

**Transfer von kognitivem Training
in den Alltag bei älteren Erwachsenen**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Philosophie

genehmigt durch die

Fakultät für Humanwissenschaften

der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

von Dipl.-Psych. Stefanie Lange

geb. am 12.03.1986 in Finsterwalde

Gutachter: Prof. Dr. Heinz-Martin Süß

Gutachter: Prof. Dr. Torsten Schubert

Eingereicht am: 24.04.2013

Verteidigung der Dissertation am: 06.12.2013

Danksagung

Mein Dank gilt meinem Doktorvater Prof. Dr. Heinz-Martin Süß, der mich in allen Phasen der Dissertation gefördert und gefordert hat, meiner Freundin und Kollegin Dipl.-Psych. Melanie Baumgarten für ihre unglaubliche Unterstützung, meinen zwei Softwarehelden M.Sc.-Psych. Jan Krämer und Manuel Bostanci, Prof. Dr. Florian Schmiedek für wertvolle Planungshinweise, meinem Organisationsgenie Birgit Müller und meinen drei Korrekturlesern Schwesterherz bzw. Dipl. geogr. Christin Zingelmann, liebster Mutti bzw. Dipl. päd. Gabriele Lange sowie Dr. phil. Klaus Zingelmann. Ich danke außerdem meiner Oma Hilde für die wegweisenden Einblicke in die Zielgruppe, meinem Papa für erste Testläufe der Computer-Aufgaben und meinem David für den bedingungslosen und immerwährenden Rückhalt.

Diese Arbeit wäre natürlich nicht ohne Teilnehmer möglich gewesen, weshalb ich auch allen meinen Senioren danken möchte und vor allem den Personen, die mir bei der Rekrutierung sehr geholfen haben: Elisa Sowieja von der Volksstimme, Dipl. oec. Olaf Freymark und Prof. Dr. Wolfgang Lehmann vom Seniorenstudium sowie M.A. Schirin Alraggo vom Seniorentanzsport. Dem Gerberstadt-Gymnasium Doberlug-Kirchhain, der Grundschule und dem Mehrgenerationenhaus Rückersdorf, der Sportgruppe um Frau Terne sowie dem Wochenkurier Finterwalde verdanke ich zudem die Teilnehmer und Räumlichkeiten für die Vorstudie.

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	1
2	Thematische Einführung	5
3	Kognitives Altern	7
3.1	Ursachen der altersbedingten Defizite	8
3.2	Relevanz kognitiver Fähigkeiten im Alter	10
3.3	Plastizität im Alter	11
4	Arbeitsgedächtnis	13
4.1	Modellvorstellungen	13
4.2	Exekutive Bestandteile	16
4.3	Indikatoren des Arbeitsgedächtnisses	18
4.4	Verknüpfung mit anderen Konstrukten	24
4.5	Neuronale Grundlagen des Arbeitsgedächtnisses	29
5	Kognitives Training	31
5.1	Transferweite	31
5.2	Übersicht über die Trainingsliteratur	33
5.2.1	Training der Arbeitsgedächtniskapazität	33
5.2.2	Training der Exekutivfunktionen	41
5.3	Methodische Schwächen vieler Trainingsstudien	44
5.3.1	Kritik an erfolgreichem Training	44
5.3.2	Kritik an erfolglosem Training	46
5.4	Schlussfolgerung zum Training	49
6	Kognitive Fehlleistungen	50
6.1	Definition und Klassifikationen	50
6.2	Ursachen	51
6.3	Mindwandering	54
6.4	Messung von Fehlleistungen	56
6.4.1	Cognitive Failures Questionnaire	56
6.4.2	Subjektive Verfahren	59
6.4.3	Objektive Verfahren	62
7	Ambulatory Assessment	64
7.1	Tagebuchstudien	65
7.2	Compliance und Reaktivität	66
7.3	Designs	68
7.4	Anwendungsgebiete	70
8	Fragestellung und Hypothesen	72

9 Methode	75
9.1 Stichprobe	75
9.2 Material.....	77
9.2.1 Software.....	77
9.2.2 Testbatterie	78
9.2.3 Training	85
9.2.4 Scoring.....	86
9.3 Alltagskriterium	88
9.3.1 Entwicklung des neuen Instruments.....	88
9.3.2 Technische Umsetzung.....	90
9.4 Fragebögen.....	92
9.5 Voruntersuchung.....	92
9.6 Versuchsplan und Durchführung.....	93
10 Ergebnisse	95
10.1 Deskriptive Statistiken	95
10.1.1 Kurzzeitgedächtnis.....	96
10.1.2 Arbeitsgedächtnis.....	96
10.1.3 Verarbeitungskapazität und Bearbeitungsgeschwindigkeit.....	98
10.1.4 Switching-Aufgaben	98
10.1.5 BFI-K und Abschlussfragen	103
10.2 Auswertung des eKFA.....	103
10.2.1 Itemanalyse.....	103
10.2.2 Faktorenanalyse	105
10.2.3 Compliance.....	107
10.2.4 Hypothesen 1 bis 3 – Gegenüberstellung von eKFA und CFQ.....	107
10.2.5 eKFA-Kurzversion.....	110
10.2.6 Trennung nach Altersgruppen	111
10.2.7 Papier-Bleistift KFA	112
10.3 Auswertung des Trainings	113
10.3.1 Trainingserfolg.....	113
10.3.2 Hypothese 4 – Trainingseffekt.....	116
10.3.3 Hypothese 5 – Naher Transfer	119
10.3.4 Hypothese 6 – Transfer zu Kurzzeitgedächtnis	122
10.3.5 Hypothese 7 – Transfer zu Bearbeitungsgeschwindigkeit	124
10.3.6 Hypothese 8 – Transfer zu Reasoning.....	125
10.3.7 Hypothese 9 – Transfer zu Alltagsfehlern.....	126
10.4 Korrelative Analysen.....	128
10.4.1 Zusammenhangsbefunde	128

10.4.2	Speed-Hypothese	129
10.4.3	Vorhersage von Reasoning	131
10.4.4	Operationsfaktoren.....	131
10.4.5	Inhaltsfaktoren	132
10.5	Zusammenfassung der Ergebnisse	133
11	Diskussion	135
11.1	Messung kognitiver Fehlleistungen	135
11.1.1	Item- und Antwortqualität	135
11.1.2	Konstruktvalidität des eKFA	138
11.1.3	Modifizierung	143
11.1.4	Vorhersagbarkeit von Fehlern	145
11.1.5	Ambulante Methodik.....	146
11.2	Wirksamkeit kognitiven Trainings.....	149
11.2.1	Effekte	149
11.2.2	Mögliche Ursachen des Misserfolgs	155
11.2.3	Operationalisierung der Konstrukte	160
11.2.4	Besonderheit der älteren Population	165
11.2.5	Fazit zum Training	166
11.3	Spezifik des Arbeitsgedächtnisses.....	168
11.3.1	Bestandteile und Verknüpfungen.....	168
11.3.2	Trainierbarkeit des logischen Denkens	171
12	Ausblick	173
13	Literaturverzeichnis	176
14	Anhang.....	200
	Anhang A.....	200
	Anhang B – Deskriptive Statistik.....	204
	Anhang C – Faktorenbildung I.....	209
	Anhang D – Korrelationen	212
	Anhang E – Instruktionen	216
	Anhang F – BIS Instruktionen und Aufgaben.....	235
	Anhang G – Eingesetzte Fragebögen.....	248
	Anhang H – Werbung und Rückmeldung.....	256
	Anhang I – Itemkennwerte.....	263
	Anhang J – Faktorenbildung II	280
	Anhang K – Homogenitätstests.....	286

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Komplexe Spannenaufgaben und ihre Bestandteile	20
Tabelle 2:	Gegenüberstellung der Gruppenmerkmale	77
Tabelle 3:	Scoringmethoden im Vergleich.....	88
Tabelle 4:	Items des KFA	89
Tabelle 5:	Versuchsplan.....	93
Tabelle 6:	Anzahl der Teilnehmer mit geringen Lösungswahrscheinlichkeiten in komplexen Spannenaufgaben	97
Tabelle 7:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Reaktionszeiten und Genauigkeiten der Elemente der Multiple Switching Task.....	100
Tabelle 8:	Deskriptive Statistik der eKFA-Items im Prätest	104
Tabelle 9:	Zentrale Tendenz und Streuung von eKFA und CFQ	108
Tabelle 10:	Korrelation von eKFA und CFQ mit den kognitiven Variablen in Prätest und Posttest	109
Tabelle 11:	Iteminterkorrelation des eKFA-kurz in Prätest und Posttest.....	110
Tabelle 12:	Zusammenhänge des eKFA-kurz mit den kognitiven Variablen	111
Tabelle 13:	Kennwerte der Trainingsaufgaben	114
Tabelle 14:	Zusammenhang zwischen Arbeitsgedächtniskapazität und Trainingserfolg.....	116
Tabelle 15:	ANOVA des Trainingseffekts für die Arbeitsgedächtniskapazität	117
Tabelle 16:	ANOVA des Trainingseffekts für die Multiple Switching Task	118
Tabelle 17:	ANOVA des Transfereffekts für die Arbeitsgedächtniskapazität.....	119
Tabelle 18:	ANOVA des Transfereffekts für die Switching-Fähigkeit (Switch-Kosten)	120
Tabelle 19:	ANOVA des Transfereffekts für die Switching-Fähigkeit (Switching-Verhältnis)	122
Tabelle 20:	ANOVA Kurzzeitgedächtnis.....	123
Tabelle 21:	ANOVA Bearbeitungsgeschwindigkeit	124
Tabelle 22:	ANOVA Verarbeitungskapazität	125
Tabelle 23:	ANOVA eKFA	126
Tabelle 24:	ANOVA CFQ	127
Tabelle 25:	Zusammenhänge der Konstrukte in Prätest und Posttest	128
Tabelle 26:	Unterschiedstests für unabhängige Stichproben für das Geschlecht.....	129
Tabelle 27:	Regression von Arbeitsgedächtniskapazität auf Alter, Bearbeitungsgeschwindigkeit und einfache Reaktionszeit	130
Tabelle 28:	Regression von Switching-Verhältnis mixed auf Alter, Bearbeitungsgeschwindigkeit und einfache Reaktionszeit	130
Tabelle 29:	Korrelation des verbal-numerischen und figuralen Faktors mit den kognitiven Fähigkeiten	132
Tabelle 30:	Zusammenhang von Fehlleistungen und Neurotizismus in den verschiedenen Altersgruppen.....	133

Tabelle I1: Deskriptive Statistik der Rohwerte von Kurzzeitgedächtnis und Arbeitsgedächtnis im Prätest	263
Tabelle I2: Deskriptive Statistik von Kurzzeitgedächtnis und Arbeitsgedächtnis ohne Ausreißer im Prätest	263
Tabelle I3: Deskriptive Statistik der Sekundäraufgaben im Prätest ($N = 91$)	263
Tabelle I4: Deskriptive Statistik im Verlauf der Trimmung von Reaktionszeiten in den Aufgaben SRT, Switching verbal, numerisch und figural für einzelne und gemischte Blöcke im Prätest	264
Tabelle I5: Deskriptive Statistik der Genauigkeit in den Switching-Aufgaben für einzelne und gemischte Blöcke im Prätest.....	264
Tabelle I6: Deskriptive Statistik der Multiple Switching Task-Reaktionszeiten für alle Trimmungsschritte in einzelnen und gemischten Blöcken im Prätest	264
Tabelle I7: Deskriptive Statistik der Multiple Switching Task - Reaktionszeiten für die einzelnen Elemente im Prätest.....	265
Tabelle I8: Deskriptive Statistik der Multiple Switching Task - Genauigkeiten für die einzelnen Elemente im Prätes	265
Tabelle I9: Deskriptive Statistik des Switching-Verhältnisses aller Switching-Aufgaben im Prätest.....	265
Tabelle I10: Deskriptive Statistik der Switch-Kosten aller Switching-Aufgaben im Prätest.....	265
Tabelle I11: Deskriptive Statistik der eKFA-Items im Prätest (Rohwerte).....	266
Tabelle I12: Deskriptive Statistik des CFQ im Prätest	266
Tabelle I13: Deskriptive Statistik des CFQ bei Steglich (2012)	266
Tabelle I14: Deskriptive Statistik der Rohwerte von Kurzzeitgedächtnis und Arbeitsgedächtnis (EG, post)	267
Tabelle I15: Deskriptive Statistik ohne Ausreißer von Kurzzeitgedächtnis und Arbeitsgedächtnis (EG, post)	267
Tabelle I16: Deskriptive Statistik der Sekundäraufgaben (EG, post).....	267
Tabelle I17: Deskriptive Statistik der Rohwerte von Kurzzeitgedächtnis und Arbeitsgedächtnis (aKG, post)	268
Tabelle I18: Deskriptive Statistik ohne Ausreißer von Kurzzeitgedächtnis und Arbeitsgedächtnis (aKG, post)	268
Tabelle I19: Deskriptive Statistik der Sekundäraufgaben (aKG, post)	268
Tabelle I20: Deskriptive Statistik der Rohwerte von Kurzzeitgedächtnis und Arbeitsgedächtnis (pKG, post)	269
Tabelle I21: Deskriptive Statistik ohne Ausreißer von Kurzzeitgedächtnis und Arbeitsgedächtnis (pKG, post)	269
Tabelle I22: Deskriptive Statistik der Sekundäraufgaben (pKG, post)	269
Tabelle I23: Deskriptive Statistik im Verlauf der Trimmung von Reaktionszeiten in den Aufgaben SRT, Switching verbal, numerisch und figural für einzelne und gemischte Blöcke (EG, post)	270
Tabelle I24: Deskriptive Statistik der Genauigkeit in den Switching-Aufgaben für einzelne und gemischte Blöcke (EG, post)	270
Tabelle I25: Deskriptive Statistik der Multiple Switching Task - Reaktionszeiten für alle Trimmungsschritte in einzelnen und gemischten Blöcken (EG, post)	270

Tabelle I26: Deskriptive Statistik der Reaktionszeiten für die einzelnen Elemente der Multiple Switching Task (EG, post).....	271
Tabelle I27: Deskriptive Statistik der Genauigkeit für alle Elemente der Multiple Switching Task (EG, post)	271
Tabelle I28: Deskriptive Statistik des Switching-Verhältnisses aller Switching-Aufgaben (EG, post) ...	271
Tabelle I29: Deskriptive Statistik der Switching-Kosten aller Switching-Aufgaben (EG, post)	271
Tabelle I30: Deskriptive Statistik im Verlauf der Trimmung von Reaktionszeiten in den Aufgaben SRT, Switching verbal, numerisch und figural für einzelne und gemischte Blöcke (aKG, post)	272
Tabelle I31: Deskriptive Statistik der Genauigkeit in den Switching-Aufgaben für einzelne und gemischte Blöcke (aKG, post).....	272
Tabelle I32: Deskriptive Statistik der Multiple Switching Task -Reaktionszeiten für alle Trimmungsschritte in einzelnen und gemischten Blöcken (aKG, post)	272
Tabelle I33: Deskriptive Statistik der Reaktionszeiten für die einzelnen Elemente der Multiple Switching Task (aKG, post).....	273
Tabelle I34: Deskriptive Statistik der Genauigkeit für alle Elemente der Multiple Switching Task (aKG, post)	273
Tabelle I35: Deskriptive Statistik des Switching-Verhältnisses aller Switching-Aufgaben (aKG; post)	273
Tabelle I36: Deskriptive Statistik der Switching-Kosten aller Switching-Aufgaben (aKG, post).....	273
Tabelle I37: Deskriptive Statistik im Verlauf der Trimmung von Reaktionszeiten in den Aufgaben SRT, Switching verbal, numerisch und figural für einzelne und gemischte Blöcke (pKG, post)	274
Tabelle I38: Deskriptive Statistik der Genauigkeit in den Switching-Aufgaben für einzelne und gemischte Blöcke (pKG, post)	274
Tabelle I39: Deskriptive Statistik der Multiple Switching Task - Reaktionszeiten für alle Trimmungsschritte in einzelnen und gemischten Blöcken (pKG, post)	274
Tabelle I40: Deskriptive Statistik der Reaktionszeiten für die einzelnen Elemente der Multiple Switching Task (pKG, post)	275
Tabelle I41: Deskriptive Statistik der Genauigkeit für alle Elemente der Multiple Switching Task (pKG, post)	275
Tabelle I42: Deskriptive Statistik des Switching-Verhältnisses aller Switching-Aufgaben (pKG, post)	275
Tabelle I43: Deskriptive Statistik der Switching-Kosten aller Switching-Aufgaben (pKG, post).....	275
Tabelle I44: Mittlere Anzahl ersetzter Werte in den Switching-Aufgaben (Gesamtanzahl in Klammern)	275
Tabelle I45: Deskriptive Statistik der eKFA-Items der gesamten Stichprobe (Rohwerte) im Posttest...	276
Tabelle I46: Deskriptive Statistik der Rohwerte der eKFA-Items (EG, post)	276
Tabelle I47: Deskriptive Statistik der eKFA-Items ohne Ausreißer (EG, post).....	277
Tabelle I48: Deskriptive Statistik der (Rohwerte) der eKFA-Items (aKG, post).....	277
Tabelle I49: Deskriptive Statistik der eKFA-Items ohne Ausreißer (aKG, post).....	278
Tabelle I50: Deskriptive Statistik der Rohwerte der eKFA-Items (pKG, post).....	278
Tabelle I51: Deskriptive Statistik der eKFA-Items ohne Ausreißer (pKG, post).....	279
Tabelle I52: Deskriptive Statistik des CFQ im Posttest	279
Tabelle J1: Interkorrelation der Aufgaben zum Kurzzeitgedächtnis in Prätest und Posttest.....	280
Tabelle J2: Übersicht zur Faktorbildung beim Kurzzeitgedächtnis	280
Tabelle J3: Interkorrelation der Trainingsaufgaben in Prätest und Posttest	280
Tabelle J4: Übersicht zur Faktorbildung der Trainingsaufgaben	280
Tabelle J5: Interkorrelation der Arbeitsgedächtnis-Transfersaufgaben in Prätest und Posttest	280

Tabelle J6: Übersicht zur Faktorbildung der untrainierten Trainingsaufgaben	280
Tabelle J7: Korrelationen der Aufgaben zum Arbeitsgedächtnis in Prätest und Posttest	281
Tabelle J8: Übersicht zur Faktorbildung der Arbeitsgedächtnisaufgaben.....	281
Tabelle J9: Interkorrelation der Switching-Transferaufgaben Reaktionszeit in Prätest und Posttest – mixed	281
Tabelle J10: Übersicht zur Faktorbildung der Reaktionszeit der untrainierten Switching-Aufgaben - mixed	281
Tabelle J11: Faktorladungen der untrainierten Switching-Aufgaben (Reaktionszeit) in Prätest und Posttest - mixed	281
Tabelle J12: Interkorrelation aller Switching-Aufgaben Reaktionszeit in Prätest und Posttest - mixed	282
Tabelle J13: Übersicht zur Faktorbildung der Reaktionszeit aller Switching-Aufgaben - mixed.....	282
Tabelle J14: Interkorrelation der Switching-Transferaufgaben Reaktionszeit in Prätest und Posttest - single.....	282
Tabelle J15: Übersicht zur Faktorbildung der Reaktionszeit der untrainierten Switching-Aufgaben -single	282
Tabelle J16: Faktorladungen der untrainierten Switching-Aufgaben (Reaktionszeit) in Prätest und Posttest - single.....	282
Tabelle J17: Interkorrelation aller Switching-Aufgaben Reaktionszeit in Prätest und Posttest - single	282
Tabelle J18: Übersicht zur Faktorbildung der Reaktionszeit aller Switching-Aufgaben - single	283
Tabelle J19: Interkorrelation der Switching-Transfersaufgaben Genauigkeit in Prätest und Posttest - mixed	283
Tabelle J20: Übersicht zur Faktorbildung der Genauigkeit der untrainierten Switching-Aufgaben - mixed	283
Tabelle J21: Faktorladungen der untrainierten Switching-Aufgaben (Genauigkeit) in Prätest und Posttest - mixed	283
Tabelle J22: Interkorrelation aller Switching-Aufgaben Genauigkeit in Prätest und Posttest - mixed...	283
Tabelle J23: Übersicht zur Faktorbildung der Genauigkeit aller Switching-Aufgaben - mixed	283
Tabelle J24: Interkorrelation der Switching-Transfersaufgaben Genauigkeit in Prätest und Posttest - single.....	284
Tabelle J25: Übersicht zur Faktorbildung der Genauigkeit der untrainierten Switching-Aufgaben - single.....	284
Tabelle J26: Faktorladungen der untrainierten Switching-Aufgaben (Genauigkeit) in Prätest und Posttest - single.....	284
Tabelle J27: Interkorrelation aller Switching-Aufgaben Genauigkeit in Prätest und Posttest - single	284
Tabelle J28: Übersicht zur Faktorbildung der Genauigkeit aller Switching-Aufgaben - single	284
Tabelle J29: Interkorrelation (Rangkorrelation) der Aufgaben zur Verarbeitungskapazität in Prätest und Posttest	284
Tabelle J30: Interkorrelation (Rangkorrelation) der Aufgaben zur Bearbeitungsgeschwindigkeit in Prätest und Posttest	285
Tabelle K1: Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen	286

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Kognitionen über die Lebensspanne	6
Abbildung 2:	Testing the limits	11
Abbildung 3:	Multikomponentenmodell	14
Abbildung 4:	Verteilung des Alters	75
Abbildung 5:	Verteilung der Bildungsjahre	76
Abbildung 6:	Symbole für die Navigation während der Testung	78
Abbildung 7:	Beispiele für vertikal und horizontal symmetrische und asymmetrische Muster der Dot Span	79
Abbildung 8:	Beispiel für die Aufgabe Memory Updating numerisch mit vier aktiven Zellen.	79
Abbildung 9:	Beispiel für die Aufgabe Running Memory Span figural	80
Abbildung 10:	Beispiele für die Multiple Switching Task mit Aufgabenzeiger, Stoppuhr und Rückmeldung	82
Abbildung 11:	Darstellung des eKFA	91
Abbildung 12:	Reaktionszeiten aller Gruppen für verschiedene kognitive Prozesse im Prätest	99
Abbildung 13:	Reaktionszeit und Genauigkeit der Multiple Switching Task	101
Abbildung 14:	Histogramm der Rohwerte des Switching-Verhältnisses in gemischten und Einzelblöcken im Prätest	102
Abbildung 15:	Histogramme des eKFA-Gesamtwerts in Prätest und Posttest	105
Abbildung 16:	Parallelanalyse der eKFA-Items in Prätest und Posttest	106
Abbildung 17:	Histogramm der Compliance in Prätest und Posttest	107
Abbildung 18:	Verteilung der Papier-Bleistift-Version des KFA (pKFA)	112
Abbildung 19:	Verläufe der Aufgaben Memory Updating numerisch und Dot Span über die 12 Trainingsitzungen	113
Abbildung 20:	Verläufe der Aufgaben Running Memory Span figural und Operation Span über die 12 Trainingsitzungen	114
Abbildung 21:	Verlauf der Multiple Switching Task über die 12 Trainingsitzungen	115
Abbildung 22:	Interaktionsdiagramm Trainingseffekt	117
Abbildung 23:	Interaktionsdiagramme der Reaktionszeitkosten und Genauigkeitskosten der Multiple Switching Task	118
Abbildung 24:	Interaktionsdiagramme des Switching-Verhältnisses in gemischten und Einzelblöcken der Multiple Switching Task	119
Abbildung 25:	Interaktionsdiagramm Transfereffekt Arbeitsgedächtniskapazität	120
Abbildung 26:	Interaktionsdiagramme der Reaktionszeitkosten und Genauigkeitskosten bei untrainierten Switching-Aufgaben	121
Abbildung 27:	Interaktionsdiagramme des Switching-Verhältnisses in gemischten Blöcken und Einzelblöcken bei untrainierten Switching-Aufgaben	122
Abbildung 28:	Interaktionsdiagramm Kurzzeitgedächtnis	123
Abbildung 29:	Interaktionsdiagramm Kurzzeitgedächtnis mit Gruppenteilung nach Trainingsgewinn	124
Abbildung 30:	Interaktionsdiagramm Bearbeitungsgeschwindigkeit	125
Abbildung 31:	Interaktionsdiagramm Verarbeitungskapazität	126
Abbildung 32:	Interaktionsdiagramme eKFA und CFQ	127
Abbildung 33:	Einzelverlaufskurven der Experimentalgruppe für trainierte Arbeitsgedächtnisaufgaben	165

Abkürzungsverzeichnis

Acc	Genauigkeit (accuracy)
ARCES	Attention-related Cognitive Errors Scale
aKG	aktive Kontrollgruppe
AN	Analogien
B	Bearbeitungsgeschwindigkeit
CFQ	Cognitive Failures Questionnaire
CST	komplexe Spannenaufgabe
DS	Dot Span
EG	Experimentalgruppe
eKFA	elektronischer Fragebogen für kognitive Fehlleistungen im Alltag
f	figural
IQA	Interquartilabstand
K	Verarbeitungskapazität
KW	Klassifizieren von Wörtern
KZG	Kurzzeitgedächtnis
Gf	Reasoning
MD	Median
ms	Millisekunden
MST	Multiple Switching Task
MUN	Memory Updating numerisch
mx	mixed, gemischte Blöcke
n	numerisch
OE	Old English
OS	Operation Span
PDA	Personal Digital Assistant
PFC	Präfrontalkortex
pKFA	Papier-Bleistift Fragebogen für kognitive Fehlleistungen im Alltag
pKG	passive Kontrollgruppe
RMS	Running Memory Span
RS	Reading Span
RT	Reaktionszeit (Reaction Time)
SART	Sustained Attention to Response Task
sg	single, Einzelblöcke
SI	Sieben teilbar
SRT	Simple Reaction Time
SW	Switching
TSI	Task Set Inertia
TSR	Task Set Reconfiguration
Upd	Updating
v	verbal
vgl.	Vergleich
WA	Wortanalogien
ZN	Zahlenreihen

1 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde die kognitive Plastizität älterer Erwachsener nach einem mehrwöchigen Arbeitsgedächtnistraining untersucht. Dabei standen nicht nur naher und ferner Transfer im Fokus, sondern auch erstmalig ein Alltagstransfer mithilfe einer innovativen Tagebuchmethode.

Theoretischer Hintergrund

Der fortschreitende Abbau kognitiver Fähigkeiten und zunehmende Einschränkungen der selbstständigen Alltagsbewältigung charakterisieren das menschliche Altern. Ein grundlegendes Konstrukt, dessen altersbedingte Reduktion Einfluss auf eine Vielzahl anderer Kognitionen ausübt, stellt das Arbeitsgedächtnis dar. Es ermöglicht mit seinen zwei Komponenten Speicherfähigkeit und Aufmerksamkeitskontrolle eine kurzfristige, simultane Aktivierung und Aufrechterhaltung von Informationen in Anwesenheit von interner oder externer Ablenkung und Störung. Die Anzahl an gleichzeitig aufrechterhaltenen Bindungen zwischen Informationseinheiten sowie die Effizienz im Umgang mit ihnen stellt eine Grundlage für viele höhere Kognitionen wie Lernfähigkeit, Problemlösen oder fluide Intelligenz dar. Aus diesem Grund ist die Trainierbarkeit des Arbeitsgedächtnisses von großem Interesse. Wenn es gelingt, die Arbeitsgedächtniskapazität über einen reinen Trainingseffekt hinaus zu erweitern, sollte beispielsweise auch die Fähigkeit, Verknüpfungen in Analogieaufgaben zu erfassen, Verbesserungen aufzeigen.

Nachdem in einigen Untersuchungen vielversprechende Transfereffekte durch Arbeitsgedächtnistraining bei jüngeren und älteren Erwachsenen gefunden wurden, werfen neuere Studien große Zweifel auf. Die verschiedenen Umsetzungen von Training und Messung des Transfers sowie einige methodische Schwächen erschweren dabei die Interpretation. Studien mit positiven Transferbefunden fehlte zum einen eine aktive Kontrollgruppe, um die Gruppenunterschiede von reinen Erwartungseffekten abzugrenzen, und zum anderen wurden facettenreiche Konstrukte lediglich durch einzelne Aufgaben repräsentiert, sodass der Einfluss aufgabenspezifischer Varianz für den Transfer verantwortlich sein könnte. Sofern ein Training hingegen keine bedeutsamen Effekte in nicht trainierten Aufgaben erzeugte, standen ein unzureichender Trainingsumfang, die einseitige Wahl der Aufgaben und fehlende Adaptivität im Zentrum der Kritik. Vor allem mangelte es sämtlichen Trainingsstudien an einem Alltagskriterium.

Kognitive Fehlleistungen stellen Fehler bei einfachen Aufgaben dar, welche eigentlich ohne Verfehlung durchgeführt werden können. Als potenzielle Ursachen gelten Defizite in Kapazität, Gedächtnis oder Aufmerksamkeit und da diese im Alter abnehmen, sollte deren Training ebenfalls Auswirkungen auf die Fehlerhäufigkeit haben. Die Erfassung kognitiver Fehler wurde bis-

lang mit retrospektiven Fragebögen vorgenommen, welche eine Aggregation der Fehler über mehrere Monate erfordern. Allerdings ist die Erinnerung an diese kurzen Episoden über einen derart langen Zeitraum kaum möglich, sodass das relative Häufigkeitsurteil vielerlei Verzerrungen unterliegt. Objektive Methoden enthalten demgegenüber nur Basisaktivitäten des Alltags, welche für Personen unterhalb des pflegebedürftigen Alters wenig relevant sind.

