

# **Dortmunder Altersstudie: Studie zur Förderung der Hirnleistungsfähigkeit bei Älteren**

Dr. Patrick D. Gajewski

Dipl.-Psych. Claudia Wipking

Prof. Dr. Michael Falkenstein

Dr. Tina Gehlert

# **Dortmunder Altersstudie: Studie zur Förderung der Hirn- leistungsfähigkeit bei Älteren**

Dr. Patrick D. Gajewski  
Dipl.-Psych. Claudia Wipking  
Prof. Dr. Michael Falkenstein  
Dr. Tina Gehlert

Die Unfallforschung der Versicherer veröffentlicht ihre Forschungsergebnisse in den Reihen:

FS - Fahrzeugsicherheit

VI - Verkehrsinfrastruktur

VV - Verkehrsverhalten / Verkehrspsychologie

**Impressum:**

**Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V.**

Unfallforschung der Versicherer

Wilhelmstraße 43/43G, 10117 Berlin

Postfach 08 02 64, 10002 Berlin

E-Mail: [unfallforschung@gdv.de](mailto:unfallforschung@gdv.de)

Internet: [www.udv.de](http://www.udv.de)

ISBN-Nr.: 978-3-939163-31-2

Redaktion/Fachliche Beratung: Dr. Tina Gehlert

Berlin, September 2010

Im Auftrag der Unfallforschung der Versicherer (UDV)

# **Dortmunder Altersstudie: Studie zur Förderung der Hirnleistungsfähigkeit bei Älteren**

bearbeitet durch

**Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU-Dortmund (IfADo)**

Arbeitsgruppe „Altern und ZNS-Veränderungen“

Dr. Patrick D. Gajewski, Dipl.-Psych. Claudia Wipking, Prof. Dr. Michael Falkenstein



Bei der UDV betreut von:

Dr. Tina Gehlert

---

## Inhalt

---

<b>1</b>	<b>Problemlage .....</b>	<b>8</b>
1.1	Unfälle im Haushalt.....	10
1.1.1	Brände .....	10
1.1.2	Stürzunfälle.....	10
1.1.3	Andere Verletzungen .....	11
1.2	Unfälle im Verkehr .....	11
1.2.1	Autofahrer .....	12
1.2.2	Radfahrer .....	14
1.2.3	Fußgänger .....	15
1.2.4	Fazit zur Problemlage.....	16
<b>2</b>	<b>Die Dortmunder Altersstudie.....</b>	<b>17</b>
2.1	Methoden zur Verbesserung der Kognition im Alter .....	17
2.2	Fragestellung .....	18
2.3	Untersuchungsmethodik.....	19
2.4	Probandenakquise.....	20
2.5	Stichprobe.....	21
2.6	Untersuchungen .....	22
2.6.1	Ablauf der Prä- und Postuntersuchung.....	22
2.6.2	Inhalte der Untersuchung .....	23
2.7	Trainingmaßnahmen.....	34
2.7.1	Körperliches Training.....	34
2.7.2	Kognitives Training .....	35
2.7.3	Entspannungstraining.....	36
2.8	Datenauswertung und statistische Analyse .....	37
<b>3</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>39</b>
3.1	Ergebnisse der neuropsychologischen Diagnostik .....	39
3.1.1	d2-Aufmerksamkeits-Belastungs-Test .....	43
3.1.2	Zahlen-Symbol-Test .....	43
3.1.3	Stroop-Test .....	44
3.1.4	Zahlenspanne vorwärts und rückwärts .....	45
3.1.5	Wortflüssigkeit .....	46
3.1.6	Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenz-Test (MWT-B) .....	46
3.1.7	Verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest (VLMT).....	46
3.1.8	Mentale Rotation.....	47
3.1.9	Rey-Osterrieth Complex Figure Test (ROCF) .....	47
3.1.10	Wisconsin Card Sorting Test (WCST) .....	47
3.1.11	Trail-Making-Test (TMT) A und B, Cognitive Failures Questionary (CFQ) .....	47
3.2	Ergebnisse des elektrophysiologischen Untersuchungsteils .....	47
3.2.1	2-back-Aufgabe .....	53
3.2.2	Aufgabenwechsel .....	55
3.2.3	Akustische Ablenkaufgabe .....	57
3.2.4	Stroop-Aufgabe.....	58
3.2.5	Doppelaufgabe .....	60

3.2.6	Go- / NoGo-Aufgabe.....	62
3.2.7	Visuelle Suche.....	64
3.2.8	Manuelle Kompatibilitätsaufgabe.....	65
3.2.9	Sakkadische Kompatibilitätsaufgabe.....	67
3.3	Ergebnisse des Sportchecks.....	67
<b>4</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>69</b>
<b>5</b>	<b>Auswirkungen der Verbesserung von kognitiven Funktionen im Alltag .....</b>	<b>74</b>
5.1	Unfälle im Haushalt.....	74
5.1.1	Brände.....	74
5.1.2	Stürze.....	74
5.1.3	Verletzungen.....	74
5.2	Unfälle im Verkehr.....	75
5.2.1	Autofahrer.....	75
5.2.2	Radfahrer.....	76
5.2.3	Fußgänger.....	77
5.3	Fazit und weiterführende Literatur.....	77
<b>6</b>	<b>Empfehlungen für die Durchführung des kognitiven Trainings .....</b>	<b>78</b>
6.1	PC-gestützte Trainingsprogramme im Internet.....	78
<b>7</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>80</b>
<b>8</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>87</b>
8.1	Liste in der Dortmunder Altersstudie eingesetzter Übungen.....	89

---

## Abstract

---

Some cognitive functions are impaired with increasing age. These functions form the link between the sensory and the motor system and are therefore crucial for complex mental processes and the control of behaviour. The age-related impairment of cognitive functions is accompanied by higher risks of accidents in traffic or at home. The present study examines if different kinds of group-based and trainer-guided training effectively enhance cognitive functions of older adults (aged 65 years and older). Multiple tests were engaged to quantify the effectiveness of physical training (combined aerobic and strength-training), cognitive training (paper-pencil and computer-aided) and muscle relaxation and wellness (social control group). Training sessions took place twice a week for 90 minutes over a period of 4 months. The three training groups were compared with a passive control group which had no training; all subjects were randomly assigned to the four groups.

The results showed a greater improvement of cognitive functions for attendants of the cognitive training group compared to the other groups. These findings were supported by analyses of event-related brain potentials (ERP). These findings suggest that cognitive training may help to preserve and improve cognitive functions in older adults. Our results are in line with the idea that plasticity in brain and mental function exists throughout life and illustrates the usefulness of systematic mental training which should in turn improve the behaviour in risky everyday life situations.

---

## Kurzfassung

---

Mit zunehmendem Alter verschlechtern sich einige mentale (kognitive) Funktionen. Diese Funktionen sind ein Bindeglied zwischen Sensorik und Motorik und somit unerlässlich für komplexe Wahrnehmungsprozesse sowie Planung und Steuerung des Verhaltens. Ein defizitärer Status dieser Funktionen geht mit einem erhöhten Risiko für Unfälle im Haushalt und Verkehr einher. In der vorliegenden Studie wurde untersucht, inwieweit sich diese Funktionen bei über 65-jährigen Personen durch Interventionen verbessern lassen. Konkret wurde die Wirksamkeit diverser Trainingsmaßnahmen hinsichtlich der Verbesserung der Kognition durch den kombinierten Einsatz von verhaltensbasierten und neurophysiologischen Untersuchungsmethoden quantifiziert und spezifiziert. Folgende Trainingsmaßnahmen wurden eingesetzt: Körperliches Training (kombiniertes Kraft- und Ausdauertraining), mentales Training (auf dem Papier und PC-gestützt) und Entspannungstraining (verschiedene Entspannungstechniken), welches auch der Kontrolle sozialer Faktoren diene. Das Training fand in einem Zeitraum von vier Monaten regelmäßig zweimal wöchentlich statt. Die Trainingsgruppen wurden mit einer passiven Kontrollgruppe verglichen, die keine Intervention erhielt, die Zuordnung der Versuchspersonen zu den Gruppen erfolgte zufällig. Es zeigte sich, dass die stärkste Verbesserung der kognitiven Funktionen in der mentalen Trainingsgruppe zu verzeichnen war. Die Leistungsverbesserung ging mit einer deutlichen Veränderung der Hirnaktivität einher, welche mithilfe des Elektroenzephalogramms untersucht wurde. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass regelmäßiges mentales Training bestimmte kognitive Funktionen bei Senioren messbar verbessert, wodurch das Verhalten in risikoreichen Situationen effizienter und potentielle Gefahren schneller erkannt werden können.

---

## 1 Problemlage

---

Die meisten schweren und tödlichen Unfälle bei Personen im höheren Lebensalter passieren im Haushalt und im Straßenverkehr: Im Haus sind es überwiegend Stürze, Brände und Verletzungen (s. Lilley et al., 1995 für eine Übersicht). Bei der Verkehrsteilnahme geschehen Unfälle meist durch Fehlverhalten Älterer in bestimmten komplexen Situationen oder mangelnde Anpassung an schnell wechselnde Verkehrssituationen (Parker et al., 1995; Blockey & Havley, 1995; Stamatiadis & Deacon, 1995; Ryan et al., 1998). Beide Unfallsituationen werden durch alterstypische Probleme wie Ablenkbarkeit, schwache räumliche Orientierung, Unaufmerksamkeit, eingeschränkte Planungsfähigkeit, verlangsamte Entscheidungsfähigkeit oder Vergesslichkeit verursacht (Lilley et al., 1995; Lundberg et al., 1998; Stutts et al., 1998). Unfälle verursachen hohes individuelles und fremdes Leid und sind extrem kostenintensiv. Beispielweise entfallen in Schweden 40% aller Unfallversorgungskosten auf Knochenfrakturen in Folge von Stürzen. Die Unfallraten älterer PKW-Fahrer stiegen in den letzten Jahren leicht an (z. B. Schlag & Megel, 2002) und es wird allgemein angenommen, dass sich der Anteil Älterer an den Verursachern von Verkehrsunfällen aufgrund des Anstiegs älterer Fahrer weiter erhöhen wird.

Diese alterstypischen Probleme wie Vergesslichkeit oder Unaufmerksamkeit sind mit altersbedingter Beeinträchtigung der kognitiven Funktionen verbunden. Die am deutlichsten verschlechterten Funktionen sind

1. Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit (Salthouse, 1996)
2. Psychomotorik (Salthouse, 2000)
3. Langzeitgedächtnis (Moscovitch et al., 1992; Park et al., 1996)
4. Arbeitsgedächtnis (Craik & Salthouse, 2000; Reuter-Lorenz et al., 2000)
5. Aufmerksamkeit (Kok, 2000; Ball, 1997a, b)
6. räumliche Orientierung (Schaie, 1996; Wilkniss et al., 1997)
7. visuelle Suche (Ball et al., 1988; Becic et al., 2008; Hommel et al., 2004)

und die so genannten Kontrollfunktionen (Bherer et al., 2005; Cepeda et al., 2001; Kray & Lindenberger, 2000; Zelazo et al., 2004), die auch unter dem Begriff exekutive Funktionen bekannt sind. Diese Funktionen sind kritisch für die adaptive Verhaltensanpassung in neuen Situationen und steuern das beobachtbare Verhalten. Dazu gehören z. B. die Unterdrückung irrelevanter Information und spontaner (Re-) Aktionen, die Koordination von mehreren Tätigkeiten, schnelle Entscheidungsfähigkeit, Widerstandsfähigkeit gegen ablenkende Reize der Wechsel zwischen Aufgaben sowie die Planung und Vorbereitung von Verhaltensabläufen. Kontrollfunktionen sind von entscheidender Bedeutung für alle komplexen menschlichen Tätigkeiten. Ihr schlechter Status im Alter kann zu Beeinträchtigungen im Alltag führen und daher das Risiko von Unfällen erhöhen. So konnte belegt werden, dass ältere Autofahrer mit häufigen Unfällen (verglichen mit älteren unfallfreien Fahrern) Defizite in verschiedenen kognitiven Funktionen zeigten (z.B. Owsley et al. 1991, Stutts et al. 1998). Dagegen ist das Unfallrisiko seltener mit physischen Beeinträchtigungen assoziiert (Anstey et al., 2005).

Während die Kontrollfunktionen bei langjährig ausgeübten, automatisierten Tätigkeiten kaum eine Rolle spielen, sind sie in ungewohnten Situationen unter Ablenkung, Zeitdruck und Doppeltätigkeit von essentieller Bedeutung und steuern das zielgerichtete Verhalten. Die genannten Randbedingungen sind aber zugleich genau die, unter denen Unfälle gehäuft auftreten. Daraus lässt sich folgern, dass v. a. der individuelle Status der kognitiven Funktionen eine wichtige Rolle für das Unfallrisiko spielt. In der Tat produzieren ältere Personen mit

gut ausgebildeten kognitiven Funktionen weniger Unfälle als Personen mit schlecht ausgebildeten kognitiven Funktionen (Stutts et al., 1998).

Um die Ursachen von Unfällen bei Senioren zu ergründen und geeignete Gegenmaßnahmen auszuarbeiten, wird in den nachfolgenden Kapiteln eine systematische Analyse des Zusammenhangs zwischen den personenbezogenen Unfallvariablen und den entsprechenden kognitiven Funktionen durchgeführt. Zu diesem Zweck werden die häufigsten, unfallträchtigen Situationen im Haushalt und Verkehr beschrieben und mit den personenbezogenen Unfallfaktoren assoziiert. Diese vermittelnden Unfallfaktoren werden im nächsten Schritt mit spezifischen kognitiven Funktionen in Verbindung gebracht, deren Nachlassen im Alter das Risiko einer bestimmten Unfallsituation erhöht. Nachdem die unfallkritischen kognitiven Funktionen extrahiert wurden, wird eine Auswahl an psychometrischen Testverfahren getroffen, die eine detaillierte Untersuchung dieser Funktionen erlauben. Da alle psychischen Funktionen durch bioelektrische Signale im Gehirn realisiert werden, lassen sie sich mit Hilfe geeigneter Messverfahren detaillierter untersuchen. Das sogenannte Elektroenzephalogramm und die daraus extrahierte ereigniskorrelierte Hirnaktivität, geben Aufschluss über Intensität, sowie zeitliche und räumliche Verteilung der Hirnströme, die mit den kognitiven Prozessen assoziiert sind. Die hirnelektrischen Prozesse werden mit Leistungsdaten in Verbindung gebracht, um ein möglichst vollständiges Profil der kognitiven Fähigkeiten der älteren Personen zu erhalten. Durch diese Analyse lassen sich potenzielle Trainingseffekte auf einer Mikroebene untersuchen, d.h. es kann spezifiziert werden, welche neuronalen Teilprozesse durch das Training beeinflusst werden. Durch eine geeignete Intervention sollte sich die Leistung und auch die damit assoziierte Hirnaktivität positiv verändern. Mithilfe induktiven Schließens lässt sich aus den Ergebnissen wiederum ein Zusammenhang zwischen der Verbesserung der Kognition und einer positiven Beeinflussung der personenbezogenen unfallrelevanten Variablen herstellen. Daraus kann gefolgert werden, dass man aufgrund des kognitiven Status einer Person eine Wahrscheinlichkeitsaussage für ihre Fahrtüchtigkeit bestimmen kann. Eine vollständige Herleitung der Funktionen und Tests aus den personenbezogenen Risikosituationen ist in der Tabelle 1 zusammengefasst.

In Anlehnung an die Tabelle 1 werden im Folgenden:

1. Die häufigsten Unfallsituationen beschrieben.
2. Die vermittelnden personenrelevanten Faktoren extrahiert, die *Fehlleistungen* der menschlichen Informationsverarbeitung und Psychomotorik beinhalten. Diese werden durch kursive Hervorhebung kenntlich gemacht.
3. Aus diesen Fehlleistungen wird im nächsten Schritt auf die zugrundeliegenden kognitiven Funktionen geschlossen.
4. Daraus werden psychometrische Tests zusammengestellt, die diese Funktionen quantifizieren.
5. Daraus werden Verhaltens- und Elektrophysiologische Indikatoren abgeleitet.
6. Als Interventionsverfahren wird ein körperliches und geistiges Training eingesetzt.
7. Die Auswirkungen des Trainings auf die psychometrischen Tests werden analysiert.
8. Aus den Ergebnissen wird auf die potentielle Veränderung der Kognition und Verhaltens in unfallträchtigen Situation geschlossen.

**Tabelle 1: Beschreibung von unfallträchtigen Situationen, den personenbezogenen vermittelnden Faktoren sowie Ableitung der daran beteiligten kognitiven Funktionen, der Untersuchungstests und der elektrophysiologischen Parameter (nähere Erläuterungen im Kap. 2.6).**

Bereich	Unfallträchtige Situation	Beispielsituation	vermittelnde Faktoren	beteiligte Funktionen	
Haus	Brände	Anlassen der Elektroplatte, Anlassen von Kerzen	Vergessen	1; 2	
		Störung durch anderen Vorgang, Telefongespräch	Ablenkung durch irrelevante Informationen	4; 5	
	Stürze	umgeknickter Teppichrand, Kabel, Spielzeug	Hindernisse übersehen, Aufmerksamkeitsdefizit		8
		Kabel, Eimer, Spielzeuge	Hindernisse vergessen		1; 2
		plötzliche Ansprache, Klingel an der Tür	Ablenkung durch irrelevante Informationen		4; 5
	Verletzungen	zu schnelles Treppensteigen	Zeitdruck, Defizit in psychomotorischer Koordination		6; 10; 12
		Auf der Leiter stehend bohren	mangelnde Koordination von mehreren Tätigkeiten		7; 10
		Verletzung beim Sägen, Bohren	Defizite in Planung und psychomotorischer Koordination		10; 11
		Verbrennen beim Kochen	Defizite in Planung, Aufgabenwechsel, Psychomotorik		2; 7; 11
		Steigen auf Fensterbänke	Defizite in Planung und psychomotorischer Koordination		13
Mobilität	Unfälle durch Autofahrer	Schild, Ampel, Fußgänger übersehen	Defizite in der Aufmerksamkeit	4; 5; 8; 9; 12	
		Gespräch mit Beifahrer, Manipulationen, Telefonieren	Ablenkung durch zusätzliche Informationen im Fahrzeug	2; 7; 10; 11	
		Fahrzeugsignale, Radio, Navigationssystem	Ablenkung durch zusätzliche Informationen im Fahrzeug	4; 5; 8	
		Ablenkung durch Reklameschilder	Ablenkung durch irrelevante externe Informationen	4; 5; 15	
		Voreiliges Losfahren bei falscher Ampel	Ablenkung durch irrelevante externe Informationen	5; 6; 14	
		zu frühes oder zu spätes Losfahren beim links Abbiegen	Entscheidungsschwierigkeit	6; 10; 11; 12; 14	
		Auffahren auf bremsenden Vordermann	Psychomotorische Verlangsamung, Aufmerksamkeitsdefizit	6; 8; 12; 15	
		verlangsamter Start bei Grün	Psychomotorische Verlangsamung	8; 7; 12	
		Stop and Go, Überholmanöver, Abbiegen	Defizite in der Flexibilität bei wechselnden Tätigkeiten	4; 6; 11; 12; 13	
		räumliche Orientierung, Navigation in fremder Umgebung	Defizite in der räumlichen Wahrnehmung,	2; 4; 9; 13	
	verengte Fahrstreifen	Defizite in der psychomotorischen Koordination	8; 10		
	Straßen- oder Hausnummersuche	Defizite bei Informationssuche, Aufmerksamkeitsdefizit	2; 3; 4; 5; 9		
	Wechsel eines Überholvorschrift	Nichtaktualisierung einer Verkehrssituation, Vergessen	1; 2; 11		
	langfristig geänderte Vorfahrt, Ziel oder Route zum Ziel	Vergessen	3; 13		
	Linksabbiegen (Verkehrsteilnehmer von rechts, von links)	Vergessen, Übersehen	2; 4; 5; 11		
	Tunneblick, Müdigkeit auf der Autobahn	Unkonzentriertheit	15		
	Unfälle durch Fußgänger	Gespräch beim Überqueren der Straße	Ablenkung	4; 5; 7	
		Suche von Zielen und Informationen	Defizite bei Informationssuche, Aufmerksamkeitsdefizit	1; 2; 3; 9	
<b>Auflistung der beteiligten kognitiven Funktionen dazugehörige Messverfahren und die EKP-Indikatoren</b>					
Nummer	Funktion	Neuropsychologische Tests	PC-Tests	EKP-Indikatoren	
1	Kurzzeitgedächtnis	Zahlen nachsprechen vorwärts, VLMT	Aufgabenwechsel hinweisreizbasiert	CNV, P3b	
2	Arbeitsgedächtnis	Zahlen nachsprechen rückwärts	2-back, Aufgabenwechsel-gedächtnisbasiert	nSW, P3a, P3b	
3	Langzeitgedächtnis	VLMT, Rey-Figur nachzeichnen, VLMT	Aufgabenwechsel gedächtnisbasiert	P3b	
4	Orientierung und Reorientierung	Stroop-Test, TMT, WCST	Stroop-Test, Aufgabenwechsel	P3a	
5	Hemmung irrelevanter Information	Stroop-Test, TMT, WCST	Antisakkaden, akustische Ablenkung, Stroop-Test	N2	
6	Hemmung falscher Aktionen	Stroop-Test	Go/no-go, Stroop-Test	No-Go N2	
7	Koordination von Handlungen	Zahlen-Symbol-Test	Doppelaufgabe	N2, P3b	
8	visuelle Aufmerksamkeit	D2-Test	visuelle Suche, Pro-Sakkaden	P2	
9	visuelle Suche, räumliches Denken	D-2-Test, mentale Rotation	visuelle Suche	P2	
10	visumotorische Koordination	Zahlen-Symbol-Test, Rey-Figur			
11	Aufgabenwechsel	TMT-B, WCST	Aufgabenwechsel	CNV, N2, P3b	
12	Verarbeitungsgeschwindigkeit	D2-Test	0-back,	P1, N1, LRP	
13	Handlungsplanung	WCST	Aufgabenwechsel-gedächtnisbasiert	CNV, P3b	
14	Entscheidungsfähigkeit	D2-Test, Zahlen-Symbol-Test,	Go/no-go, Aufgabenwechsel, Stroop-Test	N2	
15	Konzentration	D2-Test, Zahlen-Symbol-Test	2-back, Aufgabenwechsel gedächtnisbasiert	nSW	

## 1.1 Unfälle im Haushalt

Die meisten Unfälle passieren im Haushalt, neben technischen Defekten ist oft menschliches Fehlverhalten verantwortlich.

### 1.1.1 Brände

Brände stellen im Haushalt die häufigste Todesursache dar. Sie können leicht durch technische Defekte der Elektroinstallation entstehen. Der entscheidende menschliche Faktor ist Fehlverhalten wie z. B. das *Vergessen* einer potenziellen Feuerquelle, Abstellen einer Herdplatte oder Löschen von Kerzen. Dieses *Vergessen* kann durch *Ablenkung*, wie beispielsweise ein ankommendes Telefongespräch oder eine interessante Nachricht im Fernsehen zusätzlich verstärkt werden.

### 1.1.2 Stürzunfälle

Eine weitere Ursache von schweren Unfällen im Haushalt bei älteren Personen sind zweifellos Stürze. Wie groß für Senioren die Gefahr ist, die von Stürzen ausgeht, zeigen die Statistiken: Zehn Prozent der Stürze verursachen ernsthafte Verletzungen wie Frakturen der Hüfte, der Arme oder der Wirbelkörper. Die Zahl der Schenkelhalsbrüche in Deutschland wird pro Jahr auf über 135.000 geschätzt. In etwa 40 Prozent der Fälle erholen sich die Gestürz-

ten nicht völlig und bedürfen professioneller Pflege. Zwischen 25 und 33 Prozent der Betroffenen sterben innerhalb eines Jahres an den Folgen der Fraktur. Damit stehen Stürze auf der Liste der häufigsten Todesursachen bei älteren Menschen auf Platz sechs (Lilley et al., 1995; Rupprecht, 2006; Tromp et al., 1998). Stürze entstehen durch verschiedene personenbezogene Ursachen. Durch psychomotorische Einschränkungen wie *langsamere Reaktionsfähigkeit* und rein körperliche Defizite wie reduzierte körperliche Gelenkigkeit können viele Stürze nicht rechtzeitig verhindert werden oder den Hindernissen ausgewichen werden. Bei älteren Personen sind die Folgen der Stürze besonders gravierend aufgrund erhöhter Knochenbrüchigkeit (Osteoporose). Häufige Ursache für Stürze ist das *Übersehen* von Hindernissen auf dem Boden, wie beispielsweise ein umgeknickter Teppichrand, umherliegende Kabel oder Spielzeuge der Enkelkinder. Eine Sturzgefahr besteht ebenfalls, wenn solche Gegenstände auf dem Boden *vergessen* und liegengelassen werden, wie z. B. ein Putzimer, gegen den man beim raschen Umdrehen stößt. Diese Gefahren werden intensiviert, wenn ungünstige Faktoren hinzukommen, wie Zeitdruck, z. B. beim eiligen Treppensteigen oder *Ablenkung*, wenn beispielsweise plötzlich das Telefon klingelt. Eine weitere Ursache für Stürze ist eine *unangemessene Planung* und *Ausführung* von Tätigkeitsabläufen wie eine zu große Entfernung der Leiter zu den Gardinenstangen, nicht in Reichweite platzierte Utensilien wie Lappen zum Fensterputzen oder das Aufstellen einer Leiter auf einem unebenem Boden oder einer Treppe. Eine Überschätzung eigener Möglichkeiten in Kombination mit *Defiziten in der Koordination von Mehrfachtätigkeiten* wie gleichzeitig auf der Leiter balancieren, eine Hängelampe festhalten und die Glühbirne eindrehen, kann leicht gravierende Folgen für ältere Personen haben.

### 1.1.3 Andere Verletzungen

Verletzungen bei Senioren entstehen ebenfalls durch Verrichtung täglicher Tätigkeiten im Haushalt. Es sind insbesondere ungeübte oder neue Tätigkeiten wie kleine Reparaturen oder handwerkliche Arbeiten. Hierbei können Verletzungen aufgrund von *Vergesslichkeit* (beispielsweise den Stecker vom Rasenmäher zu ziehen, ein Ventil zuzudrehen) oder *Ablenkbarkeit* passieren, z. B. wenn man beim Sägen, Schneiden oder Bohren angesprochen wird. *Mangelnde Planung* der richtigen Reihenfolge von Verhaltensabläufen beim Handwerken kann ebenfalls ernsthafte Konsequenzen haben, (wie z.B. anstatt der Tätigkeitsabfolge: Ersatzbeleuchtung anschalten - Strom abschalten – Steckdose abschrauben – Streichen – Steckdose anschrauben – Strom anschalten, wird z.B. direkt nach dem ersten Schritt mit dem Abschrauben der Steckdose begonnen ohne die Sicherung auszuschalten). Die *reduzierte Koordinationsfähigkeit bei Mehrfachtätigkeiten* im Haushalt kann bei Senioren zu weiteren Verletzungen führen wie Verbrennungen oder Verbrühungen beim Kochen (zwischen Gemüseschneiden und Telefonieren, wird versucht eine kochende Suppe vom Herd zu nehmen).

## 1.2 Unfälle im Verkehr

Im Jahr 2008 verunglückten nach Angaben des statistischen Bundesamtes 44.527 Personen im Alter von 65 Jahren und älter im Straßenverkehr. Ältere Menschen sind im Straßenverkehr zwar weniger häufig in einen Unfall verwickelt, haben dann aber schwerere Unfallfolgen zu erleiden. Die Altersgruppe umfasst 25% aller getöteten Verkehrsteilnehmer, etwa jeder zweite getötete Radfahrende oder Fußgänger war ein Senior oder eine Seniorin. Bezogen auf die Bevölkerung lag das Risiko der Gruppe 65+ im Straßenverkehr tödlich zu verunglücken deutlich höher als der Durchschnitt aller Altersgruppen (65 Personen je eine Million

Einwohner dieser Altersgruppe gegenüber 54 Getöteten je eine Million Einwohner aller Altersklassen).

### 1.2.1 Autofahrer

8,9% der bei Straßenverkehrsunfällen verunglückten Pkw-Insassen waren über 65 Jahre alt, 18% wurden dabei getötet. Zur Beschreibung der Unfallstruktur dienen bundesweit sieben Unfalltypen, die den verkehrstechnischen Konflikt beschreiben, der zum Unfall führte (Unfalltypen-Katalog, GDV, 1998). Die Analyse der Unfalldaten des Landes NRW 2008 mit Beteiligung von PKW-Fahrende über 65 Jahren zeigte:

- Die häufigsten Unfälle waren Unfälle, bei denen das Fahrzeug in eine übergeordnete Straße einbiegen oder diese kreuzen wollte (Unfalltyp 3 "Einbiegen/Kreuzen", z. B. Kollision beim Einfahren in die vorfahrtberechtigte Straße mit dem von links kommenden Geradeausfahrenden).
- An zweiter Stelle folgten Unfälle im Zusammenhang mit einer Vorrangmissachtung beim Abbiegen (Unfalltyp 2 "Abbiegen", z.B. Kollision beim Linksabbiegen mit dem geradeaus fahrenden Gegenverkehr)
- Unfälle mit einem in gleicher oder entgegengesetzter Richtung Fahrenden folgen an dritter Stelle (Unfalltyp 6 "Unfall im Längsverkehr", z.B. Auffahrunfall, Unfall beim Überholen oder Spurwechsel).
- Deutlich seltener sind PKW-Fahrende 65+ beteiligt an Unfällen, bei denen ein Fahrzeugführer die Kontrolle über sein Fahrzeug verliert (Unfalltyp 1 "Fahrerunfall", z. B. Abkommen von der Fahrbahn in einer Kurve wegen nicht angepasster Geschwindigkeit), an Unfällen im Zusammenhang mit dem Überschreiten der Fahrbahn außerhalb von Knotenpunkten (Unfalltyp 4 "Überschreiten") und an Unfällen zwischen einem Fahrzeug des fließenden Verkehrs mit einem parkenden Fahrzeug (Unfalltyp 5 "Unfall mit ruhendem Verkehr")

Wie in der Abbildung 1 deutlich zu sehen, liegt die absolute Anzahl der Unfälle in der Altersgruppe der über 70-jährigen bei allen Unfalltypen deutlich höher als bei den 65- bis 69-jährigen.

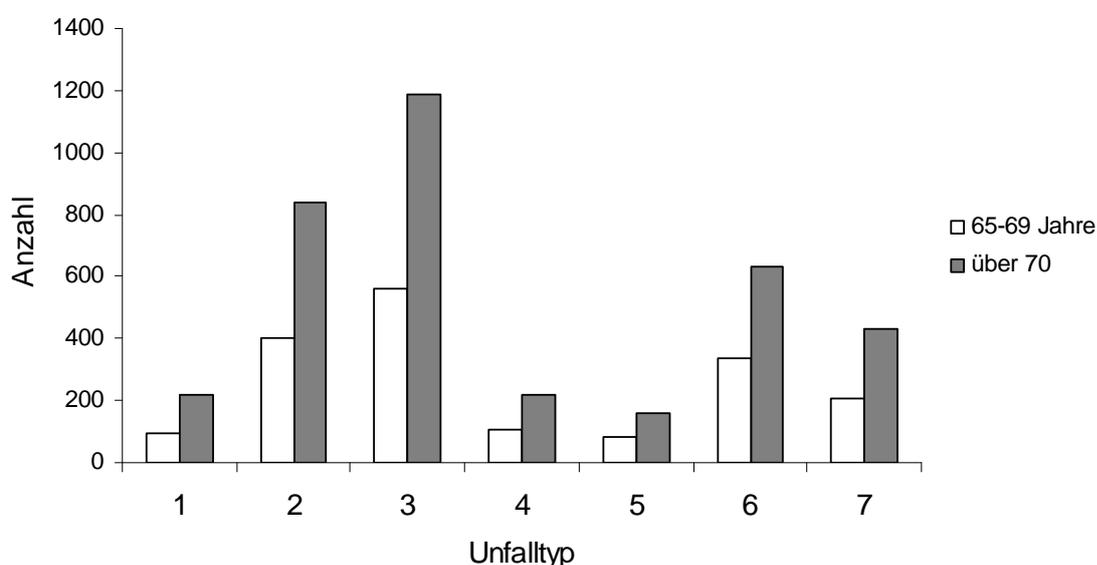


Abbildung 1: Anzahl der PKW-Unfälle im Jahre 2008 in NRW nach Unfalltyp und Altersgruppe

Aus den Häufigkeiten der Unfalltypen lassen sich besondere Gefahrensituationen für Ältere ableiten: Die größten Schwierigkeiten entstehen in komplexen räumlichen Situationen (Kreuzungen und Einmündungen) unter Beteiligung anderer Verkehrsteilnehmer. Die Knotenpunkunfälle (Unfalltyp 2 und 3) können durch eine Reihe personenbezogener Faktoren verursacht werden:

In erster Linie können altersbedingte *Einschränkungen in der zeitlich-räumlichen Wahrnehmung* verantwortlich sein. Durch eine dynamische Aktion mehrerer Verkehrsteilnehmer werden zusätzlich hohe Anforderungen an die Aufmerksamkeit und das Arbeitsgedächtnis gestellt, die ein vorausschauendes zeitlich-räumliches Denken und ein entsprechendes Verhalten erst ermöglichen. Eine *Fehleinschätzung von zeitlich-räumlichen Dimensionen* in Verkehrssituationen scheint bei Älteren ein generelles Problem zu sein. Dazu gehört z. B. Erkennung von Geschwindigkeiten und Berechnung der Position von Verkehrsteilnehmern aufgrund ihrer Geschwindigkeit. Ähnliche kognitive Anforderungen werden beim Überholmanöver gestellt, in dem abgeglichen werden muss, ob die Zeit und der Weg ausreichen um das Manöver durchzuführen. Zeitlich-räumliche Wahrnehmung ist auch kritisch für das Verhalten beim Umfahren von Hindernissen, z. B. wenn entschieden werden muss, ob an parkenden Fahrzeugen noch vorbeigefahren werden kann, wenn andere Fahrzeuge entgegenkommen. Vorausschauendes zeitlich-räumliches Denken ist notwendig, um gefährliche Situationen zu erkennen und das Fahrverhalten anzupassen (z. B. spielende Kinder auf dem Bürgersteig, Radfahrer, Fußgänger am Rand einer Landstraße). Ungünstige Faktoren wie Reize im Inneren des Fahrzeugs (Navigationssystem, Radio) oder externe Informationen (Reklame, Sehenswürdigkeiten) führen zur *Ablenkung* und erhöhen das Unfallrisiko durch *Übersehen* von Fußgängern, Verkehrsschildern oder Ampeln. Durch die *beeinträchtigten psychomotorischen Funktionen* sowie Zeitdruck gepaart mit zügigem Fahrverhalten, welches im Stadtverkehr üblich ist, werden extrem hohe Anforderungen an das kognitive System bei Senioren gestellt.

Konzentration beschreibt die Fähigkeit zur dauerhaften Wachsamkeit, um Aufmerksamkeit auf einem ausreichenden Funktionsniveau zu halten. Je größer das Verkehrsaufkommen und länger die Fahrt, desto mehr Energie wird benötigt um die Konzentrationsfähigkeit und Aufmerksamkeit aufrecht zu erhalten. Die Konzentrationsspanne lässt bei älteren Personen schnell nach. Besonders dann nimmt auch der Stress zu, wenn die *Konzentration nachlässt*. Das Fahren auf einer überfüllten Autobahn erfordert die volle Aufmerksamkeit des Fahrers, weil viele potenzielle Gefahrenquellen lauern. Besonders bei neuen Strecken läuft das Fahren nicht mehr routinemäßig ab, sondern erfordert einen intensiven Einsatz an Kontrollprozessen. In Situationen von dauerhafter Belastung erfolgt Ermüdung, die zu einer kurzzeitigen *Aussetzen der Wachsamkeit und Aufmerksamkeit* führen kann (Tunnelblick). Dabei ist zu beachten, dass je länger die Konzentrationsphase ist, desto kürzer ist die Zeit der vollen Aufmerksamkeit. So konnten Klauer und Kollegen (2006) zeigen, dass in 78% der Unfälle und 65% der Beinahe-Unfälle die Fahrer in den letzten 2 Sekunden unaufmerksam waren.

Ein weiterer Faktor, der komplexe Situationen kritisch werden lässt, ist eine *beeinträchtigte Koordination mehrerer Tätigkeiten*. Aufgrund von *reduzierter Arbeitsgedächtniskapazität* bei Älteren, können zusätzliche Tätigkeiten wie Gespräche mit dem Beifahrer oder Manipulationen an Bedienungselementen in komplexen Verkehrssituationen zu *zeitweiligen Kontrollverlusten* oder *Desorientierungssymptomen* führen. Ähnliche Schwierigkeiten können bei einer gleichzeitigen visuellen Suche nach Straßenschildern oder Hausnummern auftreten oder beim gleichzeitigen Telefonieren (Strayer & Johnston, 2001), wodurch das Unfallrisiko um das Dreifache bei den über 55-jährigen steigt (Redelmeier & Tibshirani, 1997).

Die altersbedingte *Abnahme der räumlichen Wahrnehmung* kann auch zu Problemen in schwierigen räumlichen Situationen führen, in denen präzise räumliche Analysen notwendig sind, wie beispielsweise verengte Fahrstreifen auf Autobahnbaustellen, rückwärts Einparken in eine Parklücke oder Manövrieren in engen Gassen. *Räumliche Orientierungsschwierigkeiten* auf einer globalen Ebene führen zu *Desorientierung* und *Navigationsproblemen* in einer unbekanntem Gegend.

Weitere Faktoren, die das Unfallrisiko im Alter steigern, sind *Schwierigkeiten in Entscheidungssituationen*. Besonders kritisch sind Anfahrten an Kreuzungen oder Fußgängerüberquerungen mit Ampeln, die auf Gelb springen, vor denen eine schnelle Entscheidung getroffen werden muss, ob gebremst oder doch noch gefahren wird. Die im Alter *nachlassende Entscheidungsfähigkeit*, bzw. *-schnelligkeit* führt oft zu *Unsicherheit* und *verzögerter* oder *falscher Reaktion*. So kann z. B. ein vorzeitiges Losfahren bei Beachtung einer falschen Ampel für die Nebenspur zu einem Abbiege- oder Kreuzenunfall, ein zu heftiges (beim Hintermann) oder zu spätes (beim Vordermann) Bremsen zu einem Auffahrunfall führen. Die *Unsicherheit* kann auch beim Linksabbiegen mit Gegenverkehr oder Einfädeln und Spurwechseln auf der Autobahn bei starkem Verkehr zu Unfällen führen, wenn der richtige Zeitpunkt zum Einleiten des Manövers verpasst, es aber dennoch durchgeführt wird.

Einen weiteren Risikofaktor stellen wechselnde Fahrsituationen und -anforderungen für ältere Autofahrer dar. Das zunehmende Alter führt zu *Defiziten im adaptiven Verhalten*, also zu *reduzierter Flexibilität* (bzw. erhöhter Rigidität) wenn sich die Fahrsituation kurzzeitig ändert. So können Anpassungsschwierigkeiten auftreten und zu einem unangemessenen Fahrverhalten führen (z. B. hinsichtlich der Geschwindigkeit), wenn Ältere vom Autobahn- zum Stadtverkehr wechseln oder umgekehrt. Ähnliche Anpassungsschwierigkeiten können z. B. bei einem Stop and Go - Verkehr oder bei einem Überholmanöver entstehen, bei dem kurzfristig die Geschwindigkeitsverhältnisse geändert werden müssen. Das Problem der wechselnden Anforderungen betrifft ebenfalls Situationen in denen während der Fahrt komplexe Entscheidungen getroffen werden müssen (z. B. Wechseln zwischen dem Einstellen der Route am Navigationsgerät und Beachtung des Verkehrs).

Schließlich können auch altersbedingte *Defizite bei der Aktualisierung* der relevanten Verkehrssituation das Unfallrisiko erhöhen. Bei dieser Funktion handelt es sich um Aktualisierung von Gedächtnisinhalten im Kurz- und Langzeitgedächtnis. Bei kurzfristig gültigen Verkehrsvorschriften, wie z. B. der Überholvorschrift oder Geschwindigkeitsbegrenzung müssen die Informationen bis zu ihrer Änderung aufrechterhalten werden. Bei langfristig gültigen Vorschriften müssen die Informationen aktualisiert und über eine gewisse Zeitspanne aufrecht erhalten werden, wie z. B. Änderungen der Verkehrsordnung, Umleitungen, geänderte Vorfahrten oder eine bestimmte Route. Häufigste Unfallursache bei den PKW-Fahrern über 65 Jahre im 2008 waren Vorfahrtsfehler. Diese Ursache, die vorwiegend auf die *beeinträchtigte Aktualisierung von Gedächtnisinhalten* zurückgeht, wurde fast jedem fünften Unfallbeteiligten dieser Altersklasse (19%) bei Unfällen mit Personenschaden vorgeworfen.

### 1.2.2 Radfahrer

Grundsätzlich treten bei Radfahrern ähnliche Risiken aufgrund von altersbedingten Veränderungen wie bei den PKW-Fahrern auf. Die Analyse der Unfalltypen bei Radfahrern für 2008 für das Land NRW bestätigt, dass ähnliche Unfalltypen wie bei den PKW-Fahrern dominieren. Aus Abbildung 2 wird ersichtlich, dass die meisten Unfälle bei Radfahrern ebenfalls beim Kreuzen oder Einbiegen passieren (Unfalltyp 3). Dies sind Situationen, in denen es zu einem Konflikt zwischen einem Wartepflichtigen und einem Vorfahrtberechtigten kommt. Anders

jedoch als bei älteren PKW-Fahrern passieren die zweithäufigsten Unfälle nicht im Kontext vom Abbiegen, sondern als Folge von *psychomotorischem Kontrollverlust* (Unfalltyp 1), also wenn eine Person die Gewalt über ihr Fahrrad verliert (z. B. das Gleichgewicht). Auch bei den Radfahrern sind Unfälle unter Beteiligung über 70-jähriger bei allen Unfalltypen deutlich häufiger als bei den 65-69 Jahre alten Personen.

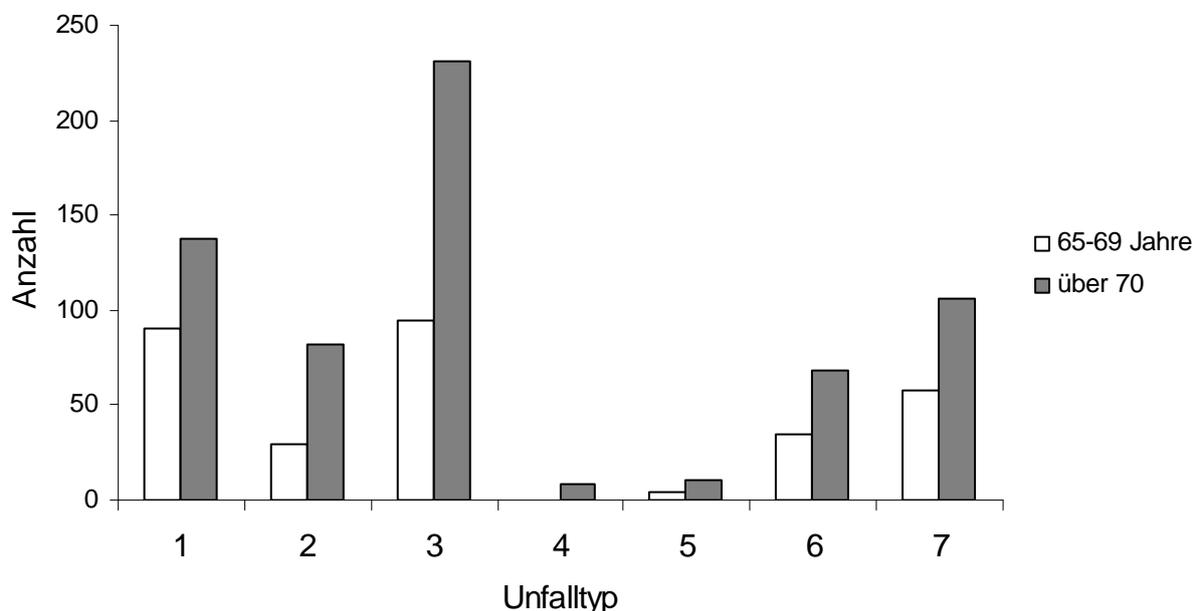


Abbildung 2: Anzahl der Unfälle bei Radfahrern im Jahre 2008 in NRW nach Unfalltyp und Altersgruppen

Ähnlich wie bei den PKW-Fahrern, passieren die meisten Unfälle bei Radfahrern an komplexen und unüberschaubaren Knotenpunkten, aber auch an einfachen Kreuzungen von Rad- oder Feldwegen, an Bahnübergängen, sowie bei Grundstücks- oder Parkplatzzufahrten. Die kritischen Faktoren selbstverschuldeter Unfälle bei Senioren sind *Ablenkbarkeit* und *mangelndes vorausschauendes Denken*, das die Analyse und Integration von komplexen zeitlich-räumlichen Informationsmustern verlangt. Ausgenommen sind die vielen Verkehrsüberschreitungen seitens der PKW-Fahrer gegenüber den Radfahrern. Also liegen die Ursachen für selbstverschuldete Fahrradunfälle in altersbedingter *Beeinträchtigung der Informationsverarbeitung*. Zusätzlich haben ältere Radfahrer *größere Schwierigkeiten in Koordination von mehreren Tätigkeiten* wie Gleichgewicht halten (Psychomotorik) in Kombination mit der Analyse der aktuellen Verkehrssituation.

