.00	*(2.27)*			0.52
	Kontrollgruppe 2	7.43	*(1.62)*	8.29	*(2.21)*			0.44
APM								
	Experimentalgruppe	13.75	*(2.92)*	14.00	*(2.93)*			0.21
	Kontrollgruppe 1	11.75	*(2.25)*	12.13	*(2.59)*			0.21
	Kontrollgruppe 2	14.43	*(2.88)*	12.86	*(1.46)*			0.82

M = Mittelwert; *SD* = Standardabweichung; *ES* = Effektstärke.
** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$ (nur signifikante Werte sind angegeben; 2-seitige *t*-Tests).

Die nicht existenten Transfer-Effekte bei den APM stehen in Kontrast zu den Befunden von Klingberg, Forssberg, & Westerberg (2002). Allerdings überzeugt die Studie von Klingberg und Mitarbeitenden methodisch – wie bereits angesprochen – nicht. Auch fehlt in der Studie von Olesen, Westerberg, & Klingberg (2004) der überzeugende Nachweis für eine Replikation der Befunde in den APM. Doch auch die hier gewonnen Ergebnisse müssen mit Vorsicht betrachtet werden, da einige Vpn in der Vor- und Nachtestung die maximale Punktzahl erreicht hatten, so dass sie sich gar nicht mehr verbessern konnten. Es scheint so, als ob das Vorgehen, die APM in zwei Tests aufzuteilen, nicht angemessen ist, um in einer so kurz aufeinander folgenden Vor- und Nachtestung Transfer-Effekte nachzuweisen. Trotzdem sprechen die Resultate im Zahlennachsprechen vorwärts dafür, dass sich mit dem gewählten Trainingsparadigma Transfer-Effekte erreichen lassen. Aufgrund der ähnlichen Prozesse, die für die erfolgreiche Ausführung der *n*-back Aufgabe und des Zahlennachsprechens vorwärts benötigt werden, muss man allerdings von einem nahen Transfer sprechen.

Die zweite Studie hatte verschiedene Ziele. Zum einen wollten wir schauen, ob sich der gefundene Transfer-Effekt replizieren lässt und zum anderen wollten wir überprüfen, ob sich die Transfer-Effekte auch in weiteren Aufgaben zeigen würden. Weiter wollten wir überprüfen, ob eine längere Trainingszeit zu zusätzlichen spezifischen Trainings-Effekten und damit auch besseren Transfer-Effekten führen würde.

Zweite Studie

Wir verwendeten das gleiche *n*-back Trainingsparadigma wie in der ersten Studie, verlängerten aber die Trainingszeit auf 19 Trainingstage. Es nahmen 16 Vpn an der Studie teil, die in zwei gleich grosse Gruppen, eine Experimentalgruppe und eine inaktive Kontrollgruppe[1] aufgeteilt waren. Aufgrund von fehlenden Trainingsdaten musste eine Vp aus der Experimentalgruppe von der weiteren Datenanalyse ausgeschlossen werden.

Die Vor- und Nachtestung wurde erheblich erweitert und umfasste nun eine ganze Reihe von Aufgaben, mit denen verschiedenste kognitive Bereiche

[1] Eine Kontrollgruppe, mit der lediglich die Vor- und Nachtestung durchgeführt wird.

erfasst wurden. Die folgenden Verfahren wurden eingesetzt (eine genauere Beschreibung dieser Aufgaben wird an den in Klammern angegebenen Stellen gemacht): Zahlennachsprechen (siehe Experiment 1 – Kapitel 4.2.1), visuell-räumliche Spanne (siehe Anhang A), Reading Span Aufgabe (RST; ein Mass zur Messung der AG Kapazität: siehe Experiment 4 – Kapitel 5.2.1), Stroop-Aufgabe (siehe Experiment 1 – Kapitel 4.2.1), Zahlen-Symbol-Test (ein komplexes Arbeitsgeschwindigkeitsmass: siehe Experiment 3 – Kapitel 5.1.1), Priming (siehe Anhang A), episodisches Gedächtnis (Lernen und Abrufen von 20 Wörtern: siehe Anhang A), Bochumer Matrizentest (BOMAT; ein fluides Intelligenzmass: siehe Anhang A).

Auch in dieser zweiten Untersuchung zeigten sich spezifische, statistisch signifikante Trainingseffekte, die in Abbildung 5 veranschaulicht sind (durchgezogene Linie). Die erreichte Steigerung von der ersten zur letzten Trainingssession betrug im Mittel 86%. Die Trainingsdaten dieser 2. Studie replizierten die Trainingsbefunde der 1. Studie und deuten auf eine reliable Trainingsintervention.

Hinsichtlich der Vor- und Nachtestung fanden sich verschiedene signifikante Interaktionen zwischen Experimental- und Kontrollgruppe. So zeigten sich Transfer-Effekte für den Reading Span Task, den verzögerten Abruf im episodischen Gedächtnistest, den BOMAT und das Zahlennachsprechen rückwärts. Die Mittelwerte, Effektstärken und Resultate der statistischen Einzelvergleiche können der Tabelle 2 entnommen werden.

Bei den beobachteten Transfer-Effekten sind speziell die Effekte bei der freien Erinnerung und dem fluiden Intelligenzmass hervorzuheben. Mir ist derzeit keine Studie bekannt, die in einem solchen Ausmass solche starken und entfernten Transfer-Effekte aufzeigen konnte.

Die Befragung der Probanden nach den in der Trainingsaufgabe verwendeten Strategien ergab, dass es keine Strategien zu geben schien, die dominant verwendet oder ausserordentlich erfolgreich einsetzbar war. Es fiel den Probanden sogar sehr schwer zu berichten, in welcher Art und Weise sie an die Aufgabe herangingen. Weiter gab es auch keine Anzeichen dafür, dass eventuell im Training erworbene Strategien bei den Transferaufgaben verwendet wurden. Mit zunehmender Trainingszeit liess sich vor allem im zweiten

Experiment eine interessante Beobachtung hinsichtlich der Motivation der Probanden machen. Die zu Beginn eher mässige Begeisterung an der zu trainierenden Aufgabe wich zunehmend einer Begeisterung und vor allem dem Willen, die eigene Leistung in jeder Trainingssession weiter zu steigern. Wir denken, dass dies den erwünschten Effekt des adaptiven Trainings wiederspiegelt.

Tabelle 2. n-back Training – Studie 2: Deskriptive Daten und Effektstärken für die verwendeten Vor- und Nachtests aufgeteilt nach Vor- und Nachtestung und beide Probandengruppen. Ebenfalls dargestellt sind die statistischen Kennwerte der Einzelvergleiche von Vor- zu Nachtest.

		Vortest		Nachtest		Vor- vs Nachtest		
Zahlennachsprechen		***M***	***(SD)***	***M***	***(SD)***	***t-Wert***	***p***	***ES***
Vorwärts	Experimentalgruppe	5.29	*(0.76)*	6.00	*(0.82)*	*t*(6) = 3.87	**	2.06
	Kontrollgruppe	5.88	*(0.83)*	6.38	*(1.06)*			0.78
Rückwärts	Experimentalgruppe	4.71	*(0.95)*	6.29	*(1.38)*	*t*(6) = 2.98	*	1.62
	Kontrollgruppe	6.00	*(1.31)*	5.13	*(2.30)*			0.86
Visuell-räumliche Spanne								
Vorwärts	Experimentalgruppe	6.57	*(0.98)*	6.00	*(1.00)*			0.82
	Kontrollgruppe	6.38	*(1.41)*	6.88	*(1.13)*			0.40
Rückwärts	Experimentalgruppe	6.57	*(1.62)*	6.29	*(0.95)*			0.21
	Kontrollgruppe	6.00	*(1.51)*	6.50	*(1.20)*			0.42
Reading Span Aufgabe								
Spanne	Experimentalgruppe	2.36	*(0.56)*	3.21	*(0.64)*	*t*(6) = 4.07	***	2.16
	Kontrollgruppe	2.88	*(0.64)*	3.06	*(0.62)*			0.56
Stroop Aufgabe								
Lesen	Experimentalgruppe	25.43	*(2.64)*	25.71	*(4.11)*			0.22
	Kontrollgruppe	25.38	*(2.83)*	24.38	*(3.07)*			0.64
Farbbenennen	Experimentalgruppe	39.43	*(3.69)*	35.29	*(3.82)*	*t*(6) = 6.30	***	3.00
	Kontrollgruppe	39.63	*(3.07)*	39.13	*(3.31)*			0.19
Interferenz	Experimentalgruppe	59.57	*(7.23)*	55.57	*(7.74)*	*t*(6) = 2.41	.053	1.30
	Kontrollgruppe	60.50	*(6.09)*	60.63	*(7.05)*			0.03
Zahlen-Symbol Test (Anzahl Kästchen)								
	Experimentalgruppe	81.00	*(8.93)*	80.57	*(10.28)*			0.09
	Kontrollgruppe	70.75	*(10.14)*	78.00	*(8.23)*	*t*(7) = 3.22	*	1.67
Priming Aufgabe								
Generelle Geschwindigkeit	Experimentalgruppe	5622	*(682)*	5980	*(563)*			0.73
	Kontrollgruppe	6838	*(1240)*	7069	*(798)*			0.30
Priming (%)	Experimentalgruppe	47.34	*(13.89)*	53.26	*(4.87)*			0.59
	Kontrollgruppe	50.27	*(15.32)*	55.70	*(7.33)*			0.95
Episodisches Gedächtnis								
Unmittelbarer Abruf	Experimentalgruppe	11.57	*(3.41)*	14.43	*(2.44)*	*t*(6) = 4.51	**	2.88
	Kontrollgruppe	13.25	*(4.59)*	13.50	*(3.34)*			0.13
Verzögerter Abruf	Experimentalgruppe	9.86	*(3.44)*	14.00	*(2.31)*	*t*(6) = 5.00	***	2.99
	Kontrollgruppe	12.00	*(4.69)*	12.00	*(3.82)*			0.00
Fluides Intelligenzmass (BOMAT)								
	Experimentalgruppe	10.14	*(2.67)*	14.71	*(3.55)*	*t*(6) = 6.08	***	3.55
	Kontrollgruppe	11.88	*(2.85)*	13.88	*(3.64)*	*t*(7) = 2.43	*	1.27

Experimentalgruppe: $N = 7$; Kontrollgruppe: $N = 8$.
M = Mittelwert; *SD* = Standardabweichung; *ES* = Effektstärke.
* $p < 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$ (nur signifikante Werte sind angegeben; 2-seitige *t*-Tests).

Wir (Buschkuehl, Jaeggi, Blaser, & Perrig, submitted) gehen davon aus, dass die beobachteten Transfer-Effekte unter anderem der Komplexität der Trainingsaufgabe zuzuschreiben sind. Wie die berichtete Prozess-Analyse der *n*-back Aufgabe (Jonides et al., 1997) zu Beginn dieses Kapitels aufzeigt, werden zur erfolgreichen Durchführung der *n*-back Aufgabe viele verschiedene kognitive Prozesse benötigt. Überlappende Prozesse zwischen der Trainingsaufgabe und den Vor- und Nachtestaufgaben sind nach unserer Ansicht ausschlaggebend für das Auftreten von Transfer-Effekten.

Aufgrund dieser beiden Studien ergeben sich viele neue Fragen, über die Wirkungsweise des Trainings, den potentiellen Einfluss für die Theorienbildung zum AG oder die Anwendungsmöglichkeiten für die Rehabilitation. In den nun folgenden Experimenten mit jungen Erwachsenen gehe ich der Frage nach, inwiefern die Komplexität der Trainingsaufgabe eine entscheidende Determinante für den Trainingserfolg, d.h. das Auftreten von Transfer-Effekten spielt. Um dieser Frage nachzugehen, werden Trainingsprogramme umgesetzt, die eine geringere Komplexität aufweisen als das *n*-back Training. Zudem werden die Aufgaben der Vor- und Nachtestungen um solche Aufgaben ergänzt, die weitere Aussagen bezüglich einer AG Kapazitätsveränderung zulassen sollten.

4.2 Experiment 1: Visuell-räumliches Training mit jungen Erwachsenen

Dieses Experiment hatte zum Ziel, herauszufinden, ob es mit einer im Vergleich zum *n*-back dual-task Paradigma weniger komplexen Aufgabe ebenfalls möglich ist, vergleichbare Transfer-Effekte zu erzielen. Das Trainingsparadigma orientierte sich dabei stark an bereits publizierten Studien (Klingberg et al., 2005; Klingberg, Forssberg, & Westerberg, 2002; Olesen, Westerberg, & Klingberg, 2004) und bestand aus einer visuell-räumlichen Spannenaufgabe. Klingberg und Mitarbeitende verwendeten in ihren Studien jeweils noch drei weitere Trainingsaufgaben (siehe Kapitel 3.3.4). Im Gegensatz zu Klingberg und Mitarbeitenden wurden hier jedoch ausser der visuell-räumlichen Trainingaufgabe keine weiteren Aufgaben verwendet. Dadurch wird es in diesem Experiment möglich, den isolierten Einfluss der visuell-räumlichen Aufgabe zu quantifizieren, was beim Einsatz von mehreren Trainingsaufgaben nicht möglich ist.

Die hier verwendete Trainingsaufgabe erforderte es, von der Software vorgegebene Sequenzen von visuell-räumlichen Stimuli in der richtigen Reihenfolge zu reproduzieren. Im Gegensatz zur *n*-back Aufgabe wird hier zur erfolgreichen Durchführung im Wesentlichen lediglich eine Speicheraufgabe beansprucht, eine gleichzeitige Verarbeitungskomponente ist nicht vorhanden. Ähnlich wie in der oben berichteten *n*-back Aufgabe ist der momentane Schwierigkeitsgrad von der aktuellen Leistung abhängig, d.h., wird eine Sequenz korrekt wiederholt, dann wird die nächstfolgende Sequenz um ein Item erhöht, sonst wird sie um ein Item vermindert. Da die Schwierigkeit bei dieser visuell-räumlichen Aufgabe von Trial zu Trial ändert, ist die Adaptivität im Vergleich zur *n*-back Aufgabe direkter und unmittelbarer, da in der *n*-back Aufgabe die Aufgabenschwierigkeit erst nach jeweils einer Minute, beziehungsweise 20+*n* Trials angepasst wurde.

Im Vergleich zu den Resultaten der *n*-back Aufgaben-Analyse von Jonides et al. (1997), ist diese visuell-räumliche Aufgabe weniger komplex. Ein Trial kann mit folgenden kognitiven Prozessen erfolgreich bewältigt werden: (1) Der aktuelle Erscheinungsort des Stimulus muss enkodiert werden. (2) Der Erscheinungsort des Stimulus muss aufrechterhalten werden. (3) *rehearsal*-Prozesse und/oder implizite Lernprozesse (z.B. Schellig, 1997) sorgen dafür,

dass der aktuelle Stimulus mit den bereits gezeigten Stimuli des aktuellen Trials verknüpft werden (z.B. in der Form eines imaginären visuellen Pfades). (4) Schlussendlich wird ein Antwortprozess benötigt, damit das Ergebnis in der Form von multiplen Mausklicks ausgegeben werden kann.

Die visuell-räumliche Aufgabe unterscheidet sich von der *n*-back Aufgabe zum einen quantitativ in der Anzahl der beteiligten Prozesse, jedoch auch qualitativ in dem Sinn, dass es wesentlich einfacher scheint, aufgabenspezifische Strategien (z.B. in der Form eines imaginären visuellen Pfads) zu entwickeln. Zudem erfüllt die Aufgabe die notwendigen Voraussetzungen, um als AG Aufgabe zu gelten (Daneman & Carpenter, 1980; Oberauer, 2005) nur bedingt, zumal im Wesentlichen nur Speicherungsprozesse nicht aber gleichzeitige Verarbeitungsprozesse für eine erfolgreiche Aufgabendurchführung nötig sind. Sollte es, wie in Kapitel 3.6 erwähnt, tatsächlich notwendig sein, einen gewissen (Mindest-) Grad an Aufgabenkomplexität in der Trainingsaufgabe zu operationalisieren, um Transfer-Effekte aufzeigen zu können, dann sollten mit diesem visuell-räumlichen Training zumindest weniger starke, wenn nicht sogar keine Transfer-Effekte gefunden werden können. Um diese Hypothese zu überprüfen, wurde ein zweiwöchiges Training mit acht Vpn durchgeführt. Vor und nach dem Training wurden verschiedene kognitive Funktionen wie z.B. Kurz- und Langzeitgedächtnis, EF und Verarbeitungsgeschwindigkeit erhoben.

4.2.1 Methode

Versuchspersonen. 18 Vpn nahmen an diesem Experiment teil. 10 Personen (davon 1 Mann) bildeten die Experimentalgruppe und hatten einen Alterdurchschnitt von 25 Jahren (*SD* = 4.8). Die restlichen 8 Vpn (davon 2 Männer) bildeten eine inaktive Kontrollgruppe und waren im Durchschnitt 24.5 Jahre alt (*SD* = 2.6).

Apparate. Die Trainingsaufgabe wurde mit dem Software-Paket E-Prime (Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA) auf einem Microsoft Windows basierten Personal-Computer durchgeführt. Die Aufgaben der Vor- und Nachtestung wurden teilweise ebenfalls mit E-Prime und sonst als Papier-und-Bleistift Version durchgeführt.

Versuchsablauf. Damit sich die Vpn gut an die Trainingsaufgabe und die Versuchsdurchführung im Allgemeinen gewöhnen konnten, wurde mit zwei Trainingstagen (in der Regel Montag und Dienstag) gestartet, bevor dann vor der dritten Trainingssession die Vortestung durchgeführt wurde. Darauf folgten zwei weitere Trainingstage und eine zweitägige Pause, die in der Regel auf das Wochenende fiel. Die darauf folgende Woche wurde jeden Werktag einmal trainiert, bevor dann nach einer weiteren zweitägigen Pause (Wochenende) die Posttestung durchgeführt wurde. Der Versuchsablauf ist somit identisch mit der in Kapitel 4.1 beschriebenen *n*-back Trainingsstudie (Studie 1) und ist in Abbildung 4 dargestellt. Alle Vpn wurden in einem Einzelsetting getestet und trainiert.

Trainingsaufgabe

Das Training konnte mit einem Klick auf eine Maustaste gestartet werden. In einem 4 x 4 Gitter wurde den Vpn nacheinander in den Feldern dieses Gitters ein blauer Punkt präsentiert. Der Punkt wurde für 750ms gezeigt, zwischen zwei Punkten wurde das leere Gitter für 1000ms dargestellt. Die Sequenz wurde in jedem Trial zufällig bestimmt, mit der einzigen Einschränkung, dass der blaue Punkt in keinem Feld mehr als ein Mal erscheinen durfte. Die maximale Länge der Sequenz betrug 16 Items. Die Aufgabe bestand darin, sich die Erscheinungsorte der Punkte in der richtigen Reihenfolge zu merken. Nach dem Ende der Präsentation erschien ein leeres Gitter zusammen mit dem Mauszeiger und am oberen Bildschirmrand erschien die Mitteilung: „Bitte wiederholen Sie die die gerade gezeigte Sequenz“. Darauf mussten die Vpn mit Hilfe der Computermaus auf die entsprechenden Felder des Gitters klicken und die gezeigte Reihenfolge wiederholen. Als Bestätigung eines Mausklicks wurde der blaue Punkt für 250ms im angeklickten Feld angezeigt. Ein Beispieltrial ist in Abbildung 6 dargestellt.

Wurde die Sequenz korrekt wiedergegeben, dann erhöhte sich die Itemlänge der nächsten Reihenfolge um ein Item, ansonsten wurde sie um eines vermindert. Nach jedem Trial erhielt die Vp unmittelbar Rückmeldung, ob die Antwort im aktuellen Trial richtig war. Der nächste Trial startete, sobald eine Maustaste gedrückt wurde. Eine Trainingssession wurde immer mit einer

Sequenzlänge von zwei Items begonnen, wodurch den Vpn bei jedem Trainingsstart eine kurze Aufwärmphase geboten wurde. Die individuelle Leistungsgrenze wurde durch die unmittelbare Adaptivität verhältnismässig rasch erreicht (in der Regel innerhalb von 4 – 5 Trials). Die Trainingszeit pro Trainingssession betrug jeweils 20 Minuten, die Anzahl durchgeführter Trials war dadurch von der Arbeitsgeschwindigkeit der Vp abhängig.

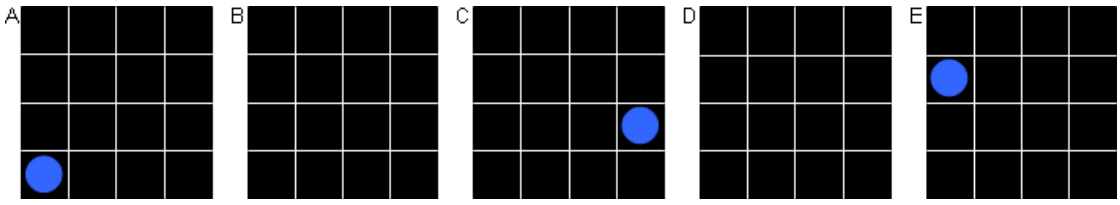

Abbildung 6. Dargestellt ist ein Beispiel des visuell-räumlichen Trainings für einen Trial mit der Länge 3. Nacheinander erschien ein blauer Punkt in verschiedenen Feldern des Gitters (A, C, E). Nach der Präsentation der Sequenz, musste die Vp die gezeigte Reihenfolge mit Hilfe der Computermaus nachklicken. B und D veranschaulichen das Interstimulusinterval.

Aufgaben der Vor- und Nachtestung

Die Aufgaben der Vor- und Nachtestung wurden in der Reihenfolge vorgegeben, wie sie nachfolgend beschrieben werden. Die Testungen dauerten jeweils ungefähr 30 Minuten pro Vp.

Verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest (VLMT). Diese Aufgabe entsprach einer gekürzten Version des publizierten Tests von Helmstaedter, Lendt, & Lux (2001). Zu Beginn der Testung wurde den Vpn 5 Mal die gleiche Liste mit 15 Wörtern vorgelesen. Die Präsentationsgeschwindigkeit betrug 1 Wort pro Sekunde. Nach jeder Präsentation mussten so viele Wörter wie möglich erinnert werden, die Reihenfolge spielte dabei keine Rolle. Am Ende der Testung wurden die Vpn nochmals gebeten, möglichst viele der zu Beginn vorgelesenen Wörter zu wiederholen. Zum Abschluss wurde dann noch ein Rekognitionstest durchgeführt, in dem aus einer Liste mit 30 Wörtern zwischen 15 tatsächlich vorgekommenen Wörtern und 15 Distraktoren unterschieden werden musste. Als abhängige Variable wurde die Anzahl korrekt erinnerter Wörter im verzögerten Abruf erfasst. Für die Nachtestung wurde die im Manual publizierte Parallelform verwendet. Für das Prozedere zur Auswahl der Wörter siehe Helmstaedter, Lendt, & Lux (2001).

Zahlennachsprechen. Diese Aufgabe stammt aus dem *Hamburg-Wechsler Intelligenztest* (Tewes, 1994). Den Vpn wurde eine Sequenz von Zahlen in der Geschwindigkeit von einer Zahl pro Sekunde vorgelesen, die sie anschliessend in der richtigen Reihenfolge wiedergeben mussten. Konnte eine Sequenz einer gegebenen Länge richtig wiederholt werden, dann wurde die Reihenfolge um ein Item verlängert. Dies wurde solange getan, bis die Vp nicht mehr in der Lage war, die Zahlenreihe zu reproduzieren. Jede Sequenzlänge wurde zwei Mal vorgegeben. Für jede richtige Wiederholung einer Sequenz wurde ein Punkt vergeben. Die abhängige Variable entsprach der Summe der erreichten Punkte. In einer Bedingung musste die vorgelesene Sequenz vorwärts, in einer zweiten Bedingung rückwärts wiedergegeben werden. Die Sequenzen waren vordefiniert und für jede Vp identisch. Für beide Bedingungen wurde zu Beginn ein Beispieltrial durchgeführt. In der Vorwärts-Bedingung wurde mit einer Sequenzlänge von drei Items, in der Rückwärts-Bedingung mit einer Länge von zwei Items begonnen. In der Vor- und Nachtestung wurden jeweils die gleichen Zahlensequenzen verwendet.

Block-Tapping-Test. Bei dieser Aufgabe handelte es sich um eine Computerversion des Block-Tapping-Test von Schellig (1997). Die Vpn sahen auf dem Computerbildschirm 9 weisse Quadrate, wobei die Anordnung der Quadrate identisch mit der Papier-Bleistift Version von Schellig (1997) war (siehe Abbildung 7 für eine Darstellung der ungefähren Anordnung der Quadrate). Diese Quadrate wechselten für 1000ms ihre Farbe von weiss nach rot (mit einem Interstimulusintervall von 500ms) und generierten so eine bestimmte Reihenfolge, die sich die Vp einzuprägen hatten. Nach der Präsentation der Reihenfolge musste die Vp mit Hilfe der Computermaus die gezeigte Reihenfolge auf dem Bildschirm nachklicken. Jeder Klick wurde mit einem für 200ms erscheinenden roten Quadrat, welches das betreffende Feld ausfüllte, bestätigt. Es wurde mit einer Länge von drei Items gestartet. Von jeder Länge gab es drei Trials. Der Test wurde automatisch von der Software abgebrochen, wenn die Vp drei Fehler in drei aufeinander folgenden Trials machte. Als abhängige Variable wurde die unmittelbare Blockspanne erhoben, die als die höchste Triallänge definiert ist, die von der Vp mindestens zwei Mal korrekt wiedergegeben wurde. Die maximal mögliche Triallänge be-

trug neun Items. Der Test wurde in einer Vorwärts-Bedingung und anschliessend in einer Rückwärts-Bedingung vorgegeben, d.h. in der zweiten Bedingung mussten die Vpn die gezeigte Sequenz in der umgekehrten Reihenfolge wiederholen (analog zum Zahlennachsprechen rückwärts). Die Darbietung der Reihenfolgen waren in der Vorwärts-Version identisch mit der Papier-Bleistift Version von Schellig (1997). Die gezeigten Sequenzen der Rückwärts-Bedingung entsprachen einer Punktspiegelung der Sequenzen der Vorwärts-Bedingung am zentralen Quadrat. Vor diesen beiden Bedingungen wurde jeweils ein Übungstrial durchgeführt.

Running Memory Span. In Anlehnung an Cowan et al. (2005) wurden den Vpn in einer Geschwindigkeit von 4 Items pro Sekunde, einstellige Zahlen auditiv präsentiert. Die Anzahl der präsentierten Zahlen war zufällig und betrug zwischen 12 und 20 Items. Nach dem Ende der Präsentation mussten die Vpn versuchen, möglichst viele der zuletzt genannten Items per Tastatur zu wiederholen, wobei jedoch nicht mehr als sechs Zahlen eingegeben werden konnten. Den Vpn wurde dabei keine Möglichkeit gegeben, die Eingabe zu korrigieren. Damit jedoch Tippfehler trotzdem ausgeschlossen werden konnten, wurde am Ende jedes Trials nachgefragt, ob ein Tippfehler vorgekommen sei. Solche mit „ja“ beantworteten Trials wurden aus den weiteren Analysen ausgeschlossen. Nach 3 Übungsdurchgängen wurden den Vpn 10 Trials zum Bearbeiten vorgegeben. Die abhängige Variable für eine Vp bestand aus dem Mittelwert der pro Trial korrekt erinnerten Items. Falsch beantwortete Trials gingen nicht in die Analyse ein. Zur theoretischen Einbettung des Verfahrens siehe Kapitel 3.2.2.

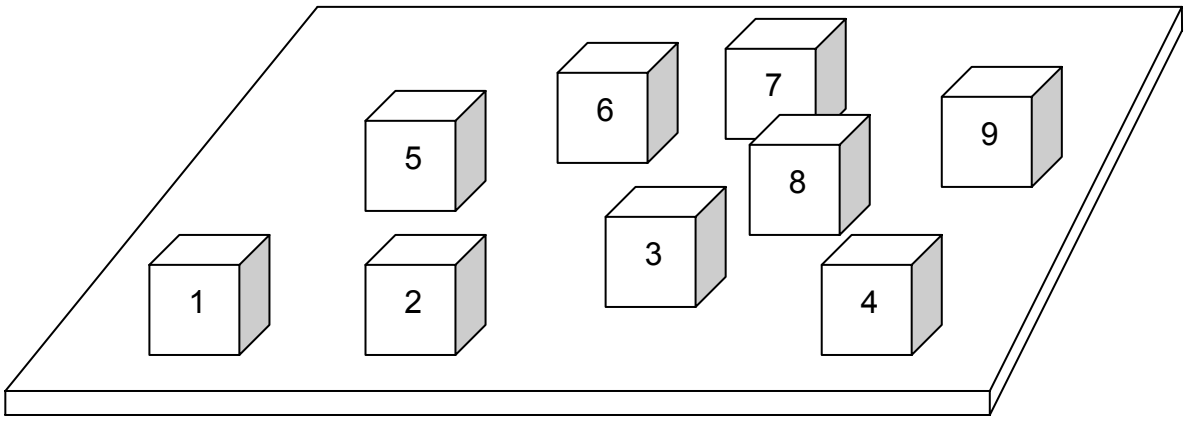

Abbildung 7. Anordnung der Quadrate im Block-Tapping-Test nach Schellig (1997).

Stroop-Aufgabe. Hierbei wurde das publizierte Testverfahren von Bäumler (1985) verwendet, welches auf einer älteren Publikation von Stroop (1935) aufbaut. Der Test bestand aus drei Teilaufgaben: in der ersten Aufgabe mussten die Vpn ein Blatt mit in schwarzer Farbe gedruckten Farbwörtern (z.B. „blau“) so schnell wie möglich vorlesen. In der zweiten Aufgabe mussten Farbstriche so schnell wie möglich benannt werden. In der letzten Interferenz-Bedingung bekamen die Vpn ein Blatt, auf dem Farbwörter geschrieben standen, die jedoch in Farben gedruckt waren, die nicht dem geschriebenen Wort entsprachen (z.B. das Wort „blau“ in roter Farbe). Die Aufgabe bestand nun darin, nicht das Wort zu lesen, sondern die Farbe zu nennen, in der das Wort gedruckt war. In allen Aufgaben handelte es sich ausschliesslich um die Farben Blau, Rot, Grün und Gelb. Als abhängige Variablen wurde die Bearbeitungszeit und die Anzahl Fehler erhoben. Bei den Fehlern wurde zwischen solchen unterschieden, die von den Vp korrigiert wurden und solchen, die unkorrigiert blieben. Vor jeder Teilaufgabe wurde den Vpn ein kurzes Beispiel der folgenden Aufgabe gegeben.

4.2.2 Resultate

Datenanalyse

Um die Leistung der Vpn an den einzelnen Trainingstagen zu quantifizieren, wurden die Sequenzlängen jedes Trials pro Session gemittelt. Davon ausgeschlossen wurden die ersten 3 Trials, die als Aufwärmphase nicht in die Bewertung mit eingingen. Zur statistischen Überprüfung der trainingsinduzierten Veränderung wurden abhängige *t*-Tests gerechnet.

Die Auswertung erfolgte ausschliesslich mit parametrischen Verfahren, da der Kolmogorov-Smirnov innerhalb der beiden Gruppen bei allen abhängigen Variablen auf eine Normalverteilung schliessen liess. Als erstes überprüfte ich, ob sich ein Gruppenunterschied in den in der Vortestung erhobenen Daten feststellen liess. Dies wurde mit unabhängigen *t*-Tests geprüft. Weiter wurden Einzelvergleiche zwischen der Vor- und Nachtestung für die einzelnen Tests aufgeteilt nach Gruppen gerechnet (abhängige *t*-Tests). Um zu bestimmen, ob das Training – und nicht etwa Test-Retest Effekte – eine

signifikante Veränderung von der Vor- zur Nachtestung bewirkte, rechnete ich Varianzanalysen (ANOVA) mit Messwiederholung mit dem *within* Faktor Testzeitpunkt (Vortest vs Nachtest) und dem *between* Faktor *Treatment*-Gruppe (Experimentalgruppe vs Kontrollgruppe). Damit die Effekte von vorhandenen Gruppenunterschieden in der Vortestung ausgeschlossen werden konnten, rechnete ich überall dort wo sich solche statistisch bedeutsame Gruppenunterschiede zeigten zusätzlich eine Kovarianzanalyse mit den gleichen Faktoren wie bei der ANOVA und den Werten der Vortestung als Kovariate. Des weiteren berechnete ich die Effektstärken für jedes Mass und beide Gruppen gemäss Cohen (1988), damit auch Aussagen über die Grösse einer Veränderung getroffen werden können.

Trainingsaufgabe

Der Verlauf der Trainingskurve gemittelt über alle Vpn ist in Abbildung 8 dargestellt. Die Vpn starteten mit einer durchschnittlichen Sequenzlänge von 5.60 Items und schlossen mit einer Sequenzlänge von 6.54 Items ab. In der dritten Trainingssession, also kurz vor der Vortestung, betrug die Leistung 5.88 Items. Von der 1. zur letzten Trainingssession resultierte ein statistisch signifikanter Trainingsgewinn von 17% ($t(7) = -2.30$, $p < .05$). Von der 3. zur letzten Session fand sich ein Gewinn von 11%, der sich ebenfalls als statistisch signifikant herausstellte ($t(7) = -2.95$, $p < .05$).

Aufgaben der Vor- und Nachtestung

Die Testung nach Gruppenunterschieden in der Vortestung ergab lediglich im Untertest Lesen der Stroop-Aufgabe einen signifikanten Unterschied ($t(16) = 2.38$, $p < .05$), wobei die Kontrollgruppe einen besseren Wert erreichte als die Experimentalgruppe. Im VLMT zeigte sich eine trendmässig bessere Leistung der Kontrollgruppe ($t(16) = -1.97$, $p = .07$).

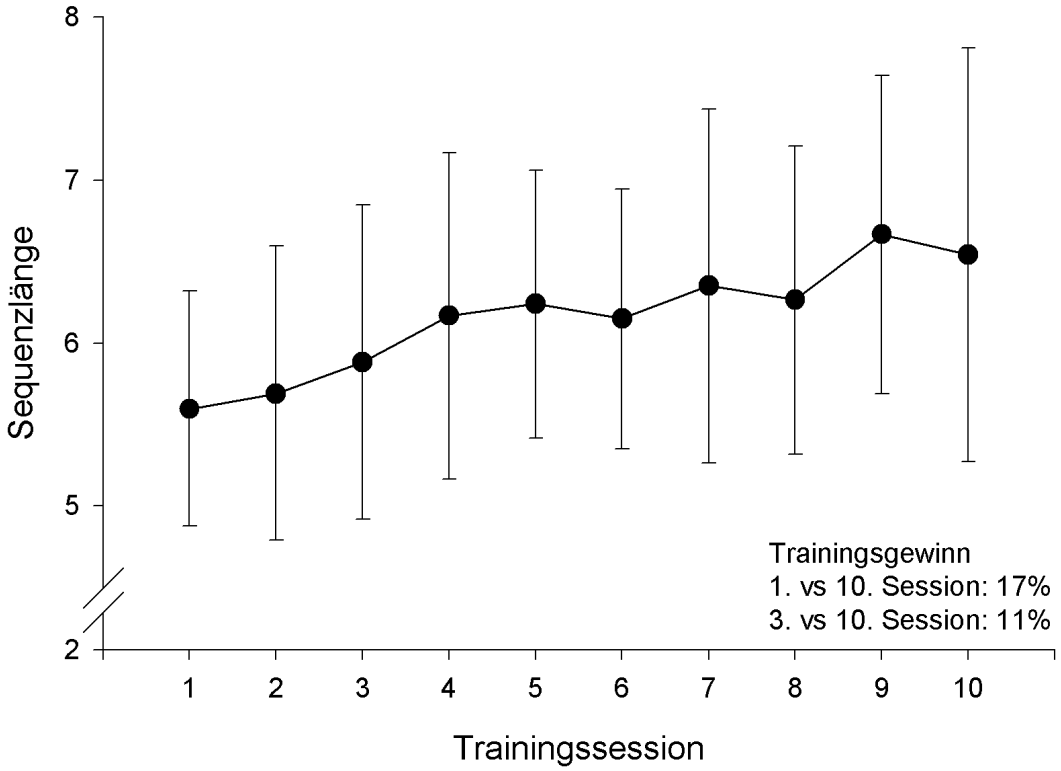

Abbildung 8. Verlauf der Trainingskurve des visuell-räumlichen Trainings. Dargestellt sind die gemittelten Sequenzlängen über alle Vpn für jede Trainingssession. Die ersten 3 Trials jeder Session wurden als Aufwärmphase betrachtet und nicht zur Mittelwertsbestimmung dazugenommen. Für jede Session ist zusätzlich der *SEM* angegeben. Nach dem Training resultierte eine statistisch signifikante Verbesserung von der ersten zur letzten Session, wie auch eine signifikante Verbesserung von der dritten zur letzten Session.

Die deskriptiven Daten der Vor- und Nachtestung sind zusammen mit den Angaben zu signifikanten Einzelvergleichen zwischen der Vor- und Nachuntersuchung und den jeweiligen Effektstärken in Tabelle 3 aufgeführt.

Die ANOVA mit wiederholter Messung ergab einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Testzeitpunkt für das Zahlennachsprechen (vorwärts: $F(1,16) = 4.48$, $p < .05$; rückwärts: $F(1,16) = 8.17$, $p < .05$), die unmittelbare Blockspanne vorwärts ($F(1,15) = 7.64$, $p < .05$) und die Stroop-Aufgabe (Farbbenennen: $F(1,16) = 12.78$, $p < .01$; Interferenz: $F(1,16) = 11.94$, $p < .01$). Keine statistisch bedeutsamen Interaktionen konnten festgestellt werden. Die ANCOVA für den Untertest Lesen der Stroop-Aufgabe und den VLMT zeigte keine signifikanten Ergebnisse.

Die statistische Unterschiedsprüfung für die einzelnen Tests von Vor- zu Nachtest ergab für die Experimentalgruppe signifikante Verbesserungen im

Zahlennachsprechen rückwärts, der unmittelbaren Blockspanne rückwärts und der Stroop-Aufgabe (Farbbenennen und Interferenz). In der Kontrollgruppe zeigte sich lediglich im verzögerten Abruf des VLMT eine signifikante Veränderung, allerdings handelte es sich dabei um eine Verschlechterung gegenüber der Vortestung. Die statistischen Kennwerte für die Einzelvergleiche sind in der Tabelle 3 aufgeführt. In Abbildung 9 sind die Werte jeder Vp für jede Aufgabe separat in Abhängigkeit der Vor- und Nachtestung aufgeführt. Diese Darstellung erlaubt es, einen Überblick über die trainingsinduzierte Veränderung auf Vp-Ebene zu gewinnen.

Tabelle 3. Experiment 1 – visuell-räumliches Training: Deskriptive Daten und Effektstärken für die verwendeten Vor- und Nachtests für beide Probandengruppen. Ebenfalls dargestellt sind die Pearson's Reliabilität zwischen Vor- und Nachtest sowie die statistischen Kennwerte der Einzelvergleiche von Vor- zu Nachtest.

		Vortest			Nachtest		Vor- vs Nachtest		
VLMT		***M***	***(SD)***	**R**	***M***	***(SD)***	***t-Wert***	***p***	***ES***
Verzögerter Abruf	Experimentalgruppe	12.90	*(2.42)*	.77*	12.70	*(2.94)*			0.07
	Kontrollgruppe	14.63	*(0.52)*	.15	13.00	*(1.85)*	$t(7) = -2.49$	*	1.20
Zahlennachsprechen									
vorwärts	Experimentalgruppe	7.80	*(1.99)*	.55	8.80	*(1.69)*			0.54
	Kontrollgruppe	7.88	*(2.17)*	.84*	8.50	*(2.56)*			0.26
rückwärts	Experimentalgruppe	7.60	*(2.07)*	.91*	8.30	*(2.26)*	$t(9) = 2.33$	*	0.32
	Kontrollgruppe	7.50	*(2.88)*	.80*	8.63	*(2.39)*			0.43
Unmittelbare Blockspanne									
vorwärts	Experimentalgruppe	5.80	*(1.48)*	.70*	6.11	*(1.05)*			0.24
	Kontrollgruppe	5.75	*(1.04)*	.68	5.75	*(0.71)*			0.00
rückwärts	Experimentalgruppe	5.20	*(1.23)*	.87**	6.00	*(1.76)*	$t(9) = 2.75$	*	0.34
	Kontrollgruppe	4.88	*(1.13)*	.64	5.50	*(1.51)*			0.46
Stroop-Aufgabe									
Lesen	Experimentalgruppe	28.40	*(3.89)*	.71*	29.70	*(3.68)*			0.34
	Kontrollgruppe	25.63	*(2.39)*	.72*	26.13	*(2.36)*			0.21
Farbbenennen	Experimentalgruppe	44.30	*(8.29)*	.93***	40.40	*(7.34)*	$t(9) = -4.11$	**	0.50
	Kontrollgruppe	43.75	*(8.65)*	.87**	41.50	*(6.95)*			0.29
Interferenz	Experimentalgruppe	73.40	*(14.95)*	.91**	65.20	*(11.48)*	$t(9) = -3.93$	**	0.62
	Kontrollgruppe	70.75	*(17.52)*	.86**	64.25	*(10.55)*			0.45
Running Memory Span									
	Experimentalgruppe	4.05	*(0.46)*	.49	3.92	*(0.39)*			0.30
	Kontrollgruppe	4.18	*(0.85)*	.70	3.93	*(0.49)*			0.36

Experimentalgruppe: $N = 10$; Kontrollgruppe: $N = 8$.
M = Mittelwert; *SD* = Standardabweichung; *ES* = Effektstärke (Cohens'd).
* $p < 0.05$; ** $p \leq 0.01$; (nur signifikante Werte sind angegeben; 2-seitige *t*-Tests).

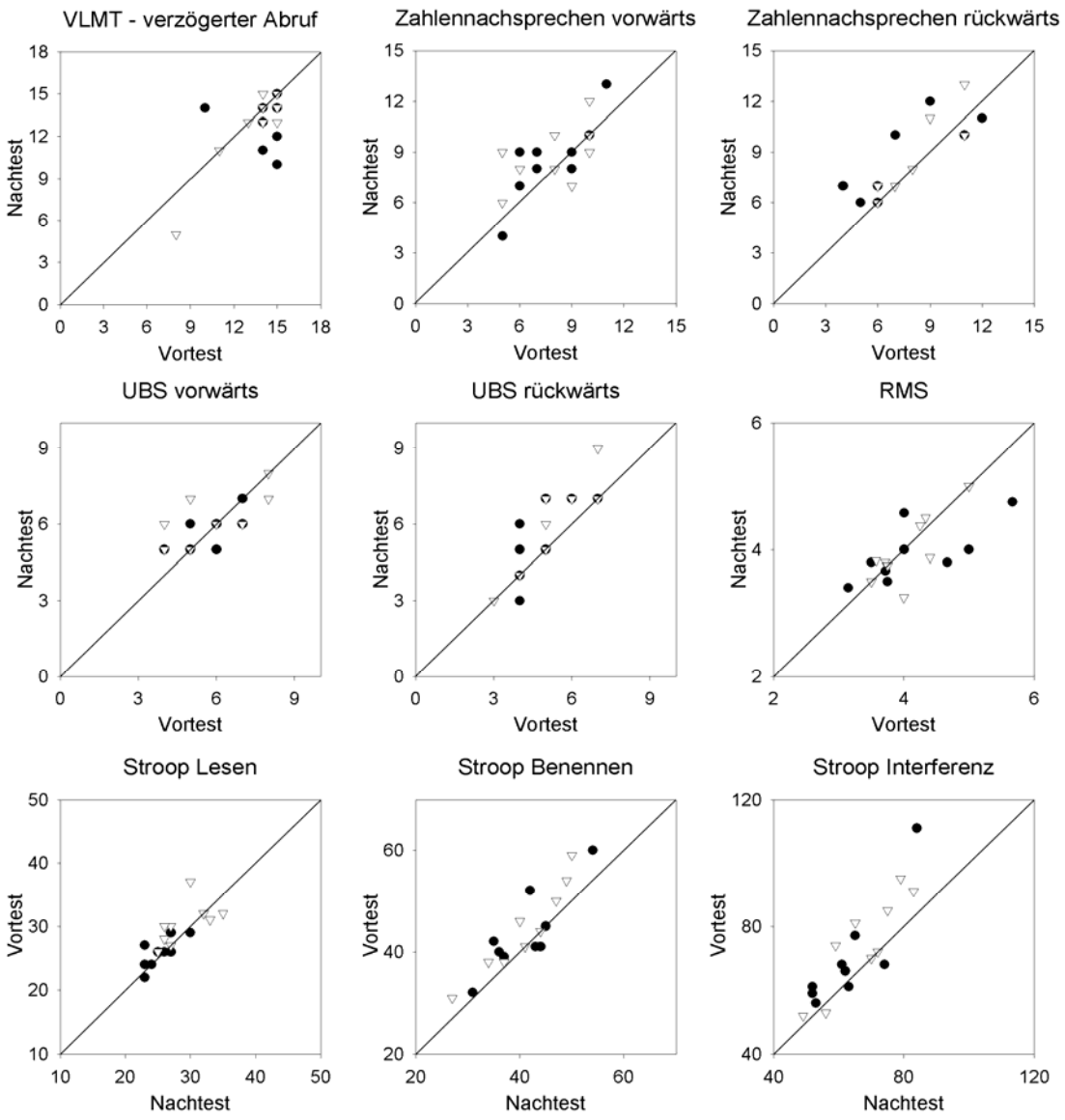

Abbildung 9. Darstellung der von den Vpn erreichten Werten in Abhängigkeit der Vor- und Nachtestung für jede durchgeführte Aufgabe. Die Vpn der Experimentalgruppe sind durch ein Dreieck (▽), jene der Kontrollgruppe durch einen Kreis (●) dargestellt. Jedes Symbol repräsentiert eine Vp. Die Skalierung ist jeweils für beide Achsen (Vor- und Nachtestung) identisch, d.h. Vpn mit identischen Vor- und Nachtestwerten sind als Symbole auf der Diagonalen repräsentiert. Oberhalb der Diagonalen befinden sich die Symbole jener Vpn, die sich in der Nachtestung im Vergleich zur Vortestung verbessert haben. Unterhalb der Diagonalen befinden sich all jene Vpn, die sich verschlechtert haben Damit diese Regel über alle Aufgaben in dieser Darstellung konsistent ist, wurden bei den Stroop-Aufgaben die Achsen vertauscht, da bei diesen Aufgaben einem tieferen Wert eine bessere Leistung entspricht.