Das Ziel dieser Arbeit war somit zweigeteilt. Zum einen sollte ein Training gestaltet werden, welches die beschriebenen Methodendefizite ausspart, um eine zuverlässige Aussage über die Trainierbarkeit und Transferweite von Arbeitsgedächtnistraining treffen zu können, und zum anderen galt es, ein alltagsnahes Instrument zur Messung kognitiver Fehler zu entwickeln.

Methode

Die 91 Freiwilligen (davon 41 männlich) zwischen 60 und 76 Jahren ($M = 67.9$, $SD = 3.96$) wurden zufällig auf drei Gruppen aufgeteilt: eine Experimentalgruppe ($N = 31$), welche an zwei Tagen je eine Stunde über sechs Wochen trainierte, eine aktive Kontrollgruppe ($N = 31$), die im gleichen Zeitumfang Brettspiele und ein PC-Quiz durchführte, sowie eine passive Kontrollgruppe ohne Kontakt ($N = 29$). Um Arbeitsgedächtnis, Kurzzeitgedächtnis, Bearbeitungsgeschwindigkeit (= Speed), Switching-Fähigkeit und Verarbeitungskapazität (= Reasoning) angemessen breit zu repräsentieren, wurden für die Überprüfung des möglichen Transfers jeweils drei Aufgaben mit verbal-numerischen sowie figural-räumlichen Inhalten in den zweitägigen Prä- und Posttestungen durchgeführt. Zusätzlich wurde ein biografischer Fragebogen, eine Kurzversion des *Big Five Inventorys*, der *Cognitive Failures Questionnaire* (CFQ) sowie abschließende Fragen zur Belastung und subjektiven Veränderung durch die Trainingsstudie eingesetzt.

Ein vielfältiges und adaptives Training sollte größtmögliche Wirksamkeit erzielen, sodass eine Identifikation der erfolgversprechendsten Trainingsaufgaben weder möglich noch beabsichtigt war. Es bestand aus vier Arbeitsgedächtnisaufgaben, welche Updating-Aufgaben und komplexe Spannaufgaben aller Inhalte umfassten (*Memory Updating numerisch*, *Operation Span*, *Running Memory Span figural*, *Dot Span*), sowie einer neu entwickelten Switching-Aufgabe, in der zwischen zwei bis sieben verschiedenen Aufgaben durch interne und externe Hinweisreize gewechselt werden musste (*Multiple Switching Task*).

Die Items bestehender Fragebögen zur Erfassung kognitiver Fehler wurden zu dreizehn Kategorien zusammengefasst, welche als Applikation auf Smartphones präsentiert werden konnten. Dieses Vorgehen, welches mehrmalige Messungen pro Tag auf tragbaren Geräten ermöglicht, ist als Ambulatory Assessment definiert. Der so entstandene *elektronische Fragebogen für kognitive*

Fehlleistungen im Alltag (eKFA) erinnerte zufällig innerhalb von vier einstündigen Zeitfenstern zwischen 10 und 19 Uhr mit einem akustischen Signal an die Beantwortung der Fragen. Die Instruktion lautete, nur die letzten zwei Stunden in Betracht zu ziehen und die Fehlleistungen in absoluten Häufigkeiten anzugeben (keinmal, einmal, zweimal, mehrmals). Die Teilnehmer nutzten die Smartphones eine Woche vor und nach dem Training.

Ergebnisse und Diskussion

Obwohl sich gute Trainingseffekte zeigten ($\eta^2 = .33$), konnte dieser Zugewinn auf keine der nicht trainierten Aufgaben übertragen werden. Selbst in Aufgaben zum nahen Transfer erzielte die Trainingsgruppe keine Verbesserungen, die über jene in der aktiven Kontrollgruppe hinausgingen. Dass allerdings die aktive Kontrollgruppe ebenfalls Verbesserungen in den Arbeitsgedächtnisaufgaben zeigte, spricht für den positiven Einfluss einer unspezifischen Aktivierung durch vermehrten Sozialkontakt, Freude am Spielen und Neuerungen im Alltag. Für ältere Erwachsene ist dies von großer Relevanz, auch wenn der Einfluss der Trainingsintervention dabei gering ist. Das Ausbleiben von latenten Veränderungen der Arbeitsgedächtniskapazität ließ keinen Transfer mehr erwarten. Entsprechend blieben Kurzzeitgedächtnis, Bearbeitungsgeschwindigkeit, und Reasoning vom Training unbeeinflusst. Verschiedene Merkmale des Designs und des Trainings sowie die generelle Trainierbarkeit kognitiver Fähigkeiten werden diskutiert.

Die Auswertung des eKFA ergab eine zufriedenstellende Compliance (71% bzw. 77%). Die generell geringe Auftretenswahrscheinlichkeit von Fehlleistungen bildete sich in einer rechtsschiefen Verteilung ab. Da das Training auch auf die Fehlleistungen keinen Einfluss hatte, konnte neben einer internen Reliabilitätsanalyse (Split-Half: .80) auch die Retest-Reliabilität berechnet werden, welche sehr gute Werte aufzeigte ($r = .76$). Während der Gesamtwert zunächst nur geringe Zusammenhänge mit Arbeitsgedächtnis oder Aufmerksamkeitskontrolle aufwies, konnte die theoriegeleitete Bildung einer 5-Item-Kurzversion des eKFA, welche nur Aufmerksamkeitsfehler enthielt, diesen wichtigen Validierungsschritt erfüllen ($r = -.24$ mit der Arbeitsgedächtniskapazität, $r = -.34$ mit der Switching-Fähigkeit). Ein Vergleich zwischen elektronischer und papiergebundener Durchführung erbrachte weitere Validitätshinweise.

Nach einer Teilung der Stichprobe in eine jüngere (60- bis 68-Jährige) und eine ältere Gruppe (69- bis 76-Jährige) zeigte sich, dass der eKFA vor allem für jüngere Gruppe Gültigkeit besitzt und bei ihnen höhere Zusammenhänge mit den potenziellen Ursachen der Fehler aufweist. Dies kann entweder die Folge eines generell größeren Fähigkeitsabbaus in der älteren Gruppe sein, sodass einzelne Ursachen nicht mehr diskriminierbar sind, oder an der stärkeren Technikbarriere in diesem Alter liegen. Da der eKFA auch ohne gemeinsame Methodenvarianz einen – mit dem

CFQ vergleichbaren – Zusammenhang mit Neurotizismus aufwies ($r = .25$), werden diese Verknüpfung sowie weitere Einflussgrößen auf die Entstehung kognitiver Fehler diskutiert. Es folgen Vorschläge zur Konstruktvalidierung mit verschiedenen Aufmerksamkeitsfacetten und Inhibition.

2 Thematische Einführung

Am 18.11.2009 gab das Statistische Bundesamt in einer Pressemitteilung bekannt, dass im Jahr 2060 jeder dritte Bundesbürger mindestens 65 Jahre alt sein wird und jeder siebte sogar 80 Jahre oder älter. Anfang 2012 lebten 17.000 Menschen in Deutschland, die 100 Jahre oder älter waren – 2050 soll sich diese Zahl verzehnfachen. Dennoch muss der Anteil an hilfs- und pflegebedürftigen Menschen nicht in gleichem Umfang steigen, da nicht das biologische Alter, sondern vielmehr die Ressourcen und Kompensationsfähigkeiten entscheidend sind (Hoffmann & Nachtmann, 2007). Intelligenz, mentale Geschwindigkeit, Rechen-, Lese- oder Merkfähigkeit verändern sich im Laufe der Entwicklung eines Individuums, indem sie sich zunächst im Kindesalter entfalten, im frühen Erwachsenenalter ihren Zenit erreichen und dann im fortgeschrittenen Alter wieder abnehmen. Entsprechend reichen die Interventionen der Psychologie von Förderung über Maximierung bis zu Erhalt der Fähigkeiten oder Verzögerung deren Abbaus. Die kognitiven Fähigkeiten unterscheiden sich dabei voneinander in Zeitpunkt und Geschwindigkeit der letzten Phase, die unter anderem von verringerter Reizweiterleitung oder auch kortikalem Substanzabbau abhängt. Verschiedene Erkrankungen können die Prozesse des kognitiven Alterns beschleunigen und frühzeitig einleiten, darunter an erster Stelle die verschiedenen Demenzformen. Doch selbst ohne neurologische Beeinträchtigungen stellen sich bei jedem Menschen im Alter kognitive Abbauprozesse ein, die nach einiger Zeit der Kompensation zu Konsequenzen im Alltag führen. Abbildung 1 zeigt den ontogenetischen Verlauf verschiedener kognitiver Prozesse. Während Bearbeitungsgeschwindigkeit (= Speed), Langzeit-, Kurzzeit- und Arbeitsgedächtniskapazität (fluider Anteil) abgesehen von kleineren Plateaus annähernd linear monoton fallen, wächst das verbale Wissen (kristalliner Anteil; Horn & Noll, 1997). Die Daten stammen von Park, Lautenschlager, Hedden, Davidson, Smith und Smith (2002) und wurden von Meade und Park (2011) neu zusammengestellt.

Diese Prozesse umzukehren oder zumindest aufzuhalten ist Ziel kognitiver Trainingsinterventionen. Um nicht jede einzelne Fähigkeit separat trainieren zu müssen, wurde nach grundlegenden Fähigkeiten gesucht, welche einen Einfluss auf die Vielzahl der altersbedingten Schwächen haben könnten, und das Arbeitsgedächtnis rückte in das Zentrum der Trainingsforschung. Nach wie vor gibt es allerdings keine Einigkeit darüber, ob Arbeitsgedächtnistraining effektiv ist oder nicht, und es fehlt bislang eine Untersuchung, welche einen nahezu optimalen Rahmen für den potenziellen Transfer bietet und diesen dennoch vor Fehlinterpretationen schützen kann.

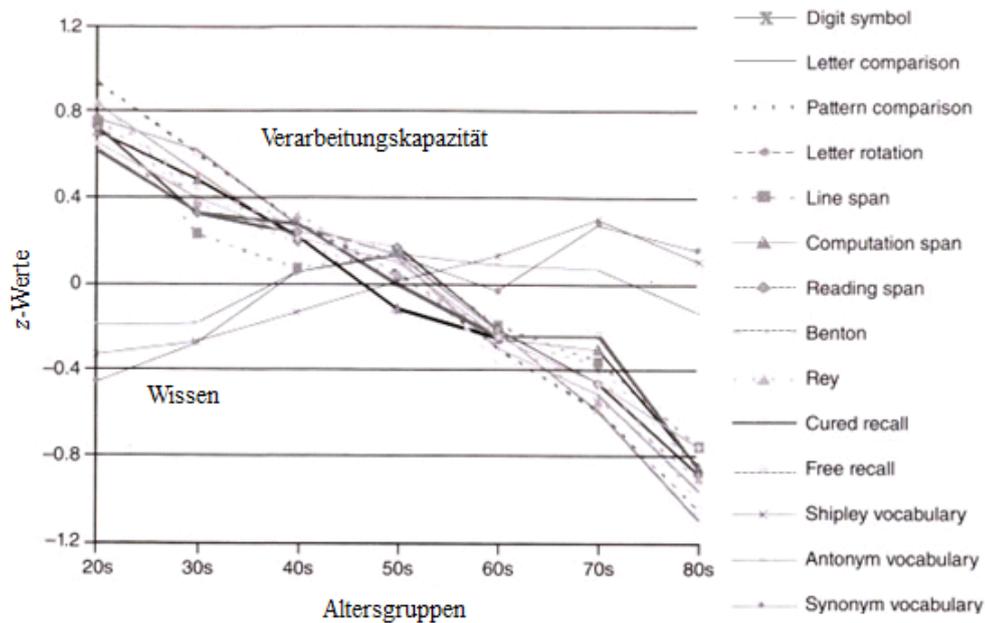


Abbildung 1: Kognitionen über die Lebensspanne

Anmerkung. $N = 350$. Dargestellt sind Verarbeitungsgeschwindigkeit, Arbeitsgedächtniskapazität (figural und verbal), Langzeitgedächtnis (figural und verbal) und Kurzzeitgedächtnis (figural und verbal) in den abnehmenden Linien und verbales Wissen in den konstanten bzw. leicht steigenden Linien (Meade & Park, 2011). Die Daten entstammen einer Querschnittsstudie.

Der theoretische Hintergrund dieser Arbeit beginnt daher zunächst mit Ursachen und Auswirkungen des kognitiven Alterns in Kapitel 3, bevor Modellvorstellungen, Operationalisierung sowie Außenbezüge des Arbeitsgedächtnisses in Kapitel 4 dargestellt werden. Es folgen einige Aspekte zum Transfer in Kapitel 5, bevor ein Überblick über den bisherigen Forschungsstand zum Training (getrennt nach Altersgruppen) gegeben und hinsichtlich der Methodendefizite diskutiert wird.

Eine weitere, zentrale Fragestellung betrifft die Alltagsrelevanz der kognitiven Plastizität. Um den Nutzen eines Trainings für ältere Erwachsene dazustellen, muss es Einfluss auf den Alltag nehmen. Eine höhere Arbeitsgedächtniskapazität kann ihnen beispielsweise dabei helfen, ihren Alltag mittels fokussierten und zielorientierten Handelns besser zu bewältigen, doch dieser Aspekt wurde bislang kaum gezielt untersucht. Eine mögliche Ursache hierfür könnte sein, dass die Operationalisierung der Alltagskompetenz unterhalb des pflegebedürftigen Alters schwierig ist und bestehende Verfahren wenig geeignet erscheinen. In Kapitel 6 wird daher das Konstrukt der kognitiven Fehlleistungen eingeführt, die bisherigen Messmethoden vorgestellt sowie kritisiert und im Anschluss in Kapitel 7 Ambulatory Assessment als mögliche Lösung präsentiert.

3 Kognitives Altern

Auch wenn die Symmetrie der Entwicklung über die Lebensspanne auffällig ist und es einige Parallelen zwischen Kindheit und Alter gibt, darf das kognitive Altern nicht vereinfacht als „Rückwärtsentwicklung“ interpretiert werden (Craik & Bialystok, 2006). Entwicklung entsteht aus der Interaktion von genetischen, Umwelt- und sozialen Faktoren, sie beinhaltet Gewinne und Verluste und der Einfluss von biologischen und soziokulturellen Aspekten verschiebt sich im Verlauf des Lebens (Li & Baltes, 2006). Nachdem die kognitiven Fähigkeiten während der Kindheit integriert werden und auf wenige Faktoren zurückgehen, differenzieren sich diese im Erwachsenenalter aus. Unklar blieb zunächst die Struktur der kognitiven Fähigkeiten im Alter: weitere Differenzierung oder erneute Integration bzw. Dedifferenzierung (u. a. Cunningham & Birren, 1980)? Baltes, Cornelius, Spiro, Nesselroade und Willis (1980) verglichen mehrere Modelle mit verschiedener Anzahl an Faktoren und fanden bessere Modellparameter für Modelle mit wenigen Faktoren (z. B. 4 Faktoren: Gedächtnis, Speed, Reasoning, Wissen). Die Zusammenlegung der Fähigkeiten wurde durch stets sehr hohe Faktoreninterkorrelationen angezeigt, allerdings konnte ein Generalfaktormodell oder auch ein Zweifaktormodell (entsprechend der fluiden und kristallinen Intelligenz; Horn & Noll, 1997) die Daten nicht ausreichend erklären. Baltes und Kollegen (1980) schlossen daraus, dass Strukturen, welche sich innerhalb der kognitiven Fähigkeiten von Jüngeren abzeichnen, nicht für Ältere gelten und bei ihnen im Gegensatz dazu eine Dedifferenzierung vorliegt. Schaie, Willis, Jay und Chipuer (1989) gehen dem gegenüber zwar von struktureller Invarianz der kognitiven Fähigkeiten aus, jedoch fanden sie Hinweise darauf, dass sich die Güte von Messinstrumenten als Repräsentation eines bestimmten Konstrukts verändert. Die größten Unterschiede zwischen einem kindlichen und einem alternden Gehirn liegen in der höheren Plastizität, Trainierbarkeit und Veränderbarkeit bei Kindern (Brehmer, Li, Mueller, von Oertzen & Lindenberger, 2007).

Die Fähigkeiten, welche im Alter Abbau aufweisen, sind sehr vielfältig und umfassen unter anderem das figurale und verbale Gedächtnis (Park et al., 2002), Arbeitsgedächtnis (Borella, Carretti & De Beni, 2008; Hasher & Zack, 1988), Langzeitgedächtnis (Zack & Hasher, 2006), Aufmerksamkeit (Kramer & Kray, 2006), Reasoning (metaanalytischer Alterszusammenhang $r = -.40$; Verhaeghen & Salthouse, 1997) und exekutive Kontrolle (Kramer, Humphrey, Larish, Logan & Strayer, 1994). Neben dem retrospektiven Gedächtnis zeigt auch das prospektive Gedächtnis, welches das Erinnern an zukünftige Handlungen und Pläne umfasst, Defizite im Alter. Es hat unter anderem eine soziale Funktion, da Treffen mit Bekannten oder Erledigen von Hausarbeiten Inhalt dieses Gedächtnisses sind. Die geplante Handlung kann entweder an eine bestimmte Zeit (selbstinitiiert) oder ein bestimmtes Ereignis (externer Auslöser) geknüpft sein,

wobei vor allem erstere Variante größere Altersunterschiede offenbart (Einstein, McDaniel, Richardson, Guynn & Cunfer, 1995).

3.1 Ursachen der altersbedingten Defizite

Dass vermutlich nur wenige übergeordnete Fähigkeiten für den altersbedingten Abbau verantwortlich sind, wird unter anderem durch die Vielfältigkeit der von Verschlechterungen betroffenen Fähigkeiten unterstützt (Salthouse, 1994a; Verhaeghen, 2011). Potenzielle Quellen stellen die mentale Verarbeitungsgeschwindigkeit, die Arbeitsgedächtniskapazität sowie exekutive Funktionen dar, wobei innerhalb der verschiedenen Ansätze jeweils andere Fähigkeiten als Primärursache angesehen werden.

In der Literatur findet sich vielfach die Hypothese der altersbedingten, generalisierten Verlangsamung (*Speed-Hypothese*; Salthouse, 1996). Damit sind die größeren Reaktionszeiten gemeint, welche über verschiedenste Aufgaben hinweg auftreten und im Alter für viele kognitive Defizite verantwortlich gemacht werden. Als Beleg hierfür gilt der Umstand, dass die meisten Altersunterschiede verschwinden, sobald die einfache Reaktionszeit kontrolliert wird (Birren & Fisher, 1995). Beispielsweise können kürzere Gedächtnisspannen bei Älteren auf deren geringere Artikulationsrate zurückgehen (Multhaup, Balota & Cowan, 1996). Die Verlangsamung kann als lineare Funktion beschrieben werden, sodass der Anstieg bei einer Gegenüberstellung der Leistungen von Jüngeren und Älteren einem einzelnen, auf zentrale kognitive Prozesse gerichteten Verlangsamungsfaktor entspricht (Cerella, 1994). Es herrscht Uneinigkeit darüber, ob diese Verlangsamung Ursache oder Folge anderer Prozesse darstellt. Während Fisk und Warr (1996) keine altersbedingte Varianz in Arbeitsgedächtnis und Exekutivfunktionen finden konnten, nachdem die Geschwindigkeit konstant gehalten wurde, argumentiert Jensen (1987), dass größere Reaktionszeiten lediglich Schwierigkeiten bei kognitiven Prozessen widerspiegeln, die mit altersbedingtem Abbau einhergehen.

Obwohl die Speed-Hypothese einen wichtigen Einfluss in der psychologischen Altersforschung hat und auch eine Vielzahl an Untersuchungen ihre Annahmen unterstützen, gibt es ebenfalls Hinweise darauf, dass die kognitive Verlangsamung nicht sämtliche altersbedingten Verschlechterungen erklären kann. So ist sie zwar beispielsweise für die Abnahme der Arbeitsgedächtniskapazität im Alter verantwortlich (Salthouse, 1991), doch es ist diese Kapazitätsreduktion, welche Altersunterschiede in einer Vielzahl höherer Kognitionen wie dem Reasoning vermittelt (Salthouse, 1993). Eine mögliche Quelle für die Überrepräsentation der Geschwindigkeit in den Ursachen kognitiven Alterns sieht Salthouse (1991) darin, dass die meisten Tests geschwin-

digkeitsbegrenzt sind (*speeded tests* vs. *power tests*). Weitere empirische Belege für die Beteiligung und Kombination von Bearbeitungsgeschwindigkeit und Arbeitsgedächtniskapazität an Altersunterschieden in verschiedenen kognitiven Fähigkeiten zeigen Park, Smith, Lautenschlager, Earles, Frieske, Zwahr und Kollegen (1996) sowie Salthouse (1996).

Von einigen Autoren wird der Abbau der Inhibitionsfähigkeit (d. h. die Fähigkeit, nicht mehr länger relevante Informationen aus dem Arbeitsgedächtnis zu löschen oder irrelevanten Informationen am Zugang zum Arbeitsgedächtnis zu hindern) als Ursache für kognitive Leistungseinbußen im Alter angesehen (*Inhibitionsdefizit-Ansatz*; Hasher, Lustig & Zacks, 2007). Ältere leiden stärker unter Bedingungen mit proaktiver Interferenz, wenn also ein Konflikt zwischen relevanten und nicht mehr relevanten Informationen besteht. Die Leistungen von Jüngeren und Älteren in komplexen Spannaufgaben (vgl. Abschnitt 4.3) unterscheiden sich erst, nachdem durch vorangegangene Durchgänge Interferenz aufgebaut wurde – werden solche Aufgaben rückwärts durchgeführt, sodass mit der höchsten Stufe begonnen wird, sind die Unterschiede deutlich geringer (Lustig, May & Hasher, 2001). Auch andere Autoren versuchen, sämtliche kognitiven Veränderungen im Alter mit einem Defizit der exekutiven Kontrolle zu erklären (z. B. Braver & West, 2008; Salthouse, 1994a). Borella und Kollegen (2008) berichten sogar einen quadratischen Zusammenhang zwischen Inhibition und Alter, welcher zudem einen Teil der Altersvarianz im Arbeitsgedächtnis aufklären kann, doch es gibt Hinweise darauf, dass nur die Verarbeitungsgeschwindigkeit, nicht aber die exekutive Kontrolle, Einfluss auf höhere Kognitionen nimmt (Verhaeghen, 2011).

Die mit dem Arbeitsgedächtnis und den Exekutivfunktionen verknüpften neuronalen Strukturen im präfrontalen und medial-temporalen Kortex (vgl. Abschnitt 4.5) zeigen im Alter spezifische Veränderungen (Raz, 2000). So nehmen das Volumen der grauen und weißen Substanz ab und das ventrikuläre Volumen sowie die Größe der Sulci zu. Dies spricht dafür, dass die altersbedingten Defizite dieser Fähigkeiten ursächlich für die verschiedenen sonstigen Einbußen sein können. Neben Größe und Gewicht des Gehirns verändern sich auch die Neurone: Sie nehmen zahlenmäßig ab, ihre Dendriten sind weniger vernetzt, die Axone demyelinisiert und die Neubildung von Synapsen ist verlangsamt (Kemper, 1994).

Die zum Teil widersprüchlichen Befunde zeigen vor allem, dass eine einzelne Ursache nicht zu finden ist und stattdessen das Zusammenspiel der genannten Komponenten für das kognitive Altern verantwortlich ist. Die generelle Verlangsamung führt beispielsweise zu Kapazitätsverlusten, welche wiederum Einfluss auf die Aufmerksamkeitskontrolle haben. Ein Training dieser

Funktionen sollte daher zum Erhalt oder Verbesserungen der damit verknüpften Fähigkeiten führen.

3.2 Relevanz kognitiver Fähigkeiten im Alter

Da sich die meisten älteren Erwachsenen nicht in einem schulischen oder beruflichen Kontext befinden, ist die Relevanz höherer Kognitionen in ihrem Alltag intuitiv geringer als bei Kindern und Personen im jüngeren und mittleren Erwachsenenalter. Ebner, Freund und Baltes (2006) berichten nach längsschnittlicher Analyse entsprechend, dass Ältere weniger Wachstum als Entwicklungsziel benennen, sondern Erhalt und Schutz vor Verlusten bestehender Fähigkeiten. Auch Havighurst (1948) formulierte im Sinne der lebenslangen Entwicklung Aufgaben für ältere Erwachsene und nennt dabei unter anderem die Anpassung an den Ruhezustand, den Umgang mit verminderter Leistungsfähigkeit und geringeren Ressourcen, effektives Funktionieren im Alltag sowie den möglichst langen Erhalt von Autonomie und Unabhängigkeit. Tatsächlich scheinen ältere Erwachsene – trotz der vielzähligen Defizite, die sie in Labortests gegenüber jüngeren Erwachsenen aufweisen – nur geringe Auswirkungen im Alltag zu spüren (Salthouse, 1987). Gründe dafür sind zum einen verschiedene bewusste und unbewusste Kompensationsstrategien, durch welche Ältere beispielsweise weniger überfordernde Situationen aufsuchen, in denen ihre Leistungsgrenzen sichtbar werden, und zum anderen die steigende Relevanz von bereits vorhandenen Fertigkeiten und Wissensbestandteilen, aber auch nicht kognitiver und sozialer Fähigkeiten im Alter (Salthouse, 2012).

Für die Gestaltung eines langen und gesunden Lebens spielen höhere Kognitionen dennoch eine wichtige Rolle, sodass eine Investition in deren Erhalt großen Nutzen hat. Batty, Deary und Gottfredson (2007) stellten beispielsweise in ihrem Review neun Studien vor, die einen Zusammenhang zwischen höheren kognitiven Fähigkeiten und einem geringeren Sterblichkeitsrisiko berichten, zudem konnten höhere Leistungen in kognitiven Fähigkeitstests mit einem niedrigeren Depressionsrisiko und besserer allgemeiner Gesundheit assoziiert werden (Der, Batty & Deary, 2009). Gründe für die Beziehung zwischen Kognition und Gesundheit sieht Deary (2005) darin, dass eine hohe kognitive Leistungsfähigkeit zum einen das Erlernen und Umsetzen von gesundheitsförderndem Verhalten ermöglicht und zum anderen effiziente Strategien im Umgang mit Stress bietet.

Die intellektuellen Fähigkeiten stehen in einem reziproken Verhältnis zur Komplexität der Freizeitgestaltung: Personen wählen bestimmte Aktivitäten aufgrund ihrer Fähigkeiten aus, welche wiederum durch deren Anforderung beeinflusst werden (Hauser & Roan, 2007; Kohn,

Zaborowski, Janicka, Mach, Khmelko, Slomczynski et al., 2000). Verghese, Lipton, Katz, Hall, Derby, Kuslansky und Kollegen (2003) konnten bei 469 Älteren, welche sie über einen Zeitraum von fünf Jahren begleiteten, ein vermindertes Demenzrisiko feststellen, wenn sie anspruchsvollen Freizeitaktivitäten wie Lesen oder Musizieren nachgingen. Besonders hervorzuheben ist zum einen, dass der positive Einfluss auch dann bestand, wenn Intelligenz zum Studienbeginn, Alter, Geschlecht, Bildungsniveaus und chronische Erkrankungen konstant gehalten wurden, und zum anderen, dass körperliche Freizeitaktivitäten diesen positiven Effekt auf kognitive Leistungsfähigkeit nicht hatten.

3.3 Plastizität im Alter

Um die Plastizität des alternden Gehirns und seine latente Kompetenz zu untersuchen, wurden ältere Erwachsene in einer Gedächtnisstrategie (Methode der Orte) unterrichtet und intensiv in dieser trainiert (*Testing-the-limits-Paradigma*; Kliegl & Baltes, 1987). Nach wenigen Trainingssitzungen erlangten sie bereits das Fähigkeitsniveau von jüngeren Erwachsenen, wodurch auf ein großes Maß an Plastizität geschlossen wurde. Das Forschungsfeld zu kognitivem Training entwickelte daraufhin Interesse an den interindividuellen Grenzen der Leistungsfähigkeit, der sogenannten Reserve-Kapazität (Baltes, 1987). Kliegl, Smith und Baltes (1989) bestätigten, dass die Plastizität bei Älteren (65-83 Jahre) sehr groß ist und sie in einer seriellen Wortwiedergabe den Anfangswert von Jüngeren (19-29 Jahre) überschreiten können. Es zeigte sich aber auch, dass das Konfidenzintervall der mittleren Wortzahl der Jüngeren nach dem gleichem Trainingsumfang kaum mit dem der Älteren überlappte. Es sind demnach die höchstmöglichen Leistungen, in denen sich Entwicklungsunterschiede zeigen, da diese sonst oft durch die natürliche Variabilität von Fähigkeiten maskiert sind (Baltes, 1987). Abbildung 2 stellt diesen Sachverhalt dar.

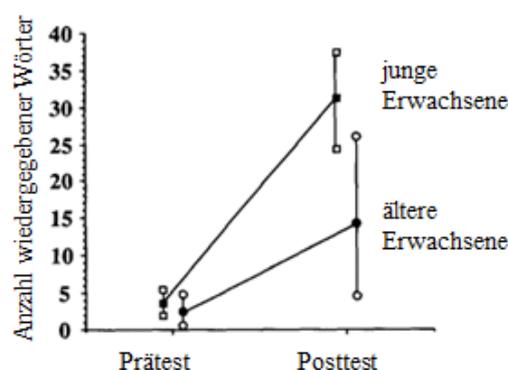


Abbildung 2: Testing the limits

Anmerkung. Dargestellt sind die Leistung von Jüngeren und Älteren im Lernen von Wortlisten vor und nach bis zu 26 Trainingssitzungen (Kliegl, Smith & Baltes, 1989).