### 1.2.3 Fußgänger

Die Analyse der Unfalltypen für Fußgänger in NRW des Jahres 2008 ergibt, dass 78% der 65 bis 69-jährigen und 89% der über 70-jährigen Personen in den Unfalltyp 4 verwickelt waren (Abb. 3). Dabei handelt es sich um einen „Überschreiten-Unfall“, d.h. eine Konfliktsituation zwischen einem die Fahrbahn überschreitenden älteren Fußgänger und einem Fahrzeug. Dabei spielte es keine Rolle, ob der Unfall an einer Stelle ohne besondere Einrichtungen für den Fußgängerverkehr oder an einem Zebrastreifen geschehen ist.

Beim sicheren Überschreiten der Straße ist eine Reihe von intakten kognitiven Funktionen notwendig. Zum einen müssen die sich nähernden Fahrzeuge mit besonderer Aufmerksamkeit beobachtet werden. Geschwindigkeit und Entfernung müssen eingeschätzt werden, wo-

zu die Fähigkeit zur zeitlich-räumlichen Analyse dynamischer Objekte erforderlich ist. Zum anderen muss vor dem Überqueren der Straße nach links und rechts geschaut werden. Diese Information muss gespeichert werden, bevor die Entscheidung zum Überqueren getroffen wird. Durch einen *verzögerten Ablauf der Informationsverarbeitung, Entscheidungsfindung und motorischen Umsetzung* bei Älteren, wird das Verhalten unter Umständen zu einem nicht mehr angemessenen Zeitpunkt eingeleitet. Durch erhöhte *Ablenkbarkeit* bei Senioren (z. B. durch ein Gespräch oder die Suche nach einer Hausnummer) können Fahrzeuge leichter *übersehen* oder *überhört* werden, trotz eines intakten oder korrigierten Seh- und Hörvermögens.

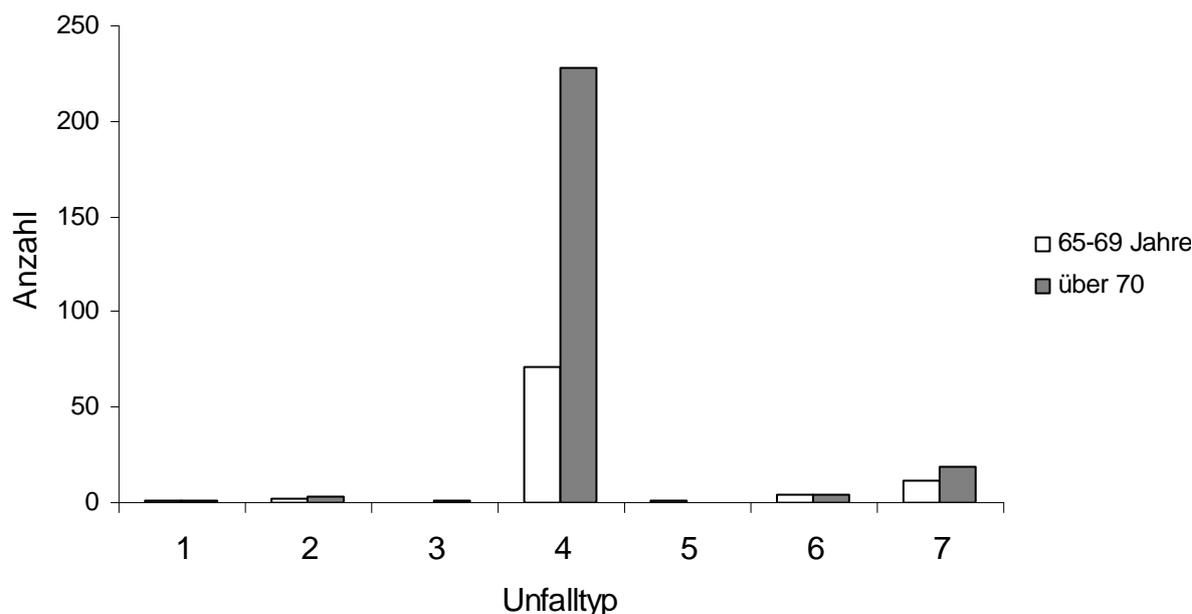


Abbildung 3: Anzahl der Unfälle bei Fußgängern im Jahre 2008 in NRW nach Unfalltyp und Altersgruppen

#### 1.2.4 Fazit zur Problemlage

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass das Unfallrisiko im Haushalt und im Verkehr mit zunehmendem Alter erheblich steigt. Verantwortlich dafür sind neben Aspekten der Verkehrsinfrastruktur vor allem nachlassende kognitive Fähigkeiten bei älteren Personen.

Dazu gehören Probleme bei zeitlich-räumlicher Integration von Informationen, die Koordination von Mehrfach Tätigkeiten, Entscheidungsunsicherheit, Aufmerksamkeitsdefizite, nachlassende Kurz- und Arbeitsgedächtniskapazität, erhöhte Ablenkbarkeit sowie unangemessene Planung und Ausführung von Tätigkeitsabläufen. Vor dem skizzierten Hintergrund wird es in Zukunft für die Gesellschaft immer wichtiger sein, die Gesundheit und Leistungsfähigkeit älterer Personen durch geeignete Maßnahmen der Prävention, sowie durch private und institutionelle Kognitionsförderung zu erhalten und zu fördern.

---

## 2 Die Dortmunder Altersstudie

---

### 2.1 Methoden zur Verbesserung der Kognition im Alter

Es gibt Hinweise, dass sich die altersbedingte Verschlechterung kognitiver Funktionen durch körperliches (Colcombe et al., 2004; Kramer & Erickson, 2007; Klusmann et al., 2010) und auch durch formales kognitives Training (Ball et al., 2000; Basak et al., 2008; Kramer & Morrow, im Druck) kompensieren oder sogar umkehren lässt. Die Datenbasis von Trainingsstudien ist jedoch relativ klein und die Ergebnisse uneinheitlich. Einige Studien zeigen deutliche Effekte des körperlichen Trainings auf die Kognition, andere wiederum kaum oder keine. Als Ursachen für diese Unterschiede werden Dauer, Intensität und Art des Trainings (aerob vs. anaerob) diskutiert. Trotz der Unterschiede in den einzelnen Studien, weisen Meta-Analysen jedoch auf einen neuroprotektiven Effekt des körperlichen Trainings hin (z.B. Kramer & Erickson, 2007). In den bisherigen Studien zu den Effekten von kognitivem Training bei Älteren konnte ein konsistenterer Trainingserfolg gezeigt werden (Kramer & Morrow, im Druck). In einer neulich veröffentlichten Studie „Berlin bleibt fit“ (Klusmann et al., 2010) wurden Frauen im Alter von 70 bis 93 Jahren entweder einer körperlichen Trainingsgruppe (Aerobic, Koordination, Balance), einer PC- Gruppe (Schreiben, Zeichnen, Rechnen, im Internet surfen, Emails schreiben usw.) oder einer passiven Kontrollgruppe zugewiesen. Das Programm setzte sich aus 75 Einheiten zusammen mit der Dauer von jeweils 90 Minuten. Die Ergebnisse zeigen verbesserte Gedächtnisleistung bei unmittelbarem und verzögertem Abruf sowohl in der körperlichen als auch PC-Gruppe relativ zur Kontrollgruppe.

Eine andere Frage betrifft die Übertragbarkeit des Trainingserfolgs auf nicht trainierte Funktionen. In den meisten Studien ist der Transfer relativ begrenzt (Basak et al., 2008; Becic et al., 2008; Bherer et al., 2005; Healy et al., 2006; Zehnder et al., 2009). Einige Studien zeigen jedoch eindrucksvolle Transfereffekte, insbesondere bei Einsatz von komplexen und abwechslungsreichen Trainings (bei jungen Personen z.B. Jaeggi et al., 2008; Gopher et al., 1994; Smeeton et al., 2005 und bei Senioren z. B. Willis et al., 2006). So konnten auch Cassavaugh und Kramer (2009) zeigen, dass Training von Aufmerksamkeit, Arbeitsgedächtnis und manueller Kontrolle in einfachen Aufgaben und Doppelaufgabensituationen die Leistung in simulierten Fahrsituationen bei älteren Probanden verbessert.

In einigen Studien wurde ein positiver Zusammenhang zwischen Umweltfaktoren und Kompensation von kognitiven Beeinträchtigungen im Alter gezeigt (Bielak et al., 2007; Crowe et al., 2008; Milgram et al., 2006). Umgekehrt konnte gezeigt werden, dass ein reizarmes Umfeld oder monotone berufliche Tätigkeit zu Deprivation und kognitiven Defiziten führt (Basta et al., 2008; Gajewski et al., in press). Insbesondere könnten regelmäßige soziale Kontakte die Wahrnehmung und Kognition im Allgemeinen verbessern, (z. B. Deutsch & Gerard, 1955; Moscovici & Personnaz, 1980), obwohl konsistente und einschlägige Nachweise bislang fehlen. Es können demnach drei unterschiedliche und modifizierbare Einflussmaßnahmen extrahiert werden (körperliches, kognitives und u. U. soziales Training), die eine protektive oder kompensatorische Wirkung auf die Kognition im hohen Alter haben. Es kann also erwartet werden, dass Maßnahmen, die zur Verbesserung der Kognition im Alter beitragen, auch das Verhalten in unfallträchtigen Situationen verbessern und damit die Unfallhäufigkeit in der häuslichen Umgebung und im Straßenverkehr reduzieren.

Im Rahmen der Studie können allerdings nur Aussagen hinsichtlich der Wirkung der eingesetzten Maßnahmen auf einzelne kognitive Funktionen getroffen werden. Die positive Wirkung auf die Unfallhäufigkeit kann lediglich induktiv geschlussfolgert werden.

## 2.2 Fragestellung

In der vorliegenden Studie werden zwei Hauptfragen untersucht, um aus den Ergebnissen Empfehlungen abzuleiten:

- 1) Lassen sich kognitive Funktionen, die für den Alltag kritisch sind, durch verschiedene Trainingsarten positiv beeinflussen?

Aufgrund der umfangreichen Literaturrecherche zum Thema Interventionsmaßnahmen bei Senioren, die deren kognitive Fähigkeiten verbessern, lassen sich folgende Hypothesen ableiten:

1. Da ein körperliches Training die Neurogenese und auch das Wachstum neuer Zellverbindungen durch das Hormon BDNF begünstigt, die Konzentration der Botenstoffe Dopamin und Serotonin im frontalen Kortex erhöht, sowie die allgemeine Sauerstoffaufnahme und die Zelldurchblutung im Gehirn verbessert, wird erwartet, dass ein regelmäßiges körperliches Training die Informationsverarbeitungseffizienz steigert und eine Reihe von kognitiven Funktionen sowie die allgemeine Psychomotorik verbessert (Colcombe et al., 2003; Kramer et al., 1999, 2005).
  2. Laut Literatur verbessert das kognitive Training spezifisch die trainierten Funktionen (z.B. Ball et al., 2002; Basak et al., 2008). Die Effekte werden durch Expertise vermittelt, die auf dem Prinzip neuronaler Plastizität durch Lernen basieren. Darüber hinaus werden Transfereffekte auf andere nicht explizit trainierte Funktionen oder Alltagstätigkeiten berichtet (z.B. Cassavaugh & Kramer, 2006; Jaeggi et al., 2008; Willis et al., 2006).
  3. Es gibt Hinweise auf einen günstigen Einfluss von sozialen Kontakten auf die Aufrechterhaltung von kognitiven Funktionen im Alter (Basta et al., 2008). Um diesen Einfluss einschätzen zu können, wird in die Studie eine soziale Kontrollgruppe aufgenommen, die ein vielseitiges Entspannungstraining absolviert.
- 2) Wenn durch die genannten Trainingsmaßnahmen die kognitiven Funktionen verbessert werden, stellt sich die Frage, welche Trainingsart stärkere Effekte bringt, und inwieweit unterschiedliche kognitive Funktionen, die für bestimmte Alltagsleistungen wichtig sind, durch die Trainingsarten unterschiedlich beeinflusst werden.

Aufgrund der Literatur, wird davon ausgegangen, dass mehr konsistente Effekte durch körperliches Training zustande kommen, da die Hirnaktivität unspezifisch verbessert werden sollte. Andererseits werden durch vielschichtiges kognitives Training eine Reihe von Funktionen spezifisch angesprochen, die im Alltag hoch relevant sind. Insofern kann davon ausgegangen werden, dass sich beide Trainingsarten qualitativ unterschiedlich auf die kognitiven Funktionen auswirken.

## 2.3 Untersuchungsmethodik

Die Studie wurde als eine randomisierte und kontrollierte 4-monatige Trainingsstudie mit einer Prä- und Postuntersuchung konzipiert. Der Versuchsplan ist in der Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Der Versuchsplan der Dortmunder Altersstudie

Gruppe	UV	AV
EG1	Körperliches Training	Neuropsychologie, Verhaltensdaten, EKP, max. Leistung
EG2	Kognitives Training	Neuropsychologie, Verhaltensdaten, EKP, max. Leistung
KG1	Entspannungstraining	Neuropsychologie, Verhaltensdaten, EKP, max. Leistung
KG2	kein Training	Neuropsychologie, Verhaltensdaten, EKP, max. Leistung

Die unabhängige Variable (UV) war die Art der Trainingsmaßnahme, die mit vier Ausprägungen zwischen vier Gruppen von Probanden variiert wurde. Abhängige Variablen (AV) waren Ergebnisse der neuropsychologischen Tests, die Verhaltensdaten (Reaktionszeiten und Fehlerraten) der PC-gestützten Tests, die Parameter der ereigniskorrelierten Potentiale (EKP) sowie die maximale Leistung (Watt) im körperlichen Belastungstest. Das experimentelle Design bestand aus dem Innersubjekt-Faktor „Messzeitpunkt“ (prä vs. post) und Trainingsgruppe (körperliches Training („Fitness“; EG1), kognitives Training („Kognition“; EG2), soziale Kontrollgruppe („Entspannung“; KG1), passive Kontrollgruppe („Kontrolle“; KG2)). Die Teilnehmer der passiven Kontrollgruppe gingen während der 4 Monate ihren täglichen Aktivitäten nach, ohne dass eine Veränderung ihres Lebensablaufs durch die Studie eingetreten wäre. Sie dienen unter anderem als Vergleichsgruppe für die soziale Kontrollgruppe.

Tabelle 3: Der Zeitplan der Dortmunder Altersstudie

Jahr	2008												2009												2010		
	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz			
Akquise, Organisation	■	■	■	■	■	■	■	■																			
Voruntersuchung Kohorte 1							■	■																			
Voruntersuchung Kohorte 2								■	■																		
Voruntersuchung Kohorte 3									■	■																	
Training Kohorte 1										■	■	■	■														
Training Kohorte 2											■	■	■	■	■												
Training Kohorte 3												■	■	■	■												
Nachuntersuchung Kohorte 1																■	■										
Nachuntersuchung Kohorte 2																	■	■									
Nachuntersuchung Kohorte 3																		■	■								
Auswertung + Bericht																				■	■	■	■	■			

Die Teilnehmer wurden in 3 Kohorten von jeweils 48 Personen unterteilt. Nachdem die Teilnehmer alle Bausteine der Voruntersuchung (Prämessung) absolviert hatten, wurden sie per Generierung von Zufallszahlen (SPSS 17, aktiver Zufallszahlgenerator Mersenne-Twister; Matsumoto and Nishimura, 1998) den 4 Gruppen pro Kohorte zugeordnet. Die Teilnehmer wurden telefonisch über die Gruppenzugehörigkeit, Ort des Trainings und die Trainingszeiten informiert. Die erste Trainingskohorte mit jeweils 12 Teilnehmern pro Gruppe begann das

Training am 12. Januar, die zweite Kohorte am 13. Februar, die dritte Kohorte am 13. März 2009. Das Training fand zweimal wöchentlich für jeweils 90 Minuten über 4 Monate statt (32 Trainingseinheiten). Nach Abschluss des Trainings fand die Nachuntersuchung (Postmessung) statt, die sich wieder aus allen vier Untersuchungsbausteinen zusammensetzte. Einen Zeitplan der Studie illustriert die Tabelle 3.

## 2.4 Probandenakquise

Die Teilnehmer wurden ab April 2008 über lokale Presse (Ruhrnachrichten, Stadtanzeiger), Fernsehen (Lokalzeit im WDR) und Flugblattaktionen an verschiedenen Standorten (auf Sommerfesten, Sportfesten, Tanzveranstaltungen, in Arztpraxen, Seniorenbegegnungsstätten usw.) akquiriert (s. Zwischenbericht für detaillierte Informationen). Mithilfe dieser Aktionen wurden insgesamt etwa 490 Anfragen verzeichnet.

Abbildung 4 stellt ein Flussdiagramm für den Ablauf von der Akquise bis zur Nachuntersuchung dar.

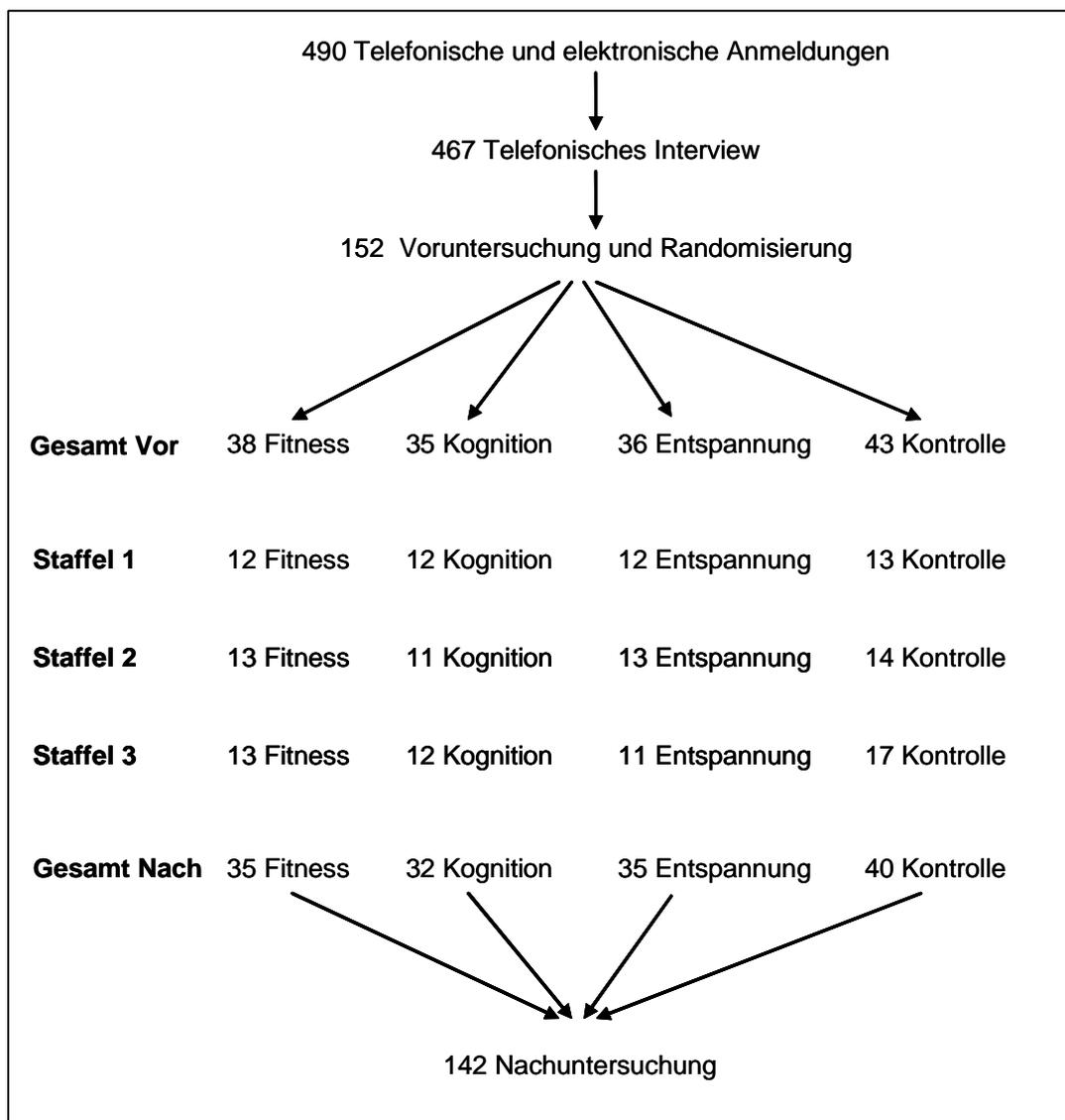


Abbildung 4: Fluss der Probanden

## 2.5 Stichprobe

An der Studie konnten Personen teilnehmen, die zum Zeitpunkt der Akquise

- 1) mindestens 65 Jahre alt waren,
- 2) selbständig lebten,
- 3) körperlich mobil waren,
- 4) sich nicht in psychopharmakologischer Behandlung befanden,
- 5) im Mini-Mental-Status-Test (MMST) eine Punktzahl von mindestens 25 erreichten und
- 6) eine ausreichende Seh- und Hörfähigkeit (auch korrigiert) besaßen.

Weitere körperliche Einschränkungen wurden nicht gemacht. In einem Telefoninterview wurden die Personen gefragt, ob sie aktuell regelmäßig Sport (Joggen, Walken, Schwimmen, Tanzen) oder Gehirnjogging (z. B. Gedächtnistraining) betreiben.

**Tabelle 4. Stichprobencharakteristik und soziodemographische Daten**

	Gesamt (n = 142)	Fitness (n = 35)	Kognition (n = 32)	Entspannung (N = 35)	Kontrolle (n = 40)
<b>Alter</b>					
unter 70	48,6%	48,6%	46,9%	42,9%	55,0%
über 70	51,4%	51,4%	53,1%	57,1%	45,0%
<b>Geschlecht</b>					
männlich	40,1%	42,9%	37,5%	40,0%	40,0%
weiblich	59,9%	57,1%	62,5%	60,0%	60,0%
<b>Familienstand</b>					
ledig	7,0%	11,4%	15,6%	2,9%	0,0%
verheiratet	52,1%	60,0%	46,9%	57,1%	45,0%
geschieden	18,3%	8,6%	25,0%	14,3%	25,0%
verwitwet	21,1%	17,1%	12,5%	25,7%	27,5%
festе Partnerschaft	1,4%	2,9%	0,0%	0,0%	2,5%
<b>Höchster Schulabschluss</b>					
kein Abschluss	2,9%	0,0%	6,5%	2,9%	2,6%
Volksschule	37,7%	38,2%	22,6%	52,9%	35,9%
Hauptschule	2,9%	5,9%	3,2%	2,9%	0,0%
Realschule	29,0%	23,5%	41,9%	20,6%	30,8%
Abitur	27,5%	32,4%	25,8%	20,6%	30,8%
<b>Jahre der Berufstätigkeit</b>	34,2 (12,7)	34,9 (14,2)	35,5 (12,9)*	34,0 (12,1)*	32,7 (11,9)*
<b>Mini Mental State Examination</b>	28,5 (1,7)	28,5 (1,3)	28,8 (1,9)	28,5 (1,6)	28,1 (2,0)
<b>Becks Depressions Inventar</b>	5 (3,7)	6,2 (4,4)	4,7 (3,5)	4,7 (3,5)	4,5 (3,3)
<b>WHO- Lebensqualität (Pkt 0-20)</b>					
physische Zufriedenheit	16,0 (1,9)	15,7 (2,1)	16,4 (1,6)	15,6 (2,1)	16,3 (1,8)
psychische Zufriedenheit	14,5 (1,5)	14,5 (1,4)	14,3 (1,9)	14,2 (1,5)	14,9 (1,1)
soziale Zufriedenheit	14,7 (2,0)	14,6 (2,3)	14,7 (1,9)	14,2 (1,8)	15,1 (1,9)
Zufriedenheit mit der Umwelt	16,0 (1,5)	15,5 (1,5)	16,3 (1,6)	15,9 (1,5)	16,3 (1,4)
<b>KPW Körperliches Wohlbefinden</b>	2,6 (2,0)	3,1 (2,3)	2,6 (2,1)	2,4 (1,9)	2,4 (1,6)
<b>Lüdenscheider Aktivitätsfragebogen</b>					
zu wenig Aktivität	26,1%	40,0%	31,3%	20,0%	15,0%
Mindestanforderung erfüllt	33,1%	20,0%	37,5%	40,0%	35,0%
ausreichende Aktivität	17,6%	17,1%	18,8%	17,1%	17,5%
hohe Aktivität	23,2%	22,9%	12,5%	22,9%	32,5%
<b>Bewegung im Alltag</b>					
zu Fuß gehen (pro Woche in min.)	110,1	119,6	94,4	90,8	129,4
Radfahren (pro Woche in min.)	170,0	52,5	221,0	100,8	220,6
Gartenarbeit (pro Woche in min.)	348,0	306,0	282,6	498,6	282,6
Stockwerke (Anzahl pro Tag)	9,2	5,8	11,8	8,6	10,4
<b>Sportliche Aktivität</b>					
Spazieren (pro Woche in min.)	174,3	166,1	155,0	172,2	197,8
Tanzen (pro Monat in min.)	36,6	46,8	24,0	33,6	40,2
Kegeln (pro Monat in min.)	21,0	25,8	17,4	18,6	21,0
Schwimmen (pro Monat in min.)	68,7	73,2	51,0	100,9	49,7
Walken (pro Woche in min.)	34,4	24,6	19,2	17,1	69,8
Joggen	16,5	0,0	7,7	29,1	26,8
<b>NEO-FFI</b>					
Neurotizismus	17,6 (5,7)	17,6 (6,7)	16,3 (5,5)	18,2 (5,1)	18,4 (5,6)
Extraversion	25,1 (6,2)	24,7 (6,5)	26,7 (6,7)	25,3 (5,0)	24,1 (6,5)
Offenheit	25,7 (6,8)	25,2 (7,1)	29,3 (5,9)	23,7 (7,0)	25,1 (6,3)
Verträglichkeit	26,8 (7,5)	27,8 (6,4)	29,0 (8,1)	24,9 (7,6)	26,0 (7,6)
Gewissenhaftigkeit	30,8 (6,4)	30,6 (6,3)	32,6 (5,7)	30,8 (7,1)	29,5 (6,2)
<b>PC-Vorkenntnisse</b>	25,4%	11,4%	43,6%	20,0%	25,0%
			* n = 31	* n = 28	* n = 37

Als Kriterium für die Studienaufnahme wurden maximal 1,5 Stunden regelmäßige sportliche (im Verein, Fitnessstudio) oder kognitive Betätigung (Gedächtnistraining, Spracherwerb) pro Woche angesetzt. Bei diesem Kriterium wurden tägliche Aktivitäten (Spazieren gehen, zu Fuß einkaufen, Radfahren, Treppensteigen, Gartenarbeit) nicht als Aufnahmekriterium berücksichtigt, obwohl diese Angaben ebenfalls erhoben wurden. Weiterhin wurde bei dem Interview nach Erkrankungen und Krankenhausaufenthalten im letzten Jahr gefragt. Es wurde auch erfragt, ob in den nächsten 6 Monaten ein Urlaub, eine Kur oder sonstige Aktivitäten, welche die regelmäßige Teilnahme am Training verhindern würden, geplant seien. Als Ausschlusskriterium wurde seltener der Gesundheitszustand oder kollidierende Pläne für die nächsten Monate angegeben, sondern in den meisten Fällen ein regelmäßiges körperliches Training und / oder regelmäßige geistige Aktivität vieler Anrufer. Aufgrund dieses telefonischen Interviews, kamen 152 Senioren in die Auswahl.

Tabelle 4 fasst die wichtigsten demographischen, gesundheits-, lebensstil- und lebensqualitätsrelevanten Merkmale der bis zur Nachuntersuchung bei der Studie gebliebener 142 Teilnehmer zusammen. Weitere Kennwerte wie Ernährungsgewohnheiten oder das Ausmaß an sozialen Kontakten finden sich in der Tabelle 7 im Anhang.

Die Stichprobe setzte sich aus 60 % weiblichen und 40 % männlichen Teilnehmern zusammen, was annähernd der Geschlechterzusammensetzung in der Altersgruppe der über 65-Jährigen in Deutschland entspricht (56,7% weiblich, 43,3 % männlich, Quelle: Statistisches Bundesamt).

## **2.6 Untersuchungen**

### **2.6.1 Ablauf der Prä- und Postuntersuchung**

Die Vor- und Nachuntersuchungen bestanden aus vier Bausteinen:

- 1) Fragebogenuntersuchung
- 2) neuropsychologische Diagnostik
- 3) körperlicher Check
- 4) elektrophysiologische Untersuchung.

Es wurde mit jedem Teilnehmer zuerst ein Termin für die neuropsychologische Diagnostik vereinbart (Dauer etwa 1,5 Stunden). Diese Sitzung gab neben der Untersuchung spezifischer kognitiver Funktionen Aufschluss über die allgemeine mentale Leistungsfähigkeit, bzw. das Vorliegen eines (prä-)dementiellen Syndroms (untersucht mithilfe des Mini Mental State Examination (MMST)). Zusätzlich wurden ein Informationsblatt über den Gesamtablauf der Studie und verschiedene Fragebögen ausgehändigt, die zu Hause ausgefüllt und zum nachfolgenden Termin mitgebracht werden sollten. Außerdem wurde von den Teilnehmern eine Erklärung unterschrieben, in der sie der Verwendung ihrer Daten für wissenschaftliche Zwecke zustimmten. Im Gegenzug wurde vom Untersucher unterzeichnet, dass die Daten vertraulich und anonym behandelt werden.

Der zweite Termin bestand aus einer Untersuchung kognitiver Funktionen bei der neben Verhaltensdaten elektrophysiologische Daten erhoben wurden (Dauer etwa 3,5 Stunden). An diesem Termin wurden neben spezifischen Fragen zur elektrophysiologischen Untersuchung offene Fragen der Teilnehmer über den Gesamtablauf der Studie erläutert. Über diesen Teil der Untersuchung wurde ein Protokoll geführt, in dem neben den untersuchungsspezifischen

Kennwerten Informationen über das Verhalten und Motivation des Probanden in der Untersuchungssituation.

Als letzter Baustein der Voruntersuchung wurde ein körperlicher Sportcheck im Fitnessstudio durchgeführt, bei dem neben einem körperlichen Belastungstest weitere Fragebögen zum Gesundheitszustand insbesondere Informationen über Herz-Kreislaufkrankungen erhoben wurden (s. Zwischenbericht zur Studie „Förderung der Hirnleistungsfähigkeit durch Training bei Älteren“ für detaillierte Informationen).

## **2.6.2 Inhalte der Untersuchung**

### **2.6.2.1 Soziodemographische Fragebögen**

Die Fragebogenbatterie hatte zum Ziel, allgemeine Informationen zu demographischen und gesundheitsbezogenen Merkmalen zu erfassen. Die Fragebögen beinhalteten Fragen zum körperlichen Gesundheitszustand, Schulbildung, Beruf, Persönlichkeit, Ernährungsgewohnheiten, Mobilität und körperlicher Aktivität. Des Weiteren wurde die Erfahrung mit PCs abgefragt. Schließlich wurden Fragen zum sozialen Umfeld, zur familiären Situation, zum emotionalen Erleben, zum allgemeinen Niveau der erlebten Beanspruchung und zur allgemeinen Lebensqualität gestellt.

### **2.6.2.2 Neuropsychologische Diagnostik**

Im Rahmen der neuropsychologischen Diagnostik wurden kognitive Funktionen wie Aufmerksamkeit, visuell-räumliche Verarbeitung, Lernen und Gedächtnis, Wahrnehmung und diverse Kontrollfunktionen untersucht und bewertet. Zusätzlich wurden Faktoren wie Motivation und emotionale Befindlichkeit, wie z. B. depressive Verstimmung berücksichtigt. Die Diagnostik wurde mithilfe von standardisierten psychometrischen Tests durchgeführt, woraus sich für den einzelnen Teilnehmer ein individuelles Leistungsprofil ergab. Der Vorteil dieser Untersuchung besteht darin, in relativ kurzer Zeit die meisten alltagsrelevanten kognitiven Funktionen erfassen zu können. Bei der Nachmessung wurden für die meisten Tests Parallelversionen verwendet, die sich durch exakt den gleichen Aufbau und Schwierigkeitsgrad auszeichnen, jedoch andere Inhalte verwenden. Für einige der Tests wie z.B. D2 oder Stroop-Test existieren keine Parallelversionen. Diese sind jedoch weniger anfällig für Verzerrungen durch eine wiederholte Applizierung als die meisten Gedächtnistests.

Eingesetzte Tests:

- d2-Aufmerksamkeits-Belastungs-Test (Brickenkamp, 1972): Aufmerksamkeit und Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit. Ausgewertet wurden: *GZ*: Gesamtzahl aller bearbeiteten Zeichen, *F1*: Anzahl der Auslassungen, *F2*: Anzahl der Verwechslungen
- Zahlen-Symbol-Test (aus NAI, Oswald & Fleischmann, 1986): Konzentrationsfähigkeit und psychomotorische Geschwindigkeit (Auge-Hand-Koordination). Ausgewertet wurden: Gesamtanzahl aller bearbeiteten Zeichen, Gesamtzahl aller korrekt bearbeiteten Zeichen.
- Stroop-Test (Farb-Wort-Interferenz-Test, aus NAI, Oswald & Fleischmann, 1986): Interferenzanfälligkeit, Ablenkbarkeit. Ausgewertet wurden Gesamtbearbeitungszeiten für jede Tafel separat: Farbwort lesen, Farbe benennen, Interferenztabelle (die Druckfarbe von Farbwörtern benennen).
- Zahlenspanne vorwärts und rückwärts (aus NAI, Oswald & Fleischmann, 1986): Kurzzeit- und Arbeitsgedächtniskapazität (Speicherung, Abruf und Manipulation der

Inhalte). Ausgewertet wurde die maximale Anzahl der korrekt wiedergegeben Zahlenreihen vorwärts und rückwärts.

- Wortflüssigkeitstest: Zugriff auf verbales Lexikon, Wortschatz, Flexibilität, divergentes denken. Ausgewertet wurde die Gesamtzahl korrekt genannter Wörter
- Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenz-Test (MWT-B; Lerl, 1995): Verbales Langzeitgedächtnis, Wortschatz, kristalline Intelligenz. Ausgewertet wurde die Gesamtzahl korrekt angekreuzter Wörter. Zusätzlich wird das IQ – geschätzt.
- Verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest (VLMT; Helmstaedter et al., 2001): Verbales Kurz- und Langzeitgedächtnis (Fähigkeit zur Speicherung, Abruf, Wiedererkennung und Interferenzanfälligkeit von verbalem Material). Ausgewertet wurden: Lernleistung: *DG1-DG5*, Interferenz: *Summe I*, Verlust vom Gelernten: *Summe DG6*, *Summe DG7*, Gedächtnisabruf, Langzeitgedächtnis *DG5 – DG7 und DG5 – DG6*, VLMT - Wiedererkennung mit *Summe richtig*, Intrusionen aus der Interferenzliste *Summe In* und falsche Alarmer *Summe S*.
- Spiegelbilder: Rotation von zweidimensionalen Figuren (aus HAWIE-R, Tewes, 1991). Ausgewertet wurden die Gesamtanzahl aller bearbeiteten Figuren, Anzahl der korrekten und die Anzahl der falsch bearbeiteten Figuren.
- Rey-Osterrieth Complex Figure Test (ROCF, Meyers & Meyers, 1995): Auge-Hand-Koordination, Feinmotorik und nonverbales (visuell-konstruktives) Gedächtnis. Ausgewertet wurden: Anzahl korrekt abgezeichneter Elemente *V1 (Abzeichnen)* und Anzahl korrekt aus dem Gedächtnis nachgezeichneter Elemente *V2 (Nachzeichnen)*.
- Wisconsin Card Sorting Test (WCST; Heaton, 2003): PC-gestützter Test zur Untersuchung einer Vielzahl von exekutiven Funktionen wie strategisches Planen, Aufrechterhaltung von Zielen und Perseveration, Verhaltensmodifikation aufgrund von Rückmeldung. Ausgewertet wurden: Gesamtanzahl der Durchgänge *Trial administered*, Anzahl korrekter Durchgänge *correct total*, Perseverationen (rigide Antworten) *perseverative responses* und perseverative Fehler *perseverative errors*, wenn also in einem Durchgang sowohl eine Perseveration als auch ein Fehler auftreten.
- Mini-Mental-Status-Test (MMST; Kessler et al., 1990): Screeningverfahren kognitiver Defizite, prädementielles Syndrom. Ausgewertet wurde die Gesamtzahl erreichter Punkte.
- Beck-Depressions-Inventar (BDI; Hautzinger et al., 2003): Depressivitätstest

Bei der Nachuntersuchung eingesetzte Tests und Fragebögen:

- NEO-Fünf-Faktoren-Inventar (NEO-FFI; Borkenau & Ostendorf, 1993) : Persönlichkeitsfragebogen
- Cognitive Failures Questionary (CFQ; Broadbent et al., 1982): Neigung zu Flüchtigkeitsfehlern und Irrtümern im Alltag. Ausgewertet wurde die Gesamtanzahl aller Punkte.
- Trail-Making-Test (TMT; Raitan, 1956): A und B: schneller Wechsel zwischen zwei Kategorien. Ausgewertet wurden die Gesamtbearbeitungszeiten im teil A – Zahlen in aufsteigender Reihenfolge verbinden, im Teil B Zahlen und Buchstaben abwechselnd verbinden.
- Ein selbstentworfener Fragebogen zur Bewertung des Trainings.

### 2.6.2.3 Sportcheck

Der Sportcheck setzte sich aus drei Fragebögen und einem fahrradergometrischen Stufentest zusammen (s. Zwischenbericht für detaillierte Informationen). Mithilfe dieser Verfahren

können Rückschlüsse auf die sportliche Leistungsfähigkeit, den aktuellen Gesundheitszustand, das Wohlbefinden und die Sportpartizipation der Probanden gezogen werden.

- Fragebogen zum Gesundheitszustand vor Aufnahme von körperlicher Aktivität und Fitness: Erfasst die Sporttauglichkeit.
- Fragebogen zum allgemeinen habituellen Wohlbefinden: Gesundheitsfördernde Wirkungen von Sport in körperlicher, psychischer und sozialer Hinsicht.
- Fragebogen zur habituellen körperlichen Aktivität der Probanden: Erfasst die körperlichen Alltagsaktivitäten.
- Fahrradergometrischer Stufentest (PWC 130): Erfasst körperliche Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit des Herz-Kreislauf-Systems.

#### **2.6.2.4 Elektrophysiologische Untersuchungen**

Für die elektrophysiologische Untersuchung wurden PC-gestützte Reaktionstests verwendet. Neben Verhaltensparametern wie Reaktionszeiten und Fehlerraten wurden die hirnelektrischen Korrelate der kognitiven Funktionen erfasst und ihre Veränderungen durch das Training untersucht. Ein erheblicher Vorteil der PC-gestützten experimentalpsychologischen Verfahren gegenüber neuropsychologischen Tests ist die Exaktheit der Messung der erfassten Parameter. Durch die vielfach wiederholte Bearbeitung einer bestimmten Bedingung wird der individuellen Messfehler reduziert und das untersuchte Konstrukt somit zuverlässiger erfasst. Die Auswahl der Aufgaben zielte darauf ab, ein möglichst breites Spektrum kognitiver Basis- und Kontrollfunktionen wie z. B. Aufmerksamkeit, Reaktionsauswahl, Reaktionshemmung, Aufgabenvorbereitung, Interferenzanfälligkeit, Aufgabenwechsel, Arbeitsgedächtnis, Fehlerwahrnehmung, visuelle Suche usw. zu erfassen, die eine hohe Alltagsrelevanz aufweisen. Diese Funktionen werden durch Hirnprozesse realisiert, die man mithilfe des Elektroenzephalogramm (EEG) messen kann.

##### **2.6.2.4.1 Methodik und funktionale Bedeutung der ereigniskorrelierten Potentiale**

Unter dem EEG versteht man die elektrischen Spannungsschwankungen der Großhirnrinde. Sie resultieren aus einer Folge von exzitatorischen und inhibitorischen postsynaptischen Potentialen. Voraussetzung ist, dass größere Zellverbände synchron aktiv werden. Erst wenn sich die elektrischen Felder um die einzelnen Zellen aufsummieren, ist das Signal groß genug, um es durch den Schädel aufzeichnen zu können. Das EEG hat eine exzellente zeitliche Auflösung (bei unserem Messsystem 2048 Messzeitpunkte pro Sekunde), allerdings eine weniger gute räumliche Auflösung (32 Messelektroden). Die EEG-Signalabschnitte werden zeitgleich zu einem bestimmten Ereignis (Reizpräsentation, Reaktion, Rückmeldung) gemittelt. Durch die Mittelung werden systematische Potentialschwankungen hervorgehoben und nichtsystematische (Rauschen) unterdrückt. Die resultierenden Potentialschwankungen heißen ereigniskorrelierte Potentiale (EKP), wobei die einzelnen zeitlich aufeinander folgenden EKP-Komponenten die Aktivierung spezifischer sensorischer und kognitiver Funktionen widerspiegeln. So lassen sich Schlüsse ziehen, welche Funktion sich durch ein Training ändert und worin diese Änderung besteht.

Abbildung 5 stellt das ereigniskorrelierte Potential (EKP) in einem S1-S2 Paradigma (Walter et al. 1964), in dem auf den zweiten Reiz ein Tastendruck erfolgen soll. Dargestellt ist das Potenzial in aufeinander folgenden Intervallen: während der Fixation (Fix), während der Präsentation eines Hinweisreizes (S1), bei einem leeren Intervall zwischen beiden Reizen (blank), und während der Präsentation eines imperativen Reizes (S2). Das EKP ist charakte-

risiert durch eine Abfolge von positiven und negativen Komponenten, von denen die prominentesten gekennzeichnet und ihre räumliche Verteilungen (Topographie) dargestellt sind.

Die Abfolge der P1-N1 Komponenten spiegeln visuelle Wahrnehmungs- und Aufmerksamkeitsmechanismen im okzipitalen Kortex wieder. Die CNV reflektiert kognitive und motorische Vorbereitung auf ein bevorstehendes Ereignis und erricht ihr Maximum an der Position Cz. Die N2 wird mit der Verarbeitung von zwei inkompatiblen Reaktionstendenzen (Reaktionskonflikt) in Verbindung gebracht und erscheint am stärksten an der FCz. Die frontale P3a und parietale P3b erscheinen häufig mit der gleichen Latenz, spiegeln jedoch distinkte Prozesse wieder. Während die P3a mit der Orientierungsreaktion bei neuen Reizen in Verbindung steht, wird die „klassische“ P3b mit dem Mechanismus der Kontextaktualisierung, Zuteilung von kognitiven Ressourcen und spiegelt im weiteren Sinne Arbeitsgedächtnisprozesse wider (s. Gajewski, Hoffmann, Wild-Wall & Falkenstein, 2009, für weiterführende Literatur).