4.2.3 Diskussion

Wie aus Abbildung 8 ersichtlich ist, steigerte sich die Experimentalgruppe in der trainierten Aufgabe von der ersten zur letzten Trainingssession um fast 17% und von der dritten (also die Session gerade vor der Vortestung) zur letzten Session resultierte eine Verbesserung von 12%. Die Verbesserung von 17% ist damit etwas geringer, als jene von Klingberg, Forssberg, & Westerberg (2002), welche 26% (von 7.12 Items auf 9.00 Items) betrug.

Im Vergleich zur beobachteten Verbesserung beim *n*-back Training (Studie 1), wo Werte von 81%, respektive 54% (von der dritten zur letzten Session) gefunden wurden, ist die Verbesserung bei dieser visuell-räumlichen Trainingsaufgabe allerdings deutlich geringer. Wie die Vpn des *n*-back Trainings berichteten, steigerte sich ihre Trainingsmotivation mit zunehmender Trainingszeit. Dies könnte darin begründet sein, dass die *n*-back Aufgabe aufgrund ihrer verhältnismässig hohen Komplexität mit zunehmender Trainingszeit attraktiver wird, in dem Sinn, dass die Vpn selbst herausfinden möchten, bis wohin sie ihre Leistung durch das Training steigern können. Obwohl die Vpn des visuell-räumlichen Trainings gemäss Befragung keine solche Dynamik entwickelten, so versuchten sie doch grösstenteils in jeder Session ihr Möglichstes zu geben, was sich schlussendlich auch in der nahezu kontinuierlichen Leistungssteigerung über die Zeit manifestierte. In Bezug auf die unterschiedlichen Trainingsgewinne denke ich jedoch, dass die *n*-back Aufgabe aufgrund ihrer höheren Komplexität mehr Potential zur Leistungsverbesserung in sich birgt als die visuell-räumliche Aufgabe, zu deren erfolgreicher Aufgabenausführung weniger kognitive Prozesse erforderlich sind. Dieses Potential scheint mir deshalb grösser, da durch das Training grundsätzlich mehr kognitive Prozesse der Trainingsaufgabe verbessert werden können, d.h. es gibt mehrere potentielle Ansatzpunkte, wo sich eine Verbesserung „im Kleinen“ (d.h. den Prozessen) auf die Gesamtleistung auswirken kann.

Die Resultate der Vor- und Nachtestung ergaben für kein erhobenes Mass signifikante Interaktionen zwischen der Experimental- und der Kontrollgruppe für die beiden Messzeitpunkte, d.h. es fehlt ein statistischer Nachweis für einen Transfer-Effekt, der auf das Training alleine zurückgeführt werden kann.

Es wurde jedoch eine Reihe von Verbesserungen von der Vor- zur Nachtestung exklusiv in der Experimentalgruppe gefunden: Zahlennachsprechen rückwärts, unmittelbare Blockspanne rückwärts und Stroop-Aufgabe (Farbbenennen, Interferenz). Die Ergebnisse der unmittelbaren Blockspanne rückwärts und der Stroop-Aufgabe (Interferenz) sind vergleichbar mit jenen von Klingberg, Forssberg, & Westerberg (2002). Im Gegensatz zu Klingberg, Forssberg, & Westerberg (2002), liess sich jedoch keine Verbesserung in der unmittelbaren Blockspanne vorwärts finden. Dies ist umso erstaunlicher, als dass hier die verwendete Transferaufgabe genauso wie das Training in computerisierter Form vorlag. Die Ursache für das Nichtauftreten dieses nahen Transfers könnte darin liegen, dass die Vpn mit einem verhältnismässig hohen Durchschnitt von 5.80 Items die Vortestung absolvierten und sich dann nicht mehr so viel steigern konnten (Mittelwert Nachtestung: 6.11 Items), so dass diese Steigerung auch statistisch bedeutsam wurde. Bei der unmittelbaren Blockspanne rückwärts betrug der durchschnittliche Anfangswert 5.20 Items. Durch diesen tieferen Initialwert und die Verbesserung im Nachtest auf 5.65 Items resultierte eine statistisch bedeutsame Verbesserung.

Bei der Kontrollgruppe wurde eine signifikante Verschlechterung von der Vor- zur Nachtestung beim verzögerten Abruf des VLMT gefunden. Die geringe Reliabilität von r = .15, insbesondere auch im Vergleich zu den anderen Aufgaben der Vor- und Nachtestung, lässt an der Validität der Messungen bei der Kontrollgruppe etwas zweifeln. Dies auch besonders deshalb, da es sich beim eingesetzten Test um ein standardisiertes Verfahren mit guten psychometrischen Kennwerten handelt. Allerdings sollte berücksichtigt werden, dass die Stichprobe aus lediglich 8 Personen bestand. Grundsätzlich zeigten sich in dieser Aufgabe auch einige Deckeneffekte (siehe auch Abbildung 9), erzielten doch 3 Vpn der Experimentalgruppe und 5 Vpn der Kontrollgruppe den Maximalwert bereits in der Vortestung. Besser geeignet für eine Testung mit Studierenden wäre die einmalige Präsentation von 20 Wörtern mit einem späteren Abruf, so wie das in der *n*-back Studie gemacht wurde. In der Kontrollgruppe fiel bei einer Versuchsperson eine Reduktion der erinnerten Wörter von 15 Items im Vortest zu 10 Items im Nachtest auf. Nach Ausschluss dieser Versuchsperson stieg die Reliabilität auf $r(5) = .47$, $p = .29$ und die vormals statistische Signifikanz war knapp nicht mehr vorhanden ($t(6) = -2.25$, $p = .066$).

Es liessen sich vorwiegend in solchen Aufgaben Verbesserungen finden, für deren Ausführung die CE verhältnismässig stark mitbeteiligt ist (Zahlennachsprechen rückwärts, unmittelbare Blockspanne rückwärts und Stroop-Aufgabe Interferenz). Dies lässt darauf schliessen, dass nicht ausschliesslich aufgabenspezifische Prozesse trainiert wurden, sondern, dass darüber hinaus sehr wahrscheinlich auch generellere Prozesse mittrainiert wurden, die sich positiv auf andere Aufgaben auswirkten. Die fehlende Veränderung des FOA – gemessen mit dem RMS – lässt darauf schliessen, dass nicht die Kapazität des AG im Sinn von Cowan (2005) verbessert wurde. Vielmehr denke ich, dass die hier festgestellten (kleinen) Transferleistungen durch eine gesteigerte *Effizienz* des AG (Kane & Engle, 2002) erklärt werden können, was jedoch z.B. durch eine trainingsinduzierte Verbesserung in einem fluiden Intelligenzmass bestätigt werden müsste. Allerdings sollten diese Befunde in Anbetracht der fehlenden Interaktionen nicht überbewertet werden, da signifikante Einzelvergleiche Veränderungen nachweisen, deren Ursache in der Testwiederholung *und* der Intervention selbst liegen.

Die Hypothese, dass dieses im Vergleich zum *n*-back Training weniger komplexe Training geringere Transfer-Effekte aufzeigt, hat sich demnach bestätigt. Beim *n*-back Training zeigte sich in Studie 1 eine signifikante Gruppe x Testzeitpunkt Interaktion im Zahlennachsprechen vorwärts. In der 2. Studie zeigten sich signifikante Gruppe x Testzeitpunkt Interaktionen für den RST, das episodische Gedächtnis, das Zahlennachsprechen rückwärts und einem fluiden Intelligenzmass (BOMAT). Im Gegensatz dazu konnten bei der Experimentalgruppe des visuell-räumlichen Trainings keine signifikanten Interaktionen beobachtet werden. Allerdings muss man berücksichtigen, dass die eindrücklichsten Transfer-Effekte bei der *n*-back Aufgabe in Studie 2 gefunden wurde. In dieser Studie lagen 19 Trainingssessionen zwischen der Vor- und Nachtestung. Beim visuell-räumlichen Training waren es weniger als halb so viel, nämlich 8 Trainingssessionen. Die in diesem Experiment gefundenen Ergebnisse sind jedoch insofern mit den Resultaten von Klingberg, Forssberg, & Westerberg (2002) vereinbar, da auch in deren Studie vergleichbare Effekte gefunden wurden, allerdings mit einem umfangreicheren Trainingsprogramm, einer längeren Trainingszeit aber nur mit 4 Vpn und einer

nicht angemessenen Kontrollgruppe (Kinder). Zudem geht aus den Studien von Klingberg und Mitarbeitenden nicht klar hervor, ob auch wirklich Gruppe x Testzeitpunkt Interaktionen messbar waren.

Die vorhandenen signifikanten Einzelvergleiche und die fehlenden Gruppe x Testzeitpunkt Interaktionen könnten darauf hindeuten, dass zu wenig statistische Power vorhanden ist, um einen gegebenenfalls vorhandenen Trainingseffekt statistisch abzusichern. Die Trainingszeit von 8 Tagen mit jeweils 20 Minuten Training pro Tag, die zwischen der Vor- und Nachtestung liegt, ist wahrscheinlich etwas zu gering. Allerdings liess sich im *n*-back Training nach dieser Zeitspanne eine signifikante Gruppe x Testzeitpunkt Interaktion finden.

Im nächsten Experiment wollte ich nun herausfinden, ob eine Steigerung der Komplexität der Trainingsaufgabe zu stärkeren Transfer-Effekten führen würde, die sich durch signifikante Gruppe x Testzeitpunkt Interaktionen statistisch absichern lassen würden.

4.3 Experiment 2: „Katze-und-Hund Aufgabe“ mit jungen Erwachsenen

Die in diesem Experiment verwendete Trainingsaufgabe habe ich aus zwei Gründen entwickelt. Zum einen wollte ich eine Aufgabe verwenden, welche den Anforderungen an eine AG Aufgabe gerecht wird und gleichzeitig Speicherungs- und Verarbeitungskomponenten (Daneman & Carpenter, 1980; Oberauer, 2005) für eine erfolgreiche Durchführung voraussetzt (im Gegensatz zur visuell-räumlichen Aufgabe aus Experiment 1), zum anderen sollte es eine Aufgabe sein, die im Vergleich zur *n*-back Aufgabe weniger komplex ist und im Hinblick auf die Durchführung mit älteren Menschen oder Kindern ebenfalls verwendet werden kann (siehe dazu auch Kapitel 5.1).

Die entwickelte Aufgabe, im Folgenden als „Katze-und-Hund Aufgabe“ (KHA) bezeichnet, setzte sich aus zwei Teilaufgabe zusammen und ist in ihrem Aufbau vergleichbar mit dem RST. Im ersten Teil wird den Vpn eine Sequenz von Bildern gezeigt, dabei handelt es sich immer um die beiden gleichen Bilder einer Katze und eines Hundes. Die gezeigten Bilder werden entweder korrekt oder auf dem Kopf stehend präsentiert. Die Vp hat die Aufgabe, durch einen entsprechenden Mausklick zu entscheiden, wie das Bild dargeboten ist. Gleichzeitig muss die Reihenfolge der gezeigten Bilder gemerkt und im zweiten Aufgabenteil reproduziert werden.

Ein Trial der KHA kann mit folgenden kognitiven Prozessen erfolgreich bewältigt werden: (1) Der aktuelle Stimulus muss enkodiert werden. (2) Der Stimulus muss verarbeitet und es muss entschieden werden, ob er auf dem Kopf steht oder nicht. (3) *rehearsal*-Prozesse können verwendet werden, um Gedächtnisinhalte aufzufrischen. (4) Der aktuelle Stimulus muss im Gedächtnis aufrecht erhalten bleiben. (5) Die zeitliche Ordnung der Stimuluspositionen muss aufrechterhalten werden. (6) Ein Antwortprozess wird benötigt, um die erste Teilaufgabe zu erfüllen (steht das Bild auf dem Kopf?) (7) Schlussendlich wird ein Antwortprozess für die zweite Teilaufgabe benötigt, damit das Ergebnis in der Form von multiplen Mausklicks ausgegeben werden kann.

In Bezug zum Komplexitätsgrad liegt diese Aufgabe zwischen der *n*-back Aufgabe und der visuell-räumlichen Trainingsaufgabe. Deswegen stelle ich die Hypothese auf, dass sich unter vergleichbaren Bedingungen mit der KHA im Vergleich zur visuell-räumlichen Aufgabe eher Transfer-Effekte erreichen lassen sollten.

4.3.1 Methode

Versuchspersonen. 17 Vpn nahmen an diesem Experiment teil. 9 Personen (davon 3 Männer) bildeten die Experimentalgruppe und wiesen einen Altersdurchschnitt von 22.3 Jahren (*SD* = 3.0) auf. Als Kontrollgruppe diente die gleiche Personengruppe, wie jene in Experiment 1.

Apparate. Die Trainingsaufgabe wurde mit dem Software-Paket E-Prime (Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA) auf einem Microsoft Windows basierten Personal-Computer durchgeführt. Die Aufgaben der Vor- und Nachtestung wurden teils ebenfalls mit E-Prime, teils als Papier-und-Bleistift Version durchgeführt.

Versuchsablauf. Das genau gleiche Prozedere wie in Experiment 1 wurde verwendet.

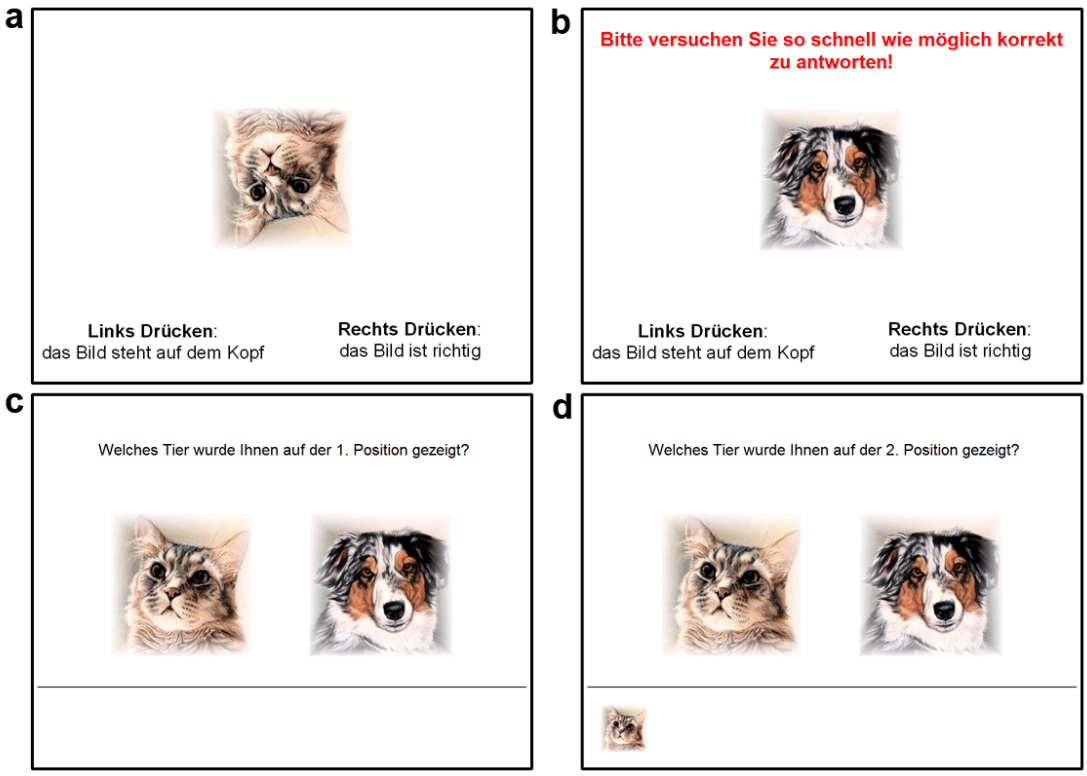

Abbildung 10. Ausschnitt eines Trials der Länge 2 der Katze-und-Hund Aufgabe. Im ersten Teil (a und b) mussten die Vpn entscheiden, ob die gezeigten Tiere richtig oder auf dem Kopf stehend dargestellt sind. Wurde diese Entscheidung zu langsam getroffen oder die falsche Taste gedrückt, erschien die rote Meldung in Bild b. Im zweiten Teil (c und d) musste die im ersten Teil gezeigte Sequenz wiederholt werden.

Trainingsaufgabe

Die Trainingsaufgabe bestand aus zwei Teilaufgaben. Im ersten Teil wurde den Vpn eine Sequenz von Bildern präsentiert, wobei die Bilder entweder richtig oder auf dem Kopf stehend präsentiert wurden (Abbildung 10a und 10b). Es handelte sich dabei jeweils immer um das gleiche Bild einer Katze oder das gleiche Bild eines Hundes. Die Vpn mussten die rechte Maustaste drücken, wenn das Bild richtig dargestellt war und die linke Maustaste drücken, wenn das Bild auf dem Kopf stand. Das Bild wurde in der Mitte des Computerbildschirms präsentiert und hatte eine Grösse von 300 x 300 Pixel. Am unteren Bildschirmrand befand sich linksbündig der Schriftzug „links drücken: Bild steht auf dem Kopf“ und rechtsbündig „rechts drücken: Bild ist richtig dargestellt“. Die Vpn hatten 3000ms Zeit, um Ihre Antwort zu geben, andernfalls erschien am oberen Bildschirmrand in roter Farbe die Meldung „Bitte versuchen Sie so schnell wie möglich korrekt zu antworten!“ (Abbildung 10b), damit sollte verhindert werden, dass sich die Vpn zu viel Zeit für die Enkodierung zur Verfügung haben. Dieser Schriftzug erschien auch dann, wenn die Vpn die falsche Taste gedrückt hatten. Nachdem eine Sequenz von Bildern so bearbeitet wurde, folgte der zweite Teil der Aufgabe: Auf dem Bildschirm wurde nun auf der linken Seite das Bild der Katze und auf der rechten Seite das Bild des Hundes in der Grösse von 300 x 300 Pixel korrekt (d.h. nicht verkehrt) präsentiert. Am oberen Rand des Bildschirmes war die Meldung „Welches Tier wurde Ihnen auf der 1. Position gezeigt?“ zu lesen (Abbildung 10c). Die Vp konnte nun mit Hilfe der Computermaus den Mauszeiger entweder über das Bild der Katze oder das Bild des Hundes bewegen und mit einem Mausklick jenes Bild auswählen, das ihrer Meinung nach auf der ersten Position zu sehen war. Unter den beiden Bildern befand sich eine schwarze Linie und darunter Platz für 16 Bilder mit einer Grösse von 100 x 100 Pixel in zwei Reihen zu je acht Bildern. Jedes Mal, wenn die Vp auf ein Bild klickte, erschien zur Bestätigung der Eingabe ein kleines Bildchen des ausgewählten Tieres, so dass die von der Vp erzeugte Reihenfolge ersichtlich wurde (Abbildung 10d). Sobald die Vp auf ein Bild geklickt hatte, änderte sich die Angabe am oberen Bildschirmrand in dem Sinn, dass nach der nächsten Position gefragt wurde (z.B. „Welches Tier wurde Ihnen auf der 2. Position

gezeigt?“). Eine einmal gemachte Eingabe konnte nicht wieder rückgängig gemacht werden. Hatte die Vp auf die letzte Position der gezeigten Sequenz geantwortet, erschien am oberen Bildschirmrand die Meldung „Das war die letzte Position“ und 2000ms später erhielt die Vp Rückmeldung darüber, ob die reproduzierte Reihenfolge korrekt war. Der nächste Trial konnte dann mit einem Mausklick gestartet werden.

Wurde in der ersten und zweiten Teilaufgabe kein Fehler gemacht, d.h. hatte sich die Vp in der ersten Teilaufgabe nie vertippt und immer innerhalb von 3000ms geantwortet und in der zweiten Teilaufgabe die korrekte Sequenz wiedergegeben, dann wurde die nächstfolgende Reihenfolge um ein Item verlängert. Wurde in der ersten Teilaufgabe ein Fehler gemacht (d.h. falsch geklickt oder nicht innerhalb von 3000ms geantwortet), jedoch die zweite Teilaufgabe korrekt gelöst, dann veränderte sich die Länge der nächsten Reihenfolge nicht. Wurde in der zweiten Teilaufgabe (unabhängig von der ers-

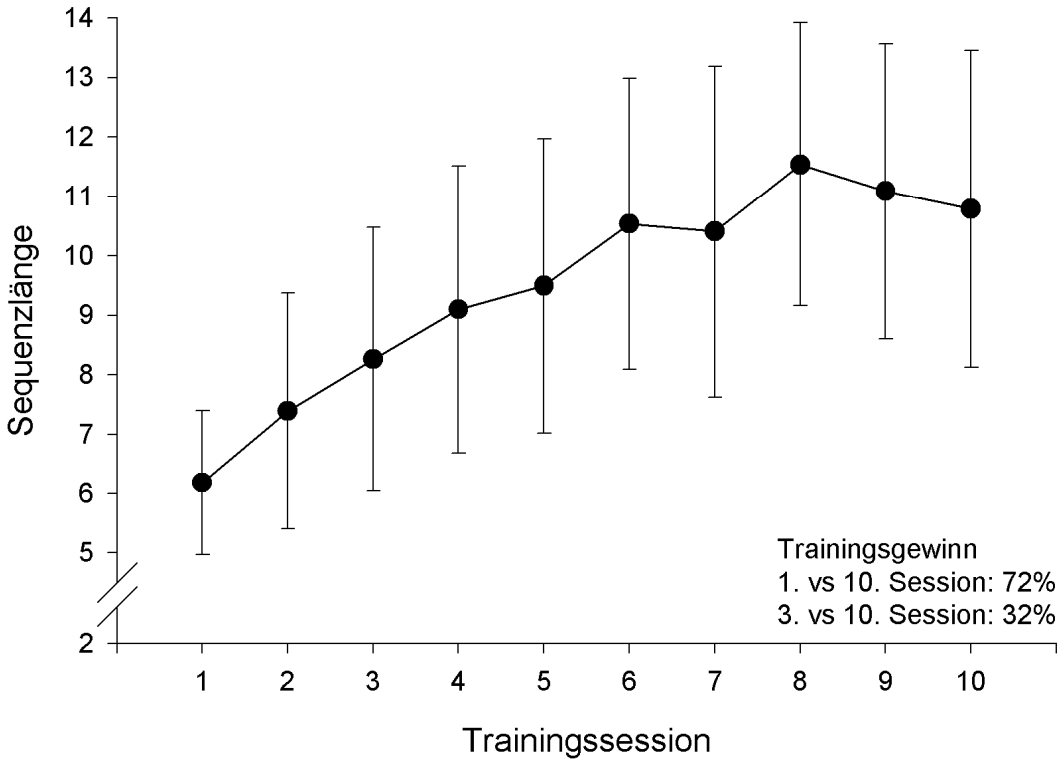

Abbildung 11. Verlauf der Trainingskurve des Trainings mit der Katze-und-Hund Aufgabe. Dargestellt sind die gemittelten Sequenzlängen über alle Vpn für jede Trainingssession. Die ersten 3 Trials jeder Session wurden als Aufwärmphase betrachtet und wurden nicht zur Mittelwertsbestimmung dazugenommen. Für jede Session ist zusätzlich der *SEM* angegeben. Nach dem Training resultierte eine statistisch signifikante Verbesserung von der ersten zur letzten Session, wie auch eine signifikante Verbesserung von der dritten zur letzten Session.

ten Aufgabe) ein Fehler gemacht, d.h. die gezeigte Sequenz nicht korrekt wiedergeben, dann wurde die Itemlänge der folgenden Sequenz um ein Item vermindert. Die Itemsequenz wurde jedoch nie kürzer als zwei.

Die Reihenfolge der Bilder wurde in jedem Trial zufällig ausgewählt, mit der einzigen Einschränkung, dass nie mehr als zwei gleiche Bilder nacheinander vorkommen konnten. Das Training begann immer mit einer Sequenzlänge von zwei Items, damit die Vpn bei jedem Training mit einer kurzen „Aufwärmphase" starten konnten. Durch die unmittelbare Anpassung des Trainingsniveaus nach jedem Trial, erreichten die Vpn so schon nach verhältnismässig kurzer Zeit ihre individuelle Leistungsgrenze. Die Trainingszeit betrug jeweils 20 Minuten pro Trainingssession, so dass die Anzahl der bearbeiteten Trials von der individuellen Arbeitsgeschwindigkeit (und auch der Länge der Trials) abhing.

Aufgaben der Vor- und Nachtestung

Die gleichen Aufgaben wie in Experiment 1 wurden verwendet.

4.3.2 Resultate

Datenanalyse

Exakt dasselbe Vorgehen wie in Experiment 1 wurde verwendet. Allerdings zeigte der Kolmogorov-Smirnov-Test, dass eine Normalverteilung beim VLMT – verzögerter Abruf nicht angenommen werden kann. Aus diesem Grund wurde bei diesem Einzelvergleich ein Wilcoxon-Test gerechnet.

Trainingsaufgabe

Die Trainingsverlaufsdaten sind in Abbildung 11 dargestellt. Für die Berechnung der Leistung einer Vp in einer Session wurden die Sequenzlängen aller Trials – mit Ausnahme der ersten 3 Trials, die als Aufwärmphase betrachtet wurden – gemittelt. Die Vpn starteten mit einem Durchschnittswert von 6.05 Items und beendeten das Training mit durchschnittlich 10.41 Items, was einer Steigerung von 72% entsprach. In der dritten Trainingssession wurde eine durchschnittliche Sequenzlänge von 7.86 Items gemessen, womit von der dritten zur letzten Session eine Steigerung von 32% resultierte. Die Ver-

besserung von der ersten zur letzten Session war statistisch signifikant ($t(8) = -5.55$, $p < .01$) wie auch die Steigerung von der dritten zur letzten Session ($t(8) = 3.85$, $p < .01$).

Aufgaben der Vor- und Nachtestung

In der Vortestung konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen der Experimental- und der Kontrollgruppe festgestellt werden.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen sämtlicher verwendeter Vor- und Nachtests sind zusammen mit der Pearson's Korrelation zwischen Vor- und Nachtest, den Resultaten der Einzelvergleiche von Vor- und Nachtestung, sowie den Effektstärken nach Cohen (1988) in Tabelle 4 aufgeführt.

Die ANOVA mit Messwiederholung ergab für den Faktor Testzeitpunkt für die folgenden Tests signifikante Haupteffekte: Zahlennachsprechen vorwärts ($F(1,15) = 6.12$, $p < .05$) und Stroop-Aufgabe (Lesen: $F(1,15) = 7.29$,

Tabelle 4. Experiment 2 – Training mit der Katze-und-Hund Aufgabe: Deskriptive Daten und Effektstärken für die verwendeten Vor- und Nachtests aufgeteilt für beide Probandengruppen. Ebenfalls dargestellt sind die Pearson's Reliabilität zwischen Vor- und Nachtest sowie die statistischen Kennwerte der Einzelvergleiche von Vor- zu Nachtest.

		Vortest			Nachtest		Vor- vs Nachtest		
VLMT		***M***	***(SD)***	***r***	***M***	***(SD)***	***t- oder Z-Wert***	***p***	***ES***
Verzögerter Abruf	Experimentalgruppe	14.33	*(0.87)*	.58	14.89	*(.33)*	$Z(8) = -1.89$	.06	0.85
	Kontrollgruppe	14.63	*(0.52)*	.15	13.00	*(1.85)*	$t(7) = -2.49$	*	1.20
Zahlennachsprechen									
vorwärts	Experimentalgruppe	9.00	*(2.18)*	.72*	10.22	*(2.16)*	$t(8) = 2.23$	.06	0.56
	Kontrollgruppe	7.88	*(2.17)*	.84*	8.50	*(2.56)*			0.26
rückwärts	Experimentalgruppe	9.56	*(3.17)*	.37	10.78	*(2.17)*			0.45
	Kontrollgruppe	7.50	*(2.88)*	.80*	8.63	*(2.39)*			0.43
Unmittelbare Blockspanne									
vorwärts	Experimentalgruppe	6.67	*(1.50)*	.42	6.56	*(.53)*			0.10
	Kontrollgruppe	5.75	*(1.04)*	.68	5.75	*(0.71)*			0.00
rückwärts	Experimentalgruppe	5.78	*(.97)*	-.52	5.89	*(1.05)*			0.11
	Kontrollgruppe	4.88	*(1.13)*	.64	5.50	*(1.51)*			0.46
Stroop-Aufgabe									
Lesen	Experimentalgruppe	27.67	*(2.55)*	.69*	25.33	*(3.39)*	$t(8) = -2.86$	*	0.78
	Kontrollgruppe	25.63	*(2.39)*	.72*	26.13	*(2.36)*			0.21
Farbbenennen	Experimentalgruppe	41.22	*(5.54)*	.96***	38.00	*(6.22)*	$t(8) = -5.41$	***	0.55
	Kontrollgruppe	43.75	*(8.65)*	.87**	41.50	*(6.95)*			0.29
Interferenz	Experimentalgruppe	64.89	*(8.49)*	.85**	61.33	*(8.90)*	$t(8) = -2.20$	.06	0.41
	Kontrollgruppe	70.75	*(17.52)*	.86**	64.25	*(10.55)*			0.45
Running Memory Span									
	Experimentalgruppe	3.74	*(1.14)*	.70*	4.06	*(.78)*			0.34
	Kontrollgruppe	4.18	*(0.85)*	.70	3.93	*(0.49)*			0.36

Experimentalgruppe: $N = 10$; Kontrollgruppe: $N = 8$.
M = Mittelwert; *SD* = Standardabweichung; *ES* = Effektstärke (Cohens'd).
* $p < 0.05$; *** $p \leq 0.001$ (nur signifikante Werte und Trends sind angegeben; 2-seitige *t*-Tests).

$p < .05$; Farbbenennen: $F(1,15) = 12.27$, $p < .01$; Interferenz: $F(1,15) = 7.25$, $p < .05$). Für den Faktor Gruppe wurden keine signifikanten Haupteffekte gefunden, es zeigten sich jedoch einige Trends: VLMT – verzögerter Abruf ($F(1,15) = 4.33$, $p = .06$), Zahlennachsprechen (rückwärts: $F(1,15) = 3.38$, $p = .09$) und unmittelbare Blockspanne (vorwärts: $F(1,15) = 3.38$, $p = .09$). Für den verzögerten Abruf im VLMT resultierte eine signifikante Interaktion ($F(1,15) = 10.75$, $p < .01$), die in Abbildung 13 dargestellt ist.

Die Einzelvergleiche zwischen der Vor- und Nachtestung zeigten signifikante Effekte für das Zahlennachsprechen vorwärts und die Untertests Lesen und Farbbenennen der Stroop-Aufgabe. Eine trendmässige Veränderung zeigte sich im verzögerten Abruf des VLMT und dem Untertest Interferenz der Stroop-Aufgabe. Da in dieser Studie die gleiche Kontrollgruppe wie in Experiment 1 herangezogen wurde, zeigte sich auch hier eine signifikante Verschlechterung der Kontrollgruppe im verzögerten Abruf des VLMT. Die

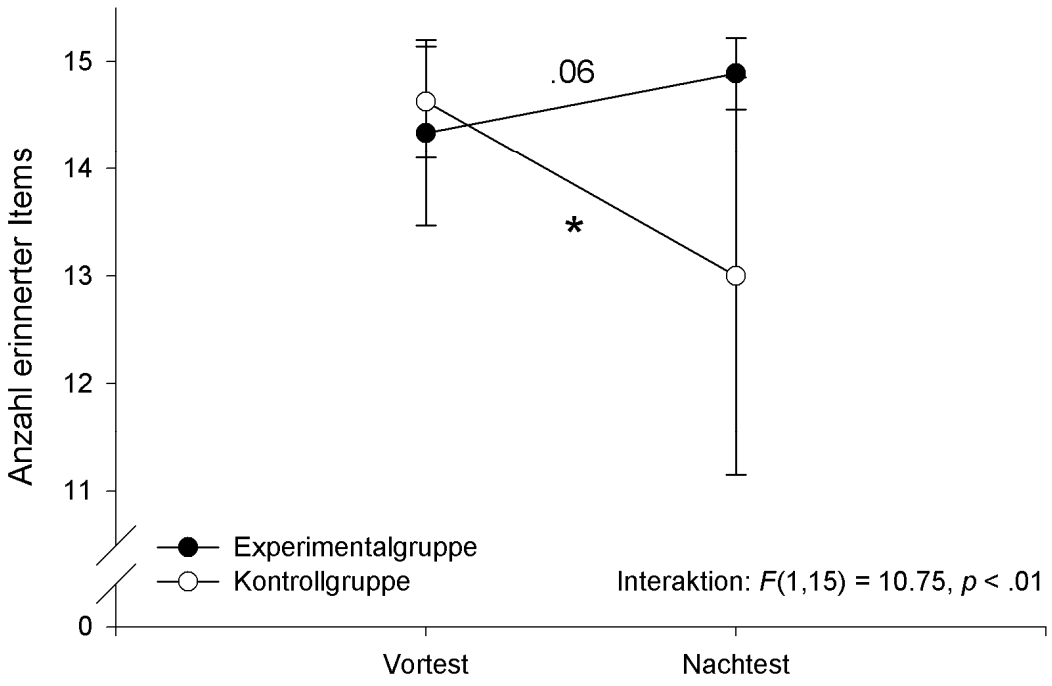

Abbildung 13. Darstellung der signifikanten Testzeitpunkt x Gruppe Interaktion für den verzögerten Abruf des VLMT. Bei den Einzelvergleichen zeigte sich ein klarer Trend der Experimentalgruppe zur Verbesserung von der Vor- zu Nachtestung und eine signifikante Verschlechterung der Kontrollgruppe von Vor- zur Nachtestung.

statistischen Kennwerte zu den Einzelvergleichen sind in Tabelle 4 aufgeführt. Um vergleichbar mit Experiment 1 einen Überblick über die erhobenen Daten auf Vp-Ebene zu geben, sind die Resultate für jede Aufgabe separat in Abhängigkeit von Vor- und Nachtest in Abbildung 12 dargestellt.

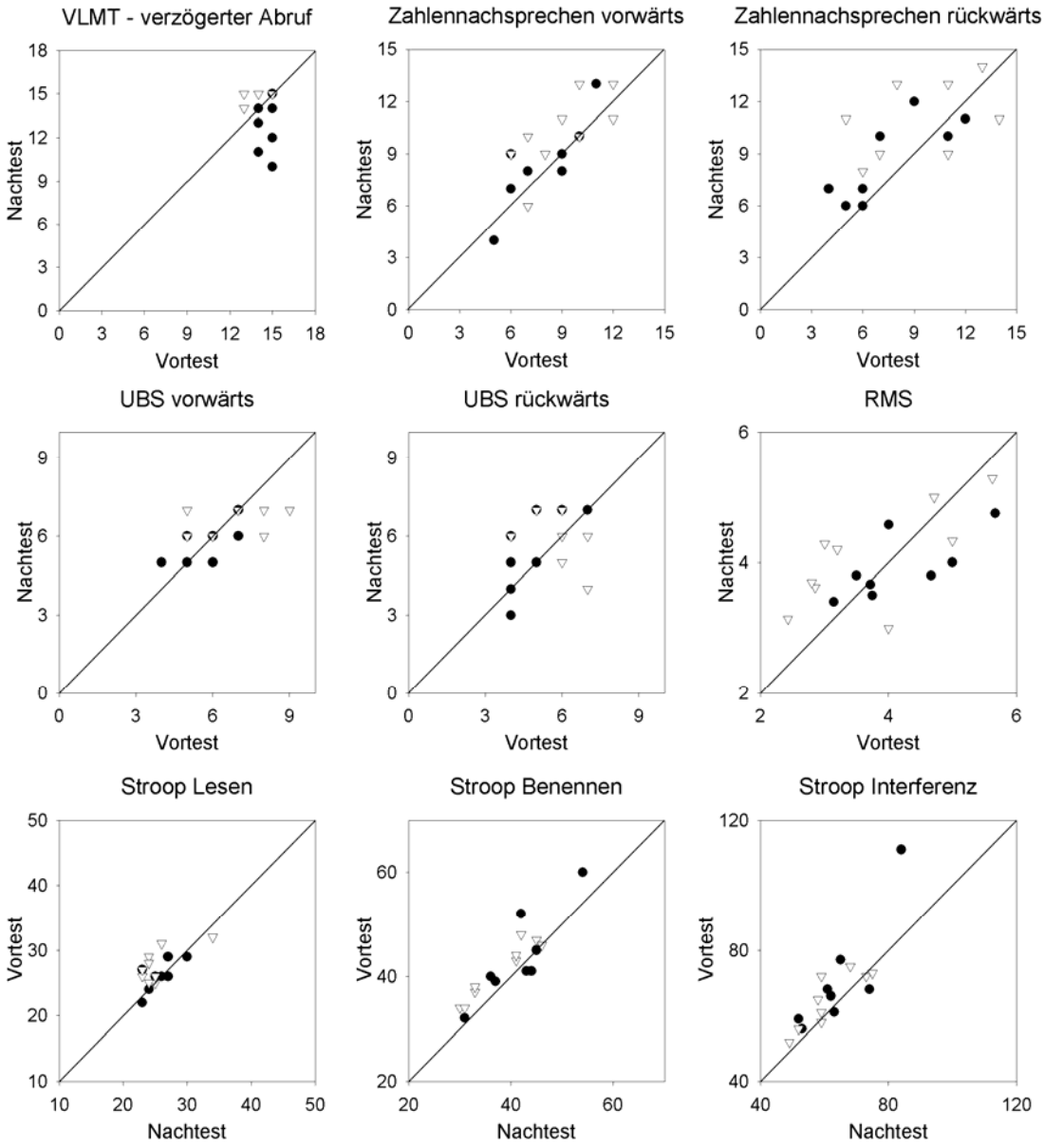

Abbildung 12. Darstellung der von den Vpn erreichten Werten in Abhängigkeit der Vor- und Nachtestung für jede durchgeführte Aufgabe. Die Vpn der Experimentalgruppe sind durch ein Dreieck (▽), jene der Kontrollgruppe durch einen Kreis (●) dargestellt. Jedes Symbol repräsentiert eine Vp. Die Skalierung ist jeweils für beide Achsen (Vor- und Nachtestung) identisch, d.h. Vpn mit identischen Vor- und Nachtestwerten sind als Symbole auf der Diagonalen repräsentiert. Oberhalb der Diagonalen befinden sich die Symbole jener Vpn, die sich in der Nachtestung im Vergleich zur Vortestung verbessert haben, unterhalb der Diagonalen all jene Vpn, die sich verschlechtert haben. Damit diese Regel über alle Aufgaben in dieser Darstellung konsistent ist, wurden bei den Stroop-Aufgaben die Achsen vertauscht, da bei diesen Aufgaben einem tieferen Wert eine bessere Leistung entspricht.

4.3.3 Diskussion

Bei der Experimentalgruppe liess sich ein signifikanter Trainingsgewinn von der ersten zur letzten als auch von der dritten zur letzten Trainingssession feststellen. Die beobachteten Verbesserungen betrugen 72%, beziehungsweise 32%. Im Vergleich zum visuell-räumlichen Training fällt einerseits die höhere Anfangsleistung von 6.05 Items (visuell-räumlich: 5.60 Items) und andererseits die höhere Endleistung von 10.41 Items auf (visuell-räumlich: 6.54 Items). Diese vergleichsweise hohe Endleistung ist auf den ersten Blick erstaunlich, insbesondere deshalb, da es auch in dieser Aufgabe – gleich wie bei der visuell-räumlichen Aufgabe – darum ging, eine präsentierte Itemsequenz zu wiederholen. Aufgrund der höheren Aufgabenanforderung (Entscheidung, ob das aktuelle Bild auf dem Kopf steht und gleichzeitiges Enkodieren des Materials vs Merken der Reihenfolge) würde man hier eher annehmen, dass die Aufgabe schwieriger ist und es deshalb zu einer im Vergleich zur visuell-räumlichen Aufgabe geringeren Anfangsleistung kommen sollte. Die Befragung der Vpn nach der Art und Weise der Aufgabenlösung zeigte, dass eine äusserst effektive Strategie darin bestand, sich zu merken, an welchen Stellen der Reihenfolge zwei Tiere nacheinander vorgekommen sind. Die Entwicklung dieser Strategie bot sich an, da von der Software nie mehr als zwei Tiere nacheinander gezeigt wurden. Durch den Einsatz dieser Strategie, ist es beispielsweise möglich, sich die Sequenz ‚K-H-K-H-H-K-K-H' (K = Katze, H = Hund), durch das Behalten von spezifischen Eigenschaften der gezeigten Reihenfolge in der Form von *chunks* zu merken. Im gezeigten Beispiel wären das die vier *chunks* „K-H-K", „H-H", „K-K" und „H". Das Beibehalten der korrekten Reihenfolge der *chunks* ist nicht schwierig, wenn die Erkenntnis gewonnen wurde, dass nicht mehr als zwei Mal dasselbe Tier nacheinander vorkommen kann (dies wurde den Vpn zu Beginn des Trainings jedoch nicht mitgeteilt). Dies deshalb, weil die Reihefolge zumindest teilweise logisch erschlossen werden kann. In Bezug zu den in Kapitel 3.6 postulierten Rahmenbedingungen, die ein Training erfüllen muss, damit Transfereffekte resultieren, sollten nun eigentlich höchstens geringe Transfereffekte beobachtbar sein. Dies deshalb, da mit dieser Trainingsaufgabe offensichtlich Prozesse trainiert wurden, die aufgabenspezifisch sind und deshalb nicht auf

andere Aufgaben generalisieren sollten. Allerdings wurden die von den Vpn verwendeten Aufgabenstrategien nicht systematisch erfasst, so dass diese Annahmen mit Vorsicht zu betrachten sind.

In diesem Sinn etwas erstaunlich ist die Tatsache, dass im verzögerten Abruf des VLMT eine signifikante Gruppe x Testzeitpunkt Interaktion gefunden wurde (siehe Abbildung 13). Die Interaktion ist in Abbildung 13 dargestellt. Die Interaktion kommt wohl unter anderem dadurch zustande, da sich die Kontrollgruppe signifikant von der Vor- zur Nachtestung verschlechtert (an der Signifikanz änderte sich jedoch nichts, wenn die in Experiment 1 berichtete Vp, die sich um 5 Items von der Vor- zur Nachtestung verschlechtert hat, ausgeschlossen wurde). Allerdings muss man auch betonen, dass die Experimentalgruppe einen klaren Trend zu einer Verbesserung zeigt. Aufgrund der sehr hohen Ausgangswerte, die nahezu dem Maximum entsprachen, wäre es vergleichbar mit Experiment 1 jedoch vorteilhafter gewesen, eine schwierigere Aufgabe zu benutzen, um etwas mehr Varianz zu ermöglichen. Da Experiment 1 und dieses Experiment jedoch fast zeitgleich gestartet wurden, zeigen sich nun vergleichbare Deckeneffekte in dieser Aufgabe. Die Verwendung dieser Aufgabe ermöglichte es jedoch, diese bei jungen Erwachsenen gewonnenen Resultate mit den Ergebnissen der älteren Erwachsenen zu vergleichen, die mit dem gleichen Paradigma trainierten (Experiment 4).

Abgesehen von dieser signifikanten Interaktion im verzögerten Abruf des VLMT wurden keine weiteren signifikanten Interaktionen gefunden. Wie schon bei Experiment 1 wurden jedoch verschiedene signifikante Einzelvergleiche zwischen der Vor- und Nachtestung exklusiv in der Experimentalgruppe beobachtet. Dies betraf in der Stroop-Aufgabe die Untertests Lesen und Farbbenennen. Trendmässige Verbesserungen wurden im Zahlennachsprechen vorwärts und dem Untertest Interferenz der Stroop-Aufgabe gefunden. Wie bei Experiment 1 wurde auch hier keine Verbesserung im RMS, einem Mass für den FOA, gefunden, was wiederum eher dafür zu sprechen scheint, dass das Training die Effizienz des AG verbessert, nicht aber die Grösse des FOA. Doch auch hier kann diese Vermutung nicht direkt überprüft werden (was mit der Verwendung eines fluiden Intelligenzmasses in

der Vor- und Nachtestung machbar gewesen wäre). Die Verbesserung im Zahlennachsprechen scheint zusammen mit der verbesserten Abrufleistung im VLMT daraufhinzudeuten, dass die Vpn ihre Leistung in Aufgaben verbessern konnten, die eine Wiedergabe von Items verlangt, die zuvor in sequentieller Abfolge dargeboten wurden. Diese Aufgabencharakteristik ist entfernt vergleichbar mit jener des Trainings, so dass man die Verbesserung als nahen Transfer taxieren kann. Wenn die Verbesserung der Trainingsleistung tatsächlich hauptsächlich auf dem Training der oben beschriebenen *chunking*-Strategie beruht, dann könnten die gefundenen Transferleistungen auf eine generalisierte Strategie zurückgeführt werden. Die hier durchgeführte Studie lässt eine Überprüfung dieser Hypothese jedoch nicht zu. Es müsste nach jedem Training systematisch erhoben werden, mit welcher Strategie (oder welchen Strategien) die jeweilige Session absolviert wurde.

Aufgrund der hier erhobenen Ergebnisse ist es nun schwierig zu entscheiden, ob die KHA – wie angenommen – das bessere Training in Bezug zu den beobachteten Transfer-Effekten ist. Eine multivariate Analyse der Varianz (MANOVA) würde sich als statistischer Test anbieten, um der Beantwortung dieser Frage auf den Grund zu gehen. Allerdings ist die Durchführung dieser Berechnung mit den vorliegenden Daten nicht vorbehaltlos möglich. Als grösstes Problem ist hierbei die Stichprobengrösse zu nennen, die bei einer MANOVA mindestens grösser als die Anzahl der abhängigen Variablen sein sollte (Tabachnick & Fidell, 1996). Obwohl dieses Kriterium hier nicht erfüllt wird, habe ich eine MANOVA für die beiden Trainingsgruppen (visuell-räumliches Training und KHA) mit den folgenden abhängigen Variablen gerechnet: VLMT – verzögerter Abruf, Zahlennachsprechen vorwärts, Zahlennachsprechen rückwärts, unmittelbare Blockspanne vorwärts, unmittelbare Blockspanne rückwärts, Stroop-Aufgabe Interferenz, und RMS – Spanne. Die MANOVA stellte sich dabei als nicht signifikant heraus ($F(7,11) = 1.23$, $p = .36$), d.h. die beiden Trainingsparadigmen unterscheiden sich nicht voneinander. Weiter muss dazu angemerkt werden, dass die Voraussetzungen zur Durchführung dieser MANOVA nicht erfüllt waren, da die Homogenität der Kovarianzmatrizen in den beiden Gruppen nicht gegeben war. Aufgrund dieser Verletzung und der geringen Stichprobengrösse, sollte dem Resultat dieser MANOVA nicht zu viel Gewicht gegeben werden.