Einen ähnlichen Ansatz nutzten Strobach, Frensch, Müller und Schubert (2012a), indem sie ältere Erwachsene intensiv das Bearbeiten von Doppelaufgaben üben ließen. Nach 21 Trainingseinheiten und einer spezifischen Veränderung der Aufgaben erlangten Ältere das Niveau von Jüngeren, welche acht Sitzungen trainierten. Somit verfügen ältere Erwachsene auch in Bereichen, welche hohe Anforderungen an die Arbeitsgedächtniskapazität sowie die Aufmerksamkeitskontrolle stellen, über ein großes Maß an Plastizität.

Kapitel 3 gab einen Überblick darüber, welche kognitiven Veränderungen im Verlauf des Lebens stattfinden und welche Ursachen es dafür gibt. Zudem wurde der Einfluss höherer Kognitionen auf den Alltag betrachtet und das latente Potenzial an einem Gedächtnisbeispiel aufgezeigt. In vielen Lebensbereichen ist die kristalline Intelligenz (d.h. Wissen; Horn & Noll, 1997) zur erfolgreichen Alltagsgestaltung wichtiger als die stärker vom Altersabbau betroffene fluide Intelligenz. Dennoch ist ein Training der fluiden Intelligenz für Ältere sinnvoll, da kognitive Plastizität zumindest in Teilbereichen auch im Alter noch gegeben ist bzw. erhalten werden kann. Nun stellt sich die Frage, welche Fähigkeit die vielversprechendste für ein Training bei älteren Erwachsenen ist. Buschkühl (2007) nutzt eine Sportanalogie: Um sich in einer nicht trainierten Sportart zu verbessern, dürfen nicht spezifische Fähigkeiten wie die Rückhand beim Tennis oder die Schusstechnik beim Fußball trainiert werden, sondern grundlegende Fähigkeiten, die sowohl beim Tennis als auch beim Fußball eine Rolle spielen, nämlich das Herz-Kreislauf-System. Das Arbeitsgedächtnis ist grundlegend für das menschliche Denken und ein Training von Arbeitsgedächtnisfunktionen bietet sich somit als Ziel des Trainings an.

4 Arbeitsgedächtnis

Neben der generellen Verlangsamung gelten eine sinkende Arbeitsgedächtniskapazität sowie eine reduzierte Aufmerksamkeitskontrolle als potenzielle Ursachen für kognitives Altern. Diese sollen nun anhand verschiedener Modelle, Messmethoden und Außenbezügen näher betrachtet werden.

Das Arbeitsgedächtnis ermöglicht die kurzfristige, simultane Aktivierung und Aufrechterhaltung von Informationen sowie deren Manipulation in Anwesenheit von interner oder externer Ablenkung und Störung (Baddeley, 2003; Unsworth & Engle, 2007a). Für eine Vielzahl kognitiver Fähigkeiten ist die Arbeitsgedächtniskapazität von großer Relevanz, darunter Sprachverständnis, Lernfähigkeit oder Problemlösen (Conway, Kane & Engle, 2003; Cowan, Elliott, Saults, Morey, Mottox, Hismjatullina et al., 2005), und sie besitzt vor allem für die fluide Intelligenz die höchste Vorhersagekraft (Kane, Hambrick & Conway, 2005; Süß, Oberauer, Wittman, Wilhelm & Schulze, 2002).

4.1 Modellvorstellungen

Es gibt verschiedene Ansichten darüber, aus welchen und wie vielen Elementen das Arbeitsgedächtnis besteht. Die Frage des Trainingsinhalts und, damit verknüpft, die Wahl entsprechender Trainingsaufgaben ist somit stark von der theoretischen Auffassung abhängig. Da die vorliegende Untersuchung das Ziel einer möglichst breiten Darstellung des Arbeitsgedächtnisses hat, stehen weniger die Unterschiede verschiedener Modellvorstellungen im Vordergrund, sondern deren Gemeinsamkeiten. Das *Multikomponentenmodell* von Baddeley und Hitch (1974), das *Facettenmodell* von Oberauer, Süß, Schulze, Wilhelm und Wittmann (2000) sowie das *Dualkomponentenmodell* von Unsworth und Engle (2007a) stimmen darüber überein, dass die Arbeitsgedächtniskapazität durch zwei verschiedene Fähigkeitskomponenten bestimmt wird: zum einen durch die Größe eines domänenspezifischen Speichers (bzw. mehrerer Speicher) und zum anderen durch die Effizienz einer inhaltsfreien Aufmerksamkeitskontrollinstanz. Diese Modelle werden im Folgenden vorgestellt.

Multikomponentenmodell. Nachdem das Arbeitsgedächtnis von Miller, Galanter und Pribram (1960; zit. n. Conway, Jarrold, Kane, Miyake & Towse, 2007) erstmalig als Ort erwähnt wurde, in dem Pläne während der Ausführung aufrechterhalten werden, führten Baddeley und Hitch (1974) das Konstrukt in die psychologische Forschung ein. Sie postulierten ein Dreikomponentenmodell, welches neben einem Aufmerksamkeitskontrollsystem (der zentralen Exekutive) zwei

untergeordnete Sklavensysteme enthält, welche die Autoren als phonologische Schleife und visuell-räumlichen Skizzenblock bezeichneten (Abbildung 3).

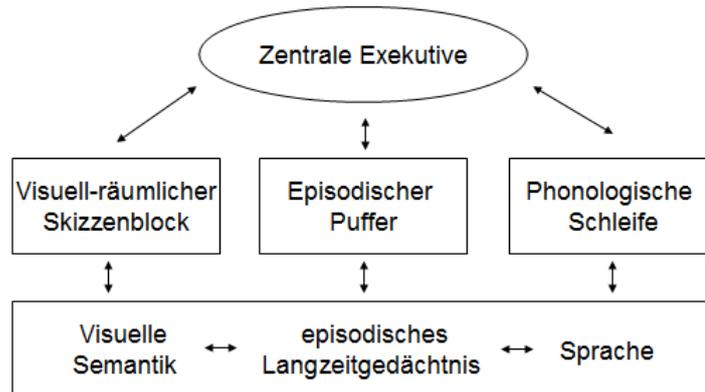


Abbildung 3: Multikomponentenmodell (Baddeley, 2003)

Anmerkung. Die übergeordnete zentrale Exekutive steuert drei Subsysteme („slave systems“): den visuell-räumlichen Skizzenblock, den episodischen Puffer sowie die phonologische Schleife. Alle drei stehen in wechselseitiger Beziehung zum Langzeitgedächtnis, wobei dieser Zugriff vor allem durch den episodischen Puffer ermöglicht wird.

Die phonologische Schleife ermöglicht durch inneres Nachsprechen – sogenannte *rehearsal*-Prozesse – die Speicherung von verbalen und akustischen Inhalten und konnte mit der linken Hemisphäre assoziiert werden. Der Skizzenblock hingegen ist für die Speicherung visueller, räumlicher und zum Teil kinästhetischer Informationen verantwortlich und konnte der rechten Hemisphäre zugeordnet werden. Die zentrale Exekutive, welche dem Frontalhirn zugehörig ist, stellt ein inhaltsfreies Steuerorgan mit begrenzter Kapazität dar und steht mit sensorischen Informationen der Umwelt erst durch die Subsysteme in Verbindung. Um verschiedenen Einschränkungen des Modells gerecht zu werden, erweiterte es Baddeley (2003) zu einem Multikomponentenmodell. Es gibt demnach einen weiteren Speicher, der eine Verknüpfung zwischen Informationen aus den Sklavensystemen und dem Langzeitgedächtnis ermöglicht, diese bindet und auf alle Quellen Zugriff hat. Diese zusätzliche Komponente stellt der episodische Puffer dar, welcher ebenfalls über begrenzte Kapazität verfügt und von der zentralen Exekutive gesteuert wird. Das Arbeitsgedächtnis beinhaltet darüber hinaus auch die Aktivierung von Arealen, die unabhängig vom Langzeitgedächtnis sind (Baddeley, 2012). Nun konnte unter anderem erklärt werden, warum die Wiedergabe zusammenhangsloser Worte ab einer Anzahl von sieben fehlerhaft wird, während Sätze mit einer Länge von mindestens sechzehn Worten fehlerfrei wiedergegeben werden können. Das Multikomponentenmodell von Baddeley hatte einen sehr großen Einfluss auf die Theorienbildung, da es als erstes dem (zuvor wenig beachteten) Arbeitsgedächtnis-konstrukt eine Struktur gab und damit viele Forschungsvorhaben initiierte. Es enthält allerdings

keine Hinweise zur potenziellen Trainierbarkeit der angenommenen Arbeitsgedächtnisfunktionen.

Facettenmodell. Oberauer, Süß, Wilhelm und Sander (2007) beschreiben das Arbeitsgedächtnis als ein System zur gleichzeitigen Aufrechterhaltung mehrerer Informationsverknüpfungen (*Chunks*), welche sich in einer Art mentalem Koordinatensystem befinden und dort für weitere Verarbeitungsprozesse abgerufen und temporär verbunden werden können. Die Kapazität wird demnach durch die Anzahl der simultan aufrechterhaltenen Bindungen bestimmt, welche wiederum von der Größe des Aufmerksamkeitsfokus abhängig ist (Cowan et al., 2005). Oberauer und Kollegen (2000) schlagen dazu ein Facettenmodell aus Inhalten (verbal, numerisch, räumlich-figural) und kognitiven Operationen (zeitgleiches Speichern und Verarbeiten, relationale Integration, Supervision) vor. Hierbei zeigten faktoranalytische Untersuchungen, dass zum einen die Annahme eines gemeinsamen verbal-numerischen Faktors angemessen ist und es zum anderen große Überlappungen zwischen den Faktoren zeitgleiches Speichern und Verarbeiten und relationale Integration gibt (Oberauer, Süß, Wilhelm & Wittmann, 2003). Diese bilden den Kern des Arbeitsgedächtnisses. Durch die Verarbeitungskomponente ist der Faktor Speichern und Verarbeiten vom Kurzzeitgedächtnis abgegrenzt und das Arbeitsgedächtnis wird erst durch die Hinzunahme der relationalen Integration vollständig dargestellt, wobei diese Fähigkeit, einzelne Chunks neuartig miteinander zu verbinden, keinen Speicherprozess erfordert. Der Faktor Supervision kontrolliert die Aufrechterhaltung des Ziels sowie die Verschiebung der Aufmerksamkeit, schützt vor Ablenkung durch irrelevante Stimuli und kann somit – ebenso wie die zentrale Exekutive im vorherigen Modell – mit den Exekutivfunktionen assoziiert werden. Oberauer und Kollegen (2003) fanden nur geringe Zusammenhänge zwischen Supervision und den anderen Faktoren, sodass sie eine Trennung von Arbeitsgedächtnis und Supervision bzw. Exekutivfunktionen vorschlagen. Mit den zwei Inhaltsfaktoren (verbal-numerisch, räumlich-figural) und den zwei Prozessfaktoren (Speichern-Verarbeiten-Integration, Supervision) ähnelt das Facettenmodell dem Multikomponentenmodell von Baddeley.

Dualkomponentenmodell. Unsworth und Engle (2007a) schlagen in einem dualen Komponentenansatz eine Kombination aus zwei Fähigkeiten vor: das aufmerksamkeitsgebundene Aufrechterhalten und Aktivieren von Informationen (Engle & Kane, 2004) sowie die effiziente Suche nach Informationen im sekundären Gedächtnis. Personen können sowohl im Aufrechterhalten als auch im Abruf unterschiedlich fähig sein und somit aufgrund beider Faktoren verschiedene Leistungen in Arbeitsgedächtnisaufgaben erzielen. Die Kapazität zum Aufrechterhalten von zugriffs-

bereiten Informationen wird als primärer Speicher bezeichnet (James, 1980), welcher dem Fokus der Aufmerksamkeit entspricht (Cowan, 1999), und – je nach Aufgabenanforderung – eine dynamische Grenze zwischen einer und vier Informationseinheiten besitzt (Davelaar, Goshen-Gottstein, Ashkenazi, Haarmann & Usher, 2005). Ist das primäre Gedächtnis ausgelastet oder erfordert das aktuelle Ziel einen Aufmerksamkeitswechsel, werden die Informationen in das sekundäre Gedächtnis verschoben, um von dort bei Bedarf wieder abgerufen zu werden. Dieser Abruf erfordert eine effiziente Suche innerhalb des sekundären Gedächtnisses mit Hilfe von kontextuellen Hinweisreizen, um den Abruf konkurrierender und zielirrelevanter Informationen zu vermeiden (Shiffrin, 1970). Die Differenzierung von relevanten und irrelevanten Information im sekundären Gedächtnis wird durch proaktive Interferenz erschwert (Unsworth & Engle, 2007a).

Während die Speicherkomponente des Arbeitsgedächtnisses – ähnlich wie das Kurzzeitgedächtnis – ein domänenspezifisches Profil (verbal-numerisch und figural-räumlich) aufweist, kann die exekutive Komponente (Aufmerksamkeitskontrolle) als domänenfrei betrachtet werden. Studien, in denen auch letztere als domänenspezifisch beschrieben wird, wiesen Auswahlverzerrungen und Stichprobenfehler auf, da die Varianz in deren homogenen Stichproben eingeschränkt war (Kane, Conway, Hambrick & Engle, 2007b). Die Kapazität des sekundären Speichers ist prinzipiell unbegrenzt und wird eher durch die fehlerhaften Suchprozesse eingeschränkt. Dies stellt einen Unterschied zu den beiden vorangegangenen Modellen dar. Das Dualkomponentenmodell konnte in einer umfangreichen Untersuchung mit multiplen Indikatoren auf latenter Ebene bestätigt werden, wobei Arbeitsgedächtniskapazität, Aufmerksamkeitskontrolle und sekundäres Gedächtnis als drei separate, aber korrelierte Faktoren mit der fluiden Intelligenz zusammenhängen (Unsworth & Spillers, 2010).

4.2 Exekutive Bestandteile

Das Arbeitsgedächtnis enthält exekutive Komponenten, die sich nicht nur in den drei beschriebenen Modellen wiederfinden. Norman und Shallice (1986) beschrieben diesen Part im *Supervisory Attentional System* (SAS), Posner und DiGirolamo (2000) definieren ihn als exekutive Kontrolle und in der neueren Literatur wird diese Komponente als exekutive Aufmerksamkeit bezeichnet (Kane, Poole, Tuholski & Engle, 2006). Die Fähigkeit, Aufmerksamkeit zu kontrollieren, sie vor Ablenkung zu schützen, zwischen Gedächtnisrepräsentationen zu teilen und neu auszurichten, ist dabei Voraussetzung für alle kognitiven Operationen und erhält besondere Bedeutung bei steigender Interferenz, also Konflikten zwischen Aufgaben. Die Anzahl parallel aktivierter Informationen ist dabei von der Größe des Aufmerksamkeitsfokus abhängig (Cowan, Elliott, Saults, Morrey, Mottox, Hismjatullina et al., 2005). Diese Aufmerksamkeitsprozesse gelten als vermittelnde

Variable für die Zusammenhänge zwischen Arbeitsgedächtnis und Kognitionen höherer Ordnung (Engle, 2002), da sie zielgerichtetes Verhalten bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung von Informationen bzw. gleichzeitigem Abruf von Informationen aus einem inaktiven Zustand unter Störeinflüssen gestatten (Kane et al., 2007b).

Allgemein beinhalten die Exekutivfunktionen die Fähigkeiten, zielrelevante Informationen aufrechtzuerhalten und irrelevante Stimuli aktiv zu unterdrücken. Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, Howerter und Wager (2000) identifizierten drei zusammenhängende, aber trennbare Aspekte. Das sind zum einen die Aktualisierung von Gedächtnisinhalten (*memory updating*), zum zweiten das Wechseln zwischen Aufgaben (*shifting* bzw. *switching*) und zum dritten der Widerstand gegenüber Interferenzen (*inhibition*). All diese Fähigkeiten umfassen die Aufmerksamkeitskontrolle des Arbeitsgedächtnisses (Smith & Jonides, 1999). Updating erfordert, eingehende Informationen zu entschlüsseln, zu bewerten und entsprechend nicht mehr relevante Inhalte mit neuen zu ersetzen (Morris & Jones, 1990) – Repräsentationen im Arbeitsgedächtnis werden demnach aktiv manipuliert. Shifting oder Switching meint die Fähigkeit, die Aufmerksamkeit zwischen mehreren mentalen Aufgaben hin- und herzuschieben (Monsell, 1996) und zwischen diesen zu wechseln. Der Switching-Prozess beinhaltet zum einen, eine Aufgabe aus dem Aufmerksamkeitsfokus auszuschließen und eine neue Aufgabe hineinzuholen, und zum anderen, die Aufgaben außerhalb des Aufmerksamkeitsfokus aufrecht zu erhalten (Inhibition und Aktivierung). Darüber hinaus ist ebenfalls der Umgang mit proaktiver Interferenz relevant, um trotz gleicher Stimuli verschiedene mentale Operationen auszuführen (Miyake et al., 2000). Die Hemmung von automatisierten, dominanten oder präpotenten Antworten bzw. Reaktionen stellt die dritte exekutive Funktion dar. Diese wird beispielsweise mit Aufgaben wie *Stroop* (Inhibition des überlernten Leseprozesses; Stroop, 1935), *Flanker* (Inhibition von begleitenden Reizen; Eriksen & Eriksen, 1974) und *Antisakkaden* (Lösen der Aufmerksamkeit von einem Hinweisreiz; Kane, Bleckley, Conway & Engle, 2001) oder dem Go/No-Go-Paradigma erfasst.

Es existieren Arbeitsgedächtnismodelle, welche ausschließlich die exekutiven Bestandteile beinhalten und auf Speicherkomponenten verzichten. Beispielhaft kann hier das Einkomponentenmodell von Engle (2002) genannt werden sowie der Inhibitionsansatz von Hasher und Kollegen (2007). Zwar hat letzterer keinen eigenständigen Erklärungsgehalt (Redick, Calvo, Gay & Engle, 2011), doch spielt die Inhibition eine wichtige Rolle beim Umgang mit proaktiver Interferenz, einer Kernfähigkeit des Arbeitsgedächtnisses (Kane & Engle, 2000). Diese Interferenz entsteht, wenn sich in einem Kontext mehrere Situationen überlagern und somit die aktuellen Umstände schwer von den vorherigen getrennt werden können. Die Inhalte des Langzeitgedächtnisses stehen also in Konflikt mit den neuen Inhalten und führen bei geringerer Arbeitsgedächtnis-

kapazität schneller zu Fehlern im Abruf. Es gibt eine Vielzahl empirischer Befunde mittels des *recent-probes*-Paradigmas (Monsell, 1978) oder verschiedener Reizlisten, welche die beschriebene Wirkungsweise von proaktiver Interferenz sowie ihre starke Verknüpfung zur Arbeitsgedächtniskapazität bestätigen (u. a. Kane & Engle, 2000; Kane et al., 2001; Lustig et al., 2001; May, Hasher & Kane, 1999). Personen mit hoher Arbeitsgedächtniskapazität überwinden proaktive Interferenz mittels effizienterer Aufmerksamkeitskontrolle und diese Fähigkeit nimmt bei steigender kognitiver Belastung ab (Kane & Engle, 2000).

4.3 Indikatoren des Arbeitsgedächtnisses

Der Facettenreichtum des Arbeitsgedächtnisses spiegelt sich in den vielfältigen Operationalisierungsmöglichkeiten wider (Oberauer, 2005). Es ist ratsam, bei der Untersuchung des Arbeitsgedächtnisses die Breite des Konstrukts auszuschöpfen, um sicherzustellen, dass aufgabenspezifische Elemente weder über- noch unterrepräsentiert werden. Im Folgenden werden zwei Aufgabengruppen vorgestellt, welche als Indikatoren für die Speicherfähigkeit des Arbeitsgedächtnisses gelten und das Manipulieren, Aktualisieren oder Aufrechterhalten von Gedächtnisinhalten erfordern. Dabei sind zwar bereits Aufmerksamkeitskontrollprozesse aktiv, dennoch folgen im Anschluss Methoden zur direkten Erfassung der supervisorischen Komponente des Arbeitsgedächtnisses.

Komplexe Spannenaufgaben. Der Begriff ‚komplexe Spannenaufgabe‘ geht auf Daneman und Carpenter (1980) zurück. Im Gegensatz zu einfachen Spannenaufgaben, mit denen die Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses erfasst wird, erfordern komplexe Spannenaufgaben (CSTs) die simultane Bearbeitung einer zweiten Aufgabe, die oft unabhängig von der primären Speicheraufgabe ist. Dabei ist es notwendig, die Aufmerksamkeit zwischen den Aufgaben zu wechseln, um zeitgleich Speicher- und Verarbeitungsprozesse auszuführen. Zwar impliziert dieser Aufgabentyp nicht notwendigerweise das Beibehalten einer bestimmten Abfolge, jedoch berücksichtigt die Auswertung der Aufgaben meist nur die richtige Reihenfolge (vgl. Abschnitt 9.2.4). Kane und Kollegen (2007b) beschreiben die Anforderungen solcher Doppelaufgaben wie folgt: Aufrechterhaltung des Zugriffs beziehungsweise erneuter Zugriff auf Informationen außerhalb des Aufmerksamkeitsfokus unter proaktiver Interferenz. Diese Anforderung kann ebenfalls ohne eine Speicherkomponente in der Aufgabe erzielt werden, wie Oberauer und Kollegen (2000) durch Prozesse der Koordination und relationalen Integration aufzeigten (siehe auch Oberauer, 2005). Komplexe Spannenaufgaben erfordern Aufmerksamkeitskontrolle, indem sie die Versuchspersonen zwingen, während der Verarbeitungsaufgabe die Zielinformationen aus der Speicheraufgabe

in einem leicht zugänglichen Zustand zu halten (Kane et al., 2007b). Interindividuelle Varianz in diesen Aufgaben wird demnach auch durch Unterschiede in der exekutiven Aufmerksamkeit bestimmt.

Während Baddeley und Hitch (1974) von einer Ressourcenteilung der Speicher- und Verarbeitungskomponente ausgingen (*resource sharing*), nahmen Towse und Hitch (1995) die Dauer des Verarbeitungsprozesses als entscheidenden Faktor für die Leistung in einer komplexen Spannaufgaben an (*time sharing*). Je länger die Wiedergabe durch die Verarbeitung verzögert wird, desto wahrscheinlicher sind Fehler beim Abruf. Barrouillet, Bernardin und Camos (2004) integrierten beide Ansätze zu einem *Time-based resource-sharing Model*, nach dem die Aufmerksamkeitsteilung zwischen Speichern und Verarbeiten durch schnelles und häufiges Wechseln ermöglicht wird. Anhand dieses Modells können die Schwierigkeitsparameter der komplexen Spannaufgaben nachvollzogen werden, welche weiter unten beschrieben werden: Die Anzahl korrekt wiedergegebener Informationen verringert sich sowohl durch eine Verkürzung der verfügbaren Zeit als auch durch eine Erhöhung der Anzahl an Informationseinheiten. Oberauer, Lewandowsky, Farrell, Jarrold und Greaves (2012) bieten mittels eines mathematischen Modells tieferen Einblick in die Mechanismen, welche die Leistung in komplexen Spannaufgaben bedingen, wobei das Bilden und Auflösen von Interferenzen im Fokus stehen.

Am häufigsten werden die Aufgaben *Counting Span* (Case, Kurland & Goldberg, 1982), *Operation Span* (Turner & Engle, 1989) und *Reading Span* (Daneman & Carpenter, 1980) genutzt. Die Counting Span erfordert das Zählen von Elementen sowie das Speichern der Anzahl, die Operation Span verlangt die Verifizierung von Rechenaufgaben sowie das Speichern der Ergebnisse und die Reading Span eine semantische Beurteilung von Sätzen sowie das Speichern der letzten Worte. Abänderungen dieser Aufgaben bestehen meist in einer Trennung der Verarbeitungs- und Speicherelemente. In einer Metaanalyse untersuchten Conway, Kane, Bunting, Hambrick, Wilhelm und Engle (2005) diese Aufgaben bezüglich ihrer Gütekriterien. Die Reliabilität, welche meist mittels interner Analysen wie Cronbachs Alpha oder Split-Half-Korrelationen erfasst wurde, ist mit einer Spannweite von .70 bis .90 zufriedenstellend. Zudem verfügen sie über eine gute Stabilität (.70-.80) bis zu drei Monaten. Die Zusammenhänge der komplexen Spannaufgaben untereinander variieren zwischen .69 und .80 und da diese Korrelationen unabhängig vom Inhalt der Aufgaben sind, sprechen sie für eine Domänengeneralität des Arbeitsgedächtnisses (Barrett, Tugade & Engle, 2004). Die Validität zeigt sich nach Conway und Kollegen (2005) durch die hohen Zusammenhänge mit verwandten Fähigkeiten sowie die gute Vorhersagekraft für kognitive Fähigkeiten höherer Ordnung. Neben den kognitiven Bezügen gibt es auch viele Befunde für Zusammenhänge mit Verhaltensaspekten, wie zum Beispiel die Unter-

drückung intrusiver Gedanken (Brewin & Beaton, 2002) oder das Ausschalten von Stereotypen (Schmader & Johns, 2003). Tabelle 1 gibt eine Übersicht über komplexe Spannenaufgaben mit den entsprechenden Verarbeitungs- und Speicherelementen.

Tabelle 53: Komplexe Spannenaufgaben und ihre Bestandteile

Name der Aufgabe	Verarbeitungskomponente	Speicherkomponente
Block Span backward	Reihenfolge umkehren	Punktpositionen
Counting Span	Zählen von Elementen	Anzahl der Elemente
Digit Span backward	Reihenfolge umkehren	Zahlen
Operation Span	Prüfen von Gleichungen	Ergebnis oder Wort
Reading Span	Prüfen von Sätzen	letztes oder neues Wort
Rotation Span	Mentale Rotation	Rotationsrichtung oder Wort
Symmetry Span	Prüfen von Symmetrie	Punktpositionen

Als wichtigster Schwierigkeitsparameter dient die Anzahl der Speicherelemente, da mit ihr die Belastung der verfügbaren Ressourcen schrittweise erhöht werden kann. Eine Schwierigkeitsstufe enthält meist drei Durchgänge einer bestimmten Länge (Bopp & Verhaeghen, 2005), welche typischerweise zwischen zwei und fünf Elementen variiert. Manchmal ist der Schritt von einer Stufe zur nächsten zu hoch, sodass die Lösungswahrscheinlichkeit für das nächste Item überproportional geringer ist als die des Items mit einem Element weniger. Aus diesem Grund ist die Hinzunahme eines weiteren Parameters für die Schwierigkeit sinnvoll. Die Befunde zur kognitiven Verlangsamung im Alter sowie der Einfluss von Schnelligkeit auf die Leistung in komplexen Spannenaufgaben deuten darauf hin, dass die Variation der Präsentationszeiten der Speicherelemente hierfür geeignet ist. Je länger diese sichtbar sind, desto häufiger ist das innere Wiederholen (rehearsal) und somit das Stärken der Gedächtnisspur möglich. Dennoch ist der Leistungsgewinn nicht direkt proportional zur Präsentationszeit, sondern scheint dem Verlauf einer U-Funktion zu folgen. Dies bedeutet, dass die Präsentationszeit entweder so kurz sein muss, dass nur einmaliges Mitlesen der Speicherelemente möglich ist und so einem einzigen Rehearsal-Durchgang entspricht, oder lang genug, um mindestens einen vollständigen zweiten Rehearsal-Durchgang zu erlauben. Zwischen diesen beiden Grenzen, welche wiederum interindividuell unterschiedlich sind, können die zu merkenden Items nur unvollständig aufrechterhalten werden, was zu einem Zerfall der Gedächtnisspur führt. Hierfür fehlt bislang allerdings ein empirischer Beleg. Neben Speicherumfang und Präsentationszeit stellt gemäß dem Modell von Barrouillet und Kollegen (2004) auch die Erhöhung von Operationsanzahl oder Operationskomplexität (z. B.

bei der Operation Span: 2 Gleichungen, mehr Summanden oder hauptsächlich Punkt- statt Strichrechnung) einen Parameter für die Schwierigkeit dar, sofern damit die kognitive Belastung steigt.

Updating-Aufgaben. Obwohl die Arbeitsgedächtniskapazität meist ausschließlich mit komplexen Spannenaufgaben untersucht wird, erfüllen auch Updating-Aufgaben die Anforderungen des Speicherns und Manipulierens von Information (Baddeley, 2003). Diese Aufgabengruppen unterscheiden sich vor allem darin, dass bei komplexen Spannenaufgaben die Speicher- und Verarbeitungselemente getrennt sind, während sie bei Updating-Aufgaben identisch sind. Schmiedek, Hildebrandt, Lövdén, Wilhelm und Lindenberger (2009) fanden mithilfe einer konfirmatorischen Faktorenanalyse einen einheitlichen Faktor von komplexen Spannenaufgaben und Updating-Aufgaben, was darauf schließen lässt, dass die unterliegenden Prozesse – Aufbau, Erhalt und Erneuerung künstlicher Bindungen – identisch sind.