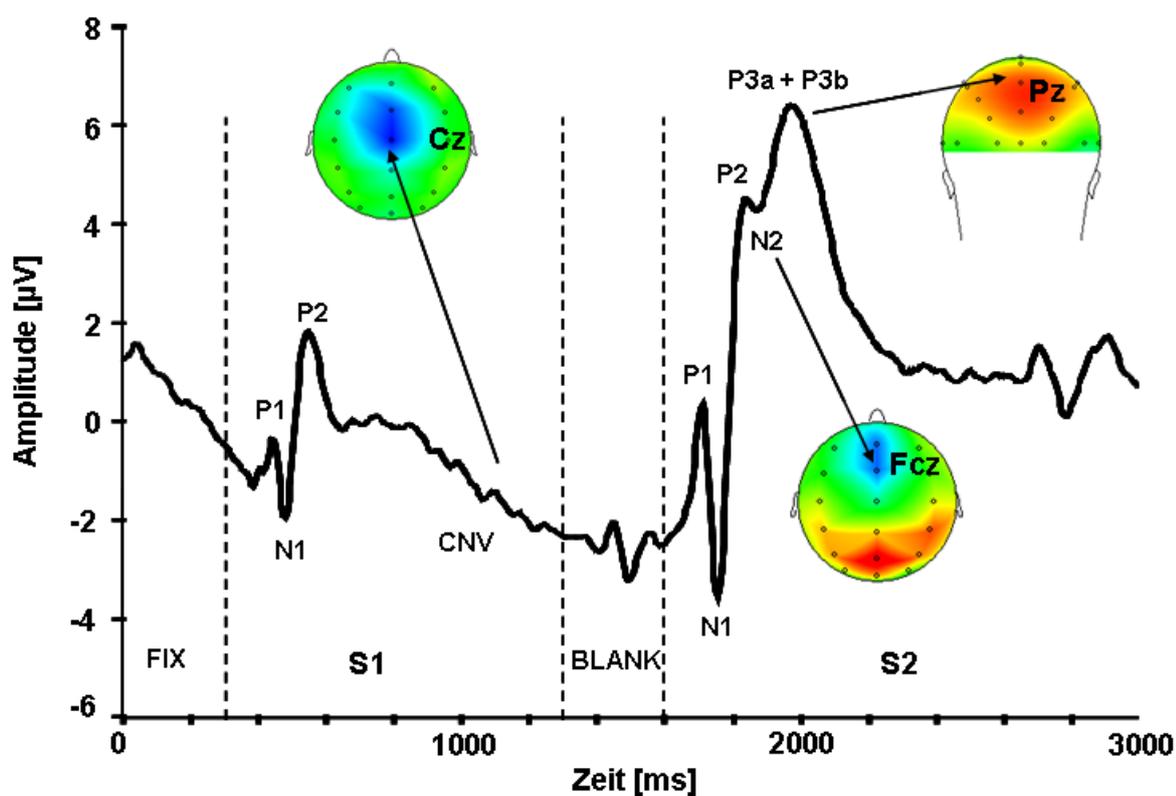


Abbildung 5: Ein Beispiel für ereigniskorreliertes potential (EKP) in einem S1-S2 Paradigma. Siehe Text für weitere Erläuterungen.

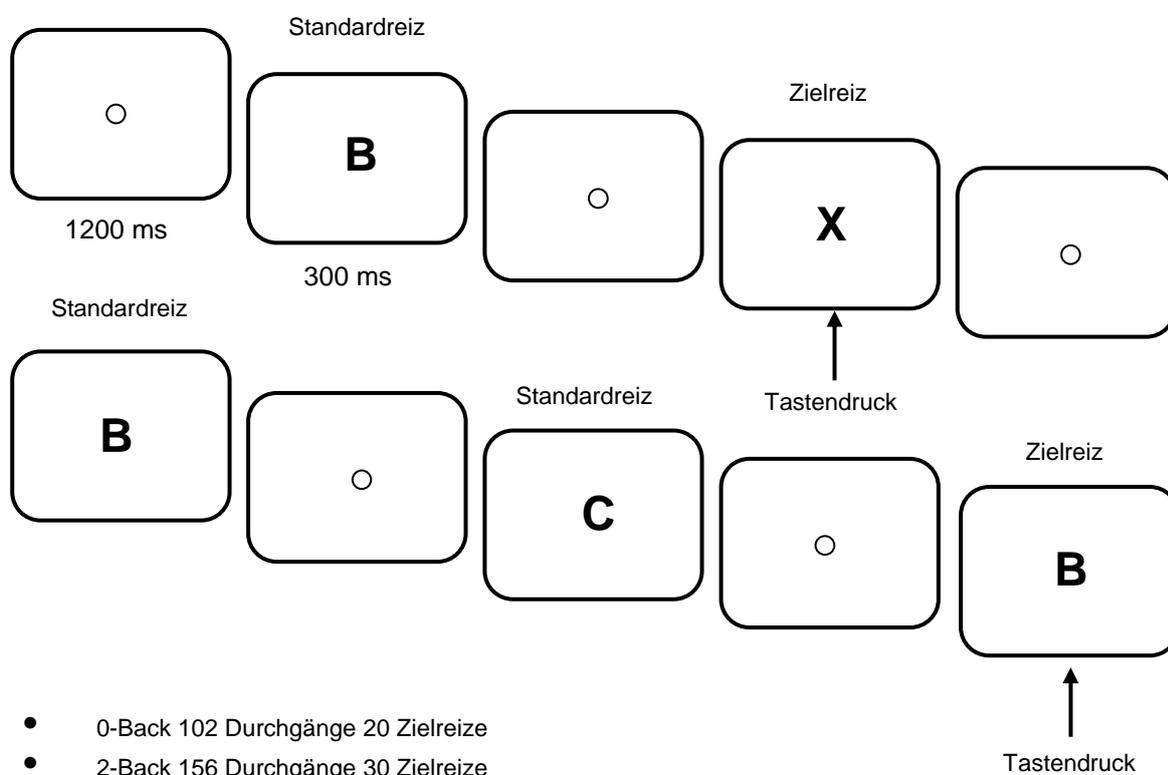
#### 2.6.2.4.2 Signalaufnahme und Verarbeitung

Das EEG wurde kontinuierlich von 32 Skalpelektroden abgeleitet, die nach dem internationalen 10-20 System angeordnet waren. Die aktiven Elektroden (BioSemi) wurden in Steckplätze einer elastischen EEG-Kappe (EASYCAP GmbH) eingesetzt. Die horizontalen und vertikalen Augenbewegungen (Elektrookulogramm = EOG) wurden mithilfe von 6 Elektroden aufgenommen. Die Aufnahme wurde mit der ActiView-Software durchgeführt. Die Elektrodenimpedanz lag unter 10 k $\Omega$ , die Verstärkerbandbreite betrug 0.01 - 140 Hz. Das EEG und das EOG wurden mit einer Erfassungsrate von 2048 Hz aufgenommen.

### 2.6.2.4.3 Die Aufgaben

Alle Aufgaben wurden in C++ programmiert und aufgrund der exakten zeitlichen Auflösung unter MS-DOS durchgeführt. Bei jedem Ereignis (Reizpräsentation, Tastendruck) wurde ein Signal an das EEG-Aufnahmesystem übermittelt und entsprechend kodiert, so dass jedes Ereignis in der EEG-Datei eindeutig identifiziert werden kann. Als abhängige Variablen wurden mittlere Reaktionszeiten, Fehlerraten sowie Amplituden der EKP analysiert.

- 2-back-Aufgabe (Abb. 6):** Erfasst Daueraufmerksamkeits- und Arbeitsgedächtnisleistung (z. B. Kane et al., 2007; Verhaegen & Basak, 2005). Die Aufgabe erfordert die kontinuierliche Aktualisierung von Informationen und den ständigen Abgleich mit vergangenen Informationen. Dabei werden Buchstaben einzeln auf dem PC-Monitor präsentiert. Die Aufgabe des Probanden ist es, eine Taste zu drücken, wenn der aktuelle Buchstabe mit dem vorletzten Buchstaben gleich ist. Die Zielreizpaare werden in unterschiedlichen Abständen voneinander präsentiert (2, 3, 4 oder 5 Buchstaben dazwischen). Als Vergleichsbedingung wird eine Wahlreaktionsaufgabe herangezogen (0-back), in der immer auf einen bestimmten Buchstaben (z. B. X) in der Abfolge von anderen Buchstaben reagiert werden soll. Dabei geht man von einer minimalen Belastung des Arbeitsgedächtnisses aus. Ältere Personen verpassen in der schwierigen Bedingung wesentlich mehr Zielreize als jüngere Personen (Missonier et al., 2004; Verhaegen & Basak, 2005). Analysiert wurden Reaktionszeiten (RTs) und der Anteil unentdeckter Zielreize (Auslasser).

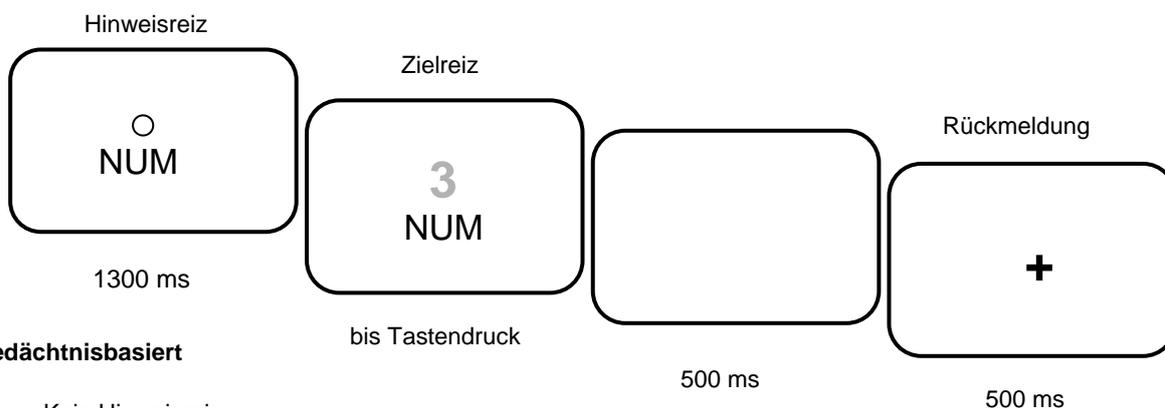


- 0-Back 102 Durchgänge 20 Zielreize
- 2-Back 156 Durchgänge 30 Zielreize

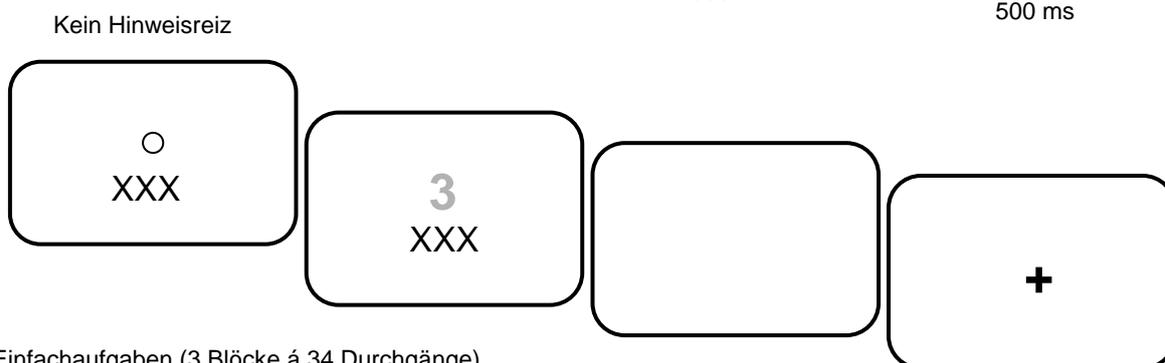
Abbildung 6: Schematische Darstellung der 0-back- (oben) und der 2-back Aufgabe (unten).

- Aufgabenwechsel (Abb. 7):** Das Aufgabenwechselfparadigma wird als Model für den Einfluss eines ständigen Wechsels von Umwelthanforderungen auf das kognitive System eingesetzt (Monsell, 2003). Dabei geben Vergleiche zwischen unterschiedlichen Blöcken der Serie Aufschluss über kognitive Flexibilität, Arbeitsgedächtniskapazität, Aufgabenvorbereitung und Ausmaß an Interferenz zwischen gleichzeitig aktiven Aufgabenrepräsentationen (Gajewski et al., 2010). In jedem Durchgang wird in der Mitte des PC-Bildschirms eine Zahl von 1 bis 9 ohne die Zahl 5 für 300 ms präsentiert. Je nach Aufgabenregel sollen die Probanden die Zahlen danach kategorisieren, ob die Zahl a) kleiner oder größer als 5 ist (NUM für numerisches Urteil), b) gerade oder ungerade ist (GER für Geradzahligkeit) und c) ob sie in kleiner oder großer Schrift erscheint (SCH für Schriftgröße). Die Antwort soll mit einer von zwei Tasten (links oder rechts) so schnell wie möglich erfolgen. Zunächst werden die drei Aufgabenregeln in separaten Blöcken einzeln bearbeitet. In den nachfolgenden gemischten Blöcken werden die drei Aufgaben: 1. In einer zufälligen Reihenfolge bearbeitet. Der Aufgabentyp wird dabei angezeigt (exogener Wechsel, z. B. NUM), 2. In einer festen Reihenfolge bearbeitet. Der Aufgabentyp wechselt dabei alle drei Durchgänge (NUM-NUM-NUM-GER-GER-GER-SCH-SCH-SCH-NUM-NUM-NUM usw.) und wird dabei nicht angezeigt (endogener Wechsel). Ein Hinweisreiz erscheint nur dann, wenn der Teilnehmer die Aufgabenabfolge verloren hat.

#### Hinweisreizbasiert



#### Gedächtnisbasiert



Einfachaufgaben (3 Blöcke á 34 Durchgänge)

Gemischter Block mit Hinweisreizen (126 Durchgänge)

Gemischter Block ohne Hinweisreize (126 Durchgänge)

**Abbildung 7:** Schematische Darstellung eines Durchgangs in einem hinweisreizbasierten und gedächtnisbasierten Aufgabenwechselfparadigma.

Die „lokalen Wechselkosten“ (Rogers & Monsell, 1995), die als Maß für die Flexibilität bzw. Rigidität des kognitiven Systems interpretiert werden, werden in den gemischten Blöcken ermittelt. Dazu werden die Reaktionszeiten in dem Durchgang, nach einem Aufgabenwechsel, mit Wiederholungen der Aufgaben in dem gleichen Block verglichen (z. B. NUM GER vs. NUM NUM). Die so genannten „Mischkosten“ (z. B. Kray et al., 2006) stellen ein Maß für die Arbeitsgedächtnisbelastung dar. Die Kosten werden berechnet, indem für jeden Probanden der Mittelwert der Reaktionszeiten in einfachen Aufgaben ermittelt und mit den Wiederholungen der Aufgaben aus den gemischten Blöcken verglichen wird. Da man in den gemischten Blöcken (insbesondere in Blöcken ohne Hinweisreize) alle drei Aufgaben ständig bereithalten muss, ist die Gedächtnisbelastung wesentlich höher als bei den einfachen Aufgaben.

Ältere Personen zeigen erhöhte Mischkosten, diese können als Indikator für eine geringere Arbeitsgedächtniskapazität interpretiert werden (Gajewski, et al. in press). Auch die Nachwirkungen der Gedächtnisbelastung sind höher als bei jungen Personen. Gleichzeitig scheinen aber die lokalen Kosten nicht generell beeinträchtigt zu sein (Kray, 2006; Kray & Lindenberger, 2000; Mayr, 2001). Analysiert wurden die Reaktionszeiten (RTs) und Fehlerraten (ERs) für jede Bedingung separat (einfache Blöcke, gemischte hinweisreizbasierte und gedächtnisbasierte Blöcke (kein Wechsel und Aufgabenwechsel)).

- **Akustische Ablenkaufgabe (Abb. 8):** In der akustischen Ablenkaufgabe (Schröger, 2007; Schröger et al., 2007) werden den Probanden in einer schnellen Abfolge kurze und lange Töne in unterschiedlichen Tonhöhen über Kopfhörer dargeboten. Aufgabe der Teilnehmer ist es, auf die kurzen und langen Töne mit linker oder rechter Taste zu reagieren und dabei die Tonhöhe zu ignorieren.

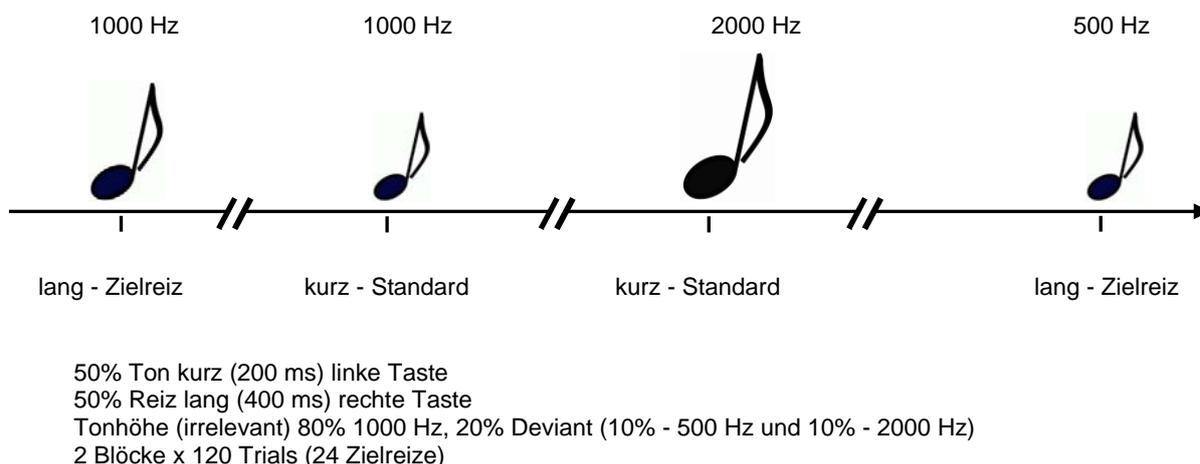


Abbildung 8: Schematische Darstellung der Reize in der akustischen Ablenkaufgabe.

Besonders bei älteren Personen kommt es bei der Aufgabe zu verstärkter Interferenz zwischen Tonlänge und Tonhöhe, was zu höherem Anteil falscher Antworten führt. Dies wird auf eine erhöhte Ablenkbarkeit d. h. auf ein Defizit in der Unterdrückung irrelevanter Informationen zurückgeführt. Analysiert wurden die Reaktionszeiten (RTs) und Fehlerraten (ERs) für die Standard- und die abweichenden Töne.

- Stroop-Aufgabe (Abb. 9):** In der PC-gestützten Version des Stroop-Tests (Stroop, 1935) werden die Farbwörter rot, grün, blau, gelb in jeweils einer der 4 Schriftfarben präsentiert, wobei in der Hälfte aller Fälle die Wortbedeutung und Wortfarbe nicht übereinstimmen (z. B. das Wort GRÜN geschrieben in roter Farbe). Im ersten Block soll auf die Wortbedeutung geachtet und mit einer von vier Tasten reagiert werden. Im nachfolgenden Block soll nur auf die Farbe des Wortes und nicht auf dessen Bedeutung geachtet werden. Im nachfolgenden, gemischten Block wechselt die relevante Aufgabe (Wortbedeutung vs. Farbe) in einer zufälligen Abfolge.

Der Hinweisreiz, welcher die relevante Aufgabe ankündigt, wird vorab präsentiert, damit die entsprechende Aufgabe vorbereitet werden kann. Mithilfe der Stroop-Aufgabe wird die Interferenz zwischen Wortlesen und Farbebenennen induziert.

Da ältere Personen weniger widerstandsfähig gegen Ablenkreizen sind, wird eine starke Interferenz erwartet. Erschwerend kommt hinzu, dass die relevante Aufgabe zufällig wechselt, was immer wiederkehrende Hemmung und Aktivierung der relevanten Aufgabendimension erfordert (Eppinger et al. 2007).

Analysiert wurden die Reaktionszeiten (RTs) und Fehlerraten (ERs) für die Bedingungen Wort lesen und Farbe benennen getrennt für kompatible (von der Druckfarbe und Wortbedeutung übereinstimmende Durchgänge) und inkompatible (Interferenzdurchgänge, wo die Wortbedeutung und Farbe im Konflikt stehen).

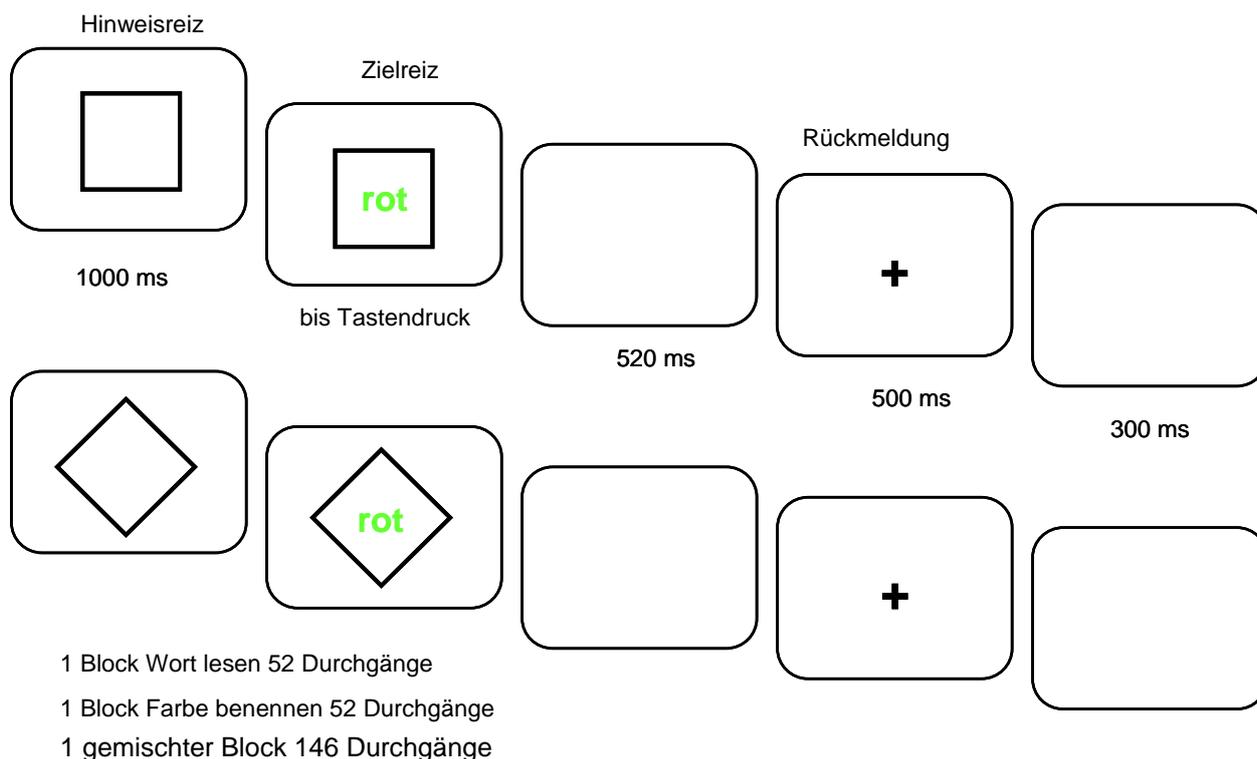
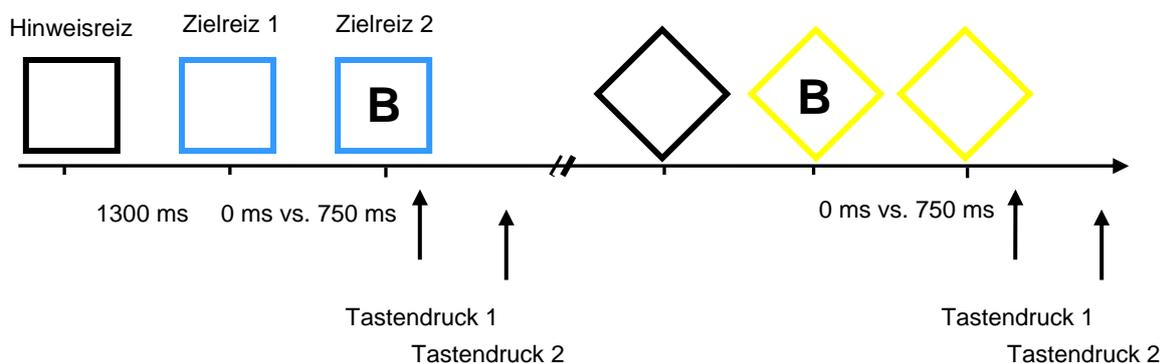


Abbildung 9: Schematische Darstellung von einem Durchgang in der Bedingung „Wort Lesen“ und „Farbe Benennen“ im Stroop-Paradigma.

- **Doppelaufgabe (Abb. 10):** Diese Aufgabe erfasst die Fähigkeit zur Koordination von sich zeitlich überlappenden Tätigkeiten (Pashler, 1994; Koch, 2008).

Auf dem Bildschirm erscheint der Buchstabe B oder D, der von einem Rahmen umgeben ist. Der Rahmen kann entweder gelb oder blau sein. In jedem Durchgang soll sowohl auf die Buchstabenidentität als auch Farbe des Rahmens mit zwei von vier Tasten reagiert werden. Dabei erscheint der Buchstabe entweder gleichzeitig mit dem Farbrahmen oder beide Merkmale werden zeitlich versetzt präsentiert. Je nach Block kann der Rahmen entweder als Quadrat oder Raute erscheinen. Eine Raute indiziert, zuerst auf den Buchstaben, dann auf die Farbe zu reagieren. Bei einem Quadrat soll zuerst auf die Farbe, dann auf den Buchstaben reagiert werden. In einem dritten Block erscheinen die Quadrate oder Rauten zeitlich vorgezogen in einer zufälligen Reihenfolge und geben im Voraus an, welche Reihenfolge der Aufgabebearbeitung verlangt ist. Die so genannte Doppelaufgaben-Interferenz tritt am stärksten auf, wenn sich die Aufgabenverarbeitung am stärksten überlappt. Ganz besonders scheint davon der Entscheidungsprozess bei der Auswahl der korrekten Reaktion betroffen zu sein. Die Doppelaufgaben-Interferenz tritt bei älteren Personen verstärkt auf. Erschwert wird die korrekte Aufgabebearbeitung durch die zufällig eingeleitete Änderung der Reihenfolge der Aufgabenvorbereitung, die eine Rekonfiguration einer bestehenden hierarchischen Aufgabenordnung erforderlich macht (Luria & Meiran, 2003).

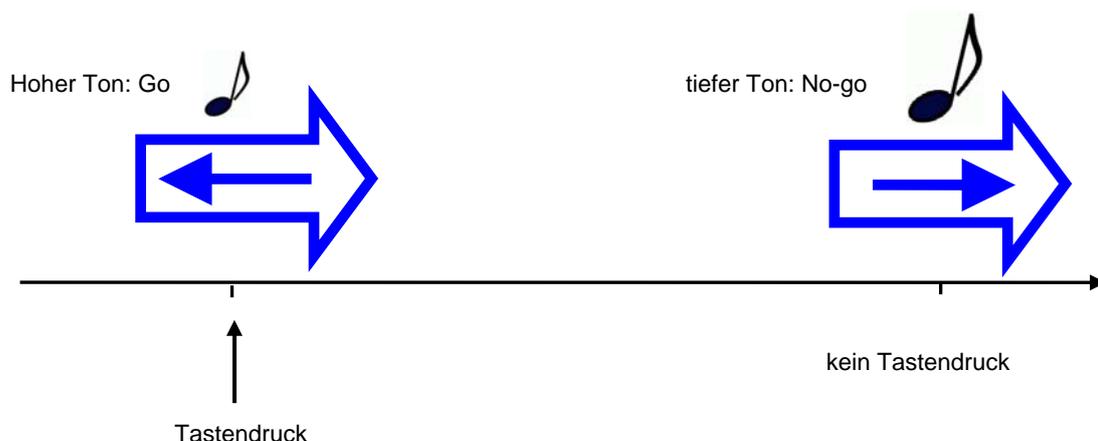


Aufgabe 1: Farbunterscheidung (gelb vs. blau),  
 Aufgabe 2: Buchstabenunterscheidung (B vs. D)  
 Quadrat: Aufgabe 1 dann Aufgabe 2  
 Raute: Aufgabe 2 dann Aufgabe 1

**Abbildung 10:** Schematische Darstellung von zwei Durchgängen im Doppelaufgabenparadigma

Analysiert wurden hier die Differenzen in den Reaktionszeiten (RTs) und Fehlerraten (ERs) zwischen der ersten und der zweiten Reaktion beim SOA1 (Stimulus-Onset-Asynchrony; zeitlicher Abstand zwischen Aufgabe 1 und 2) von 0 ms und SOA2 von 750 ms.

- **Go- / NoGo-Aufgabe (Abb. 11):** Diese Aufgabe erfasst Hemmungsprozesse während der Reaktionsauswahl (Falkenstein et al. 1999; 2002).



50% hoher Ton (1000 Hz) - Go  
 50% tiefer Ton 800 Hz - nogo  
 Tastendruck in Richtung des kleinen Pfeils

1 Block Reihenfolge A1 und A2 (34 Durchgänge)  
 1 Block Reihenfolge A2 und A1 (34 Durchgänge)  
 1 Block gemischte Reihenfolge (162 Durchgänge)

**Abbildung: 11. Schematische Darstellung von zwei Durchgängen im Go- / No-go – Paradigma**

Auf dem Bildschirm erscheint ein kleiner Pfeil, der von einem großen Pfeil umrandet ist. Es soll auf die Richtung des kleinen Pfeils geachtet und entsprechend mit linker oder rechter Taste reagiert werden. Die Richtung des großen Pfeils ist irrelevant und dient als teilweise inkompatibler Ablenkreiz. Gleichzeitig mit dem Erscheinen des Pfeils ertönt ein hoher (Go) oder ein tiefer (NoGo) Signalton. Beim NoGo-Signal soll der Tastendruck zurückgehalten werden.

Da Inhibitionsprozesse bei älteren Personen beeinträchtigt sind (Kramer et al., 1994), ist die Anzahl der nicht erfolgreich unterdrückten Reaktionen meist relativ hoch. Neben der Entscheidung Go / NoGo muss die Entscheidung für die linke oder rechte Taste getroffen werden, was durch den teilweise inkompatiblen Ablenkpfeil erschwert wird. Analysiert wurden die Reaktionszeiten (RTs) und der Anteil falscher Alarme (Tastendruck trotz NoGo).

- **Visuelle Suche (Abb. 12):** Dieser Test untersucht die räumliche Aufmerksamkeitsleistung und visuelle Verarbeitungsgeschwindigkeit (Triesman & Gelade, 1980). Auf dem Bildschirm wird eine Matrix mit 3 x 3 Pfeilen für 3 Sekunden präsentiert. Die Pfeile können nach oben, unten, links oder rechts gerichtet und in der Farbe grün oder rot präsentiert sein.

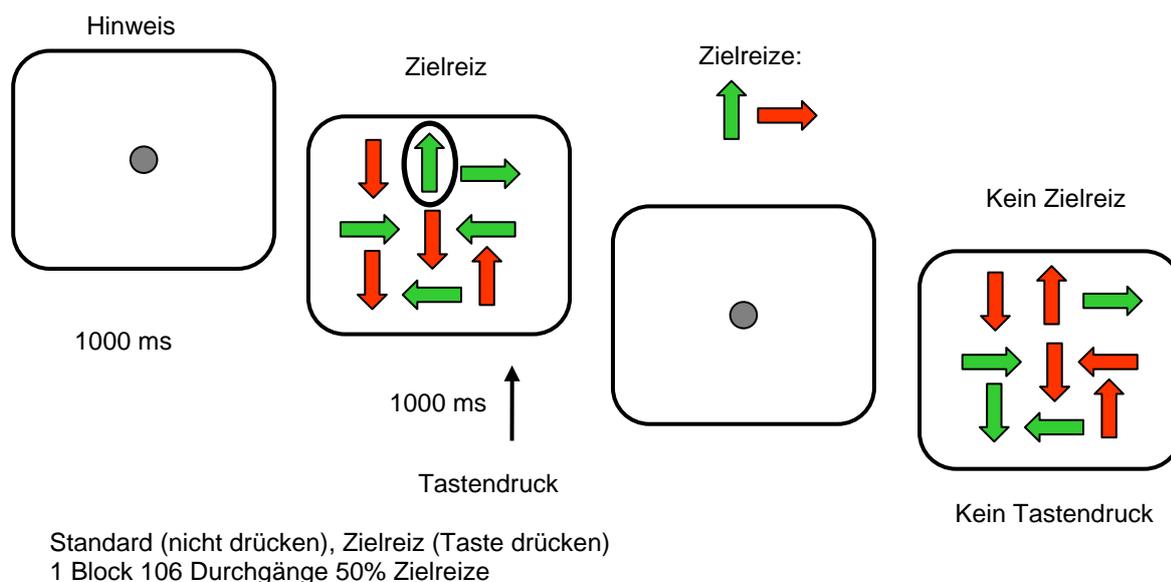


Abbildung 12: Schematische Darstellung von zwei Durchgängen bei der visuellen Suche

Die Aufgabe der Probanden besteht darin, eine Taste zu drücken, wenn ein grüner Pfeil nach oben oder ein roter Pfeil nach rechts entdeckt wird. Ein Zielreiz befand sich in der Hälfte aller Durchgänge. Da man davon ausgeht, dass die visuelle Suche bei Älteren beeinträchtigt ist, wird erwartet dass eine bestimmte Anzahl der Zielreize übersehen wird (Kramer et al., 2000). Analysiert wurden Reaktionszeiten (RTs) und der Anteil unentdeckter Zielreize (Auslasser).

- Manuelle Kompatibilitätsaufgabe (Abb. 13):** Diese Aufgabe untersucht die Fähigkeit zur Unterdrückung von habituellen Reaktionen. Es erscheint ein heller Kreis auf der rechten oder linken Seite des Bildschirms. Aufgabe der Probanden ist es, die Taste zu drücken, welche der Position des aufleuchtenden Kreises entgegengesetzt ist (z. B. links – rechte Taste). Zum Vergleich wird ein Block mit einer kompatiblen Zuordnung (z. B. links – linke Taste) durchgeführt. Da man von einer beeinträchtigten Impulskontrolle und / oder erhöhter Ablenkbarkeit bei Älteren ausgehen kann, erwartet man eine erhöhte Anzahl von falschen Antworten.

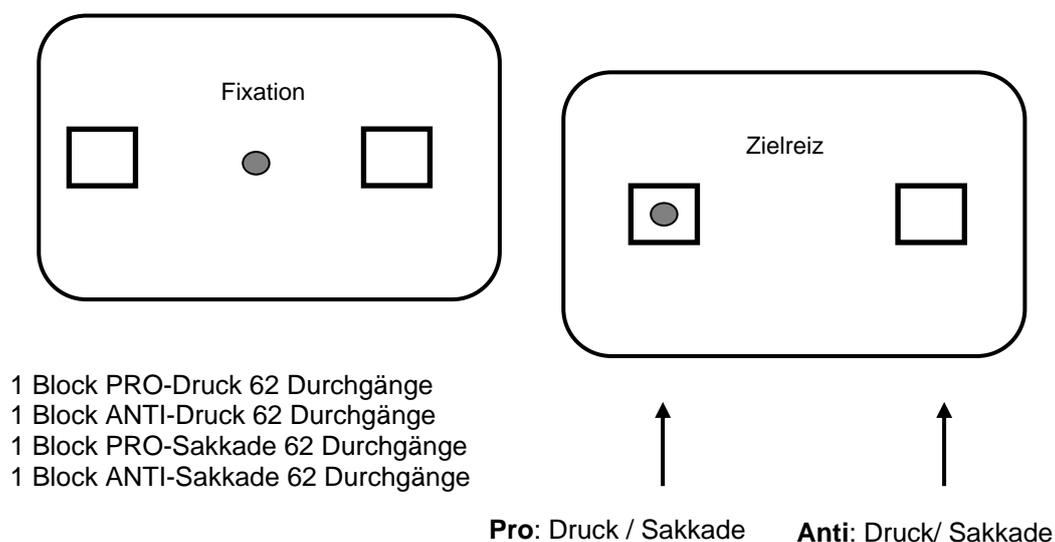


Abbildung 13: Schematische Darstellung eines Durchgangs der manuellen und sakkadischen Kompatibilitätsaufgabe

- **Sakkadische Kompatibilitätsaufgabe (Abb.13):** Hierbei handelt es sich um exakt die gleiche Aufgabe wie bei der manuellen Version. Allerdings soll hier keine Taste gedrückt, sondern in die entgegengesetzte Richtung des Reizes geschaut werden (Antisakkaden, Everling et al., 1998; Nieuwenhuis et al., 2001) und die reflexartige Augenbewegung zum Reiz hin (Prosakkaden) unterdrückt werden. Der Kopf wird dabei abgestützt. Mithilfe des EOG werden horizontale Augenbewegungen erfasst. Da die Augen schnellen reflexartigen Bewegungen unterliegen (Sakkaden), wird erwartet, dass die Unterdrückung von falschen Reaktionen (Länge der Strecke, die mit den Augen in die falsche Richtung zurückgelegt wird) stärker ausgeprägt ist, als in der manuellen Version der Aufgabe. Die Leistung in der Aufgabe wird mit Inhibitionsfunktionen in Verbindung gebracht.

## 2.7 Trainingmaßnahmen

Alle Trainingsmaßnahmen wurden durch professionelle Trainer/innen durchgeführt, die von weiteren professionellen oder studentischen Assistenten/innen unterstützt wurden. Die Trainer wurden über den inhaltlichen Hintergrund der Studie soweit aufgeklärt, wie es für die Durchführung des Trainings unumgänglich war. Darüber hinaus wurden sie auf einen besonderen Umgang mit Senioren aufmerksam gemacht, der für den Studienerfolg unseren Erachtens notwendig war (s. Zwischenbericht für weitere Informationen).

### 2.7.1 Körperliches Training

Das körperliche Training („Fitness“) stützte sich auf drei Komponenten: Aerobic, Ausdauer- und Krafttraining. Dabei handelte es sich um ein zirkuläres Training, in dem alle drei Elemente zu ungefähr gleichen Anteilen pro Sitzung absolviert wurden. Aerobic- und Ausdauertraining waren aerobe Elemente. Die Kombination sowie die Trainingsdauer wurde aufgrund der renommierten Meta-Analyse von Colcombe & Kramer (2003) gewählt, welche erheblich größere Effekte bei der Kombination fanden, und relativ gleiche Effekte bei einer Trainingsdauer von einem bis mehr als sechs Monaten. Wichtig war die Länge der Sitzungen, da laut der Meta-Analyse 60 Minuten Training deutlichere Erfolge liefern als 15-30 Minuten Training. Aufgrund dessen wurden Trainingseinheiten mit 90 Minuten konzipiert.

- Der *Aerobic-Kurs* wurde von einer ausgebildeten Übungsleiterin betreut. Der aerobe Effekt (erhöhte Aufnahme von Sauerstoff) wurde durch eine Kombination leicht erlernbarer Schrittfolgen mit Bodenübungen, die ohne Anspruch an die Koordinationsfähigkeit ausgesucht wurden, erzielt. Die sportungeübten Probanden sollten keinerlei Frustration oder Defizitbewusstsein entwickeln. So wurden Abbrüche vermieden und die Motivation laufend gefördert. Nach der Eingewöhnungsphase wurden Tempo und Zeitumfang vergrößert und so die Intensität gesteigert, wobei weniger leistungsstarke Probanden nicht überfordert wurden.
- Das *gerätegestützte aerobe Training* wurde an Laufbändern, Fahrrad-Ergometern sowie Crosstrainern durchgeführt. Die Crosstrainer, die in etwa das Skilanglaufen simulieren, sind aufgrund der flachen Bewegungskurve sehr gelenkschonend, was besonders bei Senioren eine wichtige Rolle spielt. Alle Geräte waren mit Pulssensoren ausgestattet, die eine ständige Kontrolle der Herzfrequenz erlaubten. Zur Berechnung der maximalen Pulsfrequenz wurde das Lebensalter von dem fixen Wert 220 subtrahiert (vorausgesetzt der Gesundheitszustand des Probanden erlaubte diesen Maxi-

malwert). In der Eingewöhnungsphase orientierte sich das Training vorrangig an subjektiv empfundener Belastung und Wohlbefinden der Probanden. Die Intensität wurde durch längere Trainingseinheiten oder höhere Wattzahlen erhöht. Die Intensitätssteigerung wurde allerdings erst nach Ablauf der Eingewöhnungsphase von 4 Wochen eingeführt.

- *Antagonistischer Kraft-Ausdauer-Zirkel*: Dieses Kraft-Ausdauer-Training bestand aus 8 verschiedenen Übungskombinationen. Jede Übungskombination setzte sich aus zwei Übungen zusammen, die gegenläufige Bewegungsrichtungen aufwiesen. Somit wurde Aktivierung eines agonistischen mit seinem antagonistischen Muskel erreicht und die Durchblutung der betreffenden Körperpartie gefördert. Es wurden dabei jeweils 3 Sätze á 15 Wiederholungen angesetzt. Diese 15 Wiederholungen wurden im Laufe des Trainings mit immer mehr Leistung (bedingt durch Reduzierung der Pausen und Erhöhung der Widerstände) ausgefüllt. Ziel war neben der Herz-Kreislauf-Aktivierung und der damit einhergehenden erhöhten Sauerstoffaufnahme auch eine Kräftigung der gesamten Skelettmuskulatur und Erhöhung der Knochendichte. Durch die Zirkelcharakterisierung wurde ebenfalls ein aerober Effekt angestrebt. Das Training konnte nach der Eingewöhnungsphase, z. B. durch Verkürzung der Pausen verschärft werden.

Der Trainer und Inhaber des Fitnessstudios (Work-out Fitness, Heiliger Weg 71-75, Dortmund) erklärte sich bereit, das Training den Studienteilnehmern außerhalb der regulären Öffnungszeiten anzubieten. Als Assistenten wurden weitere Trainer/innen (ausgebildete Übungsleiter und ein Physiotherapeut) aus seinem Team sowie ein Student der Sportwissenschaften eingesetzt. Letzterer war für die Organisation und Durchführung des Sportchecks zuständig und auch an der Konzeptionierung des Trainings beteiligt (s. Zwischenbericht für weitere Informationen).

### 2.7.2 Kognitives Training

Zu Beginn des kognitiven Trainings („Kognition“) wurden einführende Informationen zum Aufbau des Gehirns und Mechanismen der menschlichen Informationsverarbeitung gegeben, sowie Hauptfunktionen wie Gedächtnis, Aufmerksamkeit oder Konzentrationsfähigkeit erläutert. Des Weiteren wurden Fragen zu altersbedingten Veränderungen der kognitiven Funktionen erörtert, wie z. B. warum die Leistungsfähigkeit im Alter abnimmt, wovon die Leistungsfähigkeit des Gehirns abhängt, und wofür eine schnelle Informationsverarbeitung und große Merkspanne im Alltag wichtig ist (auch speziell als Verkehrsteilnehmer). Diese Punkte sollten einem besseren Verständnis dienen und durch ihre unmittelbare Relevanz die Motivation steigern, aktiv am Training teilzunehmen.

Das sich anschließende Training setzte sich aus zwei Phasen zusammen. Während der ersten 8 Sitzungen wurde das mentale Aktivierungstraining (MAT) angewandt. Zusätzlich wurde in der ersten Phase der Umgang mit Computertastatur und -maus auf spielerische Art geübt, um einen reibungslosen Übergang in die zweite Phase zu gewährleisten, bei der ein PC-gestütztes Training angewandt wurde. Die Trainingseinheiten bauten aufeinander auf und der Schwierigkeitsgrad nahm individuell zu.

- MAT: Das mentale Aktivierungstraining ist ein Trainingsprogramm, das die Aufmerksamkeit, Kurz- und Arbeitsgedächtnis und allgemein die Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit fördert. Bei der letzten Funktion handelt es sich um die Geschwindigkeit, mit der Informationen aufgenommen und in Handlung umgesetzt werden. Sie lässt sich beispielsweise durch visuelle Suche auf Zeit und Konzentrationsübungen

verbessern. Die Merkspanne (Kurzzeitgedächtnis) indiziert, wie lange eine Information unmittelbar zur Verfügung steht. Sie kann durch Einprägung und unmittelbare Wiedergabe von verbalem und nonverbalem Material verbessert werden.

Das Training begann mit einfachen Übungen, deren Schwierigkeitsgrad im Laufe des Trainings angehoben und deren zeitlicher Rahmen begrenzt wurde. Die Schnelligkeit der Informationsverarbeitung kann durch ein regelmäßiges Training schnell verbessert werden, wodurch das Erfolgserleben gesteigert wird. Übungen zur Merkspanne erfordern mehr Energie und Konzentration, Erfolge treten dabei wesentlich später ein, Defizite kommen aber auch stärker zum Vorschein. Der Schwierigkeitsgrad wurde aufgrund dessen nur langsam und geringfügig erhöht, um Misserfolge zu vermeiden. Die dritte Übungsvariante beinhaltete beide Komponenten. Konzentrationsübungen in unterschiedlicher Form, kombiniert mit Bewegungen, Fingerübungen, Gedächtnisspielen rundeten das mentale Aktivierungstraining ab.