Betrachtet man ausschliesslich die durch die Einzelvergleiche gemessenen Transfer-Effekte, dann zeigt sich ein ausgeglichenes Bild. Eine Übersicht der gefundenen Verbesserungen in Experiment 1 und Experiment 2 wird in Tabelle 5 gegeben.

Tabelle 5. Übersicht der Aufgaben, in denen entweder in Experiment 1 oder in Experiment 2 eine signifikante Verbesserung von der Vor- zur Nachtestung in der Experimentalgruppe gefunden wurde.

Experiment 1 (visuell-räumlich)	**Experiment 2 (KHA)**
Zahlennachsprechen rückwärts	VLMT – verzögerter Abruf
Unmittelbare Blockspanne rückwärts	Zahlennachsprechen vorwärts
Stroop-Aufgabe Farbbenennen	Stroop-Aufgabe Lesen
Stroop-Aufgabe Interferenz	Stroop-Aufgabe Farbbenennen
	Stroop-Aufgabe Interferenz

Bei der (identischen) Kontrollgruppe von Experiment 1 und Experiment 2 liess sich einzig im VLMT – verzögerter Abruf eine signifikante Veränderung vom Vor- zum Nachtest feststellen, allerdings handelte es sich dabei um eine Verschlechterung.

Aufgrund dieser Datenlage ist es sehr schwierig, das eine Training besser als das andere einzustufen. Beide führen zu einer Verbesserung von verschiedenen kognitiven Funktionen. Aus theoretischer Sicht würde ich argumentieren, dass das Training mit der KHA grundsätzlich erfolgreicher sein müsste. Ich denke, dass die Begründung für die nicht vorhandene Überlegenheit der KHA in der Tatsache liegt, dass die Vpn verhältnismässig schnell durch die Entwicklung und Perfektionierung von aufgabenbezogenen Strategien ihre Leistung in der Trainingsaufgabe steigern konnten. Die in Experiment 3 und Experiment 5 eingesetzte Tiere-merken Aufgabe sollte das Potential haben, das Problem der Strategienbildung in dieser Aufgabenart in den Griff zu bekommen. Aktuell führe ich zusammen mit Susanne Jäggi eine Datenerhebung durch, in der mit der Tiere-merken Aufgabe junge Erwachsene trainiert werden, um die Hypothese zu überprüfen, ob die Bildung von Strategien einen massgeblichen Einfluss auf das Auftreten von Transfer-Effekten hat.

4.4 Fazit zum Training mit jungen Erwachsenen

In diesem Kapitel habe ich die Resultate von drei verschiedenen Trainingsparadigmen berichtet, die sich im Wesentlichen durch ihre Komplexität voneinander unterschieden haben. Es waren dies in aufsteigender Komplexität ein visuell-räumliches Training, ein Training mit der KHA und ein Training mit einem dual *n*-back Paradigma.

Mit diesen drei unterschiedlichen Trainingsaufgaben konnte gezeigt werden, dass ein erfolgreiches AG Training nicht ausschliesslich an ein bestimmtes Paradigma gebunden ist. Es ist nun aber nicht einfach zu bestimmen, welche dieser drei Trainingsinterventionen die beste und welche die schlechteste ist. Während ich die Schwierigkeiten für eine solche Entscheidung in Bezug zur visuell-räumlichen Aufgabe und der KHA weiter oben schon aufgeführt habe, liegt das Problem beim Vergleich mit der *n*-back Aufgabe in der unterschiedlichen Auswahl der Vor- und Nachtests (Studie 1 und Studie 2) und der unterschiedlichen Trainingsdauer (Studie 2). Aufgrund der Datenlage scheint jedoch das *n*-back Training das derzeit vielversprechendste Trainingsparadigma für junge Erwachsene zu sein. Es ist dasjenige Training, welches am nächsten an die in Kapitel 3.6 formulierten Rahmenbedingungen für ein erfolgreiches AG Training herankommt. Obwohl mit den bisherigen Studien diese Rahmenbedingungen nicht verifiziert oder falsifiziert werden können, so gibt es bis jetzt keine Anhaltspunkte dafür, dass die Rahmenbedingungen nicht haltbar sind.

Die in diesen drei Trainingsstudien beobachteten Transfer-Effekte scheinen sich aufgrund einer Effizienzverbesserung des AG zu ergeben. Diese Aussage wird gestützt durch die signifikante Gruppe x Testzeitpunkt Interaktionen im RST und dem BOMAT bei der zweiten *n*-back Studie und den fehlenden Veränderungen im RMS bei der visuell-räumlichen Aufgabe und der KHA. Um die Frage nach dem Grund für die beobachteten Transfer-Effekte jedoch klar nachzuweisen, muss ein Mass für die Kapazität des FOA und ein Mass für die Effizienz des AG (z.B. ein fluider Intelligenztest) in der Vor- und Nachtestung enthalten sein. Erst wenn diese beiden Masse in der gleichen Trainingsstudie eingesetzt werden, lässt sich wirklich entscheiden, wo die trainingsinduzierte Veränderung im AG stattgefunden hat.

5. Arbeitsgedächtnistraining mit älteren Menschen

Angesichts der guten Resultate mit jungen Erwachsenen stellte sich die Frage, ob es auch möglich ist, ein AG Training mit älteren Menschen durchzuführen, einer Population, die mit einem kognitiven Abbau in vielen Bereichen, wie der Verarbeitungsgeschwindigkeit (Salthouse, 1996), dem episodischen Gedächtnis (Nyberg, Backman, Erngrund, Olofsson, & Nilsson, 1996; Rabbitt & Lowe, 2000) und EF (De Beni & Palladino, 2004; Hartman & Warren, 2005; Kramer, Hahn, & Gopher, 1999) konfrontiert ist. Sollten die positiven Transfer-Effekte, welche sich beim *n*-back Training besonders eindrücklich im Bereich des episodischen Gedächtnisses zeigten, auch bei einer älteren Population nachweisbar sein, dann könnte das AG Training als eine ernsthafte Alternative zu bestehenden Gedächtnistrainingsprogrammen (z.B. Oswald, 1998) bei älteren Menschen angesehen werden.

Mit der KHA wurde ein Paradigma bei jungen Erwachsenen durchgeführt, dass meiner Meinung nach das Potential hat, auch bei älteren Menschen und Kindern angewendet zu werden, da es einfach zu erklären ist und die Aufgabe ansprechend daherkommt. Insbesondere bei älteren Menschen fällt die Schwierigkeitsadaptivität der KHA (aber auch der anderen von mir eingesetzten AG Trainingsaufgaben) noch mehr ins Gewicht als bei jungen Erwachsenen, da gerade bei älteren die interindividuelle kognitive Leistungsvarianz zunimmt (Christensen & Kumar, 2003) und dank dieser Adaptivität, dem breiteren individuellen Können Rechnung getragen werden kann. Darüber hinaus ist die Aufgabe auch dazu geeignet, um in einem Gruppensetting verwendet zu werden. Erfahrungsgemäss nimmt es teilweise sehr viel Zeit in Anspruch, einer Person im Alter von etwa 60 Jahren eine *n*-back Aufgabe zu erklären. Zudem ist die Aufgabe bereits bei einem kleinen *n* zumindest zu Beginn mit einem verhältnismässig hohen Versagenserlebnis und damit auch einer gewissen Frustration verbunden. Daher wäre es möglich, dass die *n*-back Trainingaufgabe nicht geeignet ist, um als erfolgreiches Trainingsparadigma bei älteren Menschen eingesetzt zu werden.

Obwohl nicht direkt damit zusammenhängend, so lässt sich in der Literatur zum Strategientraining bei älteren Menschen eine Beobachtung machen, die ebenfalls dafür spricht, möglichst simple Vorgehensweisen zu wählen:

Obwohl es möglich ist, signifikante Gedächtnisverbesserungen nach einem Strategientraining zu induzieren (Verhaeghen, Marcoen, & Goossens, 1992), so gibt es verschiedene Resultate, die darauf hinweisen, dass es mit zunehmendem Alter weniger wahrscheinlich ist, dass neu erworbene Gedächtnisstrategien effizient genutzt werden (Baltes, Sowarka, & Kliegl, 1989; Nyberg et al., 2003; Verhaeghen & Marcoen, 1996). Es wird davon ausgegangen (Verhaeghen & Marcoen, 1996), dass diesem Nicht-Gebrauch von erfolgreich gelernten Strategien einerseits ein Verarbeitungsdefizit zugrunde liegt, d.h. dass nicht genügend aufgabenrelevante Ressourcen zur Verfügung stehen und andererseits ein Produktionsdefizit vorliegt, d.h. unangemessene kognitive Vorgänge werden angewendet, wie beispielsweise eine nicht effiziente Strategie. Solche Befunde sprechen dafür, dass zumindest mit einer Subpopulation von älteren Menschen eine generell vermittelte Strategie nicht zu den gewünschten Resultaten führt und dass es angebracht wäre, in diesem Sinn das Vorgehen zu verbessern. Es ist allerdings derzeit nicht klar, wie man dieses Problem angehen könnte (Nyberg et al., 2003).

In den nachfolgend berichteten Experimenten wurden ältere Erwachsene mit verschiedenen AG Trainingsparadigmen trainiert. Das Ziel von Experiment 3 bestand darin, ein neues, dreimonatiges Trainingsprogramm als Ganzes auf seine Wirksamkeit zu überprüfen. In das Trainingsprogramm wurden verschiedene Ansätze aufgenommen, die alle einen positiven Einfluss auf das kognitive Funktionieren in älteren Erwachsenen haben sollten. Die Umsetzung eines solchen Programms lässt es zu, die Wirksamkeit der Intervention als Ganzes zu untersuchen. Die hier durchgeführte Studie ist jedoch nicht dazu geeignet, die differentiellen Beiträge der einzelnen Ansätze zu bestimmen. In Experiment 4 hingegen wurde dann ausschliesslich mit einer einzigen AG Aufgabe trainiert, so dass Rückschlüsse darüber gemacht werden können, wie gross der Einfluss des AG Trainings alleine ist. In Experiment 5 wurde wiederum ein Training umgesetzt, das mehrere Elemente enthielt, von denen ein positiver Einfluss auf kognitive Leistungsmasse erwartet werden kann. Im Gegensatz zu Experiment 3 handelte es sich dabei jedoch um eine viel kürzere Intervention von insgesamt zwei Wochen Dauer (im Gegensatz zum dreimonatigen Training bei Experiment 3).

5.1 Experiment 3: Exzentrisches Training bei Älteren (NFP-53 Studie)

Diese Studie war die erste, in welcher bei älteren Menschen die bei jungen Erwachsenen gewonnen Erkenntnisse über die Wirksamkeit des AG Trainings umgesetzt wurden. Die Durchführung der Studie erfolgt im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms 53 (NFP-53) zum Thema „Muskuloskeletale Gesundheit und Schmerzen". Das Projekt mit dem Titel „Chronisch exzentrisches Krafttraining bei Betagten" wird in Kooperation mit dem Institut für Anatomie der Universität Bern durchgeführt und verfolgt das hauptsächliche Ziel, Stürze im hohen Alter zu vermindern.

Im Rahmen des noch laufenden Projektes wurden bis zum Sommer 2006 drei Interventionsgruppen über einen Zeitraum von drei Monaten trainiert. Die Trainingssessionen fanden zwei Mal pro Woche für je 45 Minuten statt. Vor und unmittelbar nach dem Trainingsende, sowie ein Jahr darauf wurden die Vpn eingehend psychologisch und physiologisch untersucht. Die Probanden hatten dabei ein durchschnittliches Alter von fast 83 Jahren. Gruppe 1 absolvierte ein kognitives Training, Gruppe 2 ein exzentrisches Krafttraining (für eine Erklärung von exzentrischer Muskelarbeit siehe Steiner (2003)) und Gruppe 3 ein traditionelles (konzentrisch orientiertes) Krafttraining. In der Form eines komparativen Designs (Willis, 2001) könnten mit diesen drei Interventionsgruppen die differentiellen Effekte der drei unterschiedlichen Interventionen herausgearbeitet werden. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werde ich mich jedoch ausschliesslich auf die Gruppe 1 konzentrieren und die Resultate der beiden anderen Gruppen nicht berichten, da ich mich ausschliesslich auf den Einfluss von kognitiven, nicht aber körperlichen Interventionen beschränke. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die Effektstärken der Zielvariablen überschätzt werden, wenn ausschliesslich die Resultate einer einzigen Gruppe analysiert werden, welche nicht an einer Kontrollgruppe relativiert werden (N. W. Park & Ingles, 2001; Willis, 2001). Aus diesem Grund wird aktuell im Rahmen der laufenden Studie eine inaktive Kontrollgruppe erhoben. Diese Datenerhebung wird voraussichtlich im Sommer 2007 beendet sein, so dass ich diese Daten hier nicht berichten kann. Trotz dieses methodischen Mangels bin ich der Meinung, dass diese Studie mit den hier berichteten Daten gut in diese Arbeit passt, da sie auf der einen

Seite die Machbarkeit des AG Trainings mit Probanden im Alter von 85 Jahren und älter nachweist und auf der anderen Seite die Umsetzung einer innovativen Interventionsmethode aufzeigt, die verschiedene Wirkparameter integriert, von welchen ein positiver Einfluss auf kognitive Leistungsparameter postuliert wird.

Im Vergleich zu den übrigen in dieser Arbeit präsentierten Experimenten nimmt diese Studie zusammen mit Experiment 5 eine Sonderstellung ein: es sind die einzigen Studien, in der nicht nur eine einzige Aufgabe trainiert wurde, sondern mehrere gleichzeitig. Das Training bestand aus vier verschiedenen Hauptkomponenten, die jede für sich einen positiven Einfluss auf das kognitive Funktionieren im höheren Alter haben sollten. Dieses Vorgehen wurde gewählt, um ein möglichst effizientes Gesamtprogramm zusammenzustellen, das als Ganzes einen maximalen Trainingsgewinn ermöglichen sollte. Angesichts der verhältnismässig langen Trainingszeit, achteten wir auch darauf, ein abwechslungsreiches Training zu gestalten, das motivationsfördernd ist und den Vpn Spass machen sollte. Aus diesem Grund entwickelten wir für drei der vier Hauptkomponenten verschiedene Aufgaben, die abwechslungsweise in den einzelnen Trainingssessionen zum Einsatz kamen. Die Trainingsintervention stützte sich auf die folgenden vier Hauptkomponenten, die alle computerbasiert durchgeführt wurden:

Arbeitsgedächtnis. Es wird davon ausgegangen, dass mit zunehmendem Alter die Leistung des AG nachlässt (Dobbs & Rule, 1989; Foos, 1989; Oberauer, 2005; D. C. Park, Lautenschlager, Hedden, Davidson, & Smith, 2002). Basierend auf diesen Befunden und aufgrund der positiven Erfahrungen mit jungen Erwachsenen setzten wir drei verschiedene AG Trainingsaufgaben ein, um diesem Abbau entgegenzuwirken. Obwohl die bisherigen Resultate dafür zu sprechen scheinen, dass sich die Kapazität des AG im Sinn von Speichereinheiten nicht verändern lässt, so scheint es trotzdem viel versprechend, dass möglicherweise auch bei älteren Erwachsenen durch eine Steigerung der Effizienz die Leistung des AG wieder verbessert werden kann.

Verarbeitungsgeschwindigkeit. Verschiedene Befunde legen nahe, dass mit zunehmendem Alter die Verarbeitungsgeschwindigkeit nachlässt

(z.B. Salthouse, 1996). Salthouse (1996) argumentiert, dass die Verarbeitungsgeschwindigkeit einen grundlegenden Faktor repräsentiert, der bei einer Reihe von kognitiven Massen massgeblich zur gemessenen Leistung beiträgt (z.B. Gedächtnis oder Problemlösen). Aus diesem Grund wurden zwei verschiedene Wahlreaktionsaufgaben in das Trainingsprogramm aufgenommen, um damit die Verarbeitungsgeschwindigkeit zu trainieren. Edwards et al. (2001) fanden bei ihrem Training der Verarbeitungsgeschwindigkeit bei Erwachsenen im Alter von etwa 72 Jahren – bei dem die Vpn schnelle visuelle Erkennungsleistungen erbringen mussten und welches mit zunehmender Expertise schwieriger wurde – geringe Transfer-Effekte, dennoch kommen die Autoren zum Schluss, dass ein Training der Verarbeitungsgeschwindigkeit das Potential hat, das Funktionieren von älteren Menschen im täglichen Leben zu verbessern.

Aktivierung von positiven Altersstereotypen. Verschiedene Studien (Hess, Hinson, & Statham, 2004; Levy, 1996) zeigten, dass es möglich ist, episodische Gedächtnisleistungen durch die implizite Präsentation von positiven Altersstereotypen zu verbessern. Der vermutete Wirkmechanismus hinter diesen Effekten basiert auf einem Wechsel von dominanten negativen Alters-Selbst-Stereotypen zu positiven Stereotypen (Levy, 1996). In den angegebenen Studien hatten die Stereotypen einen positiven Effekt, wenn sie subliminal in einem Durchgang (d.h. an einem Termin) präsentiert wurden. Hier waren wir jedoch mit einer ganz anderen Situation konfrontiert, da die Vpn jeweils zwei Mal pro Woche über einen Zeitraum von drei Monaten zum Training erschienen. Aus diesem Grund entschieden wir uns, die Stimuli in einer gemischten supra- und subliminalen Art und Weise zu präsentieren, obwohl es Hinweise dafür gibt, dass eine supraliminale Präsentation die positiven Effekte unterdrückt (Hess, Hinson, & Statham, 2004). Meines Wissens gibt es bis heute keine publizierte Studie, die den Einfluss der Aktivierung von positiven Altersstereotypen über eine solche, lange Zeitspanne untersuchte. Aus praktischen Gründnen wurden die positiven Altersstereotypen in die Wahlreaktionsaufgaben integriert.

Passive semantische Aktivierung. Eine Trainingssession startete und endete immer mit einer *passiven semantischen Aktivierung*. Bei dieser

Aufgabe wurde den Vpn eine Auswahl von Wörtern aus verschiedenen Kategorien (z.B. berühmte Maler, Werkzeuge, Fische, etc.) über einen Computerbildschirm gezeigt. Die Vpn wurden instruiert, die präsentierten Wörter sorgfältig zu lesen. Die passive semantische Aktivierung ermöglichte es, einen Teil des individuellen semantischen Netzwerkes (z.B. Collins & Loftus, 1975) durch eine automatische Aktivierung von Assoziationen passiv zu aktivieren, wobei die präsentierten Wörter Knoten in diesem Netzwerk repräsentieren. Zu dem diente die Aufgabe als eine ruhige Aufwärmphase zu Beginn jeder Trainingssession und bot gleichermassen auch die Möglichkeit, eine Session vergleichsweise ausklingen zu lassen.

Schliesslich wurde vor dem Ende einer Trainingssession in der Regel eine kurze Präsentation über ein ausgewähltes Thema wie z.B. Aufmerksamkeit oder Gedächtnissysteme gegeben. Damit zusammenhängend wurden jeweils auch nützliche Tips für das tägliche Leben vermittelt.

Mit der Durchführung dieser Studie wollten wir herausfinden, ob das Programm als Ganzes erfolgreich durchgeführt werden kann und ebenso wie bei den jungen Erwachsenen auch die intendierten Transfer-Effekte zeigen würde. Konkret erwartete ich Transferleistungen vor allem in jenen Aufgaben, die eine hohe Ähnlichkeit mit den trainierierten Aufgaben aufwiesen (naher Transfer) aber auch speziell einen entfernten Transfer zu episodischen Gedächtnisleistungen, da dies auch in der *n*-back Studie gefunden wurde. Wie bereits gesagt, führten wir die gleichen Aufgaben der Vortestung ein Jahr nach dem Trainingsende nochmals durch, um festzustellen, ob die erreichten Effekte auch überdauernden Charakter haben. Allerdings ging ich nicht davon aus, dass gegebenenfalls auftretende Transfer-Effekte ein Jahr nach Trainingsende noch messbar sind. Im Rahmen des hier durchgeführten Trainingsprogramms denke ich, dass das Gehirn durchaus wie ein „mentaler Muskel“ angeschaut werden kann (und damit der Aussage von Singley & Anderson (1989) widerspricht) und in diesem Sinn auch seine Leistungsfähigkeit einbüsst, wenn es nicht auf die von uns intendierte Art und Weise kontinuierlich trainiert wird.

5.1.1 Methode

Versuchspersonen. 16 Vpn (davon 6 Männer) starteten mit der Vortestung und der kognitiven Intervention. Aufgrund von medizinischen und psychiatrischen Gründen wurden drei weibliche Vpn von der weiteren Datenanalyse ausgeschlossen. Insgesamt beendeten 13 Vpn (davon 6 Männer) mit einem Durchschnittsalter von 82.9 Jahren (*SD* = 3.3; *range*: 75 – 88) die Vor- und Nachtestung und das Training. An der Follow-up Messung, ein Jahr nach Beendigung der Nachtestung, nahmen 11 Vpn (davon 5 Männer) mit einem Durchschnittsalter von 81.3 Jahren teil (*SD* = 3.0; *range*: 75 – 85; aus Gründen der Vergleichbarkeit wird hier das Alter in Bezug auf den Zeitpunkt der Nachtestung angegeben). Die beiden fehlenden Vpn konnten aus medizinischen Gründen die Follow-up Untersuchung nicht besuchen. Die Teilnehmenden wurden hauptsächlich über die Seniorenuniversität Bern oder lokale Altersturngruppen rekrutiert. Die Teilnehmenden gaben eine schriftliche Einverständniserklärung und erhielten je Fr. 200.- für ihre Teilnahme.

Apparate. Die Aufgaben zu den vier Hauptkomponenten wurden mit dem Software-Paket E-Prime (Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA) auf einem Microsoft Windows basierten Personal-Computer durchgeführt. Die in der Vor- und Nachtestung eingesetzte visuell-räumliche Spannenaufgabe wurde ebenfalls mit E-Prime durchgeführt. Sämtliche E-Prime basierten Programme waren für eine Auflösung von 1024 x 768 Pixel optimiert. Der Computergestützte Gedächtnis-Funktion-Test (C-GFT) wurde auf einem Microsoft DOS basierten Personal-Computer durchgeführt. Alle anderen Tests wurden als Papier-und-Bleistift Version durchgeführt.

Ablauf der Vor-, Nach- und Follow-up-Testung. Da diese Studie im Rahmen des Projektes „Chronisch exzentrisches Krafttraining bei Betagten“ durchgeführt wurde, wurden auch physiologische Masse erhoben. Damit auch sichergestellt werden konnte, dass die Vpn wegen der Teilnahme an diesem Projekt keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen davontragen würden, wurde mit jeder Vp vor der Vortestung und dem Trainingsstart eine ausführliche medizinische Untersuchung durchgeführt. Da für meine Dissertation diese körperlichen Parameter keine Rolle spielen, werde ich das diesbezügliche Vorgehen auch nicht näher erläutern.

Die Vor-, Nach- und Follow-up-Testung erstreckte sich insgesamt jeweils über einen Zeitraum von zwei Wochen. Jede Vp wurde an zwei aufeinander folgenden Tagen getestet. Die Testung wurde mit jeder Vp einzeln in einem ruhigen, gut beleuchteten Raum durchgeführt. Am ersten Tag wurden mit den Vpn in einer interaktiven Art und Weise verschiedene Fragebogen durchgegangen: *Activities of Daily Living* (ADL; Katz, Downs, Cash, & Grotz, 1970; Katz, Ford, Moskowitz, Jackson, & Jaffe, 1963), ein speziell für die diese Studie zusammengestellter Fragbogen, der Elemente der *Instrumental Activities of Daily Living* (IADL; Lawton & Brody, 1969) und der Nürnberger-Alters-Alltagsskala (NAA) aus dem Nürnberger Altersinventar (Oswald & Fleischmann, 1995) enthielt, ein Fragebogen zu Kontrollüberzeugungen von Alter und Gesundheit basierend auf Perrig-Chiello (1994), sowie der WHOQOL-BREF (Angermeyer, Kilian, & Matschinger, 2000) zur Erfassung der Lebensqualität. Da ich mich in dieser Arbeit ausschliesslich auf kognitive Leistungsmasse stütze und auch in der theoretischen Aufbereitung nicht näher auf Lebensqualität und Autonomie im Alter eingegangen bin, werde ich die Resultate dieser Fragebogen nicht berichten. Nach dem Durcharbeiten der Fragebogen, wurden die Instruktionen zur prospektiven Gedächtnisaufgabe und des Weiteren Zahlennachsprechen, eine visuell-räumliche Spannenaufgabe und die Stroop Aufgabe vorgegeben. Nach dieser einstündigen Testung gab es eine 15 minütige Pause, bevor die ebenfalls eine Stunde dauernde physiologische Testung erfolgte. Am zweiten, darauf folgenden Tag erschienen die Vpn mit einigen wenigen Ausnahmen (aus organisatorischen Gründen) um die gleiche Zeit wie am Vortag. Die Testung wurde mit den gleichen Instruktionen für die prospektive Gedächtnisaufgabe eröffnet, gefolgt von einem Wortschatztest, einer Texterinnerungsaufgabe, dem C-GFT und zuletzt der Wiedergabe des zuvor gehörten Textes. Am Ende der psychologischen Testung des zweiten Tages war die Vor-, Nach-, bzw. Follow-up-Testung für die Vpn beendet.

Ablauf der Trainingssessionen. Das Training wurde in Gruppen zu je 8 Personen durchgeführt. Trainingsgruppe 1 erschien jeweils am Dienstag- und Freitagmorgen um 10 Uhr zum Training, Trainingsgruppe 2 trainierte am Montag- und Donnerstagnachmittag, jeweils um 14 Uhr. Bei der Gruppenzuteilung

wurde Rücksicht auf die wiederkehrenden Alltagstermine der Teilnehmenden genommen. In jeder Trainingssession waren mindestens zwei Versuchsleitende anwesend, damit den Probanden bei eventuell auftretenden Problemen schnell und effizient geholfen werden konnte. Eine Trainingssession dauerte insgesamt 45 Minuten und wurde mit den computergestützten Trainingsprogrammen begonnen. Nach der Arbeit am Computer wurde ein ungefähr 15 Minuten dauerndes Referat über ein ausgewähltes Thema, wie z.B. Aufmerksamkeit oder Kurzzeitgedächtnis gegeben (für eine Übersicht der Themen siehe Tabelle 6). Falls die Teilnehmenden Fragen hatten oder weitergehende Informationen haben wollten, dann wurde dies im Anschluss diskutiert bzw. vermittelt. Anschliessend erhielten die Vpn Knobelaufgaben, die je nach Möglichkeit mit dem Thema des jeweiligen Referats inhaltlich verbunden waren und von den Teilnehmenden fakultativ zu Hause gelöst werden konnten. Zum Ende einer Trainingssession wurde den Vpn Kaffee offeriert und gegebenenfalls auftretende Fragen bezüglich dem vermittelten Inhalt oder dem Trainingsprozedere besprochen.

Beim ersten Trainingstermin wurde den Vpn der generelle Ablauf einer Trainingssession erläutert und eine Einführung in die Bedienung des Computers gegeben. Damit die computergestützten Trainingsaufgaben korrekt durchgeführt werden konnten, mussten die Vpn in der Lage sein, die Computermaus korrekt zu bedienen und verschiedene Knöpfe auf der Tastatur zu drücken. Während das Letztere nie ein Problem darstellte, so war die Bedienung der Computermaus für einen Grossteil der Teilnehmenden neu und musste entsprechend geübt werden. Für diesen Zweck wurde die Funktionsweise und optimale Haltung der Maus aufgezeigt. Zudem entwickelte ich die „Blumenaufgabe“, die es erlaubte, das Bewegen des Mauszeigers und das Drücken der Computermaus in einer spielerischen Art und Weise zu üben. Die erste AG Aufgabe wurde zusätzlich mit einer speziellen Variante eingeführt, damit die Bedienung der Computermaus im Kontext der späteren Aufgabe geübt werden konnte. Weiter wurde jede für die Teilnehmenden neue Trainingsaufgabe sorgfältig und gut illustriert eingeführt, so dass die Vpn innert kurzer Zeit in der Lage waren, die jeweilige Aufgabe korrekt und ohne externe Hilfe durchzuführen.

Der Ablauf der computergestützten Trainingsprogramme wurde jeweils nach folgendem Schema durchgeführt:

1. Passive semantische Aktivierung
2. Wahlreaktionsaufgabe mit positiven Alterstereotypen
3. Arbeitsgedächtnistraining
4. Wahlreaktionsaufgabe mit positiven Alterstereotypen
5. Arbeitsgedächtnistraining
6. Passive semantische Aktivierung

Die Aufgaben unter Punkt 2 und 4 waren in einer Trainingssession immer identisch, dies traf auch auf die Punkte 3 und 5 zu. Über die dreimonatige Trainingszeit wurden diese Aufgaben gewechselt, damit das Training abwechslungsreich und damit auch interessant blieb. Eine detaillierte Übersicht, über die in einer Session verwendeten Aufgaben und Aufgabenzeiten sind in Tabelle 6 aufgeführt. Die gleiche Aufgabe einer Hauptkomponente wurde jeweils über einen bestimmten Zeitraum (in der Regel 3 bis 5 Trainingssessionen) durchgeführt und dann von einer anderen Aufgabe abgelöst. Dadurch entstanden „Blöcke“, in denen jeweils die gleiche Aufgabe verwendet wurde.

Nach ungefähr jeweils 4 Wochen wurde eine „Testsession“ durchgeführt, in welcher die computergestützten Trainingsaufgaben in reduziertem zeitlichen Umfang vorgegeben und kein Referat über ein ausgewähltes Thema gehalten wurde. Stattdessen wurden ein Wortlistenlernen, ein Wortstammergänzen und ein *Fluency*-Test durchgeführt. Dieses Vorgehen wurde gewählt, um den Erfolg des Trainingsprogramms über die Zeit zu quantifizieren. Die ursprüngliche Planung sah vor, das Wortlistenlernen häufiger durchzuführen, insbesondere zu Beginn der Intervention, als auch an Session 10. Aufgrund der starken, negativen Vpn-Rückmeldung wurde dieser Planung jedoch nicht gefolgt und das Wortlistenlernen nur in einem verkürzten Ausmass durchgeführt (mehr dazu in der Diskussion dieses Experiments).

Tabelle 6. Übersicht und Reihenfolge der in einer Session verwendeten computerbasierten Trainingsprogramme und Aufgaben, sowie die Referatsthemen. In Klammer ist jeweils die Aufgabendauer in Minuten angegeben. Zur besseren Übersicht sind die AG Trainings mit einem grauen Hintergrund markiert.

Session	Trainingsaufgabe (in der Reihenfolge der Durchführung) 1.		2.		3.		4.		5.		6.		Referatsthemen
1													Einführung
2	SMT	(2)	Flower	(2)									Namen merken
3	PSA	(2)	RKT1	(1)	Flower	(2)	RKT1	(1)	PSA	(2)			Aufmerksamkeit
4	PSA	(2)	RKT1	(1)	Flower	(2)	AG1	(3)	RKT1	(1)	PSA	(2)	Gedächtnismodell
5	PSA	(2)	RKT1	(1)	AG1	(3)	RKT1	(1)	AG1	(3)	PSA	(2)	Sinne
6	PSA	(2)	RKT2	(1)	WL	(2)	AG1	(4)					Testsession
7	PSA	(2)	RKT2	(1)	AG1	(4)	RKT2	(1)	AG1	(4)	PSA	(2)	Wahrnehmung
8	PSA	(2)	RKT2	(1)	AG1	(4)	RKT2	(1)	AG1	(4)	PSA	(2)	Hören
9	PSA	(2)	RKT2	(1)	AG1	(4)	RKT2	(1)	AG1	(4)	PSA	(2)	Riechen
10	PSA	(2)	RKT1	(1)	AG2	(4)							Testsession
11	PSA	(2)	RKT1	(1)	AG2	(4)	RKT1	(1)	AG2	(4)	PSA	(2)	Tasten
12	PSA	(2)	RKT1	(1)	AG2	(4)	RKT1	(1)	AG2	(4)	PSA	(2)	Sinneskanäle
13	PSA	(2)	RKT1	(1)	AG2	(4)	RKT1	(1)	AG2	(4)	PSA	(2)	KZG
14	PSA	(2)	RKT2	(1)	AG2	(4)							Testsession
15	PSA	(2)	RKT2	(1)	AG2	(4)	RKT2	(1)	AG2	(4)	PSA	(2)	LZG
16	PSA	(2)	RKT2	(1)	AG2	(4)	RKT2	(1)	AG2	(4)	PSA	(2)	Gedächtnis
17	PSA	(2)	RKT2	(1)	AG1	(4)	RKT2	(1)	AG3	(4)	PSA	(2)	Externe Faktoren der Ged.beeinflussung
18	PSA	(2)	RKT1	(1)	AG3	(4)	RKT1	(1)	AG3	(4)			Keine Theorie
19	PSA	(2)	RKT1	(1)	AG3	(4)	RKT1	(1)	AG3	(4)	PSA	(2)	Sys. Rekonstruktion
20	PSA	(2)	RKT1	(1)	AG3	(4)	RKT1	(1)	AG3	(4)	PSA	(2)	Automatisierung
21	PSA	(2)	RKT1	(1)	AG3	(4)	RKT1	(1)	AG3	(4)	PSA	(2)	Ext. Ged.hilfen
22	PSA	(2)	Flower	(2)	WL	(2)	RKT1	(1)	AG3	(4)			Testsession
23													Debriefing

SMT = Senso Maustraining, Flower = Blumenaufgabe, PSA = Passive semantische Aktivierung, WL = Wortliste, RKT1 = Reaktionsaufgabe 1, RKT2 = Reaktionsaufgabe 2, AG 1 = AG Training 1, AG2 = AG Training 2, AG3 = AG Training 3; KZG = Kurzzeitgedächtnis; LZG = Langzeitgedächtnis

Trainingsaufgaben

Blumenaufgabe (zum Üben der Mausbedienung). Das Übungsprogramm startete mit einem Druck auf eine Maustaste (Abbildung 14a). Acht verschiedene Blumen mit einer jeweiligen Grösse von 150 x 150 Pixel erschienen darauf auf einem blauen Hintergrund, kreisförmig um den Mittelpunkt des Computerbildschirmes angeordnet (Abbildung 14b). Nach einem zufällig ausgewählten Zeitintervall von 1500ms, 1750ms, 2000ms, 2250ms, 2500ms oder 2750ms verdeckte ein 150 x 150 Pixel grosses, rotes Quadrat eine dieser Blüten und der Mauszeiger erschien in der Mitte des Bildschirms (Abbildung 14c). Das rote Quadrat wurde solange gezeigt, bis die Vp mit dem Mauszeiger auf das Quadrat fuhr und eine Maustaste drückte. Darauf wurde in der Mitte des Bildschirms angezeigt, wie schnell die Vp geantwortet hatte (Abbildung 14d). Erfolgte der Mausklick während dem sich der Mauszei-

ger nicht über dem roten Quadrat befand, dann erschien die Meldung „Bitte klicken Sie jeweils auf das rote Feld!“. Der nächste Trial wurde automatisch nach 2000ms gestartet. In zufälliger Abfolge wurde jede Blume zwei Mal von einem roten Quadrat verdeckt. Da diese Aufgabe ausschliesslich zum Erlernen der Bedienung der Computermaus gedacht war, wurden hier keine abhängigen Variablen aufgezeichnet.

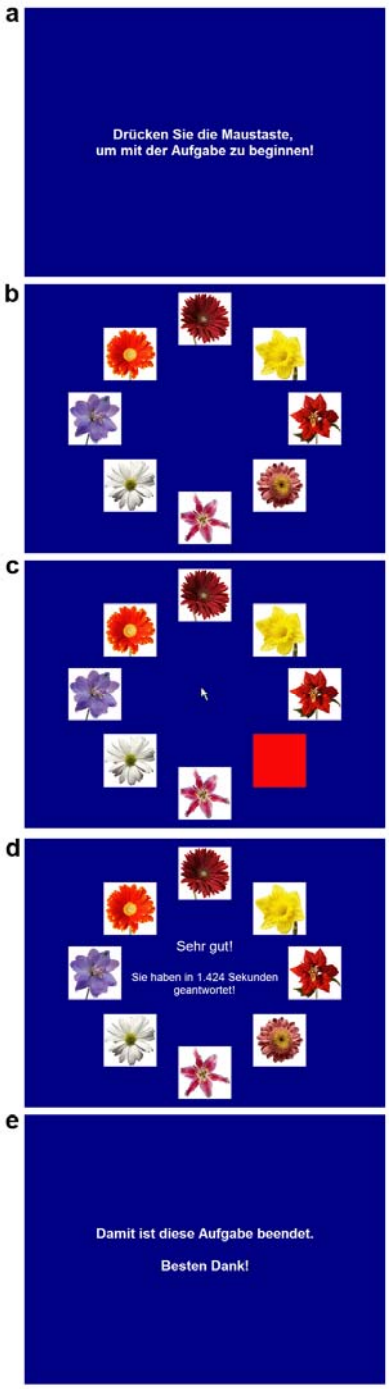

Abbildung 14. Darstellung eines Trials der Blumenaufgabe.

Senso Maustraining (zum Üben der Mausbedienung). Diese Aufgabe diente zum einen als Einführung für die erste AG Aufgabe, zum anderen diente sie auch dazu, die Bedienung mit der Maus weiter zu üben. Die Aufgabe wurde mit einem Mausklick gestartet. Darauf erschienen vier Quadrate in der Grösse von je 200 x 200 Pixel in den Farben Rot, Grün, Gelb und Blau, horizontal verteilt und vertikal zentriert für 1000ms auf dem Computerbildschirm. Darauf verschwand ein zufällig ausgewähltes Quadrat für 1500ms vom Bildschirm und erschien darauf wieder. Mit dem Erscheinen wurde die folgende Meldung am oberen Bildschirmrand ausgegeben: „Bitte klicken, Sie auf das Quadrat, welches eben verschwunden war!“. Diese Meldung blieb solange bestehen, bis die Vp mit dem Mauszeiger auf eines der Quadrate fuhr und eine Maustaste drückte. Damit die Vp auch Rückmeldung darüber erhielt, ob der Computer den Mausklick registriert hatte, verschwand das angeklickte Quadrat und erschien nach 500ms wieder. Klickte die Vp auf das vorher verschwundene Quadrat, erhielt sie eine positive Rückmeldung und konnte den nächsten Trial mit einem Mausklick starten. Klickte sie auf ein falsches Quadrat, erschien die Rückmeldung: „Bitte klicken

Sie auf jenes Quadrat, welches jeweils gerade vorher verschwindet.“ Auch nach dieser Meldung konnte der nächste Trial mit einem Mausklick gestartet werden. Es wurden so viele Trials durchgeführt, wie die Vpn in einem vorgegebenen Zeitintervall (siehe Tabelle 5) bearbeiten konnten. Auch bei dieser Aufgabe wurden keine abhängigen Variablen aufgezeichnet.

AG Aufgabe 1 (Senso Aufgabe). Diese Aufgabe repräsentierte in Anbetracht der Aufgabenkomplexität die einfachste AG Trainingsaufgabe und wurde unter anderem auch deshalb verwendet, da die Eingabe mit der Computermaus verhältnismässig leicht zu erfüllen war. Die Aufgabe wurde mit einem Mausklick gestartet, darauf erschienen vier Quadrate in den Farben Rot, Grün, Gelb und Blau, in dieser Reihenfolge horizontal verteilt und vertikal zentriert auf dem Bildschirm (Abbildung 15a). Die Quadrate hatten eine Grösse von je 200 x 200 Pixel. Nach dem Erscheinen dieser Quadrate, blinkten diese in einer zufällig ausgewählten Reihenfolge auf und generierten so eine Sequenz (Abbildung 15b und 15e), die von der Vp behalten werden sollte. Die Quadrate verschwanden dabei für jeweils 1500ms, zwischen dem Verschwinden und Erscheinen eines Quadrates vergingen 1000ms. Die Aufgabe begann immer mit einer Sequenzlänge von 2 Items. Nach der Präsentation der zu behaltenden Reihenfolge erschien der Mauszeiger in der Mitte des Bildschirms und die Vp musste mit der Computermaus den Mauszeiger über die entsprechenden Quadrate fahren und mit einem Mausklick die Quadrate in der vorher

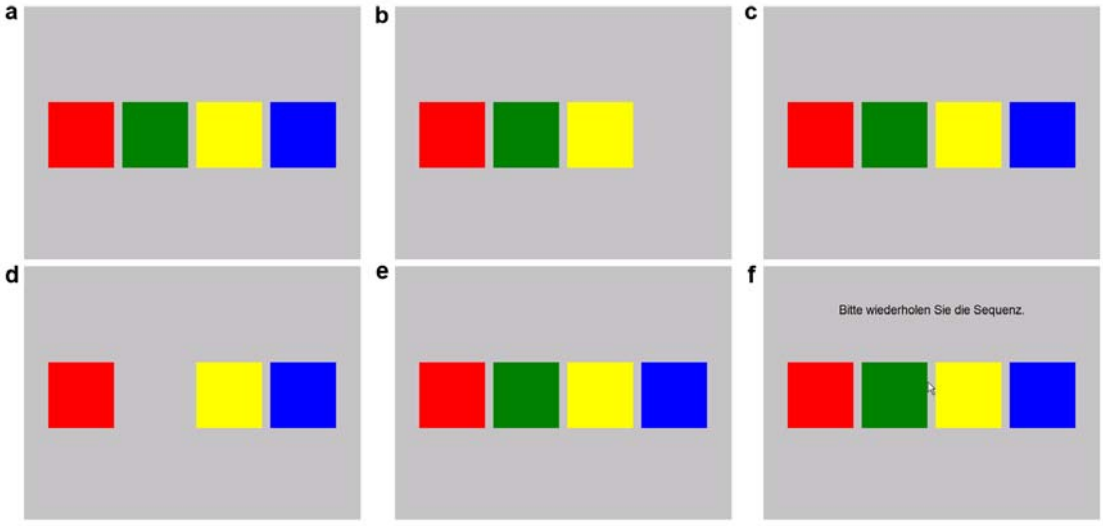

Abbildung 15. Darstellung der Präsentation einer Sequenz der Länge 2 (b – d) in der AG Aufgabe 2. Ebenfalls gezeigt ist die Aufforderung zur Wiederholung der Reihenfolge (f).

gezeigten Reihenfolge anklicken (Abbildung 15f). Damit die Vp auch Rückmeldung darüber erhielt, ob der Computer den Mausklick registriert hatte, verschwand das angeklickte Quadrat und erschien nach 500ms wieder. Wurde die aktuelle Sequenz richtig wiedergegeben, dann wurde die Itemlänge der nächsten Reihenfolge um ein Item erhöht, sonst wurde sie um ein Item reduziert, wobei die Sequenzlänge nie weniger als 2 Items betrug. Nach jedem Trial erhielt die Vp Rückmeldung darüber, ob der Trial korrekt gelöst wurde. Der nächste Trial konnte dann durch einen Mausklick gestartet werden. Es wurden so viele Trials durchgeführt, wie die Vpn in einem vorgegebenen Zeitintervall (siehe Tabelle 6) bearbeiten konnten. Als abhängige Variable wurde die Länge jedes Trials aufgezeichnet.

AG Aufgabe 2 (KHA). Diese Aufgabe war dieselbe, wie schon in Experiment 2 beschrieben.

AG Aufgabe 3 (Tiere-merken Aufgabe). Diese Aufgabe entsprach grundsätzlich dem Vorgehen der KHA, wie sie in Experiment 2 verwendet wurde. Damit die Aufgabe jedoch noch etwas komplexer gestaltet werden konnte, wurden anstelle von nur zwei Tieren („Katze“ und „Hund“), acht verschiedene Tiere verwendet. Es waren dies die folgenden Tiere: Katze, Leguan, Hund, Kaninchen, Maus, Kröte, Schmetterling und Biene. Der Aufgabenablauf entsprach jenem der KHA, mit der Ausnahme, dass im zweiten Aufgabenteil anstelle von nur zwei Bildern alle acht Bilder in zwei Reihen auf dem Bildschirm präsentiert wurden (Abbildung 16c und 16d). Ein einzelnes, solches Bild hatte die Grösse von 200 x 200 Pixel.