Die Updating-Aufgabe mit dem höchsten Gebrauch ist die *N-Back*-Aufgabe (Cohen, Perlstein, Braver, Nystrom, Noll, Jonides et al., 1997). Darin wird die Versuchsperson instruiert, für jedes präsentierte Item via Tastendruck zu entscheiden, ob es identisch mit dem Item n Schritte zuvor ist. Die Aufgabe erfordert somit ein stetiges Aktualisieren der zugriffsbereiten Informationen (Updating), ein schnelles Hinein- und Hinausschieben der Items in bzw. aus den Aufmerksamkeitsfokus sowie die Hemmung von *lure*-Items (Inhibition). Lure-Items sind identisch mit dem Zielreiz, allerdings um einen Schritt verschoben: Bei einer 3-Back-Aufgabe wäre es entweder an zweiter oder vierter Stelle (Zielreiz: M K L M P, lure-Item: M K M L P oder M K L P M). Die Schwierigkeit dieser Aufgabe hängt von der Höhe des n ab, dem Verhältnis von Zielreiz zu lure-Items, dem Verhältnis zwischen Treffern und Nicht-Treffern (da ein Nicht-Treffer einen Aktualisierungsprozess erfordert) und zusätzlich von den Präsentationszeiten. Schmiedek und Kollegen (2009) wiesen auch für N-Back-Aufgabe nach, dass sie gemeinsam mit komplexen Spannenaufgaben einen latenten Faktor bilden und somit einen ebenso zuverlässigen Indikator für die Arbeitsgedächtniskapazität und Prädiktor für Reasoning darstellen. Dennoch ist der Zusammenhang zwischen N-Back und komplexen Spannenaufgaben geringer als zwischen letzteren untereinander. Neben dem Reliabilitätsproblem der N-Back (teilweise $\alpha < .50$, siehe Jaeggi, Buschkuhl, Perrig & Meier, 2010a) sehen Shelton, Metzger und Elliott (2007) einen weiteren möglichen Grund darin, dass die Erfassung der Arbeitsgedächtniskapazität stets eine freie Wiedergabe (*recall*) der Gedächtnisinhalte erfordert, während N-Back auf Wiedererkennung (*recognition*) basiert. Nach einer entsprechenden Änderung der Aufgabe, die Shelton und Kollegen (2007) *Modified Lag Task* nannten, konnten die Zusammenhänge gesteigert werden. Die Versuchspersonen mussten dabei nicht bei jedem präsentierten Reiz entscheiden, ob er jenem Reiz n Schritte zuvor

entspricht, sondern wurden stattdessen nach Ablauf der Reizabfolge gefragt, welches Item an einer bestimmten (d. h. n -ten) Position vorkam.

Eine weitere Modifizierung der N-Back-Aufgabe stellt die *Running Memory Span* (RMS; Pollack, Johnson & Knaff, 1959) dar. Der Versuchsperson wird eine Itemliste mit unbekannter Länge präsentiert, von der sie am Ende so viele Items wie möglich in der korrekten Reihenfolge wiedergeben soll. In einer Stichprobe von 68 Studierenden lag der Mittelwert einer numerischen Running Memory Span bei 4.2 Ziffern (Pollack et al., 1959), während die Anzahl aus einer Liste mit bekannter Länge durchschnittlich 7 Ziffern beträgt (Miller, 1956). Die Kapazität wird demnach allein durch das fehlende Wissen um die Listenlänge verringert. Die Versuchspersonen werden gezwungen, Informationen aktiv zu verarbeiten, Gedächtnisinhalte dynamisch zu verbalisieren und vorteilhaft zu gruppieren, was ein ständiges Aktualisieren bedeutet. Einfache Spannenaufgaben (d. h. Reizlisten mit bekannter Länge) erfordern kein Aktualisieren, weshalb die Running Memory Span als Indikator der Arbeitsgedächtnis- und nicht der Kurzzeitgedächtniskapazität gilt (Broadway & Engle, 2010). Im Gegensatz zur N-Back-Aufgabe liegt die Schwierigkeit der Running Memory Span nicht in der Größe des n , sondern in der Länge der unbekanntes Liste, welche wiederum unbedeutend bei der N-Back ist (Shipstead, Redick & Engle, 2012). Trotzdem die Running Memory Span ebenso wie andere Updating-Aufgaben keine zweite Verarbeitungsaufgabe enthält, bestehen hohe Zusammenhänge mit komplexen Spannenaufgaben (Broadway & Engle, 2010). Hinzu kommt, dass alle Items einzelne Informationseinheiten darstellen, die aufgrund der unbekanntes Listenlänge nicht zu Chunks zusammengefasst werden können (Bunting, Cowan & Saults, 2006). Diese Aufgaben ermöglichen somit eine direkte Messung der Größe des Fokus der Aufmerksamkeit im *Embedded-Process-Model* von Cowan (1999; 2005). Mukunda und Hall (1992) untersuchten metaanalytisch die Vorhersagekraft verschiedener Arbeitsgedächtnisaufgaben bezogen auf die fluide Intelligenz und identifizierten die Running Memory Span als ebenso starken Prädiktor wie die Reading Span, wobei die Running Memory Span der Operation Span, Counting Span und Digit Span sogar überlegen war.

Switching-Aufgaben. Nun folgt eine Darstellung der direkten Erfassung der exekutiven Komponente des Arbeitsgedächtnisses (Oberauer et al., 2000). In Switching-Aufgaben wird der Aufmerksamkeitswechsel zwischen mindestens zwei Wahl-Reaktions-Aufgaben (*Choice Reaction Tasks*) gefordert. Von Interesse sind dabei die Unterschiede in Schnelligkeit und Korrektheit verglichen mit der Leistung in nur einer Wahl-Reaktions-Aufgabe, denn die Schwierigkeit zweier einzelner Aufgaben lässt nicht auf die Anforderung des Wechsels zwischen ihnen schließen (Mayr & Kliegl, 2000). Baddeley, Chincotta und Adlam (2001) weisen darauf hin, dass Swit-

ching-Aufgaben nur dann ausschließlich exekutive Prozesse benötigen, wenn ausführliche Hinweisreize (z. B. genaue Instruktion) zur Verfügung gestellt werden. Sofern der Wechsel selbstgesteuert erfolgen muss oder die Hinweise nicht eindeutig sind, sind auch verbale Speicherprozesse der phonologischen Schleife für das Behalten der Aufgabenstellungen beteiligt. Die Effizienz, mit Interferenzen oder Aufgabenwechsel umzugehen, zeigt sich in der Größe der Verlangsamung, die erfolgreiches Lösen von irrelevanten und Hinwenden zu sowie Aufrechterhalten von relevanten Informationen erfordert (Cepeda, Kramer & Gonzalez de Sather, 2001). Dabei gibt es für die Switching-Fähigkeit generelle oder globale und spezifische oder lokale Kosten (Rogers & Monsell, 1995), welche bei einigen Autoren auch als *mixing* und *switching costs* bezeichnet werden (u. a. Karbach & Kray, 2009).

Für die generellen Kosten wird die durchschnittliche Reaktionszeit in Aufgabenblöcken mit nur einer, sich wiederholenden Aufgabe (*single task*) von der durchschnittlichen Reaktionszeit in Aufgabenblöcken mit wechselnden Aufgaben (*mixed tasks*) abgezogen. Die einzelnen Aufgaben sind sehr einfache Entscheidungsprobleme: Gehört der Zielreiz zur einen oder zur anderen Kategorie? Dabei können verschiedene Reize vorgegeben werden (z. B. Buchstaben und Zahlen) oder ein Reiz muss entsprechend der Aufgabenstellung unterschiedlich kategorisiert werden (z. B. *local-global Task* nach Miyake et al., 2000). Die spezifischen Kosten werden aus der Differenz der durchschnittlichen Reaktionszeiten von Durchgängen mit einem Wechsel (*switch trials*) und Durchgängen ohne Wechsel (*nonswitch trials*) gebildet. Letztere beziehen sich also auf Leistungen innerhalb eines Blockes und stellen somit einen eher lokalen Prozess dar. Da die generellen Kosten im Gegensatz zu den spezifischen Kosten zum einen stärker altersabhängig und zum anderen besser von Training beeinflussbar sind (Kray & Lindenberger, 2000; Reimers & Maylor, 2005; Strobach, Liepelt, Schubert & Kiesel, 2012c), scheint das Alter eher Einfluss auf das gleichzeitige Aufrechterhalten mehrerer Aufgaben im Arbeitsgedächtnis (*maintenance*) zu haben als auf den Wechsel von einer Aufgabe zur nächsten (*shifting*).

Es gibt verschiedene Erklärungsansätze für die entstehenden Zeitkosten bei Switching-Aufgaben, die auf unterschiedliche Prozesse während des Wechselvorgangs zurückgehen: *task-set reconfiguration* (TSR, Rogers & Monsell, 1995), *task-set inertia* (TSI, Allport, Styles & Hsieh, 1994), multiple Komponentenmodelle, Wiederholungsnutzen (Schneider & Logan, 2005) sowie das Diffusionsmodell (Ratcliff, 1978). Hier sollen nur die zwei bedeutendsten kurz skizziert werden, da die verschiedenen Erklärungsansätze innerhalb dieser Arbeit keine weitere Beachtung finden werden. Der Rekonfigurationsansatz (TSR) erklärt die Zeitkosten nach einem Wechsel durch die innere Vorbereitung auf das nächste Aufgabenset (Rogers & Monsell, 1995), während Allport und Kollegen in ihrem TSI-Ansatz davon ausgehen, dass bestehende Aktivie-

rungs- und Hemmmechanismen des vorherigen Aufgabensets zunächst unterdrückt werden müssen, bevor ein neues Set angewandt werden kann. Die proaktive Interferenz (Konkurrenz zwischen aktueller und vorheriger Aufgabe) stellt – im Gegensatz zum *top-down* Mechanismus des TSR – einen *bottom-up* bzw. reizgesteuerten Prozess dar. In einer neueren Version des TSI wird angenommen, dass zuvor erlernte Verknüpfungen aufgrund des interferierenden Reizmaterials fälschlicherweise abgerufen werden (*carry-over effect*) und es so zu Störungen und Verlangsamungen kommt (Allport & Wylie, 2000). Damit können nun die verbleibenden Switch-Kosten, welche auch bei ausreichender Vorbereitungszeit bestehen, erklärt werden (Allport et al. 1994; De Jong, 2000). Da zudem die Höhe der Switch-Kosten vom Verhältnis der Aufgabenanzahl zwischen dem vorherigen und dem aktuellen Aufgabenset abhängt (Wylie & Allport, 2000), kann die TSI-Theorie (,switching-away-from‘) als überlegen gegenüber dem TSR-Ansatz (,switching-to‘) angesehen werden (Schmitz & Voss, 2012).

4.4 Verknüpfung mit anderen Konstrukten

Die besondere Relevanz des Arbeitsgedächtnisses liegt wie bereits beschrieben in den vielfältigen Assoziationen zu anderen kognitiven Fähigkeiten. Im Folgenden werden die Verknüpfungen zu logisch-schlussfolgerndem Denken (= Reasoning), Kurzzeitgedächtnis und Bearbeitungsgeschwindigkeit (= Speed) dargestellt, da diese auch in der vorliegenden Arbeit als potenzielle Transferziele eine Rolle spielen.

Arbeitsgedächtnis und Reasoning. Während die fluide Intelligenz ein globales und somit schwer greifbares Konstrukt darstellt, gilt das Arbeitsgedächtnis als grundlegende, gut spezifizierte Fähigkeit. Hinzu kommt, dass die Schwierigkeit einer Arbeitsgedächtnisaufgabe durch ein theoretisches Modell a priori bestimmt werden kann (Anzahl zu speichernder Stimuli, Präsentationszeiten, Menge sekundärer Operationen usw.; Barrouillet et al., 2004), was für Aufgaben zur Erfassung der fluiden Intelligenz nur begrenzt möglich ist. Aus diesem Grund hilft die Erforschung der Arbeitsgedächtnisprozesse dabei, die Komponenten der fluiden Intelligenz besser nachzuvollziehen. Der Zusammenhang zwischen den Leistungen in Arbeitsgedächtnisaufgaben und Aufgaben zur fluiden Intelligenz konnte vielfach bestätigt werden (Conway et al., 2003; Kyllonen & Christal, 1990; Oberauer, Schulze, Wilhelm & Süß, 2005), wobei die Höhe dieses Zusammenhangs von mittleren Korrelationskoeffizienten (Ackerman, Beier & Boyle, 2005) bis hin zu vollständiger Überlappung (Bühner, Krumm & Pick, 2005) reicht.

Für die sehr gute Vorhersagbarkeit der fluiden Intelligenz durch die Arbeitsgedächtniskapazität beschreiben Oberauer, Süß, Wilhelm und Wittmann (2008) zwei Ursachen. Zum einen erfor-

dern die Aufgaben beider Konstrukte die Bildung und Integration neuer Verknüpfungen im mentalen Koordinatensystem (Oberauer et al., 2007) und zum anderen sind sowohl Arbeitsgedächtnis als auch fluide Intelligenz durch die Anzahl der gleichzeitig aufrechterhaltenden, temporären Bindungen zwischen den Informationseinheiten im primären Speicher begrenzt (vgl. auch Engle, 2002; Kane & Engle, 2002). Wenn in schweren Items von Matrizenaufgaben der fluiden Intelligenz (z. B. *Raven*-Matrizen; Raven, Raven & Court, 1998) die Anzahl der relevanten Reizmerkmale die Größe des primären Speichers übersteigt und diese im sekundären Gedächtnis abgelegt werden müssen, ist ein effizienter Umgang in diesem sekundären Speicher, durch den sich Personen mit hoher Arbeitsgedächtniskapazität auszeichnen, unmittelbar mit der Reasoning-Leistung verknüpft (Unsworth, 2007). Die exekutive Aufmerksamkeit spielt dabei eine vermittelnde Rolle, da sie in den Arbeitsgedächtnis- und Reasoning-Aufgaben jeweils auf mehrere Verknüpfungen gleichzeitig gerichtet sein muss (Oberauer et al., 2007). Burgess, Gray, Conway und Braver (2011) konnten mittels bildgebender Verfahren ein Viertel der gemeinsamen Varianz von Arbeitsgedächtnis und logischem Denken auf interferenzbezogene Prozesse zurückführen, da beide Fähigkeiten stark mit interferenzhaltigen Leistungen zusammenhängen (Dempster & Corkill, 1999). Zusammengenommen sind diese Verknüpfungen die Grundlage der Transfererwartung durch entsprechendes Training, welches in Kapitel 5 näher beschrieben wird.

Auch andere Autoren versuchten Aufschluss darüber zu geben, welcher Prozess des Arbeitsgedächtnisses (Speichern oder Aufmerksamkeitskontrolle) dessen hohe Prädiktivität hervorruft. Dazu wurden Strukturgleichungsmodelle berechnet, in denen Arbeitsgedächtniskapazität, Kurzzeitgedächtniskapazität und auch Aufmerksamkeitskontrolle die fluide Intelligenz vorhersagen. Durch die simultane Betrachtung der gemeinsamen Varianzanteile sollten jene Komponenten identifiziert werden, welche einen eigenständigen Beitrag leisten. Die Kurzzeitgedächtniskapazität repräsentiert dabei die Speicherfähigkeit, während die Arbeitsgedächtniskapazität ohne diese Speicherfähigkeit den Aufmerksamkeitskontrollaspekt darstellen soll. In den folgenden acht Untersuchungen wurde entweder die Speicherkomponente, die Aufmerksamkeitskontrolle oder beides als Basis identifiziert.

Ackerman und Kollegen (2005) berichteten von einem gleich hohen Einfluss von Arbeitsgedächtnis und Kurzzeitgedächtnis, während Colom, Abad, Rebollo und Shih (2005) zwar ebenfalls beide als bedeutsam ansehen, dem Arbeitsgedächtnis jedoch größere Relevanz zukommt. Engle, Tuholski, Laughlin und Conway (1999b) sowie Conway, Cowan, Bunting, Theriault und Minkoff (2002) fanden keinen eigenständigen Einfluss des Kurzzeitgedächtnisses, was wiederum den Befunden von Colom, Abad, Quiroga, Shih und Flores-Mendoza (2008) widerspricht. Colom und Kollegen (2008) integrierten dabei erstmalig sämtliche Konstrukte in einem Modell, da sie

diesen Mangel in anderen Untersuchungen als Ursache für die Vielfalt der Ergebnisse sehen. Sobald die Speicherfähigkeit bei Arbeitsgedächtnis, Bearbeitungsgeschwindigkeit und Aufmerksamkeitskontrolle konstant gehalten (d. h. herauspartialisiert) wird, verlieren diese an Erklärkraft für die fluide Intelligenz. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen auch Mogle, Lovett, Stawski und Sliwinski (2008), deren Untersuchung jedoch einige Defizite aufwies (siehe Shelton, Elliott, Matthews, Hill & Gouvier, 2010). Kane und Kollegen (2007b) berichten dem gegenüber starke Zusammenhänge ($r = .49$) zwischen Arbeitsgedächtniskapazität und fluider Intelligenz, wenn die gemeinsame Varianz mit dem Kurzzeitgedächtnis eliminiert wird. Chuderski, Taraday, Necka und Smoleń (2012) konnten zeigen, dass nur die Speicherkapazität (gemessen durch Updating- und Monitoring-Aufgaben, nicht Kurzzeitgedächtnis) eigenständig Varianz an der fluiden Intelligenz aufklären kann, während der Einfluss der Aufmerksamkeitskontrolle (gemessen durch Aufgaben ähnlich der Stroop-Aufgabe und Antisakkaden) sehr gering ist. Die Operationalisierung der Konstrukte unterschied sich dabei von den zuvor berichteten Untersuchungen. Da offenbar keine generelle Aussage darüber getroffen werden kann, welche einzelne Komponente die hohen Zusammenhänge verantwortet, ist es vermutlich jenes besondere Zusammenspiel zwischen Speicherfähigkeit und exekutiver Aufmerksamkeit, das Arbeitsgedächtnis und Reasoning derartig verbindet (Unsworth, Redick, Heitz, Broadway & Engle, 2009).

Arbeitsgedächtnis und Kurzzeitgedächtnis. Beide Konstrukte sind eng verknüpft, weisen jedoch auch bedeutsame Unterschiede auf. Während das Kurzzeitgedächtnis Informationen nur speichert, werden sie im Arbeitsgedächtnis zusätzlich verarbeitet, weshalb sich einfache Spannaufgaben (Indikator für Kurzzeitgedächtniskapazität) und komplexe Spannaufgaben (Indikator für Arbeitsgedächtniskapazität) durch die sekundäre Verarbeitungsaufgabe voneinander abgrenzen. Das Kurzzeitgedächtnis ist domänenspezifisch, was ebenso für die Speicherkomponente des Arbeitsgedächtnisses gilt, allerdings zeichnet sich dessen exekutive Komponente als domänenfrei aus (z. B. Kane et al., 2007b). Die Kapazitätslimitierungen liegen im Kurzzeitgedächtnis bei 7 ± 2 Informationseinheiten bzw. Chunks (Miller, 1956) und im Arbeitsgedächtnis bei 4 ± 1 (Cowan, 2001). Sowohl Kurzzeitgedächtnis als auch Arbeitsgedächtnis sind durch artikulatorische Unterdrückung, Wortlänge und Listenlänge beeinflussbar, wobei der Effekt in einfachen Spannaufgaben stärker auftritt (Unsworth & Engle, 2007b).

Die Arbeitsgedächtniskapazität weist generell stärkere Zusammenhänge mit Kognitionen höherer Ordnung auf als die Kurzzeitgedächtniskapazität (Ackerman et al., 2005), allerdings zeigten Unsworth und Engle (2007b) metaanalytisch, dass die Unterschiede der Korrelationskoeffizienten geringer sind als bislang angenommen. Durch bestimmte Manipulationen können auch

Kurzzeitgedächtnisaufgaben Arbeitsgedächtnisprozesse in Form von gleichzeitigem Aufrechterhalten, Aufmerksamkeitsteilung und Abruf von Informationen aus dem sekundären Gedächtnis erfordern. Dazu gehört zum einen die Verlängerung der zu merkenden Reizliste über die Kurzzeitgedächtniskapazität hinaus (Kane et al., 2005) und zum anderen das wiederholte Vorgeben einfacher Spannaufgaben, wodurch proaktive Interferenz aufgebaut wird (der aktuelle Listeninhalt muss vom Inhalt vorheriger Durchgänge getrennt werden; Oberauer et al., 2003). Ist der Zugriff auf den sekundären Speicher nicht notwendig, unterscheiden sich *Highspans* (Personen mit hoher Arbeitsgedächtniskapazität) und *Lowspans* (Personen mit geringer Arbeitsgedächtniskapazität) nicht in der Anzahl erinnerter Elemente und somit ihrer Kurzzeitgedächtniskapazität (Engle, et al., 1999b; Tuholski, Engel & Baylis, 2001). Ein Training der Arbeitsgedächtniskapazität kann nun zu einer Verbesserung der Kurzzeitgedächtnisleistung führen, wenn die Trainings Teilnehmer lernen, ihren sekundären Speicher effizienter zu nutzen und ihre Aufmerksamkeit entsprechend zu kontrollieren.

Der Zusammenhang des Kurzzeitgedächtnisses mit dem logischen Denken variiert je nach eingesetzten Aufgaben: Reasoning wird meist durch figurale Matrizen-Aufgaben (Raven-Test) erfasst, sodass die Zusammenhänge steigen, wenn visuell-räumliche Kurzzeitgedächtnisaufgaben genutzt werden (Klingberg, 2009; Kane, Hambrick, Tuholski, Wilhelm, Payne & Engle, 2004), und sie sinken bei verbalen Aufgaben. Entgegengesetzt verhält es sich, wenn das logische Denken ausschließlich mit verbalen Aufgaben erfasst wird (Shipstead et al., 2012). Selbstverständlich verändern sich stets nur die berichteten Befunde und nicht der tatsächliche Zusammenhang zwischen den Konstrukten. Damit zeigt sich, wie wichtig eine ausbalancierte Erhebungsstrategie ist, in der weder bestimmte Inhalte noch Operationen überrepräsentiert werden.

Arbeitsgedächtnis und Speed. Sobald Kognitionen höherer Ordnung mit begrenzter Zeit gemessen werden, spielt die Bearbeitungsgeschwindigkeit eine große Rolle. Die Zeitbegrenzung ergibt sich allerdings auch durch den zeitbedingten Verlust der Gedächtnisspur (Barrouillet et al., 2004). Eine langsamere Verarbeitung führt dabei zu einer größeren Wahrscheinlichkeit, mentale Prozesse unzureichend auszuführen, den Zugriff auf Inhalte zu verlieren oder parallele Prozesse weniger erfolgreich abzuschließen. Aufgrund der kognitiven Verlangsamung im Alter (Salthouse, 1992) entstehen vor allem bei älteren Erwachsenen hohe Zusammenhänge zwischen Intelligenz und Bearbeitungsgeschwindigkeit, während die Arbeitsgedächtniskapazität nur wenig zur Varianzaufklärung beiträgt (Kail & Salthouse, 1994). Auch Verhaeghen und Salthouse (1997) fanden metaanalytisch heraus, dass sich der Zusammenhang zwischen Speed und Reasoning als

Funktion des Alters verändert und bei älteren Erwachsenen höher ist als bei jüngeren Erwachsenen.

Bei jungen Erwachsenen gibt es bezüglich des Zusammenhangs zwischen Arbeitsgedächtnis und Speed differenzierte Befunde: die Speicherfähigkeit ist zeitabhängig, die Aufmerksamkeitskontrolle jedoch nicht. So zeigt sich zwar eine hohe Korrelation (Ackerman et al., 2005), doch diese ist durch die Verknüpfung von Kurzzeitgedächtnis und Speed vermittelt (Engle et al., 1999b). Sobald die gemeinsame Speicherkomponente von Kurzzeitgedächtnis und Arbeitsgedächtnis eliminiert wird, verschwindet dieser Zusammenhang und die Bearbeitungsgeschwindigkeit weist keine eigenständige Vorhersagekraft mehr für die fluide Intelligenz auf. Redick, Unsworth, Kelly und Engle (2012) nutzten für Arbeitsgedächtnis, Speed und Reasoning jeweils drei Indikatoren mit verschiedenen Inhalten, um die latenten Zusammenhänge dieser Konstrukte zu untersuchen. Arbeitsgedächtnis und Speed zeigten keinerlei Zusammenhang und konnten eigenständig je 27 und 18 Prozent der Reasoningvarianz aufklären.

Oberauer und Kollegen (2007) nehmen an, dass die Verknüpfung von Speed und Arbeitsgedächtnis von der Kompatibilität der Reiz-Reaktions-Bindungen innerhalb der Speedaufgaben abhängig ist. Nach diesem Bindungsansatz ist der Einfluss des Arbeitsgedächtnisses umso größer, je weniger intuitiv die geforderte Reaktion ist. Selbst das instruktionsgemäße Drücken einer Taste bei Erscheinen eines Reizes stellt eine künstliche Bindung dar, welche vom Arbeitsgedächtnis aufrechterhalten und vor konkurrierenden Bindungen geschützt werden muss. Unterstützung findet dieser Ansatz durch eine experimentelle Manipulation der Kompatibilität bei Wilhelm und Oberauer (2006).

Wenn nun die Arbeitsgedächtniskapazität im Alter verstärkt von der Bearbeitungsgeschwindigkeit abhängt, müsste ein Training der Geschwindigkeit zu Verbesserungen der Kapazität führen. Peng, Wen, Wang und Gao (2012) untersuchten diese Annahme mit einem fünfwöchigen Training bei 78 älteren Erwachsenen und fanden zwar einen große Trainingseffekt, jedoch keinen Transfer auf das Arbeitsgedächtnis. Die Autoren sehen daher die Ursache für das Altern des Arbeitsgedächtnisses in Defiziten der Aufmerksamkeitskontrolle und nicht in der Geschwindigkeit. Auch in der mehrjährigen ACTIVE-Studie (Advanced Cognitive Training for Independent and Vital Elderly) wies die Gruppe mit zehnstündigem Speedtraining ($N = 702$, mittleres Alter: 74 Jahre) nur Trainings- und keine Transfereffekte auf (Willis, Tennstedt, Marsiske, Ball, Elias, Koepke et al., 2006). Eine höhere Geschwindigkeit führt somit nicht zu Verbesserungen in höheren kognitiven Fähigkeiten wie Reasoning, sodass die Speed-Hypothese – wie bereits in Abschnitt 3.1 beschrieben – nicht für alle altersbedingten Verluste als Erklärung dienen kann. In der

hier vorliegenden Studie sind Prädiktor und Kriterium vertauscht, da unter anderem der Effekt von Arbeitsgedächtnistraining auf Speed untersucht wird. Die vorgestellten Befunde sprechen gegen einen potenziellen Transfer.

4.5 Neuronale Grundlagen des Arbeitsgedächtnisses

Dieser Exkurs in die neuronalen Grundlagen des Arbeitsgedächtnisses dient einem tieferen Verständnis für das Transferpotenzial von Arbeitsgedächtnistraining. Aufgrund der vielfältigen Verknüpfungen in andere Hirnregionen und der besonderen Verarbeitungsfähigkeiten ist der Präfrontalkortex (PFC) der Bereich, der am ehesten mit dem Arbeitsgedächtnis zusammenhängt (Braver, Gray & Burgess, 2007), speziell der dorsolaterale PFC (Kane & Engle, 2002). Der PFC ist maßgeblich für das Aufrechterhalten von Zielen und anderen Kontextinformationen verantwortlich, welche in die Verarbeitung anderer Regionen einbezogen werden können. Grundlage hierfür sind interaktive Bahnen, die den PFC unter anderem mit dem hippocampal-medialen Temporalkortex, dem dopaminergen System des Mittelhirns sowie dem anterioren cingulären Kortex verbinden. Mittels der Verknüpfung zwischen hippocampal-medialen Temporalkortex und PFC sind schnelle assoziative Bindungen von aktivierten Repräsentationen möglich, welche die Speicherkomponente des Arbeitsgedächtnisses unterstützen (O'Reilly, Braver & Cohen, 1999). Kane und Engle (2002) konnten beobachten, dass die auf einige Zielreize gerichteten Zellen im dorsolateralen PFC auch während Ablenkung oder Verzögerungen durch eine zweite Aufgabe aktiviert bleiben, was die Autoren als Aufrechterhaltung von zielrelevanten Informationen interpretieren. Zudem zeigten MacDonald und Christiansen (2002) die Vorhersagekraft der Aktivierung des dorsolateralen PFC vor einem (mittels Hinweisreiz angekündigtem) inkongruenten Stroop-Reiz für die tatsächliche Fähigkeit, das routinierte Lesen des Wortes zu Gunsten des Aufgabenziels zu unterdrücken und stattdessen die Farbe des Worts zu benennen.