- Den Einstieg in die zweite Trainingsphase erlaubte den Einsatz der Software „Fresh Minder 1“. Dabei legte jeder Teilnehmer ein Anwenderkonto an, unter dem alle Übungsergebnisse gespeichert wurden. Auf diese Weise erhielt jeder Teilnehmer einen Überblick über seine aktuelle Leistungsfähigkeit und Fortschritte. Der Fresh Minder 1 trainiert Informationsverarbeitungs- und Reaktionsgeschwindigkeit durch Übungen zur visuellen Suche und logischem Denken und durch das Erkennen von Zusammenhängen. Die Merkfähigkeit und Koordination wurde durch Übung von Mehrfach Tätigkeiten trainiert (s. Anhang für eine Auflistung der Übungen). Im Trainingsverlauf wurden weitere PC-gestützte umfangreiche Programme eingesetzt (AHANO; [www.ahano.de](http://www.ahano.de), MENTAGA; [www.mentaga.de](http://www.mentaga.de), Mental-Aktiv; [www.mental-aktiv.de](http://www.mental-aktiv.de), s. Anhang für eine Auflistung der verwendeten Aufgaben). Die Anwendungen beinhalten eine Reihe von speziellen Übungen die schwerpunktmäßig bestimmte Funktionen trainieren. Es werden alle wichtigen Basisfähigkeiten wie Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit, Konzentrationsfähigkeit und Belastbarkeit trainiert. Darüber hinaus werden kognitive Funktionen separat oder in den meisten Fällen in Kombination trainiert. Das sind vor allem Funktionen wie Aufmerksamkeit, Kurz- und Arbeitsgedächtnis, räumliche Wahrnehmung, logisches Denken, visuelles, verbales und räumliches Denken, kontextbasierte Reaktionsauswahl, Koordination von Mehrfach Tätigkeiten, schneller Aufgabenwechsel und Handlungsplanung. Ergänzend wurden in dem Training spezielle Gedächtnisstrategien mithilfe des Zahlen-Bilder-Systems, des Loci-Systems und Chunkings erlernt. Logisches Denken wurde mithilfe von Sudoku in unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden trainiert.

Das PC-gestützte kognitive Training fand in dem PC-Raum einer städtischen Begegnungsstätte für Senioren statt (Wilhelm-Hansmann-Haus, Märkische Straße 100, Dortmund). Der Raum liegt in Obhut der Volkshochschule Dortmund, die sich bereit erklärte, an der Studie als Kooperationspartner mitzuwirken. Als Trainerin wurde eine anerkannte MAT-Trainerin rekrutiert (zertifiziert durch die Gesellschaft für Gehirntraining e.V.), die zudem langjährige Erfahrung mit Gehirnjogging bei Senioren vorwies. Als Assistentin wurde eine Pädagogikstudentin engagiert, die bereits im Rahmen eines Praktikums und ihrer Diplomarbeit Gedächtnistraining für Senioren in der gleichen Einrichtung angeboten hatte.

### 2.7.3 Entspannungstraining

Die soziale Kontrollgruppe („Entspannung“) erhielt ein Entspannungstraining. Das Entspannungstraining ist der Oberbegriff für mehrere Maßnahmen, bei denen ein unmittelbarer Effekt auf kognitive Funktionen nicht zu erwarten bzw. bislang nicht nachgewiesen wurde. Die Zu-

sammenstellung diverser Entspannungsmaßnahmen sorgte dafür, dass das Quasi-Training abwechslungsreich und interessant war und die Teilnehmer so durch den gesundheitsförderlichen Charakter der Maßnahme motiviert wurden, alle Trainingseinheiten zu absolvieren. Im Vordergrund stand das soziale Miteinander, das in gleichem Umfang und Häufigkeit wie in den beiden Trainingsgruppen stattfand. Es wurden folgende Inhalte in das Programm aufgenommen: Gymnastik, Stretching, Muskellockerung und -dehnung, Rückenschule, autogenes Training, progressive Muskelentspannung, Atemübungen, Quigong und Massage. Ein zweiter Baustein des Trainings war die gesundheitliche Aufklärung. Dabei wurde über allgemeines Gesundheitsverständnis, Ernährung und Ernährungsirrtümer, Suchtmittel, Bewegung, Genuss als Mittel zur Steigerung der Lebensqualität und weitere verwandte Themen in der Gruppe diskutiert. Ergänzt wurde das Programm durch Spiele, um das soziale Gefühl zu stärken und die Gruppenidentifikation zu fördern.

Das Training wurde von einer professionellen VHS-Trainerin betreut, die auf den Bereich der Entspannungstechniken spezialisiert und bereits an Projekten zur Gesundheitsförderung für Senioren beteiligt war.

Das Training fand im Zentralgebäude der VHS Dortmund (VHS im Löwenhof, Hansastraße 2-4, Dortmund) statt. Der Trainingsraum war mit Liegematten und Gymnastikutensilien ausgestattet.

## 2.8 Datenauswertung und statistische Analyse

Die Ergebnisse der psychometrischen Tests und der PC-gestützten Test-Batterie wurden mithilfe von geplanten T-Tests untersucht. Diese Tests überprüfen a priori Hypothesen und bedürfen keiner Korrektur des Alpha-Fehlers (Hager, 1987). Bei der statistischen Überprüfung der Trainingseffekte werden Ergebnisse der Prä- und Postmessung mit Hilfe eines T-Tests für gepaarte Stichproben durchgeführt. Diese geben Aufschluss über die Veränderungen zwischen der Prä- und Postmessung innerhalb jeder Gruppe.

Um die Trainingseffekte zwischen den Gruppen zu untersuchen, werden Gruppenvergleiche mit Hilfe von T-Tests für unabhängige Stichproben auf zwei Arten durchgeführt: Erstens, es werden die Ergebnisse der Postuntersuchung zwischen den Trainingsgruppen (körperliches Training, kognitives Training, Entspannungstraining) und der passiven Kontrollgruppe durchgeführt. Zweitens, es werden Differenzwerte innerhalb jeder Gruppe für die Prä- vs. Post-Messung berechnet und damit die Gruppenvergleiche durchgeführt. Die Differenzbildung hatte zum Ziel, die interindividuellen Unterschiede in der Grundleistung zu eliminieren und die Netto-Veränderung in der Leistung zu extrahieren. Diese Differenzwerte wurden zwischen der jeweiligen Trainings- und der Kontrollgruppe durchgeführt. Das Alpha-Niveau wurde bei  $p < .05$  angesetzt.

In den Ergebnistabellen wurden die mittleren Reaktionszeiten, mittleren Fehlerraten bzw. Anteile korrekt entdeckter Reize. Mit  $\Delta$  wird die Differenz zwischen der Prä- und der Postmessung gekennzeichnet. Mit  $t(df)$  wird der T-Wert mit seinen Freiheitsgraden und mit  $p$  der p-Wert gekennzeichnet. Signifikante Ergebnisse werden fett unterlegt und das erreichte Signifikanzniveau mit dem Sternzeichen kenntlich gemacht (\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ ).

Darüber hinaus wurden Kovarianzanalysen (ANCOVA) mit dem Innersubjektfaktor **Messzeitpunkt** und Zwischensubjektfaktor **Gruppe** unterzogen. Als Kovariaten wurden potenzielle intervenierenden Variablen berücksichtigt wie: **Alter** (unter 70 und über 70 Jahre), **PC-**

**Erfahrung** (ja oder nein), **Wohnsituation** (alleine oder mit Familie / Partner) und **Leistung im Vortest** (unter- oder überdurchschnittlich) dargestellt. Nur signifikante Effekte und Interaktionen werden berichtet. Bei signifikanten Interaktionen, werden die relevanten Kontraste mit Hilfe von weiteren Varianzanalysen mit Messwiederholungen oder Post-Hoc-Tests mit Bonferroni-Korrektur für Mehrfachvergleiche untersucht.

### 3 Ergebnisse

Insgesamt war die Compliance ausgezeichnet: im Durchschnitt wurden nur zwei Trainingssitzungen versäumt (vgl. Tab 8 im Anhang), die zum Teil von den Teilnehmern nachgeholt wurden. Die Drop-Out Rate betrug (6%) was 10 Teilnehmern entsprach. Diese Teilnehmer haben krankheitsbedingt die Studie verlassen. Wie man der Tabelle 8 im Anhang entnehmen kann, war auch die Zufriedenheit der Probanden mit dem Training groß. In allen Gruppen war das subjektive Gefühl vorherrschend, dass sie von dem Training profitiert haben. Alle Gruppen haben berichtet, nach dem Training mehr auf ihre Gesundheit zu achten. Über 90% der Teilnehmer berichteten, dass sie gerne an dem Training teilgenommen haben und über die Hälfte der Probanden entschlossen sei, das Training fortzusetzen.

### 3.1 Ergebnisse der neuropsychologischen Diagnostik

Eine Übersicht der Gruppenergebnisse der neuropsychologischen Diagnostik findet sich in der Tabelle 5a-d. Darin sind alle Kennwerte der Vor- und die Nachuntersuchung sowie die statistische Prüfung für die 4 Gruppen enthalten.

Die Testindikatoren wurden in dem Kapitel 2.6.2.2 und die statistischen Parameter im Kapitel 2.8 beschrieben.

Tabelle 5a: Ergebnisse der neuropsychologischen Tests für die körperliche Trainingsgruppe (Fitness).

	Fitness (n = 35)									
	Prä	Post	Δ	t(df)	p	zwischen <sup>2</sup>	p	t(df)	zwischen <sup>3</sup>	p
<b>D2</b>										
D-Test GZ	385.21(86.50)	410.09(82.85)	-24.88(45.78)	T(32)=3.12	.004**	T(70)= 11	.91	T(72)= 04	.74	
D-Test F1	21.15(22.30)	16.36(13.80)	4.79(12.89)	T(32)=2.13	.041*	T(70)=1.77	.08	T(62.52)=1.55	.13	
D-Test F2	4.82(8.94)	1.94(2.96)	2.88(8.56)	T(32)=1.93	.06	T(70)=1.05	.30	T(72)=1.29	.20	
<b>Zahlen-Symbol-Test</b>										
Gesamt	42.74(11.81)	45.43(9.46)	-2.69(8.15)	T(34)=1.95	.06	T(73)=1.34	.19	T(73)=.175	.86	
Richtig	42.63(11.84)	45.31(9.53)	-2.69(8.15)	T(34)=1.95	.06	T(73)=1.37	.17	T(73)=.18	.86	
<b>Stroop</b>										
Wort Lesen	13.69(2.10)	13.74(2.42)	-.057(1.80)	T(34)=.19	.85	T(73)=.05	.96	T(73)=.39	.70	
Farbe benennen	21.31(4.09)	20.34(4.11)	.97(2.72)	T(34)=2.12	.042*	T(72)=.64	.52	T(72)=1.03	.31	
Interferenzliste	46.34(15.722)	42.06(10.10)	4.29(11.56)	T(34)=2.19	.035*	T(72)=1.53	.13	T(72)=.85	.40	
<b>Zahlenspanne</b>										
Vorwärts	3.73(97)	3.971(1.08)	-.24(.83)	T(34)=1.74	.09	T(73)=.52	.61	T(73)=.72	.79	
Rückwärts	2.886(.80)	3.27(1.11)	-.39(.96)	T(34)=2.37	.024*	T(72)=.36	.49	T(73)=.04	.98	
<b>Wortflüssigkeit</b>										
Gesamt	43.63(13.37)	44.29(14.61)	-.657(9.29)	T(34)=.42	.68	T(73)=.34	.74	T(64.50)=.11	.91	
<b>MWT-B</b>										
Wörter Gesamt	30.77(3.05)	30.89(3.14)	-.11(3.12)	T(34)=.22	.83	T(73)=.70	.49	T(73)=.27	.79	
Wörter IQ	114.51(10.23)	115.03(13.28)	-.51(10.56)	T(34)=.29	.78	T(73)=.88	.38	T(73)=.46	.85	
<b>VLMT</b>										
Summe DG1-DG5	37.26(10.37)	46.34(9.40)	-9.09(9.60)	T(34)=5.60	.0001***	T(73)=.30	.77	T(73)=.827	.41	
Summe I	4.54(1.80)	4.77(1.35)	-.23(1.70)	T(34)=.80	.43	T(73)=.50	.62	T(73)=.40	.69	
Summe DG 6	7.23(2.70)	10.23(2.94)	-3.0(2.57)	T(34)=6.92	.0001***	T(73)=.84	.41	T(73)=.36	.72	
Summe DG7	7.54(3.08)	9.89(3.23)	-2.34(2.45)	T(34)=5.66	.0001***	T(73)=.83	.41	T(73)=1.30	.20	
Summe DG5-DG6	3.06(2.14)	1.89(1.80)	1.17(2.91)	T(34)=2.39	.023*	T(73)=1.83	.71	T(73)=.51	.62	
Summe DG5-DG7	2.74(1.72)	2.23(1.61)	.51(2.31)	T(34)=1.32	.20	T(73)=.21	.84	T(73)=1.09	.28	
VLMT Wiedererkennung										
Summe richtig	12.00(2.40)	13.26(1.27)	-1.27(1.86)	T(33)=3.96	.0001***	T(72)=2.00	.05*	T(73)=1.39	.17	
Summe In	12.52(2.29)	13.09(2.96)	-.58(2.74)	T(32)=1.21	.24	T(71)=1.52	.13	T(72)=1.98	.07	
Summe S	8.21(2.04)	8.42(2.32)	-.21(2.40)	T(32)=.51	.61	T(71)=.80	.43	T(72)=2.36	.030*	
<b>Rey-Figur (ROCF)</b>										
V1 (Abzeichnen)	30.91(3.15)	30.46(2.68)	.46(3.11)	T(34)=.87	.39	T(73)=.56	.58	T(73)=.13	.90	
V2 (Nachzeichnen)	16.74(5.32)	19.19(7.54)	-2.93(5.01)	T(34)=3.46	.001***	T(73)=.77	.45	T(73)=.06	.95	
<b>Mentale Rotation</b>										
Gesamt	6.34(4.07)	6.06(4.37)	.29(3.66)	T(34)=.46	.65	T(73)=.14	.89	T(63.15)=.34	.74	
Richtig	6.27(3.26)	4.47(4.18)	.80(3.13)	T(29)=1.40	.17	T(64)=.07	.95	T(62.05)=.52	.60	
Falsch	1.13(1.01)	1.13(1.10)	-.0(1.53)	T(29)=0	1.00	T(65)=.65	.52	T(73)=.59	.56	
<b>WCST</b>										
Trials administered	83.30(14.46)	80.63(11.20)	2.75(14.29)	T(31)=1.09	.29	T(66)=1.31	.20	T(66)=1.22	.23	
Correct total	70.84(8.89)	69.47(8.25)	1.38(8.51)	T(31)=.91	.37	T(66)=1.43	.16	T(66)=1.11	.27	
Perseverative response	6.75(3.62)	5.72(2.29)	1.03(4.54)	T(31)=1.29	.21	T(66)=1.32	.19	T(66)=.91	.37	
Perseverative errors	6.44(3.05)	5.63(1.98)	-24.88(45.78)	T(31)=1.21	.24	T(66)=1.11	.27	T(66)=1.25	.22	
<b>TMT</b>										
TMT-A		42.69(17.45)						T(73)=1.13	.26	
TMT-B		106.09(47.00)						T(73)=1.06	.29	
<b>CFO*</b>										
Gesamt		30.06(12.67)								
<b>Körperliche Fitness</b>										
BMI	26.91(4.36)	26.78(4.29)	-.13(.87)	T(33)=.85	.40	T(69)=.16	.87	T(69)=.94	.35	
Waistleistung	91.92(31.17)	97.79(28.12)	5.87(10.91)	T(30)=2.99	.005**	T(64)=2.4	.019*	T(64)=.89	.38	
Relative Leistung	1.17(.37)	1.26(.30)	.09(.15)	T(30)=3.42	.002**	T(55.23)=2.7	.010*	T(61.56)=.18	.86	

<sup>1</sup> zwischen den Mittelwerten der Pre- und Postmessung  
<sup>2</sup> zwischen den Gruppen für die Differenzen (Pre - Post)  
<sup>3</sup> zwischen den Gruppen für die Postmessung  
\* nur Nachmessung

Die körperliche Trainingsgruppe („Fitness“) weist signifikante Verbesserungen in einer Reihe von neuropsychologischen Tests auf. Vor allem verbesserte sich die Schnelligkeit und die Leistungsqualität im d2-Test. Eine Verbesserung zeigt sich auch in der Stroop-Interferenz. Schließlich zeigt sich auch eine Steigerung der Gedächtnisleistungen, wie beim Arbeitsgedächtnis (Zahlenspanne rückwärts), bei Kurz- und Langzeitgedächtnis (im verbalen Lern- und Merkfähigkeitstest, VLMT) und visuell-konstruktiven Gedächtnistest (Rey-Osterrieth Complex Figure Test).

Erwartungsgemäß zeigt sich aber auch eine signifikante Steigerung der körperlichen Fitness sowohl in der absoluten als auch relativen Wattleistung gegenüber der Kontrollgruppe.

Tabelle 5 b: Ergebnisse der neuropsychologischen Tests für die kognitive Trainingsgruppe (Kognition).

	Kognition (n = 32)								
	Prä	Post	Δ	innerhalb <sup>1</sup>		zwischen <sup>2</sup>		zwischen <sup>3</sup>	
				t(df)	p	t(df)	p	t(df)	p
<b>D2</b>									
D-Test GZ	402.50(80.31)	449.34(97.35)	-46.84(55.47)	T(31)=4.78	.0001***	T(69)=1.56	12	T(70)=1.99	.050*
D-Test F1	22.38(14.81)	19.63(10.79)	2.75(14.11)	T(31)=-1.10	.28	T(69)=6.2	54	T(70)=-.79	.44
D-Test F2	3.75(6.74)	3.19(7.48)	.58(4.73)	T(31)=-.67	.51	T(69)=-1.24	22	T(70)=-.79	.98
<b>Zahlen-Symbol-Test</b>									
Gesamt	45.56(11.62)	49.88(9.54)	-4.31(9.85)	T(31)=2.48	.019*	T(70)=2.07	.045*	T(70)=1.87	.07
Richtig	45.53(11.60)	49.53(9.72)	-4.0(9.53)	T(31)=2.37	.024*	T(70)=1.94	.06	T(70)=1.73	.09
<b>Stroop</b>									
Wort Lesen	13.97(2.21)	13.63(1.79)	.33(1.77)	T(29)=-1.03	.31	T(68)=-1.02	.31	T(69)=-.59	.56
Farbe benennen	21.45(3.91)	20.29(2.84)	1.62(2.82)	T(30)=-2.30	.029*	T(68)=-.91	.36	T(68)=-1.23	.22
Interferenzliste	43.00(11.53)	39.35(7.01)	3.65(8.39)	T(30)=-2.42	.022*	T(68)=-1.45	.15	T(68)=-2.16	.034*
<b>Zahlenspanne</b>									
Vonwärts	3.56(.65)	4.20(1.10)	-.64(.95)	T(31)=3.81	.001***	T(70)=1.28	.20	T(70)=.66	.51
Rückwärts	2.90(.57)	3.77(.96)	-.87(.94)	T(30)=-5.16	.0001***	T(68)=1.92	.06	T(70)=2.01	.049*
<b>Wortflüssigkeit</b>									
Gesamt	44.44(9.80)	49.38(13.75)	-4.94(10.80)	T(31)=-2.59	.015*	T(70)=1.58	.12	T(70)=1.82	.07
<b>MWT-B</b>									
Wörter Gesamt	31.31(2.69)	31.97(2.18)	-.66(2.15)	T(31)=1.73	.09	T(70)=1.86	.07	T(65.51)=1.26	.21
Wörter IQ	116.03(11.52)	118.88(10.66)	-2.84(9.60)	T(31)=1.68	.10	T(70)=1.81	.07	T(70)=.79	.43
<b>VLMT</b>									
Summe DG1-DG5	39.81(10.91)	50.78(9.44)	-10.97(9.32)	T(31)=6.66	.0001***	T(70)=.61	.54	T(70)=1.23	.22
Summe I	4.94(1.83)	5.91(1.92)	-.97(2.18)	T(31)=2.52	.017*	T(70)=1.20	.24	T(70)=2.48	.016*
Summe DG 6	8.41(3.41)	11.06(3.17)	-2.66(3.16)	T(31)=4.76	.0001***	T(70)=.20	.84	T(70)=.80	.43
Summe DG7	8.06(3.87)	11.03(2.945)	-2.97(2.31)	T(31)=7.28	.0001***	T(70)=.25	.81	T(70)=.29	.77
Summe DG5-DG6	2.34(2.68)	1.81(1.79)	.53(3.10)	T(31)=-0.97	.34	T(70)=.70	.49	T(70)=.66	.51
Summe DG5-DG7	2.69(2.92)	1.84(1.73)	.84(2.68)	T(31)=-1.78	.08	T(70)=-.73	.47	T(70)=.20	.84
<b>VLMT Wiedererkennung</b>									
Summe richtig	12.69(2.38)	13.84(1.19)	-1.16(2.07)	T(31)=3.17	.003**	T(70)=1.63	.11	T(70)=.56	.58
Summe In	12.72(2.08)	13.66(2.28)	-.94(2.65)	T(31)=2.00	.05*	T(70)=-.98	.33	T(70)=-1.09	.28
Summe S	8.50(1.69)	9.19(1.26)	-.89(1.45)	T(31)=2.69	.011*	T(70)=.23	.82	T(70)=-.58	.56
<b>Rey-Figur (ROCF)</b>									
V1 (Abzeichnen)	31.72(2.25)	30.55(2.75)	1.17(2.84)	T(31)=-2.33	.026*	T(70)=-1.58	.12	T(70)=-.004	1.00
V2 (Nachzeichnen)	17.97(5.67)	22.95(5.04)	-4.98(5.14)	T(31)=5.49	.0001***	T(70)=.83	.41	T(70)=2.44	.017*
<b>Mentale Rotation</b>									
Gesamt	6.63(3.17)	6.97(3.45)	-.34(2.67)	T(31)=.73	.47	T(70)=.75	.46	T(70)=1.52	.13
Richtig	5.52(3.51)	5.58(3.33)	-.07(2.78)	T(30)=.13	.90	T(65)=1.18	.24	T(70)=1.44	.16
Falsch	1.32(1.56)	1.61(1.75)	-.29(1.64)	T(30)=-.99	.33	T(66)=-.02	.99	T(70)=-.028	.98
<b>WCST</b>									
Trials administered	84.56(13.37)	82.84(10.53)	1.72(10.11)	T(31)=.96	.34	T(66)=-1.16	.25	T(66)=-.55	.59
Correct total	72.18(10.48)	71.25(8.19)	.91(8.40)	T(31)=.61	.55	T(66)=-1.25	.22	T(66)=-.35	.73
Perserverative response	6.47(2.77)	6.50(2.50)	-.03(3.44)	T(31)=-.05	.96	T(66)=-.15	.88	T(66)=-.40	.69
Perserverative errors	6.19(2.39)	6.25(2.13)	-.06(2.98)	T(31)=-.12	.91	T(66)=.05	.96	T(66)=-.52	.61
<b>TMT</b>									
TMT-A		35.41(10.73)						T(70)=1.20	.23
TMT-B		93.88(24.49)						T(70)=-.18	.86
<b>CFQ</b>									
Gesamt		29.44(10.78)							
<b>Körperliche Fitness</b>									
BMl	26.89(4.54)	26.62(4.44)	-.28(.90)	T(30)=-1.72	.10	T(66)=-.87	.39	T(66)=.74	.46
Wattleistung	90.13(31.90)	92.29(34.71)	2.16(16.46)	T(28)=.71	.49	T(62)=1.26	.21	T(62)=.09	.92
Relative Leistung	1.22(.46)	1.26(.51)	-.04(0.24)	T(28)=.88	.39	T(62)=1.35	.18	T(62)=-.17	.87

<sup>1</sup> zwischen den Mittelwerten der Pre- und Postmessung

<sup>2</sup> zwischen den Gruppen für die Differenzen (Pre - Post)

<sup>3</sup> zwischen den Gruppen für die Postmessung

\* nur Nachmessung

Die kognitive Trainingsgruppe („Kognition“; Tab. 5b) zeigt nach dem Training Verbesserungen in einer Vielzahl von Tests. Ähnlich wie bei der körperlichen Trainingsgruppe wurde eine deutliche Verbesserung in den verbalen Gedächtnistests (VLMT) festgestellt, die aber auch offenbar weitgehend unspezifisch war. Anders als bei der körperlichen Trainingsgruppe zeigen sich jedoch in der kognitiven Gruppe eine Reihe von Verbesserungen, die größer sind als in den anderen Gruppen. Diese sind die Leistung im d2-Test (höhere Verarbeitungsgeschwindigkeit), im Zahlen-Symbol-Test (Tendenz hinsichtlich der Verarbeitungsgeschwindigkeit und Psychomotorik), in der Stroop-Aufgabe (Verbesserung der Unterdrückung irrelevanter Information), Zahlenspanne rückwärts (Verbesserung des Arbeitsgedächtnisses), VLMT

und ROCF Nachzeichnen (Verbesserung des verbalen und des bildlichen Kurzzeitgedächtnisses), sowie die Wortflüssigkeit (beschleunigter Zugriff auf Gedächtnisinhalte).

Tabelle 5c: Ergebnisse der neuropsychologischen Tests für die Entspannungsgruppe (Entspannung).

	Entspannung (n = 35)								
	Prä	Post	Δ	innerhalb <sup>1</sup>		zwischen <sup>2</sup>		zwischen <sup>3</sup>	
				t(df)	p	t(df)	p	t(df)	p
<b>D2</b>									
D-Test GZ	374.00(100.93)	408.79(82.65)	-34.79(105.95)	T(33)=1.92	.06	T(71)=.56	.58	T(73)=.20	.85
D-Test F1	20.29(16.16)	24.12(29.48)	-3.82(34.79)	T(33)=.64	.53	T(71)=.90	.37	T(73)=.06	.95
D-Test F2	5.32(5.45)	11.50(51.14)	-6.18(51.27)	T(33)=.70	.49	T(71)=.18	.86	T(73)=1.00	.32
<b>Zahlen-Symbol-Test</b>									
Gesamt	44.66(9.08)	45.57(9.22)	-.91(5.90)	T(34)=.92	.37	T(73)=.28	.77	T(73)=.11	.91
Richtig	44.63(9.09)	45.20(9.17)	-0.57(6.19)	T(34)=.55	.59	T(73)=.07	.94	T(73)=.24	.81
<b>Stroop</b>									
Wort Lesen	15.66(4.29)	15.69(3.51)	-.03(3.59)	T(34)=.05	.96	T(45.33)=.07	.94	T(73)=2.38	.020*
Farbe benennen	23.74(6.55)	22.66(3.91)	-1.09(5.62)	T(34)=1.14	.26	T(72)=.50	.62	T(72)=1.55	.13
Interferenzliste	46.14(10.36)	42.74(6.61)	3.4(10.51)	T(34)=1.91	.06	T(72)=1.22	.23	T(72)=.66	.51
<b>Zahlenspanne</b>									
Vorwärts	3.74(.66)	4.19(1.13)	-.44(.95)	T(34)=2.75	.010**	T(73)=.42	.68	T(73)=.59	.56
Rückwärts	2.73(.66)	3.66(1.12)	-.93(1.13)	T(34)=4.85	.0001***	T(72)=2.02	.050*	T(73)=1.66	.10
<b>Wortflüssigkeit</b>									
Gesamt	40.31(10.56)	38.86(12.84)	1.48(9.90)	T(34)=.87	.39	T(73)=1.32	.19	T(73)=1.81	.08
<b>MWT-B</b>									
Wörter Gesamt	31.06(3.34)	30.94(3.92)	.12(2.51)	T(33)=.27	.79	T(72)=.37	.71	T(73)=.49	.63
Wörter IQ	116.06(12.50)	116.50(14.38)	-.44(10.72)	T(33)=.24	.81	T(72)=.84	.41	T(73)=.22	.83
<b>VLMT</b>									
Summe DG1-DG5	36.89(9.24)	48.20(8.37)	-11.31(10.13)	T(34)=6.61	.0001***	T(73)=.76	.45	T(73)=.05	.96
Summe I	4.43(1.46)	4.86(1.734)	-.43(1.61)	T(34)=1.57	.13	T(73)=.01	.99	T(73)=.12	.91
Summe DG 6	7.86(2.25)	11.17(2.73)	-3.31(3.15)	T(34)=6.22	.0001***	T(73)=1.24	.22	T(73)=1.04	.30
Summe DG7	8.11(2.41)	11.23(2.58)	-3.11(2.58)	T(34)=7.15	.0001***	T(73)=.49	.63	T(73)=.62	.54
Summe DG5-DG6	1.97(2.11)	1.60(1.82)	.371(2.70)	T(34)=.81	.42	T(73)=.48	.63	T(73)=1.17	.25
Summe DG5-DG7	1.71(2.08)	1.54(1.63)	.17(2.15)		.64	T(73)=.43	.67	T(73)=.47	.64
VLMT Wiedererkennung									
Summe richtig	12.77(1.80)	13.40(1.52)	-.63(1.94)	T(34)=1.92	.06	T(73)=.48	.64	T(73)=.84	.41
Summe In	13.46(1.72)	14.34(1.39)	-.89(1.68)	T(34)=3.13	.004**	T(73)=1.26	.21	T(73)=.57	.57
Summe S	9.03(1.07)	9.51(1.95)	-.49(1.36)	T(34)=2.12	.042*	T(73)=.31	.76	T(73)=.68	.50
<b>Rey-Figur (ROCF)</b>									
V1 (Abzeichnen)	31.38(3.13)	30.93(2.48)	.46(3.28)	T(33)=.81	.42	T(72)=.54	.59	T(72)=.55	.59
V2 (Nachzeichnen)	18.46(4.66)	21.18(5.33)	-2.72(5.70)	T(33)=2.78	.009**	T(72)=.88	.38	T(72)=1.15	.25
<b>Mentale Rotation</b>									
Gesamt	6.14(3.318)	6.83(3.20)	-.69(2.90)	T(34)=1.40	.17	T(73)=1.23	.22	T(73)=1.43	.16
Richtig	5.06(2.92)	5.29(3.38)	-.23(2.92)	T(34)=.46	.65	T(69)=1.43	.16	T(72)=1.32	.19
Falsch	1.09(1.20)	1.54(1.62)	-.46(1.84)	T(34)=1.47	.15	T(70)=.35	.73	T(73)=.08	.94
<b>WCST</b>									
Trials administered	85.69(15.23)	87.75(14.49)	-2.06(19.99)	T(31)=.58	.56	T(66)=0.002	1.00	T(67)=.80	.43
Correct total	71.81(8.28)	73.88(10.56)	-2.06(13.31)	T(31)=.88	.39	T(66)=.02	.99	T(55.86)=1.44	.16
Perseverative response	7.47(5.56)	7.25(3.07)	.22(6.11)	T(31)=.20	.84	T(40.75)=.31	.76	T(56.78)=1.58	.12
Perseverative errors	6.91(4.53)	7.00(2.81)	-.09(5.24)	T(31)=.10	.92	T(66)=.07	.95	T(67)=.43	.67
<b>TMT*</b>									
TMT-A		36.70(8.31)						T(71)=.81	.42
TMT-B		98.76(36.54)						T(71)=.37	.71
<b>CFQ*</b>									
Gesamt		26.88(9.64)							
<b>Körperliche Fitness</b>									
BMI	26.60(4.34)	26.66(4.54)	.074(.712)	T(33)=.60	.55	T(69)=.88	.38	T(69)=.80	.43
Wattleistung	101.40(30.86)	94.07(29.23)	-5.33(26.04)	T(31)=1.16	.26	T(65)=.32	.75	T(66)=.35	.72
Relative Leistung	1.32(.30)	1.27(.37)	-.05(0.35)	T(31)=.72	.48	T(65)=.03	.98	T(66)=.34	.73

<sup>1</sup> zwischen den Mittelwerten der Pre- und Postmessung

<sup>2</sup> zwischen den Gruppen für die Differenzen (Pre - Post)

<sup>3</sup> zwischen den Gruppen für die Postmessung

\* nur Nachmessung

Wie man der Tabelle 5c entnehmen kann, sind nach dem Entspannungstraining (Gruppe „Entspannung“) ebenfalls einige signifikante Verbesserungen zu verzeichnen. Diese betreffen ausschließlich die Gedächtnistests. Unterschiede zu den anderen Gruppen im Nachtest waren hinsichtlich der Arbeitsgedächtnisleistung beim Zahlen Nachsprechen rückwärts und in der Geschwindigkeit beim Wortlesen in der Stroop-Aufgabe zu sehen.

Tabelle 5d: Ergebnisse der neuropsychologischen Tests für die Kontrollgruppe (Kontrolle)

	Kontrolle (n = 40)				
	Prä	Post	$\Delta$	innerhalb <sup>1</sup>	
				t(df)	p
<b>D2</b>					
D-Test GZ	388.36(80.24)	411.64(75.61)	-23.28(69.04)	T(38)=-2.11	.042*
D-Test F1	20.13(20.47)	22.77(24.69)	-2.64(20.99)	T(38)=-.79	.44
D-Test F2	4.10(6.19)	2.87(4.79)	1.23(4.39)	T(38)=1.75	.09
<b>Zahlen-Symbol-Test</b>					
Gesamt	45.28(9.86)	45.80(8.94)	-.53(5.77)	T(39)=-.58	.57
Richtig	45.23(9.86)	45.70(8.99)	-.48(5.73)	T(39)=-.58	.60
<b>Stroop</b>					
Wort Lesen	13.90(2.05)	13.98(2.70)	-.075(1.58)	T(39)=-.30	.77
Farbe benennen	21.87(4.05)	21.28(3.713)	.59(2.41)	T(38)=1.526	.14
Interferenzliste	44.82(10.00)	44.10(10.49)	.718(8.41)	T(38)=.53	.60
<b>Zahlenspanne</b>					
Vorwärts	3.69(.85)	4.04(1.03)	-.35(.96)	T(39)=-2.32	.026*
Rückwärts	2.82(.77)	3.28(.94)	-.46(.85)	T(38)=-3.41	.002**
<b>Wortflüssigkeit</b>					
Gesamt	42.60(10.11)	44.00(11.54)	-1.35(8.54)	T(39)=-1.00	.32
<b>MWT-B</b>					
Wörter Gesamt	31.43(3.34)	31.10(3.61)	.33(2.29)	T(39)=.90	.38
Wörter IQ	118.23(13.84)	116.50(14.14)	1.73(11.39)	T(39)=.96	.34
<b>VLMT</b>					
Summe DG1-DG5	38.40(7.79)	48.10(9.00)	-9.7(8.32)	T(39)=-7.38	.0001***
Summe I	4.47(1.20)	4.90(1.40)	-.43(1.68)	T(39)=-1.60	.12
Summe DG 6	7.95(3.03)	10.48(3.02)	-2.53(2.35)	T(39)=-6.79	.0001***
Summe DG7	8.00(3.25)	10.83(3.04)	-2.83(2.54)	T(39)=-7.03	.0001***
Summe DG5-DG6	2.20(1.59)	2.10(1.87)	.10(2.15)	T(39)=.30	.77
Summe DG5-DG7	2.15(2.01)	1.75(2.11)	.40(2.46)	T(39)=1.03	.31
VLMT Wiedererkennung					
Summe richtig	13.25(1.48)	13.68(1.33)	-.43(1.75)	T(39)=-1.53	.13
Summe In	12.58(3.11)	14.15(1.55)	-1.58(2.84)	T(39)=-3.51	.001**
Summe S	8.75(1.61)	9.35(1.12)	-.6(1.75)	T(39)=-2.17	.036*
<b>Rey-Figur (ROCF)</b>					
V1 (Abzeichnen)	30.60(3.60)	30.55(3.31)	.05(3.17)	T(39)=.10	.92
V2 (Nachzeichnen)	15.69(4.49)	19.59(6.37)	-3.90(5.84)	T(39)=19.85	.0001***
<b>Mentale Rotation</b>					
Gesamt	5.93(3.08)	5.75(3.33)	.18(3.12)	T(39)=.36	.73
Richtig	5.11(2.75)	4.36(3.18)	.75(2.86)	T(35)=1.57	.13
Falsch	1.35(1.64)	1.65(2.00)	-.30(2.08)	T(36)=-.87	.39
<b>WCST</b>					
Trials administered	82.53(13.50)	84.58(14.95)	-2.06(2.64)	T(35)=-.78	.44
Correct total	70.39(7.81)	72.50(11.26)	-2.11(11.16)	T(35)=-1.14	.26
Perseverative response	6.17(1.98)	6.31(2.07)	-.14(2.59)	T(35)=.32	.75
Perseverative errors	6.02(1.80)	6.06(1.91)	-.03(2.35)	T(35)=-.07	.94
<b>TMT*</b>					
TMT-A		38.75(12.50)			
TMT-B		95.35(40.42)			
<b>CFQ*</b>					
Gesamt		28.74(10.33)			
<b>Körperliche Fitness</b>					
BMI	26.09(4.51)	25.82(4.33)	.09(.86)	T(36)=.66	.51
Wattlesitung	95.03(29.11)	91.53(28.61)	3.57(19.31)	T(34)=1.09	.28
Relative Leistung	1.31(0.38)	1.27(0.42)	.47(.27)	T(34)=1.04	.30

<sup>1</sup> zwischen den Mittelwerten der Pre- und Postmessung  
\* nur Nachmessung

Ähnliche Ergebnisse wie die in der Tabelle 5c sind in der Kontrollgruppe („Kontrolle“) zu finden. Diese betreffen wieder Kennwerte in den Gedächtnistests. Das weist darauf hin, dass diese Veränderungen als ein Resultat der Messwiederholung und nicht des Trainings zu interpretieren sind. Obwohl für die Gedächtnistests parallelisierte Versionen verwendet wurden (Zahlen nachsprechen, VLMT, Rey-Figur), scheinen diese Tests auf Messwiederholungen anfällig zu sein. Aus diesem Grund müssen die entsprechenden Ergebnisse der Trainingsgruppen in diesen Tests mit Vorsicht bewertet werden, da dort offenbar Trainingseffekte mit Messwiederholungseffekten konfundiert sind. Auf diesen Punkt wird näher in der Diskussion eingegangen.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Kovarianzanalyse (ANCOVA) unter Berücksichtigung von potentiellen intervenierenden Variablen dargestellt. Nur signifikante Effekte und Interaktionen werden berichtet.

### 3.1.1 d2-Aufmerksamkeits-Belastungs-Test

Alle 4 Gruppen verbesserten sich im Gesamtscore des d2-Tests signifikant ( $F(1, 133) = 26.3$ ,  $p < .0001$ ). Die Verbesserung fiel deutlich stärker bei den älteren Probanden aus: Während sich die unter 70-jährigen von der Vor- zur Nachmessung durchschnittlich von 382 auf 410 Punkte verbesserten ( $F(1, 41) = 4.3$ ,  $p < .05$ ), steigerten sich die über 70-jährigen von 391 auf 427 Punkte ( $F(1, 67) = 19.0$ ,  $p < .0001$ ). Dieser Anstieg bei den über 70-jährigen geht auf die kognitive Trainingsgruppe zurück, die den Gesamtscore von 404 auf 462 verbesserte ( $F(1, 15) = 21.6$ ,  $p < .0001$ ) und weniger auf die Entspannungsgruppe mit 378 vs. 424 ( $F(1, 18) = 4.9$ ,  $p < .05$ ), die körperliche Trainingsgruppe mit 400 vs. 423 ( $F(1, 17) = 3.2$ ,  $p = .08$ ) oder die Kontrollgruppe (KG; 380 vs. 395,  $F < 1$ ).

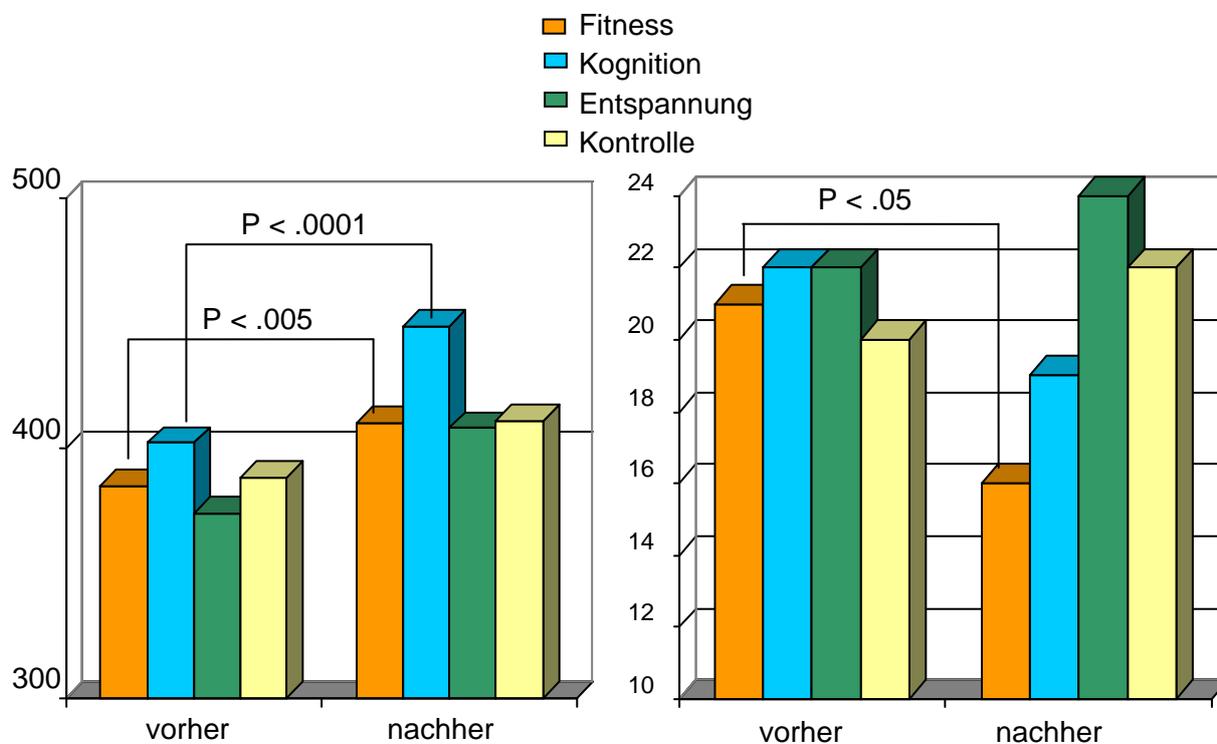


Abbildung 14: Gesamtanzahl der bearbeiteten Zeichen (links) und der Anteil unentdeckter Zeichen (rechts) im D2-Test für die 4 Gruppen (s. dazu Tab. 5a-d).

**Fazit:** Die über 70-jährigen aus der kognitiven Trainingsgruppe verbessern die Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit stärker als die Teilnehmer anderer Gruppen.

### 3.1.2 Zahlen-Symbol-Test

Die durchschnittliche Anzahl der korrekt eingetragenen Symbole stieg nach dem Training bei allen Teilnehmern an ( $F(1, 137) = 8.8$ ,  $p < .005$ ). Betrachtet man die Gruppen separat, so zeigt sich eine signifikante Verbesserung nach dem Training in der kognitiven Trainingsgruppe. Der Score der kognitiven Trainingsgruppe war nach dem Training höher als in der Ent-

spannungsgruppe ( $p < .05$ ), der körperlichen Trainingsgruppe ( $p < .05$ ) und der Kontrollgruppe ( $p < .05$ ). Es gab keine Effekte oder Interaktionen mit den Kovariaten.

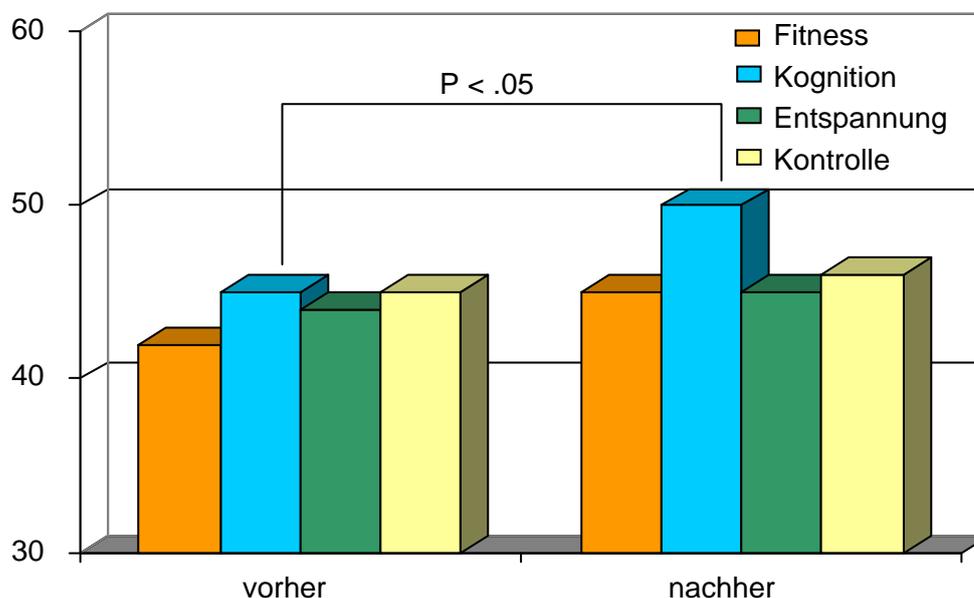


Abbildung 15: Gesamtanzahl der korrekt bearbeiteten Zeichen beim Zahlen-Symbol-Test für die 4 Gruppen (s. dazu Tab. 5a-d).

**Fazit:** Die Leistung wurde bei der Nachuntersuchung in allen Probandengruppen besser. Die kognitive Trainingsgruppe verbesserte sich jedoch stärker als die anderen Gruppen.