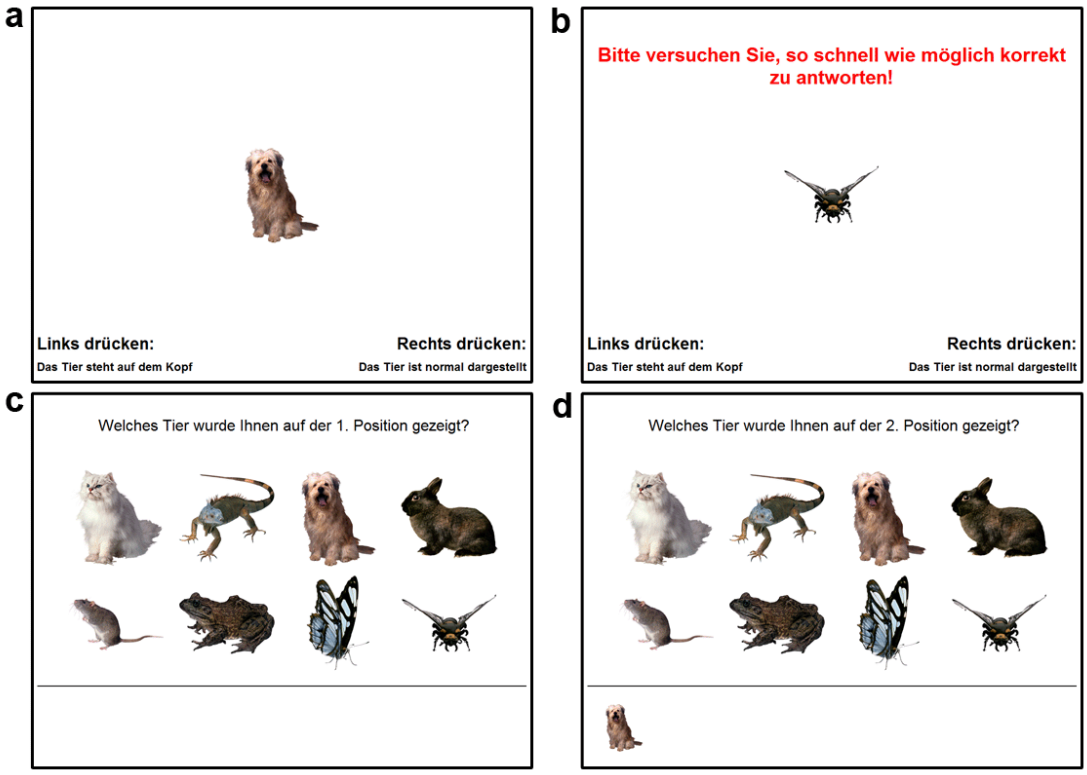

Abbildung 16. Ausschnitt eines Trials der Tiere-merken Aufgabe. Im ersten Teil (a und b) mussten die Vpn entscheiden, ob die gezeigten Tiere richtig oder auf dem Kopf stehend dargestellt sind. Im zweiten Teil (c und d) musste die im ersten Teil gezeigte Sequenz wiederholt werden.

Wahlreaktionsaufgabe (Reaktionsaufgabe 1). Diese Aufgabe entsprach weitgehend dem Vorgehen von Levy (1996; Experiment 2). Die Aufgabe wurde mit einem Druck auf eine Taste der Computertastatur gestartet. Darauf erschien in der Mitte des Bildschirms ein Fixationskreuz, das für eine zufällig bestimmte Zeitdauer präsentiert wurde. Diese Zeitdauer lag zwischen 2000ms und 7000ms und war in 500ms Schritten abgestuft. Die drei kleinsten Zeiten wurden je drei Mal, die fünf längsten je ein Mal und alle übrigen zwei Mal verwendet. Entsprechend wurden 20 Trials durchgeführt. Diese unterschiedliche Präsentationsdauer des Fixationskreuzes wurde operationalisiert, damit die Vpn die Aufgabe nicht durch ein verbessertes Antizipieren des Erscheinens des Stimulus lösen konnten. Nach der Präsentation des Fixationskreuzes erschien entweder oberhalb oder unterhalb des Fixationskreuzes ein Wort für 115ms, gefolgt von der Stimulusmaske „KGFLRTPSQZXVB“. Die Stimulusmaske blieb so lange bestehen, bis die Vp eine Taste gedrückt hatte. Die Vpn

wurden instruiert, auf den Fixationspunkt zu blicken und so schnell wie möglich ohne Fehler mit dem linken Zeigfinger die Taste „Y“ drücken, wenn das Wort und die Stimulusmaske oberhalb des Fixationskreuzes erschienen, andernfalls musste mit dem rechten Zeigfinger auf die Taste „M“ gedrückt werden. Die positiven Altersstereotypen wurden gemäss der von Levy (1996) beschriebenen Prozedur zusammengestellt. Auf der Grundlage dieser Stereotypen wurden fünf verschiedene Listen zu je 20 Wörtern zusammengestellt. In jeder Liste wurden die gleichen 12 positiven Alterstereotypen (ausgeglichen, erfahren, Freizeit, freundlich, geduldig, genügsam, liebenswürdig, ruhiger, weise, Wissen, zufrieden, Zuneigung) gezeigt, zusammen mit 4 neutralen Wörtern (anderer, Satz, zusammen, zwischen). In Anlehnung an das von Levy (1996) verwendete Vorgehen wurden zwei positive Altersstereotypen zwei Mal präsentiert (weise, erfahren). Jede Liste begann entweder mit dem Wort „Senior“ oder „alt“. Jeweils eine dieser Listen wurde für einen Trainingsdurchgang verwendet. Die Wörter wurden in sequentieller Reihenfolge dargeboten, so dass sich die Listen lediglich in der Darbietungsreihenfolge der Wörter unterschieden. Als abhängige Variable wurden die Reaktionszeiten und Richtigkeit der Antwort aufgezeichnet.

Lexikale Entscheidungsaufgabe (Reaktionsaufgabe 2). Die Aufgabe wurde mit einem Druck auf eine Taste der Computertastatur gestartet. Darauf erschien in der Mitte des Bildschirms ein Fixationskreuz. Die Präsentationsdauer dieses Fixationskreuzes lag zwischen 2000ms und 7000ms und war in 500ms Schritten abgestuft. Die drei kleinsten Zeiten wurden je fünf Mal, die vier längsten je ein Mal, die Zeiten 3500ms, 4000ms und 4500ms je drei Mal und die Dauer von 5000ms zwei Mal verwendet. Darauf verschwand das Fixationskreuz und ein Wort oder ein Nicht-Wort wurde solange gezeigt, bis die Vp eine Taste gedrückt hat. Die Vpn erhielten die Instruktionen, so schnell wie möglich korrekt zu entscheiden, ob ein Wort oder ein Nicht-Wort präsentiert wurde. Bei einem Wort musste mit dem rechten Zeigefinger die Taste „M“ gedrückt werden, sonst musste mit dem linken Zeigefinger die Taste „Y“ gedrückt werden. Die Aufgabe bestand aus 30 Trials, in welchen 15 positive Alterstereotypen (ausgeglichen, erfahren, Freizeit, freundlich, geduldig, geniessen, genügsam, gesellig, liebenswürdig, ruhig, weise, Wissen, zufrieden,

Zuneigung) und 15 Nicht-Wörter (uhm, zweri, bodel, fentir, blisch, kanschen, sauzohra, Wulmbalp, kopebida, somsrimp, buzenrefen, halesendil, atugekorvent, hizangschimmt) gezeigt wurden. Die positiven Altersstereotypen wurden nach dem Vorgehen von Levy (1996) zusammengestellt und waren weitgehend identisch mit den Stereotypen der Reaktionsaufgabe 1. Die Wörter und Nicht-Wörter wurden in zufälliger Reihenfolge präsentiert, mit der Ausnahme, dass in den ersten drei Trials die Wörter „Senior“ und „alt“ vorkamen. Als abhängige Variable wurden die Reaktionszeit und die Richtigkeit der Antwort auf die Wörter und Nicht-Wörter aufgezeichnet.

Passive semantische Aktivierung. Bei dieser Aufgabe erhielten die Vpn die Instruktionen, am Computerbildschirm gezeigte Wörter aufmerksam zu lesen. Es wurde auch darauf hingewiesen, dass der Sinn der Aufgabe nicht darin besteht, sich möglichst viele der gezeigten Wörter auswendig zu merken. Die Wörter wurden für mindestens 2000ms präsentiert. Enthielt ein Wort mehr als 8 Buchstaben, dann wurde die Präsentationszeit für jeden zusätzlichen Buchstaben um 150ms verlängert. In einem Durchgang wurden jeweils 7 Wörter aus 4 verschiedenen Kategorien gezeigt. Dazu kamen 48 zufällig aus dem Handbuch für deutsche Wortnormen (Hager & Hasselhorn, 1994) ausgewählte Adjektive. Über jeweils 4 Trainingsessionen wurden die ausgewählten Kategorien beibehalten. Da die passive semantische Aktivierung an 20 Trainingssession gezeigt wurde, ergaben sich dadurch 5 Blöcke, mit identischen Kategorien. Im ersten Block waren das z.B. die Kategorien Schweizer Gewässer, Möbel, Blumen und Vögel. Eine Übersicht der verwendeten Kategorien findet sich im Anhang B. Wie aus dieser Tabelle ersichtlich ist, wurden den beiden Trainingsgruppen über die 4 Trainingssessionen jeweils andere Kategorien gezeigt. Trainingsgruppe 1 bekam z.B. die Kategorien A, B, C, D in den ersten 4 Trainingssessionen gezeigt und in den zweiten 4 Trainingssessionen die Kategorien E, F, G, H. Bei der Trainingsgruppe 2 war es genau umgekehrt, diese sah zuerst die Kategorien E, F, G, H und dann A, B, C, D. Dieses Vorgehen wurde im Hinblick auf die Testsessionen gewählt, um den Einfluss der passiven semantischen Aktivierung zu quantifizieren.

Aufgaben zur Messung des Trainingserfolgs während der Trainingsphase

Wortlistenlernen. Den Vp wurden jeweils 15 Wörter im Abstand von 1.5 Sekunden für 2 Sekunden am Computerbildschirm präsentiert. Es wurde die Instruktion gegeben, die Wörter aufmerksam zu lesen und sich zu merken. Nach dem Ende der Präsentation wurden die Vpn aufgefordert, möglichst viele der gesehenen Wörter ungeachtet der Reihenfolge aufzuschreiben. Unangekündigt wurden die Vpn am Ende der Trainingssession nochmals dazu aufgefordert, so viele Wörter wie möglich aufzuschreiben. Das Wortlistenlernen wurde an insgesamt drei Trainingssessionen durchgeführt. Die Wortlisten bestanden aus 3 parallelisierten Listen (Liste B, Liste D und Liste E), die aus Heubrock (1992) entnommen wurden.

Wortstammergänzen. Bei dieser Aufgabe erhielten die Vpn ein Blatt mit 28 Wortstämmen, bestehend aus den ersten 3 Buchstaben eines Wortes. Den Vpn wurde die Instruktion gegeben, dass sie jeden Wortstamm spontan mit dem ersten Wort ergänzen sollten, das ihnen in den Sinn kommt. Es wurden die Wortstämme aus zwei Kategorien gezeigt. Je eine dieser beiden Kategorien hatten die Vpn in den letzten 7 Durchgängen bei der passiven semantischen Aktivierung gesehen, so dass die Trainingsgruppe 1 die Kontrollgruppe für die Trainingsgruppe 2 darstellte und umgekehrt. Aus jedem der 7 Durchgänge wurden jeweils 2 Wörter ausgewählt, deren Wortstämme gezeigt wurden. Die Wortstämme wurden zufällig in 2 Spalten auf einem Blatt angeordnet den Vpn vorgelegt. Als abhängige Variable wurde die Anzahl der ergänzten Wortstämme festgehalten, die in den vergangenen Durchgängen als Wörter schon gezeigt wurden. Diese Aufgabe stellte ein Mass zur Quantifizierung des Einflusses der passiven semantischen Aktivierung dar.

Fluency-Aufgabe. Auch diese Aufgabe wurde verwendet, um den Einfluss der passiven semantischen Aktivierung zu messen. Die Vpn wurden dazu aufgefordert, in 2 Minuten so viele Mitglieder einer Kategorie wie möglich auf ein Blatt Papier aufzuschreiben. Es wurden jeweils zwei Kategorien vorgegeben, eine davon hatte die Trainingsgruppe 1 in den letzten 7 Durchgängen gesehen und die andere die Trainingsgruppe 2, so dass auch hier die eine Trainingsgruppe die Kontrollgruppe für die andere darstellte. Für eine Testsession wurden andere Kategorien ausgewählt, als beim Wort-

stammergänzen. Als abhängige Variable wurde die Anzahl genannter Worte gezählt, die ein Mitglied der vorgegebenen Kategorie waren.

Aufgaben der Vor-, Nach- und Follow-up-Testung

Prospektive Gedächtnisaufgabe. In Anlehnung an die Prozedur von Uttl, Graf, & Miller (2001) wurde den Vpn die Instruktion gegeben, von sich aus spontan am Ende jeder Aufgabe der Vor- und Nachtestung zu berichten, wie schwierig sie diese empfunden hatten. Damit die Vpn auch wussten, dass die jeweilige Aufgabe beendet war, schlossen die Versuchsleitenden jeden Test mit den Worten “diese Aufgabe ist nun beendet” ab. Es wurde in der Instruktion explizit betont, dass diese Aufgabe sehr wichtig sei und zur Untersuchung dazu gehöre. Den Vpn wurde auch mitgeteilt, dass das Ziel dieser Aufgabe darin bestand, herauszufinden, wie gut sie sich selbst daran erinnern können, die gestellte Aufgabe zu erfüllen. Wenn die Vpn nach dem Ende einer Aufgabe vergassen, die Schwierigkeit spontan zu berichten, dann wurden sie von den Versuchsleitenden danach gefragt, aber die anfänglich gegebenen Instruktionen wurden nicht wiederholt. Jede Aufgabenschwierigkeit musste auf einer Skala (von 1 = sehr einfach bis 5 = sehr schwer) eingestuft werden. Die Skala wurde den Vpn in schriftlicher Form am Ende jeder Aufgabe vorgelegt. Als abhängige Variable wurde die Anzahl spontaner Schwierigkeitsmeldungen festgehalten.

Zahlen-Symbol-Test. Dieser Test wurde aus dem aus dem Nürnberger Altersinventar (Oswald & Fleischmann, 1995) entnommen. In dieser Aufgabe gehören verschiedene Zahlen und Symbole jeweils zusammen. Die Zusammengehörigkeit von Zahlen und Symbolen war auf der oberen Hälfte eines A4-Blattes in der Form von Zahl-Symbol Kombinationen dargestellt. Im unteren Bereich des Blattes waren Zahlen mit dazugehörigen leeren Kästchen aufgeführt. Die Aufgabe für die Vpn bestand darin, so schnell wie möglich die leeren Kästchen nacheinander mit den Symbolen gemäss der Zahl/Symbol Kombination aufzufüllen. Die abhängige Variable entsprach der Anzahl Kästchen, die in 90 Sekunden korrekt ausgefüllt werden konnten. Für die Nachtestung wurde die Parallelversion B aus dem Nürnberger Altersinventar (Oswald & Fleischmann, 1995) verwendet. Zu Beginn der Aufgabe bearbeiteten die Vpn 8 Beispielkästchen.

Zahlennachsprechen. Diese Aufgabe entsprach jener, wie sie in Kapitel 4.2.1 beschrieben ist, mit der Ausnahme, dass aus zeitlichen Gründen die Durchführung wie im Nürnberger Altersinventar (Oswald & Fleischmann, 1995) gewählt wurde: ein zweiter Trial der gleichen Länge wurde nur dann vorgegeben, wenn der erste Trial inkorrekt beantwortet wurde.

Visuell-räumliche Spanne. Die gleiche Aufgabe wie in Studie 2 aus Kapitel 4.1 wurde verwendet, mit der Ausnahme, dass aus zeitlichen Gründen ein zweiter Trial mit der gleichen Itemlänge nur dann vorgegeben wurde, wenn der erste Trial falsch beantwortet wurde.

Stroop-Aufgabe. Diese Aufgabe entsprach jener, wie in Kapitel 4.2.1 erklärt, mit der Ausnahme, dass das Stimulusmaterial des Nürnberger Altersinventar (Oswald & Fleischmann, 1995) verwendet wurde, welches sich in drei Punkten wesentlich von der publizierten Version von Bäumler (1985) unterschied: (1) Die Farbstriche und Wörter waren viel grösser dargestellt. (2) Die Stimulusanzahl pro Seite war entsprechend geringer. (3) Die von den Vpn gemachten Fehler wurden direkt von den Versuchsleitenden korrigiert, d.h. es wurde nicht nach korrigierten und unkorrigierten Fehlern unterschieden. Insgesamt repräsentierte die hier verwendete Stroop-Version eine für das Stichprobenalter dieser Studie optimierte Variante.

Mehrfachwahl-Wortschatztest. Hier verwendeten wir einen standardisierten, deutschsprachigen Test (Lehrl, Merz, Burhard, & Fischer, 1991), bei welchem die Vpn ein Blatt bekamen, auf dem 46 Zeilen standen, wobei jede Zeile vier Nicht-Wörter und ein Wort enthielt. Den Vpn wurde die Instruktion gegeben, dass es höchstens ein Wort in jeder Zeile gebe, das ihnen vielleicht bekannt vorkomme. Wenn dem so sei, dann soll sie dieses Wort durchstreichen. Die Instruktionen wurden absichtlich so gegeben, um einem Raten entgegenzuwirken. Die Aufgabenschwierigkeit nahm mit steigender Zeilennummer zu. In der Post-Testung wurde einerseits die Version des Vortests, jedoch auch eine Paralleltestversion (Lehrl, 2005) verwendet. Als abhängige Variable wurde die Anzahl der korrekt markierten Wörter erfasst.

Textgedächtnis. Dieser Test wurde der deutschen Fassung der Wechsler Memory Scale – Revised (Härting, Markowitsch, Neufeld, Calabrese, &

Deisinger, 2000) entnommen. Den Vpn wurde dabei ein kurzer Text vorgelesen, wobei eine für Schweizer Verhältnisse angepasste Textversion verwendet wurde. Den Vpn wurde die Instruktion gegeben, dass sie aufmerksam zuhören und dabei versuchen sollen, sich den Text zu merken. Nach ungefähr 30 Minuten wurde die Vp unangekündigt dazu aufgefordert, so viele Einzelheiten des Textes wie möglich zu reproduzieren. Als abhängige Variable wurde die Anzahl der erinnerten Details festgehalten.

Computergestützter Gedächtnis-Funktionstest (C-GFT). Der C-GFT ist ein Testverfahren, mit dem eine breite Palette von verschiedenen Gedächtnis- aber auch anderen kognitiven Funktionen erfasst werden kann. Der Test kann verhältnismässig leicht mit älteren Menschen in etwa 25 Minuten durchgeführt werden. Über die psychometrischen Eigenschaften des Tests siehe Kling (1996). Bei der Vortestung und dem Follow-up wurde Version A, bei der Nachtestung die Parallelversion B verwendet. Bei der Testdurchführung wird der Computer als Hilfsmittel verwendet. Den grössten Teil der Interaktion mit dem Computer übernehmen die Versuchsleitenden, die gleich neben der Vp ebenfalls vor dem Computer sitzen. Nach einer kurzen Prüfung der Sehschärfe zu Beginn des Tests, die sicher stellen soll, dass die Vp auch die verschiedenen Details am Computerbildschirm erkennen kann, werden die verschiedenen Untertests des C-GFT wie in der Reihenfolge der nachfolgenden Beschreibung dargeboten. Mich interessierten in erster Linie die Resultate der Leistungstests des C-GFT. Im Versuchsablauf des Programms werden die Vp jedoch auch nach Einschätzungen ihrer subjektiven generellen Gedächtnisleistung und der Leistung im C-GFT befragt. Da ich diese Daten in diesem Rahmen nicht analysieren werde, werden diese Aufgaben auch nicht näher erklärt. Für eine komplette Beschreibung des C-GFT siehe Kling (1996).

C-GFT: Suchbild. In dieser perzeptuellen Aufgabe wurde den Vpn die Aufgabe gegeben, Unterschiede in zwei auf den ersten Blick identisch aussehenden Bildern zu suchen. Dazu wurden zwei Bilder, eines ohne Fehler auf der linken und eines mit 18 Fehlern auf der rechten Seite des Computerbildschirms, gezeigt. Vor dem Testbeginn wurde den Vpn jeweils noch ein Beispielbild zur besseren Aufgabenerklärung dargeboten. Die Bilder bestanden aus diversen Einzelbildern, einstelligen Zahlen, Wörtern und Mustern. In

Abbildung 17 ist das Suchbild der Version A zu sehen. Die Vpn hatten drei Minuten Zeit zum Finden von Unterschieden. Dabei erhielten sie die Instruktion, so schnell wie möglich, so viele Unterschiede wie möglich zu finden. Es wurde auch betont, dass das Bild so angeschaut werden soll, dass später Informationen darüber gegeben werden können. Die abhängige Variable war die Anzahl der gefundenen Fehler.

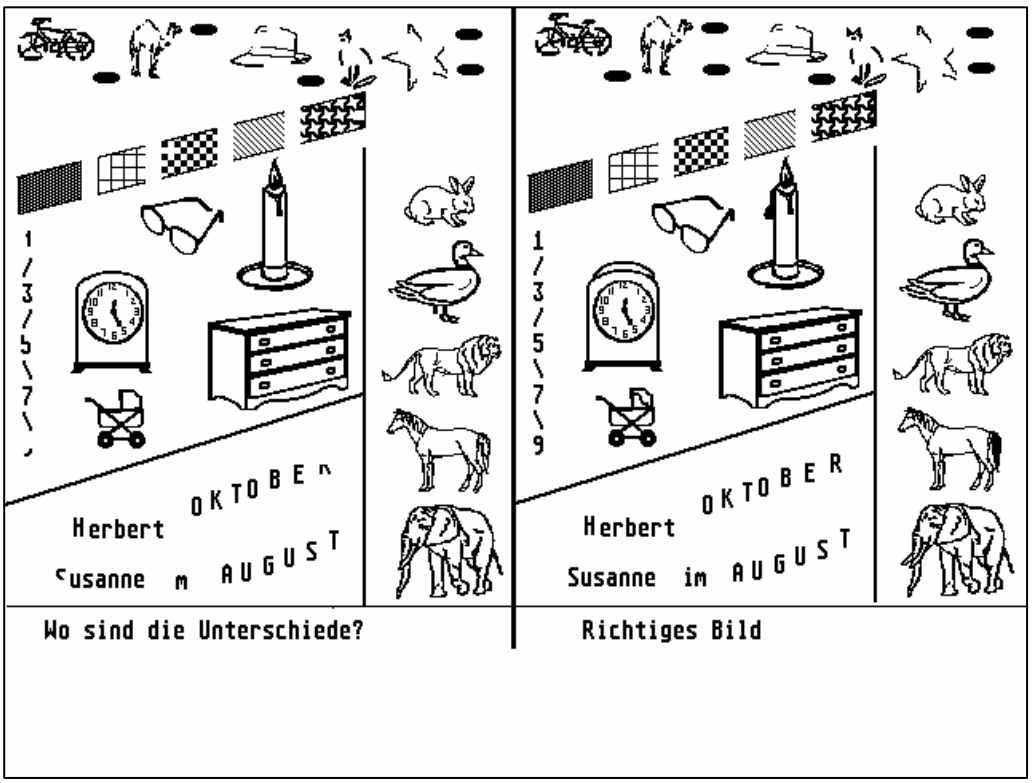

Abbildung 17. Suchbild der Version A aus dem C-GFT. Auf der linken Seite befindet sich das Bild mit den Fehlern, auf der rechten Seite das fehlerfreie Bild. Die Aufgabe für die Vpn bestand darin, in 3 Minuten möglichst viele Fehler zu finden und zu zeigen. Zudem erhielten die Vpn die Aufgabe sich das Bild so anzuschauen, dass sie später Auskunft darüber geben könnten.

C-GFT: Reaktionszeitaufgabe. Bei dieser Wahlreaktionsaufgabe musste die Vp die linke Maustaste drücken, wenn am linken Bildschirmrand eine Sonne aufblitzte und die rechte Maustaste drücken, wenn am rechten Bildschirmrand eine Sonne aufblitzte. Es gab insgesamt 30 Sonnen, die je zur Hälfte auf beiden Seiten in einer fixierten, zufälligen Reihenfolge auftraten. Jede Sonne blieb für 100ms auf dem Bildschirm stehen, die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Sonnen variierte in einer fixierten, zufälligen Zeit zwischen 1000ms und 3000ms. Als abhängige Variable wurde die Reaktions-

zeit auf das Erscheinen der Sonnen aufgezeichnet und die Anzahl der verpassten Sonnen registriert.

C-GFT: Klarifikationsaufgabe. 30 verschiedene Bilder wurden nacheinander auf dem Bildschirm Pixel für Pixel aufgebaut. Mit zunehmender Zeit wurde dadurch jedes Bild kompletter und klarer. Die Aufgabe für die Vp bestand darin, so schnell wie möglich zu sagen, was für ein Bild auf dem Computerbildschirm erschien, sobald sie denke, sie wissen, was es sei. Sobald die Vp das Bild benannt hatte, drückte die VL die linke Maustaste, womit die Reaktionszeit aufgezeichnet wurde. Darauf wurde die gegebene Antwort ebenfalls von der VL als richtig oder falsch klassifiziert. Wenn die Vp nicht innerhalb von 20 Sekunden von Beginn der Präsentation des ersten Pixels eines Bildes antwortete, dann wurde das Bild als “unbenannt” im Datenfile registriert und der Aufbau des nächsten Bildes konnte von der VL mit einem Mausklick gestartet werden. Die Bilder wurden in einer fixierten Reihenfolge dargeboten, wobei die Hälfte der Bilder bereits im Suchbild vorgekommen war und die andere Hälfte noch nie gezeigt wurde. Aufgrund dessen kann ein Priming-Mass nach der folgenden Formel berechnet werden:

$$\frac{RT_{NEU} - RT_{ALT}}{RT_{NEU}} \quad (1).$$

RT_{NEU} entspricht dem Durchschnitt der Reaktionszeiten auf die neuen, korrekt beantworteten Stimuli und RT_{ALT} dem Durchschnitt der Reaktionszeiten auf die bereits gezeigten, korrekt beantworteten Bilder.

C-GFT: Doppelaufgabe. In diesem Paradigma musste die Wahlreaktionsaufgabe und die Klarifikationsaufgabe, wie oben beschrieben, *gleichzeitig* bearbeitet werden. Die beiden Aufgaben entsprachen weitgehend den obigen Ausführungen, mit der Ausnahme leichter Anpassungen, damit sie für das Doppelaufgaben-Paradigma geeignet waren: Bei der Wahlreaktionsaufgabe wurde der Präsentationsort der Sonnen zufällig bestimmt und die Anzahl der präsentierten Sonnen variierte mit der Testlänge (die von der Antwortgeschwindigkeit auf die Bilder abhängt). Bei der Klarifikationsaufgabe drückte die VL im Doppelaufgaben-Paradigma nur dann auf die linke Maustaste, wenn

die Vp das entsprechende Bild korrekt benannt hatte. Wie in der Einzelaufgabe wurde eine fixe Bilderabfolge verwendet, wobei 15 Bilder des Suchbildes (die auch schon in der Klarifikationsaufgabe vorkamen) und 15 komplett neue Bilder gezeigt wurden. Als abhängige Variablen wurden die Reaktionszeiten auf die Sonnen und die Reaktionszeiten auf die Bilder festgehalten. Ein implizites Mass wurde ebenfalls gemäss Formel (1) berechnet.

C-GFT: Freie Erinnerung 1. Ungefähr 20 Minuten nach der Beendigung der Suchbild-Aufgabe wurde die Vp gebeten, so viele Items wie möglich zu nennen, die im Bildervergleich vorgekommen waren. Es wurde betont, dass alle Items genannt werden sollen, die einem in den Sinn kamen. Als abhängige Variable wurden die korrekt erinnerten und falsch erinnerten Bilder, sowie Repetitionen erfasst.

C-GFT: Freie Erinnerung 2. Die Vpn wurden nach den in der Suchbild – Aufgabe gefundenen Unterschieden gefragt. Die abhängigen Variablen waren identisch mit jenen der Freien Erinnerung 1.

C-GFT: Rekognition. 30 Bilder bestehend aus 15 Items aus dem Suchbild und 15 Items aus der Klarifikations- und Doppelaufgabe werden zusammen auf dem Computerbildschirm dargestellt. Die Aufgabe bestand darin, zu entscheiden, welche Bilder in der Suchbild-Aufgabe am Anfang gezeigt wurden. Die Antworten wurden von der VL durch einen Mausklick auf die genannten Bilder an den Computer übergeben. Als abhängige Variablen wurden die korrekt und falsch ausgewählten Bilder, sowie die Repetitionen aufgezeichnet.

5.1.2 Resultate

Datenanalyse

Für zwei der vier Hauptkomponenten liess sich während dem Training direkt eine Veränderung quantifizieren: AG und Verarbeitungsgeschwindigkeit. Diese durch die Trainingsaufgabe gemessenen Veränderungen wurden mit *t*-Tests auf ihre statistische Bedeutsamkeit untersucht. Wie schon bei den vorhergehenden Experimenten wurden bei den AG Aufgaben die ersten 3 Trials jedes Durchgangs als Aufwärmphase betrachtet und nicht in die statistischen

Analysen miteinbezogen. Für jeden Durchgang wurde der Mittelwert der erreichten Sequenzlänge über alle Vpn berechnet und dann als Grundlage für die Mittelwertsvergleiche herangezogen. Bei den Reaktionsaufgaben wurden ausschliesslich die Reaktionszeiten ausgewertet und nur jene Trials berücksichtigt, die korrekt beantwortet wurden. Zur weiteren Analyse wurde dann von jeder Vp der Median – zur Kontrolle von statistischen Ausreissern – pro Durchgang berechnet und über alle Vpn gemittelt. Die verschiedenen Aufgaben wurden dabei nach Blöcken geordnet ausgewertet, so wurde die Reaktionsaufgabe 1 in 3 Blöcken verwendet und die Reaktionsaufgabe 2 in zwei Blöcken.

Für die dritte Hauptkomponente (positive Altersstereotypen) liess sich nur indirekt über die Masse der Testsessionen eine Aussage über die Trainingswirksamkeit machen. Da postuliert wird, dass sich die Präsentation von positiven Altersstereotypen positiv auf das episodische Gedächtnis auswirken sollte, wurde die Anzahl Hits beim Wortlistenlernen der Testsessionen als abhängige Variable herangezogen. Auch hier wurden abhängige *t*-Tests zwischen den verschiedenen Testzeitpunkten gerechnet.

Um auch den Einfluss der passiven semantischen Aktivierung zu quantifizieren, wurden die Hits der *Fluency*-Aufgabe und dem Wortstammergänzen aus den Testsessionen mit abhängigen *t*-Tests an den verschiedenen Testzeitpunkten verglichen.

Die Auswertung der Vor-, Nach- und Follow-up-Tests erfolgte bei jenen Variablen mit abhängigen *t*-Tests, bei denen der Kolmogorov-Smirnov auf eine Normalverteilung schliessen liess. Bei 5 Massen des Vor- und Nach-Test-Vergleichs (Freie Erinnerung 1 – False Alarms, Freie Erinnerung 1 – Repetitionen, Freie Erinnerung 2 – False Alarms, Freie Erinnerung 2 – Repetitionen, Wiedererkennen – Repetitionen) und 2 Massen des Vor- und Follow-up-Test-Vergleichs (Zahlennachsprechen rückwärts, Freie Erinnerung 2 – Repetitionen) war diese Voraussetzung nicht erfüllt und es wurden Wilcoxon-Tests gerechnet. Des Weiteren werden für jeden Vor-, Nachttest-Vergleich die Effektstärken (Cohen's d) als weiterer Indikator einer Trainingsveränderung angegeben.

Trainingsaufgaben

Die Trainingssessionen wurden von den Vpn sehr gut besucht. 5 Vpn nahmen an allen 23 Terminen teil. Die Vp mit der geringsten Anzahl an besuchten Trainingstagen war an 17 Terminen anwesend. Durchschnittlich besuchte jede Vp 21.2 Trainingssessionen.

In Abbildung 18 ist die Trainingsverlaufskurve für die AG Aufgabe 1 dargestellt. Vom 1. zum 10. Trainingsdurchgang (an den meisten Tagen wurde die Aufgaben zwei Mal vorgegeben, was dann als zwei separate Durchgänge aufgeführt ist – für genauere Informationen siehe Tabelle 6) resultierte eine Steigerung von rund 44%, welche sich statistisch als bedeutsam herausstellte ($t(9) = -4.67$, $p < .01$). Die Vpn begannen bei der ersten Durchführung der Aufgabe durchschnittlich mit einer Sequenzlänge von 3.37 Items und beendeten das Training mit 4.87 Items. 4 Wochen nach dem letzten Trai-

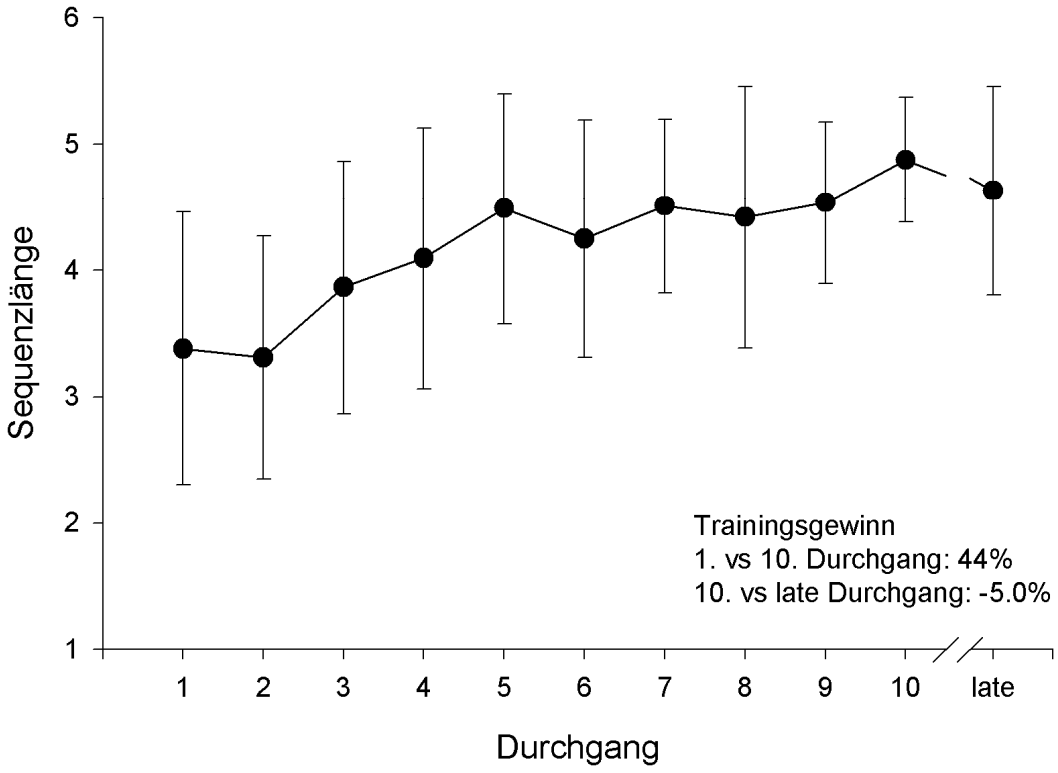

Abbildung 18. Trainingsverlaufskurve der AG Aufgabe 1 (Senso). Dargestellt ist die über alle Vpn gemittelte Sequenzlänge pro Trainingsdurchgang. Ebenfalls dargestellt ist der *SEM*. Der Trainingsdurchgang „late“ wurde 4 Wochen nach dem 10. Trainingsdurchgang durchgeführt. Während sich die Veränderung vom 1. zum 10. Trainingsdurchgang als statistisch bedeutsam heraustellte, liess sich vom 10. Trainingsdurchgang zum „late“-Durchgang kein Effekt feststellen.

ningsdurchgang wurde die Aufgabe nochmals vorgegeben. In diesem – in der Abbildung 14 als „late“ bezeichneten – Durchgang erreichten die Vpn eine gemittelte Sequenzlänge von 4.63 Items, was im Vergleich zum 10. Durchgang lediglich einer Verschlechterung von 5% entsprach, die sich statistisch als unbedeutsam herausstellte ($t(9) = .80$, $p = .45$).

Bei der AG Aufgabe 2 (KHA) starteten die Vpn mit einer durchschnittlichen Sequenzlänge von 2.78 Items und steigerten sich im 12. Durchgang um 62% auf 4.48 Items, was sich als statistisch signifikant herausstellte ($t(8) = -4.39$, $p < .01$). Die Trainingsverlaufskurve ist in Abbildung 19 wiedergegeben.

Mit einer gemittelten Sequenzlänge von 3.05 Items starteten die Vpn bei der AG Aufgabe 3 (Tiere-merken) und steigerten sich um 15% auf 3.49 Items, was sich statistisch als signifikant herausstellte ($t(9) = -4.59$, $p < .01$). Der Trainingsverlauf ist in Abbildung 20 dargestellt.

Die in Blöcken dargestellten Daten der Reaktionsaufgaben wurden so aufbereitet, dass wenn z.B. eine Vp den ersten Block einer Aufgabe terminlich

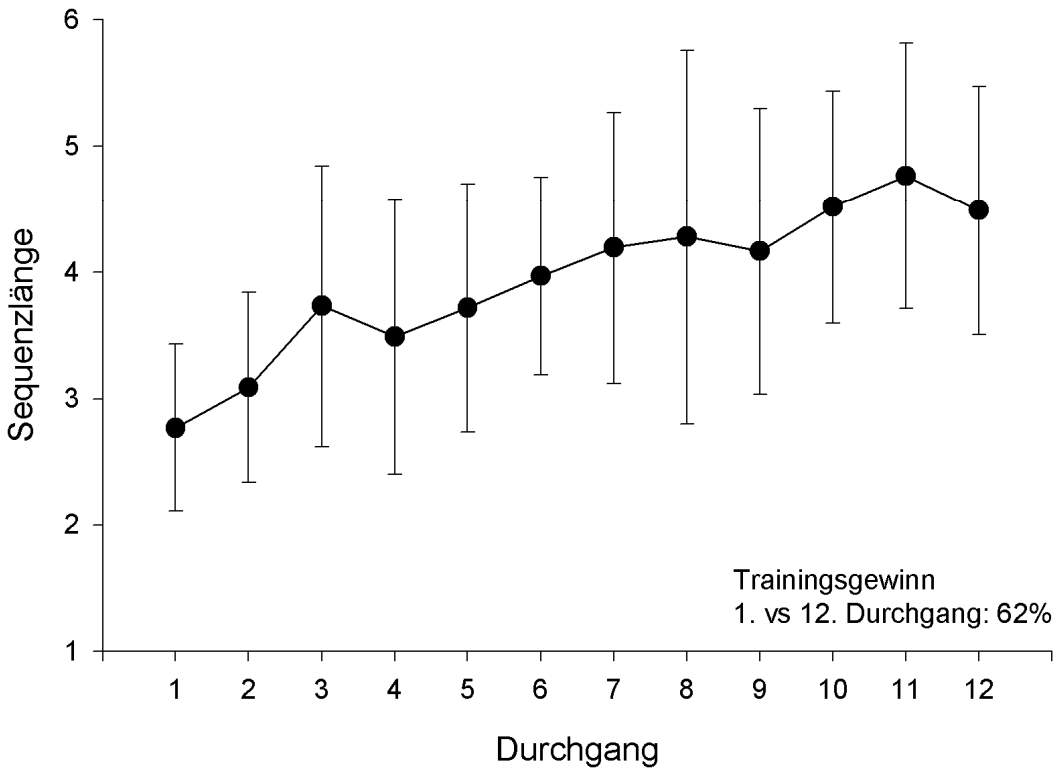

Abbildung 19. Trainingsverlaufskurve der AG Aufgabe 2 (KHA). Dargestellt ist die über alle Vpn gemittelte Sequenzlänge pro Trainingsdurchgang. Ebenfalls dargestellt ist der *SEM*. Der Trainingsgewinn vom 1. zum letzten Durchgang erwies sich als statistisch signifikant.

komplett verpasste, jedoch am zweiten und dritten anwesend war, der zweite Block als der erste Block und der dritte Block als der zweite Block betrachtet wurde. Aber auch innerhalb eines Blockes wurde sichergestellt, dass die Reihenfolge für jede Vp vergleichbar ausgewertet wurde: Konnte eine Vp beispielsweise die erste Trainingssession eines Blockes nicht besuchen und erschien zum ersten Mal an der zweiten Trainingssession dieses Blockes, dann wurde diese Teilnahme auch als erste Trainingssession in diesem Block angeschaut.

Mit der Reaktionsaufgabe 1 wurden insgesamt drei Blöcke durchgeführt. Beim ersten Block wurden 6, beim zweiten 7 und beim dritten 9 Durchgänge durchgeführt. Innerhalb der Blöcke zeigte sich jeweils eine schnellere Reaktionszeit wenn der letzte mit dem ersten Durchgang verglichen wurde (1.Block: 32%; 2.Block: 7%; 3.Block: 14%). Die gemittelten Anfangs- und Endwerte innerhalb der Blöcke sahen folgendermassen aus:

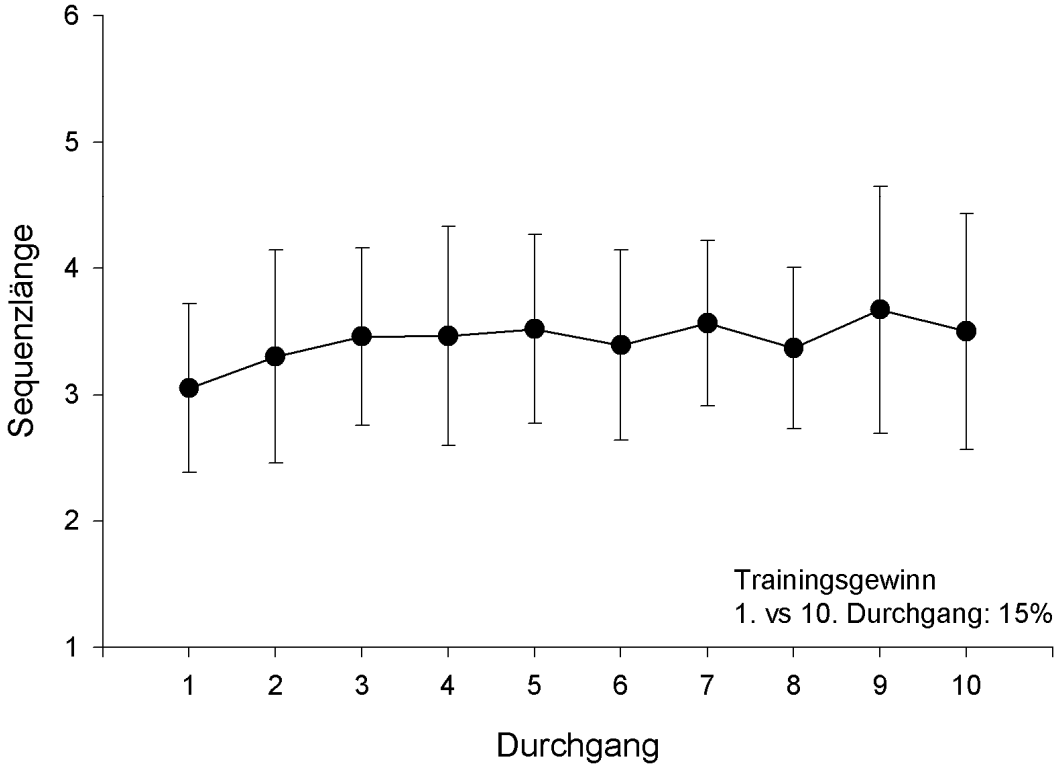

Abbildung 20. Trainingsverlaufskurve der AG Aufgabe 3 (Tiere-merken). Dargestellt ist die über alle Vpn gemittelte Sequenzlänge pro Trainingsdurchgang. Ebenfalls dargestellt ist der *SEM*. Der Trainingsgewinn vom 1. zum letzten Durchgang erwies sich als statistisch signifikant.

1.Block: 855ms vs 585ms; 2.Block: 593ms vs. 553ms; 3.Block: 655ms vs 564ms. Allerdings erreichte diese Verbesserung in keinem Block eine statistische Signifikanz (1.Block: $t(11) = 1.86$, $p = .09$; 2. Block: $t(8) = 1.91$, $p = .09$; 3. Block: $t(9) = 1.42$, $p = .19$). Die Reaktionszeiten über die einzelnen Durchgänge sind in Abbildung 21 dargestellt.

Die Reaktionsaufgabe 2 wurde in zwei Blöcken zu je 7 Durchgängen durchgeführt. Im ersten Block wurde im ersten Durchgang mit einer durchschnittlichen Reaktionszeit von 1018ms geantwortet. Im letzten Durchgang wurde eine gemittelte Zeit von 690ms gemessen, was einer Verbesserung von gut 32% entspricht und sich als statistisch signifikant erwies ($t(9) = 4.66$, $p < .01$). Im zweiten Block resultierte eine Verbesserung von 15% von anfänglich 796ms auf 673ms, was sich statistisch ebenfalls als bedeutsam herausstellte ($t(9) = 4.93$, $p < .001$). Die Trainingsverlaufskurven sind in Abbildung 22 dargestellt.

Testsessionen

In Tabelle 7 wird ein Überblick der gemessenen Werte für das Wortlistenlernen, das Wortstammergänzen und die Fluency-Aufgabe gegeben. Es fand sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Sessionen 6, 14 und 22 in der Freien Erinnerung (unmittelbarer Abruf oder verzögerter Abruf) und auch nicht zwischen der Experimental- und Kontrollbedingung beim Wortstammergänzen und der *Fluency*-Aufgabe.

Tabelle 7. Experiment 3 – deskriptive Kennwerte der Testsessionen für das Wortlistenlernen, das Wortstammergänzen und die *Fluency*-Aufgabe. Für die freie Erinnerung gab es keine Kontrollbedingung, hier sind die erreichten Mittelwerte unter Experimentalbedingung in der Tabelle aufgeführt.