Von Interesse sind nicht nur die beteiligten Areale während der Bearbeitung von Arbeitsgedächtnisaufgaben, sondern auch die Veränderungen, welche durch ein Training des Arbeitsgedächtnisses hervorgerufen werden. Dieses führt sowohl zu einem Anstieg als auch einem Abfall neuronaler Aktivität (Brehmer, Rieckmann, Bellander, Westerberg, Fischer & Bäckman, 2011). Ein Anstieg wird als Potenzial verstanden, zusätzliche Hirnregionen nutzen zu können (Lustig, Shah, Seidler & Reuter-Lorenz, 2009), und ein Abfall als effektivere Verarbeitung (Dahlin, Nyberg, Bäckman und Neely, 2008b). Brehmer und Kollegen (2011) konnten nach einem fünfwöchigen Training bei Personen mit großen Verbesserungen der Arbeitsgedächtniskapazität in anterior cingulären, inferior parietalen und limbischen (hippocampalen) Regionen eine verringerte Aktivität nachweisen. Verglichen mit einer aktiven Kontrollgruppe, welche identische Aufgaben

auf einem geringeren Niveau bearbeitete, zeigte sich zudem ein starker Abfall im dorsolateralen PFC, in superior temporalen sowie okzipitalen Regionen. Einen Anstieg der Aktivität konnte bilateral im Thalamus, linken mittleren Frontalregionen und bilateral im Nukleus Caudatus gefunden werden. Die Autoren fassen diese Befunde zu einem Aktivitätsabfall in neokortikalen gedächtnis- und aufmerksamskeitsrelevanten Arealen und einem Anstieg in subkortikalen Arealen zusammen. Park, Gutchess, Meade und Stine-Morrow (2007) interpretieren die zusätzliche neuronale Aktivierung als Zeichen von Kompensation durch Nutzung anderer Strukturen oder Reorganisation neuronaler Netzwerke.

Ob ein Transfer auftritt, hängt von der Anzahl der ähnlichen Merkmale von Trainings- und Transferaufgaben ab (vgl. Abschnitt 5.1). Diese Überlappungen beziehen sich jedoch nicht nur auf die Trainingssituation oder das Reizmaterial, Transfer wurde darüber hinaus auch neuropsychologisch betrachtet. Ein Transfer von Arbeitsgedächtnistraining auf andere Fähigkeiten ist demnach nur möglich, wenn deren aktivierte Hirnareale Schnittmengen aufweisen (u. a. Dahlin, Bäckman, Neely & Nyberg, 2009) und somit die zugrunde liegenden Prozesse beider Konstrukte dieselben neuronalen Netzwerke beanspruchen (Olesen, Westerberg & Klingberg, 2004). Dahlin, Neely, Larsson, Bäckman und Nyberg (2008a) identifizierten das Striatum als entscheidendes Areal bei Transfer von Arbeitsgedächtnistraining.

Neben den strukturellen Zuordnungen des Arbeitsgedächtnisses konnten auch biochemische Korrelate gefunden werden. Gute Leistungen in Arbeitsgedächtnisaufgaben gehen mit einer vermehrten Freisetzung von Dopamin einher (Aalto, Brück, Laine, Nägren & Rinne, 2005) und eine Manipulationen des Dopaminspiegels durch Hemmung der Dopamin-D1-Rezeptoren führten bei jüngeren Erwachsenen zu bedeutsamen Verschlechterungen in einer visuellen Arbeitsgedächtnisaufgabe (Müller, von Cramon & Pollmann, 1998). Der dopaminerge Einfluss zeigte sich nach einem fünfwöchigen Arbeitsgedächtnistraining: Ein hohes Maß an Verbesserung in verschiedenen Arbeitsgedächtnisaufgaben hing mit einer größeren Dichteveränderung der D1-Rezeptoren zusammen (McNab, Varrone, Farde, Jucaite, Bystritsky, Forssberg et al., 2009). Damit wird das reziproke Zusammenspiel von kognitiven Fähigkeiten und biochemischen Prozessen deutlich.

5 Kognitives Training

5.1 Transferweite

Bevor verschiedene Trainingsstudien vorgestellt werden, soll zunächst das Ziel eines jeden Trainings betrachtet werden. Die Übertragung von Lerninhalten auf Situationen außerhalb des Interventionskontextes wird als Transfer bezeichnet (Mähler & Stern, 2006). Transfer stellt somit einen nichttrivialen Lerneffekt auf Aufgaben dar, welche nicht geübt wurden (Klauer, 2011). Howard (2000) definiert Transfer ähnlich als Ausweitung von prozeduralem, deklarativem, semantischem sowie nicht-semantischem Wissen und Thorndike (1903) beschreibt Transfer mittels einer Theorie der identischen Elemente, in der Transfer eine Funktion der Anzahl überlappender Aufgabenelemente darstellt. Folgender Konflikt liegt nun vor: Transfer braucht zum einen Überlappungen zwischen den Trainings- und Transferaufgaben, zum anderen darf aufgabenspezifische Varianz nicht mit Transfereffekten verwechselt werden.

Thorndike und Woodworth (1901) sprechen von nahem Transfer, wenn sich die trainierten und untrainierten Aufgaben in verschiedenen Merkmalen (z. B. Reizmaterial, Prozessanforderungen oder Aufbau) sehr ähnlich sind, und von fernem Transfer, wenn sie nur wenige bis keine gemeinsame Bestandteile aufweisen. Ein Defizit an Thorndikes Theorie ist somit, dass nur naher Transfer vorhergesagt werden kann und Situationen, in denen kaum Übereinstimmungen vorliegen (d. h. ferner Transfer), keine Berücksichtigung finden (Royer, 1979). Bei der Transferweite ist vor allem die Reihenfolge wichtig: wenn ein Training nicht zu nahem Transfer führt, ist ferner Transfer nicht zu erwarten (Shipstead et al., 2012).

Es gibt keine feste Grenze, ab der ein Transfer als nah oder fern gilt, es handelt sich vielmehr um ein Kontinuum. Salomon und Perkins (1989) nehmen daher eine Unterscheidung zwischen *low-road*-Transfer und *high-road*-Transfer vor. Ersterer bezieht sich auf einen spontanen Transfer von überlernten Fähigkeiten (z. B. einen Kleinbus fahren, obwohl zuvor nur Kleinfahrzeuge gesteuert wurden) und letzterer auf eine bewusste Abstraktion von Wissen oder Fähigkeiten auf eine neue Situation (z. B. Lernstrategien aus der Schulzeit auf das Zeitmanagement im Beruf übertragen). Innerhalb des *high-road*-Transfers unterteilen die Autoren weiterhin in vorwärts- und rückwärtsreichenden (*forward-reaching* und *backward-reaching*) Transfer, womit eine Art top-down/bottom-up-Eigenschaft gemeint ist: Das übertragene Wissen kann sich entweder spontan für das neue Problem anbieten oder es wird gezielt als passende Strategie identifiziert. Ferner Transfer erfordert demnach eine hohe Abstraktionsfähigkeit, jedoch sind sich die notwendigen Prozesse bei ausreichend hohem Abstraktionsgrad derart ähnlich, dass streng genommen nicht mehr von fernem Transfer gesprochen werden kann (Buschkühl, 2007).

Bis heute existieren keine übereinstimmenden Kriterien bezüglich der Ähnlichkeit von Aufgaben, an denen die Transferweite bestimmt werden könnte (Perrig, Hollenstein & Oelhafen, 2009). Barnett und Ceci (2002) beschreiben lediglich sechs Dimensionen, die jedoch kaum Anwendung finden: Modalität, Wissensdomäne, physikalischer, zeitlicher, funktionaler und sozialer Kontext. Neben diesen zweistufigen Theorien (naher und fernen Transfer) geht Klingberg (2010) von drei Stufen des Transfers aus. Zunächst gibt es den Transfer zu Aufgaben der gleichen Fähigkeit, jedoch mit verschiedenem Stimulusmaterial oder Antwortmodus, die nächste Stufe bezeichnet den Transfer zu anderen kognitiven Konstrukten und die letzte Stufe schließlich den Transfer in den Alltag. Vor allem die Erweiterung um Alltagsprozesse ist hier relevant.

Eine weitere Möglichkeit, die Transferweite zu bestimmen, geben Modelle zur kognitiven Architektur, wie beispielsweise die *Three-Stratum-Theorie* von Carroll (1993). Darin werden drei Generalitätsebenen beschrieben: Die oberste Schicht bildet die allgemeine Intelligenz, auf mittlerer Hierarchieebene befinden sich acht Fähigkeiten (*broad abilities*, unter anderem die fluide und kristalline Intelligenz), denen auf der untersten Schicht 69 spezifische Fähigkeiten (*narrow abilities*) zugeordnet sind. Die Weite eines Transfers ergibt sich nun aus der hierarchischen Struktur: Zeigen sich Verbesserungen in Fähigkeiten innerhalb derselben spezifischen Fähigkeit auf der ersten Schicht, beispielsweise bei einem gleichen Aufgabentyp mit unterschiedlichem Reizmaterial, kann von nahestem (*nearest*) Transfer gesprochen werden. Aufgaben, welche derselben breiten Fähigkeit zugeordnet sind, aber einer anderen spezifischen Fähigkeit angehören, ermöglichen den Nachweis von nahem (*near*) Transfer. Ferner (*far*) Transfer liegt schließlich vor, wenn Verbesserungen in einer Aufgabe innerhalb einer anderen breiten Fähigkeit auf der zweiten Schicht gelingen.

Ein Transfer von Arbeitsgedächtnistraining auf andere Arbeitsgedächtnisaufgaben gilt übereinstimmend als naher (bzw. nahester) Transfer. Das Arbeitsgedächtnis zeigt sowohl mit dem Kurzzeitgedächtnis, der Bearbeitungsgeschwindigkeit, als auch dem Reasoning große Überlappungen auf (vgl. Abschnitt 4.4) und nun soll die Transferweite bestimmt, welche von der Anzahl übereinstimmender Merkmale abhängt. Aufgaben zu Arbeitsgedächtnis- und Kurzzeitgedächtniskapazität teilen sich die Speicheranforderung und sind diesbezüglich ähnlich aufgebaut (zumindest mit komplexen Spannenaufgaben, Updating eher weniger), unterscheiden sich aber in der Verarbeitungskomponente (vgl. Abschnitt 4.3). Der Transfer ist somit weder nah noch fern, sondern zwischen diesen Polen anzusiedeln. Aufgaben zu Speed und Reasoning haben vollständig andere Merkmale als Arbeitsgedächtnisaufgaben, es werden lediglich ähnliche Prozesse bei Reasoning angenommen. Beides stellt somit einen fernen Transfer dar.

5.2 Übersicht über die Trainingsliteratur

Unter kognitivem Training werden sämtliche Aktivitäten verstanden, die die kognitiven Fähigkeiten herausfordern und Lernen hervorrufen sollen. Wie in Abschnitt 5.1 beschrieben, bedeutet Transfer den Grad, in dem sich eine erlernte Fähigkeit in einem neuen, nahen oder fernen Kontext zeigt (Buitenweg, Murre & Ridderinkof, 2012). Während lange Zeit die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses als stabiler und somit limitierender Faktor angesehen wurde, gab es in den letzten Jahren mehrfach Hinweise darauf, dass gezieltes Training eine Erweiterung der Kapazität ermöglicht (Klingberg, Fernell, Olesen, Johnson, Gustafsson, Dahlström et al., 2005; Westerberg & Klingberg, 2007). Zusätzlich führte Training auch zu Verbesserungen in weiteren kognitiven Fähigkeiten, denen eine wichtige Rolle in alltäglichen Problemen zukommt (Morrison & Chein, 2011). Die Grundlage für den fernen Transfer bilden die gemeinsamen Limitierungen von Arbeitsgedächtnis und Intelligenz (Kyllonen & Christal, 1990).

Das Interesse am Training des Arbeitsgedächtnisses ist vor allem auf dessen Relevanz außerhalb des Labors zurückzuführen. Korrelative Zusammenhänge konnten zwischen der Arbeitsgedächtniskapazität und Leseverständnis (Daneman & Carpenter, 1980; Turner & Engle, 1989), Schulleistungen (Cowan et al., 2005; Turner & Engle, 1989), dem Erlernen von Programmiersprachen (Shute, 1991), Multitasking (Bühner, König, Pick & Krumm, 2006; Hambrick, Oswald, Darowski, Rench & Brou, 2010), Emotionsregulation (Kleider, Parrott & King, 2010), dem Ausführen von Plänen, während sie in einem aktivierten Zustand gehalten werden (Kliegel, McDaniel & Einstein, 2000), sowie einigen anderen Aspekten des alltäglichen Lebens gefunden werden. Die Hoffnung vieler Forscher bestand somit darin, diese Fähigkeiten mit einem Training der Arbeitsgedächtniskapazität zu verbessern.

Im Folgenden werden einige Trainingsinterventionen für Arbeitsgedächtniskapazität und Exekutivfunktionen hinsichtlich ihres Designs und den Ergebnissen (Effektstärken sind Korrelationen r , Cohen's d oder η^2) getrennt nach Altersgruppen dargestellt. Wenn nicht anders vermerkt, wurden zur Operationalisierung von Reasoning stets die Raven-Matrizen und für Interferenz bzw. Inhibition die Stroop-Aufgabe genutzt. Im Anschluss folgen kritische Überlegungen bezüglich der genutzten Methodik, woraufhin auf notwendige Merkmale einer nahezu optimalen Trainingsstudie geschlossen wird.

5.2.1 Training der Arbeitsgedächtniskapazität

Training mit jüngeren Erwachsenen. Zunächst werden Trainingsstudien betrachtet, welche Updating-Aufgaben nutzten. Jaeggi, Buschkuhl, Jonides und Perrig (2008) entwickelten die sehr

anspruchsvolle duale N-Back-Aufgabe, bei der Konsonanten auditiv und Punktpositionen visuell verfolgt werden müssen. Eine studentische Stichprobe ($M = 26$ Jahre) trainierte fast täglich 25 Minuten und verbesserte sich im numerischen Arbeitsgedächtnis ($\eta^2 = .17$) sowie Reasoning ($\eta^2 = .07$), nicht jedoch im verbalen Arbeitsgedächtnis. Das Training war adaptiv, womit die Anpassung der Schwierigkeit an die Fähigkeit einer Person gemeint ist, sodass die Aufgabe bei sehr guter Leistung schwerer wird und auch wieder leichter, wenn Fehler passieren. Jaeggi und Kollegen (2008) variierten zudem die Trainingsintensität zwischen 8, 12, 17 und 25 Sitzungen und fanden einen starken Zusammenhang zwischen Intensität und Trainingserfolg. Moody (2009) kritisierte an dieser Studie unter anderem den Einsatz verschiedener Reasoningtests, da Transfer-effekte nur dort auftraten, wo der Raven genutzt wurde (12-25 Sitzungen), und das Ausbleiben des Transfers bei acht Sitzungen auf den Nutzen eines anderen Instruments (*Bochumer Matrizen Test*, BOMAT; Hossiep, Turck & Hasella, 1999) zurückgeführt werden könnte. Des Weiteren gab es eine starke Verkürzung der BOMAT-Testzeit von 45 auf 10 Minuten, sodass den Teilnehmern keine der schweren Aufgaben des sich steigenden Matrizentests vorgelegt wurden, was Jaeggi, Studer-Luethi, Buschkühl, Su, Jonides und Perrig (2010b) als Kritik allerdings zurückwiesen.

Chooi und Thompson (2012) wollten die Befunde von Jaeggi und Kollegen (2008) ohne deren methodische Mängel replizieren. Sie definierten und operationalisierten Intelligenz anhand des aus drei Faktoren bestehenden VPR-Modells (Johnson & Bouchard, 2005: verbal [v], wahrnehmungsgebunden [perceptual, p] und mentale Rotation [r]) und stellten die Hypothese auf, dass Arbeitsgedächtnistraining keinen Einfluss auf verbale oder wahrnehmungsgebundene Elemente der Intelligenz nimmt, sondern lediglich auf die räumlichen Fähigkeiten in Matrizenaufgaben. Die Experimentalgruppe, aktive und passive Kontrollgruppe hatten je zwei Bedingungen mit acht oder zwanzig Tagen Differenz zwischen Vor- und Nachtest, wodurch eine potenzielle Abhängigkeit des Transfers von der Trainingsdosis (d. h. Trainingsumfang) untersucht werden sollte. Das 30-minütige Training fand an vier Tagen pro Woche statt, an denen die aktive Kontrollgruppe mit einem ähnlichen Format wie die Experimentalgruppe trainierte, jedoch ohne die Komplexität und Adaptivität der Trainingsaufgabe. Nachdem ein Viertel der Teilnehmer die Studie abgebrochen hatte, sank die Stichprobengröße auf 93 Studierende für die sechs Gruppen. Chooi und Thompson (2012) fanden weder Trainingseffekte für die duale N-Back-Aufgabe, noch Transfereffekte für Reasoning, jedoch zeigten sich eventuell nur keine Verbesserungen aufgrund der sehr kleinen Gruppengrößen (z. B. 9 Personen in der 8-Tage-Experimentalgruppe). Hinzu kommt, dass die Teilnehmer zwar zu Beginn randomisiert wurden, allerdings hatten sie die Möglichkeit, im Verlauf der Studie zur passiven Kontrollgruppe zu wechseln. Von zeitlichen

Beweggründen abgesehen wurde dies sicher vor allem von weniger erfolgreichen und unmotivierten Teilnehmern genutzt, was potenzielle Effekte verstärken würde. Zudem kam es zu einer ungleichen Gruppenbesetzung mit 22 Personen in der Experimentalgruppe und 45 Personen in der passiven Kontrollgruppe.

Auch in einer weiteren Studie mit der dualen N-Back-Aufgabe konnte kein ferner Transfer nachgewiesen werden, obwohl hier die Power (= Teststärke) ausreichend hoch war. Redick, Shipstead, Harrison, Hicks, Fried, Hambrick und Kollegen (2012) ließen 24 Studierende in zwanzig Sitzungen trainieren, während 29 in der aktiven Kontrollgruppe visuelle Suchaufgaben lösten und weitere 20 einer passiven Kontrollgruppe angehörten. Mittels verschiedener Testverfahren wurden die latenten Konstrukte fluide Intelligenz, Multitasking, Arbeitsgedächtniskapazität, kristalline Intelligenz und Wahrnehmungsgeschwindigkeit erfasst, doch trotz eines guten Trainingseffekts fanden sich keine signifikanten Interaktionseffekte. Die Autoren räumen Deckeneffekte bei einigen Reasoning-Aufgaben sowie Reliabilitätsmängel ein, welche den Transfer möglicherweise verhinderten.

Salminen, Strobach und Schubert (2012) führten bei zwanzig Studierenden ebenfalls ein vierzehntägiges Training mit der dualen N-Back-Aufgabe durch und verglichen sie mit einer passiven Kontrollgruppe aus achtzehn Studierenden. Sie berichten einen Transfer auf eine andere Updating-Aufgabe ($\eta^2 = .09$), nicht jedoch auf Reasoning, womit erneut vor allem naher Transfer nachgewiesen werden konnte. Obwohl die Studie bezüglich der Stichprobengröße, des Einzelaufgaben-Designs (pro Konstrukt nur eine Aufgabe) sowie des Fehlens einer aktiven Kontrollgruppe kritisierbar ist, wurde hier erstmalig der Transfer von Arbeitsgedächtnistraining auf die Switching-Fähigkeit untersucht, welche die Aufmerksamkeitskontrolle im Rahmen verschiedener Arbeitsgedächtnismodelle widerspiegelt. Tatsächlich fand sich ein bedeutsamer Interaktionseffekt bei den generellen Reaktionszeitkosten (Zeit in gemischten vs. Einzelblöcken, $\eta^2 = .12$), was die Relevanz der Arbeitsgedächtniskapazität innerhalb von Switching-Aufgaben vor allem für das Aufrechterhalten mehrerer Aufgabensets zeigt. Der fehlende Transfer auf die spezifischen Kosten (Zeit vor und nach einem Wechsel innerhalb eines gemischten Blocks) weist hingegen darauf hin, dass dieser lokale Prozess unabhängig von der Speicherfähigkeit ist, sondern hier ausschließlich kontrollierte Aufmerksamkeit notwendig ist (vgl. Abschnitt 4.3).

Jaeggi, Buschkuhl, Jonides und Shah (2011) führten ein einmonatiges Training mit durchschnittlich neunzehn Sitzungen durch, wobei die Experimentalgruppe ($N = 32$) eine adaptive räumliche N-Back-Aufgabe (diesmal nicht dual) und die aktive Kontrollgruppe ($N = 30$) kristalline Elemente wie Wissen und Vokabular spielerisch trainierte. Das Kriterium stellte die Reason-

ing-Fähigkeit dar, welche mit zwei Aufgaben erfasst wurde, und nach drei Monaten erfolgte eine *Follow-Up*-Erhebung (d. h. eine erneute Erhebung der Fähigkeiten aus Prä- und Posttest). Trotzdem sich ein starker Trainingseffekt zeigte, gab es keinen Transfer auf Reasoning. Die Autoren nahmen an, dass der Trainingsgewinn den Transfer moderiert, sodass sie die Experimentalgruppe am Median des Trainingsgewinns teilten ($2 \times N = 16$). Während die Gruppe mit geringem Gewinn keinen bedeutsamen Trainingseffekt aufwies und sich nicht von der aktiven Kontrollgruppe unterschied, zeigte die Gruppe mit hohem Gewinn ab der vierten Woche eine starke Verbesserung und ihr gelang zudem der Transfer auf beide Reasoning-Aufgaben. Trainingsgewinn und Verbesserung im Reasoning hingen positiv miteinander zusammen und die Gruppenunterschiede blieben auch in der *Follow-Up*-Erhebung bestehen. Jaeggi und Kollegen (2011) schlossen daraus, dass die Wirksamkeit kognitiven Trainings interindividuell unterschiedlich ist und die Identifikation effektiver Trainingsarten für einzelne Personengruppen in den Forschungsfokus rücken sollte. Im Studiendesign fehlte eine passive Kontrollgruppe, zudem verhindert die kleine Gruppengröße nach der Dichotomisierung vertrauenswürdige Aussagen.

Nun folgen Trainingsstudien mit komplexen Spannenaufgaben. Chein und Morrison (2010) trainierten die Arbeitgedächtniskapazität von 42 Studierenden für vier Wochen in zwanzig Sitzungen (je 30-45 Minuten) mit der Reading Span (die Speicherelemente stellten jedoch Buchstaben statt Wörter dar) und der Symmetry Span. Das Training war adaptiv und mit zwei Aufgaben verschiedenen Inhalts hinreichend vielfältig. Während kein Transfer auf Reasoning stattfand, zeigten sich mittlere Effekte für Leseverständnis ($d = .58$) und Inhibition ($d = .57$) sowie ein starker Effekt für die Kurzzeitgedächtnisspanne ($d = 1.42$), allerdings repräsentierten auch hier einzelne Aufgaben komplexe Konstrukte.

In einer weiteren Untersuchung trainierten 173 Studierende in drei Sitzungen Kurzzeit- und Arbeitsgedächtnis (Aufgaben: Reading Span, Computation Span, Dot Matrix) sowie 115 Studierende Bearbeitungsgeschwindigkeit und Aufmerksamkeit, wobei als Kriterium vier Reasoning-Aufgaben dienten (Colom, Quiroga, Shih, Martínez, Burgaleta, Martínez-Molina et al., 2010). Beide Gruppen verbesserten sich in ähnlichem Umfang im Kriterium ($d = .51$ sowie $d = .70$) und wiesen daher keine Unterschiede im Nachtest auf. Die Autoren interpretierten dies dahingehend, dass trotz der Verbindung von Reasoning und Arbeitsgedächtniskapazität letzterem keine besondere Rolle bei der Trainierbarkeit der fluiden Intelligenz zukommt, sondern die Verbesserung lediglich auf Wiederholungseffekte zurückzuführen ist. Kritisch an dieser Untersuchung ist allerdings der sehr kleine Trainingsumfang, die eingeschränkte Kriteriumsvarianz durch die homogene Stichprobe sowie das nicht-adaptive Vorgehen (die Schwierigkeit der Trainingsaufgaben variierte zufällig). Zudem wurde in der zweiten Gruppe Aufmerksamkeitskontrolle trainiert, wel-

che eine besondere Rolle in komplexen Spannaufgaben, dem Arbeitsgedächtniskonzept sowie der fluiden Intelligenz spielt (u. a. Unsworth & Engle, 2007a). Ein Vergleich der zwei Gruppen ist somit nicht aussagekräftig und eine passive Kontrollgruppe fehlte.

Training mit älteren Erwachsenen. Ein Training des Arbeitsgedächtnisses ist vor allem dann sinnvoll, wenn dessen Begrenzung für Individuen im Alltag hinderlich ist (Klingberg, 2010). Neben klinischen Populationen aus Aufmerksamkeitsdefizit- oder Schlaganfallpatienten gilt dies vor allem für ältere Erwachsene. Die zugrundeliegende Annahme ist, dass ein Training bei älteren Erwachsenen zur Verlangsamung des kognitiven Abfalls führen könnte, da die zum Teil neuartigen Trainingsinhalte bestehende neuronale Netzwerke reaktivieren und erweitern (Orrell & Sahakian, 1995).

Mit 32 älteren Erwachsenen ($M = 80$ Jahre) führten Buschkühl, Jaeggi, Hutchison, Perrig-Chiello, Däpp und Kollegen (2008) in einem Zeitraum von zwölf Wochen (23 Sitzung mit je 45 Minuten) ein adaptives Training von Arbeitsgedächtniskapazität (mit einer der Rotation Span ähnlichen Aufgabe) und Bearbeitungsgeschwindigkeit durch und fanden einen bedeutsamen Effekt von $r = .58$ für die räumliche Arbeitsgedächtniskapazität, nicht jedoch für die verbal-numerische Arbeitsgedächtniskapazität oder episodisches Gedächtnis. Transfer gelang hier somit jeweils nur auf eng verwandte Aufgaben mit ähnlichem Reizmaterial. Buschkühl und Kollegen (2008) führten zusätzlich eine Follow-Up-Erhebung nach einem Jahr durch und fanden keinerlei Gruppenunterschiede, wobei die Stichprobengröße zu diesem Zeitpunkt nur noch bei 22 Personen lag. Dies und die erneute Nutzung von Einzelaufgaben verhindern eine Generalisierung. Das Besondere an der Untersuchung ist allerdings das hohe Alter der Teilnehmer (sogenannte *old-olds*), denn selbst ein naher Transferbefund ist hier von großer praktischer Relevanz und weist auf die erhaltene Plastizität der kognitiven Fähigkeiten (in Abwesenheit von Krankheiten) im fortgeschrittenen Alter hin.

Borella, Carretti, Riboldi und De Beni (2010) ließen zwanzig Personen zwischen 65 und 75 Jahren (sogenannte *young-olds*) innerhalb von zwei Wochen in drei einstündigen Sitzungen eine verbale Kategorisierungsaufgabe trainieren, welche ähnlich den komplexen Spannaufgaben eine Verarbeitungs- und eine Speicherkomponente beinhaltet. Dabei konnten sie, verglichen mit einer passiven Kontrollgruppe, einen Transfer zu räumlicher Arbeitsgedächtniskapazität ($\eta^2 = .35$), numerischer Kurzzeitgedächtnisspanne ($\eta^2 = .51$), Reasoning ($\eta^2 = .22$), Inhibition ($\eta^2 = .08$) sowie Verarbeitungsgeschwindigkeit ($\eta^2 = .19$) aufzeigen. In einer Follow-Up-Untersuchung nach acht Monaten zeigten die Teilnehmer der Trainingsgruppe nur bei Reasoning und Verarbeitungsgeschwindigkeit bessere Leistungen. Borella und Kollegen (2010) begründen

ihre außergewöhnlich positiven Befunde mit Besonderheiten der Trainingsaufgabe, da sich die Schwierigkeit nicht nur durch eine Erhöhung der Speichieranforderung an die Fähigkeiten anpasste, sondern auch die Bearbeitungskomponente anspruchsvoller wurde (stufenlose Adaptivität). Weitere Vorzüge sehen die Autoren im jüngeren Alter der Teilnehmer (young-olds statt old-olds) und der sehr kurzen, dreistündigen Intervention. Es können jedoch auch sehr starke Erwartungs- und Motivationseffekte eine Rolle gespielt haben, da jede Trainingssitzung im Einzelsetting durchgeführt wurde und die Teilnehmer stets engen Kontakt zum Versuchsleiter hatten. Da auch hier die aktive Kontrollgruppe fehlt, kann diese Begründung nicht ausgeschlossen werden.

Bei 40 älteren Erwachsenen zwischen 60 und 80 Jahren führten Richmond, Morrison, Chein und Olson (2011) in zwanzig Sitzungen mit je 30 Minuten innerhalb von vier bis fünf Wochen ein Training der räumlichen und verbalen Arbeitsgedächtniskapazität mittels komplexer Spannaufgaben durch. Während Verbesserungen im verbalen Arbeitsgedächtnis ($d = 1.08$) sowie im episodischen Gedächtnis ($d = .88$) erzielt werden konnten, blieb das Training für numerische Arbeitsgedächtniskapazität und Reasoning erfolglos. Besonders hervorzuheben ist hier der Versuch, einen Transfer im Alltag mittels einer objektiven Methode (*Test of Everyday Attention*; Robertson, Ward, Ridgeway & Nimmo-Smith, 1994) zu erfassen, auch wenn dieser nicht stattfand. Die Altersspanne ist unter Umständen zu groß, um Gruppenunterschiede neben der intraindividuellen Variabilität zu erkennen.