### 3.1.3 Stroop-Test

Es wurden keine Gruppen- und Messzeitpunktunterschiede in dem Teil „Wort lesen“ zwischen der Vor- und Nachmessung gefunden. Ein Gruppeneffekt ( $F(3, 135) = 4.6, p < .005$ ), weist auf längere Bearbeitungszeiten in der Entspannungsgruppe relativ zu allen anderen Gruppen ( $p < .05$  für alle Vergleiche) hin.

Der Subtest „Farbe benennen“ wurde bei der Nachmessung insgesamt schneller bearbeitet ( $F(1, 96) = 9.4, p < .005$ ). Insbesondere wurden dabei die Teilnehmer der Fitness- und der kognitiven Trainingsgruppe nach dem Training besser (beide  $p < .05$ ). Bei den Probanden, die anfänglich schlechtere Leistung aufwiesen, wurde keine Verbesserung der Bearbeitungszeiten nach dem Training gefunden ( $F < 1$ ), während sich bei den Teilnehmern mit einer anfänglich besseren Leistung nach dem Training eine Leistungssteigerung zeigte ( $F(1, 70) = 14.0, p < .0001$ ).

Bei der Bearbeitung der Interferenztafel wurden die Probanden bei der Nachuntersuchung schneller als bei der Vormessung ( $F(1, 135) = 13.2, p < .0001$ ). Bei separater Betrachtung der Gruppen lieferten die beiden Gruppen mit dem körperlichen und kognitiven Training signifikant bessere Werte als vor dem Training (beide  $p < .05$ ).

Teilnehmer, die anfänglich eine gute Leistung erbrachten, wurden nach dem Training nicht schneller. Die anfänglich schlechteren Teilnehmer reduzierten jedoch signifikant die Bearbeitungszeiten ( $F(1, 72) = 24.4, p < .0001$ ). Vergleicht man bei schlechteren Teilnehmern die Werte nach dem Training zwischen den Gruppen, wurde lediglich der Kontrast zwischen der

kognitiven Trainingsgruppe und der Kontrollgruppe ( $p < .05$ ) nach dem Training signifikant. Es wurden keine weiteren Effekte der Kovariaten gefunden.

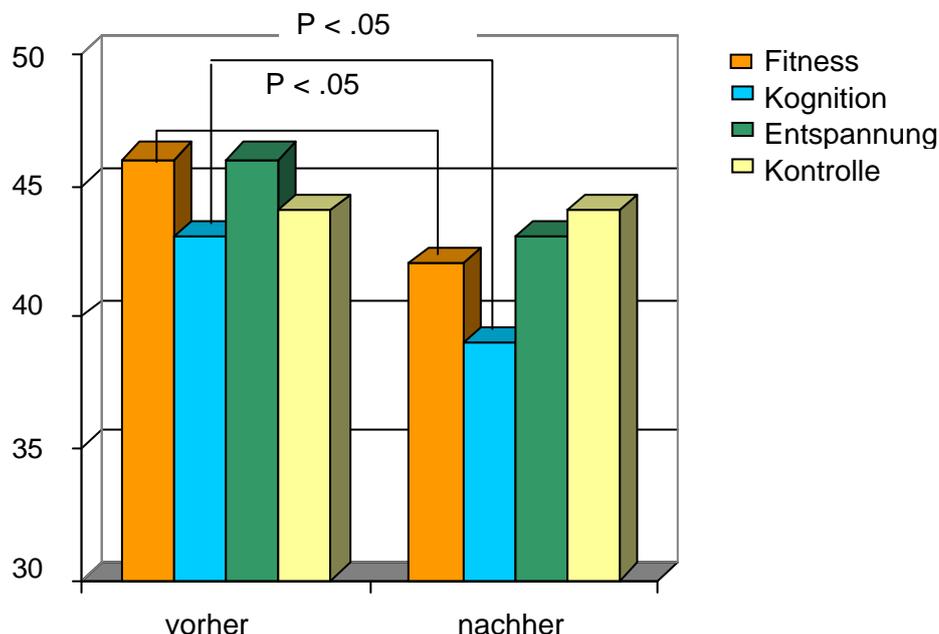


Abbildung 16: Bearbeitungszeit der Interferenztafel in Sekunden beim Stroop-Test für die 4 Gruppen (s. dazu Tab. 5a-d).

**Fazit:** Beim Lesen der Farbwörter wurden keine Trainingseffekte beobachtet. Bei der Benennung der Farbwörter sind die Teilnehmer der körperlichen und kognitiven Trainingsgruppen schneller geworden. Auch bei der Bearbeitung der Interferenzliste haben sich die Teilnehmer der körperlichen und der kognitiven Trainingsgruppe signifikant verbessert. Die anfänglich schlechteren Teilnehmer verbesserten ihre Leistung deutlich, wobei sich diese Verbesserung zwischen der kognitiven und der Kontrollgruppe unterschied.

### 3.1.4 Zahlenspanne vorwärts und rückwärts

Alle Probanden konnten bei der Nachmessung mehr Zahlen nachsprechen als bei der Vormessung ( $F(1, 137) = 12.9, p < .0001$ ). Allerdings traf das vorwiegend auf die anfänglich schlechteren Probanden zu, die die Anzahl richtig nachgesprochener Zahlen von Durchschnittlich 2.75 auf 3.5 steigerten ( $F(1, 137) = 12.9, p < .0001$ ), wohingegen dieser Anstieg bei den anfänglich guten Probanden nicht evident war (4 vs. 4;  $F < 1$ ). Wurde dieser Effekt für die Probandengruppen separat betrachtet, konnte eine Verbesserung in der kognitiven Trainingsgruppe ( $p < .001$ ) und der Entspannungsgruppe ( $p < .01$ ) aber auch der Kontrollgruppe ( $p < .05$ ) beobachtet werden.

Zum Zeitpunkt der Nachmessung wurden mehr Zahlen rückwärts nachgesprochen als bei der Vormessung ( $F(1, 135) = 29.9, p < .0001$ ). Ein Gruppenunterschied konnte zwischen der kognitiven Trainingsgruppe und Kontrollgruppe ( $p < .05$ ) als auch der Entspannungsgruppe und der Kontrollgruppe gefunden werden ( $p < .05$ ).

**Fazit:** Die Leistung beim Zahlen Nachsprechen vorwärts wurde bei der Nachuntersuchung in allen Probandengruppen besser. Beim Zahlennachsprechen rückwärts ergab sich neben einer unspezifischen Verbesserung ein Vorteil der Kognitions- und der Entspannungsgruppe.

### 3.1.5 Wortflüssigkeit

Während die Fitness-, Entspannungs- und Kontrollgruppe bei Vor- und Nachmessung auf dem gleichen Niveau blieben (43 und 43 für die Fitness-, 41 vs. 40 für die Entspannungs- und 43 vs. 44 für die Kontrollgruppe), verbesserten die Teilnehmer des kognitiven Trainings ihre Leistung von 44 auf 49 Wörter. Dies resultierte in einer signifikanten Interaktion zwischen Messzeitpunkt und Gruppe ( $F(3, 137) = 2.7, p < .05$ ). Dabei ist diese Verbesserung in der kognitiven Trainingsgruppe vorwiegend auf die Gruppe der über 70-jährigen zurückzuführen ( $F(2, 52) = 3.9, p < .05$ ), die ihre Leistung von 43 auf 50 Wörter steigern konnten. Weitere Effekte wurden nicht gefunden.

**Fazit:** Die älteren Teilnehmer der kognitiven Trainingsgruppe verbesserten ihre Wortflüssigkeit signifikant stärker als die restlichen Gruppen.

### 3.1.6 Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenz-Test (MWT-B)

Es wurden keine Effekte oder Interaktionen gefunden.

### 3.1.7 Verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest (VLMT)

Bei der Betrachtung der Summe der reproduzierten Wörter der ersten 5 Durchgänge konnten alle Probanden zum Zeitpunkt der Nachmessung mehr Wörter reproduzieren als bei der Vormessung ( $F(1, 137) = 167.4, p < .0001$ ). Von allen Probandengruppen mit einer überdurchschnittlichen Anfangsleistung haben sich die Teilnehmer der kognitiven Trainingsgruppe am stärksten verbessert ( $F(3, 71) = 3.5, p < .02$ ). Es wurden keine weiteren Effekte oder Interaktionen gefunden.

Die kognitive Trainingsgruppe konnte mehr Begriffe aus einer Interferenzliste benennen, als die Kontrollgruppe ( $p < .05$ ). Bei der Wiedererkennung der gelernten Begriffe konnte die Fitnessgruppe signifikant mehr Wörter wiedererkennen als die Kontrollgruppe ( $p < .05$ ).

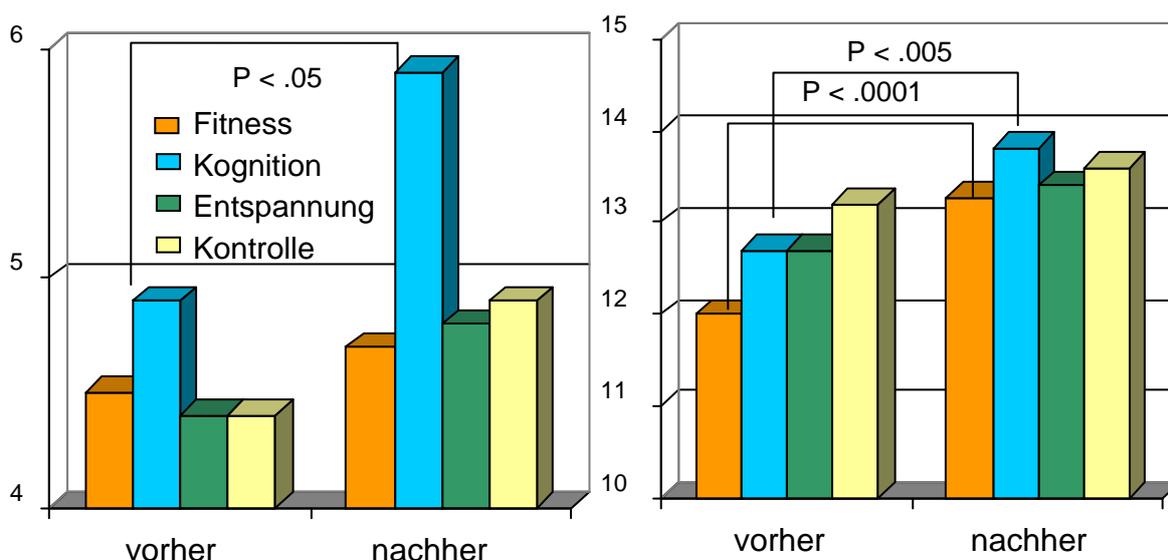


Abbildung 17: Anzahl korrekt genannter Begriffe nach der Präsentation einer Interferenzliste (links) sowie die Anzahl korrekt wieder erkannter Wörter nach 30 Minuten (rechts) beim VLMT für die 4 Gruppen (s. dazu Tab. 5a-d).

**Fazit:** Die Leistung verbesserte sich vom Zeitpunkt der Vor- zur Nachuntersuchung in allen Gruppen, die guten Probanden der kognitiven Trainingsgruppe verbesserte sich jedoch am stärksten. Der Unterschied war auch nach Präsentation einer Interferenzliste deutlich. Wiedererkennungsleistung hat sich am stärksten bei den Teilnehmern der Fitnessgruppe verbessert.

### 3.1.8 Mentale Rotation

Es wurden keine Effekte oder Interaktionen gefunden.

### 3.1.9 Rey-Osterrieth Complex Figure Test (ROCF)

Die Anzahl korrekt abgezeichneter Details nahm bei ursprünglich unterdurchschnittlich guten Teilnehmern zu und bei den restlichen Teilnehmern ab, was in einer Interaktion zwischen Messzeitpunkt und Leistung im Vortest resultierte ( $F(1, 132) = 21.2, p < .0001$ ). Keine Gruppen- oder Altersunterschiede wurden gefunden. Bei separater Betrachtung der Gruppen konnte eine trainingsbedingte Verbesserung in der kognitiven Trainingsgruppe gefunden werden ( $p < .05$ ).

Alle Probandengruppen konnten bei der Nachmessung mehr Details reproduzieren als bei der Vormessung ( $F(1, 132) = 68.3, p < .0001$ ). Es wurde ein signifikanter Haupteffekt der Gruppe gefunden ( $F(3, 132) = 4.1, p < .01$ ), der auf eine höhere Anzahl an korrekt erinnerter Details in der kognitiven Trainingsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe ( $p < .05$ ) und körperlichen Trainingsgruppe ( $p < .05$ ) zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung zurückging. Keine weiteren Effekte wurden signifikant.

**Fazit:** Beim Abzeichnen nahm die Leistung der anfänglich schwächeren Personen minimal aber konsistent zu, während sie umgekehrt bei den besseren Probanden bei der Nachmessung leicht abnahm. Anzahl korrekt abgezeichneter Details nahm nach dem kognitiven Training zu. Beim Zeichnen aus dem Gedächtnis wurde die Leistung aller Probandengruppen bei der Nachuntersuchung besser. Die kognitive Trainingsgruppe verbesserte sich numerisch stärker relativ zur körperlichen Trainings- und zur Kontrollgruppe.

### 3.1.10 Wisconsin Card Sorting Test (WCST)

Es wurden keine signifikanten Effekte gefunden.

### 3.1.11 Trail-Making-Test (TMT) A und B, Cognitive Failures Questionary (CFQ)

Bei den beiden Tests TMT und CFQ, die bei der Nachmessung eingesetzt wurden, wurden keine Effekte gegenüber der Kontrollgruppe gefunden.

## 3.2 Ergebnisse des elektrophysiologischen Untersuchungsteils

Alle Gruppenergebnisse des PC-gestützten, elektrophysiologischen Untersuchungsteils sind in der Tabelle 6a-d zusammengefasst. Die dargestellten abhängigen Variablen sind Reaktionszeiten (RTs) in Millisekunden und Fehlerraten (ERs bzw. Auslasser) in Prozent.

Ähnlich wie in den Tabellen 5a-d wurden mit Hilfe von gepaarten T-Tests Veränderungen innerhalb jeder Gruppe in der Nach- relativ zur Vormessung analysiert. Die Unterschiede zwischen den Nachmessungen der drei Trainingsgruppen und der Kontrollgruppe wurden mit

Hilfe von T-Tests für unabhängige Stichproben untersucht. Im Nachfolgenden werden die Ergebnisse der ANCOVA ebenfalls unter Berücksichtigung von intervenierenden Variablen wie Alter, PC-Vorerfahrung, Wohnsituation und Leistung im Vortest dargestellt. Bei signifikanten Interaktionen mit einer oder mehreren Kovariaten, werden Subgruppen gebildet und spezifische Effekte mit Hilfe weiterer Varianzanalysen mit Messwiederholung oder korrigierten Post-Hoc Tests durchgeführt. Außerdem werden die ereigniskorrelierten Potentiale dargestellt, um die Ursachen der Veränderungen auf der Verhaltensebene auf neuronaler Ebene zu differenzieren.

Die Testindikatoren wurden in dem Kapitel 2.6.2.3 und die statistischen Parameter im Kapitel 2.8 beschrieben. Die allgemeinen Erläuterungen zu den Ergebnissen der ereigniskorrelierten Potentiale finden sich im Kapitel 2.6.2.4.1 (Methodik und funktionale Bedeutung der ereigniskorrelierten Potentiale).

Tabelle 6a: Verhaltensdaten der elektrophysiologischen Untersuchung für die körperliche Trainingsgruppe (Fitness)

	Fitness (n = 35)						
	Prä	Post	$\Delta^3$	innerhalb <sup>1</sup>		zwischen <sup>2</sup>	
				F(df)	p	T(df)	p
<b>0-back</b>							
RTs	465 (46.6)	467 (61.6)	✓ -2	F(1,34) < 1	.68	T(73)= -.27	.78
Auslasser	.24 (1.0)	.12 (.73)	.12	F(1,34) < 1	.57	T(73)= 1.07	.28
<b>2-Back</b>							
RTs	660 (106)	623 (87)	37	F(1,34) = 11.5	<b>.002**</b>	T(73)= .87	.38
Auslasser	15.7 (14.7)	13.9 (12.6)	1.8	F(1,34) = 1.1	.29	T(73)= -.38	.69
<b>Aufgabenwechsel</b>							
<b>einfache Aufgabe</b>							
RTs	642 (88)	627 (79)	✓ 15	F(1,34) = 3.6	.06	T(73)= .18	.85
ERs	1.3 (1.4)	1.2 (1.4)	.1	F(1,34) < 1	.79	T(73)= -2.0	<b>.045*</b>
<b>gemischt hinweisreizbasiert</b>							
<b>kein Wechsel</b>							
RTs	1025 (264)	959 (217)	✓ 66	F(1,34) = 5.9	<b>.02*</b>	T(73)= .84	.40
ERs	18.0 (12.6)	13.8 (12.1)	4.2	F(1,34) = 9.1	<b>.005**</b>	T(73)= -.73	.84
<b>Wechsel</b>							
RTs	1205 (310)	1071 (276)	✓ 134	F(1,34) = 12.3	<b>.001**</b>	T(73)= 1.08	.28
ERs	20.9 (18.5)	16.8 (17.4)	4.1	F(1,34) = 3.1	.086	T(73)= .57	.57
<b>gemischt gedächtnisbasiert</b>							
<b>kein Wechsel</b>							
RTs	1059 (244)	1030 (236)	✓ 29	F(1,34) < 1	.33	T(73)= 2.18	.032
ERs	16.4 (15.4)	14.9 (15.2)	1.9	F(1,34) < 1	.57	T(73)= .86	.38
<b>Wechsel</b>							
RTs	1234 (249)	1128 (220)	✓ 106	F(1,34) = 9.4	<b>.004**</b>	T(73)= 1.15	.25
ERs	27.5 (23.5)	25.5 (20.3)	2.0	F(1,34) < 1	.61	T(73)= 1.84	.071
<b>Auditorische Ablenkung</b>							
<b>Standardtöne</b>							
RTs	596 (92)	591 (99)	✓ 5	F(1,34) < 1	.27	T(73)= -1.57	.12
ERs	14.3 (13.7)	14.4 (192)	.1	F(1,34) < 1	.96	T(73)= 1.32	.19
<b>Abweichende Töne</b>							
RTs	651 (84)	652 (76)	✓ -1	F(1,34) < 1	.95	T(73)= -0.23	.82
ERs	18.6 (13.6)	19.0 (17.0)	4	F(1,34) < 1	.87	T(73)= 1.25	.21
<b>Stroop</b>							
<b>Wort lesen</b>							
<b>kompatibel</b>							
RTs	909 (132)	929 (193)	✓ -20	F(1,34) < 1	.40	T(73)= -.34	.97
ERs	1.9 (2.6)	2.7 (5.7)	-.8	F(1,34) < 1	.45	T(73)= .53	.59
<b>inkompatibel</b>							
RTs	949 (163)	983 (201)	✓ -34	F(1,34) = 2.6	.11	T(73)= -.05	.96
ERs	1.7 (2.8)	2.4 (3.2)	-.7	F(1,34) = 1.1	.29	T(73)= -.34	.72
<b>Farbe benennen</b>							
<b>kompatibel</b>							
RTs	1061 (245)	1018 (203)	✓ 43	F(1,34) = 1.2	.28	T(73)= .81	.41
ERs	1.1 (3.0)	1.0 (3.1)	.1	F(1,34) < 1	.84	T(73)= .75	.45
<b>inkompatibel</b>							
RTs	1277 (259)	1270 (261)	✓ 7	F(1,34) < 1	.81	T(73)= -.44	.65
ERs	8.1 (9.6)	6.5 (8.6)	1.6	F(1,34) < 1	.33	T(73)= -.48	.62
<b>Doppelaufgabe #</b>							
<b>SOA 1</b>							
$\Delta$ RTs	648 (183)	649 (210)	✓ 1	F(1,34) < 1	.97	T(73)= 1.99	<b>.05*</b>
$\Delta$ ERs	-.09 (5.1)	0 (9.3)	.09	F(1,34) < 1	.95	T(73)= 0.09	.92
<b>SOA2</b>							
$\Delta$ RTs	22 (178)	-5 (151)	✓ 27	F(1,34) = 1.1	.29	T(73)= .58	.56
$\Delta$ ERs	1.2 (4.3)	-.7 (3.7)	1.9	F(1,34) = 6.1	<b>.018*</b>	T(73)= -.81	.41
<b>GO/NO-GO</b>							
RTs	641 (60)	612 (82)	✓ 29	F(1,34) = 5.0	<b>.033*</b>	T(73)= -.67	.48
falsche Alarme	9.5 (19.2)	5.8 (12.5)	3.7	F(1,34) = 2.5	.12	T(73)= -.98	.32
<b>Visuelle Suche</b>							
RTs	1310 (262)	1313 (260)	✓ 3	F(1,34) < 1	.94	T(73)= -.67	.53
Auslasser	27 (14.4)	25.6 (16.8)	1.4	F(1,34) < 1	.47	T(73)= .40	.68
<b>Manuelle Kompatibilität</b>							
<b>Kompatibel</b>							
RTs	407 (67)	406 (63)	✓ 1	F(1,33) < 1	.87	T(71)= -.34	.73
ERs	2.5 (4.7)	2.1 (3.4)	4	F(1,33) < 1	.60	T(71)= .54	.58
<b>Inkompatibel</b>							
RTs	510 (74)	517 (67)	✓ -7	F(1,33) < 1	.34	T(72)= .41	.67
ERs	11.2 (16.3)	10.1 (18.7)	1.1	F(1,33) < 1	.76	T(72)= .11	.91

<sup>1</sup> Unterschied zwischen Pre- und Postmessung<sup>2</sup> Differenz zwischen der Trainingsgruppe und der Kontrollgruppe in der Postmessung<sup>3</sup> negativer Wert bedeutet Verschlechterung

# Doppelaufgabenkosten RT2 - RT1 und ER2 - ER1

\* p &lt; .05; \*\* p &lt; .01; \*\*\* p &lt; .001

Tabelle 6b: Verhaltensdaten der elektroфизиologischen Untersuchung für die kognitive Trainingsgruppe

	Kognition (n = 32)						
				innerhalb <sup>1</sup>		zwischen <sup>2</sup>	
	Prä	Post	$\Delta^3$	F(df)	p	T(df)	p
<b>0-back</b>							
RTs	473 (67.7)	463 (50.7)	10	F(1,31) < 1	.26	T(70)= -.62	.53
Auslasser	0 (0)	0 (0)	0	n.a	n.a	n.a	n.a
<b>2-Back</b>							
RTs	639 (97)	622 (100)	17	F(1,31) < 1	.34	T(70)= .75	.45
Auslasser	19.3 (17.8)	8.8 (6.3)	10.5	F(1,31) = 12.8	.001**	T(70)= -2.26	.027*
<b>Aufgabenwechsel</b>							
<b>einfache Aufgabe</b>							
RTs	625 (81)	601 (116)	24	F(1,31) = 3.6	.067	T(70)= -.87	.38
ERs	2.6 (2.7)	2.0 (1.7)	.6	F(1,31) = 3.0	.092	T(70)= -.72	.47
<b>gemischt hinweisreizbasiert</b>							
<b>kein Wechsel</b>							
RTs	984 (210)	873 (253)	111	F(1,31) = 9.3	.005*	T(70)= -.64	.52
ERs	17.4 (14.2)	8.5 (10.1)	8.9	F(1,31) = 15.4	.0001***	T(70)= -1.67	.09
<b>Wechsel</b>							
RTs	1107 (230)	964 (283)	143	F(1,31) = 8.5	.006**	T(70)= -.52	.60
ERs	19.5 (18.5)	10.0 (13.7)	9.5	F(1,31) = 8.6	.006**	T(70)= -1.35	.18
<b>gemischt gedächtnisbasiert</b>							
<b>kein Wechsel</b>							
RTs	953 (156)	909 (212)	44	F(1,31) = 1.9	.16	T(70)= .02	.98
ERs	9.4 (13.8)	8.3 (11.5)	1.1	F(1,31) < 1	.62	T(70)= -1.09	.27
<b>Wechsel</b>							
RTs	1113 (184)	1016 (223)	103	F(1,31) = 7.0	.013*	T(70)= -.73	.25
ERs	17.3 (18.3)	14.3 (16.3)	3.0	F(1,31) = 1.0	.31	T(70)= -.66	.50
<b>Auditorische Ablenkung</b>							
<b>Standardtöne</b>							
RTs	615 (96)	627 (65)	-12	F(1,31) < 1	.34	T(70)= .35	.72
ERs	11.0 (12.6)	6.9 (9.3)	4.1	F(1,31) = 6.2	.019*	T(70)= -1.25	.21
<b>Abweichende Töne</b>							
RTs	668 (82)	675 (70)	-7	F(1,31) < 1	.58	T(70)= 1.12	.26
ERs	16.9 (14.4)	10.8 (10.1)	6.1	F(1,31) = 13.9	.001**	T(70)= -1.38	.17
<b>Stroop</b>							
<b>Wort lesen</b>							
<b>kompatibel</b>							
RTs	907 (143)	902 (174)	5	F(1,31) < 1	.86	T(70)= -.62	.53
ERs	3.0 (8.1)	1.8 (3.0)	1.2	F(1,31) < 1	.38	T(70)= -.23	.81
<b>inkompatibel</b>							
RTs	955 (139)	946 (161)	-9	F(1,31) < 1	.70	T(70)= -.82	.41
ERs	2.7 (8.0)	1.3 (2.1)	1.4	F(1,31) = 1.0	.31	T(70)= -1.65	.10
<b>Farbe benennen</b>							
<b>kompatibel</b>							
RTs	1060 (242)	968 (265)	92	F(1,31) = 10.5	.003**	T(70)= -.12	.90
ERs	.4 (1.1)	1.0 (2.2)	-.6	F(1,31) = 1.7	.20	T(70)= .85	.39
<b>inkompatibel</b>							
RTs	1326 (276)	1211 (276)	115	F(1,31) = 13.8	.001**	T(70)= -1.28	.20
ERs	7.5 (9.1)	5.8 (12.0)	1.7	F(1,31) < 1	.39	T(70)= -.63	.52
<b>Doppelaufgabe #</b>							
<b>SOA 1</b>							
$\Delta$ RTs	572 (154)	528 (119)	44	F(1,31) = 4.7	.038*	T(70)= -1.15	.25
$\Delta$ ERs	.58 (6.9)	1.3 (8.8)	.7	F(1,31) < 1	.34	T(70)= .92	.15
<b>SOA2</b>							
$\Delta$ RTs	-54 (164)	-116 (145)	62	F(1,31) = 6.9	.013*	T(70)= -2.25	.028*
$\Delta$ ERs	2.7 (8.6)	.1 (2.9)	2.6	F(1,31) = 3.1	.09	T(70)= .05	.95
<b>GO/NO-GO</b>							
RTs	645 (75)	632 (74)	7	F(1,31) = 1.68	.20	T(70)= .3	.76
falsche Alarme	3.5 (3.2)	1.7 (2.4)	1.7	F(1,31) = 9.2	.005*	T(70)= -2.2	.031*
<b>Visuelle Suche</b>							
RTs	1342 (174)	1428 (201)	-86	F(1,31) = 3.5	.069	T(70)= 1.64	.10
Auslasser	25.6 (12.0)	19.9 (12.3)	5.7	F(1,31) = 7.2	.012*	T(70)= -1.40	.16
<b>Manuelle Kompatibilität</b>							
<b>Kompatibel</b>							
RTs	416 (79)	398 (61)	18	F(1,30) = 3.8	.060	T(69)= -.89	.37
ERs	1.8 (3.0)	2.0 (9.2)	-.2	F(1,30) < 1	.89	T(68)= .24	.82
<b>Inkompatibel</b>							
RTs	515 (74)	500 (76)	15	F(1,30) = 3.2	.084	T(69)= -.63	.52
ERs	9.7 (14.7)	8.1 (14.6)	1.6	F(1,30) < 1	.60	T(68)= -.47	.63

<sup>1</sup> Unterschied zwischen Pre- und Postmessung  
<sup>2</sup> Differenz zwischen der Trainingsgruppe und der Kontrollgruppe in der Postmessung  
<sup>3</sup> negativer Wert bedeutet Verschlechterung  
# Doppelaufgabenkosten RT2 - RT1 und ER2 - ER1  
\* p < .05; \*\* p < .01; \*\*\* p < .001

Tabelle 6c: Verhaltensdaten der elektrophysiologischen Untersuchung für die Entspannungsgruppe

	Entspannung (n = 35)						
	Prä	Post	$\Delta^3$	innerhalb <sup>1</sup>		zwischen <sup>2</sup>	
				F(df)	p	T(df)	p
<b>0-back</b>							
RTs	467 (58.2)	467 (59.8)	0	F(1,33) < 1	.95	T(72)= -.26	.79
Auslasser	.26 (1.0)	.26 (1.0)	0	F(1,33) < 1	.99	T(72)= 1.56	.12
<b>2-Back</b>							
RTs	647 (111)	631 (104)	16	F(1,33) < 1	.30	T(72)= 1.14	.25
Auslasser	20.6 (16.6)	15.3 (15.0)	5.3	F(1,33) = 3.3	.08	T(72)= .6	.95
<b>Aufgabenwechsel</b>							
<b>einfache Aufgabe</b>							
RTs	639 (96)	632 (111)	7	F(1,33) < 1	.56	T(72)= .36	.71
ERs	2.5 (2.2)	2.7 (4.7)	-.2	F(1,33) < 1	.87	T(72)= .21	.83
<b>gemischt hinweisreizbasiert</b>							
<b>kein Wechsel</b>							
RTs	1010 (182)	938 (207)	72	F(1,33) = 6.7	<b>.014*</b>	T(72)= .46	.64
ERs	18.4 (13.0)	12.6 (10.8)	5.8	F(1,33) = 8.8	<b>.005**</b>	T(72)= -.20	.08
<b>Wechsel</b>							
RTs	1135 (222)	1033 (262)	102	F(1,33) = 8.6	<b>.006**</b>	T(72)= .51	.61
ERs	20.7 (14.2)	14.5 (12.3)	6.2	F(1,33) = 10.7	<b>.002**</b>	T(72)= -.04	.96
<b>gemischt gedächtnisbasiert</b>							
<b>kein Wechsel</b>							
RTs	983 (211)	930 (205)	53	F(1,33) = 5.2	<b>.03*</b>	T(72)= .40	.68
ERs	12.3 (13.9)	10.8 (11.7)	1.5	F(1,33) < 1	.37	T(72)= -.33	.73
<b>Wechsel</b>							
RTs	1153 (247)	1076 (240)	77	F(1,33) = 5.5	<b>.025*</b>	T(72)= .25	.80
ERs	20.5 (18.4)	19.7 (18.5)	1.2	F(1,33) < 1	.78	T(72)= .58	.55
<b>Auditorische Ablenkung</b>							
<b>Standardtöne</b>							
RTs	621 (90)	616 (90)	5	F(1,33) < 1	.56	T(72)= -.29	.76
ERs	12.3 (13.2)	10.9 (12.5)	1.4	F(1,33) = 4.4	<b>.043*</b>	T(72)= .04	.68
<b>Abweichende Töne</b>							
RTs	664 (79)	663 (78)	1	F(1,33) < 1	.85	T(72)= .38	.67
ERs	19.9 (15.8)	18.1 (14.5)	1.8	F(1,33) = 2.6	.11	T(72)= 1.07	.28
<b>Stroop</b>							
<b>Wort lesen</b>							
<b>kompatibel</b>							
RTs	894 (166)	908 (217)	-14	F(1,33) < 1	.61	T(72)= -.45	.64
ERs	1.1 (1.8)	1.4 (2.3)	-.3	F(1,33) < 1	.62	T(72)= -.77	.44
<b>inkompatibel</b>							
RTs	967 (175)	962 (227)	5	F(1,33) < 1	.87	T(72)= -.44	.66
ERs	2.5 (5.6)	2.4 (6.5)	.1	F(1,33) < 1	.93	T(72)= -.18	.85
<b>Farbe benennen</b>							
<b>kompatibel</b>							
RTs	989 (224)	966 (211)	23	F(1,33) < 1	.46	T(72)= -.17	.86
ERs	.7 (1.5)	1.0 (3.3)	-.3	F(1,33) < 1	.54	T(72)= .76	.44
<b>inkompatibel</b>							
RTs	1268 (279)	1229 (257)	39	F(1,33) = 1.0	.31	T(72)= -1.06	.29
ERs	8.0 (12.1)	5.8 (7.7)	2.2	F(1,33) = 2.1	.15	T(72)= -.73	.46
<b>Doppelaufgabe #</b>							
<b>SOA 1</b>							
$\Delta$ RTs	593 (153)	586 (164)	7	F(1,33) < 1	.74	T(72)= .55	.57
$\Delta$ ERs	-1.8 (2.9)	-.4 (5.4)	1.4	F(1,33) < 1	.72	T(72)= -.25	.80
<b>SOA2</b>							
$\Delta$ RTs	-15 (155)	-.37 (165)	22	F(1,33) = 1.25	.27	T(72)= -.23	.81
$\Delta$ ERs	-.7 (4.5)	-.1 (2.9)	.6	F(1,33) < 1	.45	T(72)= -.24	.82
<b>GO/NO-GO</b>							
RTs	646 (84)	621 (90)	25	F(1,33) = 3.92	.056	T(72)= -.27	.78
falsche Alarmer	5.8 (8.9)	9.6 (21.8)	-3.8	F(1,33) = 1.17	.28	T(72)= -.31	.97
<b>Visuelle Suche</b>							
RTs	1311 (254)	1339 (245)	-28	F(1,33) < 1	.45	T(72)= -.14	.88
Auslasser	28.3 (14.1)	26.1 (14.5)	2.2	F(1,33) = 1.8	.18	T(72)= .59	.55
<b>Manuelle Kompatibilität</b>							
<b>Kompatibel</b>							
RTs	403 (52)	403 (56)	0	F(1,33) < 1	.98	T(71)= -.62	.53
ERs	1.6 (4.9)	2.5 (6.8)	-.9	F(1,33) = 2.9	.09	T(71)= .48	.48
<b>Inkompatibel</b>							
RTs	509 (64)	499 (71)	10	F(1,33) = 1.5	.22	T(71)= -.72	.47
ERs	9.9 (11.4)	11.0 (12.6)	-1.1	F(1,33) < 1	.50	T(71)= .42	.67

<sup>1</sup> Unterschied zwischen Pre- und Postmessung  
<sup>2</sup> Differenz zwischen der Trainingsgruppe und der Kontrollgruppe in der Postmessung  
<sup>3</sup> negativer Wert bedeutet Verschlechterung  
# Doppelaufgabenkosten RT2 - RT1 und ER2 - ER1  
\* p < .05; \*\* p < .01; \*\*\* p < .001

Tabelle 6d: Verhaltensdaten der elektrophysiologischen Untersuchung für die Kontrollgruppe

	Kontrolle (n = 40)				
	Prä	Post	$\Delta^3$	F(df)	p
<b>0-back</b>					
RTs	464 (54.5)	471 (50.7)	7	F(1,39) < 1	.31
Auslasser	.22 (.96)	0 (0)	22	F(1,39) = 2.0	.16
<b>2-Back</b>					
RTs	621 (109)	604 (91)	17	F(1,39) = 1.4	.24
Auslasser	19.9 (23.3)	15.1 (14.8)	4.8	F(1,39) = 2.0	.16
<b>Aufgabenwechsel</b>					
<b>einfache Aufgabe</b>					
RTs	637 (94)	623 (101)	14	F(1,39) = 3.1	.08
ERs	2.9 (5.7)	2.5 (3.4)	.4	F(1,39) < 1	.63
<b>gemischt hinweisreizbasiert</b>					
<b>kein Wechsel</b>					
RTs	951 (244)	912 (257)	39	F(1,39) = 2.6	.11
ERs	12.9 (11.2)	13.2 (12.8)	.4	F(1,39) < 1	.06
<b>Wechsel</b>					
RTs	1058 (285)	1000 (287)	59	F(1,39) = 3.6	.064
ERs	15.6 (11.8)	14.7 (15.1)	.9	F(1,39) < 1	.53
<b>gemischt gedächtnisbasiert</b>					
<b>kein Wechsel</b>					
RTs	988 (215)	908 (242)	80	F(1,39) = 10.2	.003**
ERs	13.4 (12.8)	11.8 (15.1)	1.6	F(1,39) < 1	.53
<b>Wechsel</b>					
RTs	1116 (238)	1060 (276)	54	F(1,39) = 2.3	.14
ERs	26.0 (18.3)	17.1 (19.2)	8.9	F(1,39) = 8.2	.007**
<b>Auditorische Ablenkung</b>					
<b>Standardtöne</b>					
RTs	624 (67)	621 (66)	3	F(1,39) < 1	.74
ERs	11.5 (11.2)	9.8 (10.0)	1.7	F(1,39) = 1.8	.17
<b>Abweichende Töne</b>					
RTs	661 (68)	656 (74)	5	F(1,39) < 1	.60
ERs	19.4 (13.2)	14.7 (12.8)	4.7	F(1,39) = 8.6	.005**
<b>Stroop</b>					
<b>Wort lesen</b>					
<b>kompatibel</b>					
RTs	903 (165)	931 (204)	-28	F(1,39) = 1.3	.25
ERs	2.5 (3.3)	2.1 (4.7)	.4	F(1,39) < 1	.60
<b>inkompatibel</b>					
RTs	950 (140)	985 (223)	-35	F(1,39) = 1.6	.20
ERs	1.6 (2.0)	2.7 (4.0)	-1.1	F(1,39) = 3.1	.086
<b>Farbe benennen</b>					
<b>kompatibel</b>					
RTs	1028 (280)	975 (244)	53	F(1,39) = 3.1	.086
ERs	.9 (2.7)	.6 (1.7)	.3	F(1,39) < 1	.55
<b>inkompatibel</b>					
RTs	1333 (307)	1299 (301)	34	F(1,39) < 1	.36
ERs	8.2 (9.6)	7.8 (13.4)	.4	F(1,39) < 1	.85
<b>Doppelaufgabe #</b>					
<b>SOA 1</b>					
$\Delta$ RTs	592 (136)	565 (150)	27	F(1,39) = 2.2	.14
$\Delta$ ERs	0 (4.0)	-.15	.15	F(1,39) < 1	.85
<b>SOA2</b>					
$\Delta$ RTs	-30 (140)	-28 (181)	2	F(1,39) < 1	.93
$\Delta$ ERs	.5 (3.9)	.1 (5.1)	.4	F(1,39) < 1	.60
<b>GO/NO-GO</b>					
RTs	622 (82)	626 (89)	4	F(1,39) < 1	.62
falsche Alarme	6.0 (10.1)	9.7 (20.4)	-3.7	F(1,39) = 1.26	.26
<b>Visuelle Suche</b>					
RTs	1363 (183)	1347 (211)	16	F(1,39) < 1	.61
Auslasser	23.6 (12.4)	24.2 (13.3)	-.6	F(1,39) < 1	.75
<b>Manuelle Kompatibilität</b>					
<b>Kompatibel</b>					
RTs	420 (58)	411 (59)	9	F(1,38) = 2.41	.12
ERs	1.9 (2.5)	1.7 (3.3)	.2	F(1,38) < 1	.64
<b>Inkompatibel</b>					
RTs	520 (64)	511 (65)	9	F(1,38) = 1.44	.23
ERs	9.7 (9.9)	9.7 (13.4)	0	F(1,38) < 1	.99
<sup>1</sup> Unterschied zwischen Pre- und Postmessung					
<sup>2</sup> negativer Wert bedeutet Verschlechterung					
# Doppelaufgabenkosten RT2 - RT1 und ER2 - ER1					
* p < .05; ** p < .01; *** p < .001					

In der Tabelle 6a sind die Ergebnisse des elektrophysiologischen Untersuchungsteils für die körperliche Trainingsgruppe zusammengefasst. Wie man der Tabelle entnehmen kann, wurden die Reaktionszeiten in der 2-back-Aufgabe signifikant kürzer als vor dem Training. Beim hinweisreizbasierten Aufgabenwechsel wurden die Teilnehmer schneller und genauer bei den Aufgabenwiederholungen. Sie wurden auch signifikant schneller bei Aufgabenwechseln sowohl in dem hinweisreizbasierten als auch in dem gedächtnisbasierten Wechseln. Zusätzlich wurde eine Verringerung der Fehlerraten in der Doppelaufgabe mit langem Intervall zwischen den beiden Subaufgaben beobachtet. Schließlich konnte eine Beschleunigung der Reaktionen in Go-Durchgängen des Go/NoGo-Paradigmas nach dem Training gezeigt werden. Ein Unterschied zwischen der körperlichen Trainingsgruppe und der Kontrollgruppe wurde hinsichtlich der Doppelaufgabeninterferenz sichtbar.

Die Tabelle 6b stellt die Ergebnisse der kognitiven Trainingsgruppe dar. Die Teilnehmer der Gruppe konnten nach dem Training den Anteil der entdeckten Zielreize in der 2-Back Aufgabe signifikant verbessern, was sich auch beim Vergleich mit der Kontrollgruppe bestätigte. Bei hinweisreizbasiertem Aufgabenwechsel konnte sowohl die Reaktionszeit als auch die Fehlerrate bei Aufgabenwiederholung und Aufgabenwechsel signifikant verbessert werden. Beim gedächtnisbasiertem Wechsel wurden lediglich die Bearbeitungszeiten nach dem Training signifikant beschleunigt. In der auditiven Ablenkaufgabe konnte eine statistisch bedeutsame Verbesserung der Diskriminationsfähigkeit zwischen relevanten und nichtrelevanten Reizen gezeigt werden. In der Stroop-Aufgabe (Farb-Wort-Interferenz-Aufgabe) wurde eine Beschleunigung der Reaktionen in der Bedingung „Farbe benennen“ sowohl in den kompatiblen (Farbe und Wort übereinstimmend) als auch inkompatiblen (Farbe und Wort nicht übereinstimmend) Bedingung festgestellt. In der Doppelaufgabe wurde nach dem Training eine Verringerung der Doppelaufgabeninterferenz in den Reaktionszeiten nach dem Training beobachtet. In der Go/NoGo Aufgabe wurde nach dem Training der Anteil falscher Alarme signifikant reduziert, was auch im Kontrollgruppenvergleich evident wurde. Schließlich wurde der Anteil erfolgreich entdeckter Zielreize während visueller Suche signifikant verbessert.

In der Tabelle 6c sind die Ergebnisse für die Entspannungsgruppe (soziale Kontrollgruppe) zusammengefasst. Es wurde eine signifikante Reduktion der Reaktionszeiten im Aufgabenwechsel bei Wechseln und Nichtwechseln sowohl im hinweisreiz- und als auch im gedächtnisbasiertem Block gefunden. Eine signifikante Reduktion der Fehler wurde bei Wechseln und Nichtwechseln im hinweisreizbasierten Block beobachtet. In der auditiven Ablenkaufgabe wurde nach dem Training eine niedrigere Fehlerrate bei den Nichtzielreizen erzielt, als vor dem Training.

Die Tabelle 6d stellt die Ergebnisse der passiven Kontrollgruppe dar. Auch in dieser Gruppe konnten vereinzelt statistisch bedeutsame Effekte gefunden werden. Sie bezogen sich auf reduzierte Bearbeitungszeit im Aufgabenwechsel bei hinweisreizbasierten Aufgabenwiederholungen und reduzierte Fehlerraten bei den Wechseln in diesem Block. Darüber hinaus wurde auch die Anzahl der korrekt entdeckten abweichenden Töne in der auditiven Ablenkaufgabe. Ähnlich wie in der Beschreibung der Ergebnisse der neuropsychologischen Diagnostik, kann bei den signifikanten Effekten der passiven Kontrollgruppe von Messwiederholungseffekten ausgegangen werden, die zum Teil auch die Ergebnisse anderer Gruppen beeinflussen.

### **3.2.1 2-back-Aufgabe**

Abbildung 18a stellt den Anteil nicht entdeckter Zielreize in den vier Gruppen in der Prä- und Postmessung, Abb. 18b die entsprechenden ereigniskorrelierten Potenziale dar.

Analysiert wurden Aufgabentyp (0- vs. 2-back) und Messzeitpunkt als Faktor. Die verbesserte Erkennung der Zielreize nach dem Training in der kognitiven Trainingsgruppe geht mit einer Zunahme der frontalen P3-Amplitude einher, die mit dem Wechsel des Aufmerksamkeitsfokus und der Aktualisierung von Informationen assoziiert wird (Barceló et al., 2002).

Bei den Reaktionszeiten (RT) ergab sich eine Beschleunigung von der Vor- zur Nachmessung in allen Gruppen ( $F(1, 137) = 6.4, p < .05$ ). Diese Reduktion ist auf schnelleren Reaktionszeiten in der 2-back-Aufgabe zurückzuführen (Aufgabe x Messzeitpunkt;  $F(1, 137) = 8.4, p < .005$ ). Schaut man sich die Reaktionszeiten für die Zielreize in der 2-back Aufgabe an, ergibt sich ein Effekt des Messzeitpunktes ( $F(1, 137) = 8.8, p < .005$ ), der vorwiegend auf die Reduktion der Reaktionszeit in der körperlichen Trainingsgruppe zurückgeht (s. Tab. 6a). Es ergab sich keine Interaktion zwischen Messzeitpunkt und Gruppe ( $F < 1$ ).