	EB		KB	
	M	***(SD)***	***M***	***(SD)***
Freie Erinnerung – unmittelbarer Abruf				
Session 6	5.83	1.64	-	-
Session 14	5.08	1.98	-	-
Session 22	6.09	2.26	-	-
Freie Erinnerung – verzögerter Abruf				
Session 6	4.18	2.18	-	-
Session 14	3.92	2.14	-	-
Session 22	4.73	2.01	-	-
Wortstammergänzen				
Session 6	3.67	1.78	2.67	1.30
Session 10	3.58	1.00	2.83	1.95
Session 14	.84	.80	.38	.51
Session 22	3.09	2.12	3.55	1.37
Fluency-Aufgabe				
Session 6	10.08	4.84	11.00	5.07
Session 10	7.92	4.94	8.23	3.30
Session 14	4.23	2.59	4.15	2.54
Session 22	6.23	5.53	4.54	3.26

N = 13; *M* = Mittelwert; *SD* = Standardabweichung;
EB = Experimentalbedingung; KB = Kontrollbedingung

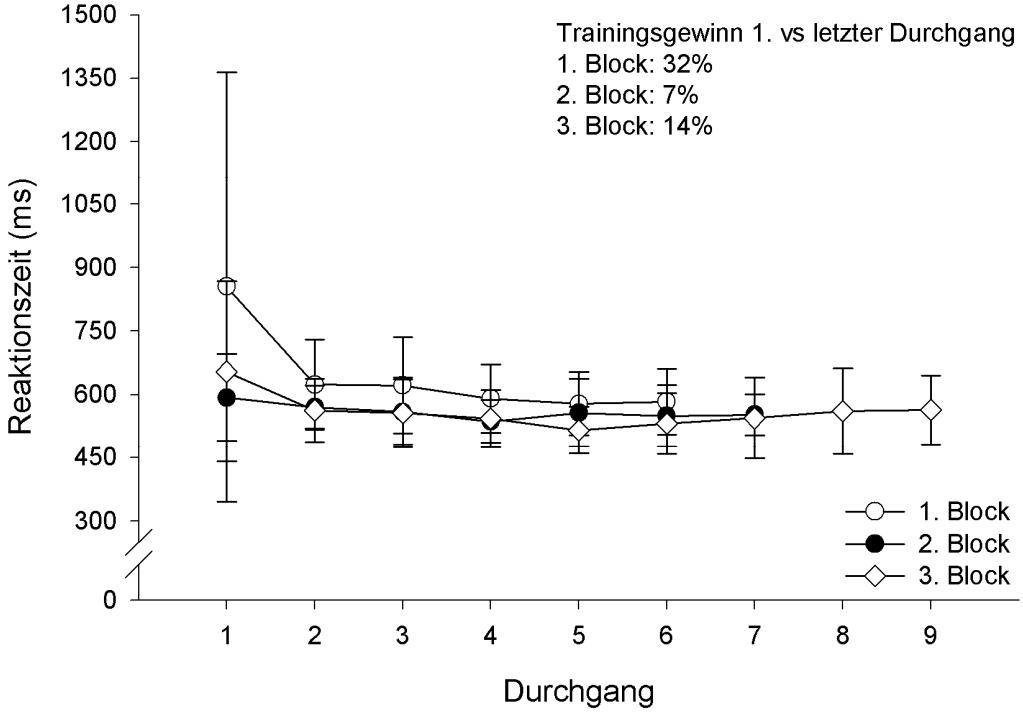

Abbildung 21. Trainingsverläufe der drei Blöcke der Reaktionsaufgabe 1 (Wahlreaktionsaufgabe). Dargestellt sind die gemittelten Werte und die dazugehörigen *SEM*. Obwohl eine deutliche Leistungsverbesserung vor allem im ersten Block gefunden wurde, erreichte diese in keinem der Blöcke eine statistische Signifikanz.

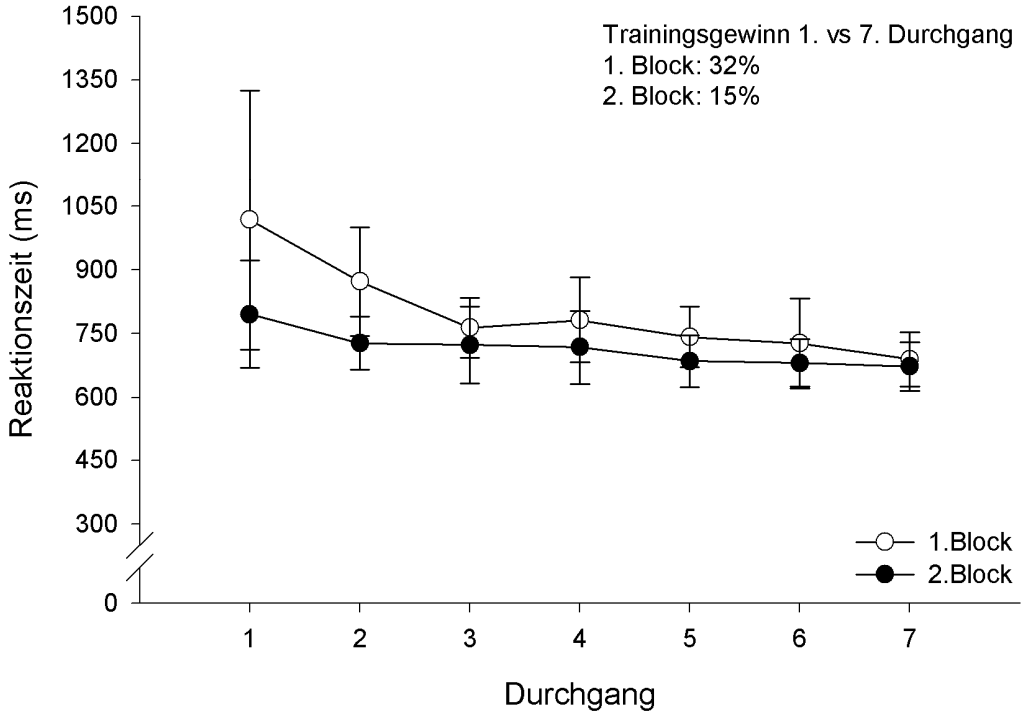

Abbildung 22. Die beiden Blöcke der Reaktionsaufgabe 2 (lexikale Entscheidung). Dargestellt sind die gemittelten Reaktionszeiten über alle Vpn und die dazugehörigen *SEM*. Die Verbesserungen sind in beiden Blöcken signifikant.

Aufgaben der Vor- und Nachtestung

Tabelle 8 gibt einen Überblick über sämtliche Einzelvergleiche die mit allen abhängigen Variablen zwischen der Vor- und Nachtestung gerechnet wurden und führt die dazugehörigen Mittelwerte und Standardabweichungen auf. Es zeigten sich signifikante Verbesserungen in verschiedenen Gedächt-

Tabelle 8. Experiment 3 – statistische Kennwerte der Vor- und Nachtestvergleiche zusammen mit der Pearson's Reliabilität sowie den Effektstärken der Vor- und Nachtestung.

		Vortest			Nachtest		Vor- vs Nachtest		
Prospective Memory		***M***	***(SD)***	***r***	***M***	***(SD)***	***t-Wert***	***p***	***ES***
Alle Messzeitpunkte zusammen		1.62	*2.10*	.82*	1.92	*2.60*			.13
Zahlen-Symbol-Test									
Korrekt bearbeitete Items		36.69	*8.19*	.79*	37.62	*7.02*			.12
Visuell-räumliche Spanne									
Vorwärts		3.31	*1.18*	.51	4.46	*1.13*	*t*(12) = -3.64	**	1.00
Rückwärts		3.92	*.95*	.32	4.31	*.63*			.48
Zahlennachsprechen									
Vorwärts		5.38	*.77*	.60*	5.31	*.63*			.11
Rückwärts		4.23	*1.09*	.24	4.15	*1.14*			.07
Stroop									
Lesen		15.38	*2.02*	.86**	16.14	*2.68*	*t*(12) = 1.98	.07	.32
Benennen		24.69	*4.31*	.89**	24.66	*5.82*			.01
Interferenz		54.31	*13.39*	.66*	47.49	*9.31*	*t*(12) = -2.44	*	.59
Mehrfachwahl-Wortschatztest (MWT)									
Korrekte Items		30.69	*2.59*	.72*	31.07	*1.89*			.17
Textgedächtnis aus WMS									
Korrekt erinnerte Einzelheiten		10.23	*3.42*	.60*	8.46	*4.31*			.45
C-GFT									
Suchbild	Gefundene Fehler	9.38	*2.29*	.28	10.92	*2.78*			.60
Klarifikation	RT (alte Bilder)	6.32	*.76*	.42	6.50	*.92*			.21
	RT (neue Bilder)	7.32	*1.40*	.06	6.65	*.84*			.58
	Priming (in %)	12.30	*13.36*	-.22	1.99	*9.60*			.89
Reaktionsaufgabe	RT	.41	*.02*	.42	.42	*.05*			.40
	Hits (in %)	87.44	*11.48*	.36	89.74	*12.87*			.19
Doppelaufgabe	RT (alte Bilder)	6.56	*1.15*	.44	7.49	*1.71*	*t*(12) = 2.11	.06	.64
	RT (neue Bilder)	10.18	*2.24*	.16	9.50	*1.43*			.36
	Priming (in %)	33.87	*11.96*	-.01	20.65	*15.72*	*t*(12) = -2.40	*	.95
	RT	.46	*.09*	-.18	.52	*.07*			.71
	Hits (in %)	75.90	*13.71*	.71*	77.54	*19.72*			.10
Freie Erinnerung 1	Hits	6.15	*2.73*	.79*	7.69	*3.75*	*t*(12) = 2.38	*	.47
	False Alarms	.38	*.51*	.41	.69	*1.03*			.38
	Hits – False Alarms	5.77	*2.86*	.73*	7.00	*4.30*			
	Repetitionen	.08	*.28*	.89*	.23	*.60*			.33
Freie Erinnerung 2	Hits	3.46	*1.56*	.56*	3.69	*2.10*			.12
	False Alarms	.46	*.66*	.03	.46	*.88*			.00
	Hits – False Alarms	3.00	*1.82*	.38	3.23	*2.39*			
	Repetitionen	.08	*.28*	-.08	.08	*.28*			.00
Wiedererkennen	Hits	11.54	*2.63*	-.24	11.46	*3.41*			.03
	False Alarms	6.38	*4.27*	.07	4.54	*3.71*			.46
	Repetitionen	1.08	*2.02*	.28	.85	*1.34*			.13
	d'	1.13	*.76*	.73*	1.47	*.97*	*t*(12) = 1.84	.09	.39

N = 13; *M* = Mittelwert; *SD* = Standardabweichung; *r* = Pearson's Korrelation;
ES = Effektstärke (Cohens'd); RT = Reaktionszeit
* $p < 0.05$; ** $p \leq 0.01$; (nur signifikante Werte und Trends sind angegeben; 2-seitige *t*-Tests).

nismassen, wie der visuell-räumlichen Aufgabe – vorwärts und der Freien Erinnerung 1 – Hits, sowie einem Trend beim Wiedererkennen (d'). Bei der Freien Erinnerung 2 fanden sich keine signifikanten Unterschiede, da jedoch das Mass der Freien Erinnerung 2 stärker von der Leistung im Suchbild abhängen könnte, habe ich die Leistung der Freien Erinnerung 2 in prozentualen

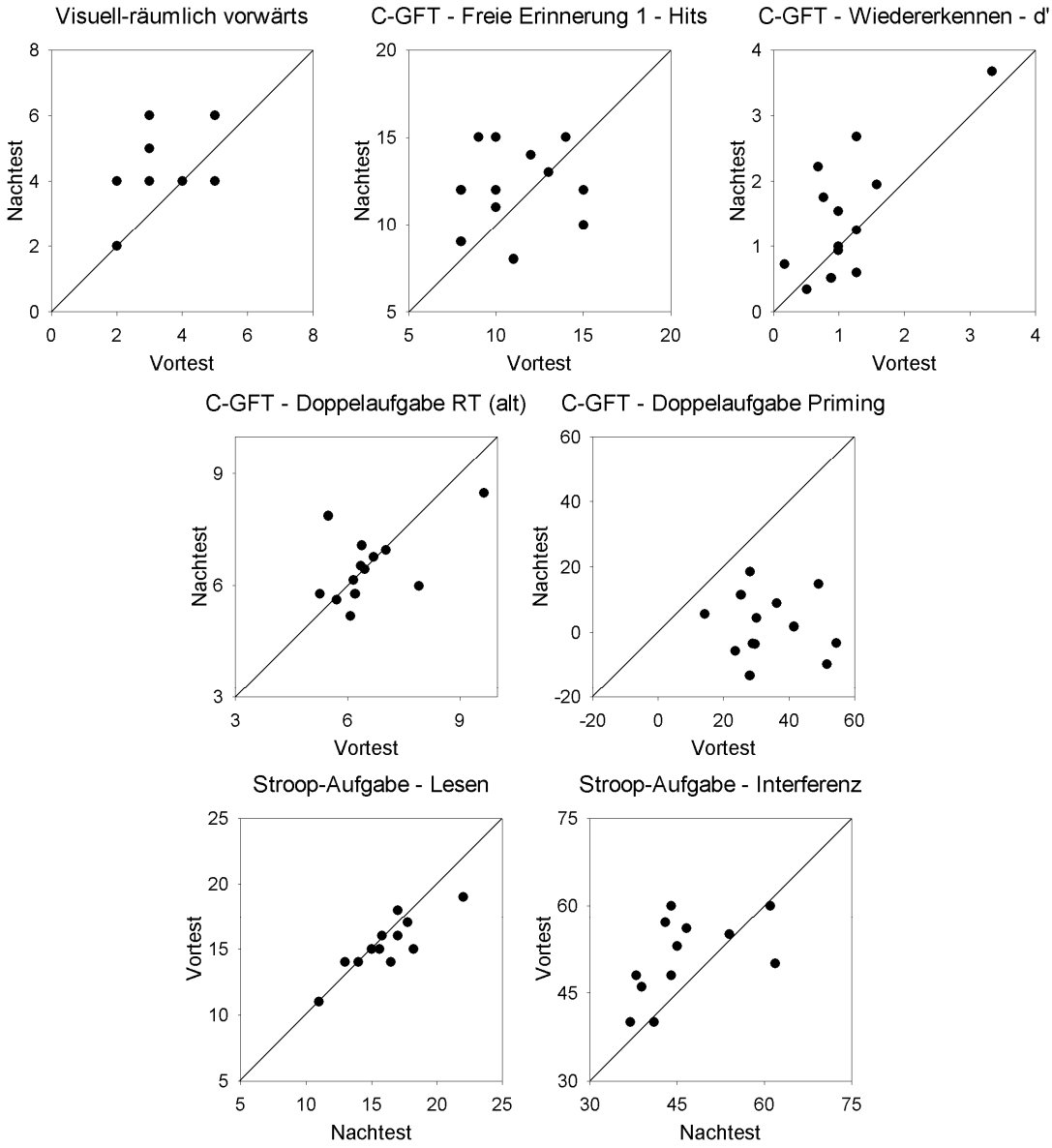

Abbildung 23. Darstellung der von den Vpn erreichten Werten in Abhängigkeit der Vor- und Nachtestung für jede durchgeführte Aufgabe, in der sich eine signifikante oder trendmässige Veränderung zwischen Vor- und Nachtestung ergab. Die Skalierung ist jeweils für beide Achsen (Vor- und Nachtestung) identisch, d.h. Vpn mit identischen Vor- und Nachtestwerten sind als Symbole auf der Diagonalen repräsentiert. Oberhalb der Diagonalen befinden sich die Symbole jener Vpn, die sich in der Nachtestung im Vergleich zur Vortestung verbessert haben. Unterhalb der Diagonalen befinden sich all jene Vpn, die sich verschlechtert haben Damit diese Regel über alle Aufgaben in dieser Darstellung konsistent ist, wurden bei den Stroop-Aufgaben die Achsen vertauscht, da bei diesen Aufgaben ein tieferer Wert einer besseren Leistung entspricht.

Anteilen der Anzahl gefundener Fehler im Suchbild berechnet und die Vor- mit der Nachtestung durch einen abhängigen *t*-Test verglichen, aber auch bei diesem Mass liessen sich keine signifikanten Veränderungen finden (Vortest: 36%, Nachtest: 34%; $t(12) = .38$, $p = .71$). Eine signifikante Verbesserung wurde jedoch bei der Stroop-Aufgabe (Interferenz) gefunden. Weiter fanden sich im Vergleich zur Vortestung bei der Doppelaufgabe ein reduziertes Priming sowie eine trendmässige Verschlechterung bei der Reaktionszeit auf die alten Wörter. Damit einher geht eine trendmässig reduzierte Verarbeitungsgeschwindigkeit im Subtest Lesen der Stroop-Aufgabe.

Zur weiteren Analyse der Leistungen in der Doppelaufgabe des C-GFT berechnete ich die prozentuale Leistungsverschlechterung von den beiden Einzelaufgaben zur Doppelaufgabe. In die Berechnung gingen die Werte der Perzeptuellen Identifikation (alt und neu), die Prozentrate der Hits für die Reaktionsaufgabe und die Reaktionszeit auf die Sonnen mit ein. Ein Vergleich dieses Masses für den Vor- und den Nachtest zeigte jedoch keine statistischen Unterschiede (96% im Vortest vs 94% im Nachtest; $t(12) = 1.14$, $p = .29$).

In Abbildung 23 sind für die signifikanten und trendmässigen Unterschiede die Werte jeder einzelnen Vp in Abhängigkeit von Vor- und Nachtest grafisch wiedergegeben, um einen Überblick über die Trainingsveränderung auf Vp-Basis zu geben.

Tabelle 9. Experiment 3 – statistische Kennwerte der Vor- und Follow-up-Vergleiche. Da in die Berechnung der *t*-Tests die Daten der 11 Vpn eingehen, die an der Follow-up Untersuchung teilgenommen haben, sind in dieser Tabelle die Durchschnittswerte und Standardabweichung dieser 11 Vpn auch bei der Vortestung angegeben. Dies erklärt leichte Abweichungen zwischen dieser Tabelle und Tabelle 7.

		Vortest			Follow-up		Vortest vs FU		
Prospective Memory		***M***	***(SD)***	***r***	***M***	***(SD)***	***t-Wert***	***p***	***ES***
Alle Messzeitpunkte zusammen		1.55	*2.11*	.67*	3.54	*2.46*	*t*(10) = -3.60	**	.87
Zahlen-Symbol-Test									
Korrekt bearbeitete Items		37.45	*7.06*	.90*	38.00	*7.72*			.07
Visuell-räumliche Spanne									
Vorwärts		3.27	*1.10*	.52	4.00	*.45*	*t*(10) = 2.39	*	.87
Rückwärts		3.91	*.94*	.41	4.09	*1.04*			.18
Zahlennachsprechen									
Vorwärts		5.45	*.82*	.11	5.45	*.82*			0
Rückwärts		4.45	*.93*	-.06	4.27	*.64*			.23
Stroop									
Lesen		15.45	*1.29*	.75**	15.33	*1.73*			.08
Benennen		23.73	*2.90*	.95***	22.82	*2.88*	*t*(10) = -3.17	**	.31
Interferenz		55.09	*13.81*	.81**	51.45	*12.02*			.28
Mehrfachwahl-Wortschatztest (MWT)									
Korrekte Items		30.36	*2.69*	.45	31.36	*2.69*			.37
Textgedächtnis aus WMS									
Korrekt erinnerte Einzelheiten		9.64	*3.33*	.72*	10.18	*3.74*			.15
C-GFT									
Suchbild	Gefundene Fehler	9.64	*2.25*	-.12	12.09	*2.43*	*t*(10) = 2.32	*	1.05
Klarifikation	RT (alte Bilder)	6.23	*.79*	.83	6.06	*.96*			.19
	RT (neue Bilder)	7.06	*1.15*	.74**	6.16	*.85*	*t*(10) = -3.89	**	.89
	Priming (in %)	11.06	*12.92*	.64*	1.33	*10.27*	*t*(10) = -3.18	*	.83
Reaktionsaufgabe	RT	.405	*.019*	.27	.379	*.019*	*t*(10) = 2.06	.07	1.37
	Hits (in %)	87.27	*12.54*	.68*	94.81	*4.33*	*t*(10) = -5.55	***	.80
Doppelaufgabe	RT (alte Bilder)	6.57	*1.26*	.54	7.44	*1.80*	*t*(10) = 1.88	.09	.56
	RT (neue Bilder)	9.70	*1.92*	.06	8.98	*1.47*			.42
	Priming (in %)	31.31	*10.78*	-.48	15.07	*23.75*			.88
	RT	.456	*.090*	.14	.467	*.061*			.14
	Hits (in %)	77.11	*14.37*	.70*	85.55	*10.29*	*t*(10) = 2.72	*	.68
Freie Erinnerung 1	Hits	6.45	*2.88*	.66*	9.27	*2.90*	*t*(10) = 3.89	**	.98
	False Alarms	.36	*.50*	.43	1.55	*1.75*	*t*(10) = 2.45	*	.92
	Hits – False Alarms	6.09	*2.98*	.77**	7.00	*4.71*			.23
	Repetitionen	0	*0*		.55	*.82*	*t*(10) = 2.21	.052	.95
Freie Erinnerung 2	Hits	3.72	*1.49*	.36	3.91	*2.21*			.10
	False Alarms	.36	*.50*	.52	.55	*.69*			.32
	Hits – False Alarms	3.36	*1.50*	.51	3.09	*2.54*			.13
	Repetitionen	.09	*.30*		0	*0*			.42
Wiedererkennen	Hits	11.82	*2.64*	.14	11.73	*2.76*			.03
	False Alarms	6.72	*4.31*	.03	4.18	*3.34*			.66
	Repetitionen	.73	*1.49*	.41	.82	*.87*			.07
	d'	1.12	*.81*	.22	1.74	*1.04*			.67

N = 11; *M* = Mittelwert; *SD* = Standardabweichung; *r* = Pearson's Korrelation;
ES = Effektstärke (Cohens'd); RT = Reaktionszeit (in Sekunden);
* $p < 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$ (nur signifikante Werte und Trends sind angegeben;
2-seitige *t*-Tests).

Aufgaben der Vor- und Follow-up-Testung

Vergleichbar mit Tabelle 8 wird in Tabelle 9 ein Überblick über den Vergleich Vortest gegen Follow-up gegeben. Auch hier zeigten sich im Vergleich zur ersten Messung einige Verbesserungen im Gedächtnisbereich, wie dem prospektiven Gedächtnis, der visuell-räumlichen Spanne vorwärts und der Freien Erinnerung 1 – Hits. Allerdings fand sich auch in der Freien Erinnerung 1 – False Alarms eine signifikante und in der Freien Erinnerung 1 – Repetitionen eine annähernd signifikante Veränderung, dabei handelte es sich jedoch jeweils um Verschlechterungen. Es zeigten sich wiederum keine signifikanten Veränderungen in der Freien Erinnerung 2, auch dann nicht, wenn als Mass die prozentualen Anteile der Anzahl gefundener Fehler des Suchbilds für statistischen Prüfung herangezogen wurden (Nachtest und Follow-up: jeweils 32%, $t(10) = -.16$, $p = .88$).

Das prospektive Gedächtnis wurde an insgesamt 7 Zeitpunkten, nach dem Ende jedes einzelnen Tests erfasst. Die Werte in der Tabelle 8 entsprechen den aufsummierten Werten dieser 7 Zeitpunkte. Da die Vpn nach einem nicht spontan erfolgten Bericht über die subjektive Aufgabenschwierigkeit danach gefragt wurden, könnte man argumentieren, dass dies ein indirektes Wiederholen der anfangs gegebenen Instruktionen sein und nur noch entfernt etwas mit prospektivem Gedächtnis zu tun hat. Aus diesem Grund berechnete ich einen weiteren Index für das prospektive Gedächtnis, der lediglich aus der Summe der beiden ersten Messzeitpunkte an den beiden Testtagen bestand. Auch bei diesem Index zeigte sich eine signifikante Verbesserung von der Vortestung zur Follow-up-Messung (Vortest: .73; Follow-up: 1.45; $t(10) = -2.67$, $p < .05$).

Des Weiteren zeigten sich signifikante Verbesserungen in der Stroop-Aufgabe – Benennen und eine trendmässige Verbesserung in der Reaktionszeit der Reaktionsaufgabe des C-GFT, sowie eine signifikant erhöhte Trefferrate. Weiter fand sich in der C-GFT Suchbild-Aufgabe eine signifikante Verbesserung der Anzahl gefundener Fehler. Bei der Klarifikationsaufgabe des C-GFT liessen sich signifikante Veränderungen bei der Reaktionszeit auf die neuen Bilder und beim Priming-Index messen. Bei der Doppelaufgabe des C-GFT ergab sich ein Trend zu einer schnelleren Reaktionszeit auf bereits

gesehene Bilder sowie eine signifikant erhöhte Trefferrate der aufblitzenden Sonnen. Vergleichbar mit dem Vor- und Nachtestvergleich, berechnete ich die Kosten der Doppelaufgabe in Abhängigkeit der Leistungen in den Einzelaufgaben. Auch hier zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede (Vortest: 92%, Follow-up: 87%; $t(10) = 1.14$, $p = .28$).

In Abbildung 24 sind die signifikanten und trendmässigen Veränderungen vom Vortest zur Follow-up Untersuchung auf individueller Basis dargestellt. Auf der Abbildung nicht dargestellt sind die Repetitionen der Freien Erinnerung 2. In der Follow-up Untersuchung wiesen je 2 Vpn bei dieser Variable 1 Repetition bzw. 2 Repetitionen auf, im Gegensatz zur Vortestung, wo bei diesen 11 Vpn keine Repetitionen festgestellt wurden.

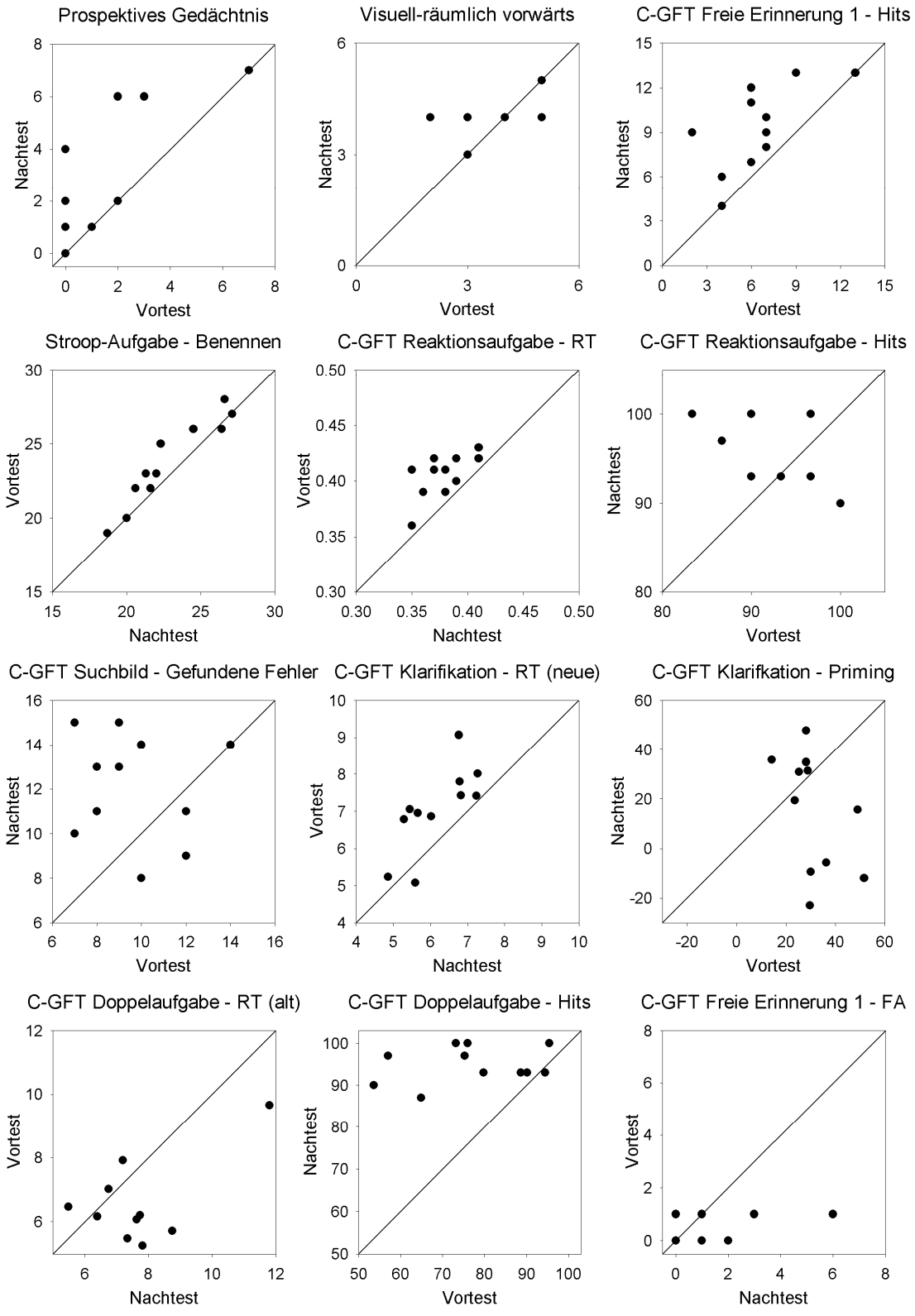

Abbildung 24. Darstellung der von den Vpn erreichten Werten in Abhängigkeit der Vor- und Follow-up Testung für – mit Ausnahme der Variable Freie Erinnerung 1 – Repetitionen – jede durchgeführte Aufgabe, in der sich eine signifikante oder trendmässige Veränderung zwischen Vor- und Follow-up Testung ergab. Die beiden Achsen sind jeweils identisch skaliert, so dass bei einer Verbesserung im Follow-up das Symbol einer Vp oberhalb der Diagonalen zu liegen kommt. Bei einigen Aufgaben bedeutet ein geringerer Wert eine bessere Leistung, weshalb bei solchen Aufgaben die Achsen vertauscht wurden, um die Darstellung konsistent zu halten.

5.1.3 Diskussion

In dieser Studie wurde auf vier verschiedene Arten versucht, die kognitive Leistungsfähigkeit von älteren Erwachsenen zu verbessern. Die Umsetzung erfolgte im Wesentlichen durch ein Training des AG, ein Training der Arbeitsgeschwindigkeit, der Präsentation von positiven Altersstereotypen und einer passiven semantischen Aktivierung.

Arbeitsgedächtnistraining

Zum AG Training wurden drei verschiedene Aufgaben verwendet, die sich in ihrer Komplexität, d.h. der Anzahl der benötigten kognitiven Prozesse zur erfolgreichen Aufgabenbewältigung, unterschieden. In der diesbezüglich einfachsten AG Aufgabe 1 (Senso) wurde eine Verbesserung von 44% vom ersten zum letzten Trainingsdurchgang festgestellt. In der nächst komplexeren AG Aufgabe 2 (KHA) wurde vom ersten zum letzten Trainingsdurchgang eine Steigerung von 62% gefunden. Bei der schwierigsten Aufgabe (Tiere-merken) fand sich eine Verbesserung von 15%. In allen drei Aufgaben waren die Verbesserungen statistisch signifikant.

Für einen Grossteil der Probanden war die Bedienung der Computermaus neu. Aufgrund der Neuheit des Eingabemediums muss sicherlich ein Teil der gefundenen Leistungssteigerung darauf attribuiert werden, obwohl nahezu alle Probanden bereits nach wenigen Minuten Übung die Bedienung so gut beherrschten, dass die gestellten Aufgaben problemlos gelöst werden konnten. Die bei der KHA gefundene Leistungssteigerung war etwas geringer (rund 10% tiefer) als bei den jungen Erwachsenen (siehe Experiment 2). Allerdings muss hierbei berücksichtigt werden, dass die jungen Erwachsenen total 200 Minuten trainierten, währenddem die älteren Erwachsenen hier total 48 Minuten mit dieser Aufgabe trainierten. Aufgrund des nahezu doppelt so hohen Ausgangsniveaus der jungen Erwachsenen (durchschnittlich 6.05 Items in der ersten Trainingssession vs 2.78 Items bei den älteren Erwachsenen), kann man jedoch nicht argumentieren, dass die 152 Minuten Mehr-Training bei den jungen Erwachsenen für die 10%-Differenz gesorgt hat. Es ist viel mehr so, dass sich die jungen Erwachsenen bereits von Beginn weg auf einem viel höheren Niveau befanden. So gelang es den älteren Er-

wachsenen zu keiner Zeit des Trainings, das Anfangsniveau der jungen Erwachsenen zu erreichen. Weshalb zeigen sich nun so grosse Unterschiede in den spezifischen Trainingseffekten bei diesen beiden Altersgruppen? Eine Möglichkeit wäre die unterschiedliche Fertigkeit in der Bedienung der Computermaus. Obwohl die jungen Erwachsenen sicherlich besser und intuitiver mit der Computermaus umgehen konnten, so hatten die älteren Erwachsenen bis zum Zeitpunkt des Trainingsbeginns mit der KHA bereits einige Erfahrungen mit der Bedienung der Computermaus sammeln können und konnten die Eingaben bis auf einige wenige Ausnahmen ohne Hilfe tätigen. Wenn man nun davon ausgeht, dass der Unterschied der aufgewendeten Trainingszeit wohl einen Einfluss nicht aber gänzlich der Grund für einen solchen grossen Unterschied in den spezifischen Trainingseffekten darstellt, dann gehe ich davon aus, dass dieser Unterschied aufgrund eines Verarbeitungsdefizites (Baltes, Sowarka, & Kliegl, 1989; Nyberg et al., 2003; Verhaeghen & Marcoen, 1996) entsteht, d.h. dass die älteren Erwachsenen nicht genügend kognitive Ressourcen frei haben, um die KHA so wie die jüngeren Erwachsenen zu bewältigen (siehe dazu auch Kapitel 5). Dafür spricht auch, dass einige Vpn bei der Einführung der Aufgabe viel Unterstützung und Erklärungen bedurften, bis die Aufgabe selbstständig gelöst werden konnte. Insbesondere die Anforderung, sich gleichzeitig die gezeigten Items zu merken und zu entscheiden, ob sie auf dem Kopf stehend oder normal präsentiert werden, machte einigen Probanden Mühe. In Anbetracht des grossen Trainingsdauerunterschieds zwischen den jüngeren und älteren Erwachsenen kann diese Hypothese jedoch trotzdem nur unbefriedigend aufrechterhalten werden. Im Zusammenhang mit Experiment 4 werde ich jedoch nochmals auf diese Frage zu sprechen kommen, da in diesem Experiment etwas jüngere Vpn (*M* = 74 Jahre) für total 160 Minuten mit dieser Aufgabe trainiert wurden.

Bei der komplexesten der drei AG Aufgaben (Tiere-merken) zeigte sich die geringste Leistungssteigerung von 15%. Die Leistungssteigerung in dieser Aufgabe ist vergleichbar mit der Steigerung von 17% der jungen Erwachsenen bei der visuell-räumlichen Trainingsaufgabe von Experiment 1, auch wenn hier wieder beträchtliche Unterschiede in der Trainingszeit zwischen den untersuchten Probandengruppen (200 Minuten Training bei den jüngeren vs 40

Minuten bei den älteren) vorhanden waren. Im Gegensatz zur *n*-back Aufgabe, sind diese beiden Trainingsaufgaben (visuell-räumlich und Tiere-merken) stärker auf eine Gedächtniskomponente ausgerichtet, so dass es schwieriger sein könnte, durch eine Effizienzsteigerung der mit dem AG assoziierten kognitiven Prozessen stärkere spezifische Trainingseffekte zu erzielen. Gemäss Cowan (2001) beträgt die Kapazität des AG ohne den Einsatz von strategischen Mitteln wie z.B. *chunking* 4+/-1 Item. Die älteren Erwachsenen erreichen in der Tiere-merken Aufgabe nach Abschluss des Trainings eine durchschnittliche Sequenzlänge von 3.49 Items, bei den jungen Erwachsenen waren es in der visuell-räumlichen Aufgabe 6.54 Items. Diese deutlich höhere Itemanzahl bei den jüngeren könnte aufgabenbezogene Ursachen haben, so scheinen doch bei solchen, visuell-räumlichen Aufgaben insbesondere auch implizite „Umgebungshinweise“ (z.B. Schellig, 1997) die Aufgabe zu vereinfachen. Die zusätzlichen 6 Tiere der Tiere-merken Aufgabe, im Vergleich zu den lediglich zwei Tieren der KHA, scheinen der Grund zu sein, das die Vpn in der Tiere-merken Aufgabe nicht an ihre Leistung in der KHA herankamen. Die Begründung dafür könnte darin liegen, dass es den älteren Vpn genauso wie den jüngeren gelingt, erfolgreiche Strategien zur Aufgabenlösung zu entwickeln. Bei der Tiere-merken Aufgabe scheint dies jedoch nicht der Fall zu sein, was auch durch die Rückmeldungen der Vpn unterstützt wird, denn keine Vpn berichtete davon, eine erfolgreiche Strategie gefunden zu haben (im Gegensatz zur KHA). Angesichts der in Kapitel 3.6 formulierten Rahmenbedingungen, sollte die Tiere-merken Aufgabe damit die bessere Aufgabe sein, um Transfer-Effekte zu induzieren, da mit ihr scheinbar weniger aufgabenbezogene Strategien trainiert werden.

Training der Verarbeitungsgeschwindigkeit

Die Trainingsresultate der beiden Reaktionsaufgaben zeigten dasselbe Muster über die verschiedenen Aufgabenblöcke. In allen Blöcken zeigte sich vor allem im ersten Trainingsdurchgang eine vergleichsweise langsame Verarbeitung, die sich jedoch schon nach 2 bis 3 Durchgängen auf dem Niveau des späteren, letzten Trainingsdurchgangs einpendelte. In der Reaktionsaufgabe 1 (Wahlreaktionsaufgabe) zeigten sich am Ende schnellere Reaktionszeiten (die Differenz betrug etwa 100ms), als bei der Reaktionsaufgabe 2, wo

eine lexikale Entscheidung (Wort vs Nicht-Wort) getroffen werden musste. Der erste Durchgang des ersten Blocks war der langsamste. Bei den nachfolgenden Blöcken zeigten sich dann schnellere erste Durchgänge, was als Indikator dafür genommen werden kann, dass das Training in der gelernten Aufgabe überdauernde Effekte zeigte, d.h. dass nach einer Pause von 2 bis 3 Wochen noch immer die Effekte des vorhergegangenen Trainings sichtbar waren. Lediglich die Verbesserungen in der lexikalen Entscheidungsaufgabe (Reaktionsaufgabe 2) erreichten statistische Bedeutsamkeit, wenn man den ersten mit dem letzten Durchgang innerhalb eines Blocks miteinander verglich. Bei der simpleren Wahlreaktionsaufgabe (Reaktionsaufgabe 1) konnten keine signifikanten Verbesserungen gefunden werden. Dies könnte ein Zeichen dafür sein, dass die Reaktionsaufgabe 1 einen zu basalen Charakter aufwies und sich die Reaktionszeiten bereits in den ersten Durchgängen auf einem derart guten Niveau befanden, dass mit der hier trainierten Anzahl an Vpn keine so grosse Leitungsverbesserung erreichen liess, die sich dann auch als statistisch bedeutsam erwies. Dem gegenüber scheint die lexikale Entscheidungsaufgabe initial ein genügend grosses Potential für Verbesserungen zu haben, so dass sich die Aufgabenleistung auch mit einer verhältnismässig kleinen Gruppe von 13 Vpn durch ein Training signifikant verbessern liess. Diese Resultate werfen die Frage auf, was für Aufgaben zum Training der Verarbeitungsgeschwindigkeit verwendet werden sollen. Wenn es ein Training der Verarbeitungsgeschwindigkeit sein sollte, dann muss auf alle Fälle mit einfacheren Aufgaben trainiert werden, denn wird die Aufgabe komplexer, dann besteht sie nicht nur aus schnellem Verarbeiten, sondern auch darin, dass andere Prozesse mittrainiert werden (die z.B. mit dem AG in Zusammenhang gebracht werden könnten), wobei man dann nicht mehr von einem Training der Verarbeitungsgeschwindigkeit sprechen könnte. Durch die im Vergleich zur Reaktionsaufgabe 1 etwas komplexeren Anforderungen der Reaktionsaufgabe 2 bietet diese zweite Trainingsaufgabe mehr Möglichkeiten, die Aufgabenleistung über die Zeit zu verbessern, was der Grund für die differentiellen spezifischen Trainingseffekte sein könnte. Eine alternative Erklärung kann jedoch mit Logan's *Instance Theory of Automatization* (Logan, 1988) gegeben werden (siehe auch Kapitel 2). Nach dieser Theorie hinterlässt jeder Trial eine Instanz einer Gedächtnisspur zurück, so dass die Trials (in diesem

Fall die Wörter bzw. Nicht-Wörter) mit zunehmender Zeit gedächtnisbasiert gelöst werden können. Gemäss Logan kann man in einem solchen Fall nicht mit einer Transfer-Leistung rechnen. Um diese Bildung von verschiedenen Gedächtnisspuren zu verhindern, hätte die Aufgabe so gestaltet werden müssen, dass bei jedem Durchgang neue Wörter und Nicht-Wörter verwendet werden, was jedoch durch die wiederholte Präsentation der positiven Alterstereotypen aufgrund des gewählten Designs nicht möglich war.

Positive Alterstereotypen

Die potentiellen Einflüsse der Präsentation der positiven Altersstereotypen konnten nur indirekt durch das wiederholte Wortlistenlernen quantifiziert werden. Dieses Vorgehen wurde gewählt, da verschiedene Studien (Hess, Hinson, & Statham, 2004; Levy, 1996) zeigen konnten, dass die Präsentation von subliminal gezeigten positiven Altersstereotypen episodische Gedächtnisleistungen in älteren Menschen verbessert. Durch dieses Vorgehen wurden natürlich auch die potentiellen Einflüsse des AG Trainings und des Verarbeitungsgeschwindigkeitstrainings mitgemessen. In diesem Sinn handelt es sich nicht um ein „reines Mass“ zur Quantifizierung der positiven Alterstereotypen. Obwohl dem AG Training und den positiven Alterstereotypen ein positiver Einfluss auf die episodische Gedächtnisleistung zugeschrieben werden kann, so konnte eine entsprechende Leistungsverbesserung nicht gefunden werden. Die Ergebnisse (siehe Tabelle 6) zeigten in der 1. Messung 4.18 erinnerte Items (*SD* = 2.18) und in der 3. Messung 4.72 erinnerte Items (*SD* = 2.01). Obwohl diese beiden Werte durchaus den Schluss zulassen würden, dass sich die Vpn sehr wohl im Wortlistenlernen verbessert haben, sich aber die Leistungssteigerung statistisch nicht in der Form einer Signifikanz bestätigen liess, so lässt die mittlere Messung, wo durchschnittlichen 3.92 Items (*SD* = 2.14) erinnert wurden, doch an einem solchen Schluss zweifeln. Das Problem des Wortlistenlernens mit den hier trainierten Vpn bestand im grossen Widerstand, der dieser Testung entgegen gebracht wurde. Die Vpn zeigten sich nicht motiviert, diese Aufgabe im vorgegebenen Rahmen durchzuführen. Aufgrund der erhaltenen Rückmeldungen der Vpn kann davon ausgegangen werden, dass das potentielle eigene Versagenserlebnis in dieser in der Gruppe durchgeführten Aufgabe sehr unmittelbar ist und sich die Vpn deswegen so

gegen die Durchführung wehrten. Nach der Durchführung dieser Aufgabe mussten einige Vpn öfters mehrmals dazu ermutigt werden, wieder mit der gleichen Motivation wie zuvor am weiteren Training teilzunehmen. Aufgrund dieser Rückmeldungen scheint das Wortlistenlernen, zumindest wenn es in der Gruppe durchgeführt wird, als ein schlechter Test für das episodische Gedächtnis, da er bei den Vpn durch die unmittelbare Leistungsrückmeldung, die man sich unweigerlich selbst schaffen kann, Frustrationen und Versagenserlebnisse auslösen kann. Ich denke, dass die inkonsistenten Daten des Wortlistenlernens in erster Linie auf die grosse Abwehrhaltung der Vpn gegenüber diesem Test zurückzuführen sind.

Passive semantische Aktierung

Der Einfluss der passiven semantischen Aktivierung wurde versucht durch die *Fluency*-Aufgabe und das Wortstammergänzen in den Testsessionen zu erfassen. Es fanden sich jedoch keine Anhaltspunkte dafür, dass die passive semantische Aktivierung zu einer Leistungsveränderung in einer der beiden Aufgaben führt. Aufgrund der grossen Menge von benötigten Wörtern für die Aktivierungsaufgabe, war es nicht möglich, standardisiertes Wortmaterial im Wortstammergänzen einzusetzen, so dass die Resultate grundsätzlich mit Vorsicht zu betrachten sind. Besser wäre es gewesen, den Einfluss der semantischen Aktivierung z.B. durch eine verhältnismässig einfache Benennaufgabe von zuvor gesehenen oder nicht gesehenen Begriffen zu messen, wobei dann angenommen werden könnte, dass zuvor gesehene Wörter schneller benannt werden als vorher nicht gesehene Wörter. Dieses Vorgehen hätte den Vorteil gehabt, dass nicht auf standardisiertes Wortmaterial zurückgegriffen werden müsste.

Die Resultate der Vor- und Nachtestung

Vor und nach der Trainingsintervention wurde eine Reihe von unterschiedlichen Aufgaben durchgeführt, um den Einfluss des Trainings auf diese Aufgaben zu untersuchen. Die Einzelvergleiche dieser Masse zeigten signifikante, positive Effekte für zwei verschiedene Gedächtnismasse: Visuell-räumliche Spanne vorwärts und die Anzahl Hits in der Freien Erinnerung 1 des C-GFT.

Wie Kemps (2001) und vor allem Parmentier, Elford, & Maybery (2005) zeigen konnten, werden beim Durchführen von visuell-räumlichen Aufgaben von den Vpn Pfadinformationen verarbeitet, d.h. die visuell-räumliche Beziehung zwischen den Stimuli hat einen Einfluss auf die Merkfähigkeit der gezeigten Abfolgen. Parmentier, Elford, & Maybery (2005) wiesen nach, dass die Pfadlänge, die Anzahl Kreuzungen eines Pfades und die Grösse der Winkel zwischen den einzelnen Pfadabschnitten einen wesentlichen Einfluss auf die Merkfähigkeit der gezeigten Sequenz hat. Da in der hier durchgeführten Version dieser visuell-räumlichen Spannenaufgabe die vorgegebenen Sequenzen jeweils randomisiert generiert wurden, könnte die Möglichkeit bestehen, dass sich die Vor- und Nachtestung in ihrer Schwierigkeit voneinander unterscheiden. Eine statistische Analyse der Pfadlänge, Anzahl Kreuzungen und Winkelgrösse ergab für die visuell-räumliche Spanne vorwärts jedoch keine Unterschiede (Pfadlänge: $t(12) = -.1.26$, $p = .23$; Anzahl Kreuzungen: $t(12) = -.73$, $p = .48$; Winkelgrösse: $t(12) = -.28$, $p = .79$), so dass die Schwierigkeiten der Vor- und Nachtestung als vergleichbar angenommen werden können (dasselbe gilt auch für die visuell-räumliche Spanne rückwärts: Pfadlänge: $t(12) = -.08$, $p = .94$; Anzahl Kreuzungen: $t(12) = -1.79$, $p = .10$; Winkelgrösse: $t(12) = -1.63$, $p = .13$). Die Steigerung der Vpn in dieser Aufgabe war mit einer Verbesserung von durchschnittlich über 1 Item substantiell, was sich auch in einer hohen Effektstärke von $d = 1.00$ ausdrückte. Angesichts des durchgeführten AG Trainings, welches zu grossen Teilen aus dem Behalten von sequentiell präsentierten Stimulusreihenfolgen bestand, ist diese Verbesserung eher als naher Transfer zu betrachten. Keine Verbesserung liess sich hingegen in der visuell-räumlichen Aufgabe rückwärts oder dem Zahlennachsprechen feststellen. Dies ist etwas erstaunlich, da man doch argumentieren könnte, dass sich diese Aufgaben verhältnismässig ähnlich sind. Insbesondere die nahezu identische Leistung in der Vor- und Nachtestung im Zahlennachsprechen hebt sich von der visuell-räumlichen Aufgabe ab.