Training mit jüngeren und älteren Erwachsenen. Um Altersunterschiede in der kognitiven Plastizität zu untersuchen, verglichen einige Autoren die Trainingsergebnisse von jüngeren und älteren Personengruppen. Li, Schmiedek, Huxhold, Rocke, Smith und Lindenberger (2008) ließen jüngere und ältere Erwachsene ($M = 26$ Jahre und $M = 73$ Jahre) innerhalb von acht Wochen (45 Sitzungen mit je 15 Minuten) eine nicht-adaptive, räumliche N-Back-Aufgabe trainieren. Transfereffekte zeigten sich nur für Aufgaben vom gleichen Typ, nicht aber für komplexe Spannaufgaben, wobei keine Effektstärken berichtet wurden. Nach drei Monaten konnte nur noch ein Alterseffekt festgestellt werden. Da sich die Schwierigkeit nicht anpasste, war eine Veränderung innerhalb der sehr kurzen viertelstündigen Sitzungen nicht zu erwarten.

Das fünfwöchige adaptive Training (15 Sitzungen mit je 45 Minuten) mit 32 jüngeren und 32 älteren Erwachsenen ($M = 24$ Jahre und $M = 68$ Jahre) von Dahlin und Kollegen (2008b) bestand aus zwei verschiedenen Updating-Aufgaben. Das Training blieb allerdings für Transfer zu numerischem Updating, Inhibition, numerischer Arbeitsgedächtniskapazität, episodischem Gedächtnis, Reasoning, Wortflüssigkeit und Bearbeitungsgeschwindigkeit erfolglos. Es zeigte sich

lediglich ein naher Transfer zu verbalem Updating in beiden Altersgruppen, allerdings wurde auch hier die Höhe des Effekts nicht berichtet. Die fehlende striatale Aktivierung bei Älteren im Gegensatz zu Jüngeren während der Bearbeitung der Aufgaben deutet auf altersbedingte neuronale Defizite hin, die einen Transfer verhindern (Shipstead et al., 2012). Bei älteren Erwachsenen ist der Trainingserfolg somit durch die abnehmende Plastizität gefährdet.

In der *COGITO*-Studie (Cognition Ergodicity Study of the MPI for Human Development) wurden 101 jüngere Personen ($M = 26$ Jahre) und 103 ältere Personen ($M = 71$ Jahre) auf eine Trainings- und eine Kontrollgruppe aufgeteilt, wobei die Trainingsintensität mit 100 ein- bis eineinhalb-stündigen Sitzungen besonders groß war (Schmiedek, Lövdén & Lindenberger, 2010). Das nicht-adaptive Training bestand neben Speedaufgaben und episodischen Gedächtnisaufgaben aus einer verbalen komplexen Spannaufgabe sowie einer numerischen und räumlichen Updating-Aufgabe und für den Transfer wurden latente Konstrukte aus drei bis vier Aufgaben gebildet. Naher Transfer zu Updating-Aufgaben konnte bei beiden Altersgruppen auf einem latenten Faktor nachgewiesen werden ($d = .36$ für Jüngere und $d = .31$ für Ältere), nicht jedoch zu komplexen Spannaufgaben. Obwohl das Training einen ausreichenden Umfang hatte, konnten die Trainingsgewinne nicht einmal innerhalb desselben Konstrukts auf andere Operationen ausgeweitet werden, was allerdings auch an der fehlenden Adaptivität liegen kann. Für logisch-schlussfolgerndes Denken (latente Effektstärke: .19) und episodisches Gedächtnis (latente Effektstärke: .52) zeigten sich nur bei den Jüngeren Transfereffekte. Interessant ist hier vor allem, dass die Effekte der älteren Teilnehmer bei Einzelaufgaben trotz Ausbleiben eines latenten Transfers zum Teil sehr hoch waren (z. B. Raven: $d = .54$ oder Rotation Span: $d = .60$), was verdeutlicht, wie sehr aufgabenspezifische Eigenschaften die Befunde verzerren und ohne zusätzliche Indikatoren für ein Konstrukt fälschlicherweise Transfereffekte suggerieren können (Shipstead et al., 2012).

Brehmer, Westerberg und Bäckman (2012) führten ein fünfwöchiges adaptives Arbeitsgedächtnistraining (kommerzielle, internetbasierte *Cogmed*-Batterie) mit 55 jüngeren (20- bis 30-Jährige) und 45 älteren (60- bis 70-Jährige) Erwachsenen durch. Im Studiendesign fehlte die passive Kontrollgruppe, es wurde nur eine aktive Kontrollgruppe genutzt, die dieselben Aufgaben auf einer konstant niedrigen Schwierigkeitsstufe bearbeiteten. Der Trainingsumfang betrug zwischen 20 und 25 Sitzungen von jeweils 26 Minuten und neben der Prä- und Posttestung fand eine Follow-Up-Erhebung nach drei Monaten statt. Als Messungen für den fernen Transfer wurden Einzelaufgaben zu Daueraufmerksamkeit, episodischem Gedächtnis, Interferenzkontrolle sowie räumlichem Reasoning genutzt, zusätzlich kam der Cognitive Failures Questionnaire (CFQ; Broadbent, Cooper, Fitzgerald & Parkes, 1982; vgl. Abschnitt 6.4.1) zum Ein-

satz. Die Autoren fanden in beiden Altersgruppen einen nahen Transfer zum Arbeitsgedächtnis (Jüngere: $\eta^2 = .18$; Ältere: $\eta^2 = .05$) und einen fernen Transfer zur Daueraufmerksamkeit ($\eta^2 = .07$) sowie zu selbstberichteten kognitiven Fehlern im CFQ ($\eta^2 = .03$), welche auch nach drei Monaten noch bestanden. Interferenzkontrolle, episodisches Gedächtnis und Reasoning blieben unbeeinflusst vom Training. Da die Teilnehmer ihre Trainingssitzungen unbeobachtet zu Hause durchführten, bestanden keine standardisierten Bedingung, darüber hinaus konnten Störquellen wie andere Personen oder Lärm nicht kontrolliert werden und nicht zuletzt unterschieden sich Trainings- und Transferkontext (Heim vs. Labor) stark voneinander, was Transfereffekte verhindern oder zumindest verringern kann. Eine Metaanalyse mit 21 Untersuchungen zum Trainingserfolg dieses Cogmed-Trainings ergab weder nahen noch fernen Transfer auf Reasoning oder Aufmerksamkeitsleistungen (Shipstead, Hicks & Engle, 2012). Die Autoren weisen auf notwendige Modifikationen hin, sodass neben dem Primärgedächtnis (welches tatsächlich durch Cogmed trainiert wird) auch der Abruf aus dem sekundären Gedächtnis – gemäß des Dualkomponentenmodells von Unsworth und Engle (2007a) – Bestandteil des Trainings wird.

Weitere Reviews und metaanalytische Befunde. Zur Untersuchung der Effektivität und Transferweite von Arbeitsgedächtnistraining wurden bereits einige Literatur-Reviews vorgenommen, welche zu unterschiedlichen Schlussfolgerungen führten. Morrison und Chein (2011) nehmen an, dass zumindest ein Kernttraining (im Gegensatz zu Strategietraining) in der Lage ist, das Arbeitsgedächtnis zu trainieren und Verbesserungen in höheren Kognitionen zu erzielen. Auch Klingberg (2010) kommt aufgrund der neuronalen Aktivierungen während des Trainings und der Plastizität in geteilten neuronalen Netzwerken zu einem positiven Ergebnis, wobei er den Nutzen vor allem für Menschen mit geringer Arbeitsgedächtniskapazität sieht.

Dahlin und Kollegen (2009) bewerten den Aktivierungsanstieg subkortikaler und den Abfall fronto-parietaler Regionen nach Arbeitsgedächtnistraining zwar als Trainingserfolg, sie sind jedoch skeptisch bezüglich eines Transfereffektes und schätzen ihn als höchstens gering ein. Shipstead, Redick und Engle (2010) nehmen sogar an, dass methodische Defizite die Grundlage für sämtliche berichteten Transfereffekte darstellen. Diese Überzeugung teilen Buitengeweg und Kollegen (2012) und fassen zusammen, dass die Ergebnisse verschiedener kognitiver Trainingsstudien weder robust noch konsistent sind. Ferner Transfer trat dabei nur sehr begrenzt und zeitlich nicht überdauernd auf. Um die Effektivität von kognitivem Training zu steigern, schlagen sie Neuheit und Flexibilität als Trainingsmerkmale vor und weisen auf den Nutzen von Entscheidungsverhaltens- und Gedächtnisstrategietraining hin. Neue Stimuli regen die Dopaminausschüttung an, sodass das Gehirn plastischer und lernfähiger wird und zudem Langzeitveränderungen

angeregt werden (Düzel, Bunzeck, Guitart-Masip & Düzel, 2010; vgl. Abschnitt 4.5). Adaptivität des Trainings wird ebenso von den Autoren gefordert wie bildgebende Verfahren, um die strukturellen und funktionellen Veränderungen des Gehirns mit den Fähigkeiten und der Trainierbarkeit von älteren Erwachsenen in Verbindung zu bringen.

Melby-Lervåg und Hulme (2012) führen die inkonsistenten Schlussfolgerungen dieser Reviews zum einen auf die Vielfältigkeit und zum anderen auf die unterschiedliche Qualität der einbezogenen Primärstudien zurück. Um Sicherheit für die theoretischen und praktischen Implikationen des Trainingserfolg zu erlangen, führten sie eine Metaanalyse durch, in der sie viele der methodischen Unterschiede aufnahmen, wie beispielsweise die randomisierte Gruppenzuordnung oder den Nutzen von aktiven oder passiven Kontrollgruppen. Wenn der Publikationsfehler (seltene Veröffentlichung von Nulleffekten) nicht vernachlässigt wird, bieten Metaanalysen aufgrund der Möglichkeit, Studienmerkmale als Prädiktoren aufzunehmen und Studienmängel auszumitteln, besonders aussagekräftige Antworten auf wissenschaftliche Fragestellungen. Für die Trainingsforschung zeigte sich, dass die berichteten Effekte größer bei Kleinkindern und älteren Erwachsenen, einem größeren Trainingsumfang, nichtrandomisierten Designs, aktiven Kontrollgruppen und unselektierten Stichproben waren. Dies galt sowohl für verbales als auch für figural-räumliches Arbeitsgedächtnistraining, wobei sämtliche Effekte bei letzterem kleiner ausfielen. Zusammenfassend stellten Melby-Lervåg und Hulme (2012) fest, dass Arbeitsgedächtnistraining zwar einen kurzfristigen, nahen Transfer ermöglicht, aber kein ferner Transfer zur fluiden Intelligenz oder Inhibition über alle einbezogenen Studien hinweg zu finden war. Dies deutet erneut darauf hin, dass lediglich spezifische Aspekte der Aufgaben und die Aufgabenvertrautheit verbessert werden.

5.2.2 Training der Exekutivfunktionen

Auch die Exekutivfunktionen (Switching, Updating, Inhibition) wurden auf ihre Trainierbarkeit und ihr Transferpotenzial untersucht. Die Updating-Fähigkeit wurde bereits innerhalb des vorherigen Abschnitts 5.2.1 behandelt. Es gab einige Versuche, die Inhibitionsleistung zu verbessern, doch dies blieb meist erfolglos. Zum einen ist es in Aufgaben der Inhibition schwieriger, adaptiv vorzugehen (Klingberg, Fernell, Olesen, Johnson, Gustafsson, Dahlström et al., 2005; Klingberg, Forssberg & Westerberg, 2002), und zum anderen ist Inhibition ein sehr kurzer neuronaler Prozess. Im gleichen Trainingsumfang wie ein Arbeitsgedächtnistraining wird Inhibition daher weniger intensiv geübt (Curtis, Rao & D'Esposito, 2004). Thorell, Lindquist, Bergman Nutley, Bohlin und Klingberg (2009) trainierten zum Beispiel in verschiedenen Gruppen aus Vorschulkindern sowohl Arbeitsgedächtnis als auch Inhibition ($N = 65$). Zusätzlich wurde eine aktive

sowie passive Kontrollgruppe genutzt. Während das fünfwöchige computergestützte Training der Arbeitsgedächtniskapazität zu deutlichen Verbesserungen in geübten und zu Transfereffekten in nicht geübten Aufgaben führte ($d = 1.15$), konnte für das Inhibitionstraining kein Transfer gefunden werden. Als Erklärung diente die unterschiedliche Trainierbarkeit der unterliegenden psychologischen und neuronalen Prozesse. Ein Training der Switching-Fähigkeit ist dem gegenüber deutlich vielversprechender. Sogar bei Mäusen konnte demonstriert werden, dass ein Training mit dualer Anforderung und Interferenz wirksam ist: Light, Kolata, Wass, Denman-Brice, Zagalsky und Matzel (2010) berichten bei trainierten Mäusen über bessere Leistungen in Lernaufgaben als bei einer aktiven Kontrollgruppe, in der die Mäuse einfachere Aufgaben trainierten.

Die Switch-Kosten sind bei älteren Erwachsenen stärker ausgeprägt als bei jüngeren (Cepeda et al., 2001) und dennoch konnten Kramer, Hahn und Gopher (1999) diese Altersunterschiede bereits nach drei Trainingssitzungen nicht mehr feststellen. Zudem fanden die Autoren auch Möglichkeiten, die Reaktionszeitunterschiede zu vergrößern, indem sie die Belastung des Arbeitsgedächtnisses erhöhten und die Intervalle zwischen den Items verkürzten. Größere Reaktionszeiten bei Älteren können nicht durch die generelle Verlangsamung allein erklärt werden, sondern es ist speziell die Switching-Fähigkeit, welche vom Alter betroffen ist (Kramer et al., 1999).

Die Merkmale von Switching-Aufgaben sind zum einen die sequenzielle Bearbeitung (nacheinander) und zum anderen die Bivalenz der Reize, das heißt der Reiz per se gibt keinen Hinweis auf die Antwort. In Doppelaufgaben (*dual tasks*) werden dem gegenüber zwei Aufgabensets parallel bearbeitet und die Reize sind entsprechend univalent. Das Ziel ist eine ausgeglichene Zeitverteilung auf die konkurrierenden Aufgaben, was bereits nach fünf Trainingssitzungen möglich ist (Schumacher, Seymour, Glass, Fencsik, Lauber, Kieras et al., 2001; $N = 8$). Strobach und Kollegen (2012c) nutzten dieselben univalenten Reize für Switching-Aufgaben bei sechzehn jüngeren Erwachsenen und konnten mit sieben Trainingssitzungen die generellen Kosten vollständig eliminieren, während die spezifischen Kosten zwar reduziert, aber dennoch erhalten blieben. Dieses Muster zeigte sich bereits bei anderen Untersuchungen (u. a. Cepeda et al., 2001; Minear & Shah, 2008; Strobach et al., 2012c). Training führt somit zu großen Verbesserungen der Switching-Fähigkeiten und nun kann die Frage nach einem möglichen Transfer gestellt werden.

Karbach und Kray (2009) führten ein Switching-Training mit jeweils 56 Kindern, jüngeren sowie älteren Erwachsenen durch. Neben einer Gruppe mit Einzelaufgaben (ähnlich einer aktiven Kontrollgruppe) gab es eine reine Task-Switching-Gruppe, eine dritte Gruppe verbalisierte

die aktuelle Aufgabenstellung kurz vor der Bearbeitung und die vierte Gruppe arbeitete mit variablen Aufgabensets, um beste Voraussetzungen für den Transfer zu gewährleisten (Borella et al., 2010). Ältere Erwachsene und Kinder produzierten stets höhere Switching-Kosten als junge Erwachsene. Die Trainingseffekte konnten in allen Altersgruppen auf andere, nicht trainierte Switching-Aufgaben übertragen werden (naher Transfer), wobei Ältere und Kinder mehr profitierten und das Switching-Training zu größeren Effekten als das Einzelaufgaben-Training führte. Des Weiteren beobachteten die Autoren geringe, aber signifikante Transfereffekte auf Arbeitsgedächtnis ($\eta^2 = .02$), fluide Intelligenz (u. a. Raven; $\eta^2 = .03$) und Interferenzkontrolle ($\eta^2 = .05$), welche allerdings erst sichtbar wurden, nachdem zur Erhöhung der Power die Daten von drei der vier Gruppen zusammengelegt wurden. In dem Design fehlt eine passive Kontrollgruppe und der Trainingsumfang war mit nur vier Trainingssitzungen von 30-40 Minuten (je eine pro Woche) gering.

Den gleichen Trainingsumfang nutzten Kray, Karbach, Haenig und Freitag (2012) bei zwanzig Jungen mit Aufmerksamkeitsdefizitsyndrom, welche entweder Einzelaufgaben oder Switching-Aufgaben trainierten. Beide Gruppen konnten die Switch-Kosten in einer nicht trainierten Aufgabe verringern, wobei aufgrund der geringen Stichprobe eine zufallskritische Absicherung schwierig ist. Für Reasoning und verbales Arbeitsgedächtnis fanden sich keine Transfereffekte, während beide Gruppen in der Interferenzkontrolle bessere Leistungen erzielten ($\eta^2 = .28$). Neben der kleinen Gruppengröße, dem geringen Trainingsumfang und der Nutzung von Einzelaufgaben ist hier zu bemerken, dass es kaum einen Unterschied machte, ob die Kinder Einzel- oder Switching-Aufgaben bearbeiteten. Der Einsatz einer passiven Kontrollgruppe wäre hier besonders nützlich, um Wiederholungseffekte und ähnliches auszuschließen.

Um Exekutivfunktionen zu trainieren, führten Basak, Boot, Voss und Kramer (2008) ein Videospieltraining mit zwanzig Senioren ($M = 70$ Jahre) durch und verglichen deren Leistungen unter anderem in Arbeitsgedächtniskapazität, Exekutivfunktionen und Reasoning mit denen einer Kontrollgruppe von gleicher Größe. Mit fünfzehn 90-minütigen Sitzungen in vier bis fünf Wochen konnten Verringerungen der Reaktionszeitkosten zwischen einer 1-Back- und einer 2-Back-Aufgabe ($\eta^2 = .10$) sowie Verbesserungen in visuellem Kurzzeitgedächtnis ($\eta^2 = .09$) und Reasoning ($\eta^2 = .11$) erzielt werden. Verbal-numerisches Arbeitsgedächtnis und Inhibition, welche ebenfalls zum Faktor exekutive Kontrolle gezählt wurden, sowie verschiedene Messungen der visuell-räumlichen Aufmerksamkeit blieben unbeeinflusst durch das Videospieltraining. Die berichteten Effekte wurden vermutlich überschätzt, da das Fehlen einer aktiven Kontrollgruppe bei dieser Trainingsart aufgrund der Neuartigkeit für Ältere und den speziellen Motivationseffekten durch ein Spiel besonders schwer wiegt.

5.3 Methodische Schwächen vieler Trainingsstudien

Aufgrund der Vielzahl an methodischen Defiziten ist es schwierig, eine Aussage zu Transfereffekten von kognitivem Training zu treffen, da neben dem Training stets alternative Erklärungen für das Vorhandensein oder Fehlen dieser Effekte vorliegen. Im Folgenden werden einige kritische Aspekte genannt, wobei diese Aufzählung sicher nicht erschöpfend ist. Die Identifikation von methodischen Schwächen soll dabei helfen, eine vielversprechende Untersuchung zu planen, die in der Lage ist, die Frage nach dem Ausmaß der kognitiven Plastizität im Alter hinreichend zu beantworten.

5.3.1 Kritik an erfolgreichem Training

Einzelaufgaben-Design. Sofern ein Transfer berichtet wurde, besteht die Hauptkritik in der Verwendung einzelner Aufgaben, die vollständige Konstrukte darstellen sollen. Wenn aufgabenspezifische Fähigkeiten trainiert und verbessert wurden, stellt dies jedoch keinen Transfer von einer kognitiven Fähigkeit zu einer anderen dar (Morrison & Chein, 2011). Die Relevanz aufgabenspezifischer Verbesserungen bei der Betrachtung von Transfer zeigt sich beispielsweise darin, dass naher Transfer auf unterschiedliche Arbeitsgedächtnisaufgaben (z. B. komplexe Spannaufgaben und N-Back) nicht gefunden wurde, dafür aber innerhalb der gleichen Aufgabengruppe (u. a. Jaeggi et al., 2010b). Auch McArdle und Prindle (2008) sowie Schmiedek und Kollegen (2010) weisen auf die Notwendigkeit hin, keine einzelnen Aufgaben für den Transfernachweis zu nutzen. Es besteht die Gefahr, trotz verbesserter Arbeitsgedächtniskapazität keinen Transfer oder aber einen Transfer trotz erfolgloser Kapazitätssteigerung aufgrund konfundierter Varianz zu entdecken. Erst der Zusammenschluss mehrerer Einzelaufgaben zu einer latenten Fähigkeit ermöglicht einen Nachweis, da er die spezifischen Anteile von Aufgabenanforderung, Inhalt und intendiertem Konstrukt eliminiert (Shipstead et al., 2012). Oberauer und Kollegen (2003) nutzten dieses Vorgehen bereits durch die Postulierung eines facettheoretischen Modells des Arbeitsgedächtnisses, über dessen Facetten (Inhalte und Prozesse) aggregiert wird (vgl. Abschnitt 4.1). Vor allem die einseitige Operationalisierung der fluiden Intelligenz durch visuell-räumliche Aufgaben (Raven-Matrizen) lässt Zweifel an den positiven Ergebnissen aufkommen. Diese repräsentieren zum einen nur einen Teil der Varianz von fluiden Intelligenz und schöpfen das Konstrukt nicht aus (u. a. Conway et al. 2002; Kane et al., 2004). Zum anderen kann die Leistung in dieser Aufgabe nur zu annähernd 60 Prozent durch einen Reasoning-Faktor erklärt werden, jedoch bleiben 40 Prozent unerklärt, welche aufgabenspezifische Komponenten, Wissen oder andere

Fähigkeiten umfassen könnten (Jensen, 1998; Shipstead et al., 2012). In der Untersuchung von Schmiedek und Kollegen (2010; vgl. Abschnitt 5.2.1) wurde die Diskrepanz zwischen Verbesserungen im Raven und fehlendem Transfer auf das latente Reasoning-Konstrukt besonders deutlich.

Erwartungseffekte. Ein weiterer, gravierender Mangel der meisten Studien ist das Fehlen einer aktiven Kontrollgruppe. Bis auf wenige Ausnahmen (z. B. Brehmer et al., 2012; Chooi & Thompson, 2012) nutzte keine der vorgestellten Studie eine aktive Kontrollgruppe, um ihre Transfereffekte von Erwartungseffekten abzugrenzen. Der Erwartungseffekt ähnelt in seiner Wirkung dem Placebo-Effekt, da Versuchspersonen durch die reine Annahme einer Wirkung tatsächlich eine Verbesserung erzielen. Gründe dafür können vermehrter Einsatz bei den Tests oder eine positivere Grundhaltung sein. Shipstead und Kollegen (2010) fassen sämtliche Effekte, welche aufgrund der Unterschiede zwischen Trainings- und Kontrollgruppe entstehen, unter dem Begriff *Hawthorne-Effekt* zusammen. Um diesen Effekt zu kontrollieren, werden aktive Kontrollgruppen eingesetzt. Diese erhalten eine dem Training ähnliche Beschäftigung, die jedoch keine Verbesserung in den relevanten kognitiven Prozessen erwarten lässt. Nur so können Leistungsunterschiede auf das tatsächliche Training zurückgeführt werden und nicht auf andere Umstände. Vor allem subjektive Kriterien sind stark von der Erwartung der Teilnehmer beeinflusst und wenn die Teilnehmer von einem Effekt des Trainings ausgehen, fallen ihre Einschätzungen positiver aus (Aiken & West, 1990).

Es gibt verschiedene Möglichkeiten für die Umsetzung einer aktiven Kontrollgruppe. Holmes, Gathercole und Dunning (2009) verwendeten beispielsweise eine nicht-adaptive Testform und Klingberg und Kollegen (2002) wählten eine geringere Schwierigkeit für die Kontrollgruppe durch weniger Items, mehr Zeit oder weniger Interferenzen. In einigen Untersuchungen wurden auch handelsübliche Computer-Spiele eingesetzt (u. a. Thorell et al., 2009), allerdings werden diese auch aufgrund ihrer multiplen Anforderungen als Trainingsinstrument für Multitasking mit erfolgreichem Transfer auf Doppelaufgaben und Switching-Fähigkeit genutzt (Strobach, Frensch & Schubert, 2012b), sodass sie die Anforderung einer Kontrollgruppe nicht erfüllen. Denkbar sind ebenfalls Gruppendiskussionen oder verschiedene Spiele, damit Häufigkeit und Dauer des Kontakts zum Versuchsleiter mit dem Umfang der Trainingsgruppe übereinstimmen und die aktive Kontrollgruppe ein vergleichbares Gefühl von Involviertheit und Relevanz für die Studie hat. Shipstead und Kollegen (2012) weisen darauf hin, dass diese Arten von aktiver Kontrolle dennoch unterschiedliche Erwartungen in den Teilnehmern wecken. Sie schlagen daher vor, auch in der aktiven Kontrollgruppe adaptive Aufgaben zu nutzen, die jedoch nicht das Arbeitsgedächtnis

ansprechen (beispielsweise ein Geschwindigkeitstraining). Adaptivität bietet eine ständige Rückmeldung und vor allem Abwechslung. Zu beachten ist auch die Gewöhnung an den Computer, was vor allem bei älteren Erwachsenen im Prä-Post-Vergleich bedeutende Scheineffekte hervorrufen kann.

Die berichteten Übungs- oder Transfereffekte waren stets nur sehr begrenzt, kurzfristig, spezifisch und auf jene Aufgaben beschränkt, welche ähnliche Prozesse erforderten wie die geübten Aufgaben. Nicht zuletzt stellten die signifikanten Ergebnisse meist nur kleine Effekte dar, denn obwohl Richtlinien zur Interpretation von Effekten kritisiert wurden, orientieren sich nach wie vor eine Vielzahl von Autoren an der Einteilung nach Cohen (1988), in der beispielsweise eine sechsprozentige Varianzaufklärung in Varianzanalysen als mittlerer Effekt gilt. Schwierig an den meisten Untersuchungen ist zudem, dass sie über kein oder ein nur unzureichend relevantes Außenkriterium verfügen und der Nutzen des Trainings nur in einer verbesserten Testleistung besteht. Es fehlt daher ein Nachweis der Alltagsrelevanz sowie der ökologischen Validität.

5.3.2 Kritik an erfolglosem Training

Den Berichten über positive Transfereffekte stehen auch einige Untersuchungen gegenüber, welche keine oder nur geringe und stark eingeschränkte Transfereffekte aufzeigen. Hierfür gibt es allerdings verschiedene Erklärungen, die notwendige Transfervoraussetzungen betreffen, sodass damit nicht die potenzielle Effektivität von Arbeitsgedächtnistraining in Frage gestellt wird. Generell kann davon ausgegangen werden, dass Effektgrößen bei fernem Transfer deutlich kleiner sind als bei nahem Transfer und die erforderliche Stichprobengröße für das Aufdecken dieser Effekte (Cohen, 1988) in vielen Studien nicht gegeben ist.

Owen, Hampshire, Grahn, Stenton, Dajani, Burns und Kollegen (2010) führten ein sechswöchiges Onlinetraining durch, bei dem über elftausend Versuchspersonen entweder spezifische (u. a. Reasoning, Problemlösen) oder generelle kognitive Fähigkeiten (Kurzzeitgedächtnis, Aufmerksamkeit) adaptiv trainierten oder einer Kontrollgruppe zugeordnet wurden. Da kein Arbeitsgedächtnistraining stattfand, wurde diese Studie, in welcher außer reinen Trainingseffekten keinerlei Transfer produziert wurde, nicht in die Literaturübersicht aufgenommen. Allerdings beinhaltet sie eine Vielzahl an methodischen Defiziten, welche vor allem bei einem Online-Training (z. B. auch Brehmer et al., 2012) auftreten können. Zum einen fehlte die Kontrolle darüber, ob und wie intensiv die Probanden tatsächlich am Training teilnahmen und zum anderen konnte die Übungshäufigkeit selbst bestimmt werden, sodass das heterogene Trainingsvolumen (1-188 Sitzungen) die Ergebnisse ebenso verzerrte wie die sehr große Altersspanne (18-60 Jahre)

der selbstselektierten Stichprobe. Jegliche Form von Selbstbestimmung in kognitiven Interventionen (*self-paced* Training) ist aufgrund fehlender Vergleichbarkeit ungünstig für die Bewertung der Effektivität. Die Anonymität sowie der fehlende Kontakt zum Versuchsleiter verringern die *Compliance* (d. h. Regelkonformität, Kooperation) und Motivation stark. Nicht zuletzt verhindert Heterogenität bezüglich der Trainingsdauer, des Alters, aber auch anderer Merkmale (z. B. Bildung) innerhalb einer Gruppe das Aufdecken von Effekten, da diese Unterschiede als Fehlervarianz betrachtet werden und somit das Verhältnis im varianzvergleichenden *F*-Test ungünstiger wird.

Fehlende Vielfalt und Adaptivität. Einseitige Trainingsaufgaben führen nicht nur zu Motivationsverlusten, Müdigkeit und Langeweile, sondern sie ermöglichen auch den Einsatz spezifischer Strategien, deren Nutzen nur für den begrenzten Aufgaben- und Stimulus-Typ gegeben ist (Maguire, Valentine, Wilding & Kapur, 2003). Untersuchungen mit Gedächtnisexperten zeigen, dass selbst dann, wenn durch verschiedene Techniken wie Chunking oder der Methode der Orte sehr viele Items gespeichert werden können, eine Übertragung dieser Fähigkeit auf anderes Reizmaterial, z. B. von Zahlen auf Silben, nicht möglich ist (Ericsson, Chase & Faloon, 1980; Ericsson & Chase, 1982). Transfereffekte erfordern daher ein Training übergeordneter Fähigkeiten (Kerctraining) und kein Strategietraining (Morrison & Chein, 2011). Bei veränderten Trainingsanforderungen werden neben der jeweiligen Aufgabe auch Metafähigkeiten wie das Enkodieren und Behalten von Informationen, Aufmerksamkeitsverschiebung, Hemmung der nicht mehr relevanten Information sowie Aufmerksamkeitskontrolle geübt. Diese Prozesse fördern Generalisierungen (Kramer, Larish & Strayer, 1995) und somit Transfer.