Im nächsten Schritt wurde in der 2-back-Aufgabe der Anteil unentdeckter Zielreize analysiert. Dort ergab sich eine Verbesserung in allen Gruppen zum Zeitpunkt der Nachmessung ( $F(1, 137) = 15.4, p < .0001$ ) und eine signifikante Interaktion zwischen der Aufgabe und dem Messzeitpunkt ( $F(1, 137) = 15.2, p < .0001$ ). Dies zeigt, dass die Verbesserung nicht im 0-back, sondern 2-back erzielt wurde. Wichtiger, die Interaktion zwischen Aufgabe, Messzeitpunkt und Gruppe wurde ebenfalls signifikant ( $F(3, 137) = 1.6, p < .05$ ). Post-hoc Vergleiche ergaben eine Verbesserung der kognitiven Trainingsgruppe relativ zur Entspannungsgruppe und zur Kontrollgruppe (beide  $p < .05$ ).

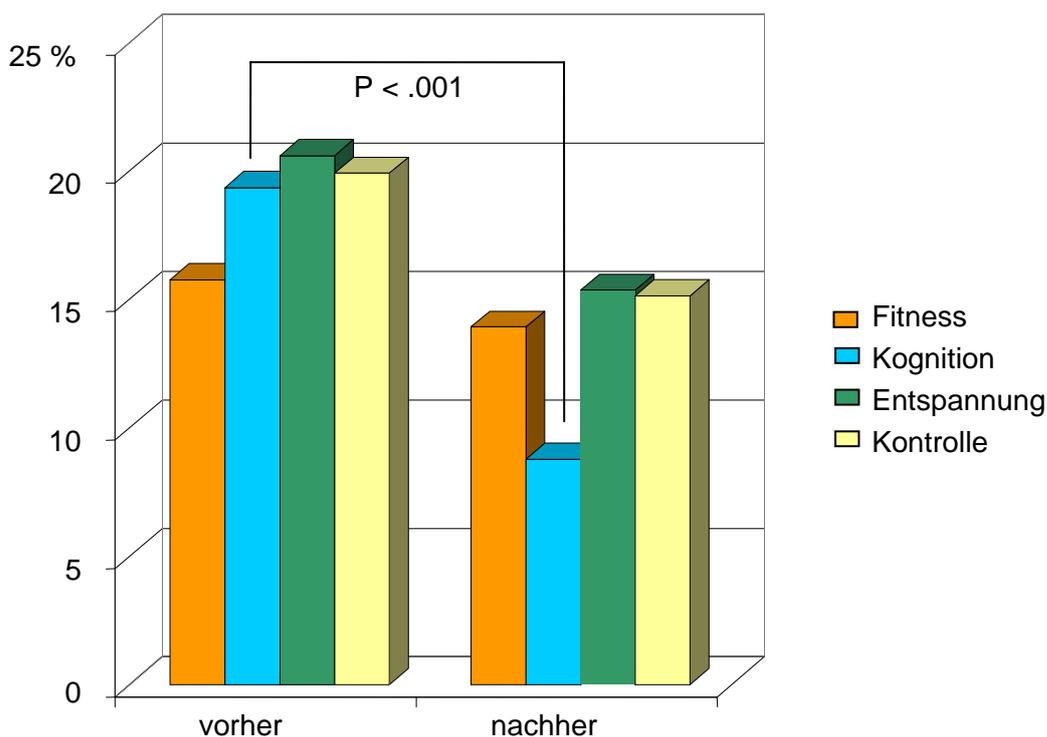


Abbildung 18a: Anteil unentdeckter Zielreize in der 2-Back Aufgabe für alle Gruppen und die Vor- und die Nachmessung (vgl. auch Tab 6a-d).

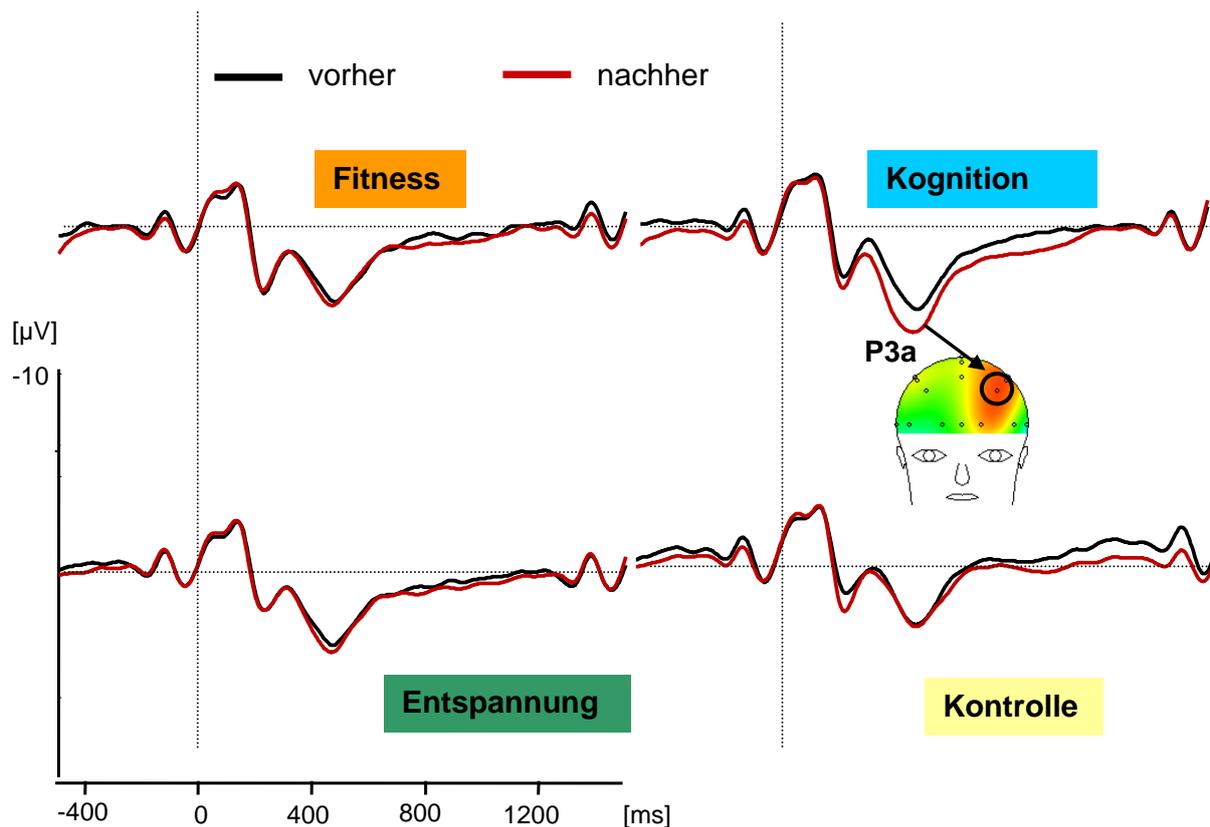


Abbildung 18b: EKP gemittelt synchron zu dem Auftreten der Zielreize in der 2-back Aufgabe für alle Gruppen und die Vor- und die Nachmessung

**Fazit:** Während sich die Reaktionszeiten nicht zwischen den Gruppen unterschieden, ergab sich eine höhere Entdeckungsrate der Zielreize spezifisch in der kognitiven Trainingsgruppe.

### 3.2.2 Aufgabenwechsel

Abbildung 19a stellt den Prozentsatz der Fehler für den hinweisreizbasierten Aufgabenwechsel dar. Die Abbildung 19b stellt die entsprechenden ereigniskorrelierten Potenziale in der Vorbereitungs- und Implementierungsphase bei einer wechselnden Aufgabe dar. Hier zeigt sich eine Intensivierung der Aufgabenvorbereitung (CNV, Walter et al., 1964) in der kognitiven Trainingsgruppe, was die auch Reduktion der Fehleranzahl erklären kann (Hohnsbein et al., 1998). Darüber hinaus ist in der Implementierungsphase eine verstärkte N2 und P3 zu erkennen, welche mit einer effizienteren Auflösung von Aufgabeninterferenz beim Wechsel (N2) und verbesserter Zuordnung von kognitiven Ressourcen einhergehen (z. B. Gajewski et al., 2010).

In den Reaktionszeiten und Fehlerraten wurden Mischkosten (Arbeitsgedächtnisbelastung) und lokale Kosten (Wechselprozess) unterschieden (Gajewski et al., in press). Analysiert wurde der Typ der Wechselaufgabe (hinweisreizbasiert und gedächtnisbasiert), der Messzeitpunkt und die Gruppe, getrennt für Misch- und lokale Kosten.

Die Analyse über die Reaktionszeiten in den Mischkosten ergab eine allgemeine Reduktion der Bearbeitungszeiten nach dem Training ( $F(1, 137) = 16.8, p < .0001$ ) und eine Interaktion zwischen Aufgabentypus, Messzeitpunkt und Gruppe ( $F(3, 137) = 2.7, p < .05$ ). Dieses Muster indiziert eine deutlichere Reduktion der Reaktionszeiten bei einem hinweisreizbasiertem gemischten Block bei der Nachmessung insbesondere in der körperlichen ( $F(1, 34) = 5.9, p$

< .05), kognitiven ( $F(1, 31) = 9.3, p < .005$ ) und der Entspannungsgruppe ( $F(1, 33) = 6.7, p < .05$ ), nicht aber in der Kontrollgruppe ( $F(1, 39) = 2.6, p = .11$ ).

Die Analyse der Reaktionszeiten hinsichtlich der lokalen Wechselkosten ergab eine signifikante Reduktion in der körperlichen, kognitiven und der Entspannungsgruppe in dem gedächtnisbasierten ( $F(1, 34) = 9.4, p < .005$ ;  $F(1, 31) = 7.0, p < .05$ ) und ( $F(1, 33) = 5.5, p < .05$ ) und hinweisreizbasierten Block ( $F(1, 34) = 12.3, p < .001$ ;  $F(1, 31) = 8.5, p < .01$  und ( $F(1, 33) = 8.6, p < .01$ , für die Fitness-, Kognitions-, und die Entspannungsgruppe). Es wurden keine Effekte in der Kontrollgruppe gefunden.

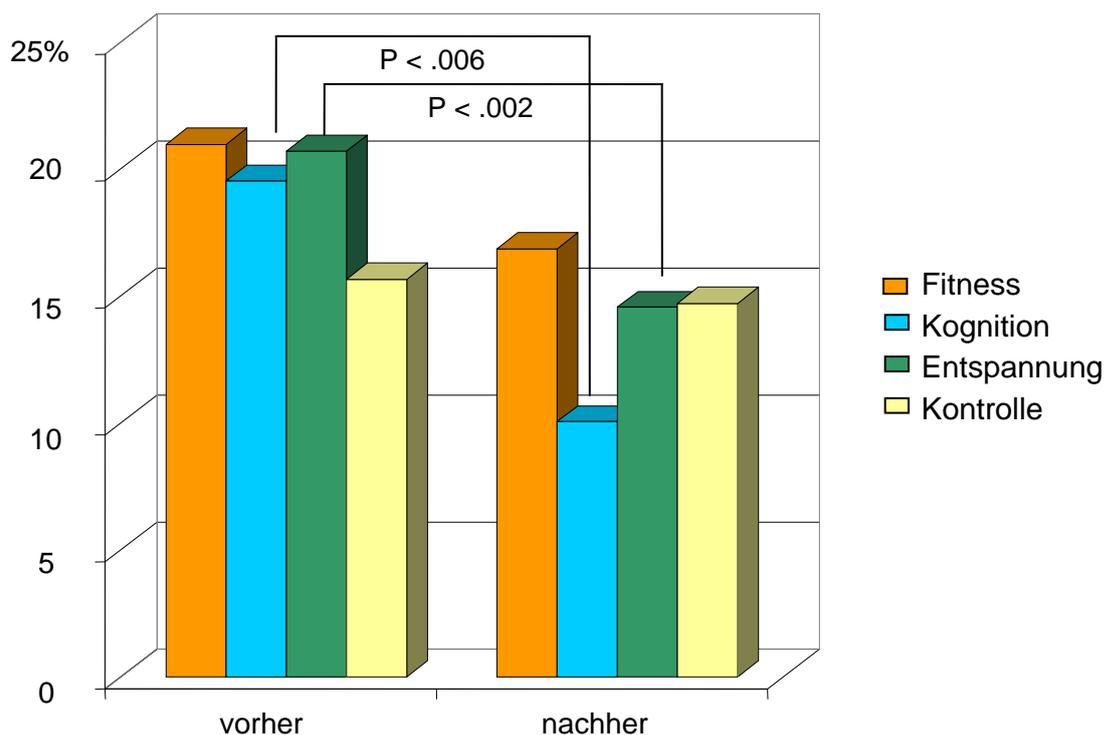


Abbildung 19a: Fehleranteil beim hinweisreizbasiertem Wechsel zwischen Aufgaben für alle Gruppen und die Vor- und die Nachmessung (s. auch Tab 6a-d).

Für die Fehlerraten ergab die Analyse in den Mischkosten eine allgemeine Verbesserung nach dem Training ( $F(1, 137) = 9.4, p < .005$ ) und eine Interaktion zwischen Aufgabentypus, Messzeitpunkt und Gruppe ( $F(3, 137) = 3.4, p < .02$ ). Dieses Muster indiziert eine größere Reduktion der Fehler in einem hinweisreizbasierten verglichen mit einem gedächtnisbasierten Block zum Zeitpunkt der Nachmessung in der körperlichen ( $F(1, 34) = 9.1, p < .005$ ), kognitiven Trainingsgruppe ( $F(1, 31) = 15.4, p < .0001$ ) und der Entspannungsgruppe ( $F(1, 33) = 8.8, p < .005$ ), nicht aber in der Kontrollgruppe  $F < 1$ . Bei den hinweisreizbasierten Wechseln, konnte eine Fehlerreduktion nach dem kognitiven Training ( $F(1, 31) = 8.6, p < .006$ ) und nach dem Entspannungstraining festgestellt werden ( $F(1, 33) = 10.7, p < .002$ , vgl. Abb. 19a).

Für die hinweisreizbasierten Mischkosten wurde eine Interaktion zwischen Gruppe, Alter (über / unter 70) und Messzeitpunkt gefunden ( $F(3, 133) = 3.9, p < .05$ ). Diese Interaktion besagt, dass die stärkste Reduktion der Fehler bei den unter 70-jährigen der Fitnessgruppe stattfand, während bei den über 70-jährigen die stärkste Fehlerreduktion in der kognitiven

Trainingsgruppe erreicht wurde. Diese Interaktion bleibt bestehen, wenn nur die körperliche und die kognitive Trainingsgruppe berücksichtigt werden ( $F(1, 62) = 5.9, p < .02$ ).

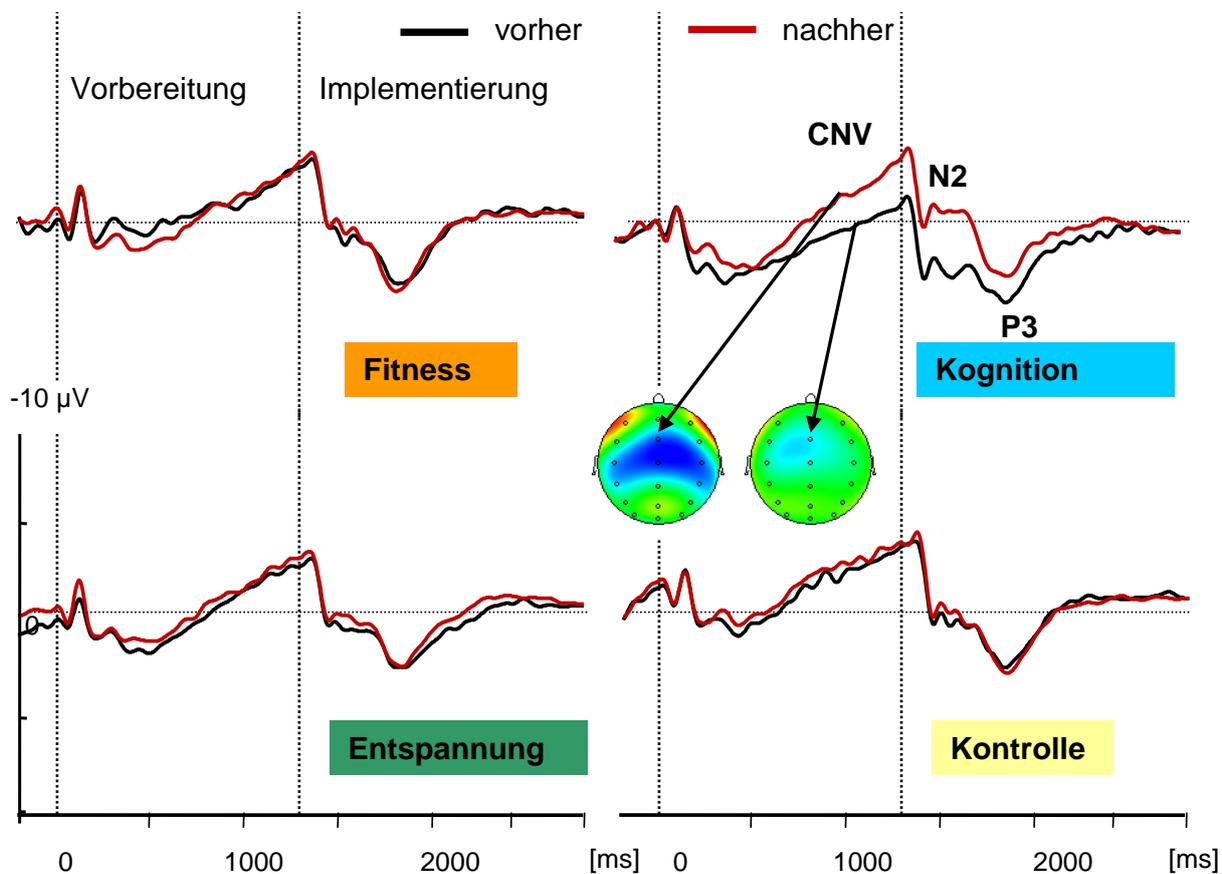


Abbildung 19b: EKP beim hinweisreizbasiertem Wechsel zwischen Aufgaben für alle Gruppen und die Vor- und die Nachmessung

**Fazit:** Die Reaktionszeit- und Fehler-Mischkosten als Index für die Arbeitsgedächtnisbelastung konnten in allen Gruppen außer der Kontrollgruppe reduziert werden. Für die Wechselaufgabe mit externen Hinweisreizen zeigte sich eine Reduktion der Reaktionszeit- und Fehlerkosten in der körperlichen-, kognitiven- und zum Teil in der Entspannungsgruppe.

Hinsichtlich der Fehlerreduktion profitieren unter 70-jährige am meisten vom körperlichen Training, über 70-jährige dagegen von mentalem Training. Es wurden keine weiteren Effekte als Funktion der Kovariaten gefunden.

### 3.2.3 Akustische Ablenkaufgabe

Abbildung 20 stellt den Anteil der Fehler für alle vier Gruppen bei ablenkenden akustischen Reizen dar.

Für die Reaktionszeiten ergaben sich keine Interaktionen zwischen den Gruppen und Standard- oder abweichenden Tönen.

Für die verpassten Zielreize ergab sich eine Interaktion zwischen Gruppe, Reiz und Messzeitpunkt ( $F(1, 127) = 7.36; p < 0.001$ ). ANOVAs für jede Gruppe separat gerechnet ergaben eine Verbesserung für die kognitive Trainingsgruppe sowohl für die Standard- als auch die

abweichenden Töne ( $F(1, 31) = 6.2$ ;  $p < 0.05$  und  $F(1, 31) = 13.9$ ;  $p < 0.001$ ), während die Entspannungsgruppe sich lediglich in den Standard- ( $F(1, 33) = 4.4$ ;  $p < 0.05$ ) und die Kontrollgruppe nur in den abweichenden Tönen verbesserte ( $F(1, 39) = 8.6$ ;  $p < .005$ ). Es wurden keine Effekte der Kovariaten gefunden.

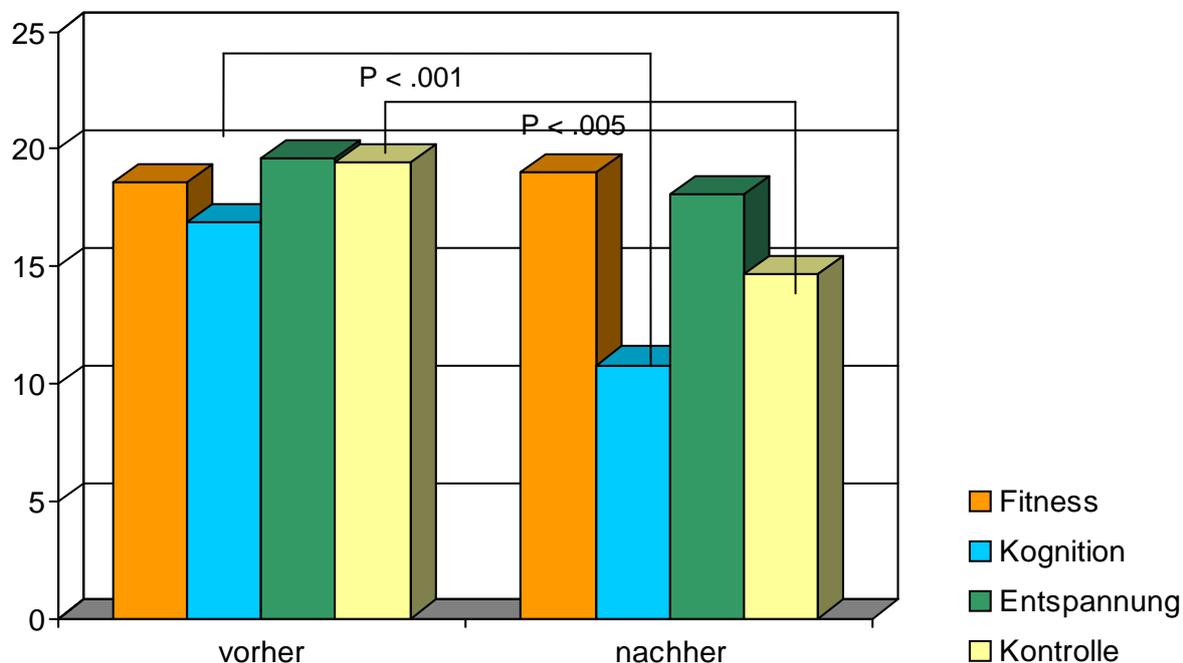


Abbildung 20: Fehleranteil in % in der Ablenkbedingung in der akustischen Ablenkaufgabe für alle Gruppen und die Vor- und die Nachmessung (vgl. auch Tab 6a-d).

**Fazit:** Bei der akustischen Ablenkaufgabe fanden sich keine gruppenspezifischen Effekte auf die Reaktionszeiten. Die Entdeckungsrate der Zielreize nahm bei den Teilnehmern der kognitiven Trainingsgruppe am stärksten zu, obwohl ein Messwiederholungseffekt in der Kontrollgruppe evident war.

### 3.2.4 Stroop-Aufgabe

Abbildung 21a stellt die Fehlerraten in der Stroop-Aufgabe für die vier Gruppen in der Bedingung „Farbe benennen“ bei inkompatiblen Reizen dar. Abbildung 21b stellt exemplarisch die ereigniskorrelierten Potentiale für die Vor- und Nachmessung dar. Hier zeigt sich eine Verbesserung in der Aktualisierung von neuen Informationen (P3) und in der Reaktionsauswahl / Interferenzauflösung (N2) bei der kognitiven Trainingsgruppe (z. B. Eppinger et al. 2007).

In den Reaktionszeiten wurden zunächst die beiden einfachen Blöcke „Wort lesen“ (WL) und „Farbe benennen“ (FB) für kompatible und inkompatible Durchgänge zusammen analysiert. Es wurde eine Interaktion zwischen Block und Kompatibilität gefunden ( $F(1, 136) = 344.5$ ,  $p < .0001$ ), die zeigt, dass der Kompatibilitätseffekt wesentlich größer bei FB als bei WL (269 ms vs. 51 ms) war.

Schaut man sich beide Blöcke separat an, ergibt sich ein Haupteffekt des Messzeitpunktes in der FB- ( $F(1, 136) = 10.6$ ,  $p < .0001$ ) aber nicht in der WL-Bedingung und ein Effekt der Kompatibilität (WL:  $F(1, 136) = 69.9$ ,  $p < .0001$  und FB:  $F(1, 136) = 725.0$ ,  $p < .0001$ ) sowie eine Interaktion zwischen Kompatibilität und Gruppe im FB-Block ( $F(3, 136) = 3.3$ ,  $p = .021$ ).

So betrug der Kompatibilitätseffekt in der körperlichen Trainingsgruppe 232 ms, in der kognitiven Trainingsgruppe 256 ms in der Entspannungsgruppe 271 ms und 316 ms in der Kontrollgruppe. Separate ANOVAs für jede Gruppe ergaben im FB-Block eine Reduktion der Reaktionszeiten sowohl in den kompatiblen ( $F(1, 31) = 10.5, p < .005$ ) als auch in inkompatiblen Durchgängen ( $F(1, 31) = 13.8, p < .001$ ) in der kognitiven Trainingsgruppe.

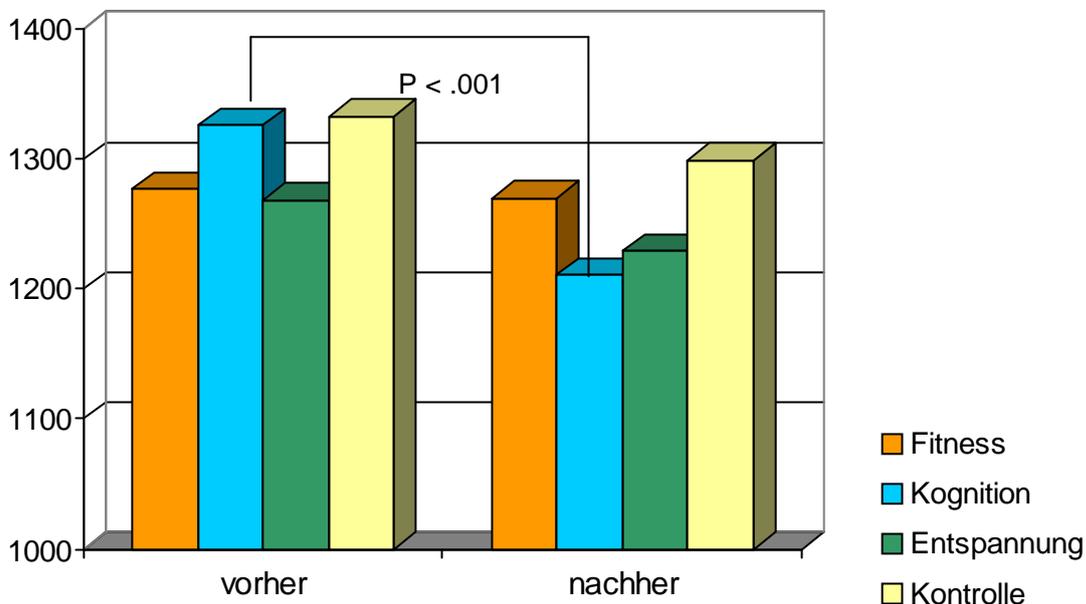


Abbildung 21a: Reaktionszeit in der Stroop-Aufgabe in der Interferenzbedingung für alle Gruppen und die Vor- und die Nachmessung.

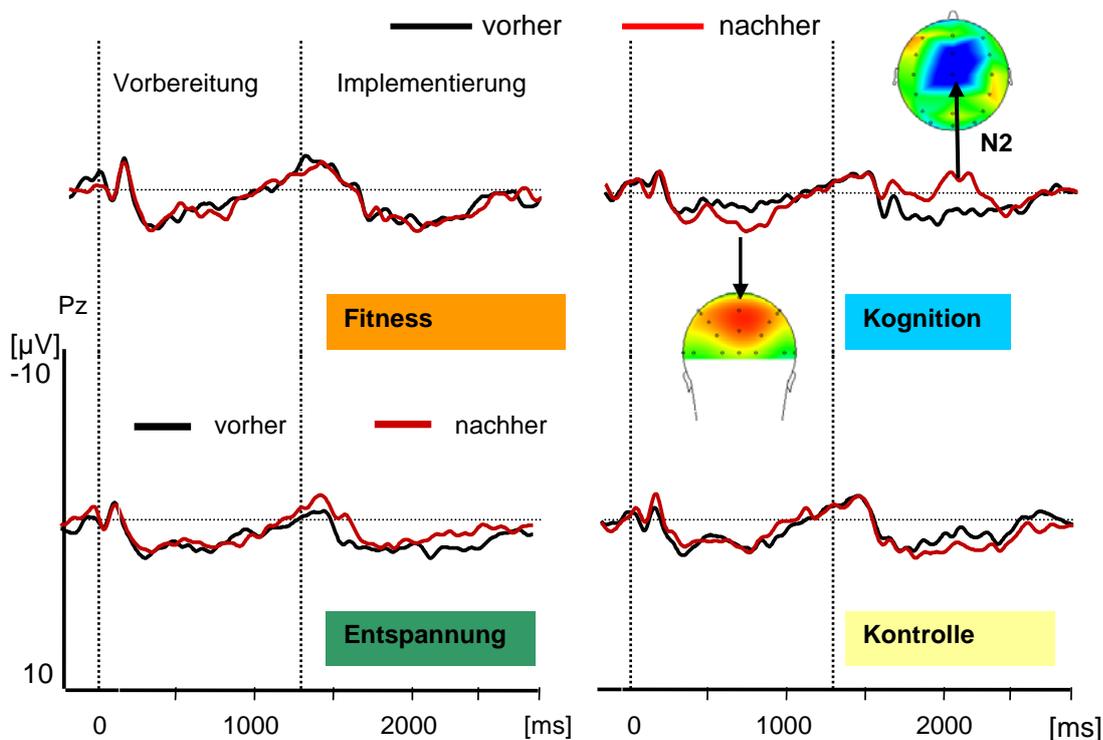


Abbildung 21b: EKP in der Stroop-Aufgabe in einer inkompatiblen Bedingung beim Wechsel der Aufgabendimension für alle Gruppen und die Vor- und Nachmessung

Die Fehlerraten in dem gemischten Block, in welchem zwischen „Wort lesen“ und „Farbe benennen“ gewechselt werden sollte, ergaben ebenfalls einen Effekt der Kompatibilität ( $F(1, 136) = 412.0, p < .0001$ ). Wichtiger, es ergab sich eine Interaktion zwischen Messzeitpunkt und Gruppe ( $F(1, 132) = 3.2, p < .05$ ), die zeigt, dass die Reduktion der Fehlerraten am stärksten in der kognitiven Trainingsgruppe war und keine bedeutsame Reduktion in den anderen Gruppen zu verzeichnen war. Eine Interaktion zwischen Messzeitpunkt, Gruppe und Kompatibilität ( $F(1, 132) = 2.7, p < .05$ ) zeigt, dass die Reduktion der Fehler in der inkompatiblen Bedingung nach dem Training nur in der kognitiven Trainingsgruppe bestand und in den anderen Gruppen keine Verbesserungen zu verzeichnen waren.

Die Interaktion zwischen Ausgangsleistung im Vortest, Messzeitpunkt und Kompatibilität ( $F(1, 132) = 35.5, p < .0001$ ) bedeutet, dass die Teilnehmer mit der schlechten Ausgangsleistung ihre Fehlerraten nach dem Training in inkompatiblen Durchgängen stärker reduzierten (von 29% auf 22%) als die anfänglich guten Probanden, deren Fehlerraten sogar leicht stiegen (von 11% auf 15%).

**Fazit:** In der Stroop-Aufgabe wurden für die Reaktionszeiten keine differenziellen Gruppeneffekte gefunden. Eine Verbesserung der Fehlerraten zum Zeitpunkt der Nachmessung wurde in dem Interferenzblock „Farbe benennen / Wort ignorieren“ nur in der kognitiven Trainingsgruppe gefunden. In der schwierigsten Bedingung (Wechsel der relevanten Dimension) wurde eine signifikante Reduktion der Fehlerraten nach dem Training ebenfalls nur bei den Teilnehmern der kognitiven Trainingsgruppe gefunden.

### 3.2.5 Doppelaufgabe

Abbildung 22a stellt das Ausmaß der Doppelaufgabeninterferenz in den Reaktionszeiten für  $SOA = 0$  ms (Stimulus Onset Asynchrony = zeitlicher Abstand zwischen Aufgabe 1 und 2) für die vier Gruppen dar. Abbildung 22b stellt exemplarisch die ereigniskorrelierten Potentiale für diese Bedingung dar. Hier zeigt sich vorwiegend eine Verbesserung der Aufgabenvorbereitung (CNV) und der Interferenzauflösung (N2) in der kognitiven Trainingsgruppe.

Im ersten Schritt wurden die Reaktionszeiten auf die erste und zweite Aufgabe (RT1 und RT2) als Funktion des zeitlichen Abstandes zwischen den Aufgaben (SOA) in den einfachen Blöcken untersucht. Dabei ergaben sich erwartungsgemäß keine Effekte oder Interaktionen in der RT1. Für die RT2 ergab sich der erwartete Haupteffekt des SOA, der ein Maß für die Doppelaufgabeninterferenz ist; ( $F(1, 122) = 700.6, p < .0001$ ). Außerdem zeigte sich eine tendenziell signifikante Interaktion zwischen Messzeitpunkt, Gruppe und SOA ( $F(3, 122) = 2.3, p = .07$ ).

Im zweiten Schritt wurden Differenzen für die Reaktionszeiten und Fehler zwischen der ersten und der zweiten Aufgabe berechnet. In einer separaten Analyse für jede Gruppe wurde eine Reduktion der Interferenz nach dem Training nur in der kognitiven Trainingsgruppe bei  $SOA = 0$  ms; ( $F(1, 31) = 4.7, p < .05$ ) und  $SOA = 750$  ms; ( $F(1, 31) = 6.9, p < .05$ ) beobachtet. Für den entsprechenden Parameter der Fehlerraten konnte eine Reduktion der Interferenz in der körperlichen Trainingsgruppe bei  $SOA = 750$  ms gefunden werden ( $F(1, 34) = 6.1, p < .05$ ).

Die Ergebnisse innerhalb der gemischten Blöcke zeigten zunächst eine Interaktion zwischen dem anfänglichen Leistungsniveau und dem Messzeitpunkt ( $F(1, 122) = 14.0, p < .0001$ ), was darauf hinweist, dass die ursprünglich schlechteren Probanden sich nach dem Training stärker verbesserten als die anfänglich guten Probanden (257 ms vs. -2 ms).

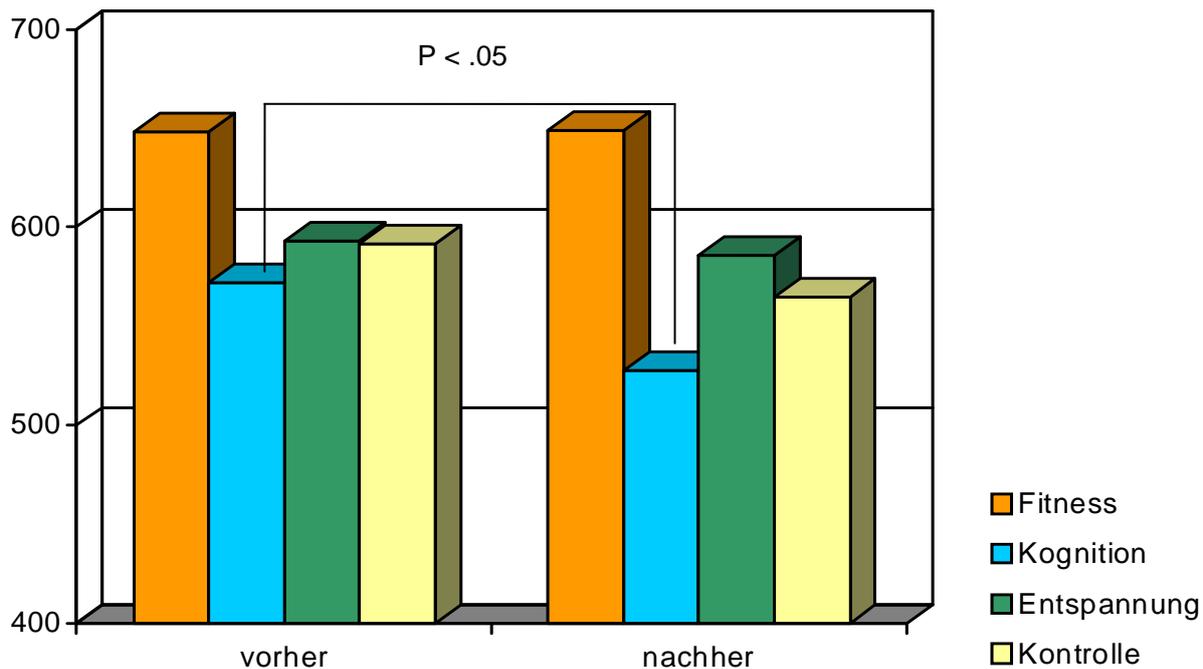


Abbildung 22a: Doppelaufgabeninterferenz in den Reaktionszeiten berechnet als Differenz zwischen der Reaktion 1 und Reaktion 2 bei SOA = 0 ms für alle Gruppen (vgl. Tab. 6a-d).

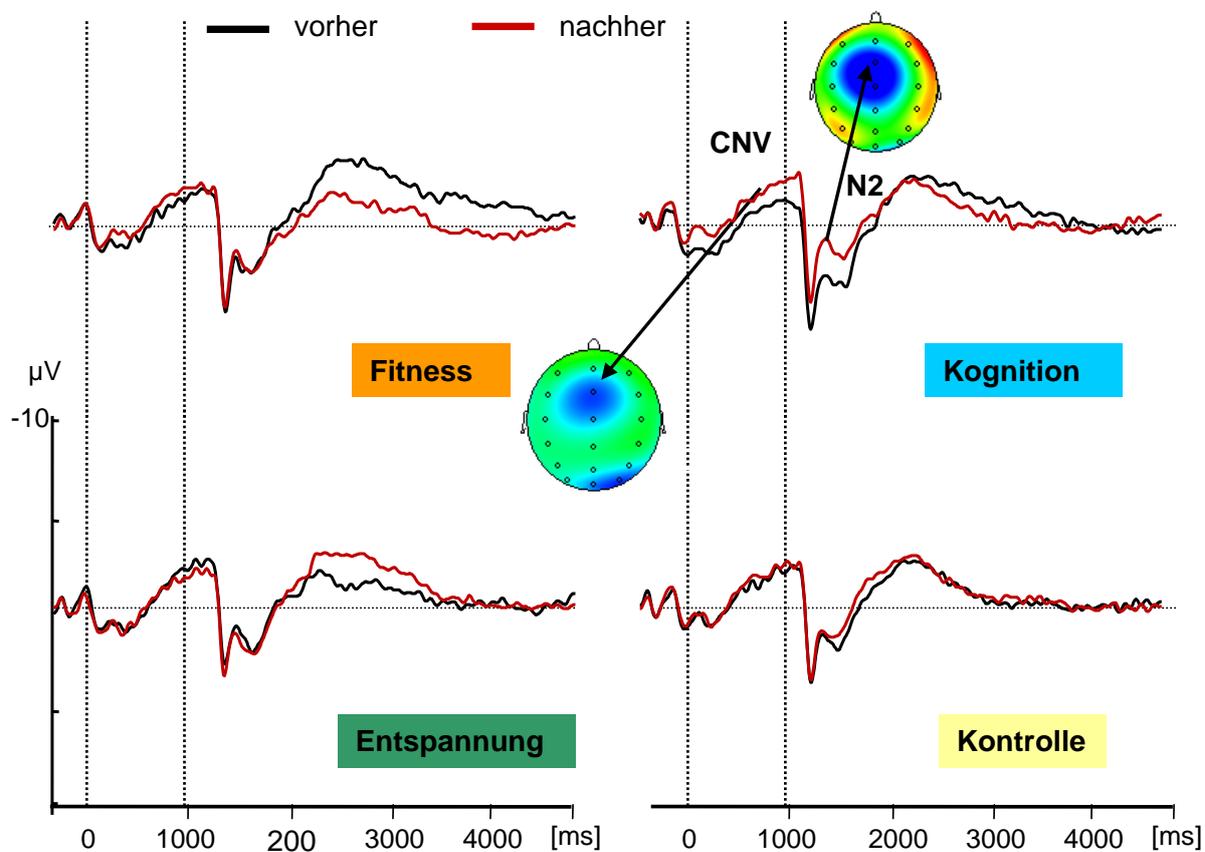


Abbildung 22b: EKP während der Doppelaufgabeninterferenz beim SOA = 0 ms (Aufgaben 1 und 2 erscheinen simultan) für alle Gruppen und die Vor- und Nachmessung

Hinsichtlich der Fehlerraten in den einfachen Blöcken ergab sich eine Interaktion zwischen Messzeitpunkt, SOA, Gruppe und Leistung ( $F(3, 122) = 3.9, p < .01$ ), die auf die Reduktion der Doppelaufgabeninterferenz bei den anfänglich schlechteren Probanden der Gehirnjogginggruppe zurückgeht.

Die Auswertung der Fehlerraten im gemischten Block ergab eine Interaktion zwischen allen Faktoren: Messzeitpunkt, SOA, Gruppe, Alter, Aufgabenreihenfolge und Performanz ( $F(3, 122) = 2.9, p < .05$ ) sowie eine Interaktion zwischen den ersten 5 Faktoren ( $F(3, 122) = 4.0, p < .01$ ). Um diesen Effekten auf den Grund zu gehen, wurden separate Analysen für die vier Gruppen durchgeführt: Für die Teilnehmer der körperlichen Trainingsgruppe ergab sich eine Tendenz zur Reduktion der Fehlerraten in der Interferenzbedingung (Interaktion zwischen Messzeitpunkt, SOA und Reihenfolge der Aufgabenbearbeitung  $F(1, 27) = 4.0, p = .055$ ) unabhängig vom Alter oder anfänglicher Leistung. Im Gegensatz dazu wurde dieser Interferenzeffekt in der kognitiven Trainingsgruppe sowohl durch das Alter als auch anfängliche Leistung moduliert: So zeigte sich, dass die älteren und anfänglich schlechteren Teilnehmer die Fehlerraten nach dem Training deutlicher senkten als die guten älteren oder unter 70-jährigen ( $F(1, 5) = 11.5, p < .02$ ). Für die Entspannungs- und Kontrollgruppe wurde dieser Effekt nicht gefunden.

**Fazit:** Die Leistungen in der Doppelaufgabe verbesserten sich sowohl in der körperlichen als auch in der kognitiven Trainingsgruppe, insbesondere in der Bedingung mit höchster Beanspruchung von kognitiven Ressourcen. Während die Verbesserung in der körperlichen Trainingsgruppe unabhängig von Alter und anfänglicher Leistung war, war die Verbesserung bei den Teilnehmern der kognitiven Trainingsgruppe besonders bei älteren Probanden mit schlechterer Ausgangsleistung evident.

### 3.2.6 Go- / NoGo-Aufgabe

Abbildung 23a stellt den Anteil falscher Alarme in NoGo-Durchgängen für alle Gruppen und die beiden Untersuchungszeitpunkte dar. Abbildung 23b illustriert reaktionsbezogene EKP bei den falschen Alarmen. Die negative Komponente Ne stellt einen Index für die Fehlerwahrnehmung dar (Falkenstein et al., 1991). Eine Erhöhung der Ne nach dem Training in der kognitiven Trainingsgruppe indiziert eine erhöhte Kontrolle der Reaktionen, die in Folge den Anteil falscher Alarme reduziert.

Die Reaktionszeiten der Teilnehmer der körperlichen Trainingsgruppe verkürzten sich nach dem Training ( $F(1, 34) = 5.0, p < .05$ ). Dieser Effekt geht zum größten Teil auf schnellere Reaktionen bei den über 70-jährigen zurück (von 658 auf 598 ms;  $F(1, 14) = 4.3, p = .056$ ). Weitere Effekte wurden nicht gefunden.

Hinsichtlich falscher Alarme wurde die Interaktion zwischen der Gruppe und dem Messzeitpunkt nur tendenziell bedeutsam ( $F(3, 130) = 2.1, p = .09$ ). Bei der Betrachtung des Anteils falscher Alarme in den jeweiligen Gruppen separat, zeigte die kognitive Trainingsgruppe nach dem Training eine um die Hälfte reduzierte Rate falscher Alarme ( $F(1, 31) = 9.2, p < .005$ ), während alle anderen Gruppen sich nicht verbesserten (s. Tab. 6a-d). Die Anzahl der falschen Alarme unterschieden sich zum Zeitpunkt der Nachmessung zwischen der kognitiven Trainingsgruppe und der Kontrollgruppe ( $p < .05$ ).