Ebenfalls eine signifikante Verbesserung zeigte sich in der Freien Erinnerung 1 – Hits des C-GFT. In dieser Aufgabe mussten sich die Vpn an das Suchbild erinnern, das sie zu Beginn der C-GFT-Durchführung gesehen hat-

ten. Auch hier kann von einer bedeutsamen Veränderung gesprochen werden, konnten die Vpn nach dem Training doch gut 1.5 Items mehr erinnern, wobei jedoch die Effektstärke mit *d* = .47 etwas geringer ausfiel als bei der visuell-räumlichen Spanne vorwärts. Diese Aufgabe unterscheidet sich von einer herkömmlichen Aufgabe, mit der ein *delayed free recall* gemessen wird, durch die Interferenz, die durch die Präsentation von Bildern zwischen Präsentation und Abruf erzeugt wird (in der Klarifikations- und Doppelaufgabe des C-GFT), so dass von den Vpn ein erfolgreiches source monitoring (Johnson, Hashtroudi, & Lindsay, 1993) zur Lösung der Aufgabe verlangt wurde. Weitere Evidenz dafür, dass durch das Training Gedächtnisprozesse verbessert wurden, findet sich im verbesserten *d'* des Wiedererkennens. Obwohl in dieser Aufgabe lediglich ein Trend gefunden wurde, so ist dieses Ergebnis konsistent mit der Leistungsverbesserung in der Freien Erinnerung 1 – Hits. Allerdings zeigte sich in der Freien Erinnerung 2 keine statistisch bedeutsame Verbesserung von der Vor- zur Nachtestung. In dieser Aufgabe mussten sich die Vpn an alle Unterschiede erinnern, die sie zu Beginn des C-GFT im Suchbild gefunden hatten. Diesem Test liegt die Annahme zu Grunde, dass das Finden eines Fehlers im Suchbild für das betreffende Item, im Sinn des *Levels of Processing* (Craik & Lockhart, 1972) Ansatzes, mit einer tieferen Verarbeitung zusammenhängt. Die Verbesserung in der Freien Erinnerung 1, nicht aber der Freien Erinnerung 2 lässt darauf schliessen, dass das Training die Gedächtnisleistung für weniger tief verarbeitete Items verbessern kann. Eine Verbesserung wird aber für solche Items gefunden, die weniger tief verarbeitet werden, d.h. das Training ist nicht in der Lage, die Gedächtnisleistung für solche Items zu verbessern, die durch eine qualitativ bessere Enkodierung schon einen Vorteil zum besseren Erinnern erhalten. Die Begründung dafür könnte darin zu finden sein, dass die Vpn nach dem Training mehr Kapazität zur Verfügung haben, um während dem Suchen der Unterschiede im Suchbild die das Suchbild konstituierenden Items besser zu enkodieren. Dieses bessere Enkodieren könnte auch deshalb zustande kommen, weil die Vpn nach dem Training besser in der Lage sind, sich auf die gestellte Aufgabe zu fokussieren und deshalb besser in der Lage sind, interferierende Einflüsse auszublenden (Hasher & Zacks, 1988). Zusammen mit der Verbesserung im Untertest Inter-

ferenz der Stroop-Aufgabe könnten diese Resultate auf eine generell verbesserte Interferenz-Auflösung hindeuten könnte.

Die Resultate der Vor- und Follow-up-Testung

Ein Jahr nach Beendigung des Trainings wurde eine Follow-up-Testung durchgeführt, um zu testen, wie überdauernd sich die in der Posttestung erzielten Trainingseffekte zeigen würden. Dazu wurden die Werte der Vortestung mit jenen des Follow-up verglichen.

Wie in der Nachtestung, fand sich auch im Follow-up eine signifikante Verbesserung in der visuell-räumlichen Spanne – vorwärts. Die statistische Analyse der Pfadlänge, Anzahl Kreuzungen und Winkelgrösse zeigte jedoch signifikant mehr Kreuzungen im Follow-up, was auf eine höhere Aufgabenschwierigkeit in der Follow-up Testung deutet. Die Pfadlänge und die Winkelgrösse unterschieden sich aber nicht (Pfadlänge: $t(10) = 1.02$, $p = .33$; Anzahl Kreuzungen: $t(10) = -4.67$, $p < .01$; Winkelgrösse: $t(10) = .69$, $p = .51$). Somit ist die Leistung der Vpn in dieser Aufgabe noch höher zu bewerten, zeigten sie doch bei einer höheren Aufgabenschwierigkeit im Vergleich zur Vortestung noch immer eine bessere Leistung ein Jahr nach Trainingsende (bei der visuell-räumlichen Spanne rückwärts zeigte sich das gleiche Bild: Pfadlänge: $t(10) = .01$, $p = .99$; Anzahl Kreuzungen: $t(9) = -3.68$, $p < .01$; Winkelgrösse: $t(10) = -1.50$, $p = .17$). Die Leistung in der Freien Erinnerung 1 – Hits zeigte sich wiederum signifikant. Allerdings stieg auch die False Alarm-Rate im Follow-up signifikant an. Im Gegensatz zur Nachtestung konnte kein Trend im d' des Wiedererkennens festgestellt werden. Weiter liessen sich keine Veränderungen in den anderen Gedächtnismassen feststellen. Die Leistungen in den C-GFT Untertests fielen insgesamt betrachtet in der Follow-up-Messung am besten aus. Dies könnte zumindest teilweise damit zusammenhängen, dass im Vergleich zur Vortestung im Follow-up signifikant mehr Fehler im Suchbild gefunden wurden und die nachfolgenden Leistungsmessungen von der Leistung im Fehlersuchen beeinflusst werden. Ausgenommen davon ist sicherlich die Leistungsverbesserung in der Reaktionsaufgabe, in der sich eine signifikant höhere Trefferrate auf die Stimuli und ein Trend zu schnelleren Reaktionszeiten gefunden wurde. Damit konsistent zeigte sich

auch eine signifikante Verbesserung in der Stroop-Aufgabe Benennen. In der Interferenz-Bedingung der Stroop-Aufgabe liess sich jedoch die in der Nachtestung gefundene Verbesserung nicht wieder finden. In der Klarifikationsaufgabe fand sich weiter eine signifikant schnellere Erkennungsleistung für die neuen Bilder. Ebenfalls schneller, jedoch nicht statistisch signifikant, verbesserten sich die Probanden bei den alten Bildern, was dann schlussendlich in einem signifikant reduzierten Priming-Wert für die Klarifikationsaufgabe resultierte. Etwas unerwartet zeigte sich im Mass für das prospektive Gedächtnis eine signifikante Verbesserung.

Die Ergebnisse der Follow-up-Untersuchung widersprachen weitgehend meiner Hypothese, dass nach dem Trainingsende die kognitiven Leistungsmasse wieder auf den Stand vor dem Training zurückfallen sollten. Lediglich in der Interferenz-Bedingung der Stroop-Aufgabe zeigte sich in der Follow-up-Messung im Gegensatz zur Nachtestung keine signifikante Verbesserung mehr. Diese Resultate deuten darauf hin, dass das Training längerfristige, positive Veränderungen induzierte, wobei ich allerdings nicht denke, dass diese überdauernde Verbesserung allein durch die Trainingsarbeit erklärt werden kann. Zudem darf nicht vergessen werden, dass auch ein erheblicher Test-Retest-Retest Effekt stattgefunden haben könnte. Gerade im Hinblick auf diese 3. Testung ist es dementsprechend unentbehrlich, einen Vergleich mit einer Kontrollgruppe anzustellen, die keine solche Intervention erhielt. Angesichts der hier trainierten Probandengruppe mit einem Durchschnittsalter von rund 82 Jahren sind die gefundenen Verbesserungen jedoch ausserordentlich erstaunlich, zeigen doch solche als „old-old“ kategorisierte Erwachsene einen stärkeren kognitiven Abfall als 10 Jahre jüngere („old“) Erwachsene (Singer, Verhaeghen, Ghisletta, Lindenberger, & Baltes, 2005).

Von einigen Vpn erhielten wir die Rückmeldung, dass sie durch das Training „mehr ‚drive’“ erhalten hätten, „aufmerksamer durch das Leben gingen“ und „irgendwie einfach mehr auf ‚zack’“ seien. Diese spontanen Berichte der Vpn lassen die Vermutung zu, dass das Training eine längerfristige positive Verhaltens- oder Einstellungsänderung bewirkte. Zu dieser Vermutung trägt auch der Umstand bei, dass sich zwischen den Probanden und den Versuchsleitenden innerhalb kurzer Zeit ein sehr gutes Verhältnis aufbaute,

welches die Vpn ebenfalls positiv beeinflussen konnte. Von Anfang an bemühten sich die Versuchsleitenden, auf die Anliegen der Probanden einzugehen und eventuell auftretende organisatorische oder inhaltliche Belange schnell und angemessen zu erledigen, was meiner Meinung nach zur raschen Bildung einer gegenseitigen Zufriedenheit beitrug.

Ich habe den Eindruck, dass wir den Probanden durch das Training vermittelten, dass das Aufrechterhalten einer gewissen geistigen Aktivität (z.B. durch das Lösen und Durchführen von AG Aufgaben) wesentlich zur eigenen geistigen Fitness beiträgt und dass sie die Möglichkeit haben, das Ausmass dieser eigenen geistigen Aktivität selbst zu steuern. Ich denke, dass wir den Vpn durch die Arbeit mit dem Computer vermitteln konnten, dass sie nicht „zu alt“ sind, um neue Dinge zu lernen, sondern dass man auch mit einer gewissen Offenheit für Neues, solche Herausforderungen meistern kann. Dafür spricht auch die Aussage einer Vpn: „Sie haben uns mit dem Training richtiggehend wachgerüttelt!“ Dies sind allerdings Überlegungen, die sich nicht direkt überprüfen lassen, jedoch nachvollziehbar eine Begründung für die überdauernden Trainingseffekte sein könnten.

Fazit zu Experiment 3

Das in dieser Studie durchgeführte Training resultierte nach dem Trainingsende im Wesentlichen in einer Verbesserung von episodischem Gedächtnis und EF (Stroop-Aufgabe Interferenz). Damit konnte gezeigt werden, dass es möglich ist, mit dieser Art Training – das sich hauptsächlich auf das Training des AG, das Training der Verarbeitungsgeschwindigkeit und der Präsentation von positiven Alterstereotypen stützte – kognitive Leistungsverbesserungen zu induzieren. Somit scheint dieses Training das Potential zu haben, als ernsthafte Alternative zu anderen Trainingsprogrammen bestehen zu können. Allerdings müssen diese Resultate solange als *preliminary results* gelten, bis die gefundenen Effekte an einer Kontrollgruppe relativiert werden können.

Erstaunlicherweise zeigten sich in der Follow-up-Messung ein Jahr nach Beendigung des Trainings noch immer die positiven Effekte beim episodischen Gedächtnis. Während dem jedoch kein Effekt mehr in der

Unteraufgabe Interferenz der Stroop-Aufgabe gefunden wurden, zeigten sich Verbesserungen in der fokussierten Aufmerksamkeit (Reaktionsaufgabe des C-GFT) und der Unteraufgabe Benennen der Stroop-Aufgabe sowie dem prospektiven Gedächtnis. Die durchwegs besseren Resultate in der Follow-up Messung könnten auf Test-Retest-Effekte zurückgeführt werden. Als eine alternative Erklärung könnte jedoch auch eine trainingsinduzierte Verhaltens- oder Einstellungsänderung in Frage kommen. Dieser Hypothese muss jedoch spezifischer nachgegangen werden, z.B. mit geeigneten Fragebogen oder strukturierten Interviews, zudem müssen auch hier die Ergebnisse der Kontrollgruppe abgewartet werden.

5.2 Experiment 4: „Katze und Hund Aufgabe“ mit älteren Menschen

Die Durchführung dieses Experiments hatte unter anderem das Ziel, die Effizienz der KHA bei Erwachsenen mit einem Alter von über 70 Jahren zu evaluieren und mit den Resultaten von Experiment 2, in dem das KHA-Training mit jungen Erwachsenen durchgeführt wurde, in Beziehung zu setzen. Damit dieser Vergleich auch gültig ist, wurde in diesem Experiment exakt die gleiche Trainingsaufgabe wie in Experiment 2 umgesetzt. Zudem wurden die gleichen Vor- und Nachtestaufgaben, wie in Experiment 2 verwendet. Zusätzlich wurden jedoch noch weitere Aufgaben in die Testungen aufgenommen, damit differenziertere Antworten auf die Frage, inwiefern das Training die AG Kapazität beeinflusst, gegeben werden können. Allerdings wurde aus praktischen Gründen dieses Experiment in einem Gruppensetting durchgeführt, während dem Experiment 2 in einem Einzelsetting durchgeführt wurde.

Mit der Durchführung des gleichen Experiments in zwei verschiedenen Altersgruppen gehe ich der Hypothese nach, ob ein adaptives AG Training in unterschiedlichen Altersgruppen zu differentiellen Effekten führt. Wäre dies tatsächlich der Fall, dann würde das bedeuten, dass ein AG Training unabhängig von der Aufgabenschwierigkeit (diese ist ja adaptiv und passt sich dem aktuellen Können der Vp an) zu unterschiedlichen Effekten führt. Diese differentiellen Effekte könnten deshalb entstehen, weil die älteren Erwachsenen nicht gleich viele kognitive Ressourcen zur Verfügung haben, um die gestellte Aufgabe von Beginn weg gleich effizient wie die jungen Erwachsenen zu verarbeiten, was man als Verarbeitungsdefizit bezeichnen könnte (Baltes, Sowarka, & Kliegl, 1989; Nyberg et al., 2003; Verhaeghen & Marcoen, 1996). Allerdings ist es sehr schwierig, einen isolierten Faktor als Ursache für differentielle Effekte zu finden, da viele verschiedene Parameter für die gefundenen Unterschiede in Frage kommen könnten, wie z.B. die Trainingsdauer, unterschiedliche motivationale Einflüsse bedingt durch das adaptive Verfahren oder die Art des Trainings (Einzelsetting vs Gruppensetting). Sollte die KHA aufgrund eines Verarbeitungsdefizites für die älteren Erwachsenen tatsächlich komplexer zu lösen sein, als für junge Erwachsene, dann könnte man bei den älteren Erwachsenen eher mit Transfer-Effekten rechnen. Sind

die älteren Erwachsenen jedoch gleichermassen erfolgreich im Entwickeln von aufgabenspezifischen Strategien, dann sollten sich auch hier eher geringe Transfer-Effekte messen lassen.

Meines Wissens gibt es bis jetzt eine Studie (Klingberg, Forssberg, & Westerberg, 2002), in der das gleiche AG Trainingsparadigma mit zwei unterschiedlichen Probandengruppen durchgeführt wurde, jedoch keinen publizierten Artikel, in dem das gleiche Trainingsparadigma mit jungen und älteren Erwachsenen durchgeführt wurde. Klingberg, Forssberg, & Westerberg (2002) führten ihr Trainingsparadigma mit ADHD Kindern und jungen Erwachsenen durch. Ein methodisches Problem stellte bei dieser Publikation jedoch die ausserordentlich schlechte Kontrollgruppe für die jungen Erwachsenen dar (es wurde die gleiche Kontrollgruppe herangezogen, die auch für die Kinder verwendet wurde). Trotzdem kommen die Autoren zum Schluss, dass das gleiche Training sowohl bei Kindern als auch Erwachsenen gleichermassen wirksam sein soll. In beiden Gruppen wurden positive Effekte in einem fluiden Intelligenzmass (APM bzw. *Colored Progressive Matrices*), der Stroop-Aufgabe und einem Block-Tapping Test gefunden. Aufgrund der eher schwachen Evidenz aus der Literatur ging ich davon aus, dass es keine differentiellen Effekte zwischen den beiden Gruppen gibt.

5.2.1 Methode

Versuchspersonen. 18 Vpn nahmen an diesem Experiment teil. 8 Personen (davon 3 Männer) bildeten die Experimentalgruppe und wiesen einen Altersdurchschnitt von 71.8 Jahren (*SD* = 5.3) auf. Als inaktive Kontrollgruppe wurden insgesamt 10 Personen getestet. Von diesen 10 Personen wurden die zwei jüngsten mit einem Alter von 62 und 66 Jahren von den weiteren Analysen ausgeschlossen, damit die Kontrollgruppe vom Alter besser mit der Experimentalgruppe übereinstimmte. Durch dieses Vorgehen wurde das Durchschnittsalter von 68 Jahren (*SD* = 4.5) aller 10 Personen der Kontrollgruppe auf ein Durchschnittsalter von 70.7 Jahre (*SD* = 3.3) angehoben. Von diesen 8 Personen der Kontrollgruppe waren 2 Männer.

Apparate. Die Trainingsaufgabe wurde mit dem Software-Paket E-Prime (Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA) auf einem Microsoft

Windows basierten Personal-Computer durchgeführt. Die Aufgaben der Vor- und Nachtestung wurden teils ebenfalls mit E-Prime, teils als Papier-und-Bleistift Version durchgeführt.

Versuchsablauf. Es wurde nahezu das gleiche Prozedere wie in Experiment 2 verwendet, jedoch mit dem Unterschied, dass das Training nicht in einem Einzel- sondern in einem Gruppensetting durchgeführt wurde. Eine Trainingssession wurde jeweils mit dem AG Training am Computer begonnen. Es wurden zwei Mal 8 Minuten mit einigen Minuten Pause dazwischen trainiert. Die Vpn wurden animiert in der Pause kurz aufzustehen und im Raum herumzulaufen. Bis auf die dritte Trainingssession wurde den Vpn anschliessend ähnlich wie in Experiment 3 ein Referat zu unterschiedlichen Themen wie Aufmerksamkeit oder Gedächtnis gehalten. In der anschliessenden Diskussionsrunde wurde den Vpn Kaffee offeriert und sie konnten Fragen zu den Referaten und dem allgemeinen Prozedere stellen. Am Ende einer Trainingssession erhielten die Vpn Knobelaufgaben (diese waren vergleichbar mit jenen aus Experiment 3), die nach Möglichkeit inhaltlich mit den Referaten verknüpft waren und fakultativ zu Hause gelöst werden konnten. Die Lösungen wurden dann jeweils zu Beginn der nächsten Trainingssession bekannt gegeben. Vergleichbar mit dem Vorgehen von Experiment 3 wurde den Vpn beim Trainingsbeginn die Bedienung der Computermaus erklärt und die Blumenaufgabe durchgeführt. Vor der dritten Trainingssession wurde die Vortestung durchgeführt, die ungefähr zwei Stunden in Anspruch nahm. Um die zeitliche Belastung für die Vpn an diesem Tag zu minimieren, wurde im darauf folgenden Training lediglich die AG Training-Aufgabe vorgegeben und das Referat sowie die Knobelaufgaben weggelassen.

Trainingsaufgaben

Blumenaufgabe (zum Üben der Computermausbedienung). Siehe Beschreibung Experiment 3.

Katze-Hund-Aufgabe (AG Training). Diese Aufgabe entsprach den Spezifikationen der in Experiment 2 verwendeten Trainingsaufgabe.

Aufgaben der Vor- und Nachtestung

Die Aufgaben wurden in der gleichen Reihenfolge durchgeführt, wie sie in der nachfolgenden Reihenfolge beschrieben werden.

Visueller Lern- und Merkfähigkeitstest (VLMT). Siehe Beschreibung Experiment 1.

Zahlen-Symbol-Test. Siehe Beschreibung in Kapitel 5.1.1.

Zahlennachsprechen. Siehe Beschreibung in Kapitel 4.2.1.

Block-Tapping-Test. Siehe Beschreibung in Kapitel 4.2.1.

Reading Span Task (RST). In dieser klassischen AG Aufgabe , die von Daneman & Carpenter (1980) erstmals publiziert wurde, müssen die Vpn eine Reihe von nicht zusammenhängenden, sinnvollen oder sinnlosen Sätzen laut vorlesen und am Ende jedes Satzes entscheiden, ob der Satz inhaltlich Sinn macht oder nicht. Gleichzeitig muss sich das jeweils letzte Wort jedes Satzes in der Präsentations-Reihenfolge der Sätze gemerkt werden. Nach dem letzten Satz wird die Vp dann dazu aufgefordert, die Endwörter in der richtigen Reihenfolge zu reproduzieren. Die Aufgabe wurde computerbasiert durchgeführt. Die Sätze wurden auf dem Computerbildschirm gezeigt und die Vpn mussten die Taste „1“ drücken, wenn der Satz Sinn machte, andernfalls musste die Taste „0“ gedrückt werden. Die Sätze wurden uns von Meredyth Daneman zur Verfügung gestellt und von Susanne Jäggi ins Deutsche übersetzt. Kürzere Sätze wurden für 8000ms, längere Sätze für 8600ms präsentiert, damit der Einsatz von *rehearsal*- oder anderen Strategie-Prozessen möglichst verhindert werden konnte. Antworteten die Vpn nicht innerhalb dieser Zeitspanne, verschwand der Satz vom Bildschirm. Der nächste Satz erschien erst dann, wenn entweder die Taste „0“ oder „1“ gedrückt wurde. Antworteten die Vpn schneller, dann wurde der nächste Satz angezeigt. Nach der Präsentation einer gegebenen Anzahl von Sätzen erschien auf dem Bildschirm die Meldung, dass die Sätze nun dem VL genannt werden sollen, welcher die Antworten auf einem separaten Blatt protokollierte. Die Aufgabe startet mit drei Übungstrials, in denen jeweils zwei Sätze vorgegeben wurden. Die Vpn erhielten in diesen Übungstrials Rückmeldung darüber, ob sie die Sätze korrekt beurteilt hatten. Nach den Übungsdurchgän-

gen wurden maximal 5 Durchgänge zu je 6 Trials durchgeführt. Die Durchgänge unterschieden sich in der Anzahl der Sätze (Set-Grösse), die in einem Trial vorgegeben wurden. Es wurde mit einer Set-Grösse von 2 gestartet. Konnte die Vp mindestens einen Trial in diesem Durchgang korrekt beantworten, dann wurde der nächste Durchgang mit einer um ein Item erweiterten Set-Grösse vorgegeben. Wurde in einem Durchgang kein Trial komplett richtig beantwortet, dann wurde die Aufgabe abgebrochen. Die maximale Set-Grösse betrug 6. Als abhängige Variable wurde einerseits die Anzahl der korrekt erinnerten Wörter festgehalten, andererseits wurde eine Spanne nach folgenden Regeln berechnet: Zur Bewertung wurde die letzte Set-Grösse herangezogen, in der die Vp mindestens einen Trial korrekt beantwortet hatte. Wurden in dieser Set-Grösse mindestens 3 Trials korrekt beantwortet, dann entsprach die Spanne dieser Set-Grösse. Wurden zwei Trials korrekt beantwortet, dann entsprach die Spanne dieser Set-Grösse minus 0.5. Wurde nur ein Trial korrekt beantwortet, dann entsprach die Spanne dieser Set-Grösse minus 1.

Stroop Aufgabe. Siehe Beschreibung in Kapitel 4.2.1.

Raven's Standard Progressive Matrices (SPM). Die SPM (Bulheller & Häcker, 1998) sind vom Aufbau und der Aufgabenart mit den APM (Raven, 1990) und dem BOMAT (Hossiep, Turck, & Hasella, 1999) vergleichbar: Es wird ein inkomplettes Muster vorgegeben, dass durch Auswahl einer Antwortalternative logisch korrekt ergänzt werden muss. Die SPM sind vom Schwierigkeitsgrad einfacher als der BOMAT und die APM und daher für die Durchführung mit älteren Erwachsenen geeignet. Da es keine Parallelform gibt, wurden in der Vortestung alle geraden und in der Nachtestung alle ungeraden Items vorgegeben. Um die Testzeit in einem für die Vpn vernünftigen Rahmen zu halten, wurde die Bearbeitungszeit auf 20 Minuten begrenzt. Als abhängige Variable wurden die in dieser Zeit korrekt gelösten Probleme erfasst.

Visual Array Comparison (VAC). Diese Aufgabe wurde weitgehend gemäss den Spezifikationen von Cowan et al. (2005) übernommen. Diese Aufgabe liefert, vergleichbar mit dem RMS, ein Mass zur Bestimmung der Grösse des FOA. Zu Beginn der Aufgabe wurde ein schwarzes Fixationskreuz in der Mitte des Bildschirmes für 1000ms auf einem grauen Hintergrund ge-

zeigt. Darauf wurden für 250ms 2, 4, 6, 8 oder 10 Quadrate (Setgrösse) für 250ms präsentiert. Die Quadrate konnten in den Farben Blau, Rot, Gelb, Violett, Grün, Schwarz oder Weiss erscheinen (die gleiche Farbe konnte mehr als einmal in einem gegebenen Set vorkommen) und hatten auf einem 15“ Monitor mit einer Auflösung von 1024 x 768 Pixel eine Kantenlänge von 23 Pixel (entspricht einem Sehwinkel von 0.75° bei einem Augen-zu-Monitor-Abstand von 50cm). Die Quadrate erschienen zufällig in der Mitte des Bildschirmes in einem zentriert angeordneten Bereich von 360 x 220 Pixel (Sehwinkel: 12° x 7.3°). Die Quadrate hatten voneinander einen Mindestabstand von 60 Pixel (Sehwinkel 2°). Nach der Präsentation der Quadrate folgte ein leerer Bildschirm für 1000ms. Darauf erschien die gleiche Anzahl von Quadraten wieder an der gleichen Stelle wie vor dem leeren Bildschirm. Eines der Quadrate war mit einem schwarzen Kreis umrundet. Der Kreis hatte einen Radius von 22 Pixel (Sehwinkel 0.75°) und eine Dicke von 1 Pixel. Dieses umkreiste Quadrat hatte entweder die gleiche oder eine andere Farbe wie jenes Quadrat, das vor dem leeren Bildschirm an dieser Stelle erschienen ist. Alle anderen Quadrate hatten die gleiche Farbe. Die Aufgabe für die Vpn bestand nun darin zu entscheiden, ob das umkreiste Quadrat die gleiche Farbe hatte wie zuvor. Hatte das Quadrat die gleiche Farbe, dann musste mit dem linken Zeigefinger die Taste „L“ gedrückt werden, sonst mit dem rechten Zeigefinger die Taste „A“. In der Hälfte aller Trials war die Farbe des umkreisten Quadrates identisch mit dem vorher präsentierten Quadrat. Nach jedem Tastendruck erhielten die Vpn Rückmeldung, ob die gegebene Antwort korrekt war oder nicht. Der nächste Trial konnte dann mit einem beliebigen Tastendruck gestartet werden. Vor dem Experimentstart wurden verschiedene Übungstrials durchgeführt. Die Vpn absolvierten dabei zuerst 6 Trials mit 2 Quadraten, 2 Trials mit 4 Quadraten und 2 Trials mit 6 Quadraten. Diese Übungstrials wurden bei Bedarf wiederholt. Nach diesen Übungstrials begann das eigentliche Experiment mit 4 erneuten Übungstrials mit jeweils 2 Quadraten. Das Experiment bestand aus mehreren Blöcken mit einer unterschiedlichen Anzahl von gezeigten Quadraten. Gestartet wurde mit 2 Quadraten. In jedem Block wurden 12 Trials durchgeführt. Wurden in diesen 12 Trials mindestens 9 richtige Antworten gegeben, dann wurde der nächste Block mit 2 zusätzlichen Quadraten durchgeführt. Maximal wurden 10 Quadrate gezeigt. Erreichte eine Vp weni-

ger als 9 korrekte Antworten in einem Block, dann wurde der letzte Block, in dem das Kriterium noch erfüllt war, nochmals wiederholt, so dass insgesamt 24 Trials mit der gleichen Anzahl an Quadraten durchgeführt wurden (wurde das Kriterium bei 2 Quadraten nicht erreicht, dann wurden nochmals 12 Trials mit 2 Quadraten vorgegeben; wurde auch bei 10 Quadraten das Kriterium erreicht, dann wurden trotzdem nochmals 12 weitere Trials mit 10 Quadraten durchgeführt). Mit der untenstehenden Formel kann berechnet werden, wie viele Items die Vp im AG halten kann. Dabei liegt die Annahme zu Grunde, dass die Vp korrekt antwortet, wenn sie sich an die Farbe des zuerst gezeigten Target-Quadrates erinnert. Erinnert sich die Vp nicht an die zuerst gezeigte Farbe, dann wird sie bei ihrer Antwort raten. Die AG-Kapazität wurde mit der folgenden Formel berechnet:

Kapazität = Setgrösse * (%Hits + %Correct Rejections – 1)

Wobei die „Kapazität“ die Anzahl Items repräsentiert, die zu einem gegebenen Zeitpunkt im AG gehalten werden können. „Setgrösse“ ist in diesem Fall die Anzahl der gezeigten Quadrate (2, 4, 6, 8 oder 10) und „%Hits“ bzw. „%Correct Rejections“ meint den prozentuellen Anteil von Hits und Correct Rejections. Für eine ausführlichere Diskussion der Auswertungsmethode dieser Aufgabe siehe Cowan et al. (2005).

5.2.2 Resultate

Datenanalyse

Exakt dasselbe Vorgehen wie in Experiment 1 und Experiment 2 wurde verwendet.

Trainingsaufgabe

Die Trainingsverlaufsdaten sind in Abbildung 25 dargestellt. Für die Berechnung der Leistung einer Vp in einer Session wurden die Sequenzlängen aller Trials – mit Ausnahme der ersten 3 Trials, die als Aufwärmphase betrachtet wurden – gemittelt. Es wurde mit einer mittleren Sequenzlänge von 2.88 Items am ersten Tag gestartet. Am letzten Trainingstag wurde im Durchschnitt mit einer Länge von 5.72 Items trainiert, was im Vergleich zum ersten

Tag einer Steigerung von 98% entsprach. Am dritten Tag resultierte eine durchschnittliche Sequenzlänge von 4.32 Items was verglichen mit dem letzten Tag einer Steigerung von 32% entsprach. Die Verbesserung von der ersten zur letzten Session war statistisch signifikant ($t(7) = -5.27$, $p < .01$), wie auch die Steigerung von der dritten zur letzten Session ($t(7) = 3.37$, $p < .05$).

Aufgaben der Vor- und Nachtestung

Bei keiner Variablen der Vortestung liess sich ein Unterschied zwischen der Experimental- und Kontrollgruppe finden.

Die deskriptiven Daten der Vor- und Nachtestung sind zusammen mit den Angaben zu signifikanten Einzelvergleichen zwischen der Vor- und Nachuntersuchung und den jeweiligen Effektstärken in Tabelle 10 aufgeführt.

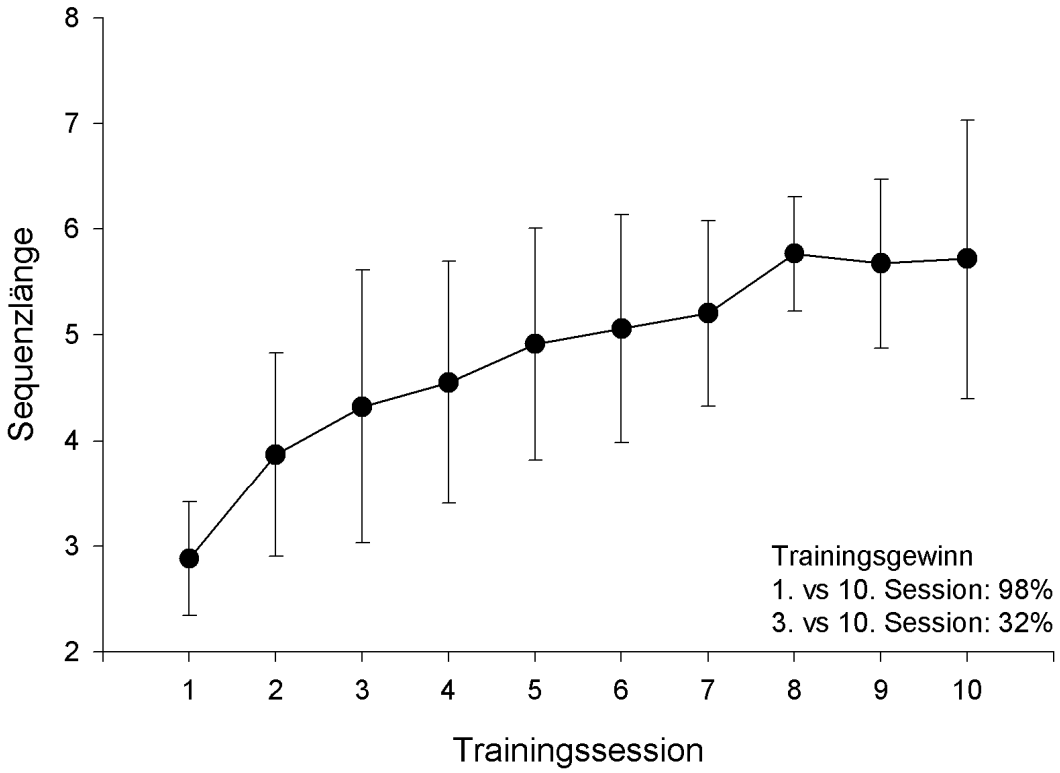

Abbildung 25. Verlauf der Trainingskurve des Trainings mit der Katze-und-Hund Aufgabe bei älteren Erwachsenen. Dargestellt sind die gemittelten Sequenzlängen über jede Vp und Trainingssession. Die ersten 3 Trials jeder Session wurden als Aufwärmphase betrachtet und wurden nicht zur Mittelwertsbestimmung dazugenommen. Für jede Session ist zusätzlich der *SEM* angegeben. Nach dem Training resultierte eine statistisch signifikante Verbesserung von der 1. zur letzten Session, wie auch eine signifikante Verbesserung von der 3. zur letzten Session.

Tabelle 10. Experiment 4 – Training mit der Katze-und-Hund Aufgabe mit älteren Erwachsenen: Deskriptive Daten und Effektstärken für die verwendeten Vor- und Nachtests aufgeteilt nach Testzeitpunkt und Probandengruppe. Ebenfalls dargestellt ist die Pearson's Reliabilität zwischen Vor- und Nachtest sowie die statistischen Kennwerte der Einzelvergleiche von Vor- zu Nachtest.

		Vortest			Nachtest		Vor- vs Nachtest		
VLMT		***M***	***(SD)***	***r***	***M***	***(SD)***	***t-Wert***	***p***	***ES***
Verzögerter Abruf	Experimentalgruppe	10.00	*2.45*	.63	10.75	*3.62*			.24
	Kontrollgruppe	8.00	*2.88*	.66	9.00	*2.62*			.36
Zahlen-Symbol-Test									
	Experimentalgruppe	41.50	*8.00*	.83*	44.00	*8.55*			.30
	Kontrollgruppe	42.13	*12.31*	.92***	43.75	*9.93*			.15
Zahlennachsprechen									
vorwärts	Experimentalgruppe	5.63	*1.30*	.71*	5.75	*1.58*			.09
	Kontrollgruppe	5.63	*1.41*	.39	5.88	*1.73*			.16
rückwärts	Experimentalgruppe	5.63	*.75*	.42	5.50	*1.60*			.10
	Kontrollgruppe	5.88	*1.96*	.41	6.13	*1.81*			.13
Unmittelbare Blockspanne									
vorwärts	Experimentalgruppe	4.00	*1.85*	.75*	4.63	*.52*			.45
	Kontrollgruppe	3.88	*.84*	.42	4.75	*.71*	*t*(7) = -2.97	*	1.13
rückwärts	Experimentalgruppe	4.00	*.58*	.00	4.50	*.93*			.65
	Kontrollgruppe	4.13	*.64*	.12	4.50	*.93*			.47
Reading Span Task									
Spanne	Experimentalgruppe	2.00	*.53*	-.15	2.38	*.44*			.76
	Kontrollgruppe	2.00	*.60*	.68	1.81	*.53*			.33
Korrekt erinnerte Wörter	Experimentalgruppe	27.63	*7.54*	.33	25.38	*7.74*			.29
	Kontrollgruppe	18.50	*7.29*	.71	17.63	*9.47*			.10
Stroop-Aufgabe									
Lesen	Experimentalgruppe	31.63	*3.07*	.93***	31.75	*3.54*			.04
	Kontrollgruppe	45.38	*24.20*	.90**	34.25	*4.86*			.64
Farbbenennen	Experimentalgruppe	48.50	*5.58*	.72*	47.13	*4.88*			.26
	Kontrollgruppe	49.25	*4.27*	.53	47.00	*4.90*			.49
Interferenz	Experimentalgruppe	86.00	*17.78*	.68	81.88	*11.56*			.28
	Kontrollgruppe	90.38	*16.74*	.49	83.13	*14.46*			.46
Standard Progressive Matrices									
	Experimentalgruppe	15.75	*4.17*	.55	21.00	*4.31*	*t*(7) = -3.69	**	1.24
	Kontrollgruppe	16.13	*4.36*	.74*	21.50	*4.34*	*t*(7) = -4.81	**	1.24
Visual Array Comparison									
	Experimentalgruppe	1.48	*.85*	.83*	2.04	*.83*	*t*(7) = -3.20	*	.66
	Kontrollgruppe	2.19	*1.98*	.79*	2.76	*1.48*			.33

Experimentalgruppe: *N* = 8; Kontrollgruppe: *N* = 8.
M = Mittelwert; *SD* = Standardabweichung; *r* = Pearson's Korrelation; *ES* = Effektstärke (Cohens'd).
* $p < 0.05$; ** $p \leq 0.01$ (nur signifikante Werte oder Trends sind angegeben; 2-seitige *t*-Tests).

Die ANOVA mit Messwiederholung ergab für die folgenden Tests einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Testzeitpunkt: SPM ($F(1,14) = 34.48$, $p < .001$), unmittelbare Blockspanne – vorwärts ($F(1,14) = 6.07$, $p < .05$) und VAC ($F(1,14) = 5.83$, $p < .05$). Ein trendmässiger Haupteffekte wurde für die unmittelbare Blockspanne – rückwärts ($F(1,14) = 3.56$, $p = .08$) gefunden. Für den Faktor Gruppe wurde ein signifikanter Haupteffekt für den RST – korrekt erinnerte Endwörter gefunden ($F(1,14) = 5.65$, $p < .05$).

Es konnten keine signifikanten Gruppe x Testzeitpunkt Interaktionen gefunden werden. Beim RST – Spanne zeigte sich ein Trend zu einer Interaktion ($F(1,14) = 3.32$, $p = .09$).

Die Einzelvergleiche zeigten signifikante Verbesserungen der Experimentalgruppe bei den SPM und der VAC. Allerdings verbesserte sich auch die Kontrollgruppe signifikant bei den SPM, zu dem fand sich eine signifikante Verbesserung exklusiv in der Kontrollgruppe in der unmittelbaren Blockspanne rückwärts. Die statistischen Kennwerte zu den Einzelvergleichen sind in Tabelle 9 aufgeführt. In Abbildung 26 sind die Werte der einzelnen Vpn in Abhängigkeit der Vor- und Nachtestung angegeben.

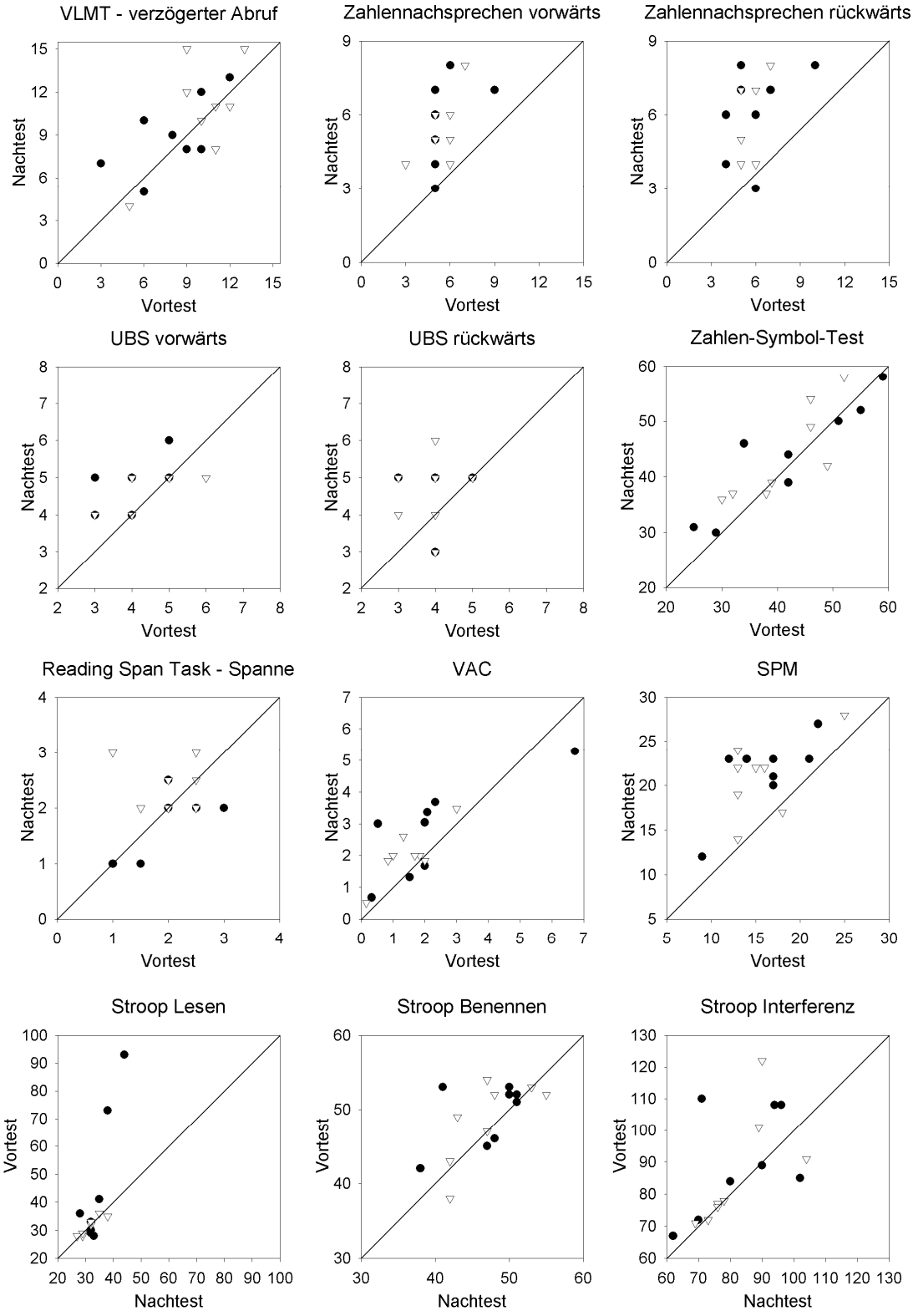

Abbildung 26. Darstellung der von den Vpn erreichten Werten in Abhängigkeit der Vor- und Nachtestung für jede durchgeführte Aufgabe bei Experiment 4. Die beiden Achsen sind jeweils identisch skaliert, so dass bei einer Verbesserung im Follow-up das Symbol einer Vp oberhalb der Diagonalen zu liegen kommt. Bei einigen Aufgaben bedeutet ein geringerer Wert eine bessere Leistung, weshalb bei solchen Aufgaben die Achsen vertauscht wurden, um die Darstellung konsistent zu halten. Die Vpn der Experimentalgruppe sind durch ein Dreieck (▽), jene der Kontrollgruppe durch einen Kreis (●) dargestellt.

5.2.3 Diskussion

Nach dem Training liess sich eine spezifische Verbesserung in der trainierten Aufgabe feststellen. Von der ersten zur letzten Trainingssession resultierte eine Verbesserung von 98%, von der dritten zur letzten Session ein Gewinn von 32%. Verglichen mit den Ergebnissen von Experiment 2 – in welchem die gleiche Trainingsaufgabe mit jungen Erwachsenen durchgeführt wurde – ist die Verbesserung von 98% etwas höher (72% bei den jungen Erwachsenen), die Verbesserung von 32% von der dritten zur letzten Session jedoch identisch mit der Steigerung der jungen Erwachsenen. Einen starken Unterschied zwischen den beiden Altersgruppen zeigte sich jedoch bei der Betrachtung der absoluten Werte. So starteten die älteren Erwachsenen mit einer gemittelten Sequenzlänge von 2.88 Items, die jungen Erwachsenen jedoch mit einer mehr als doppelt so grossen Länge von 6.05 Items. Bei der dritten Trainingssession wurden Sequenzlängen von 4.32 Items bzw. 7.86 Items erreicht. In der letzten Trainingssession wurde durchschnittlich mit 5.72 bzw. mit 10.41 Items trainiert. Die älteren Erwachsenen kamen also im Mittel nie an die Anfangsleistung der jungen Erwachsenen heran. Dieses Resultat bestätigt die Ergebnisse von Experiment 3, in welchem es den Vpn ebenfalls nie gelang, die Leistung der jungen Erwachsenen von Experiment 2 zu erreichen. Allerdings waren die Ergebnisse von Experiment 3 nur bedingt vergleichbar mit Experiment 2, da die totale Trainingszeit mit der KHA sehr unterschiedlich war (Experiment 2: 200 Minuten, Experiment 3: 48 Minuten). Die Vergleichbarkeit von Experiment 2 mit diesem Experiment ist nun erheblich besser, wurde hier doch insgesamt 160 Minuten lang mit der KHA trainiert. Die hier gefundenen Resultate stützen die bei Experiment 3 aufgestellte Hypothese, dass die vergleichsweise schlechtere Leistung der älteren Erwachsenen aufgrund eines Verarbeitungsdefizits (Baltes, Sowarka, & Kliegl, 1989; Nyberg et al., 2003; Verhaeghen & Marcoen, 1996) zustande kommt, d.h. dass die älteren Erwachsenen zu wenig kognitive Ressourcen haben, um die Trainingsaufgabe vergleichbar wie die jungen Erwachsenen zu bewältigen. Die KHA ist in diesem Sinn also für die älteren Vpn komplexer als für die jüngeren Erwachsenen. Allerdings fiel es den Probanden dieses Experiments im Gegensatz zu den Vpn von Experiment 3 viel einfacher, die Aufgabe zu

verstehen und durchzuführen. Diese von den VL gemachte Beobachtung führe ich auf das 13 Jahre jüngere Durchschnittsalter der hier trainierten Vpn zurück, da bei den Vpn von Experiment 3 (Alterskategorie „old-old“) mit einer etwas verminderten generellen kognitiven Leistungsfähigkeit gerechnet werden kann, als bei den Vpn dieser Studie (Alterskategorie „old“; Singer, Verhaeghen, Ghisletta, Lindenberger, & Baltes, 2005).