Erfolgsversprechendes Training sollte neben vielfältigen vor allem adaptive Aufgaben nutzen. Li und Kollegen (2008) fanden beispielsweise vermutlich keine Transfereffekte auf komplexere Aufgaben des Arbeitsgedächtnisses, weil sie die Probanden dieselben Aufgaben wiederholt üben ließen und keine Anpassung an das Leistungsniveau vornahmen. Adaptivität ermöglicht hingegen ein permanentes Arbeiten an der Leistungsgrenze (ähnlich der Zone der nächsten Entwicklung nach Wygotski, 1987), womit Verbesserungen optimal gefördert werden. Neben der höheren Wirksamkeit hat Adaptivität zudem noch ökonomische Vorteile, da die Testzeit kürzer und ein geringerer Trainingsumfang notwendig ist, und nicht zuletzt ist die Motivation höher, wenn keine entmutigenden Aufgaben einer zu hohen Schwierigkeit oder auch langweilige Aufgaben einer zu geringen Schwierigkeit bearbeitet werden müssen.

Generalitätsebene. Die Wahl der Transferaufgaben ist entscheidend für das Studienergebnis. Je mehr zusätzliche Fähigkeits- oder Wissensbestandteile für das erfolgreiche Bearbeiten einer Aufgabe notwendig sind, desto unwahrscheinlicher ist – gemäß dem Linsenmodell von Brunswick (1969) – ein Effekt durch ein Arbeitsgedächtnistraining. Die Generalitätsebene spielt eine wichtige Rolle, da bei der Verknüpfung von Einzelaufgaben und höheren Konstrukten ein Symmetriefehler vorliegt (Wittmann, 1985), welcher einen Transfer unwahrscheinlicher macht. Oberauer und Kollegen (2007) schlagen daher unterschiedliche Aggregationsstufen der Testverfahren vor. Mögliche Zusammenhänge sinken zudem, wenn Aufgaben in unterschiedliche Konstrukte eingeordnet werden, und beispielsweise die Updating-Fähigkeit einmal als Exekutivfunktion (Dahlin et al., 2008a, 2008b) und ein anderes Mal als Arbeitsgedächtnisprozess (Jaeggi et al., 2008) betrachtet wird. Wie im Abschnitt 4.3 dargestellt wurde, erfordern Updating-Aufgaben ebenfalls das Speichern und Verarbeiten von Informationen und können somit dem Arbeitsgedächtnis zugeordnet werden.

Trainingsumfang. Eine intuitive Annahme ist, dass die Trainingsdauer oft nicht ausreichend ist, um einen Transfer zu erzielen, doch es gibt keine feste Grenze, ab wann ein Training als ausreichend lang gilt. Melby-Lervåg und Hulme (2012) ziehen diese Grenze nach der Betrachtung von 23 Trainingsstudien bei acht Stunden und berichten über bessere Erfolge bei längeren Trainings. Wie die Übersicht über die Trainingsliteratur in Abschnitt 5.2 jedoch zeigt, können Transfereffekte sowohl bei kurzer als auch bei langer Dauer auftreten. Während beispielsweise Jaeggi und Kollegen (2008) einen positiven Zusammenhang zwischen der Anzahl der Trainingssitzungen und dem Trainingserfolg berichten, sehen Borella und Kollegen (2010) kürzere Interventionen als effektiver an. Tatsächlich spielt nicht nur der reine Umfang eine Rolle, sondern auch die Abstände zwischen den Sitzungen (Intensität). Trainingspläne mit mehr Sitzungen oder engen Abständen können daher ähnlich effektiv, aber deutlich weniger effizient sein, als weniger Sitzungen mit größeren Abständen. Den Trainingsumfang als Ursache für ausbleibende Effekte ist nach Trainingsabschluss nur schwer auszuschließen. Allerdings sind typische Lernkurven zu Beginn meist sehr steil und flachen im Verlauf stark ab, sodass der Zugewinn ab einigen Trainingssitzungen verhältnismäßig klein wird und den Aufwand des Trainings kaum rechtfertigt (Kray, Eber & Karbach, 2008). In einer Studie von Penner, Vogt, Stöcklin, Gschwind, Opwis und Calabrese (2012) wurde die Intensität direkt untersucht, indem der gleiche Trainingsumfang (16 Sitzungen mit 45 Minuten) zum einen viermal in vier Wochen und zum anderen zweimal in acht Wochen genutzt wurde. Das verteilte Training (2 x 8 Sitzungen) führte zu deutlich größeren Ef-

fekten in Arbeitsgedächtnis und Kurzzeitgedächtnis verglichen mit dem intensiveren Training (4 x 4 Sitzungen) und einer Kontrollgruppe ohne Training.

5.4 Schlussfolgerung zum Training

Die Arbeitsgedächtnis ist ein grundlegendes, kapazitätsbegrenzt kognitives System, welches in vielen höheren Kognitionen eine wichtige Rolle spielt und daher Zusammenhänge mit ihnen aufweist. Transfer nach einem Arbeitsgedächtnistraining ist umso wahrscheinlicher, je weniger zusätzliche Komponenten als Speichern, Verarbeiten und Aufmerksamkeitswechseln für die Leistung in der Transferfähigkeit verantwortlich sind. Aufgaben desselben Konstrukts erfordern keine weiteren Fähigkeiten, weshalb dieser Transfer als nah und sehr wahrscheinlich gilt, während Aufgaben zu Reasoning zusätzliche Fähigkeiten benötigen, welche im Training nicht geübt wurden. Die im nächsten Kapitel 6 näher beschriebenen Alltagsfehler werden neben Kapazitäts- und Aufmerksamkeitskomponenten durch viele andere Aspekte bestimmt, darunter nicht vorhersagbare Situationsmerkmale wie Stress, Emotionen oder Müdigkeit, sodass der Einfluss einer verbesserten Arbeitsgedächtniskapazität gering ist und der Transfer entsprechend als fern und eher unwahrscheinlich (bzw. schwer aufzudecken) gilt. Die Transferweite stellt somit das Ergebnis einer Gleichung aus der Anzahl der verschiedenen Komponenten dar, welche die interessierende Fähigkeit bedingen. Sofern die Leistung aus einer Vielzahl von zusammenspielenden Bestandteilen hervorgeht, kann ein Arbeitsgedächtnistraining allein aufgrund der Asymmetrie nur wenig Einfluss nehmen.

Um den Befunden einer Trainingsstudie trauen und alternative Erklärungen zu einem großen Teil ausschließen zu können, muss eine solche Studie auf verschiedenen Ebenen bestimmte Merkmale aufweisen. Für einen optimalen Trainingseffekt sollten die Trainingsaufgaben adaptiv sowie vielfältig sein und in ausreichender Intensität (mindestens acht Stunden, aber nicht täglich) vorgegeben werden. Dabei sollte nicht nur die Speicherkapazität trainiert werden, sondern auch speziell die Aufmerksamkeitskontrolle (keine der Studien kombinierte das Training von Updating, komplexen Spannaufgaben und Switching). Zusätzlich sind eine aktive und eine passive Kontrollgruppen notwendig, damit keine Fehlschlüsse aufgrund von Gefährdungen der internen Validität wie Reifung, Erwartungs- oder Testwiederholungseffekten (Shadish, Cook & Campbell, 2002) auftreten können. Die interessierenden Transferfähigkeiten sollten mit mehreren Indikatoren erfasst werden, sodass aufgabenspezifische Verbesserungen von denen in einer latenten Fähigkeit abgrenzbar sind, und nicht zuletzt steht nach wie vor eine valide Untersuchung des potenziellen Alltagstransfers aus.

6 Kognitive Fehlleistungen

Obwohl ein möglicher Transfer von kognitivem Training auf andere Labormessungen von großer theoretischer Relevanz ist, fehlt oft der Schritt in den Alltag. Logisches Denken, Arbeitsgedächtniskapazität oder Problemlösen erlangen erst praktische Relevanz, wenn sie in einen Kontext eingebunden werden, und dann spielen neben kognitiven Faktoren auch nicht-kognitive Faktoren und Strategien eine Rolle, welche in der Form nicht im Labor erfasst oder simuliert werden können (Willis, 1998). Aufgrund verschiedener Strategien und anderer Ursachen spiegelt sich zudem der kognitive Abbau im Alter nicht in schwerwiegenden Fehlern oder einem Zusammenbruch aller Bewältigungsmechanismen wider (Salthouse, 2012), sondern er zeigt sich stattdessen möglicherweise in den kleinen Fehlleistungen des Alltags.

6.1 Definition und Klassifikationen

Martin (1983) definierte Fehlleistungen als kognitionsbasierte Fehler bei einfachen Aufgaben, die eine Person eigentlich ohne Verfehlung lösen kann. Diese bilden sich oft in Handlungsfehlern ab, obwohl sie auch zu einem früheren Zeitpunkt erfolgen und teilweise schon vor der Handlung korrigiert werden können. Während der Fehlleistung ist sie dem Akteur meist bewusst, doch ist die Tiefe der Gedächtnisspur stark von ihrer Relevanz und den Folgen abhängig, welche einerseits von Amüsiertheit (z. B. bei Verwechslung von „Auf Wiedersehen“ und „Gute Nacht“) über Gleichgültigkeit (z. B. bei doppeltem Prüfen einer bereits abgeschlossenen Tür) bis hin zu Verärgerung (z. B. bei Vergessen einer wichtigen Information) reichen und andererseits gravierend für sich selbst und andere (z. B. fehlerhafte Medikamenteneinnahme, Unaufmerksamkeit während des Autofahrens oder Führens eines Zuges, Flugzeugs usw.) sein können. Fehlleistungen sind in jedem Fall Teil unseres Lebens und verschiedene Personen unterscheiden sich in ihrer Anfälligkeit für sie.

Auf der Grundlage mehrerer Tagebuchstudien klassifizierte Reason (1977) Alltagsfehler in jene, die auf einer fehlerhaften Planung beruhen und in solche, die auf Nachlässigkeit während der Ausführung basieren. Planungsbasierte Fehler kommen vor allem in unbekanntem und schwierigen Bereichen vor und sind Folge eines Mangels an Wissen, falscher Informationen oder fehlerhafter Regelnutzung. Fehlleistungen der zweiten Klasse treten hingegen während hoch automatisierter Routineaufgaben auf, bei denen bestimmte Umstände dazu führten, dass diese nicht wie geplant ausgeführt werden können. Entsprechende Umstände beziehen sich dabei auf Fehler in Aufmerksamkeit, Wahrnehmung, Gedächtnis, Handlungsausführung und verschiedenster Kombinationen daraus (Reason, 1979). Relevant für das Verständnis von Fehlleistungen in

dieser Untersuchung ist vor allem die Abgrenzung zu wissensbasierten oder sehr schwierigen Aufgaben, um die es hier nämlich nicht gehen soll.

Darüber hinaus existieren noch andere Klassifikationen, welche als Parallelen einen hierarchischen Aufbau mit Ebenen unterschiedlicher Bewusstseinsstärke aufweisen. Sie beziehen sich oft auf Arbeitsprozesse, da die systematische Untersuchung von Fehlern in der Arbeitspsychologie aufgrund von Unfällen oder Unternehmensverlusten eine besondere Relevanz besitzt. Beispielfähig können hier die Handlungsregulationsebenen von Hacker (1978) oder die Einteilung nach Rasmussen (1987) genannt werden, wobei auch Norman (1981) eine umfangreiche Klassifikation von Handlungsfehlern vorgenommen hat.

6.2 Ursachen

Die Ursachen für Alltagsfehler sind sehr vielfältig. Zum einen kann zwischen kognitiven und nicht-kognitiven Aspekten unterschieden werden und zum anderen teilen sich die Ursachen in stabile Eigenschaften bzw. Fähigkeiten und labile Zustände auf, was ihre Vorhersage erschwert.

Kognitive Fähigkeiten. Das Arbeitsgedächtnis spielt eine besondere Rolle, da es neben der reinen Kapazität für das Aufrechterhalten von verschiedenen Handlungszielen auch die Fähigkeit beinhaltet, die Aufmerksamkeit zu lenken und vor Irritation zu schützen (u. a. Oberauer et al., 2007). Obwohl manche Autoren entweder Arbeitsgedächtnis (Efklides & Sideridis, 2009), Aufmerksamkeitslenkung (Martin & Jones, 1983) oder Inhibitionsfähigkeit (Broadbent et al., 1982) für Fehlleistungen verantwortlich machen, wurde in den Abschnitten 4.1 und 4.2 bereits dargestellt, wie eng diese Fähigkeiten verknüpft sind. Das Arbeitsgedächtnis umfasst Speicherkomponenten und Aufmerksamkeitskontrolle, welche auch Inhibition beinhaltet. Das Zusammenspiel dieser Komponenten beim Zustandekommen von Fehlern soll im Folgenden betrachtet werden, bevor die verschiedenen Aufmerksamkeitsbestandteile und ihr Bezug zu Fehlleistungen beschrieben werden.

Beispiele für Fehlleistungen sind das Verlaufen in einem bekannten Umfeld oder das Verwechseln von Orten. Das Arbeitsgedächtnis hält nun das aktuelle Handlungsziel (z. B. die Küche aufzusuchen) oder auch neue Informationen (z. B. der Büroumzug eines Kollegen) aktiviert und kann durch sorgenvolle Gedanken (interne Ablenkung) oder auch ein Telefongespräch (externe Ablenkung) belastet werden, sodass Ziele und Informationen im sekundären Gedächtnis nicht mehr zugriffsbereit sind. Sämtliche Formen von Ablenkung durch interne oder externe Reize müssen blockiert (d. h. inhibiert) werden, um das aktuelle Ziel aufrechterhalten zu können. Dabei

vernachlässigen vor allem Menschen mit geringerer Arbeitsgedächtniskapazität häufiger ihr Ziel zugunsten anderer, zielirrelevanter Gedanken und Tätigkeiten (McVay & Kane, 2009). Die Verknüpfung zwischen Arbeitsgedächtniskapazität und Fehlleistungen wird auch bei Wilhelm und Oberauer (2006) sichtbar, da sie das Arbeitsgedächtnis als Voraussetzung für die Fähigkeit, inkompatible Reiz-Reaktions-Bindungen aufrechtzuerhalten, betrachten. Ziele, welche demnach nicht den aktuellen Bedürfnissen und Interessen entsprechen, stellen solche Bindungen dar, so dass die Aufrechterhaltung eine hohe Arbeitsgedächtniskapazität erfordert. Aufgrund der großen Überlappung der Konstrukte Arbeitsgedächtnis und Reasoning gehen stärkere Ablenkbarkeit und Zielverlust auch mit geringerer fluider Intelligenz einher (Duncan, Emslie, Williams, Johnson & Freer, 1996).

Einige Situationen besitzen trotz eng definiertem Ziel oder Plan einen derart starken Aufforderungscharakter, dass die Unterdrückung der automatisierten Reaktion (z. B. spezifische Handlungsschemata) nur mit sehr hoher Kapazitätsbelastung möglich ist oder bei fehlenden Ressourcen nicht gelingt. Belege hierfür finden sich in Untersuchungen mit Highspans und Lowspans (d. h. Personen mit unterschiedlicher Arbeitsgedächtniskapazität) bei der Bearbeitung der Stroop-Aufgabe, wobei Lowspans vor allem dann größere Reaktionszeiten aufzeigen, wenn inkongruente Reize nur selten auftreten (Kane et al., 2007b). Die vergleichbare Genauigkeitsrate zwischen Highspans und Lowspans weist zudem darauf hin, dass das Ziel (Benennung der Farbe) nicht vergessen oder ignoriert wurde, sondern der Konflikt zur gewohnten Handlung (Lesen des Wortes) nur langsamer gelöst werden kann (Engle, Kane & Tuholski, 1999a). Auch Woltz, Gardner und Gyll (2000) berichten Zusammenhänge zwischen Fehlleistungen und Inhibition, wobei sie die fehlerhafte Übernahme von automatisierten Handlungsschemata als *strong-but-wrong*-Fehler, aber auch als negativen Transfer bezeichnen. Dies kann verheerende Folgen haben, wenn beispielsweise ein Pilot in zwei ähnlichen Cockpits arbeitet und Kontrollknöpfe verwechselt. Berggren, Hutton und Derakshan (2011) sehen den Einfluss der Inhibitionsfähigkeit auf die Häufigkeit von Fehlleistungen insgesamt als wichtiger an als die Speicherkomponente des Arbeitsgedächtnisses.

Die Aufmerksamkeit schützt uns vor Reizüberflutung und Überlastung, indem sie den begrenzten Ressourcen nur bedeutsame Informationen zur Weiterverarbeitung zur Verfügung stellt (Cohen, 1993). Dabei umfasst der Aufmerksamkeitsbegriff verschiedene Aspekte: selektive, geteilte und Daueraufmerksamkeit (van Zomeren & Brouwer, 1994). Selektive Aufmerksamkeit beschreibt die Fähigkeit, die Aufmerksamkeit auf relevante Informationen zu richten und gleichzeitig irrelevante Informationen zu ignorieren. Im Alltag wird sie vielfach benötigt, unter anderem beim Autofahren, bei der Suche eines Produkts im Supermarktregal oder bei Gesprächen in

einem lauten Umfeld (McDowd & Shaw, 2000). Fehler in der selektiven Aufmerksamkeit sowie in der Daueraufmerksamkeit zeigen sich unter anderem in sehr langsamen Reaktionszeiten bei Stroop, Antisakkaden oder Wahlreaktionsaufgaben, weshalb diese auch höher mit Arbeitsgedächtnis und Reasoning korrelieren als schnelle Reaktionszeiten (Schmiedek, Oberauer, Wilhelm, Süß & Wittmann, 2007; Unsworth, Redick, Lakey & Young, 2010).

Die Fähigkeit zur Teilung der Aufmerksamkeit zwischen zwei oder mehr Reizen sinkt im Alter stark (Kramer & Larish, 1996), während das lang andauernde Richten der Aufmerksamkeit auf etwas demgegenüber weniger altersanfällig ist (Bunce, Barrowclough & Morris, 1996). Im täglichen Leben muss ein Mensch häufig Tätigkeiten parallel ausführen oder zügig zwischen ihnen wechseln, wie beispielsweise Essen vorbereiten und ein Kind betreuen, Auto fahren und das Navigationsgerät bedienen oder am Computer arbeiten und telefonieren (Rubinstein, Meyer & Evans, 2001). Dabei sind exekutive Kontrollprozesse aktiv, welche die Auswahl, Einleitung, Ausführung und Beendigung von Aufgaben überwachen. Werden durch verschiedene Reize konkurrierende Handlungen ausgelöst, müssen diese entlang der Prioritäten gehemmt und mithilfe eines überwachenden Aufmerksamkeitssystems langsam, bewusst und kontrolliert ausgeführt werden (Supervisory Attentional System; Norman & Shallice, 1986). Dies ermöglicht erst das Ausführen von schwierigen und ungewohnten Aufgaben sowie einen Wechsel zwischen ihnen, sodass bei Störung oder Ausfall dieses Systems Handlungsfehler entstehen können (Reason, 1990). Fehlleistungen gehen daher auch auf Schwächen in der geteilten Aufmerksamkeit zurück (Harris & Wilkins, 1982).

Nicht-kognitive Fähigkeiten. Auch nicht-kognitive Aspekte zeigen Zusammenhänge mit Fehlleistungen. Selbstberichtete Fehler treten beispielsweise vermehrt bei Menschen mit depressiven Symptomen auf (Hohmann, Beason-Held & Resnick, 2011) und auch Carriere, Cheyne und Smilek (2008) berichten Zusammenhänge mit affektiven Dysfunktionen. Smith, Chappelow und Belyavin (1995) zeigen eine Verknüpfung von Fehlleistungen und Ängstlichkeit als Eigenschaft auf, welche Berggren und Kollegen (2011) auf Zustandsangst ausweiteten, und nicht zuletzt spielt Langeweile eine Rolle bei der Entstehung von Fehlern (Carriere et al., 2008; Wallace, Kass & Stanny, 2002). Diese Aspekte können allerdings auch auf gemeinsame Methodenvarianz durch retrospektive Fragebögen zurückgehen (vgl. Abschnitt 6.4.2) und keinerlei Bedeutung als Ursachen haben.

Es besteht zudem die Möglichkeit, dass mangelnde kognitive Ressourcen nicht für das Auftreten von Fehlern verantwortlich sind, sondern lediglich als Moderatoren zwischen den aktuellen Umständen wie Stress, Sorgen oder Chaos und den daraus resultierenden Fehlern wirken (Kane,

Brown, McVay, Silvia, Myin-Germeys & Kwapil, 2007a). Ähnliches findet sich bei Reaktionen auf negative Ereignisse, welche durch Neurotizismus moderiert werden (Mroczek & Almeida, 2004). Denkbar ist ebenfalls, dass die Fehlerursache – ähnlich dem wahrgenommenen Stress – eine sogenannte langsame *State-Variable* darstellt, die weder stabil noch häufig wechselnd ist, sondern über bestimmte Zeitabschnitte hinweg die gleiche Ausprägung hat (Sliwinski, Almeida, Smyth & Stawski, 2009).

Unter Stress ist ein erhöhtes Auftreten von Fehlern wahrscheinlich, wobei Personen mit stärker ausgeprägten Ressourcen mehr Möglichkeiten zur Bewältigung und Kompensation haben als Personen mit gering ausgeprägten Ressourcen (Deary, 2005). Grund hierfür ist der limitierende Einfluss von Stress auf die Arbeitsgedächtniskapazität und die Aufmerksamkeitskontrolle. Erhöhter Zeit- oder Leistungsdruck kann zudem zu belastenden, intrusiven Gedanken führen, welche die kognitiven Fähigkeiten derart in Anspruch nehmen und blockieren, dass es zu einer Zunahme von Fehlern kommen kann. Höhere Kapazitäten und Kontrollfähigkeiten wirken somit als Puffer. So fanden Mahoney, Thomasdalby und King (1998) hohe Zusammenhänge zwischen wahrgenommenem Stress und selbstberichteten Fehlern. Neben Stress gibt es weitere Eigenschaften der aktuellen Situation, welche Fehlleistungen begünstigen oder verhindern können. Ist sie herausfordernd, neuartig, interessant, unterhaltsam oder die Person glücklich, treten beispielsweise gedankliches Abschweifen oder andere Fehlleistungen, welche mit verminderter kognitiver Kontrolle einhergehen, seltener auf (Kane et al., 2007a). Bedingungen, die Abschweifungen fördern, sind Stress, Langeweile, Schläfrigkeit und chaotische Umstände (McVay, Kane & Kwapil, 2009).

Kognitive Kapazität und Aufmerksamkeitskontrolle ermöglichen zusammenfassend zum einen das Aufrechterhalten des relevanten Ziels im Arbeitsgedächtnis und zum anderen die Hemmung alternativer Ziele und Antworttendenzen, wobei diese Fähigkeiten im Alter abnehmen (Cepe-da et al., 2001; Kane, Hasher, Stoltzfus, Zack & Connelli, 1994). Da das Training der Inhibitionsleistung, wie bereits beschrieben, weniger erfolgsversprechend ist, sollte stattdessen die Verbesserung der Arbeitsgedächtniskapazität sowie der Switching-Fähigkeit zu einer Reduktion von Fehlleistungen im Alter führen.

6.3 Mindwandering

Mindwandering ist eine der häufigsten und bislang meist untersuchtesten Fehlerarten. Es beschreibt einen Prozess, in dem eine Person sich nicht der aktuellen Aufgabe zuwendet und ihre Aufmerksamkeit stattdessen ungehindert zu einem ablenkenden, internalen Reiz (z. B. Gedan-

ken, Gefühle, Erinnerungen) wechselt (Smallwood & Schooler, 2006). Mindwandering stellt somit ein Abweichen vom aktuellen Ziel dar (Kane & Engle, 2003) und unterscheidet sich von allgemeinen Aufmerksamkeitsfehlern, bei denen der Grund für diese zeitlich begrenzte Abschweifung der Aufmerksamkeit eher externe Reize darstellen (z. B. Lärm, bewegte Objekte; Reason, 1984). Unsworth, Brewer und Spillers (2012) führten eine einwöchige Tagebuchstudie mit 100 jungen Erwachsenen durch, welche selbstständig eine kurze Beschreibung der Fehler sowie die Zeitpunkte des Auftretens dokumentieren sollten. Dabei ergaben sich die zwei Hauptkategorien Ablenkung und Gedankenabschweifen, welche in verschiedenen Kontexten annähernd alle berichteten Fehler einschließen konnten. Innerhalb dieser Phasen der gedanklichen Abwesenheit können wiederum andere Fehlleistungen geschehen, welche sich in ihren Auswirkungen beträchtlich unterscheiden können, worauf im Abschnitt 6.1 bereits hingewiesen wurde. Auf der einen Seite führen Fehlleistungen höchstens zu Zeitverlusten, wenn beispielsweise das gesuchte Objekt trotz richtiger Blickrichtung nicht entdeckt wird oder ein Buchabschnitt wiederholt gelesen werden muss. Auf der anderen Seite können sich jedoch dramatische Folgen entwickeln, wenn die Gedankenabwesenheit bei Piloten, Zugführern oder Ärzten auftritt (Carriere et al., 2008).

Die Ursachen für Mindwandering liegen sowohl in begrenzten kognitiven Kapazitäten, denn eine geringe Arbeitsgedächtniskapazität geht mit häufigerem Mindwandering einher, als auch in Defiziten der Aufmerksamkeitskontrolle (Kane et al., 2007a; McVay & Kane, 2010). Die Aufmerksamkeitskontrolle wirkt dabei als Mediator für die Beziehung zwischen Kapazität und Fehleranzahl (Unsworth et al., 2012). Bisher konnte der Alterseffekt der Arbeitsgedächtniskapazität beim Mindwandering nicht gefunden werden: Jackson und Balota (2012) befragten Jüngere und Ältere während der Bearbeitung einer Aufgabe zur Daueraufmerksamkeit zu zufälligen Zeitpunkten nach der Aufgabenrelevanz ihrer Gedanken und konnten keine Unterschiede feststellen, was sie jedoch mit der Neuartigkeit der Aufgabe für Ältere erklären, welche Mindwandering verhindert. Interessant an dieser Untersuchung ist die Einteilung in *tune outs*, *zone outs* und *space outs* (vgl. Smallwood, McSpadden & Schooler, 2007), wobei *tune outs* bewusste Abweichungen der Gedanken, *zone outs* unbewusstes Abschweifen und *space outs* inhaltsleere Gedanken (wie beim *Blank-in-the-mind-Phänomen*; Reason & Mycielska, 1982) beschreiben. Vor allem *zone outs* können nur durch zufälliges Befragen – also dem Ziehen von Gedankenstichproben (*thought probes*) – erfasst werden und sind stärker beeinträchtigend für die Leistung als die bewusste Abwendung in *tune outs* (Christoff, Gordon, Smallwood, Smith & Schooler, 2009). Während die Gedanken abschweifen, wird zudem die Umwelt weniger exakt wahrgenommen (d. h. enkodiert),

sodass Fehler im episodischen Gedächtnis auftreten (Seibert & Ellis, 1991; Smallwood, Heim, Riby & Davies, 2006).

Mrazek, Smallwood, Franklin, Chin, Baird und Schooler (2012) sehen Mindwandering als Mediator für die Verknüpfung zwischen Arbeitsgedächtniskapazität und Reasoning-Fähigkeit an, da es in der Erfassung beider Konstrukte eine Rolle spielt und die Ergebnisse mindern kann (vgl. Unsworth et al., 2010). Negative Zusammenhänge zwischen Arbeitsgedächtniskapazität und Mindwandering dürfen somit nicht kausal interpretiert werden, wenn die Kapazitätsmessung bereits durch Mindwandering konfundiert ist. Tatsächlich konnte Mindwandering 49 Prozent eines latenten Fähigkeitsfaktors aus Operation Span, Raven und einem Studierfähigkeitstest aufklären.

Neben Mindwandering gibt es auch andere Phänomene, welche den Fehlleistungen zugeordnet sind. *Feeling-of-knowing* ist ein Urteil darüber, ob eine Information im Gedächtnis vorhanden ist und abgerufen oder zumindest wiedererkannt werden kann (Hart, 1965). Auch das *Tip-of-the-tongue*-Gefühl, welches mit der temporären Unzugänglichkeit eines Wortes einhergeht, stellt einen Zustand zwischen erfolgreichem und fehlerhaftem Abruf dar (Schwartz, 2006). Während diese Fehlleistungen das Gedächtnis betreffen, umfasst das Blank-in-the-mind-Phänomen auch Fehler in Handlungen und Aktionen (Reason & Mycielska, 1982), wenn beispielsweise die Intention vergessen wurde. Hier besteht allerdings kein Gefühl des zeitnahen Abrufs.