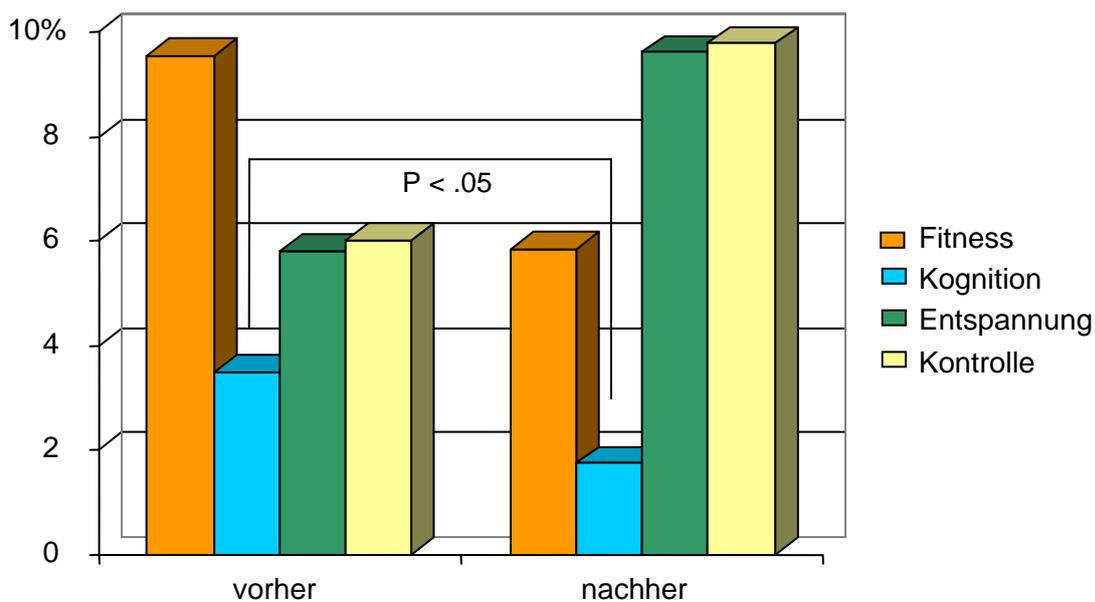


Abbildung 23a: Anteil falscher Alarme in NoGo – Durchgängen für alle Gruppen und die Vor- und Nachmessung (vgl. Tab. 6a-d).

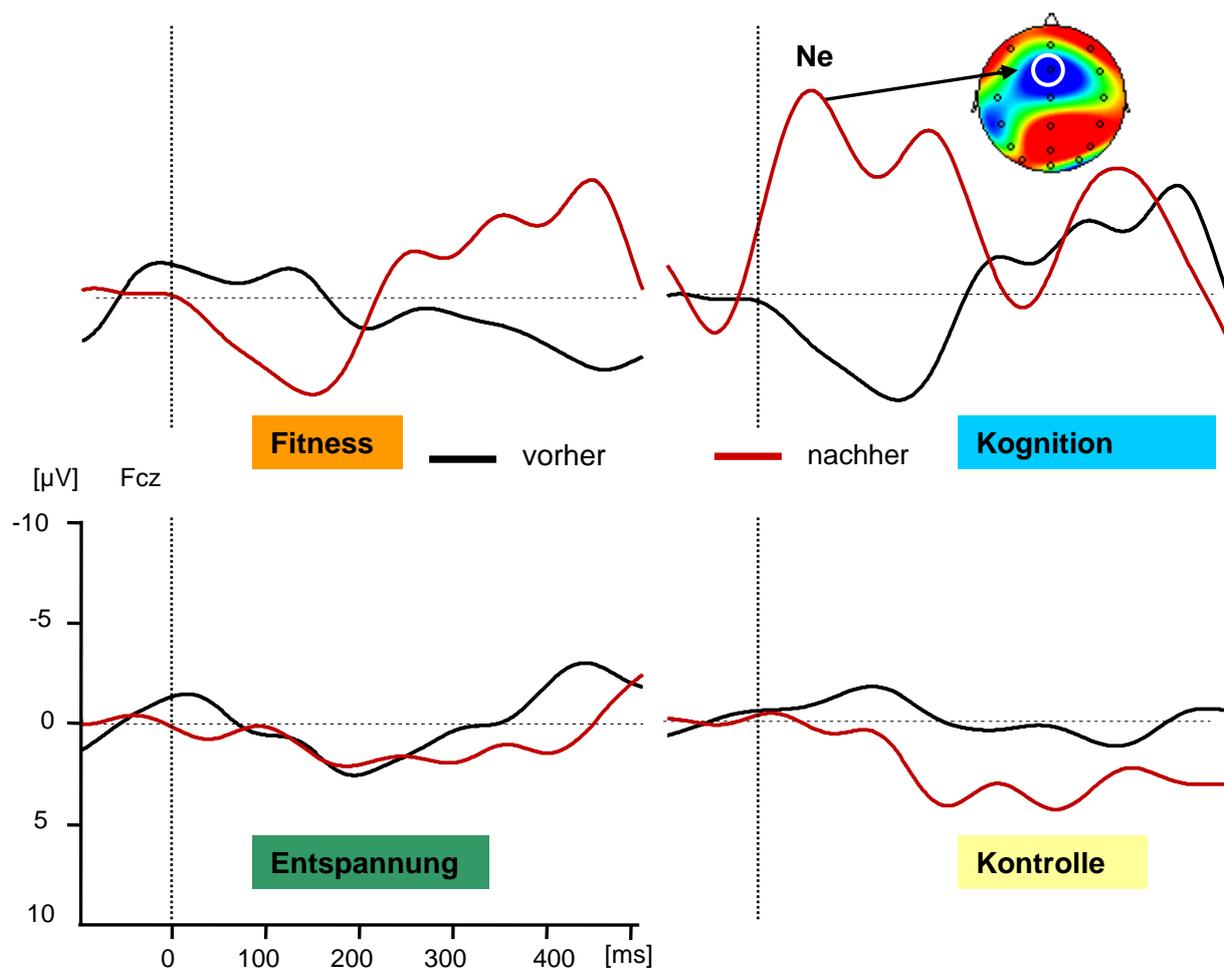


Abbildung 23b: ERP gemittelt synchron zum Zeitpunkt eines Tastendrucks bei falschen Alarmen in den NoGo – Durchgängen für alle Gruppen und die Vor- und Nachmessung

**Fazit:** Die älteren Teilnehmer der körperlichen Trainingsgruppe wurden nach dem Training deutlich schneller. Dagegen machten die Teilnehmer der kognitiven Trainingsgruppe weniger falsche Alarme in den NoGo-Durchgängen als die übrigen Probandengruppen. Die ereigniskorrelierten Potenziale (EKP) zeigten eine Verbesserung der Fehlerwahrnehmung und -kontrolle (Ne) in der kognitiven Trainingsgruppe.

### 3.2.7 Visuelle Suche

Abbildung 24a stellt den Anteil unentdeckter Zielreize in der visuellen Suche dar. Abbildung 24b illustriert das entsprechende ereigniskorrelierte Potenzial, man erkennt eine verstärkte frontozentrale P2 nach dem Training relativ zur Messung vor dem Training selektiv in der kognitiven Trainingsgruppe, was eine erhöhte selektive Aufmerksamkeit für relevante Reizmerkmale anzeigt (Potts, 2004).

Für die Reaktionszeiten und den Anteil falscher Alarme ergaben sich keine Differenzen zwischen den Gruppen ( $F(3, 121) = 1.7, p = .15$  und  $F(3, 121) < 1$ ). Allerdings unterschied sich der Anteil verpasster Zielreize zwischen den Gruppen zum Zeitpunkt der Nachmessung, was in einer signifikanten Interaktion zwischen Messzeitpunkt und Gruppe resultierte ( $F(3, 121) = 2.7, p < .05$ ). Nach einem Vergleich innerhalb der Gruppen ergab sich eine Erhöhung der Erkennungsrate in der kognitiven Trainingsgruppe um 7% ( $F(1, 32) = 7.2, p = .012$ ). Dieser Effekt war am deutlichsten bei den über 70-jährigen Teilnehmern der kognitiven Trainingsgruppe erkennbar (Anteil unentdeckter Zielreize reduzierte sich vom 25.6% auf 16.2%). In den übrigen Gruppen zeigten sich keinerlei Verbesserungen.

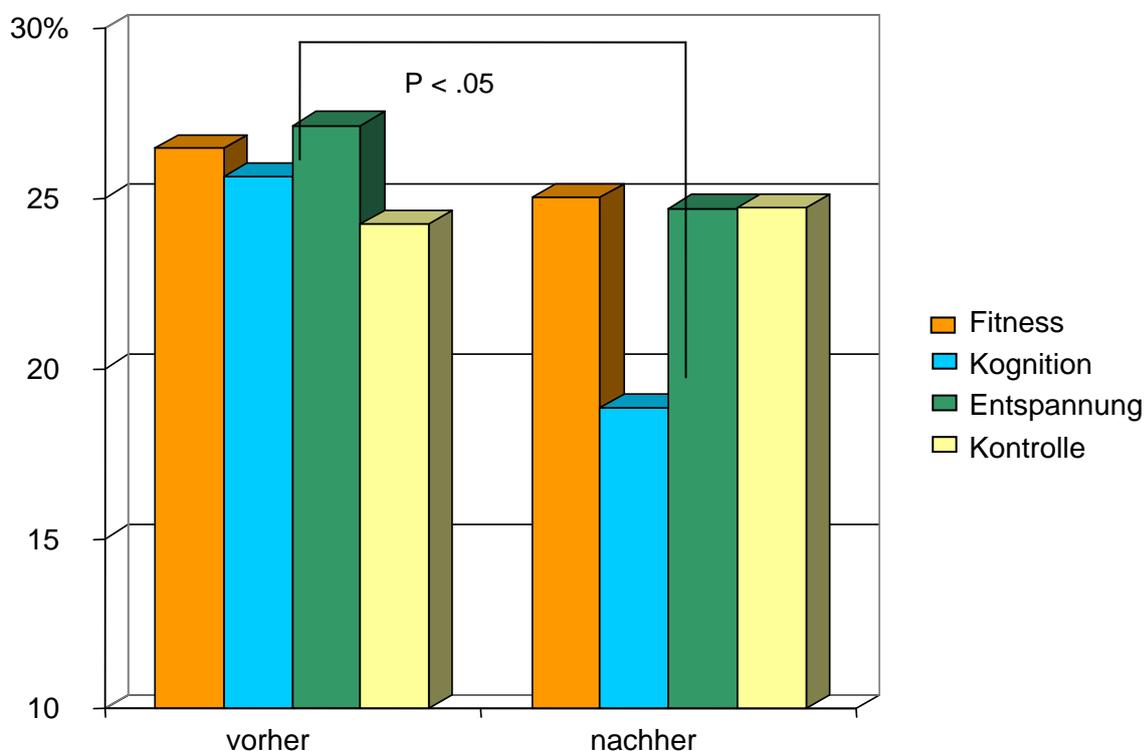


Abbildung 24a: Anteil unentdeckter Zielreize in der visuellen Suche für alle Gruppen und die Vor- und Nachmessung

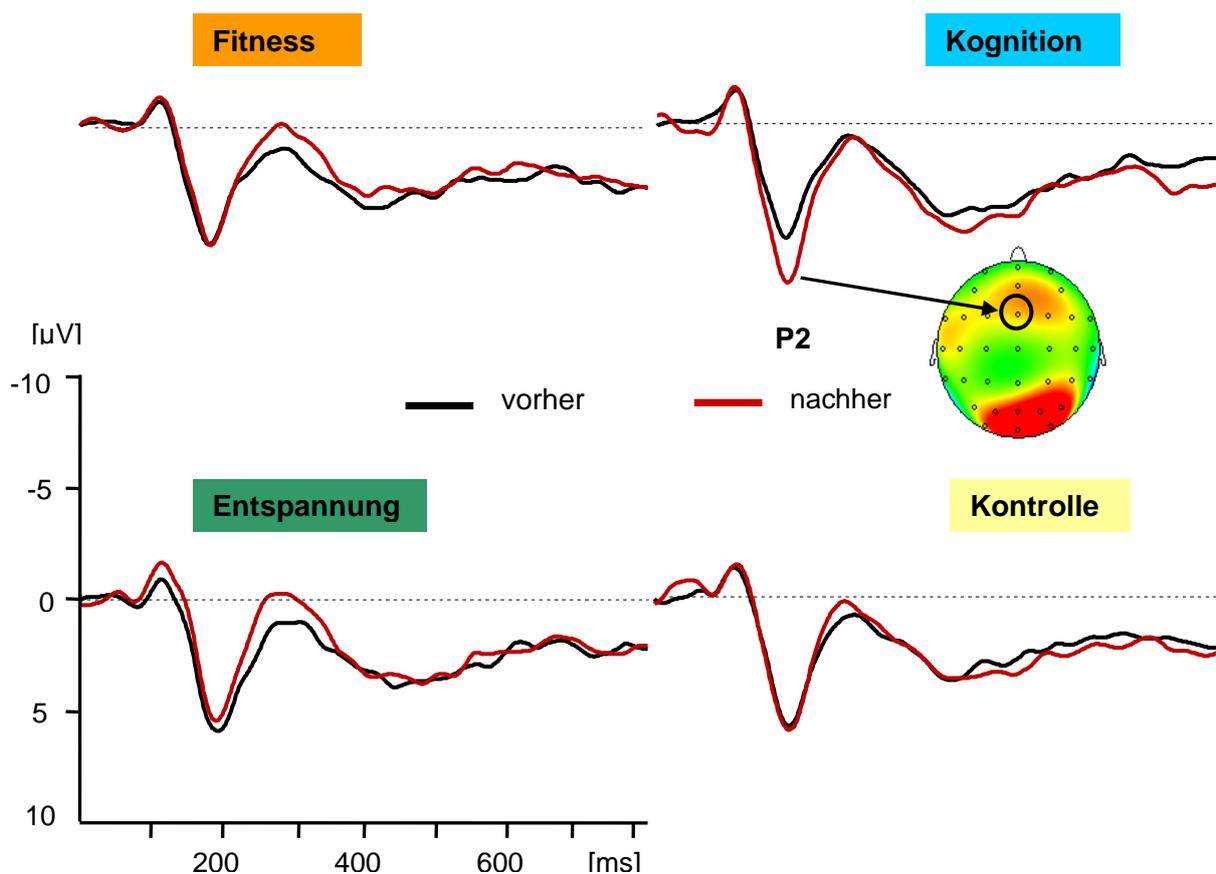


Abbildung 24 b: EKP für korrekt entdeckte Zielreize in der visuellen Suche für alle Gruppen und die Vor- und Nachmessung (vgl. Tab. 6a-d).

**Fazit:** Während keine Differenzen in den Reaktionszeiten und falschen Alarmen zwischen den Gruppen gefunden wurden, ergab sich ein klarer Vorteil der kognitiven Trainingsgruppe in der Entdeckungsrate der Zielreize der visuellen Suchaufgabe, insbesondere bei den älteren Teilnehmern.

### 3.2.8 Manuelle Kompatibilitätssaufgabe

Für die Reaktionszeiten ergab sich ein Haupteffekt der Kompatibilität (inkompatible Durchgänge 510 ms, kompatible 409 ms,  $F(1, 128) = 237.8, p < .0001$ ). Dieser Effekt wurde von dem Faktor Alter (über / unter 70) beeinflusst ( $F(1, 128) = 3.8, p = .052$ ): Der Kompatibilitätseffekt bei den unter 70-jährigen 109 ms, bei über 70-jährigen 94 ms betrug. Insbesondere ergab sich eine Interaktion zwischen Alter, Trainingsgruppe, Messzeitpunkt und Kompatibilität ( $F(3, 128) = 3.1, p < .05$ ), die zeigt, dass keine Unterschiede zwischen den Gruppen bei den unter 70-jährigen zu finden waren, dass sich jedoch die älteren Teilnehmer der Gruppen hinsichtlich des Kompatibilitätseffektes zwischen Vor- und Nachmessung unterschieden ( $F(3, 66) = 3.0, p < .05$ ). Dabei konnten die Reaktionszeiten in den inkompatiblen Durchgängen nach dem Training besonders bei den älteren Probanden der kognitiven Trainingsgruppe aber auch den jüngeren der Kontrollgruppe reduziert werden.

Hinsichtlich der Fehlerraten ergab sich erwartungsgemäß ebenfalls ein Effekt der Kompatibilität ( $F(1, 129) = 37.3, p < .0001$ ), es wurden mehr Fehler in inkompatiblen Durchgängen gemacht als in kompatiblen (10.3% vs. 2.3%). Der Kompatibilitätseffekt unterschied sich in Abhängigkeit von Messzeitpunkt, Gruppe und Alter der Probanden ( $F(3, 129) = 3.5, p < .02$ ).

Um dieses Ergebnismuster aufzulösen, wurden unter und über 70-jährige separat betrachtet: Für die unter 70-jährigen ergab sich lediglich ein Trend zur Interaktion zwischen Gruppe, Messzeitpunkt und Kompatibilität ( $F(3, 60) = 2.4, p = .07$ ): Die körperliche Trainingsgruppe reduzierte ihre Fehlerrate in inkompatiblen Durchgängen von 16% auf 7% bei der Nachmessung, während in den anderen Gruppen diese Reduktion schwächer ausfiel oder die Fehler rate konstant blieb. Für die über 70-jährigen ergab sich in der kognitiven Trainingsgruppe eine signifikante Interaktion zwischen Messzeitpunkt und Kompatibilität ( $F(1, 12) = 7.7, p < .05$ ), was auf die Reduktion der Fehler in den inkompatiblen Durchgängen (von 13.7% auf 6.2%) zurückging. Für die übrigen Gruppen wurden keine Effekte gefunden.

Wenn in der Fehleranalyse zusätzlich der Faktor Ausgangsleistung berücksichtigt wurde, ergab sich eine Interaktion zwischen allen Faktoren (Gruppe, Alter, Messzeitpunkt, Kompatibilität und Performanz ( $F(3, 121) = 6.2, p < .001$ )). Um diesem Effekt nachzugehen, wurde die Analyse separat für gute und schlechte Teilnehmer durchgeführt. Für die ursprünglich schlechteren Probanden, ergab sich eine Interaktion zwischen Messung, Kompatibilität, Gruppe und Alter ( $F(3, 70) = 5.9, p < .001$ ). Entsprechend wurde separat nach unter und über 70-jährigen aufgeschlüsselt: Für die unter 70-jährigen ergab sich ein Trend in der Interaktion zwischen Gruppe, Messung und Kompatibilität ( $F(3, 33) = 2.7, p = .06$ ). Diese Wechselwirkung ging auf die Reduktion der Fehler in der Nachmessung gegenüber der Vormessung zurück. Die körperliche Trainingsgruppe verbesserte sich von 26.7% auf 11.2% während die Fehlerrate in anderen Gruppen gleich blieb. Bei den älteren Probanden wurde ebenfalls ein Trend in der Wechselwirkung von Gruppe, Messung und Kompatibilität ( $F(3, 34) = 2.8, p = .055$ ) ersichtlich. Dieser Effekt ging auf die Fehlerreduktion in der kognitiven Trainingsgruppe von 33.4 auf 9.7% zurück, während weitgehend ähnliche Fehlerraten in den übrigen Gruppen zwischen der Vor- und Nachmessung (~ 16%) beobachtet wurden.

**Fazit:** Die jüngeren Teilnehmer der Fitnessgruppe reduzierten den Kompatibilitätseffekt in den Fehlerraten am stärksten. Bei den über 70-jährigen mit anfänglich schlechterer Leistung profitierten vorwiegend die Teilnehmer der kognitiven Trainingsgruppe.

### 3.2.9 Sakkadische Kompatibilitätsaufgabe

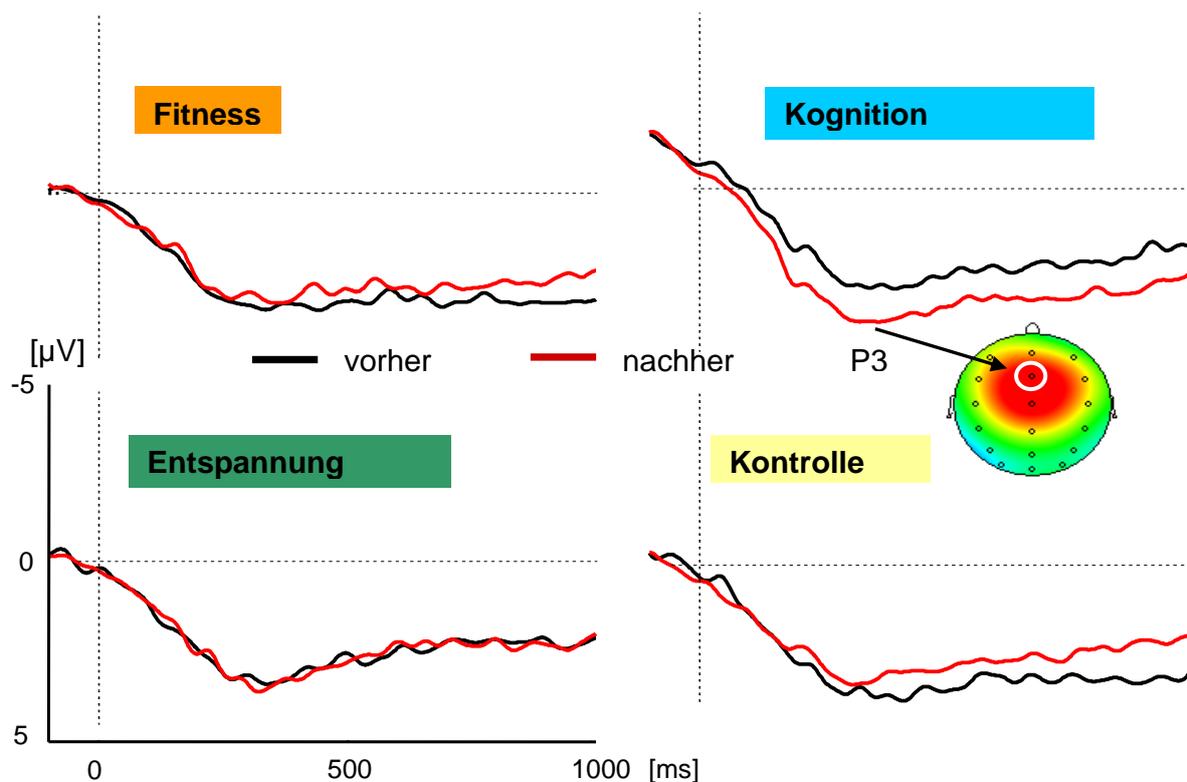


Abbildung 25: EKP bei Antisakkaden für alle Gruppen und die Vor- und Nachmessungd

## 3.3 Ergebnisse des Sportchecks

Der Sportcheck wurde bei allen Teilnehmern vor und nach dem Training durchgeführt, um das Ausmaß an körperlicher Fitness zu kontrollieren. Insbesondere sollte damit die Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit in der Fitnessgruppe quantifiziert und eventuelle Verbesserungen der Fitness in anderen Gruppen ausgeschlossen werden. Wie man der Tabelle 5 (unten) entnehmen kann, hat sich der Body-Mass-Index (BMI) in keiner der Gruppen verändert. Erwartungsgemäß verbesserte sich jedoch sowohl die absolute ( $p < .005$ ), als auch relative Wattleistung ( $p < .002$ ) in der körperlichen Fitnessgruppe und somit auch relativ zur Kontrollgruppe. Dies traf für die restlichen Gruppen nicht zu (s. Abbildung 26).

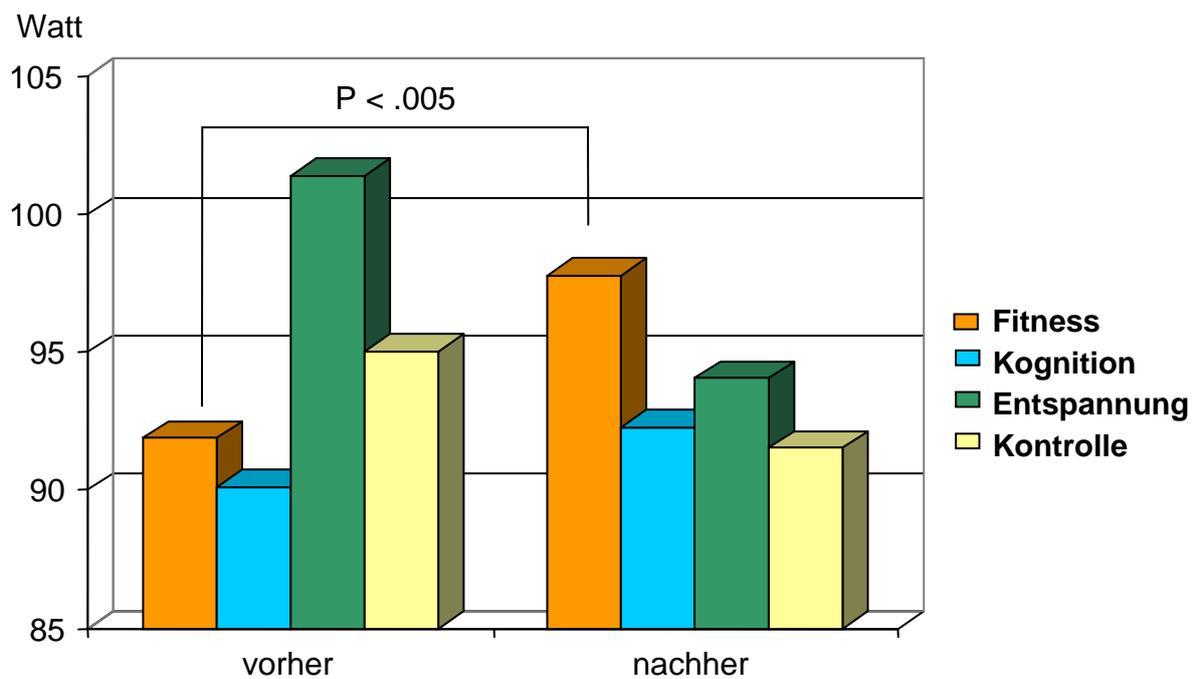


Abbildung 26: Absolute Leistung der Probanden im körperlichen Belastungstest PWC 130 für alle Gruppen und die Vor- und Nachmessung (s. Tab. 5a-d unten)

---

## 4 Diskussion

---

Die Studie hatte zum Ziel, die Verbesserungsmöglichkeiten von alltagsrelevanten kognitiven Funktionen bei älteren Personen zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurde eine Gruppe von 152 Personen im Alter von 65 bis 88 Jahren zufällig auf 3 Trainingsgruppen (körperliches Training, kognitives Training und Entspannungstraining) und eine Kontrollgruppe aufgeteilt und über einen Zeitraum von 4 Monaten trainiert. Vor und nach dem Training wurden die so genannten fluiden kognitiven Funktionen mit einer umfangreichen Testbatterie untersucht. Dabei wurde das Augenmerk auf Funktionen gerichtet, die im Laufe des Lebens zuerst nachlassen, wodurch erhebliche Unfallrisiken im Haushalt und Straßenverkehr entstehen.

Die Nachuntersuchung ergab einen deutlichen Vorteil des **kognitiven Trainings** gegenüber den anderen Trainingsmaßnahmen. Die Teilnehmer profitieren auf einer relativ breiten Basis, die eine Vielzahl der Funktionen betrifft. Dabei wurden die kognitiven Funktionen selektiv beeinflusst, d.h. die meisten Funktionen sehr gut, manche aber kaum oder gar nicht. Im Detail betrafen die Verbesserungen:

1. Selektive Aufmerksamkeit (d2-Test, visuelle Suche)
2. Arbeitsgedächtnis (2-back-Aufgabe, Zahlen nachsprechen rückwärts)
3. Psychomotorische Koordination (Zahlen-Symbol-Test)
4. Wortflüssigkeit
5. Widerstandsfähigkeit gegen Ablenkreizen (Stroop-Aufgabe, akustische Ablenkung)
6. Visuelles Gedächtnis (ROCF)
7. Verbales Kurzzeitgedächtnis (Zahlen nachsprechen vorwärts, VLMT)
8. Vorbereitungseffektivität bei wechselnden Aufgaben (Aufgabenwechsel)
9. Koordination von Mehrfachaufgaben (Doppelaufgabe),
10. Hemmung präpotenter Reaktionen (Go-/NoGo-Aufgabe)
11. Reaktionskonflikt (räumliche Kompatibilitätsaufgabe).

Andere Funktionen, wie z.B. das räumliche Denken (Spiegelbilder), kristalline Intelligenz (MWT-B) wurden dagegen nicht beeinflusst. Allerdings beziehen sich diese Leistungsverbesserungen weniger auf die Schnelligkeit, d.h. die Reaktionszeit in den Aufgaben, sondern mehr auf die niedrigeren Fehlerraten oder erhöhten Entdeckungsraten von Reizen. Mit anderen Worten profitieren die Senioren vom Training vor allem durch eine verbesserte Qualität ihrer Leistung. In Situationen, in denen es eher auf die Qualität ankommt, scheint das kognitive Training also besonders vorteilhaft zu sein. Als Beispiel sei das Suchen von Information in komplexem Umfeld oder kurzfristiges Merken von Informationen genannt, wie z.B. Fahren in einer unbekanntem Großstadt, Suchen und Merken von diversen Schlüsselreizen wie Straßennamen oder Verkehrsschilder.

Besonderes Augenmerk wurde darauf gelegt, inwieweit das Alter oder die Vorleistung die Trainingseffekte beeinflussen. Dies wurde durch Aufnahme der Faktoren Alter (unter oder über 70) und Ausgangsleistung (unter oder über Median) ins statistische Design geprüft. Generell lässt sich aus den Ergebnissen ableiten, dass eher die Älteren und eher die anfangs Schwächeren vom kognitiven Training profitieren, was aber nicht unbedingt bedeutet, dass hohes Alter zwangsläufig mit schlechter Leistung einhergeht. Es zeigt sich vielmehr, dass diese Einflussfaktoren nicht nur unabhängig sind, sondern auch unterschiedlich auf die einzelnen kognitiven Funktionen und für die Trainingsformen wirken. Beispielsweise verbesserten sich die älteren Teilnehmer durch kognitives Training stärker als die Jüngeren im d2-Test (Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit und selektive Aufmerksamkeit; Kap. 3.1.1)

und bei der Wortflüssigkeit (Kap. 3.1.5), unabhängig von ihrer Anfangsleistung. Hingegen waren es in der Stroop-Aufgabe (Ablenkresistenz; Kap. 3.1.3 und 3.2.4) die anfangs schwächeren Teilnehmer, die durch das kognitive Training deutlich besser wurden als die anfangs besseren und zwar unabhängig vom Alter. Im verbalen Gedächtnistest (VLMT; Kap. 3.1.7) verbesserten sich wiederum die Personen nach dem kognitiven Training, die anfänglich bereits eine gute Leistung erbracht hatten. In der Wechselaufgabe (Aufgabenwechsel, Kap. 3.2.2.) profitieren die unter 70-jährigen am meisten vom körperlichen Training, die über 70-jährigen dagegen vom kognitiven Training. In der Doppelaufgabe (Kap. 3.2.5) waren die Verbesserungen durch das kognitive Training am größten bei den Älteren mit schlechterer Ausgangsleistung, während die Verbesserungen durch das körperliche Training unabhängig von Alter und Ausgangsleistung waren. Bei einigen Funktionsverbesserungen gab es wiederum keine Einflüsse des Alters oder der Vorleistung. Hieraus lässt sich insgesamt folgern, dass Alter und Vorleistungen die trainingsbedingte Verbesserung für verschiedene kognitive Funktionen unabhängig voneinander und in unterschiedlicher Weise beeinflussen.

In der **körperlichen Trainingsgruppe** wurden ebenfalls Trainingseffekte gefunden, die aber seltener waren als in der kognitiven Gruppe, zum Teil andere Funktionen und eher andere Teilnehmer betrafen als das kognitive Training. Die Verbesserungen betrafen:

1. Schnelligkeit und Qualität im d2-Test
2. Schnelligkeit in der Stroop-Aufgabe
3. Arbeitsgedächtnis (Zahlen nachsprechen rückwärts, 2-back)
4. Verbales Gedächtnis und insbesondere Wortwiedererkennung (VLMT)
5. Visuelles Langzeitgedächtnis (ROCF)
6. Schnelligkeit und teilweise Qualität beim Wechsel zwischen Aufgaben,
7. Qualität der Doppelaufgabenkoordination,
8. Unterdrückung der Interferenz in der Kompatibilitätsaufgabe,
9. Beschleunigung der Reaktionen in der Go-/NoGo-Aufgabe

und dies vorwiegend bei den unter 70-jährigen.

Es sind also Effekte, die auch in früheren Studien nach dem körperlichen Training berichtet wurden (z. B. Colcombe & Kramer, 2003; Kramer & Erickson, 2007). Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass sich körperliches Training primär positiv auf Reaktionskonflikte auswirkt. Das bedeutet, dass durch körperliches Training Konflikte zwischen zwei Alternativen effizienter bewältigt werden können. Im übertragenen Sinne kann in diesem Zusammenhang von beschleunigter Entscheidungsfähigkeit gesprochen werden. Allerdings verbessert sich die Präzision durch körperliches Training seltener, im Gegensatz zur Wirkung des kognitiven Trainings. Von der schnelleren Informationsverarbeitung durch das körperliche Training könnten Senioren v.a. in sehr zeitkritischen Situationen profitieren, in denen es nicht so sehr auf Präzision sondern eher auf Geschwindigkeit ankommt, z. B. beim Bremsen, beim Aufleuchten des Bremslichts des Vordermanns oder in kritischen Entscheidungssituationen: Bei gelber Ampel Fahren oder Bremsen?

Dennoch sind einige der in der Literatur berichteten starken Effekte des körperlichen Trainings auf die kognitiven Funktionen nicht in dem Maße repliziert worden, bzw. unterschieden sich nicht signifikant von den Effekten in der Kontrollgruppe, wie z. B. bestimmte Gedächtnisfunktionen, die im Alltag relevant sind (Klusmann et al., 2010). Wie bereits in der Einleitung angedeutet und von einigen Forschungsgruppen diskutiert, sind die Effekte von körperlichem Training auf die Kognition nicht konsistent. Kramer & Erikson (2007) geben als Gründe für diese divergierenden Effekte der Studien unterschiedliche Dauer, Intensitäten und Arten des

körperlichen Trainings an. Weiterhin unterscheiden sich natürlich auch die untersuchten Populationen aufgrund ungleicher Aufnahmekriterien und des körperlichen Ausgangsniveaus. Auch verschiedene Stichprobengrößen und vor allem unterschiedliche Aufgaben, welche die Trainingswirksamkeit untersuchten, können die Ergebnisse stark beeinflussen.

Meta-analytische Untersuchungen kombinierten Datensätze aus verschiedenen Trainingsstudien (Colcombe & Kramer, 2003; Netz et al., 2005). Durch auf diese Art erhöhte statistische Power konnten grundsätzlich positive Effekte des Fitnessstrainings auf die Kognition bei Älteren nachgewiesen werden.

Warum die Effekte des Fitnessstrainings in unserer Studie nicht in dem gleichen Ausmaß wie bei den Teilnehmern der Gruppe mit kognitiven Training gefunden wurden (z. B. bei Ablenkungsresistenz oder visueller Suche), kann zum einen daran liegen, dass die Teilnehmer der Studie nicht völlig untrainiert waren: Obwohl sie vor der Studie laut ihren Angaben kein regelmäßiges Fitnessstraining betrieben, könnten sie durch ihre täglichen Aktivitäten wie regelmäßiges Spazieren, Fahrradfahren, Treppen steigen etc. auf einem relativ hohen Fitnessniveau gewesen sein. Immerhin weisen die Ergebnisse des Lüdenscheider Aktivitätsfragebogens aus Tabelle 4, dass 18% der Teilnehmer der körperlichen Gruppe ausreichend oder 12% sogar körperlich hoch aktiv waren. Um die Auswirkungen der körperlichen Ausgangsfitness zu prüfen, wurden die Teilnehmer nach dem Umfang ihrer körperlichen Betätigung in zwei Gruppen aufgeteilt, der Median lag bei 200 Minuten körperliche Gesamtaktivität pro Woche (inklusive Treppesteigen, zu Fuß einkaufen gehen, Radfahren usw.). Der Faktor hohe/niedrige körperliche Aktivität wurde als Kovariate in die Berechnungen aufgenommen, lieferte aber keine bedeutsamen Ergebnisse. Der Faktor körperliche Ausgangsfitness hatte also keine Auswirkungen auf die Effektivität des Fitnessstrainings.

Zum anderen war möglicherweise die Kombination von aeroben und Krafttraining suboptimal. Die Kombination wurde aufgrund der renommierten Meta-Analyse von Colcombe & Kramer (2003) gewählt, welche erheblich größere Effekte bei der Kombination als bei nur aeroben Training alleine fanden. Allerdings zeichnet sich in der neueren Literatur die Tendenz zu den stärksten Effekten bei rein aerobem Training im Umfang von etwa 45-60 Minuten und Häufigkeit von dreimal wöchentlich ab (s. Kramer & Erickson, 2007).

An dieser Stelle muss jedoch noch einmal betont werden, dass obwohl der breite Trainingseffekt nicht in gleichem Maße erreicht wurde wie in der kognitiven Trainingsgruppe, die körperliche Trainingsgruppe vor allem hinsichtlich der exekutiven Funktionen wie z.B. Konfliktverarbeitung profitiert hat, was mit der Literatur weitgehend übereinstimmt.

Da die Wirkung von körperlichem und kognitivem Training unterschiedlich zu sein scheint, kann man daraus folgern, dass es sinnvoll ist, beide Trainings zu kombinieren, um für alle Altersgruppen und Leistungsniveaus Verbesserungen zu erzielen.

Als Kontrollgruppe wurde einerseits eine **soziale Kontrollgruppe** (Entspannungsgruppe), andererseits eine **passive Kontrollgruppe** eingesetzt, die kein Training erhielt und zwischen den beiden Untersuchungen ihr Leben wie gewohnt fortsetzte. Bei Entwurf des Designs wurde wie folgt argumentiert: Der soziale Faktor, d.h. das regelmäßige Treffen und die Interaktion in einer Gruppe, ist mit allen Trainingsmaßnahmen konfundiert, d.h. er beeinflusst jede Trainingsgruppe, spielt jedoch keine Rolle für die passive Kontrollgruppe, die sich nicht regelmäßig trifft. Wenn nun die soziale Kontrollgruppe keine unterschiedlichen Effekte liefert als die passive Kontrollgruppe, wie in unserer Studie tatsächlich der Fall, beweist dies, dass die soziale Komponente im Rahmen dieser Studie keinen Einfluss auf die kognitive Leistung

hat. Gleichzeitig wird damit gezeigt, dass das Entspannungstraining ebenfalls keinen Einfluss auf die Kognition hat (was auch erwartet wurde). Hätte sich ein Effekt gefunden, wäre allerdings unklar, ob dieser durch die Entspannungsübungen oder den sozialen Faktor hervorgerufen wurde. Das soziale Kontrolltraining (Entspannung) wurde allerdings so konzipiert, dass keine kognitiven Effekte zu erwarten waren. In der Literatur werden nur vereinzelt kognitive Effekte von kurzzeitigen Entspannungstrainings berichtet. Das heißt allerdings nicht, dass ein Entspannungstraining unter keinen Umständen kognitive Verbesserungen erzielen kann. Es ist weitgehend anerkannt, dass durch dauerhaften Stress der Cortisolspiegel im Blut chronisch erhöht ist, wodurch kognitive Funktionen wie die Gedächtnisleistung negativ beeinflusst werden (de Bruin, et al., 2002; Hibberd, et al., 2000). Da unsere Stichprobe altersbedingt aus dem aktiven Arbeitsleben ausgeschieden war, kann von einer chronischen Stressbelastung zumindest auf der Gruppenebene nicht ausgegangen werden. Da sich die Entspannungsgruppe von der passiven Kontrollgruppe hinsichtlich relevanter Parameter nicht unterschied, kann daraus geschlossen werden, dass auch die regelmäßigen sozialen Kontakte alleine (zumindest im Rahmen der Studie) keine substantielle Wirkung auf die untersuchten kognitiven Funktionen hatten.

Es ist an dieser Stelle wichtig anzumerken, dass sich einige Funktionen, vor allem Gedächtnisfunktionen wie verbales und visuelles Gedächtnis bei allen Gruppen verbesserten, was klar zeigt, dass ein Anteil der Verbesserung durch die reine Testwiederholung bedingt ist, also nicht durch das Training bewirkt wurde. Diese Konfundierung ist ein Problem vieler psychometrischer Tests, auch wenn Parallelversionen verwandt werden. Insofern scheint der Einsatz von PC-gestützten Tests, die keine Gedächtniskomponente beinhalten, für zukünftige Trainingsstudien eine gute Wahl darzustellen.

Kritisch an unserer Studie ist zum einen anzumerken, dass sich zum Teil geistig und körperlich relativ fitte Teilnehmer angemeldet haben, ungeachtet der strikten Aufnahmekriterien für regelmäßige körperliche und geistige Aktivitäten. Die erhobenen Daten zur Schulbildung (Tab. 4) belegen, dass etwas über ein Viertel der Teilnehmer das Abitur haben. Auch die häufige und vielseitige körperliche Aktivität, relativ hohe subjektive Lebensqualität (Tab. 4), bewusste Ernährung, ein verschwindend kleiner Anteil an Rauchern, gute gesundheitliche Verfassung und die häufigen sozialen Kontakte (Tab. 7, im Anhang) geben Aufschluss über einen gesunden Lebensstil unserer Probanden. Da dies alles Faktoren sind, die kognitive Funktionen positiv beeinflussen, werden Deckeneffekte häufiger, d.h. unter Umständen sind die kognitiven Funktionen einiger Teilnehmer bereits schon a priori optimiert, was die Trainingseffekte reduziert. Diese Selbstselektion findet sich in praktisch allen Altersstudien mit freier Rekrutierung der Teilnehmer. Hier wäre für zukünftige Studien zu empfehlen, dass Teilnehmer rekrutiert werden, die kognitiv auf einem niedrigeren Level stehen. Um eine völlig repräsentative Stichprobe der Bevölkerung zu erhalten, müsste sie per Zufall aus der Gesamtbevölkerung ausgewählt werden, was leider in Praxis kaum möglich ist.

Zum anderen wäre es möglicherweise von Vorteil gewesen, in der Fitnessgruppe ein rein aerobes und auch intensiveres Training anzubieten. Diese Vermutung gründet sich jedoch auf relativ neuen Daten und sollte in Nachfolgestudien berücksichtigt werden.

In der Literatur gibt es u.W. nur eine Studie, die ein quasi-kognitives und ein körperliches Training bei Senioren vergleichend untersucht hat, nämlich die Studie „Berlin bleibt fit“, deren Ergebnisse kürzlich publiziert wurden (Klusmann et al. 2010). Hier wurden 200 ältere Berliner Frauen aerob trainiert oder bekamen ein Training zum Umgang mit Computern (PCs). Anzumerken ist, dass das PC-Training keine spezifisch zugeschnittenen und ausgewählten Aufgaben beinhaltete, welche intensiv trainiert wurden, sondern lediglich den Umgang mit

PCs. Die Teilnehmer wurden vor und nach dem Training mit einigen psychometrischen Tests untersucht. Als Kontrollgruppe fungierte lediglich eine passive Gruppe, die ebenfalls zweimal getestet wurde. Die Ergebnisse zeigen eine verbesserte Gedächtnisleistung bei unmittelbarem und verzögertem Abruf von Gedächtnisinhalten sowohl in der körperlichen als auch der PC-Trainingsgruppe relativ zur Kontrollgruppe, wobei kein Unterschied in den Effekten zwischen den aktiven Gruppen bestand. Da keine soziale Kontrollgruppe mitgeführt wurde, lässt sich nicht sagen, ob das Ergebnis durch das Training oder die reine soziale Komponente bedingt ist. Die Berliner Studie gibt allerdings Aufschluss darüber, dass alleinige Beschäftigung oder Erlernen von PC-Prozeduren und PC-Anwendungen die kognitive Fähigkeit (d.h. Gedächtnisleistung) beeinflusst, die Effekte jedoch relativ schwach sind. Wenn ein spezifischer kognitiver Trainingseffekt unterstellt wird, zeigt das Ergebnis, dass ein Training mit mäßigen Anforderungen auch nur mäßige Effekte auf kognitive Funktionen erbringt. Daher spricht der Vergleich des Berliner Trainings mit dem Dortmunder Training klar dafür, dass Senioren ein intensives kognitives Training durchführen sollten, um starke Wirkungen auf kognitive Funktionen zu erzielen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Studie eindeutig nachgewiesen hat, dass kognitives und in geringerem Maße sportliches Training eine Reihe von kognitiven Funktionen bei älteren Personen verbessert. Die Verbesserungen beim kognitiven Training betreffen vorwiegend die höheren Entdeckungsraten und geringeren Fehlerraten in der Mehrzahl der Tests. Die den Veränderungen zugrunde liegende neuronale Plastizität konnte mithilfe von ereigniskorrelierten Potentialen gezeigt werden. Das körperliche Training brachte weniger konsistente Effekte auf die kognitiven Funktionen, abgesehen von der Verbesserung der Fähigkeit zur Auflösung von Konflikten in Entscheidungssituationen. Erwartungsgemäß wurde keine Wirkung von Entspannungstraining bei Senioren auf die Kognition gefunden. Als Fazit kann man festhalten, dass sportliches und kognitives Training auf unterschiedliche Funktionen wirken. Unabhängige Moderatorvariablen, die die Trainingseffekte beeinflussten, waren das Alter und die Ausgangsleistung: Allgemein profitierten die Älteren sowie die eingangs Schwächeren mehr vom Training. Diese Faktoren lieferten aber unterschiedliche Effekte für verschiedene kognitive Funktionen und wirkten sich auch unterschiedlich auf die Art des Trainings (körperlich vs. kognitiv) aus.