Allerdings zeigen auch die älteren Erwachsenen spezifische Trainingseffekte, die sich gemessen in prozentualen Anteilen nicht von den jüngeren Erwachsenen unterscheiden (3. vs letzte Session), so dass man argumentieren kann, dass sich vergleichbare Transfer-Effekte zeigen lassen sollten. Es könnte allerdings auch sein, dass sich erst dann Transfer-Effekte ergeben, wenn eine gewisse Expertise in der Trainingsaufgabe erreicht wurde, die unabhängig von der Anfangsleistung ist. Die Befragung der Vpn nach der Art und Weise, wie sie die Trainingsaufgabe angegangen sind, zeigte, dass sie ähnlich wie die jüngeren Erwachsenen in der Lage waren, vergleichbare Strategien zur Aufgabenlösung einzusetzen. Da auch hier keine strukturierte Erhebung der angewendeten Vorgehensweise (d.h. Strategien) durchgeführt wurde, können angesichts der verwendeten Strategien keine verlässlichen Schlüsse gezogen werden. Die verschiedenen Hinweise in Bezug zur Strategienbildung von jungen wie auch älteren Vpn zeigen auf, dass die KHA in der hier durchgeführten Form nicht optimal scheint, um Transfer-Effekte zu erreichen. Wie bei Experiment 2 bereits ausgeführt, scheint vor allem die Art der Stimuluspräsentation (das gleiche Tier kommt maximal zwei Mal nacheinander vor) die leichte Strategienbildung zu ermöglichen. Der weitere Gebrauch der KHA für ein AG Training scheint mir aus diesem Grund nur dann sinnvoll, wenn entweder die Art der Stimuluspräsentation geändert wird (z.B. maximal drei gleiche Tiere nacheinander) oder dann gleich auf die Tiere-merken Aufgabe gewechselt wird. Die Ergebnisse von Experiment 3 deuten darauf hin, dass das Problem mit der Strategienbildung bei dieser Aufgabe nicht vorhanden zu sein scheint.

Die Ergebnisse der Vor- und Nachtestung ergaben keine signifikante Gruppe x Testzeitpunkt Interaktion. Für die RST – Spanne, ein Mass für die AG Kapazität, liess sich eine trendmässige Interaktion feststellen. Bei den

Einzelvergleichen zeigte sich bei den SPM und der VAC eine signifikante Verbesserung. Allerdings zeigte auch die Kontrollgruppe bei den SPM eine signifikante Verbesserung. Die Resultate sind insofern konsistent, als dass der RST als auch die VAC Masse darstellen, die theoretisch die Kapazität des AG messen (Cowan et al., 2005). Cowan et al. (2005) argumentieren dass der RST – oder generell Verarbeitungs- und Speicheraufgaben – deshalb die AG Kapazität messen sollen, da die Verarbeitungskomponente unter anderem den erfolgreichen Einsatz von Strategien (z.B. *chunking*) verhindern soll. Bei der VAC (als auch dem RMS) wird die Anwendung von Strategien durch die hohe Geschwindigkeit der Stimuluspräsentation verhindert. Bei den jüngeren Vpn aus Experiment 2 wurde der RMS verwendet, um eine gegebenenfalls auftretende AG Kapazitätsveränderung zu messen, allerdings konnte kein statistisch bedeutsamer Unterschied von der Vor- zur Nachtestung gefunden werden. Während Experiment 1, Experiment 2 und das *n*-back Training jedoch insgesamt eher auf eine Effizienzsteigerung des AG hindeuten, so scheint das Training mit der KHA bei älteren Erwachsenen eher auf eine Kapazitätsvergrösserung des FOA hinzuweisen. Allerdings ist die statistische Datenlage bei der *n*-back Aufgabe viel klarer als bei diesem Experiment, so dass diese Aussage mit Vorsicht zu betrachten ist. Im Gegensatz zum *n*-back Training und vor allem auch zum Training mit der KHA bei jungen Erwachsenen, liessen sich hier keine weiteren Transfer-Effekte feststellen. Insbesondere das Fehlen eines positiven Effekts beim episodischen Gedächtnis und dem Untertest Interferenz der Stroop-Aufgabe hebt sich von den anderen Trainings ab. Die gefundenen Effekte deuten trotzdem darauf hin, dass mit dieser vergleichsweise kurzen Intervention positive Trainingseffekte erreicht werden können. Im Vergleich mit den jüngeren Erwachsenen bei der KHA müsste man nun überprüfen, ob sich ebenfalls eine Kapazitätsveränderung im RST und dem VAC zeigen würde.

Basierend auf den vorliegenden Resultaten scheint es so, als ob die älteren Erwachsenen – im Vergleich zu den jüngeren – noch mehr Training benötigen würden, um eventuell vergleichbare Effekte vor allem im episodischen Gedächtnis, aber auch im Untertest Interferenz der Stroop-Aufgabe zu zeigen. Sollte diese Hypothese zutreffen, dann wäre es – wie oben ausgeführt

– notwendig, die Leistung in der Trainingsaufgabe auf einen bestimmten Wert zu steigern, damit aufgrund dieses Trainings auch Transfer-Effekte auftreten.

Es lassen sich in der KHA leicht differentielle Effekte zwischen jüngeren und älteren Vpn in der KHA finden. In diesem Sinn heben sich die hier gefundenen Resultate etwas von Klingberg, Forssberg, & Westerberg (2002) ab, die gleichermassen positive Effekte in Kindern und jungen Erwachsenen gefunden haben. Es ist in diesem Fall so, dass man mit dem hier durchgeführten AG Training auf die zu trainierende Subpopulation Rücksicht nehmen muss. Ältere Erwachsene unterscheiden sich von jüngeren Erwachsenen auf kognitiver Ebene in einer verminderten Leistungsfähigkeit, die verschiedene Domänen, wie z.B. das episodische Gedächtnis (Nyberg, Backman, Erngrund, Olofsson, & Nilsson, 1996; Rabbitt & Lowe, 2000; Salthouse, 2004), EF (De Beni & Palladino, 2004; Hartman & Warren, 2005; Kramer et al., 1999) oder die Verarbeitungsgeschwindigkeit (Salthouse, 1996) betrifft (für eine Übersicht siehe Craik & Bialystok, 2006). Diese reduzierte kognitive Leistungsfähigkeit stellt sehr wahrscheinlich die Grundlage dafür dar, dass die Trainingsdauer und die Art der Trainingsaufgabe entsprechend angepasst werden muss, damit vergleichbare Resultate mit jüngeren Erwachsenen erzielt werden können. Die Bestimmung dieser Parameter bleibt jedoch weiteren Untersuchungen vorbehalten.

5.3 Experiment 5: „Tiere-merken“ Aufgabe mit älteren Menschen

Im Gegensatz zu Experiment 3 ist es beim Vorgehen von Experiment 4 einfacher, einen kausalen Rückschluss zu ziehen, weshalb Transfer-Effekte zustande kommen, da nur eine einzige Trainingsaufgabe verwendet wurde. Auf der anderen Seite rechnete ich aber auch damit, dass die Resultate von Experiment 3 insgesamt positiver ausfallen sollten, da über mehrere Zugänge versucht wurde, eine generelle kognitive Leistungsverbesserung zu induzieren. Allerdings sind Experiment 3 und Experiment 4 nur bedingt miteinander vergleichbar, da in Experiment 3 über einen längeren Zeitraum mit einer gut 10 Jahre älteren Stichprobe trainiert wurde. Um diesen Vergleich trotzdem noch anzustellen, führte ich Experiment 5 durch.

Nahezu das gleiche Trainingsprogramm wie in Experiment 3 wurde verwendet, jedoch mit der Ausnahme, dass keine zusätzlichen Informationen in der Form eines Referats gegeben wurden und auch keine Knobelaufgaben für zu Hause ausgeteilt wurden. Zudem wurde nur eine AG Trainingsaufgabe und die Reaktionsaufgabe 2 zum Trainieren verwendet. Bei einem mit Experiment 4 vergleichbaren täglichen Zeitaufwand rechnete ich wegen des breiteren Trainingsansatzes und der – wie in der Diskussion von Experiment 3 ausgeführt – idealeren Trainingsaufgabe mit einem besseren Trainingserfolg als in Experiment 4.

Allerdings bringt es dieses Trainingsparadigma, wie schon in Kapitel 5.2 diskutiert, mit sich, dass es aufgrund der verschiedenen Hauptkomponenten, von denen ein positiver Einfluss auf die kognitiven Leistungsmasse erwartet wird, nicht möglich ist zu entscheiden, wie viel jede einzelne Komponente zu einem gegebenenfalls auftretenden Trainingserfolg beiträgt.

5.3.1 Methode

Versuchspersonen. 7 Vpn (davon 2 Männer) bildeten die Experimentalgruppe und wiesen einen Altersdurchschnitt von 73.7 Jahren auf (*SD* = 4.7). Als Kontrollgruppe wurden die gleichen 8 Personen der Kontrollgruppe von Experiment 4 verwendet (*M* = 70.7 Jahre; *SD* = 3.3).

Apparate. Die Trainingsaufgabe wurde mit dem Software-Paket E-Prime (Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA) auf einem Microsoft Windows basierten Personal-Computer durchgeführt. Die Aufgaben der Vor- und Nachtestung wurden teils ebenfalls mit E-Prime, teils als Papier-und-Bleistift Version durchgeführt.

Versuchsablauf. Es wurde nahezu das gleiche Prozedere wie in Experiment 2 verwendet, jedoch mit dem Unterschied, dass das Training in einem Gruppen- und nicht einem Einzelsetting durchgeführt wurde. Eine Trainingssession war zudem aufgrund der grösseren Anzahl von verwendeten Trainingsaufgaben etwas anders gestaltet. In der ersten Session wurde den Vpn der genaue Ablauf des zweiwöchigen Trainings erläutert. Weiter wurde in der ersten Session die Bedienung der Computermaus anhand der Blumenaufgabe erklärt und die AG Aufgabe eingeführt. Die Reaktionsaufgabe und die passive semantische Aktivierung wurden aus zeitlichen Gründen erst in der zweiten Session eingeführt. Begonnen und beendet wurde ein Training ab der zweiten Session jeweils mit einer passiven semantischen Aktivierung (siehe dazu die Ausführungen bei Experiment 3). Darauf folgte die Reaktionsaufgabe, dann die AG Trainingsaufgabe für 8 Minuten, bevor einige Minuten Pause gemacht wurde und die Vpn dazu ermuntert wurden, kurz aufzustehen und im Raum umherzulaufen. Anschliessend wurde wiederum die Reaktionsaufgabe, gefolgt von der AG Trainingsaufgabe für 8 Minuten vorgegeben. Nach dem Abschluss durch die passive semantische Aktivierung offerierten wir den Teilnehmenden einen Kaffee und beantworteten gegebenenfalls auftretende Fragen zum Prozedere und den Trainingsaufgaben. Die Vortestung fand wie bei Experiment 2 am dritten Trainingstag vor dem Training statt. Die Nachtestung wurde nach zwei trainingsfreien Tagen nach dem Abschluss des Trainings durchgeführt.

Trainingsaufgaben

Blumenaufgabe (zum Üben der Computermausbedienung). Siehe Beschreibung Experiment 3.

Tiere-Merken Aufgabe (AG Training). Diese Aufgabe entsprach den Spezifikationen der AG Aufgabe 3 von Experiment 3 mit der Ausnahme, dass

teilweise andere Tierbilder verwendet wurden. Aufgrund der Erfahrungen und Rückmeldungen der Vpn im Rahmen von Experiment 3 verwendeten wir nun Tierbilder, die einsilbig benannt werden konnten, lokal gut bekannt waren und eine perzeptuelle Entscheidung über die Präsentationsart (auf dem Kopf stehend oder normal dargestellt) verhältnismässig einfach getroffen werden konnte. Konkret wurden die folgenden Tiere gezeigt: Hase, Huhn, Pferd, Fuchs, Kuh, Hund, Schaf, Hirsch (siehe Abbildung 27). Alle anderen Einzelheiten der Aufgabe blieben unverändert.

Abbildung 27. Stimuli der Tiere-merken Aufgabe wie sie in Experiment 5 verwendet wurde. Im Gegensatz zu Experiement 3 wurden hier einsilbig benennbare, lokal bekannte und perzeptuell gut erkennbare Tiere ausgewählt.

Reaktionsaufgabe mit positiven Alterssstereotypen. Diese Aufgabe entsprach den Spezifikationen der Reaktionsaufgabe 2 (lexikale Entscheidungsaufgabe) von Experiment 3.

Passive semantische Aktivierung. Siehe dazu die Ausführungen bei Experiment 3.

Aufgaben der Vor- und Nachtestung

Genau das gleiche Vorgehen und die gleichen Aufgaben wie in Experiment 4 wurden durchgeführt.

5.3.2 Resultate

Datenanalyse

Exakt dasselbe Vorgehen wie in Experiment 1, Experiment 2 und Experiment 4 wurde für die Auswertung der Vor- und Nachtests sowie die AG Aufgabe verwendet. Die Reaktionsaufgabe wurde gemäss den Angaben in Experiment 3 ausgewertet.

Trainingsaufgabe

Die Trainingsverlaufsdaten der AG Aufgabe sind in Abbildung 28 dargestellt. Wie schon bei den anderen Experimenten wurde für die Leistungsberechnung einer Vp in einer Session die Sequenzlängen aller Trials – mit Ausnahme der ersten 3 Trials, die als Aufwärmphase betrachtet wurden – gemittelt. Am ersten Tag wurde mit einer mittleren Sequenzlänge von 3.14

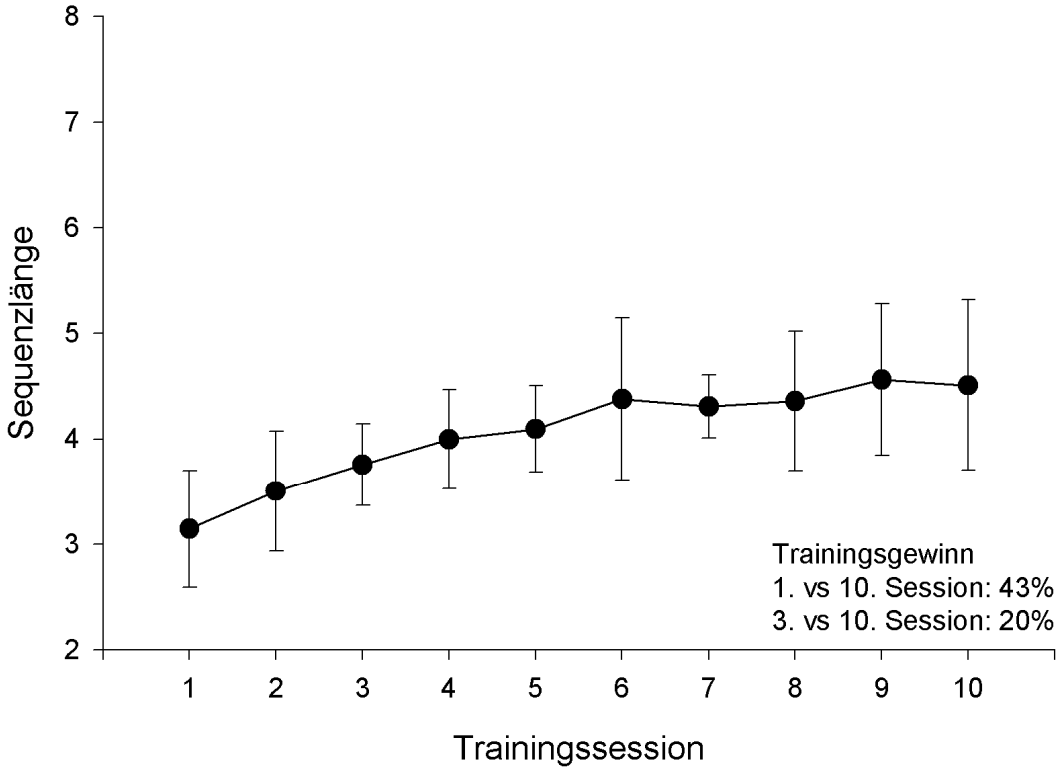

Abbildung 28. Verlauf der Trainingskurve des Trainings mit der Tiere-merken Aufgabe bei älteren Erwachsenen. Dargestellt sind die gemittelten Sequenzlängen über alle Vpn für jede Trainingssession. Die ersten 3 Trials jeder Session wurden als Aufwärmphase betrachtet und wurden nicht zur Mittelwertsbestimmung dazugenommen. Für jede Session ist zusätzlich der *SEM* angegeben. Nach dem Training resultierte eine statistisch signifikante Verbesserung von der 1. zur letzten Session, wie auch eine signifikante Verbesserung von der 3. zur letzten Session.

Items gestartet. Am letzten Trainingstag wurde durchschnittlich mit einer Länge von 4.51 Items trainiert, was im Vergleich zum ersten Tag einer Steigerung von 42% entsprach. Am dritten Tag ergab sich im Durchschnitt eine Sequenzlänge von 3.75 Items, was verglichen mit dem letzten Tag einer Steigerung von 20% entsprach. Die Verbesserung von der ersten zur letzten Session war statistisch signifikant ($t(6) = -4.38$, $p < .01$), wie auch die Steigerung von der dritten zur letzten Session ($t(6) = 3.02$, $p < .05$).

Bei der Reaktionsaufgabe mit positiven Alterstereotypen wurde in der zweiten Session (in welcher die Aufgabe zum ersten Mal vorgegeben wurde) mit einer durchschnittlichen Reaktionszeit von 856ms geantwortet. In der letzten Session wurde eine gemittelte Zeit von 649ms gemessen, was einer Verbesserung von 24% entspricht und sich als statistisch signifikant erwies ($t(6) = -4.22$, $p < .01$). In der dritten Session resultierte eine durchschnittliche Reaktionszeit von 770ms, was verglichen mit der letzten Session einer Verbesserung von 10% entsprach und sich statistisch ebenfalls als signifikant zeigte ($t(6) = -2.46$, $p < .05$). Die Trainingsverlaufskurve ist in Abbildung 29 dargestellt.

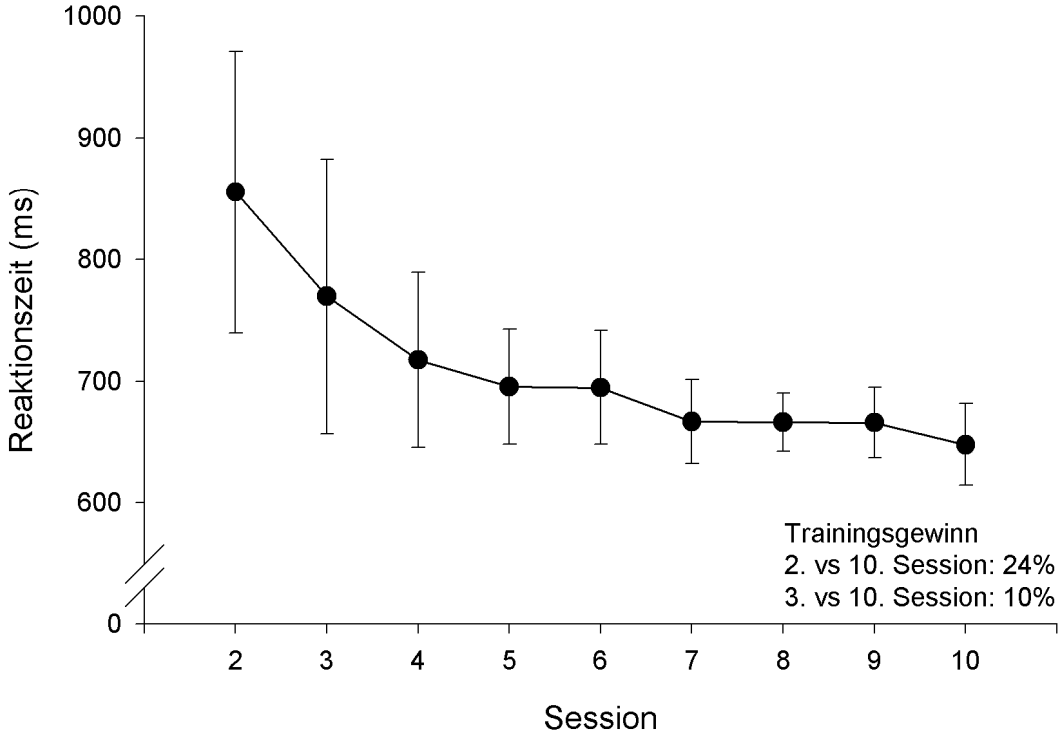

Abbildung 29. Gemittelte Reaktionszeiten und *SEM* über alle Vpn aufgeteilt nach Sessionen. Die Verbesserungen von der 2. zur letzten und von der 3. zur letzten Session waren statistisch signifikant.

Aufgaben der Vor- und Nachtestung

Bei keiner Variablen der Vortestung liess sich ein Unterschied zwischen der Experimental- und Kontrollgruppe finden.

Die deskriptiven Daten der Vor- und Nachtestung sind zusammen mit den Angaben zu signifikanten Einzelvergleichen zwischen der Vor- und Nachuntersuchung und den jeweiligen Effektstärken in Tabelle 11 aufgeführt.

Die Berechnung der ANOVA mit wiederholter Messung ergab für den Faktor Testzeitpunkt eine Reihe von signifikanten Haupteffekten: Zahlen-Symbol-Test ($F(1,13) = 8.12$, $p < .05$), SPM ($F(1,13) = 31.01$, $p < .001$) und Untertest Interferenz der Stroop-Aufgabe ($F(1,13) = 4.90$, $p < .05$). Zudem zeigten sich verschiedene Trends für diesen Haupteffekt: VLMT – verzögerter Abruf ($F(1,13) = 4.22$, $p = .06$), unmittelbare Blockspanne – vorwärts ($F(1,13) = 3.42$, $p = .09$). Für den Faktor Gruppe konnte kein signifikanter Haupteffekt und auch keine trendmässige Veränderung gefunden werden.

Es konnten keine signifikanten Gruppe x Testzeitpunkt Interaktionen gefunden werden. Für die unmittelbare Blockspanne – vorwärts zeigte sich eine trendmässige Interaktion ($F(1,14) = 3.42$, $p = .09$), die jedoch aufgrund der identischen Werte der Experimentalgruppe in der Vor- und Nachtestung in die falsche Richtung geht, d.h. die Kontrollgruppe verbessert sich, nicht aber die Experimentalgruppe.

Die Einzelvergleiche zeigten signifikante Verbesserungen der Experimentalgruppe bei den SPM und dem Zahlen-Symbol-Test. Da die gleiche Kontrollgruppe wie in Experiment 4 verwendet wurde, zeigten sich gleichermassen signifikante Verbesserungen der Kontrollgruppe bei den SPM, und der unmittelbaren Blockspanne rückwärts. Trendmässige Verbesserungen zeigten sich darüber hinaus für den RST – korrekt erinnerte Wörter und den Untertest Interferenz der Stroop-Aufgabe. In Abbildung 30 sind die Werte der einzelnen Vpn in Abhängigkeit der Vor- und Nachtestung angegeben.

Tabelle 11. Experiment 5 – Training mit der Tiere-merken Aufgabe mit älteren Erwachsenen: Deskriptive Daten und Effektstärken für die verwendeten Vor- und Nachtests aufgeteilt nach Testzeitpunkt Probandengruppe. Ebenfalls dargestellt ist die Pearson's Reliabilität zwischen Vor- und Nachtest sowie die statistischen Kennwerte der Einzelvergleiche von Vor- zu Nachtest.

		Vortest			Nachtest		Vor- vs Nachtest		
VLMT		***M***	***(SD)***	***r***	***M***	***(SD)***	***t-Wert***	***p***	***ES***
Verzögerter Abruf	Experimentalgruppe	7.00	*4.40*	.87*	8.43	*3.05*			.38
	Kontrollgruppe	8.00	*2.88*	.66	9.00	*2.62*			.36
Zahlen-Symbol-Test									
	Experimentalgruppe	38.86	*7.54*	.91**	44.14	*9.55*	*t*(6) = -3.40	*	.61
	Kontrollgruppe	42.13	*12.31*	.92***	43.75	*9.93*			.15
Zahlennachsprechen									
vorwärts	Experimentalgruppe	6.71	*1.70*	.89**	7.14	*1.57*			.26
	Kontrollgruppe	5.63	*1.41*	.39	5.88	*1.73*			.16
rückwärts	Experimentalgruppe	5.86	*2.04*	.68	6.14	*1.95*			.14
	Kontrollgruppe	5.88	*1.96*	.41	6.13	*1.81*			.13
Unmittelbare Blockspanne									
vorwärts	Experimentalgruppe	4.71	*.76*	-.26	.4.71	*.49*			.00
	Kontrollgruppe	3.88	*.84*	.42	4.75	*.71*	*t*(7) = -2.97	*	1.13
rückwärts	Experimentalgruppe	4.14	*.90*	.65	4.29	*.49*			.20
	Kontrollgruppe	4.13	*.64*	.12	4.50	*.93*			.47
Reading Span Task									
Spanne	Experimentalgruppe	2.00	*.29*	0	2.08	*.61*			.16
	Kontrollgruppe	2.00	*.60*	.68	1.81	*.53*			.33
Korrekt erinnerte Wörter	Experimentalgruppe	19.17	*2.27*	-.39	25.00	*5.63*	*t*(6) = -2.26	.06	1.24
	Kontrollgruppe	18.50	*7.29*	.71	17.63	*9.47*			.10
Stroop-Aufgabe									
Lesen	Experimentalgruppe	32.29	*3.15*	.83*	31.14	*4.22*			.31
	Kontrollgruppe	45.38	*24.20*	.90**	34.25	*4.86*			.64
Farbbenennen	Experimentalgruppe	52.43	*8.10*	.91**	51.29	*8.18*			.14
	Kontrollgruppe	49.25	*4.27*	.53	47.00	*4.90*			.49
Interferenz	Experimentalgruppe	90.29	*22.14*	.96***	82.29	*14.33*	*t*(6) = 2.26	.06	.43
	Kontrollgruppe	90.38	*16.74*	.49	83.13	*14.46*			.46
Standard Progressive Matrices									
	Experimentalgruppe	17.43	*2.82*	-.17	22.14	*2.19*	*t*(7) = -3.23	*	1.87
	Kontrollgruppe	16.13	*4.36*	.74*	21.50	*4.34*	*t*(7) = -4.81	**	1.24
Visual Array Comparison									
	Experimentalgruppe	3.05	*1.69*	.88*	3.12	*2.15*			.04
	Kontrollgruppe	2.19	*1.98*	.79*	2.76	*1.48*			.33

Experimentalgruppe: *N* = 7; Kontrollgruppe: *N* = 8.
M = Mittelwert; *SD* = Standardabweichung; *r* = Pearson's Korrelation; *ES* = Effektstärke (Cohens'd).
* $p < 0.05$; ** $p \leq 0.01$; (nur signifikante Werte oder Trends sind angegeben; 2-seitige *t*-Tests).

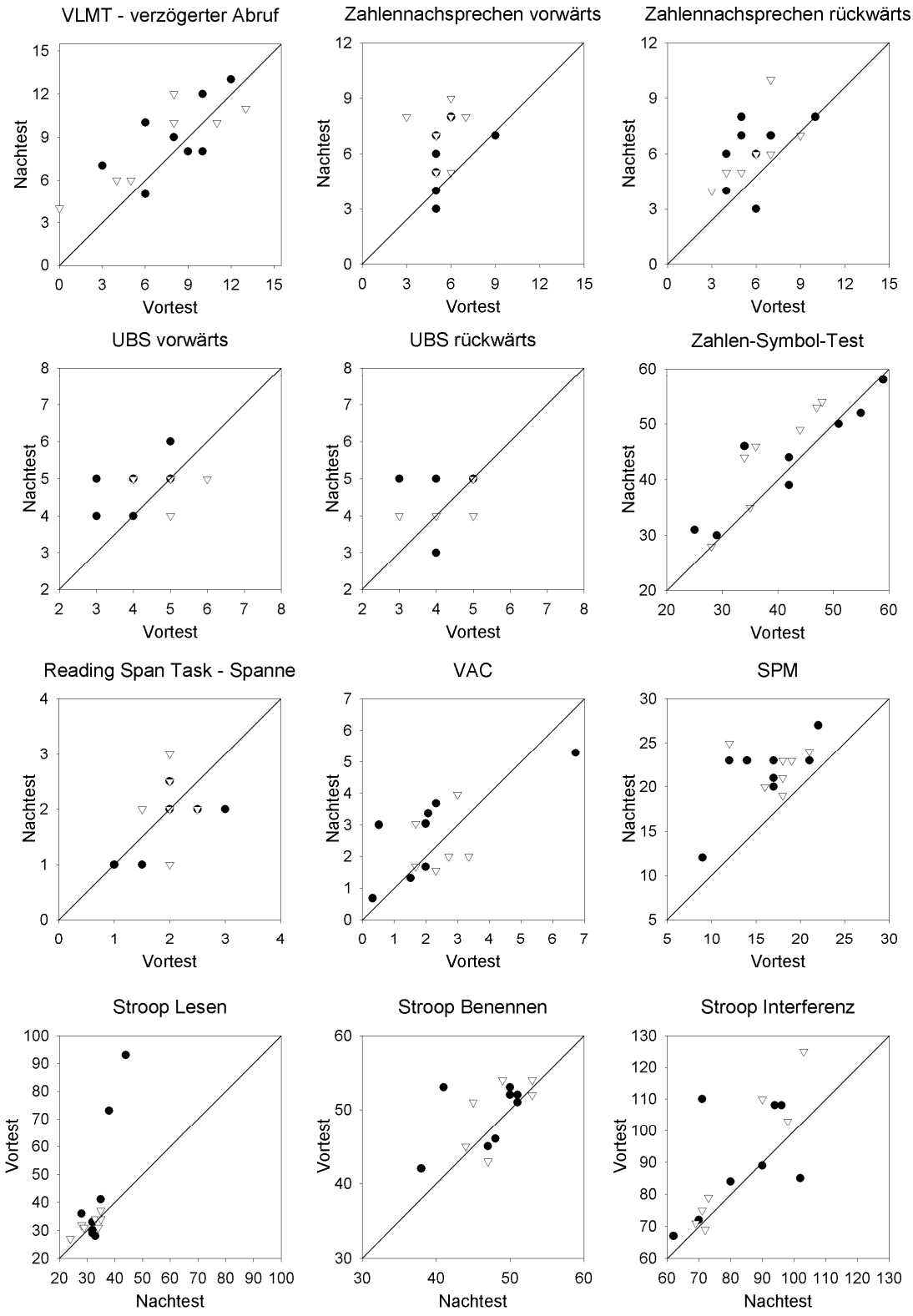

Abbildung 30. Darstellung der von den Vpn erreichten Werten in Abhängigkeit der Vor- und Nachtestung für jede durchgeführte Aufgabe für Experiment 5. Die beiden Achsen sind jeweils identisch skaliert, so dass bei einer Verbesserung im Follow-up das Symbol einer Vp oberhalb der Diagonalen zu liegen kommt. Bei einigen Aufgaben bedeutet ein geringerer Wert eine bessere Leistung, weshalb bei solchen Aufgaben die Achsen vertauscht wurden, um die Darstellung konsistent zu halten. Die Vpn der Experimentalgruppe sind durch ein Dreieck (▽), jene der Kontrollgruppe durch einen Kreis (●) dargestellt.

5.3.3 Diskussion

Bei der Experimentalgruppe liess sich nach dem Training eine signifikante Verbesserung von der zweiten zur letzten Trainingssession von 43% feststellen. Auch die Verbesserung von der dritten zur letzten Session war statistisch signifikant, betrug aber lediglich 20%. Mit diesen Werten verbesserten sich die Vpn stärker als die im Durchschnitt etwa 10 Jahre älteren Vpn von Experiment 3. Dieser Unterschied kann gut mit der Trainingszeit begründet werden, wurden doch in Experiment 3 insgesamt lediglich 40 Minuten trainiert, im Gegensatz zu den 160 Trainingminuten in dieser Studie. Dabei zeigte sich hier die anfängliche Sequenzlänge von 3.14 Items vergleichbar mit dem Ausgangswert von 3.05 Items in Experiment 3. Die letzte Trainingsession zeigte dann aber in dieser Studie einen höheren Durchschnittswert von 4.51 Items im Vergleich zu den 3.49 Items in Experiment 3. Der Vergleich dieser beiden Experimente zeigt, dass die spezifische Aufgabenleistung von der Trainingsmenge abhängt: je mehr trainiert wird, desto besser wird die Leistung.

Wie schon in Experiment 3, bestätigte sich auch in dieser Studie, dass die Tiere-merken Aufgabe anspruchsvoller und schwieriger ist als die KHA, da die in der letzten Trainingssession erreichte Sequenzlänge in der Tiere-merken Aufgabe über ein Item geringer war (4.51 Items in diesem Experiment vs 5.72 Items in Experiment 4) und dies obwohl in Experiment mit einem leicht tieferen Anfangswert begonnen wurde (2.88 Items vs 3.14 Items).

Auch die Reaktionsaufgabe zeigte sich konsistent mit den Ergebnissen von Experiment 3. So zeigte sich hier und in Experiment 3 in der letzten Trainingssession ein vergleichbarer, gemittelter Wert von 649ms bzw. 690ms (1. Block von Experiment 3) und 673ms (2. Block von Experiment 3). In der ersten Session befanden sich die Vpn dieser Studie mit einer gemittelten Reaktionszeit von 856ms unter dem Ausgangswert des ersten Blocks von Experiment 3 (1018ms) und etwas über dem Ausgangswert des zweiten Blocks von Experiment 3 (796ms). Die in dieser Trainingsaufgabe gemessenen Werte von Experiment 3 liessen sich in dieser Studie replizieren, so zeigte sich denn auch in der Verlaufskurve der Reaktionszeiten über die Trainingssessionen ein qualitativ vergleichbarer Verlauf.

In der Vor- und Nachtestung zeigte sich keine signifikante Testzeitpunkt x Gruppe Interaktion. Bei den Einzelvergleichen liessen sich jedoch bei der Experimentalgruppe Verbesserungen beim Zahlen-Symbol-Test und bei den

SPM feststellen. Beim RST – korrekt erinnerte Wörter und dem Untertest Interferenz der Stroop-Aufgabe zeigten sich trendmässige statistische Kennwerte. Da die gleiche Kontrollgruppe wie bei Experiment 4 verwendet wurde, kamen auch hier eine signifikante Verbesserung der Kontrollgruppe bei den SPM und der unmittelbaren Blockspanne – vorwärts zum Ausdruck.

In diesem Experiment zeigten sich (wie bei Experiment 4) differentielle Transfer-Effekte. Vergleichbar mit Experiment 4 liess sich eine erhöhte AG Kapazität feststellen, gemessen mit dem RST – korrekt erinnerte Wörter. Allerdings liess sich hier im Gegensatz zu Experiment 4 keine Verbesserung bei der VAC finden, welche ebenfalls als Mass für die AG Kapazität gilt (Cowan et al., 2005). Aufgrund dieser Daten ist kaum zu entscheiden, ob der Grund für die gefundenen Transfer-Effekte eher in einer Kapazitätsvergrösserung des FOA oder in einer Effizienzsteigerung des AG liegt. Darüber hinaus konnte aber auch eine schnellere Verarbeitungsgeschwindigkeit (gemessen mit dem Zahlen-Symbol-Test) festgestellt werden. Konsistent mit den Ergebnissen von Experiment 3 zeigte sich auch eine signifikante Verbesserung beim Untertest Interferenz der Stroop-Aufgabe. Wie auch in Experiment 4 zeigte sich eine Verbesserung in den SPM, allerdings liess sich hier eine etwas höhere Effektstärke feststellen, so dass die Verbesserungen hier etwas stärker zu beurteilen sind.

Insgesamt sind die Transfer-Effekte in dieser Studie besser als in Experiment 4. Dies liegt meiner Meinung daran, dass einerseits das Trainingsparadigma breiter ist und dass andererseits eine bessere AG Trainingsaufgabe verwendet wurde, mit der es eher unwahrscheinlich ist, dass aufgabenbezogene Strategien trainiert werden. Ein Problem bei nahezu allen der hier präsentierten Studien, vor allem jedoch bei dieser, ist die geringe Anzahl Vpn, die in der Experimentalgruppe trainiert wurden. Ich denke, dass mit einer grösseren Anzahl von Vpn die Transfer-Effekte deutlicher zum Ausdruck kommen würden. Diese Vermutung bekommt zusätzliches Gewicht durch die Tatsache, dass uns nahezu alle Vpn der Experimentalgruppe spontan berichtet haben, dass ihnen das Training gut tut und sie für sich einen persönlichen Gewinn im Training sehen. Diese Rückmeldung ist auch angesichts der Neuheit und dem damit verbundenen „Nicht-bekannt-sein“ dieser Trainingsmethode bemerkenswert.

5.4 Fazit zum Training mit älteren Erwachsenen

Die Resultate von drei verschiedenen Studien wurden berichtet, in denen ein AG Trainingsparadigma mit älteren Erwachsenen eingesetzt wurde. In zwei dieser Studien wurde die AG Trainingsaufgabe zusammen mit einem Training der Verarbeitungsgeschwindigkeit, der Präsentation von positiven Altersstereotypen und einer passiven semantischen Aktivierung kombiniert, alles Trainings- oder anderweitige Ansätze, die das Ziel haben die kognitive Leistungsfähigkeit in älteren Menschen zu verbessern. In der dritten Studie wurde die KHA als alleinige Trainingsaufgabe verwendet.

Die Studien zeigten, dass sich ein AG Training mit älteren Erwachsenen genauso durchführen lässt wie mit jüngeren. Auch lässt sich das AG Training erfolgreich mit anderen Trainingsansätzen (Verarbeitungsgeschwindigkeit, positive Alterstereotypen und passive semantische Aktivierung) kombinieren. Insgesamt stuften die älteren Vpn die AG Trainingsaufgaben als anstrengend ein, dies traf insbesondere für die Tiere-merken Aufgabe zu. Die Resultate von Experiment 4 scheinen dafür zu sprechen, dass das AG Training die Kapazität des FOA vergrössert. Die Resultate von Experiment 5 unterstützen jedoch weder eine Kapazitätsvergrösserung des FOA noch eine Verbesserung der Aufmerksamkeitskontrolle. Aufgrund dieser Datenlage kann kein endgültiger Schluss gezogen werden, in welcher Weise das AG Training bei älteren Erwachsenen wirkt. Von den drei verschiedenen Trainingsparadigmen (Senso, KHA und Tiere-merken) scheint die Tiere-merken Aufgabe die erfolgreichste Aufgabe für ältere Erwachsene zu sein, um Transfer-Effekte zu induzieren. Dies deshalb, weil aufgrund der Rückmeldungen der Vpn, diese Aufgabe am besten den Anforderungen der in Kapitel 3.6 formulierten Rahmenbedingungen zu entsprechen scheint. Diese Annahme lässt sich jedoch mit den hier durchgeführten Studien nicht statistisch belegen. Ich denke aber, dass zukünftige AG Trainingsstudien aus verschiedenen, bereits diskutierten Gründen mit der Tiere-merken Aufgabe durchgeführt werden sollten.

Wie der Vergleich der Resultate von Experiment 2 und Experiment 4 zeigt (in beiden wurde die KHA verwendet), lässt sich das gleiche Trainingsparadigma nicht mit dem gleichen Erfolg bei unterschiedlichen Subpopulationen (junge vs ältere) einsetzen: bei den jüngeren Probanden

zeigten sich insgesamt bessere Transfer-Effekte als bei den älteren Erwachsenen. In diesem Sinn können die in Kapitel 3.6 formulierten Rahmenbedingungen um diesen Punkt erweitert werden: Die Komplexität der Trainingsaufgabe sollte optimalerweise dem Können der trainierten Vpn angepasst sein. Diesen Punkt könnte man mit einer aufwändigen Studie überprüfen: Man müsste die gleiche Trainingsaufgabe mit jungen und älteren Erwachsenen durchführen und dabei eine breite Palette von Vor- und Nachtests durchführen. Durch einen multivariaten Vergleich sollte sich dann der postulierte Unterschied auch statistisch absichern lassen. Eine solche Studie würde es aber mit sich bringen, dass sehr viele Vpn trainiert werden müssten, was für die Vpn wie auch die VL einen sehr grossen Aufwand bedeuten würde.

Experiment 4 zeigte im Vergleich mit Experiment 3, dass ein intensiveres Training (d.h. mehr Trainingsminuten in kürzerer Zeit) und längeres Training (in Bezug zur Anzahl Trainingsminuten) zu besseren spezifischen Transfer-Effekten führt (dies zeigte sich auch bei den jungen Erwachsenen in den beiden *n*-back Studien). Die Frage ist nun, inwiefern sich dies auf potentielle Transfer-Effekte bei älteren Erwachsenen auswirkt. Dieser Frage kann ich zumindest teilweise in einer aktuell laufenden Studie, die ich zusammen mit Susanne Jäggi und Franziska Schachtler durchführe, nachgehen. In dieser Studie können ältere Probanden (im Alter von ca. 70 Jahren) zu Hause an ihrem eigenen oder einem von uns zur Verfügung gestellten Computer für sich mit der Tiere-merken Aufgabe trainieren. Die Vpn in dieser Studie werden gebeten, mindestens zwei Mal 8 Minuten pro Tag über eine Zeitdauer von vier Wochen zu trainieren. Die Trainingsdauer ist jedoch nach oben offen, d.h. wer mehr trainieren möchte, der darf das ohne weiteres tun. Bei den 20 bis jetzt trainierten Personen zeigte sich eine grosse Bandbreite an Trainingsfleiss, so dass verschiedene Gruppen mit unterschiedlicher Trainingsdauer gebildet werden können. Aufgrund dieses Untersuchungsdesigns ist die Trainingsdauer mit der Trainingsmotivation konfundiert. Trotzdem denke ich aber, dass diese Studie erste Anhaltspunkte dafür liefern wird, welchen Einfluss der erreichte spezifische Trainingseffekt auf Transfer-Effekte hat. Diese Studie wurde jedoch ursprünglich mit einer anderen Fragestellung gestartet: Es geht darum, herauszufinden, ob ein AG Training auch erfolgreich von den Vpn al-

leine zu Hause und ohne die Anwesenheit eines VL, durchgeführt werden kann. Diese Studie stellt damit einen ersten Schritt in eine angewandte Richtung dar, in der das entwickelte Trainingsparadigma ohne Supervision selbstständig durchgeführt werden kann.

6. Generelle Diskussion und Fazit

In fünf verschiedenen Experimenten wurde mit teilweise unterschiedlichen Trainingsparadigmen mit jungen und älteren Vpn ein AG Training durchgeführt. Bis auf die visuell-räumliche Trainingsaufgabe handelte es sich jeweils um neue, bis jetzt in der Literatur nicht erwähnte Trainingsaufgaben. Das Ziel dieses AG Trainings ist es, grundlegende kognitive Prozesse oder Funktionen zu trainieren, deren Verbesserung sich auf andere, nicht trainierte kognitive Funktionen positiv auswirkt.

Welchen Erkenntnisgewinn bringt diese Arbeit? Die globalste und wahrscheinlich auch wichtigste Erkenntnis stellt für mich die Tatsache dar, dass ein AG Training tatsächlich erfolgreich sein kann und zwar unabhängig von einem bestimmten Trainingsparadigma. Ein weiterer Punkt betrifft die Machbarkeit sowohl mit jungen, als auch älteren Erwachsenen. Die von mir formulierten Rahmenbedingungen bieten einen theoretischen Rahmen, an denen sich zukünftige Untersuchungen zum AG Training orientieren können. Diese Rahmenbedingungen können helfen, zukünftige Ansätze zu koordinieren und zueinander in Beziehung zu setzen. Es ist aber wichtig zu betonen, dass diese Rahmenbedingungen empirisch noch nicht überprüft sind und in diesem Sinn einen heuristischen Charakter besitzen. Zukünftige Untersuchungen sollten darauf abzielen, diese Rahmenbedingungen zu testen und zu verbessern. Ich hoffe, dass dadurch die Forschung zum AG Training effizient weitergebracht werden kann. In einem nächsten Schritt sollte nun versucht werden, die formulierten Rahmenbedingungen zu überprüfen. Es scheint mir sehr wichtig, dass versucht wird, ein theoretisches Grundgerüst aufzubauen, das falsifizierbar und modifizierbar ist. Nur unter dieser Voraussetzung wird es zukünftig möglich sein, verschiedene AG Trainingsstudien angemessen miteinander zu vergleichen und diese Interventionsform effizient weiter zu entwickeln. Es sind derzeit zwei Studien mit jungen Erwachsenen in Planung bzw. am Laufen, mit denen ich die folgenden zwei Hypothesen überprüfen möchte: 1. Wie stark ist der Einfluss der Trainingsaufgabenkomplexität in Bezug zu den beobachtbaren Transfer-Effekten? Diese Frage möchte ich mit der n-back Aufgabe angehen und zwar mit einem dual-task und einem single-task Paradigma. 2. Welche Rolle spielt die Adaptivität? Diese Fragestellung möch-

te ich versuchen, mit einem adaptiven vs nicht-adaptiven *n*-back Trainingsparadigma zu beantworten. Weiter sollte auch der Frage nachgegangen werden, weshalb und wie das Training genau wirkt. Wichtig scheinen mir in diesem Zusammenhang auch Untersuchungen mit bildgebenden Verfahren, wie fMRI und EEG. Solche Studien können sehr wichtige Anhaltspunkte dafür liefern, welche Wirkmechanismen hinter diesem Training stehen. Eine entsprechende EEG-Studie habe ich zusammen mit Susanne Jäggi und Oliver Markes vor einiger Zeit gestartet, die Datenerhebung ist allerdings noch am Laufen. Eine fMRI-Studie ist in Vorbereitung.

Die fünf hier berichteten Studien geben einige Antworten auf die Frage, wie sich das AG System durch das Training verändert. Wie im Theorieteil ausgeführt, gehe ich davon aus, dass sich eine Kapazitätsvergrösserung des AG entweder in einem vergrösserten FOA (Cowan et al., 2005) oder einer Effizienzsteigerung des AG, d.h. einer verbesserten Aufmerksamkeitskontrolle (Kane & Engle, 2002) niederschlägt. Während die Untersuchungen mit den jungen Erwachsenen eher darauf hindeuten, dass die Effizienz des AG verbessert wird, so legen die Resultate der älteren Erwachsenen eine Kapazitätsvergrösserung des FOA nahe. Obwohl es aufgrund des kognitiven Abbaus bei älteren Menschen (Craik & Bialystok, 2006) auch nachvollziehbar wäre, dass das AG Training bei älteren Menschen anders wirkt als bei jüngeren Erwachsenen, so kann diese Frage aufgrund der vorliegenden Daten nicht schlüssig beantwortet werden. Dafür müssten in einem Vor- und Nachtest-Design mehrere Masse für den FOA und nach Möglichkeit auch mehrere fluide Intelligenzmasse erhoben werden.

Welche Limitationen haben die berichteten Studien? Bei allen der hier vorgestellten Studien liessen sich in der Regel exklusiv in der Experimentalgruppe signifikante Einzelvergleiche mit nicht signifikanten Gruppe x Testzeitpunkt Interaktionen messen. In Anbetracht der etwas geringen Stichprobengrösse deutet dies auf eine mangelnde statistische Power hin. Allerdings deuten die berechneten Effektstärken teilweise auf erhebliche Verbesserungen. Ich denke aber auch, dass das Vorgehen in Experiment 1, 2, 4 und 5 doch ziemlich konservativ war, lagen doch gerade mal 8 Trainingssessionen zwischen der Vor- und Nachtestung. Für weitere Trainingsstudien

müsste meiner Meinung nach die Trainingsdauer entsprechend etwas erhöht werden. Generell ist über solche Parameter derzeit noch zu wenig bekannt, ich denke aber, dass 8 Trainingssessionen mit 16 Minuten Training pro Tag wahrscheinlich die untere Grenze des Trainingsaufwandes darstellen, der für ein erfolgreiches Training nötig ist. Auf der anderen Seite finde ich die gefundenen Trainings-Effekte jedoch auch sehr eindrücklich. Dass mit einer verhältnismässig kurzen Intervention so starke Transfer-Effekte erreicht werden können, ist nichtsdestotrotz bemerkenswert. Darüber hinaus fiel insbesondere bei den Studien mit den älteren Erwachsenen die positive Rückmeldung der Probanden auf. Einerseits hatten sie Freude am Training selbst, auf der anderen Seite berichteten viele Vpn, dass sie das Gefühl hätten, dieses Training habe einen positiven Effekt auf ihr tägliches Leben, es mache sie aufmerksamer und sie seien ‚mehr auf zack'.

Es darf jedoch auch nicht vergessen werden, dass die Auswahl der Vpn nicht repräsentativ war. So wurden die älteren Probanden hauptsächlich über die Seniorenuniversität Bern rekrutiert und reflektierte damit einen Teil der Population, der überdurchschnittliche gebildet ist. Zudem wurden sowohl die älteren als auch die jüngeren Probanden nicht randomisiert entweder der Experimental- oder der Kontrollbedingung zugewiesen, sondern sie meldeten sich explizit für ein Training an. Dadurch gelangten vor allem solche Vpn in die Experimentalgruppe, die ein Mindestmass an intrinsischer Motivation zur eigenen Leistungsverbesserung mitbrachten. In meinen Augen eine optimale Lösung für dieses Problem wäre die Umsetzung eines ABA Designs, in welchem die Probanden bei (A) nicht trainieren und bei (B) trainieren. Zu Beginn, vor dem Training und am Ende der Trainingsintervention wird dann jeweils eine Testung durchgeführt, mit der die Trainingseffekte quantifiziert werden können. Dieses Vorgehen hätte auch den Vorteil, dass jede Person gleichzeitig in der Kontroll- und Experimentalgruppe erfasst werden könnte.

Wie geht es nun weiter mit dem AG Training? Eines der wichtigsten Ziele der Forschung zum AG Training muss es sein, das Training dorthin zu bringen, wo es auch sinnvoll eingesetzt werden kann, d.h. z.B. zu Hirnverletzten, zu Kindern mit Entwicklungsstörungen oder zu älteren Erwachsenen, alles Menschen, die mit einem kognitiven Leistungsdefizit konfrontiert sind

(oder sein können). Die Verfügbarkeit eines solchen AG Trainings scheint vor allem bei den älteren Erwachsenen ein Bedürfnis zu sein. So wurden wir von den Vpn immer wieder gefragt, ob wir ihnen eines der Trainingsprogramme zur Verfügung stellen könnten. Die von uns eingesetzten Trainingsprogramme basierten jedoch auf dem Software-Paket E-Prime (Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA) und sind in der von uns entwickelten Form z.B. aus lizenzrechtlichen Gründen nicht dazu geeignet, um sie interessierten Personen weiterzugeben. Aus diesem Grund habe ich zusammen mit Susanne Jäggi und Adrian Kobel vor einiger Zeit damit begonnen, sämtliche in dieser Arbeit vorgestellten Trainingsaufgaben in der Applikation „BrainTwister“ zu implementieren, die sich auf verschiedenen Computerplattformen intuitiv einsetzen lässt. Basierend auf einer ersten Studie, die ich aktuell mit Susanne Jäggi und Sandra Loosli mit Schulkindern im Alter von etwa 10 Jahren durchgeführt habe, haben wir neue Trainingsaufgaben entwickelt, die sich speziell für Kinder eigenen und sich durch ein spezielles Rückmeldungssystem der eigenen Leistung auszeichnen. Diese neuen, ebenfalls in BrainTwister integrierten Trainingsaufgaben basieren auf der Tiere-merken Aufgabe und sollen in einer geplanten Studie mit ADHD-Kindern zum Einsatz kommen. Eine erste Pilotstudie, zum Einsatz des AG Trainings mit Hirnverletzten, habe ich zusammen mit Susanne Jäggi, Myriam Pfammatter und Klemens Gutbrod durchgeführt. Die Resultate dieser Pilotstudie sehen viel versprechend aus und befürworten den Einsatz eines AG Trainings in der neuropsychologischen Rehabilitation.

Ich bin optimistisch, dass sich das AG Training und damit auch die Resultate meiner Forschung so einsetzen lassen, dass damit jenen Menschen effizient geholfen werden kann, die ihre verminderte kognitive Leistungsfähigkeit verbessern möchten.

Referenzen

Ackerman, P. L., Beier, M. E., & Boyle, M. O. (2005). Working memory and intelligence: the same or different constructs? *Psychological Bulletin, 131*(1), 30-60.

Allen, R. J., Hitch, G. J., & Baddeley, A. D. (2006). Is the binding of visual features in working memory resource-demanding? *Journal of Experimental Psychology: General, 135*(2), 298-313.

Alvarez, G. A., & Cavanagh, P. (2004). The capacity of visual short-term memory is set both by visual information load and by number of objects. *Psychological Science, 15*(2), 106-111.

Angermeyer, M. C., Kilian, R., & Matschinger, H. (2000). *WHOQOL-100 und WHOQOL-BREF - Handbuch für die deutschsprachige Version der WHO Instrumente zur Erfassung von Lebensqualität* (1. ed.). Göttingen: Hogrefe.

Atkins, W. B., & Baddeley, A. D. (1998). Working memory and distributed vocabulary learning. *Applied Psycholinguistics, 19*, 537-552.

Austin, J. (2005). Schizophrenia: an update and review. *Journal of Genetic Counseling, 14*(5), 329-340.

Bäckman, L., & Dixon, R. A. (1992). Psychological compensation: a theoretical framework. *Psychological Bulletin, 112*(2), 259-283.

Baddeley, A. D. (1986). *Working Memory*. Oxford: Clarendon Press.

Baddeley, A. D. (1996). Exploring the central executive. *The quarterly journal of experimental psychology, 49A*(1), 5-28.

Baddeley, A. D. (1997). *Human Memory* (Revised ed.). Hove: Psychology Press.

Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences, 4*(11), 417-423.

Baddeley, A. D. (2001). Is Working Memory Still Working? *American Psychologist, 56*(11), 849-864.

Baddeley, A. D. (2003). Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience, 4*(10), 829-839.

Baddeley, A. D., Baddeley, H. A., Bucks, R. S., & Wilcock, G. K. (2001). Attentional control in Alzheimer's disease. *Brain, 124*(Pt 8), 1492-1508.

Baddeley, A. D., & Gathercole, S. E. (1989). Evaluation of the role of phonological STM in the development of vocabulary in children: A longitudinal study. *Journal of Memory and Language, 28*(2), 200-213.

Baddeley, A. D., & Gathercole, S. E. (1990). Phonological memory deficits in language disordered children: Is there a causal connection? *Journal of Memory and Language, 29*(3), 336-360.

Baddeley, A. D., Gathercole, S. E., & Papagano, C. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychological Review, 105*(1), 158-173.

Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working Memory. In G. H. Bower (Ed.), *The Psychology of Learning and Motivation* (Vol. VIII, pp. 47-89). New York: Academic Press.

Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (2001). Foreword. In J. Andrade (Ed.), *Working Memory in Perspective* (pp. xv-xix). Hove: Psychology Press.

Baddeley, A. D., & Logie, R. H. (1999). Working Memory: the multiple-component model. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working*

memory: mechanism of active maintenance and executive control (pp. 28-61). New York: Cambridge University Press.

Baddeley, A. D., Vallar, G., & Wilson, B. A. (1987). Sentence comprehension and phonological memory: Some neuropsychological evidence. In M. Coltheart (Ed.), *Attention and Performance XII: The psychology of reading* (pp. 509-529). Hove (UK): Erlbaum.

Baddeley, A. D., & Wilson, B. A. (2002). Prose recall and amnesia: implications for the structure of working memory. *Neuropsychologia, 40*, 1737-1743.

Baltes, P. B., Sowarka, D., & Kliegl, R. (1989). Cognitive training research on fluid intelligence in old age: what can older adults achieve by themselves? *Psychology and Aging, 4*(2), 217-221.

Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin, 121*(1), 65-94.

Bassok, M. (1990). Transfer of domain-specific problem-solving procedures. *Journal of experimental psychology: Learning, Memory, and Cognition, 16*, 522-533.

Bassok, M., & Holyoak, K. J. (1989). Interdomain transfer between isomorphic topics in algebra and physics. *Journal of experimental psychology: Learning, Memory, and Cognition, 15*(1), 153-166.

Bates, E., D'Amico, S., Jacobsen, T., Szekely, A., Andonova, E., Devescovi, A., et al. (2003). Timed picture naming in seven languages. *Psychonomic Bulletin & Review, 10*(2), 344-380.

Bäumler, G. (1985). *Farbe-Wort-Interferenztest (FWIT) nach J.R. Stroop*. Göttingen: Hogrefe.

Bell, M., Bryson, G., Greig, T., Corcoran, C., & Wexler, B. E. (2001). Neurocognitive enhancement therapy with work therapy: effects on neuropsychological test performance. *Archives of General Psychiatry, 58*(8), 763-768.

Bellack, A. S., Weinhardt, L. S., Gold, J. M., & Gearon, J. S. (2001). Generalization of training effects in schizophrenia. *Schizophrenia Research, 48*(2-3), 255-262.

Bereby-Meyer, Y., & Kaplan, A. (2005). Motivational influences on transfer of problem-solving strategies. *Contemporary Educational Psychology, 30*(1), 1-22.

Berg, E. A. (1948). A simple objective technique for measuring flexibility in thingking. *Journal of General Psychology, 39*, 15-22.

Braff, D. L. (1993). Information processing and attention dysfunctions in schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin, 19*(2), 233-259.

Brigman, S., & Cherry, K. E. (2002). Age and skilled performance: contributions of working memory and processing speed. *Brain and Cognition, 50*(2), 242-256.

Bulheller, S., & Häcker, H. O. (1998). *Standard Progressive Matrices: Manual - Deutsche Bearbeitung und Normierung*. Frankfurt/Main: Harcourt Test Services.

Buschkuehl, M., & Jaeggi, S. M. (2005). *The Impact of Working Memory Training on Selected Cognitive Measures.* Paper presented at the Proceedings of the XIVth meeting of the ESCoP, Leiden, The Netherlands.

Buschkuehl, M., Jaeggi, S. M., Blaser, D., & Perrig, W. J. (submitted). Cognitive Transfer Effects After Working Memory Capacity Training: Improved Free Recall and Fluid Intelligence.

Calev, A. (1984). Recall and recognition in chronic nondemented schizophrenics: use of matched tasks. *Journal of Abnormal Psychology, 93*(2), 172-177.

Catrambone, R., & Holyoak, K. J. (1989). Overcoming contextual limitations on problem-solving transfer. *Journal of experimental psychology: Learning, Memory, and Cognition, 15*(6), 1147-1156.

Chase, W. G., & Ericsson, K. A. (1981). Skilled Memory. In J. R. Anderson (Ed.), *Cognitive skills and their acquisition* (pp. 141-189). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.

Christensen, H., & Kumar, R. (2003). Cognitive changes and the ageing brain. In P. S. Sachdev (Ed.), *The ageing brain* (pp. 75-95). Lisse: Swets & Zeitlinger.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Collins, A. M., & Loftus, E. F. (1975). A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological Review, 82*(6), 407-428.

Compton, B. J., & Logan, G. D. (1991). The transition from algorithm to retrieval in memory-based theories of automaticity. *Memory and Cognition, 19*(2), 151-158.

Conroy, M. A., Hopkins, R. O., & Squire, L. R. (2005). On the contribution of perceptual fluency and priming to recognition memory. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 5*(1), 14-20.

Conway, A. R. A., & Engle, R. W. (1994). Working memory and retrieval: a resource-dependent inhibition model. *Journal of Experimental Psychology: General, 123*(4), 354-373.

Conway, A. R. A., & Engle, R. W. (1996). Individual differences in working memory capacity: more evidence for a general capacity theory. *Memory, 4*(6), 577-590.

Cowan, N. (1987). Auditory sensory storage in relation to the growth of sensation and acoustic information extraction. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 13*, 204-215.

Cowan, N. (1988). Evolving conceptions of memory storage, selective attention, and their mutual constraints within the human information processing system. *Psychological Bulletin, 104*, 163-191.

Cowan, N. (1995). *Attention and memory: An integrated framework* (Vol. 26). New York: Oxford University Press.

Cowan, N. (1999). An embedded-process model of working memory. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: mechanism of active maintenance and executive control* (pp. 62-101). New York: Cambridge University Press.

Cowan, N. (2000). The magical number 4 in short-term memory: a reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and brain sciences, 24*, 87-185.

Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: a reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences, 24*, 87-185.

Cowan, N. (2005). *Working Memory Capacity*. Hove: Psychology Press.

Cowan, N., Elliot, E. M., Saults, J. S., Morey, C. C., Mattox, S., Hismjatullina, A., et al. (2005). On the capacity of attention: Its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes. *Cognitive Psychology, 51*, 42-100.

Craik, F. I. M., & Bialystok, E. (2006). Cognition through the lifespan: mechanisms of change. *Trends in Cognitive Sciences, 10*(3), 131-138.

Craik, F. I. M., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: a framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 11*, 671-684.

Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 19*, 450-466.

De Beni, R., & Palladino, R. (2004). Decline in working memory updating through ageing: intrusion error analyses. *Memory, 12*(1), 75-89.

De Renzi, E., & Nichelli, P. (1975). Verbal and non-verbal short-term memory impairment following hemispheric damage. *Cortex, 11*(4), 341-354.

de Ribaupierre, A. (1995). Working memory and individual differences: a review. *Swiss journal of psychology, 54*(2), 152-168.

Dobbs, A. R., & Rule, B. G. (1989). Adult age differences in working memory. *Psychology and Aging, 4*(4), 500-503.

Duncker, K. (1945). On problem solving. *Psychological Monographs, 58*(5), whole number 270.

Edwards, J. D., Wadley, V. G., Myers, R. S., Roenker, D. L., Cissel, G. M., & Ball, K. K. (2001). Transfer of a speed of processing intervention to near and far cognitive functions. *Gerontology, 48*, 329-340.

Engle, R. W. (2002). Working memory capacity as executive attention. *Current directions in psychological science, 11*(1), 19-23.

Engle, R. W., Cantor, J., & Carullo, J. J. (1992). Individual differences in working memory and comprehension: a test of four hypotheses. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition, 18*(5), 972-992.

Engle, R. W., Kane, M. J., & Tuholski, S. W. (1999). Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence, and functions of the prefrontal cortex. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: mechanism of active maintenance and executive control*. New York: Cambridge University Press.

Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E., & Conway, A. R. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: a latent-variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General, 128*(3), 309-331.

Ericsson, K. A. (1988). Analysis of memory performance in terms of memory skill. In R. J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence* (Vol. 4, pp. 137-179). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Ericsson, K. A., & Chase, W. G. (1982a). Exceptional memory. *American Scientist, 70*(6), 607-615.

Ericsson, K. A., & Chase, W. G. (1982b). Skilled memory. In J. R. Anderson (Ed.), *Cognitive skills and their acquisition* (pp. 141-189). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Ericsson, K. A., & Delaney, P. F. (1999). Long-term working memory as an alternative to capacity models of working memory in everyday skilled performance. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: mechanism of active maintenance and executive control* (pp. 257-297). New York: Cambridge University Press.

Ericsson, K. A., & Lehmann, A. C. (1996). Expert and exceptional performance: Evidence of maximal adaptation to task constraints. *Annual Review of Psychology, 47*, 273-305.

Fiszdon, J. M., Bryson, G. J., Wexler, B. E., & Bell, M. D. (2004). Durability of cognitive remediation training in schizophrenia: performance on two memory tasks at 6-month and 12-month follow-up. *Psychiatry Research, 125*(1), 1-7.

Foos, P. W. (1989). Adult age differences in working memory. *Psychology and Aging, 4*(3), 269-275.

Gick, M. L., & Holyoak, K. J. (1980). Analogical problem solving. *Cognitive Psychology, 12*, 306-355.

Gick, M. L., & Holyoak, K. J. (1983). Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology, 15*, 1-38.

Goldberg, T. E., Weinberger, D. R., Berman, K. F., Pliskin, N. H., & Podd, M. H. (1987). Further evidence for dementia of the prefrontal type in schizophrenia? A controlled study of teaching the wisconsin card sorting test. *Archives of General Psychiatry, 44*, 1008-1014.

Green, M. F. (1998). *Schizophrenia from a Neurocognitive Perspective*. Boston: Allyn and Bacon.

Groner, R., Groner, M., & Bischof, W. F. (1983). Approaches to heuristics: a historical review. In R. Groner, M. Groner & W. F. Bischof (Eds.), *Methods of Heuristics* (pp. 1-18). Hillsdale: Lawrence Erlbaum.

Hager, W., & Hasselhorn, M. (Eds.). (1994). *Handbuch deutschsprachiger Wortnormen*. Göttingen: Hogrefe.

Härting, C., Markowitsch, H. J., Neufeld, H., Calabrese, P., & Deisinger, K. (2000). *Wechsler Gedächtnis Test - Revidierte Fassung* (1. ed.). Göttingen: Hogrefe.

Hartman, M., & Warren, L. H. (2005). Explaining age differences in temporal working memory. *Psychology and Aging, 20*(4), 645-656.

Hasher, L., & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. In G. A. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 22, pp. 193-225). New York: Academic Press.

Hebb, D. O. (1949). *Organization of behaviour*. New York: Wiley.

Heinrichs, R. W., & Zakzanis, K. K. (1998). Neurocognitive deficit in schizophrenia: a quantitative review of the evidence. *Neuropsychology, 12*(3), 426-445.

Helmstaedter, C., Lendt, M., & Lux, S. (2001). *Verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest - Manual*. Göttingen: Hogrefe.

Hess, T. M., Hinson, J. T., & Statham, J. A. (2004). Explicit and implicit stereotype activation effects on memory: do age and awareness moderate the impacte of priming? *Psychology and Aging, 19*(3), 495-505.

Heubrock, D. (1992). Der auditiv-verbale Lerntest (AVLT) in der klinischen und experimentellen Neuropsychologie. Durchführung, Auswertung und

Forschungsergebnisse. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie, 3*, 161-174.

Hoff, A. L., Sakuma, M., Wieneke, M., Horon, R., Kushner, M., & DeLisi, L. E. (1999). Longitudinal neuropsychological follow-up study of patients with first-episode schizophrenia. *American Journal of Psychiatry, 156*(9), 1336-1341.

Holladay, C. L., & Quiñones, M. A. (2003). Practice variability and transfer of training: the role of self-efficacy generality. *Journal of Applied Psychology, 88*(6), 1094-1103.

Hossiep, R., Turck, D., & Hasella, M. (1999). *Bochumer Matrizentest. BOMAT - advanced - short version*. Göttingen: Hogrefe.

Howard, R. W. (2000). Generalization and transfer: an interrelation of paradigms and a taxonomy of knowledge extension processes. *Review of general psychology, 4*(3), 211-237.

Jaeggi, S. M., Seewer, R., Nirkko, A. C., Eckstein, D., Schroth, G., Groner, R., et al. (2003). Does excessive memory load attenuate activation in the prefrontal cortex? Load-dependent processing in single and dual tasks: functional magnetic resonance imaging study. *Neuroimage, 19*(2), 210-225.

James, W. (1890). *The principles of psychology*. New York: Henry Holt.

Johnson, M. K., Hashtroudi, S., & Lindsay, D. S. (1993). Source monitoring. *Psychological Bulletin, 114*(1), 3-28.

Jonides, J. (2004). How does practice makes perfect? *Nature Neuroscience, 7*(1), 10-11.

Jonides, J., & Nee, D. E. (2005). Assessing dysfuncion using refined cognitive methods. *Schizophrenia Bulletin, 31*(4), 823-829.

Jonides, J., Schumacher, E. H., Smith, E. E., Lauber, E. J., Awh, E., Minoshima, S., et al. (1997). Verbal working memory load affects regional brain activation as measured by PET. *Journal of Cognitive Neuroscience, 9*(4), 462-475.

Jonker, C., Geerlings, M. I., & Schmand, B. (2000). Are memory complaints predictive for dementia? A review of clinical and population-based studies. *International Journal of Geriatric Psychiatry, 15*(11), 983-991.

Judd, C. H. (1908). The relation of special training and general intelligence. *Educational Review, 36*, 28-42.

Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Halls.

Kane, M. J., & Engle, R. W. (2002). The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: an individual-differences perspective. *Psychonomic Bulletin & Review, 9*(4), 637-671.

Katz, S., Downs, T. D., Cash, H. R., & Grotz, R. C. (1970). Progress in development of the index of ADL. *Gerontologist, 10*(1), 20-30.

Katz, S., Ford, A. B., Moskowitz, R. W., Jackson, B. A., & Jaffe, M. W. (1963). Studies of illness in the aged. The index of adl: a standardiezd measure of biological and psychological function. *Journal of the American medical association, 185*, 914-919.

Kemps, E. (2001). Complexity effects in visuo-spatial working memory: implications for the role of long-term memory. *Memory, 9*(1), 13-27.

Kewman, D. G., Seigerman, C., Kinter, H., Chu, S., Henson, D., & Reeder, C. (1985). Simulation training of psychomotor skills: Teaching the brain-injured to drive. *Rehabilitation Psychology, 30*, 11-27.

Kling, V. (1996). *Kognitive Leistungsmessung bei alten Menschen.* Unpublished Dissertation, Universität Basel, Institut für Psychologie.

Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P. J., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlstrom, K., et al. (2005). Computerized training of working memory in children with ADHD--a randomized, controlled trial. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 44*(2), 177-186.

Klingberg, T., Forssberg, H., & Westerberg, H. (2002). Training of working memory in children with ADHD. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 24*(6), 781-791.

Krabbendam, L., & Aleman, A. (2003). Cognitive rehabilitation in schizophrenia: a quantitative analysis of controlled studies. *Psychopharmacology, 169*, 376-382.

Kramer, A. F., Hahn, S., Cohen, N. J., Banich, M. T., McAuley, E., Harrison, C. R., et al. (1999). Ageing, fitness and neurocognitive function. *Nature, 400*(6743), 418-419.

Kramer, A. F., Hahn, S., & Gopher, D. (1999). Task coordination and aging: explorations of executive control processes in the task switching paradigm. *Acta Psychologica, 101*(2-3), 339-378.

Kuntsi, J., Oosterlaan, J., & Stevenson, J. (2001). Psychological mechanisms in hyperactivity: I. Response inhibition deficit, working memory impairment, delay aversion, or something else? *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines, 42*(2), 199-210.

Kurtz, M. M., Moberg, P. J., Gur, R. C., & Gur, R. E. (2001). Approaches to cognitive remediation of neuropsychological deficits in schizophrenia: a review and meta-analysis. *Neuropsychology Review, 11*(4), 197-210.

LaPointe, L. B., & Engle, R. W. (1990). Simple and complex word spans as measures of working memory capacity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 16*(6), 1118-1133.

Lawton, M. P., & Brody, E. M. (1969). Assessment of older people: self-maintaining and instrumental activities of daily living. *Gerontologist, 9*(3), 179-186.

Leclercq, M., & Sturm, W. (2002). Rehabilitation of attention disorders: a literature review. In M. Leclercq & P. Zimmermann (Eds.), *Applied Neuropsychology of Attention. Theory, Diagnosis and Rehabilitation* (pp. 341-364). London: Psychology Press.

Lehrl, S. (2005). *Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztest (MWT-B)*. Göttingen: Hogrefe.

Lehrl, S., Merz, J., Burhard, G., & Fischer, S. (1991). *Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztest (MWT-A)*. Göttingen: Hogrefe.

Levy, B. R. (1996). Improving memory in old age through implicit self-stereotyping. *Journal of Personality and Social Psychology, 71*(6), 1092-1107.

Logan, G. D. (1988). Toward an instance theory of automatization. *Psychological Review, 95*(4), 492-527.

Logan, G. D., & Klapp, S. T. (1991). Automatizing alphabet arithmetic: I. Is extended practice necessary to produce automaticity? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 17*, 179-195.

Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature, 390*, 279-281.

Medalia, A., Revheim, N., & Casey, M. (2000). Remediation of memory disorders in schizophrenia. *Psychological Medicine, 30*(6), 1451-1459.

Medalia, A., Revheim, N., & Casey, M. (2002). Remediation of problem-solving skills in schizophrenia: evidence of a persistent effect. *Schizophrenia Research, 57*(2-3), 165-171.

Medalia, A., & Richardson, R. (2005). What prediccts a good response to cognitive remediation interventions? *Schizophrenia Bulletin, 31*(5), 942-953.

Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review, 63*, 81-97.

Miller, G. A., Galanter, E., & Pribram, K. H. (1960). *Plans and the structure of behavior*. New York: Holt, Rinehart & Winston.

Miyake, A., & Shah, P. (1999). *Models of working memory: mechanism of active maintenance and executive control*. New York: Cambridge University Press.

Morey, C. C., & Cowan, N. (2004). When visual and verbal memories compete: evidence of cross-domain limits in working memory. *Psychonomic Bulletin & Review, 11*(2), 296-301.

Morris, C. D., Bransford, J. D., & Franks, J. J. (1977). Levels of processing versus transfer appropriate processing. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 16*, 519-533.

Moscovitch, M. (1992). Memory and working-with-memory: A component process model based on modules and central systems. *Journal of Cognitive Neuroscience, 4*(3), 257-267.

Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behaviour. In R. J. Davidson, G. E. Schwartz & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation: Advances in research and theory* (Vol. 4, pp. 1-18). New York: Plenum.

Nyberg, L., Backman, L., Erngrund, K., Olofsson, U., & Nilsson, L. G. (1996). Age differences in episodic memory, semantic memory, and priming: relationships to demographic, intellectual, and biological factors. *Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences, 51*(4), 234-240.

Nyberg, L., Sandblom, J., Jones, S., Neely, A. S., Petersson, K. M., Ingvar, M., et al. (2003). Neural correlates of training-related memory improvement in adulthood and aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 100*(23), 13728-13733.

Oberauer, K. (2005). The measurement of working memory capacity. In O. Wilhelm & R. W. Engle (Eds.), *Handbook of Understanding and Measuring Intelligence* (pp. 393-407). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Oberauer, K., Süss, H.-M., Schulze, R., Wilhelm, O., & Wittmann, W. W. (2000). Working memory capacity - facets of a cognitive ability construct. *Personality and Individual Differences, 29*, 1017-1045.

Olesen, P. J., Westerberg, H., & Klingberg, T. (2004). Increased prefrontal and parietal activity after training of working memory. *Nature Neuroscience, 7*(1), 75-79.

Oswald, W. D. (Ed.). (1998). *Gedächtnistraining: ein Programm für Seniorengruppen* (2., überarbeitete und ergänzte ed.). Göttingen: Hogrefe.

Oswald, W. D., & Fleischmann, U. M. (1995). *Nürnberger-Alters-Inventar (NAI)*. Göttingen: Hogrefe.

Park, D. C., Lautenschlager, G., Hedden, T., Davidson, N. S., & Smith, A. E. (2002). Models of visuospatial and verbal memory across the adult life span. *Psychology and Aging, 17*(2), 299-320.

Park, N. W., & Ingles, J. L. (2001). Effectiveness of attention rehabilitation after an acquired brain injury: a meta-analysis. *Neuropsychology, 15*(2), 199-210.

Parmentier, F. B. R., Elford, G., & Maybery, M. (2005). Transitional information in spatial serial memory: path characteristics affect recall performance. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 31*(3), 412-427.

Perrig-Chiello, P. (1994). *Wohlbefinden, Kontrolle und Autonomie im Alter - Ein diagnostisches Inventar* (No. 62). Basel: Universität Basel.

Perrig, W. J., & Eckstein, D. (2005). Unconscious word-stem completion priming in a mirror-masking paradigm. *Consciousness & Cognition, 14*(2), 257-277.

Perrig, W. J., Wippich, W., & Perrig-Chiello, P. (1993). *Unbewusste Informationsverarbeitung*. Bern: Hans Huber.

Pilling, S., Bebbington, P., Kuipers, E., Garety, P., Geddes, J., Martindale, B., et al. (2002). Psychological treatments in schizophrenia: II. Meta-analyses of randomized controlled trials of social skills training and cognitive remediation. *Psychological Medicine, 32*(5), 783-791.

Pollack, I., Johnson, I. B., & Knaff, P. R. (1959). Running memory span. *Journal of Experimental Psychology, 57*(137-146).

Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (2005). Influencing brain networks: implications for education. *Trends of Cognitive Sciences, 9*(3), 99-103.

Price, E. A., & Driscoll, M. P. (1997). An inquiry into the spontaneous transfer of problem-solving skill. *Contemporary Educational Psychology, 22*, 472-494.

Rabbitt, P., & Lowe, C. (2000). Patterns of cognitive ageing. *Psychological Research, 63*, 308-316.

Raven, J. C. (1990). *Advanced Progressive Matrices. Sets I, II.* Oxford: Oxford University Press.

Raven, J. C. (1995). *Coloured Progressive Matrices*. Oxford: Oxford Psychological Press.

Repovs, G., & Baddeley, A. D. (2006). The multi-component model of working memory: explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience, 139*(1), 5-21.

Rickard, T. C. (1997). Bending the power law: a CMPL theory of strategy shifts and the automatization of cognitive skills. *Journal of Experimental Psychology: General, 126*(3), 288-311.

Rickard, T. C. (2004). Strategy execution in cognitive skill learning: an item-level test of candidate models. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 30*(1), 65-82.

Rickard, T. C., & Bourne, L. E. J. (1996). Some tests of an identical elements model of basic arithmetic skills. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 22*(5), 1281-1295.

Roediger, H. L. (1980). The effectiveness of four mnemonics in ordering recall. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory, 6*, 558-567.

Roediger, H. L., Gallo, D. A., & Geraci, L. (2002). Processing approaches to cognition: the impetus from the levels-of-processing framework. *Memory, 10*(5/6), 319-332.

Royer, J. M. (1979). Theories of the transfer of learning. *Educational Psychologist, 14*, 53-69.

Rund, B. R. (1998). A review of longitudinal studies of cognitive functions in schizophrenia patients. *Schizophrenia Bulletin, 24*(3), 425-435.

Saczynski, J. S., Willis, S. L., & Schaie, K. W. (2002). Strategy use in reasoning training with older adults. *Aging, Neuropsychology and Cognition, 9*(1), 48-60.

Salomon, G., & Perkins, D. N. (1989). Rocky roads to transfer: rethinking mechanisms of a neglected phenomenon. *Educational Psychologist, 24*(2), 113-142.

Salthouse, T. A. (1991). *Theoretical perspective on cognitive aging*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review, 103*(3), 403-428.

Salthouse, T. A. (2004). What and when of cognitive aging. *Current Directions in Psychological Science, 13*(4), 140-144.

Sartory, G., Zorn, C., Groetzinger, G., & Windgassen, K. (2005). Computerized cognitive remediation improves verbal learning and processing speed in schizophrenia. *Schizophrenia Research, 75*(2-3), 219-223.

Saß, H., Wittchen, H.-U., Zaudig, M., & Houben, I. (2003). *Diagnostisches und Statistisches Manual Psychischer Störungen -Textrevision- DSM-IV-TR*. Bern: Hogrefe.

Schellig, D. (1997). *Block-Tapping Test*. Frankfurt am Main: Swets Tests Services.

Singer, T., Verhaeghen, P., Ghisletta, P., Lindenberger, U., & Baltes, P. B. (2005). The fate of cognition in very old age: six-year longitudinal findings in the Berlin aging study (BASE). *Psychology and Aging, 18*(2), 318-331.

Singley, M. K., & Anderson, J. R. (1989). *The transfer of cognitive skill*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

Spencer, R. M., & Weisberg, R. W. (1986). Context-dependent effects on analogical transfer. *Memory and Cognition, 14*(5), 442-449.

Steiner, R. (2003). Exzentrische Muskelarbeit - die unbekannte Seite unserer Bewegungen. *Therapeutische Rundschau, 60*(7), 425-429.

Stroop, R. J. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology, 28*, 643-662.

Sturm, W. (2003). Functional Anatomy of intensity aspects of attention. *Zeitschrift für Neuropsychologie, 14*(3), 181-190.

Sturm, W., Fimm, B., Cantagallo, A., Cremel, N., North, B., Passadori, A., et al. (2003). Specific computerized attention training in stroke and traumatic brain-injured patients. A European multicenter efficacy study. *Zeitschrift für Neuropsychologie, 14*(4), 283–292.

Sturm, W., & Willmes, K. (1991). Efficacy of a reaction training on various attentional and cognitive functions in stroke patients. *Neuropsychological Rehabilitation, 1*, 259-280.

Sturm, W., Willmes, K., Orgass, B., & Hartje, W. (1997). Do specific attention deficits need specific training? *Neuropsychological Rehabilitation, 7*, 81-103.

Suslow, T., Schonauer, K., & Arolt, V. (2001). Attention training in the cognitive rehabilitation of schizophrenic patients: a review of efficacy studies. *Acta Psychiatrica Scandinavica, 103*, 15-23.

Suter, E., Marti, B., & Gutzwiller, F. (1994). Jogging or walking - comparison of health effects. *Annals of Epidemiology, 4*(5), 375-381.

Szekely, A., Jacobsen, T., D'Amico, S., Devescovi, A., Andonova, E., Herron, D., et al. (2005). International Picture Naming Project Retrieved January 1, 2005, from http://crl.ucsd.edu/~aszekely/ipnp/1database.html

Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (1996). *Using multivariate statistics* (3. ed.). New York: Harper Collins.

Tallal, P., Miller, S. L., Bedi, G., Byma, G., Wang, X., Nagarajan, S. S., et al. (1996). Language comprehension in language-learning impaired children improved with acoustically modified speech. *Science, 271*(5245), 81-84.

Tewes, U. (1994). *HAWIE-R: Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene, Revision 1991; Handbuch und Testanweisung* (2 ed.). Göttingen: Hogrefe.

Thorndike, E. L. (1906). *Principles of teaching*. New York: A.G. Seiler.

Thorndike, E. L., & Woodworth, R. S. (1901). The influence of improvement in one mental function upon the efficiency of other functions. *Psychological Review, 8*, 247-261.

Tulving, E., & Thompson, D. M. (1973). Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory. *Psychological Review, 80*(5), 352-373.

Uttl, B., Graf, P., & Miller, J. (2001). Pro- and retrospective memory in late adulthood. *Consciousness and Cognition, 10*, 451-472.

VanLehn, K. (1996). Cognitive skill acquisition. *Annual Review of Psychology, 47*, 513-539.

Verhaeghen, P., & Marcoen, A. (1996). On the mechanisms of plasticity in young and older adults after instruction in the method of loci: evidence for an amplification model. *Psychology and Aging, 11*(1), 164-178.

Verhaeghen, P., Marcoen, A., & Goossens, L. (1992). Improving memory performance in the aged through mnemonic training: a meta-analytic study. *Psychology and Aging, 7*(2), 242-251.

Wager, T. D., & Smith, E. E. (2003). Neuroimaging studies of working memory: a meta-analysis. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 3*(4), 255-274.

Wexler, B. E., Anderson, M., Fulbright, R. K., & Gore, J. C. (2000). Preliminary evidence of improved verbal working memory performance and normalization of task-related frontal lobe activation in schizophrenia

following cognitive exercises. *American Journal of Psychiatry, 157*, 1694-1697.

Wexler, B. E., Hawkins, H. L., Rounsaville, B., Anderson, M., Sernyak, M. J., & Green, M. F. (1997). Normal neurocognitive performance after extended practice in patients with schizophrenia. *Schizophrenia Research, 26*, 173-180.

Willis, S. L. (2001). Methodological issues in behavioural intervention research with the elderly. In J. E. Birren & W. K. Schaie (Eds.), *Handbook of the psychology of aging* (5. ed., pp. 78-108). New York: Academic Press.

Wilson, B., & Baddeley, A. (1988). Semantic, episodic, and autobiographical memory in a postmeningitic amnesic patient. *Brain and Cognition, 8*(1), 31-46.

Woltz, D. J., Gardner, M. K., & Gyll, S. P. (2000). The role of attention processes in near transfer of cognitive skills. *Learning and Individual Differences, 12*, 209-251.

Wykes, T., Brammer, M., Mellers, J., Bray, P., Reeder, C., Williams, C., et al. (2002). Effects on the brain of a psychological treatment: cognitive remediation therapy. *British Journal of Psychiatry, 181*, 144-152.

Wykes, T., Reeder, C., Williams, C., Corner, J., Rice, C., & Everitt, B. (2003). Are the effects of cognitive remediation therapy (CRT) durable? Results from an exploratory trial in schizophrenia. *Schizophrenia Research, 61*(2-3), 163-174.

Zimmermann, P., & Leclerq, M. (2002). Neuropsychological aspects of attentional functions and disturbances. In M. Leclerq & P. Zimmermann (Eds.), *Applied neuropsychology of attention: theory, diagnosis, and rehabilitation* (pp. 56-85). London: Psychology Press.

Anhang A – Beschreibung von Vor- und Nachtests der *n*-back Studie 2

Visuell-räumliche Spanne. In Anlehnung an die Corsi-Block-Tapping Aufgabe (Schellig, 1997) wurde den Vpn auf dem Computerbildschirm ein 4 x 4 Gitter dargeboten, in dem nacheinander ein blauer Punkt in unterschiedlichen Feldern des Gitters erschien. Der Punkt wurde für 750ms präsentiert. Zwischen zwei Punktpräsentationen wurde das leere Gitter für 1000ms gezeigt. In einer Vorwärts- und einer Rückwärts-Bedingung mussten die Vpn die gezeigte Reihenfolge mit der Maus nachklicken. Wurde eine gegebene Sequenzlänge richtig beantwortet, wurde sie um ein Item verlängert. Wie beim Zahlennachsprechen wurden für jede Länge zwei Durchgänge vorgegeben und die visuell-räumliche Spanne entsprach der maximalen Sequenzlänge, die in beiden Durchgängen korrekt reproduziert werden konnte. Die Sequenzen wurden für jeden Durchgang und jede Vp zufällig bestimmt. Vor dem Beginn der Aufgabe wurde jeweils ein Übungstrial mit einer Sequenzlänge von zwei Items durchgeführt.

Priming. Diese Aufgabe wurde als Kontrollaufgabe verwendet, in der kein Transfereffekt vorausgesagt wurde, da Priming als ein automatischer Prozess angesehen wird, der sich nicht durch willentliche Einflüsse steuern lässt (Perrig, Wippich, & Perrig-Chiello, 1993). Den Vpn wurden Strichzeichnungen von konkreten Gegenständen präsentiert, die dem *International Picture Naming Project* (Szekely et al., 2005) entnommen und nach Benenngeschwindigkeit und Eindeutigkeit (Bates et al., 2003) ausgewählt wurden. Die Bilder wurden Pixel für Pixel aufgebaut, so dass das Bild mit zunehmender Zeit immer vollständiger wurde. Sobald die Vp den Eindruck hatte, dass sie wusste, was für ein Bild erscheint, musste sie die Leertaste drücken. Darauf verschwanden die bis zu diesem Zeitpunkt gezeigten Pixel und die Vp musste angeben, was für ein Bild auf dem Bildschirm aufgebaut wurde. Der VL kodierte darauf die Antwort der Vp als richtig oder falsch. Darauf wurde das Bild als Ganzes für zwei Sekunden dargestellt, bevor der nächste Trial startete. Insgesamt wurden 60 Bilder präsentiert, wobei die ersten 20 dieser 60 Bilder in den letzten 40 Trials nochmals wiederholt wurden. Priming wurde als Unterschied zwischen den Benennzeiten der ersten 20 Bilder und den Bilder, die zum zweiten Mal gezeigt wurden, bestimmt. Dieser Unterschied wurde in ei-

nen Prozentwert nach der folgenden Formel umgewandelt: $\%_{Priming} = (RT_{neu}-RT_{alt})/RT_{neu} \times 100$. Die Reaktionszeiten auf die ersten 20 Bilder wurden zudem als generelle Geschwindigkeitskomponente als abhängige Variable aufgenommen.

Episodisches Gedächtnis. 20 Wörter aus dem *Nürnberger Altersinventar* (Oswald & Fleischmann, 1995) wurden über einen Computerbildschirm mit einer Geschwindigkeit von einem Bild pro Sekunde dargeboten. Die Aufgabe bestand darin, einerseits unmittelbar nach der Präsentation so viele Wörter wie möglich aufzuschreiben und andererseits, nach ungefähr 30 Minuten nochmals sämtliche Wörter aufzuschreiben, an die man sich noch erinnern konnte. Für die Vor- und Nachtestung wurden unterschiedliche Listen verwendet. Die abhängige Variable entsprach der Anzahl korrekt erinnerter Items.

Bochumer Matrizentest (BOMAT). Dieser publizierte Test (Hossiep, Turck, & Hasella, 1999) wurde ausgewählt, da die Resultate des ersten Experiments darauf hindeuteten, dass die APM nicht geeignet sind, um mit Studierenden als Vpn Transfer-Effekte in einem Vor- und Nachtest-Design aufzuzeigen. Der BOMAT ist ähnlich wie die APM aufgebaut: Aus verschiedenen Antwortalternativen muss man jene auswählen, die ein vorgegebenes, inkomplettes Muster, logisch korrekt ergänzt. Der Test schien uns aus zweierlei Gründen besser als die APM geeignet: Zum einen wurde er speziell für Akademiker konstruiert, womit Deckeneffekte in unserer Stichprobe nicht mehr vorkommen sollten, zum anderen liegen von diesem Test zwei in der Schwierigkeit vergleichbare Parallelversionen vor. Um die Testung möglichst kurz zu halten, beschränkten wir die Bearbeitungsdauer des BOMAT auf 20 Minuten. Als abhängige Variable wurde die Anzahl korrekt gelöster Aufgaben festgehalten.

Anhang B – Verwendete Kategorien bei der passiven semantischen Aktivierung bei Experiment 3

Tabelle 12. Übersicht der verwendeten Kategorien bei der passiven semantischen Aktivierung aufgeteilt nach Gruppen und Sessionen. Die für die Fluency-Aufgabe verwendeten Kategorien sind einfach unterstrichen, diejenigen Kategorien, die für das Worststammergänzen verwendet wurden, sind doppelt unterstrichen.

Session	Gruppe 1	Gruppe 2
1		
2		
3	Bundesräte	Schweizer Seen
4	Werkzeuge	Möbel
5	Gemüse	Blumen
6	Kleider	Vögel
7	Schweizer Berge	Schweizer Literaten
8	Bäume	Fische
9	Musikinstrumente	Sportarten
10	Getränke	Gewürze
11	Länder	Hauptstädte
12	Spielzeuge	Schreibgeräte
13	Verwandte	Berufe
14	Stoffarten	Wetterphänomene
15	Wissenschaften	Kommunkationmittel
16	Geschirr	Wohnmöglichkeiten
17	Gefühlszustände	Grimm's Märchen
18	Insekten	Vierbeiner
19	Maler	Baumaterial
20	Fortbewegungsmittel	Verkehrshinweise
21	Begriffe der Physik	Komponisten
22	Landschaft	Farben
23		