Unsere Daten bestätigen, dass sich die Leistungsfähigkeit der fluiden kognitiven Funktionen mit zunehmendem Alter zwischen den Personen massiv unterscheidet. Diese Variabilität wird durch eine Reihe von Faktoren bedingt. Zum einen sind es genetische Prädispositionen, zum anderen eine Vielzahl von Umweltfaktoren wie Schulbildung, sozioökonomischer Status, mentale Aktivität in Beruf und Freizeit, Bewegung, Ernährung, Erkrankungen usw. Die Trainingsergebnisse weisen darauf hin, dass man durch relativ einfache Maßnahmen kognitiven Defiziten entgegenwirken, bzw. sie kompensieren kann.

---

## 5 Auswirkungen der Verbesserung von kognitiven Funktionen im Alltag

---

### 5.1 Unfälle im Haushalt

#### 5.1.1 Brände

Als Hauptursache für Brände in privaten Haushalten gelten abgesehen von technischen Defekten vor allem *Vergesslichkeit* und *Ablenkbarkeit*.

Durch das Training werden die entscheidenden kognitiven Funktionen verbessert, deren Nachlassen Fehlverhalten begünstigen kann. Z. B. wird durch das kognitive Training die Kurzzeit- und Arbeitsgedächtniskapazität verbessert und somit das *Vergessen* einer potentiellen Feuerquelle (wie eine brennende Kerze oder eine eingeschaltete Herdplatte) reduziert und das Unfallrisiko verringert.

Durch eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen Ablenkung aufgrund von kognitivem Training, kann eine Tätigkeit (wie z. B. Erhitzen von Öl in der Pfanne) konsequenter überwacht werden, was ein geringeres Brandrisiko in diesen typischen Situationen senkt.

Durch die gesteigerte Gedächtniskapazität, können *Defizite der Koordination von Mehrfachaufgaben* wie gleichzeitiges Kochen und Putzen gemindert werden. Die Verbesserungen anderer kognitiver Funktionen verstärken diesen Effekt.

#### 5.1.2 Stürze

Wie bereits in der Einleitung erläutert, passieren Stürze bei Senioren in erster Linie durch das *Übersehen* von Hindernissen und das *Vergessen* von abgestellten Gegenständen, von denen Stolpergefahr ausgeht. *Ablenkung* und Zeitdruck erhöhen die Wahrscheinlichkeit eines Sturzes. Darüber hinaus geht eine erhöhte Sturzgefahr mit einer *defizitären Planung* von Verhaltensabläufen bei komplexen Situationen einher. Kognitives Training verbessert vor allem die visuelle Aufmerksamkeitsleistung, so dass schlecht sichtbare Hindernisse, wie z. B. Kabel auf dem Teppich effizienter wahrgenommen werden können. Die trainingsbedingte Steigerung der Widerstandsfähigkeit gegen Ablenkreize wie plötzliche Ansprache, Türklingel oder Radio ermöglicht die konsequente Fortsetzung einer angefangenen Tätigkeit und verhindert eine *reflexartige Umorientierung*, die z. B. zu Stürzen beim Treppenlaufen führen könnte. Es kann auch angenommen werden, dass durch die effizientere Bewältigung von Mehrfachaktivitäten und verbesserte Planung von Verhaltensabläufen durch erhöhte Arbeitsgedächtniskapazität komplexe Tätigkeiten wie Fenster putzen, Utensilien in Reichweite bereithalten und auf einer Leiter balancieren sicherer werden.

#### 5.1.3 Verletzungen

Verletzungen im Haushalt kommen bei der Verrichtung ungeübter Tätigkeiten wie Reparaturen oder beim Handwerken vor. Auch hier spielen *Vergesslichkeit* und *Ablenkbarkeit* bei Senioren eine Schlüsselrolle. Ebenfalls sind *Defizite in der Planung von Tätigkeiten* und *Mehrfachaktivitäten* eine häufige Ursache von Verletzungen. Die Verbesserung der Aufmerksamkeit (schnellere Erkennung von gefährlichen Situationen), Gedächtnisleistung (z. B. Ausstöpseln des Stromkabels beim Rasenmäher oder Bügeleisen), Widerstandsfähigkeit gegen Ab-

lenkung (beim Bedienen von Geräten wie Sägen oder Bohrmaschinen) und Koordination von Mehrfach Tätigkeiten durch kognitives Training, können das Verletzungsrisiko bei ungeübten Tätigkeiten im Haushalt erheblich senken.

## 5.2 Unfälle im Verkehr

### 5.2.1 Autofahrer

Unfälle bei älteren Fahrern entstehen durch eine Reihe von personenrelevanten vermittelnden Faktoren wie *Ablenkung* durch irrelevante Informationen innerhalb oder außerhalb des Fahrzeugs, durch *psychomotorische Verlangsamung* und *beeinträchtigte Koordination*, *Unsicherheit* aufgrund Entscheidungsschwierigkeiten, *Defizite in der zeitlich-räumlichen Wahrnehmung* von dynamischen Objekten, *mangelnde Informationssuche*, *Probleme bei der Koordination von Mehrfach Tätigkeiten*, *Vergessen* und *Übersehen* von Verkehrsteilnehmern oder Objekten.

Ältere haben besondere Schwierigkeiten und ein deutlich erhöhtes Unfallrisiko in komplexen dynamischen Situationen, in denen mehrere Verkehrsteilnehmer und Informationsquellen gleichzeitig zu beachten sind. Die meisten Unfälle entstehen beim Abbiegen an Kreuzungen. Für diese Manöver sind eine Reihe von kognitiven Funktionen erforderlich: Die selektive, räumliche Aufmerksamkeit und ihr schneller Wechsel, Arbeitsgedächtnis, Koordination von Mehrfach Tätigkeiten, Integration von zeitlich-räumlichen Reizmustern sowie eine schnelle Entscheidungsfähigkeit, deren Funktionstüchtigkeit im Alter deutlich nachlässt.

Es ist deshalb plausibel anzunehmen, dass insbesondere das PC-gestützte kognitive Training in solchen Situationen die Effizienz und Schnelligkeit der Informationsverarbeitung steigert (Cassavaugh & Kramer, 2009). Durch Beschleunigung der selektiven Aufmerksamkeitsprozesse durch ein PC-Training (Basak et al. 2008; Green & Bavelier, 2003) lässt sich die nachfolgende Kaskade der Informationsverarbeitung verkürzen und die Unsicherheit, also die zeitliche Variabilität der Entscheidungsfindung herabsetzen. Eine zügige Entscheidung und richtige Einschätzung der räumlich-zeitlichen Verhältnisse sind in den meisten Verkehrssituationen kritisch (beim Abbiegen auf eine stark befahrene Straße, Einfädeln auf der Autobahn, Überholmanöver, Fahren durch verengte Fahrstreifen, Baustellen usw.). Durch eine verbesserte Aufmerksamkeitsleistung können Schilder, Ampel, andere Verkehrsteilnehmer, Hindernisse sowie potentielle Gefahren schneller wahrgenommen und effizienter darauf reagiert werden (Klauer et al. 2006). Durch das kognitive Training wird auch die Konzentration also die Daueraufmerksamkeit verbessert. Obwohl phasische Aufmerksamkeitsleistung und Konzentrationskapazität bis zu einem gewissen Grad trainiert werden können, stößt man bei Senioren schnell an strukturelle (physiologische) Grenzen. Hier können nur Entspannung und Erholung eine Leistungsverbesserung bringen.

Das kognitive Training steigert auch die Arbeitsgedächtniskapazität, die erlaubt, mehrere Informationen über aktive Verkehrsteilnehmer (wie z. B. ihre Position) aufrecht zu erhalten. Diese Informationen dienen der Berechnung und damit der Vorhersage der Bewegungsrichtung der Fahrzeuge und Fußgänger. Das Arbeitsgedächtnis ist auch für die laufende Aktualisierung von Verkehrssituation (z. B. Überholvorschrift) notwendig.

Die Steigerung der Fähigkeit zu Koordination von mehreren Tätigkeiten erlaubt schließlich das gleichzeitige Führen eines Fahrzeug und zusätzliche Aktivitäten wie ein Gespräch mit Beifahrern, Hören von Ansagen des Navigationssystems, Suchen eines Straßennamens

usw. Die erhöhte Kapazität der kognitiven Ressourcen durch das Training reduziert die Belastung in komplexen Situationen. Das kognitive Training sollte auch das Unfallrisiko im Zusammenhang mit *Ablenkung* von fahrzeiginternen Faktoren (Radio, Navigationssystem, Mobiltelefone) als auch außerhalb des Fahrzeugs (andere Verkehrsteilnehmer, Lichtwerbung) senken. Die Erhöhung der Kurzzeitgedächtniskapazität erlaubt ein besseres Behalten von aktuell relevanten Verkehrsvorschriften wie Geschwindigkeitsbegrenzungen, Autobahnausfahrten oder Straßennamen. Auch beim Auffahren auf eine Vorfahrtsstraße muss jeweils die Information über den Verkehr von beiden Seiten präsent sein, bevor die Entscheidung zum Losfahren gefällt wird. Die Verbesserung des Langzeitgedächtnisses erlaubt ein besseres Behalten von geänderten Verkehrsvorschriften (Änderung der Vorfahrt auf bekannter Straße) oder Behalten einer Zielroute.

Zusammenfassend kann man schlussfolgern, dass durch kognitives Training das Unfallrisiko maßgeblich durch qualitativ verbesserte Informationsverarbeitung und Verhaltensüberwachung gesenkt werden kann. So kann durch eine erhöhte Aufmerksamkeit eine Gefahrenquelle oder ein Passant effizienter erkannt werden, es werden weniger Verkehrsschilder übersehen und mehr fahrrelevante Informationen detektiert. Die Verkehrsteilnehmer können sich besser auf Veränderungen im Verkehrsfluss einstellen, sie werden weniger ablenkbar und können Mehrfach Tätigkeiten besser bewältigen. Insgesamt führt dies zu einer erheblichen Minderung der Wahrscheinlichkeit, einen Unfall zu verschulden.

Obwohl das körperliche Training weniger konsistente Effekte erbrachte, konnten die Teilnehmer ihre Schnelligkeit in einigen Aufgaben verbessern und waren imstande, Entscheidungssituationen besser zu bewältigen. Entsprechend könnte der Vorteil des körperlichen Fitnesstrainings vor allem in Abbiegesituationen an Kreuzungen relevant werden, da körperliche Fitness die Entscheidungseffizienz in konflikthaften Situationen steigert (z. B. bei Gelbfahren vs. stoppen, vor ankommenden Fahrzeug links abbiegen oder warten). Das körperliche Training verbessert auch die Fähigkeit, zwischen Aufgaben zu wechseln (z. B. zwischen Navigation und Verkehr) und fördert damit die Reorientierung auf die ursprüngliche Tätigkeit. Durch einen effizienteren Wechsel zwischen Aufgaben sollte auch eine gesteigerte Anpassung an wechselnde Fahrsituationen (Autobahn- vs. Stadtverkehr) und wechselnde Anforderungen bei komplexen Manövern (z. B. Rückwärtseinparken in eine Parklücke im fließenden Verkehr) erwartet werden. Auch die Motorik hängt eng mit der Beanspruchung des kognitiven Gesamtsystems älterer Autofahrer zusammen. Je eingeschränkter die kognitiven Netzwerke eines älteren Menschen sind, desto mehr kognitive Ressourcen müssen auch für die Motorik aufgewendet werden.

### **5.2.2 Radfahrer**

Neben den hohen kognitiven Anforderungen, sich im Straßenverkehr zurechtzufinden, die für die Autofahrer beschrieben wurden, ist bei den Radfahrern die Fähigkeit der psychomotorischen Koordination relevant. Durch das Halten des Gleichgewichts werden hohe Anforderungen an die Psychomotorik gestellt. Es werden aber auch zusätzliche kognitive Ressourcen benötigt - insbesondere, wenn das Fahrrad durch zusätzliche Last wie Einkäufe weniger stabil und dadurch schwieriger unter Kontrolle zu halten ist. Das führt dazu, dass zusätzliche Tätigkeiten erheblich erschwert und besonders unfallträchtig sind (z. B. mit einem ausgestreckten Arm die Fahrtrichtungsänderung anzuzeigen oder sich beim Abbiegen umzuschauen). Insofern sollte eine effizientere Koordination von psychomotorischen Mehrfachfähigkeiten das Unfallrisiko reduzieren. Körperliches Training hat einen positiven Einfluss auf die Reaktionsschnelligkeit und Entscheidungsfähigkeit. Das weist darauf hin, dass insbesondere die Psychomotorik und die Muskulatur von der körperlichen Fitness profitieren, was in

Folge auch das Gleichgewicht verbessert. Die Verbesserung von kognitiven Funktionen wie Widerstandsfähigkeit gegen Ablenkung, selektive Aufmerksamkeit und Entscheidungsfähigkeit, die ohnehin in allen Verkehrssituationen relevant sind, ermöglichen eine umfassendere Überwachung des Verkehrs und das schnellere Erkennen potentieller Gefahrensituationen bei Radfahrern.

### 5.2.3 Fußgänger

Wie bereits in der Einleitung beschrieben, passieren die meisten Unfälle unter Beteiligung von Fußgängern beim Überqueren der Straße. Dabei spielen wieder Aufmerksamkeit, Integration der visuellen Informationen und die Entscheidungsfähigkeit eine kritische Rolle. Durch eine schnellere und zuverlässigere Verarbeitung der dynamischen Reize kann die Entscheidung über den Zeitpunkt, wann die Straße überquert werden kann, verkürzt werden. Es kann auch schneller reagiert werden, wenn ein Fahrzeug plötzlich nach rechts abbiegt und auf den Zebrastreifen fährt. Die zweite kritische kognitive Fähigkeit bei Fußgängern ist die Widerstandsfähigkeit gegen Ablenkung. Durch ein Gespräch oder die Suche nach einer Hausnummer können Fahrzeuge übersehen oder überhört werden. Deshalb kann angenommen werden, dass durch eine reduzierte Ablenkbarkeit bei Senioren das Überqueren der Straße sicherer wird. Schließlich spielt das visuelle Kurzzeitgedächtnis eine wichtige Rolle beim Überqueren der Straße. Der Linksverkehr muss zumindest so lange präsent bleiben, bis der Verkehr von rechts überprüft wurde.

## 5.3 Fazit und weiterführende Literatur

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass kognitives sowie körperliches Training vor dem Hintergrund der Ergebnisse der Dortmunder Altersstudie sinnvoll erscheinen. Wie die Ergebnisse zeigen, fördern beide Trainingsarten unterschiedliche kognitive Funktionen. Aus diesem Grund ist eine Kombination von beiden Trainings empfehlenswert. Im Nachfolgenden werden einige Empfehlungen speziell für das kognitive Training gegeben, da es sich als sehr effektives Mittel zur Steigerung der kognitiven Leistungsfähigkeit im Alter herausgestellt und eine konsistente Verbesserung auf breiter Basis bewirkt hat. Dabei ist es aber wichtig, einige grundlegende Prinzipien zu beachten, die im Folgenden erläutert werden. Im Anschluss werden einige empfehlenswerte Internetseiten aufgelistet.

Alle Informationen zum Thema kognitives Training, konkrete Empfehlungen zu Papier- und – Bleistift-Training und PC-gestützten Übungen, sowie eine Reihe von praktischen Tipps für Übungen ohne Hilfsmittel sind ebenfalls ausführlich in der GDV-Informationsbroschüre „**Denksport hilft Unfälle zu verhindern**“ beschrieben. Diese Broschüre ist kostenlos und kann per e-mail ([unfallforschung@gdv.de](mailto:unfallforschung@gdv.de)) oder Fax (030-2020-6883) unter dem Stichwort „Übungsheft“ bestellt werden.

Im anschließenden Kapitel werden einige praktische Empfehlungen für die Durchführung eines kognitiven Trainings und eine Liste relevanter, internetbasierter Übungen zusammengestellt.

---

## 6 Empfehlungen für die Durchführung des kognitiven Trainings

---

Das Trainingsprogramm sollte aus verschiedenen Komponenten bestehen, um möglichst viele unterschiedliche Hirnfunktionen zu aktivieren. Nicht empfehlenswert ist eine einseitige Vorgehensweise, in der spezielle Bereiche „hochtrainiert“ werden, z. B. nur Förderung des logischen Denkens durch Sudoku-Aufgaben. Verschiedene Aufgaben bedeuten wechselnde Anforderungen. Dadurch wird die Flexibilität und Neueinstellung auf veränderte kognitive Anforderungen geübt, wodurch die Effizienz der Informationsverarbeitung gesteigert wird. Darüber hinaus, sollte das Training beim Nichterreichen eines höheren Schwierigkeitsgrades nicht krampfhaft fortgeführt, sondern lieber unterbrochen werden. Dann sollte man sich einer neuen Aufgabe, aus einem anderen Bereich zuwenden und die unterbrochene Aufgabe am folgenden Tag weiterführen.

Bei einem Gruppentraining sollten einige grundlegende Prinzipien beachtet werden (z. B. Stengel & Ladner-Merz, 2008).

- Es sollen Informationen zu den Grundlagen von Kognition erläutert werden.
- Es sollen Verknüpfungen zu alltagsrelevanten Tätigkeiten aufgezeigt werden.
- Das Training soll abwechslungsreich sein.
- Es soll ein großer Wert auf Regelmäßigkeit gelegt werden.
- Es soll keine schulische Situation erzeugt werden.
- Es soll kein offener Wettbewerb zwischen den Teilnehmer herrschen.
- Es sollte mit einfachen Übungen begonnen werden, um Erfolge schneller zu sehen.
- Das Training muss an den / die Teilnehmer und an seine aktuelle Leistung adaptiert werden; es sollte weder eine Überforderung noch eine Unterforderung entstehen. Beide Parameter können sich negativ auf die Motivation auswirken.
- Die Motivation soll durch positive Rückmeldung gefördert werden.
- Der Trainer stellt die Übungen vor, erklärt diese und steht für Fragen zur Verfügung.
- Der Trainer beobachtet den Verlauf des Trainings, um bei Verständnisproblemen unterstützend einzugreifen.
- Der Trainer muss darauf achten, dass die Anweisungen eingehalten werden.

### 6.1 PC-gestützte Trainingsprogramme im Internet

[www.neuronation.de](http://www.neuronation.de) kostenloses Programm mit 18 sehr guten Übungen.

[www.mental-aktiv.de](http://www.mental-aktiv.de) hier können Sie sich anmelden und bekommen kostenlos alle 4 Wochen neue Übungen, diese können auch ausgedruckt werden.

[www.ahano.de](http://www.ahano.de) hier wählen Sie auf der linken Seite der Homepage die Rubrik Gehirnjogging und dann die Kategorie, in der Sie trainieren möchten.

[www.happy-neuron.de](http://www.happy-neuron.de) hier können Sie eine kleine Auswahl von Übungen kostenlos nutzen.

[www.cogpack.de](http://www.cogpack.de) hier können Sie sich kostenlos eine Demoversion herunterladen.

[www.Brainfit.com](http://www.Brainfit.com) hat einige gute Übungen zum Downloaden.

[www.brainist.com](http://www.brainist.com) hat sinnvolle Teilspele, welche kostenlos genutzt werden können.

[www.mentaga.de](http://www.mentaga.de) hier gibt es als Gast eine kostenlose Trainingsmöglichkeit (3 Tage). Nach Ablauf der Zeit wird das Training kostenpflichtig.

[www.pfiffprojekt.de](http://www.pfiffprojekt.de) Die Homepage enthält umfangreiches Material zum Projekt PFIFF (Programm zur Förderung intellektueller Fähigkeiten älterer Beschäftigter). Sie können es kostenlos nutzen. Sie finden alles zu den Themen kognitives Training, Stressbewältigung und Ernährung, für das kognitive Training wählen Sie die Rubrik: Workshop - MAT – Folien, MAT – Übungen oder MAT – ergänzendes Material.

---

## 7 Literatur

---

Anstey, K.J., Wood, J., Lord, S., Walker, J.G., (2005). Cognitive, sensory and physical factors enabling driving safety in older adults. *Clinical Psychology Review*, 25(1), 45–65.

Ball, K., (1997a). Attentional problems and older drivers. *Alzheimer Disease & Associated Disorders*, 11(1), 42–47.

Ball, K., (1997b). Enhancing mobility in the elderly: attentional interventions for driving. In: Dollinger, S.M.C., DiLalla, L.F. (Eds.), *Assessment and Intervention Issues across the Life Span*. 267–292, Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates

Ball, K., Beard, B., Roenker, D., Miller, R., Griggs, D., (1988). Age and visual search: expanding the useful field of view. *Journal of the Optical Society of America*, 5(12), 2210–2219.

Ball, K., Berch, D.B., Helmers, K.F., et al., (2002). Effects of cognitive training interventions with older adults: a randomized controlled trial. *Journal of American Medical Association*, 288, 2271–81.

Barceló, F., Periáñez, J., Knight, R., (2002). Think differently: a brain orienting response to task novelty. *Neuroreport*, 13(15), 1667–1892.

Basak, C., Boot, W.R., Voss, M.W. & Kramer, A.F., (2008). Can Training in a Real-Time Strategy Videogame Attenuate Cognitive Decline in Older Adults? *Psychology & Aging*, 23(4), 765–777.

Basta, N.E., Matthews, F.E., Chatfield, M.D., Brayne, C., (2008). MRC-CFAS. Community-level socio-economic status and cognitive and functional impairment in the older population. *European Journal of Public Health*, 18(1), 48–54.

Becic, E., Boot, W.R. & Kramer, A.F., (2008). Training Older Adults to Search More Effectively: Scanning Strategy and Visual Search in Dynamic Displays. *Psychology & Aging*, 23, 461–466.

Bherer, L., Kramer, A.F., Peterson, J.S., Colcombe, S., Erickson, K. & Becic, E., (2005). Training effects on dual-task performance: Are there age-related differences in plasticity of attentional control? *Psychology and Aging*, 20, 695–709.

Bielak, A.A., Hughes, T.F., Small, B.J., Dixon, R.A., (2007). It's never too late to engage in lifestyle activities: significant concurrent but not change relationships between lifestyle activities and cognitive speed. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological sciences and social sciences*, 62(6), 331–339.

Blockey, P.N., Havley, L.R., 1995. Aberrant driving behaviour: errors and violations. *Ergonomics* 38 (9), 1759–1771.

Borkenau, P. & Ostendorf, F. (1993). *Das NEO-Fünf-Faktoren-Inventar (Neo-FFI)*. Göttingen:Hogrefe.

Brickenkamp, R. (1972). *d2-Aufmerksamkeits-Belastungs-Test*. Göttingen: Hogrefe.

Broadbent, D. E., Cooper, P. F., FitzGerald, P., Parkes, K. R. (1982) The Cognitive Failures Questionnaire (CFQ) and its correlates. *British Journal of Clinical Psychology* 21, 1-16.

Cassavaugh, N. & Kramer, A.F., (2009). Transfer of computer-based cognitive training to simulated driving in older adults. *Applied Ergonomics*, 40, 943–952.

Cepeda, N.J., Kramer, A.F. & Gonzalez de Sather, J.C.M., (2001). Changes in executive control across the lifespan: Examination of task switching performance. *Developmental Psychology*, 37(5), 715–730.

Colcombe, S.J, & Kramer, A.F., (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: A meta-analytic study. *Psychological Science*, 14(2), 125–130.

Colcombe, S.J., Kramer, A.F., Erickson, K.I., Scalf, P., McAuley, E., Cohen, N.J., Webb, A., Jerome, G.J., Marquez, D.X. & Elavsky, S., (2004). Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 101(9), 3316–3321.

Craik, F.I.M. & Salthouse, T.A., (Eds.), (2000). *The Handbook of Aging and Cognition* (2nd ed.). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates

Crowe, M., Andel, R., Pedersen, N.L., Johansson, B., Gatz, M., (2003). Does participation in leisure activities lead to reduced risk of Alzheimer's disease? A prospective study of Swedish twins. *The Journal of Gerontology Series B: Psychological sciences and social sciences*, 58, 249–255.

Deutsch, M. & Gerard, H.B., (1955). A study of normative and informational social influences upon individual judgment. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 51, 629–636.

Eppinger, B., Kray, J., Mecklinger, A., & John, O., (2007). Age differences in task switching and response monitoring: Evidence from ERPs. *Biological Psychology*, 75, 52–67.

Falkenstein, M., Hohnsbein, J., Hoormann, J., (1991). Effects of crossmodal divided attention on late ERP components. II. Error processing in choice reaction tasks. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 78, 447–455.

Falkenstein, M., Hoormann, J., Hohnsbein, J., (1999). ERP components in Go/Nogo tasks and their relation to inhibition. *Acta Psychologica*, 101(2-3), 267–291.

Falkenstein, M., Hoormann, J., Hohnsbein, J., (2002). Inhibition-related ERP components: variation with modality, age, and time-on-task. *Journal of Psychophysiology*, 16(3), 167–175.

Gajewski, P.D., Kleinsorge, T., Falkenstein, M., (2010). Electrophysiological correlates of residual switch costs. *Cortex*, 46 (9), 1138-1148.

Gajewski, P.D., Wild-Wall, N., Schapkin, S.A., Erdmann, U., Freude, U., Falkenstein, M. (2010). Effects of Aging and Job Demands on cognitive flexibility assessed by task switching. *Biological Psychology*, in press.

Gajewski, P.D., Wild-Wall, N., Hoffmann, S., Falkenstein, M., (2009). Ereigniskorrelierte Potenziale: Ansatz, Parametrisierung und Analyseverfahren. *Neuroforum*, 4, 124–129.

Gopher, D., Weil, M., Bareket, T., (1994). Transfer of skill from a computer game trainer to flight. *Human Factors*, 36(3), 387–405.

Green, C.S. & Bavelier, D., (2003). Action video game modifies visual selective attention. *Nature*, 423, 534–537.

Hager, W. (1987). Grundlagen einer Versuchsplanung zur Prüfung empirischer Hypothesen in der Psychologie. In G. Lüer (Hrsg.), *Allgemeine experimentelle Psychologie* (S. 43-264). Stuttgart: G. Fischer.

Hautzinger, M., Bailer, M., Worall, H., & Keller, F. (1995). Beck-Depressions-Inventar (BDI), Testhandbuch, 2. überarbeitete Auflage. Bern: Hans Huber (Bearbeitung der deutschen Ausgabe).

Healy, A.F., Wohldmann, E.L., Sutton, E.M., Bourne, L.E., Jr., (2006). Specificity effects in training and transfer of speeded responses. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 32(3), 534–546.

Heaton, R. K. (2003). *Wisconsin Card Sorting Test Manual: Computer Version 4 (WCST:CV4), Research Edition*. Lutz, FL: Psychological Assessment Resources.

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

Hohnsbein, J., Falkenstein, M. & Hoormann, J., (1998). Performance differences in reaction tasks are reflected in event-related brain potentials (ERPs). *Ergonomics*, 41(5), 622–633.

Hommel, B., Z.H. Li, K., Li, S.C., (2004). Visual Search Across the Life Span. *Developmental Psychology*, 40(4), 545–558.

Jaeggi, S.M., Buschkuhl, M., Jonides, J., Perrig, W.J., (2008). Improving fluid intelligence with training on working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 105(19), 6829–6833.

Kane, M.J., Conway, A.R., Miura, T.K., Colflesh, G.J., (2007). Working memory, attention control, and the N-back task: a question of construct validity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 33(3), 615–622.

Kessler, J., Markowitsch, H. J., Denzler, P. (1990). *Mini-Mental-Status-Test (MMST)*. Deutschsprachige Fassung. Weinheim: Beltz Test GmbH.

Klauer, S.G., Dingus, T.A., Neale, V.L., Sudweeks, J.D., Ramsey, D.J., (2006). The Impact of Driver Inattention on Near-Crash/Crash Risk: An Analysis Using the 100-Car Naturalistic Driving Study. National Highway Traffic Safety Administration, Retrieved May, 21, 2010 from: <http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/NRD/Multimedia/PDFs/Crash%20Avoidance/Driver%20Distraction/810594.pdf>

Klusmann, V., Evers, A., Schwarzer, R., Schlattmann P., Reischies, F.M., Heuser, I. & Di-meo, F.C. (2010). Complex Mental and Physical Activity in Older Women and Cognitive Per-

formance: A 6-month Randomized Controlled Trial. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, 65A(6), 680–688.

Koch, I., (2008). Mechanismen der Interferenz in Doppelaufgaben. *Psychologische Rundschau*, 59 (1), 24–32.

Kok, A., (2000). Age-related changes in involuntary and voluntary attention as reflected in components of the event-related potentials (ERP). *Biological Psychology*, 54(1-3), 107–143.

Kramer, A.F., Humphrey, D.G., Larish, J.F., Logan, G.D. & Strayer, D.L., (1994). Aging and Inhibition: Beyond a Unitary View of Inhibitory Processing in Attention. *Psychology and Aging*, 9(4), 491–512.

Kramer, A.F., Hahn, S., Irwin, D.E. & Theeuwes, J., (2000). Age differences in the control of looking behavior: Do you know where your eyes have been? *Psychological Science*, 11(3), 210–217.

Kramer, A.F., Erickson, K.I., (2007). Capitalizing on cortical plasticity: influence of physical activity on cognition and brain function. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(8), 342–348.

Kramer, A.F., Morrow, D., (In Press). Cognitive training and expertise. In: D. Park & N. Schwarz (Eds.), *Cognitive Aging: A Primer*. Philadelphia, PA: Psychology Press.

Kray, J., Lindenberger, U., (2000). Adult age differences in task switching. *Psychology and Aging* 15(1),126–147.

Kray, J., (2006). Task-set switching under cue-based versus memory-based switching conditions in younger and older adults. *Brain Research*, 1105(1), 83–92.

Lehrl, S. (1995). *Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztest: MWT-B* (3 ed.). Balingen: Perimed-Spitta.

Lilley, J.M., Arie, T., Chilvers, C.E.D. (1995). Accidents involving older people: a review of literature. *Age & Aging*, 24, 346-165.

Lundberg, C., Hakamies-Blomqvist, L., Almkvist, O., Johansson, K. (1998). Impairments of some cognitive functions are common in crash-involved older drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 30 (3), 371-377.

Luria, R., Meiran, N., (2003). Online order control in the psychological refractory period paradigm. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29, 556–574.

Matsumoto, M., Nishimura, T., (1998). Mersenne twister: A 623-dimensionally equidistributed uniform pseudorandom number generator. *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation*, 8(1), 3–30.

Mayr, U., (2001). Age differences in the selection of mental sets: the role of inhibition, stimulus ambiguity, and response-set overlap. *Psychology and Aging*, 16(1), 96–109.

- Meyers J. E., Meyers K. R. (1995). Rey Complex Figure Test and Recognition Trial. Professional Manual. Psychological Assessment Resources, Inc., S. 1-68.
- Milgram, N., Siwak-Tapp, C., Araujo, J., Head, E., (2006). Neuroprotective effects of cognitive enrichment. *Aging Research Reviews*, 5(3), 354–369.
- Missonnier, P., Gold, G., Leonards, U., Costa-Fazio, L., Michael, J.P., Ibáñez, V., Giannakopoulos, P., (2004). Aging and working memory: early deficits in EEG activation of posterior cortical areas. *Journal of neural Transmission*, 111(9), 1141–1154.
- Monsell, S., (2003). Task switching. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(3), 134–140.
- Moscovici, S., Personnaz, B. (1980). Minority influence and conversion behavior in a perceptual task. *Journal of Experimental Social Psychology*, 16(3), 270–282.
- Moscovitch, M., Winocur, G., Craik, F.I.M., Salthouse, T.A., (1992). The neurophysiology of memory and aging. In: Craik, F. I. M. & Salthouse, T.A., (Eds.), *The Handbook of Aging and Cognition* (2nd ed.). 315–372, Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates
- Netz, Y., Wu, M.J., Becker, B.J., Tenenbaum, G., (2005). Physical activity and psychological well-being in advanced age: a meta-analysis of intervention studies. *Psychology and aging*, 20(2), 272– 84.
- Nieuwenhuis, S., Ridderinkhof, K.R., Blom, J., Band, G.P.H., Kok, A., (2001). Error-related potentials are differentially related to awareness of response errors: Evidence from an antisaccade task. *Psychophysiology*, 38, 752–760.
- Oswald, W. D., Fleischmann, U. M. (1986). *Nürnberger-Alters-Inventar NAI. Testkasten und Kurzmanual*. Nürnberg: Universität Erlangen-Nürnberg.
- Owsley, C., Ball, K.K., Sloane, M., Roenker, D.L., Bruni, J. (1991). Visual/cognitive correlates of vehicle accidents in older drivers. *Psychology and Aging*, 6, 403-415.
- Park, D.C., Smith, A.D., Lautenschlager, G., Earles, J.L., Frieske, D., Zwahr, M., Gaines, C.L., (1996). Mediators of long-term memory performance across the life span. *Psychology and Aging*, 11(4), 621–637.
- Parker, D., Reason, J., Manstead, A.S.R., Stradling, S.G., 1995. Driving errors, driving violation and accident involvement. *Ergonomics* 38 (5), 1036–1048.
- Pashler, H., (1994). Dual-task interference in simple tasks: Data and theory. *Psychological Bulletin*, 116(2), 220–244.
- Potts, G.F., (2004). An ERP index of task relevance evaluation of visual stimuli. *Brain and Cognition*, 56(1), 5–13.
- Redelmeier, D.A., Tibshirani, R.J., (1997). Association between cellular-telephone calls and motor vehicle collisions. *The New England Journal of Medicine*, 336(7), 453–458.

Reuter-Lorenz, P.A., Sylvester, C.C., (2005). The cognitive neuroscience of working memory and aging. In: Cabeza, R., Nyberg, L. & Park, D., (Eds). *Cognitive neuroscience of aging: linking cognitive and cerebral aging*. 186–217, New York, Oxford University Press.

Rogers, R.D., Monsell, S., (1995). The costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124, 207–231.

Rupprecht, R. (2006). Stürze im Alter - Ergebnisse einer Repräsentativerhebung im Großraum Nürnberg-Fürth-Erlangen (Teil I): Prävalenz und Sturzfolgen. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 39 (Suppl. 1), S. 1/28.

Ryan, G.A., Legge, M., Rosman, L., 1998. Age related changes in drivers' crash risk and crash type. *Accident Analysis and Prevention* 30 (3), 379–387.

Salthouse, T.A. (1996). The processing speed theory of cognitive aging. *Psychological Review*, 103, 403–428.

Salthouse, T.A. (2000). Aging and measures of processing speed. *Biological Psychology*, 54, 35-54.

Salthouse, T., (2006). Mental exercise and mental aging: Evaluating the validity of the "use it or lose it" hypothesis. *Perspectives on Psychological Science*, 1(1), 68–87.

Schaie, K.W., (1996). *Intellectual development in adulthood: The Seattle longitudinal study*. New York: Cambridge University Press.

Schlag, B., Megel, K., (2002): *Mobilität und gesellschaftliche Partizipation im Alter*. Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend-Schriftenreihe, Band 230. Stuttgart: W. Kohlhammer Verlag.

Schröger, E. (2007). Mismatch negativity: A microphone into auditory memory. *Journal of Psychophysiology*, 21(3-4), 138–146.

Schröger, E., Bendixen, A., Trujillo-Barreto, N.J., Roeber, U., (2007). Processing of abstract rule violations in audition. *PLoS ONE* 2(11).

Smeeton, N.J., Williams, M.A., Hodges, N.J., Ward, P., (2005). The relative effectiveness of various instructional approaches in developing anticipation skill. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 11(2), 98–110.

Stamatiadis, N., Deacon, J.H., 1995. Trends in highway safety: effects of an aging population on accident propensity. *Accident Analysis and Prevention* 33 (4), 443–459.

Stengel, F., Ladner-Merz, S., (2008). *Merken-Denken-Erinnern 1: Kognitives Training nach der Stengel-Methode*. Memo-Verlag.

Strayer, D.L., Johnston, W.A., (2001). Driven to distraction: Dual-task studies of simulated driving and conversing on a cellular phone. *Psychological Science*, 12(6), 462–466.

Stutts, J.C., Stewart, J.R., Martell, C. (1998). Cognitive test performance and crash risk in older driver population. *Accident Analysis & Prevention*, 30, (3), 337-346.

Stroop, J.R., (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643–662.

Tewes, U., (1991). HAWIE-R. Hamburg-Wechsler Intelligenztest für Erwachsene, Revision 1991. Bern: Huber

Treisman, A.M., Gelade, G., (1980). A feature integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.

Tromp, A.M., Smit, J.H., Deeg, D.J., Bouter, L.M., Lips, P., (1998). Predictors for falls and fractures in the Longitudinal Aging Study Amsterdam. *Journal of Bone and Mineral Research* 13, 1932-1939.

Unfalltypen-Katalog, GDV, 1998

Verhaegen, P., Basak, C., (2005). Ageing and switching of the focus of attention in working memory: Results from a modified N-Back task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 58A(1), 134–154.

Walter, W.G., Cooper, R., Aldridge, V.J., McCallum, W.C., Winter, A.L., (1964). Contingent negative variation: an electric sign of sensorimotor association and expectancy in the human brain. *Nature*, 203, 380–384.

Wilkniss, S.M., Jones, M.G., Korol, D.L., Manning, C.A., (1997). Age-related differences in an ecologically-based study of route learning. *Psychology and aging*, 12(2), 372–375.

Zehnder, F., Martin, M., Altgassen, M., Clare, L., (2009). Memory training effects in old age as markers of plasticity: A meta-analysis. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 27(5), 507–520.

Zelazo, P.D., Craik, F. I. M. & Booth, L., (2004). Executive function across the life span. *Acta Psychologica*, 115(2-3), 167–183.

Zwischenbericht zur Studie „Förderung der Hirnleistungsfähigkeit durch Training bei Älteren“, GDV, Februar 2009.

## 8 Anhang

Tabelle 7: Ergebnisse der Fragebogenuntersuchung zu Essgewohnheiten und Ausmaß an sozialen Kontakten.

	Gesamt (n = 142)	körperliches Training (n = 35)	kognitives Training (n = 32)	Entspannung (N = 35)	Kontrolle (n = 40)
<b>Obst</b>					
täglich	66,2%	45,7%	78,1%	60,0%	80,0%
mehrmals pro Woche	22,5%	37,1%	6,3%	25,7%	20,0%
kaum	11,3%	17,1%	15,6%	14,3%	0,0%
<b>Gemüse</b>					
täglich	54,9%	42,9%	62,5%	51,4%	62,5%
mehrmals pro Woche	37,3%	45,7%	31,3%	42,9%	30,0%
kaum	7,7%	17,1%	6,3%	5,7%	7,5%
<b>Vollkornprodukte</b>					
täglich	54,2%	54,3%	50,0%	45,7%	65,0%
mehrmals pro Woche	35,2%	31,4%	28,1%	48,6%	32,5%
kaum	10,6%	14,3%	21,9%	5,7%	2,5%
<b>Bioprodukte</b>					
täglich	10,6%	11,4%	6,3%	11,4%	12,5%
mehrmals pro Woche	27,5%	20,0%	31,3%	25,7%	32,5%
kaum	62,0%	68,6%	62,5%	62,9%	55,0%
<b>Fisch</b>					
täglich	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	2,5%
mehrmals pro Woche	65,5%	74,3%	50,0%	71,4%	65,0%
kaum	33,8%	25,7%	50,0%	28,6%	32,5%
<b>Fast Food</b>					
täglich	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
mehrmals pro Woche	4,2%	2,9%	3,1%	5,7%	5,0%
kaum	95,8%	97,1%	96,9%	94,3%	95,0%
<b>Kochen</b>					
täglich	43,7%	40,0%	37,4%	51,4%	45,0%
mehrmals pro Woche	38,7%	45,7%	43,8%	28,6%	37,5%
kaum	17,6%	14,3%	18,8%	20,0%	17,5%
<b>Rauchen</b>					
ja	10,6%	5,7%	6,3%	22,9%	7,5%
nein	89,4%	94,3%	93,8%	77,1%	92,5%
<b>Schlaf</b>					
eher gut	72,5%	62,9%	68,8%	74,3%	84,6%
eher schlecht	27,5%	37,1%	31,3%	25,7%	15,4%
<b>Freunde treffen</b>					
höchstens 1x/Woche	46,5%	42,9%	50,0%	64,7%	30,0%
mehrmals pro Woche	53,5%	57,1%	50,0%	35,3%	70,0%
<b>Fremdsprache anwenden</b>					
oft	6,3%	8,6%	6,3%	2,9%	7,5%
manchmal	48,6%	40,0%	46,9%	45,7%	60,0%
nie	45,1%	51,4%	46,9%	51,4%	32,5%
<b>Mitglied im Verein</b>					
ja	50,7%	51,4%	53,1%	37,1%	65,0%
nein	49,3%	48,6%	46,9%	62,9%	35,0%

**Tabelle 8: Ergebnisse des Fragebogens zu Probandenrückmeldung hinsichtlich des Trainings und Fehlzeiten.**

<b>Fragen 1 bis 7:</b> (Bewertung: 0 - gar nicht bis 5 - sehr viel)	<b>Gesamt</b>	<b>körperliches Training</b>	<b>Gehirnjogging</b>	<b>Entspannung</b>
1. Hat Ihnen das Training subjektiv etwas gebracht?	4,0	4,4	3,9	3,7
2. Fühlen Sie sich körperlich fitter als vor dem Training?	3,3	3,9	2,5	3,2
3. Achten Sie nun mehr auf Ihre Gesundheit?	3,5	3,8	3,0	3,3
4. Essen Sie mehr Obst, Gemüse oder Fisch als vorher?	2,8	3,3	2,2	2,7
5. Fühlen Sie sich geistig fitter als vor dem Training?	3,1	3,3	3,4	2,8
6. Hat sich in ihrem sozialen Umfeld etwas durch das Training verändert?	2,2	2,5	2,2	2,0
7. Haben Sie neben dem Training noch zusätzlich trainiert?	2,3	2,0	2,7	2,4
<b>Fragen 8 bis 11:</b> (Angaben in %)				
8. Beabsichtigen Sie, das Training fortzusetzen?				
ja	54,9	76,5	56,0	47,1
nein	27,5	17,6	40,0	35,3
vielleicht	8,8	5,9	4,0	17,6
9. War es anstrengend für Sie, das Training zu absolvieren?				
ja	35,4	58,8	48,0	32,4
nein	46,2	26,5	32,0	47,1
mäßig	18,3	14,7	20,0	20,6
10. Haben Sie gerne an dem Training teilgenommen?				
ja	92,5	97,1	92,0	88,2
nein	7,5	2,9	8,0	11,8
weder noch	0,0	0,0	0,0	0,0
11. Waren Sie mit der Betreuung zufrieden?				
ja	96,8	97,1	92,0	100,0
nein	3,2	2,9	8,0	0,0
mäßig	0,0	0,0	0,0	0,0
12. Wie häufig haben Sie gefehlt? Durchschnittswert	2,0	1,7	2,0	2,3

## 8.1 Liste in der Dortmunder Altersstudie eingesetzter Übungen

### **Fresh Minder**

Ballonjagd  
Der schnelle Klick  
Gesichter merken  
Melodie  
Wortpaare  
Würfel  
Kopfrechnen  
Pfadfinder

### **AHANO ([www.ahano.de](http://www.ahano.de))**

Kognitive Flexibilität  
Kurzzeitgedächtnis  
Kopfrechnenlogik  
Räumliches Gedächtnis/Denken

### **MENTAGA ([www.mentaga.de](http://www.mentaga.de))**

Bildliches Denken  
Belastbarkeit  
Konzentrationsfähigkeit  
Mustervergleich  
Personengeld  
Sehgenauigkeit  
Reaktionsfähigkeit  
Zahlengedächtnis

### **Maktiv: mental-Aktiv**

Bilder merken  
Konzentration



**Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V.**

Wilhelmstraße 43 / 43 G, 10117 Berlin  
Postfach 08 02 64, 1002 Berlin

Tel. 030 / 20 20 -50 00, Fax 030 / 20 20 - 60 00  
[www.gdv.de](http://www.gdv.de), [www.udv.de](http://www.udv.de)