6.4 Messung von Fehlleistungen

Es existiert eine Vielzahl von Fragebögen, welche kognitive Fehler messen sollen. Diese können eingeteilt werden in Fragebögen für Fehlleistungen im Allgemeinen, für aufmerksamkeitsbasierte Fehler und für gedächtnisbasierte Fehler. Neben den subjektiven Selbstberichten gibt es ebenfalls objektive Verfahren. Im Folgenden werden die Instrumente kurz vorgestellt, wobei dem Cognitive Failures Questionnaire (CFQ) von Broadbent und Kollegen (1982) aufgrund seiner weiten Verbreitung besondere Aufmerksamkeit zukommt.

6.4.1 Cognitive Failures Questionnaire

Der CFQ – ein klassisches, aber ebenso umstrittenes Instrument – beinhaltet Broadbent und Kollegen (1982) zufolge drei potenzielle Bereiche für Fehlleistungen: Wahrnehmung, Gedächtnis und motorische Funktion. Er besteht aus 25 Items, welche auf einer fünfstufigen Skala (*nie* bis *sehr oft*) bezogen auf die letzten sechs Monate beantwortet werden. Beispiel-Items sind „Stoßen Sie mit anderen Menschen zusammen?“ oder „Vergessen Sie Termine?“. Sowohl interne Konsis-

tenz (Cronbachs Alpha = .91) als auch Test-Retest-Reliabilität (.82) sind akzeptabel, allerdings gibt es widersprüchliche Validitätsbefunde.

Faktorielle Validität. In bisherigen Untersuchungen mit dem CFQ wurden sowohl der Gesamtwert als auch einzelne Faktoren genutzt, da es keine übereinstimmende Aussage zur Struktur gibt. Zwar ist die Berechnung und Interpretation eines Gesamtwerts sowohl theoretisch als auch empirisch fragwürdig, doch fehlen bislang überzeugende Befunde, dass eine multidimensionale Fehlerstruktur zu verbesserten Vorhersagen führt (Wilhelm, Witthöft & Schipolowski, 2010). Verschiedene Autoren berichten unterschiedliche Mengen und Benennungen von CFQ-Faktoren, wobei außer einer Unterteilung in motorische und kognitive Fehlleistungen kaum Übereinstimmungen vorliegen. Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über die verschiedenen Studien gegeben und auf mögliche Schwächen hingewiesen.

Matthews, Coyle und Craig (1990) extrahierten auf der Grundlage von 475 Studierenden zunächst sieben Faktoren (physische Ungeschicktheit, Namen, geplante soziale, Sprachgebrauch, Konzentrationsmangel und Gedankenabwesenheit), bevor sie eine zweifaktorielle Lösung präsentierten, bei der lediglich zwei Items (bezogen auf Namen) nicht auf dem Generalfaktor luden. Dies kommt der Originallösung von Broadbent und Kollegen (1982) sehr nah. Pollina, Greene, Tunick und Puckett (1992) benannten – ebenfalls bei Studierenden – fünf Faktoren (Ablenkbarkeit, Namensgedächtnis, räumliches Gedächtnis, fehlgesteuerte Handlungen und interpersonelle Intelligenz), welche zum Teil nur geringe Homogenität (Cronbachs Alpha von .54 oder sogar .25) aufwiesen. Maylor (1990) konnte bei älteren Erwachsenen eine sehr ähnliche Faktorenstruktur aufzeigen. Klumb (1995) setzte die deutsche Version des CFQ mit 32 Items bei Studierenden ein und identifizierte zwei Faktoren, welche sie Ablenkbarkeit und sensorisch-motorische Koordination nannte. Nur der Ablenkbarkeitsfaktor wies Zusammenhänge mit verschiedenen Außenkriterien auf. Mit Studierenden und Navy-Mitarbeitern fanden Wallace und Kollegen (2002) vier Faktoren (Gedächtnis, Ablenkbarkeit, Fehler und Namen), während Larson, Alderton, Neideffer und Underhill (1997a, b) bei Rekruten einen Generalfaktor, einen Namens-Faktor sowie einen unbenannten Faktor extrahierten.

Keine der berichteten Faktorlösungen erwies sich als stabil oder replizierbar. Die Probandenzahl war stets ausreichend für eine exploratorische Faktorenanalyse (zwischen $N = 213$ [Klumb, 1995] und $N = 1387$ [Pollina et al., 1992]), doch Studierende oder Rekruten stellen eine zu homogene Stichproben dar und verhindern somit die Generalisierbarkeit. Problematisch ist außerdem zum einen, dass oft die unzureichende Hauptkomponentenanalyse durchgeführt wurde, in der die restlose Aufklärung der Itemvarianz angenommen wird, und zum anderen, dass bis auf

Matthews und Kollegen (1990) stets orthogonale Rotationen vorgenommen wurden, ohne die Unkorreliertheit der Faktoren zu überprüfen. Nach der Trennung in motorische und kognitive Fehlleistungen ist diese Unabhängigkeit nicht begründbar, da sonst die Bildung des Generalfaktors auch nicht möglich wäre. Die entstandenen Faktoren können in vielen Fällen mit ihrer internen Konsistenz nicht überzeugen und sie basieren meist gegenüber dem ersten Faktor auf sehr wenigen Items, was zum Teil auf eine Eliminierung dieser Items hinweisen könnte. Zusammenfassend lässt sich keine faktorielle Validität feststellen und die Nutzung des Generalfaktors oder anderer Faktoren sollte an der eigenen Stichprobe stets überprüft werden.

Konstrukt- und Kriteriumsvalidität. Die fehlende Konsistenz in der Faktorenstruktur könnte in Anbetracht überzeugender Befunde zur Konstrukt- oder Kriteriumsvalidität akzeptiert werden, doch auch diese sind sehr widersprüchlich. Zudem ist die Interpretation der Befunde eingeschränkt, da schlicht nicht sicher ist, was genau die aktuell gewählte Faktorenstruktur wiedergibt. Während einige Autoren einerseits keine bis nur sehr schwache Zusammenhänge mit theoretisch verwandten Konstrukten (konvergente Validität) wie Arbeitsgedächtnis (Wright & Osborne, 2005) und Inhibition (Borella et al., 2008; Kramer et al., 1994; Wallace, Kass & Stanny, 2001) berichteten, konnten andererseits zufriedenstellende Validitätsbelege erbracht werden. Robertson, Manly, Andrade, Baddeley und Yiend (1997) fanden beispielsweise eine bedeutsame Korrelation ($r = -.27$) mit Daueraufmerksamkeit und Goldhammer, Moosbrugger und Krawietz (2009) berichten ebenfalls bedeutsame Zusammenhänge zwischen den Werten des *Frankfurt Adaptive Concentration Test* (FACT-2) und dem CFQ ($r = -.22$). Bei Berggren und Kollegen (2011) zeigten sich Zusammenhänge mit der Reaktionszeit in der Antisakkaden-Bedingung ($r = .41$) und auch Friedman und Miyake (2004) zeigen einen bedeutsamen Zusammenhang zwischen CFQ und einem latenten Inhibitionsfaktor ($r = .29$). Ishigami und Klein (2009) geben einen umfangreichen Überblick über weitere Zusammenhangsbefunde des CFQ. Während Wallace und Vodanovich (2003) mittlere Korrelationen mit Alltagsfehlern ($r = .39$) und somit Kriteriumsvalidität berichten, konnte Klumb (1995) zu ökologischen Kriterien nur geringe bis keine Zusammenhänge feststellen (z. B. verspätete Bücherabgabe und Besuche im Fundbüro), wobei die Asymmetrie in ihrem Versuchsdesign (latente Fehleranfälligkeit – einzelnes Verhalten) zu einer Unterschätzung geführt haben kann.

Des Weiteren wurden Zusammenhänge mit nicht verwandten Konstrukten wie Neurotizismus oder dissoziativen Symptomen festgestellt (Matthews et al., 1990, Wilhelm et al., 2010), welche zusammengefasst bei $r = .30$ liegen und somit die meisten konvergenten Validitätskoeffizienten übersteigen. Es gibt Ansätze, nach denen die Antworten in Selbstberichten zu kognitiven Fehlern

eher Persönlichkeitsaspekte wiedergeben als tatsächliche kognitive Leistungen und hohe Ausprägungen vermutlich die Tendenz darstellen, eigene Fehlerepisoden verstärkt und wiederholt zu erinnern. Wilhelm und Kollegen (2010) schließen daraus, dass der CFQ und ähnliche Fragebögen nicht Auskunft darüber geben, *wie* eine Person denkt, sondern vielmehr, wie sie *über ihr Denken* denkt.

Die Validität des CFQ ist stark anzuzweifeln und jedes neue Instrument zur Erfassung von Fehlleistungen sollte diesen eher nicht als Mittel zur konvergenten Validierung nutzen. Der CFQ-Wert stellt weder eine Fähigkeit noch eine Eigenschaft dar – es ist nicht gewiss, was der CFQ tatsächlich misst und ob er unter Umständen sogar bei unterschiedlichen Personengruppen (Jüngere/Ältere, Depressive/Gesunde, Selbstbewusste/Andere) Verschiedenes erfasst.

6.4.2 Subjektive Verfahren

Neben dem CFQ gibt es auch andere retrospektive Selbstberichte zur Fehlermessung. Das *Short Inventory of Minor Lapses* (SIML; Reason, 1993) verlangt in der Instruktion die Betrachtung eines Zeitraums von einem Jahr und nutzt ein anderes Antwortformat als der CFQ: Anstelle von *nie* und *sehr oft* wird hier bei den fünfzehn Items auf einer fünfstufigen Skala von *kaum* bis *fast immer* ausgewählt. Diese Unterschiede sind vermutlich verantwortlich für die unvollständige Überlappung des SIML und des sonst annähernd identischen CFQ (Wilhelm et al., 2010; $r^2 = .76$). Auch der *Error Proneness Questionnaire* (EPQ; Reason & Mycielska, 1982) erfasst Fehlleistungen im Allgemeinen. Er besteht aus 32 Items, von denen 25 aus dem CFQ entnommen wurden. Die drei Faktoren sind Handlungsfehler, kognitive Einengung und impulsive Fehler.

Cimprich, Visovatti und Ronis (2011) entwickelten den *Attentional Function Index* (AFI), um die subjektiven Folgen einer Krebserkrankung auf die kognitiven Fähigkeiten zu erfassen. Mit dreizehn Items wird die wahrgenommene Effektivität von Alltagshandlungen erfragt, die Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis erfordern. Anstelle der typischen Likert-Skala wird hier eine visuelle Analogskala genutzt. Während der CFQ auch motorische Fehlleistungen beinhaltet, befasst sich die *Attention-related Cognitive Errors Scale* (ARCES; Cheyne, Carriere & Smilek, 2006) ausschließlich mit kognitiven Aufmerksamkeitsfehlern. Sie besteht aus zwölf Items, welche eine Zusammenstellung aus Items von CFQ, Items von Reason (1977) und eigenen Items von Cheyne und Kollegen (2006) darstellt. Die fünfstufige Antwortskala erlaubt Angaben zwischen *nie* bis *sehr oft*. Die ARCES stellt einen guten Prädiktor für die Leistung in der *Sustained Attention to Response Task* (SART; Robertson et al., 1997) dar, einem objektiven Maß für

Mindwandering, welches im nächsten Abschnitt 6.4.3 behandelt wird. Cronbachs Alpha der ARCES beträgt .88. Die *Mindful Attention Awareness Scale* (MAAS; Brown & Ryan, 2003) besteht aus fünfzehn Fragen, die Gedankenabwesenheit in Alltagssituation erfassen und Antworten auf einer sechsstufigen Skala zwischen *fast nie* und *fast immer* erlauben. Die fehlende Aufmerksamkeit wird direkt erfragt, ohne daraus resultierende Leistungsminderungen zu beinhalten. Vielmehr geht es um die Tendenz, etwas unaufmerksam, automatisch und unbewusst zu tun. Cronbachs Alpha beträgt .83. Sowohl ARCES als auch MAAS hängen hoch mit dem CFQ zusammen ($r = .82$ und $r = .62$; Smilek, Carriere & Cheyne, 2010), doch möglicherweise ist dies auf gemeinsame Methodenvarianz (retrospektive Selbstberichte) und entsprechend ähnliche Gedächtnisverzerrungen zurückzuführen. Zudem beinhaltet die ARCES Items des CFQ.

Neben diesen aufmerksamkeitsbasierten Instrumenten befassen sich einige Fragebögen ausschließlich mit gedächtnisbasierten Fehlleistungen. Beispielsweise erfasst die *Memory Failures Scale* (MFS; Cheyne et al., 2006) in zwölf Items Erinnerungsfehler im Alltag. Die Antwortskala ist fünfstufig und reicht von *nie* bis *sehr oft*, Cronbachs Alpha beträgt .85. Der *Everyday Memory Questionnaire* (EMQ; Sunderland, Harris & Baddeley, 1983) besteht aus 35 spezifischen Gedächtnisfehlern, deren relative Häufigkeit geschätzt werden soll. Sunderland, Harris und Baddeley (1984) modifizierten den EMQ, indem sie dreizehn Items entfernten, sechs neue Items hinzufügten und zudem die Antwortskala von relativen (*manchmal*) in absolute (*einmal pro Woche*) Häufigkeiten veränderten. Die neunstufige Likert-Skala umfasste Angaben von *nie in den letzten 6 Monaten* bis *mehrmals täglich*. Zwar ist der Ansatz, absolute Häufigkeiten zu nutzen, verglichen mit anderen Instrumenten lobenswert, doch die Abstufung ist zu eng und ein derart konkretes Auszählen über einen Zeitraum von einem halben Jahr unmöglich. Die interne Konsistenz beträgt .90 und mit den 28 Items werden fünf Faktoren dargestellt: Abruf, Aufgabenmonitoring, Gesprächsmonitoring, räumliches Gedächtnis und Aktivitätengedächtnis (Cornish, 2000).

Kritik an subjektiven Verfahren. Retrospektive Selbstberichte zur Fehlerhäufigkeit weisen stets dieselben Mängel auf. Eine der größten Fehlerquellen ist beispielsweise die Notwendigkeit, Ereignisse über einen längeren Zeitraum zusammenzufassen (z. B. CFQ: über 6 Monate; SIML: über 12 Monate). Diese subjektiven Aggregate entsprechen kaum den tatsächlichen Erfahrungen, wie Shiffman, Hufford, Hickcox, Paty, Gnys und Kassel (1997) in einer vergleichenden Untersuchung bezüglich des Rauchverhaltens aufzeigten. Das Berichten von vergangenem Erleben und Verhalten ist allgemein für die Befragten schwierig und eine wahrheitsgemäße Aussage kaum möglich, da ein *Vergessen des Vergessens* eintritt. Zum einen sind Fehlleistungen in ihrer zeitlichen Dauer derart kurz, dass sie – verglichen mit anderen Episoden des Tages – selten

länger im Gedächtnis verbleiben und zum anderen ist es wenig sinnvoll, solche Fehler zu erinnern, um das Selbstbild nicht zu gefährden. Stärkere Gedächtnisspuren, welche die Erinnerung an Fehler und deren Protokollierung wahrscheinlicher machen, gehen tatsächlich eher auf ein geringes Selbstvertrauen als auf höhere Fehlerzahlen zurück (*Complaint-Hypothese*, Brewin, 2006; Wilhelm et al., 2010). Bei der Betrachtung mehrerer Monate müssen die Befragten auf verschiedene Anker oder Heuristiken zurückgreifen, wie beispielsweise das aktuelle Erleben und Verhalten oder ihr in ähnlichen Kontexten typisches Erleben und Verhalten (Ross, 1989). Grundlage dafür ist die Annahme von Stabilität des interessierenden Merkmals. Veränderungen in ihrem Erleben und Verhalten berichten die Befragten hingegen vor allem, wenn der Kontext eine Veränderung suggeriert – wie bei einem Training oder einer therapeutischen Maßnahme – und dies ist unabhängig vom tatsächlichen Vergleich zwischen zwei Zeitpunkten. Diese Tendenz kann dazu führen, dass trotz fehlender Intervention bei einer aktiven Kontrollgruppe Effekte auftreten und auch die Experimentalgruppe deutlich mehr Veränderung angibt.

Bei absoluten Häufigkeitsurteilen wird davon ausgegangen, dass die Befragten das interessierende Erleben oder Verhalten korrekt identifizieren, sich auf den gewünschten Zeitrahmen konzentrieren und daraufhin zusammenzählen (Schwarz, 2012). Auch hier werden verschiedene Strategien genutzt, ohne dass die Personen tatsächlich auf ihr Gedächtnis zurückgreifen: Schätzen, Rückgriff auf Informationen zu Regelmäßigkeiten oder Extrapolation von Häufigkeiten in einem sehr begrenzten Zeitraum. Selbst die angebotenen Antwortskalen können zu einem Häufigkeitsurteil führen, da die Befragten davon ausgehen, dass die Skala das vollständige Spektrum des Zielverhaltens abbildet und sich somit an der mittleren Antwortmöglichkeit als Durchschnitt orientieren. Weitere Einflüsse auf Häufigkeitsurteile haben die tatsächliche Auftretenswahrscheinlichkeit (je höher, desto unzuverlässiger das Urteil) und die individuelle Erinnerungsfähigkeit (je besser, desto zuverlässiger das Urteil; Schwarz, 2012). Zudem ist bei retrospektiven Fragebögen die Tendenz groß, sozial erwünscht oder selbstwertschützend zu antworten (Mecacci & Righi, 2006). Diehl, Willis und Schaie (1995) beschreiben darüber hinaus die Tendenz älterer Erwachsener, sich bezüglich ihrer Alltagskompetenzen besser einzuschätzen, als es objektive Leistungsbeurteilungen hergeben, was neben einem Defizit der Metakognition nur auf Gedächtniseffekte zurückgehen kann.

Neben der Instruktion, sich auf mehrere Monate zu beziehen, ist ein weiteres Defizit der verfügbaren Verfahren die Auswahl der Items. Sie sind derart spezifisch, dass nur mit einer großen Item-Menge eine Abdeckung der meisten Fehlleistungen möglich wäre. Die 25 oder 15 Items von CFQ bzw. SIML beispielsweise gewährleisten dies nicht. Es fehlt bislang an einer geeigne-

ten Generalitätsebene, auf der Fehlleistungen umfassend erhoben werden können, um einerseits der Vielfalt Rechnung tragen zu können und andererseits ökonomischen Standards zu genügen.

6.4.3 Objektive Verfahren

Beobachtungstests. Da die Mängel von Selbstberichten bei Alltagsfehlern bekannt sind, gab es einige Versuche, das Verhalten in fehleranfälligen Situationen direkt zu beobachten. Ein Instrument der Altersforschung für die objektive Erfassung von Alltagskompetenz ist der *Everyday Problems Test* (EPT; Willis & Marsiske, 1993), in dem der Proband anhand von bildhaftem Stimulusmaterial Alltagsprobleme lösen soll. Die Skalen umfassen unter anderem Mahlzeitenzubereitung, Medikamenteneinnahme und Telefonnutzung. Die interessierenden Fähigkeiten stellen weniger aufmerksamkeitsbasierte Fehlleistungen dar, sondern logisches Schlussfolgern und Problemlösen. Allaire und Marsiske (2002) nannten Zusammenhänge von kognitiven Faktoren und Leistungen in einer etwas abgewandelten Form des EPT zwischen $r = .42$ und $r = .86$. Die *Observed Tasks of Daily Living* (OTDL; Diehl et al., 1995) stellen ein Beobachtungsprotokoll dar, welches die Bearbeitung von Problemen in der eigenen Wohnung dokumentiert. Auch hier sind die Bereiche Ernährung, Medikation und Telekommunikation enthalten. Die OTDL korrelieren mit dem EPT zu $r = .67$ und zu $r = .48$ mit der fluiden Intelligenz.

Als Beobachtungstest gilt ebenfalls die Erfassung von Alltagsfunktionalität mithilfe der *Activities of Daily Living* (ADL). Darin sind grundlegende Fähigkeiten enthalten, die eine Person zum selbstständigen Leben benötigt und welche deren physischen und psychischen Grundbedürfnisse darstellen, beispielsweise Mobilität, Ankleiden, Nahrungsaufnahme oder Körperhygiene. Sie spielen bei der Beurteilung des Pflegebedarfs eine große Rolle. Hierarchisch übergeordnet gibt es die *instrumental Activities of Daily Living* (iADL) mit den Skalen Medikamenteneinnahme, Telefonnutzung, Nahrungszubereitung, Finanzverwaltung und anderen. Mit den iADL soll die Anpassung an die Umwelt erfasst werden (Katz, 1983). Unglücklicherweise werden die enthaltenen Skalen meist nicht tatsächlich beobachtet, sondern sie sollen von den alternden, zum Teil dementen Personen selbstständig beurteilt werden.

Die vorgestellten objektiven Verfahren können nur Fehler in sehr basalen Alltagsfähigkeiten darstellen, da die kognitiven Fehlleistungen, um die es in dieser Arbeit gehen soll, nicht gezielt beobachtbar sind. Typische Skalen objektiver Instrumente wie Hygiene, Medikamenteneinnahme oder Umgang mit Geld sind nicht aufmerksamkeitsbasiert und sie sind vor allem für sehr alte oder kranke Personen relevant, nicht jedoch für die Gruppe der jüngeren Älteren. Eine Ausnahme stellte der *Test of Everyday Attention* (TEA; Robertson et al., 1994) dar, in dem den Probanden, ähnlich wie im *Everyday Problems Test*, Szenarien geboten werden, die jedoch auch für

Jüngere eine hohe Alltagsrelevanz besitzen. Der TEA misst aufmerksamkeitsbezogene Leistung beispielsweise durch das Zählen von Tönen und Bildern eines Aufzugs mit und ohne Ablenkung oder durch das Suchen von Telefonbucheinträgen mit und ohne zusätzliche Aufgabe, wobei selektive und geteilte Aufmerksamkeit, Daueraufmerksamkeit sowie Aufmerksamkeitswechsel angesprochen werden. Konvergente Validitätsbelege fanden sich unter anderem zu Stroop, dem *Wisconsin Card Sorting Test* (Grant & Berg, 1948) und der Zahlenspanne rückwärts, zudem sprechen die Autoren dem TEA eine hohe Augenscheinvalidität zu. Ältere sind beim TEA allerdings benachteiligt, da sämtliche Untertests mit Zeitbegrenzung durchgeführt werden und ein erfolgreiches Bearbeiten zudem ein intaktes visuelles und auditives System erfordert. Kognitive Verlangsamung sowie altersbedingte Verschlechterungen der Sinne führen bei diesem Test somit zu Unterschätzungen und es kann von mangelnder Testfairness gesprochen werden.

SART. Werden Fehlleistungen als Abwesenheit von Aufmerksamkeit verstanden, bietet die Sustained Attention to Response Task (SART; Robertson et al., 1997) eine objektive und leistungs-basierte Erhebungsmethode. Sie basiert auf einem Go/No-Go-Paradigma und wurde ursprünglich zur Erfassung der Daueraufmerksamkeit entwickelt. Die Probanden sehen nacheinander in unvorhersehbarer Reihenfolge Ziffern zwischen eins und neun und sollen, außer bei der drei (Häufigkeit: 11 Prozent), auf jede Ziffer per Tastendruck reagieren. SART ist vor allem zur Erfassung von Mindwandering geeignet, da die kognitive Anforderung gering ist und somit Ressourcen zum Mindwandering zur Verfügung stehen (Smallwood & Schooler, 2006). Personen sollen zu zufälligen Zeitpunkten während der Bearbeitung dieser anspruchlosen Aufgabe ihre aktuellen Gedanken nennen (thought probes), wobei das Kriterium die Anzahl der aufgabenirrelevanten Gedanken (*task-unrelated-thoughts*) darstellt. Dieses Vorgehen ermöglicht generell den Zugriff auf die Metakognition, welche das Bewusstsein einer Person gegenüber ihrer kognitiven Fähigkeiten und Fehlern beschreibt (Broadbent et al., 1982). Befunde zum Zusammenhang zwischen SART und CFQ sind widersprüchlich, da Robertson und Kollegen (1997) einen Zusammenhang dokumentierten, dieser jedoch nicht repliziert werden konnte (Schindler & Schmitz-Hübsch, unveröffentlichtes Poster). Allerdings fand sich metaanalytisch eine Korrelation von $r = .21$ zwischen dem subjektiven und dem objektiven Verfahren (Smilek et al., 2010).

Zusammengefasst erfüllen die vorgestellten Verfahren aus den oben beschriebenen Gründen nicht die Anforderungen für eine valide Erfassung kognitiver Alltagsfehler. Somit sind zum einen eine Neuentwicklung und zum anderen der Einsatz moderner Methoden notwendig.

7 Ambulatory Assessment

Werden subjektive Berichte zu Fehlleistungen als Außenkriterium für ein kognitives Training genutzt, besteht die Gefahr, dass sich darin lediglich Erwartungseffekte widerspiegeln und die beschriebenen Mängel (vgl. Abschnitt 6.4.2) eine valide Aussage verhindern. Beobachtbares Alltagsverhalten betrifft hingegen meist nur basale Fähigkeiten wie beispielsweise bei der Beurteilung des Pflegeanspruchs (vgl. Abschnitt 6.4.3). Kognitive Fehlleistungen sind nicht unbedingt sichtbar und treten nicht regelmäßig auf, so dass die Auftretenswahrscheinlichkeit während der Beobachtungsphase die allgemeine Häufigkeit vermutlich nicht wiedergeben kann (Aiken & West, 1990). Um mit subjektiven Berichten dennoch valide Daten zu erhalten, in denen Erwartungs- und Erinnerungseffekte minimal sind, muss ein alltagsnahes Verfahren wie *Ambulatory Assessment* genutzt werden.

Ambulatory Assessment kann als Brücke zwischen den komplementären Forschungsstrategien in Feld und Labor angesehen werden (Fahrenberg, 2006). Es stellt neben *Experience Sampling Methods* (ESM) oder *Ecological Momentary Assessment* (Gunthert & Wenze, 2012) eine weitere Gruppe von diagnostischen Verfahren dar, mit der in der natürlichen Umgebung eines Individuums und zeitnah selbstberichtete Daten über Erleben und Verhalten gesammelt werden können (Mehl, 2007; Wilhelm & Perrez, 2008). Sämtliche Untersuchungen, die nicht einmalig stattfinden, sondern regelmäßig wiederholt werden (in erster Linie einmal täglich), können unter dem Begriff Tagebuchstudien zusammengefasst werden. Ambulatory Assessment bedeutet dabei, dass die Eintragungen auf einem elektronischen Gerät und nicht – wie in einem Tagebuch – auf Papier erfolgen. Damit unterscheidet sich Ambulatory Assessment von globalen und retrospektiven Selbstberichten, ohne jedoch (wie beispielsweise Verhaltensbeobachtungen) völlig frei von Verzerrungen wie sozialer Erwünschtheit oder Gedächtnisfehlern zu sein (Mehl & Robbins, 2012). Mit dem technischen Fortschritt wächst auch die Auswahl an Hardware und Software für die Durchführung von Ambulatory Assessment, wobei bisher Personal Digital Assistants (PDAs, z. B. Palm), Smartphones, Handheld Computer oder Tablet Computer genutzt wurden.

Ambulatory Assessment fand zunächst als *Ambulatory Monitoring* im medizinischen Bereich Einsatz, um physiologische Daten aus dem realen Leben zu erhalten. So war es möglich, beispielsweise Herzschlag oder Blutdruck außerhalb des Labors zu erfassen, um nicht nur die Aufregung durch den ärztlichen Kontext zu messen (das sogenannte Weißkittel-Syndrom) und um seltene sowie unregelmäßige Ereignisse (z. B. Arrhythmien) oder auch unbewusste Prozesse (z. B. Schlafrhythmen) abzudecken. Ambulatory Monitoring wird des Weiteren für endokrinologische und psychophysiologische genutzt, womit Informationen über emotionale und

kognitive Prozesse gewonnen werden können, welche weder durch Fragebögen, Interviews noch Beobachtungen erfassbar sind (Wilhelm, Grossman & Müller 2012).

7.1 Tagebuchstudien

Die Tagebuch-Methode ist elektronisch und traditionell mit Papier und Stift umsetzbar. Letzteres ist im Umgang einfach und auf wenig finanzielle Mittel angewiesen, doch gibt es mehrere Gefahren: das Vergessen des Eintragens, Fehler oder Verzerrung bei der Retrospektion sowie fehlende Informationen über Bearbeitungszeitpunkt und somit die Compliance. Es ist möglich, dass die Einträge im Nachhinein nur zu einem Zeitpunkt erfolgten, der Wahrheitsgehalt der Einträge gering ist oder Einträge sehr selten vorgenommen wurden. Bolger, Davis und Rafaeli (2003) geben mehrere Hinweise zur Verringerung dieser Gefahren, wobei der wichtigste Rat wohl im häufigen Kontakthalten mit den Versuchspersonen besteht. Ein Zwischenschritt zwischen elektronischer und traditioneller Methode stellte die Anreicherung der Papier-Version des Tagebuches mit elektronischen Signalgebern dar. Damit wird das Vergessen des Eintragens verhindert, jedoch erhöht sich der finanzielle Aufwand (Gunthert & Wenze, 2012) und die Compliance kann stark sinken, sobald der Zeitplan nicht auf ihre individuellen Abläufe abgestimmt ist und daher zu Störungen führt (Bolger et al., 2003). Eine dritte Umsetzungsmöglichkeit stellt die vollständig elektronische Durchführung von Tagebuchstudien dar (= Ambulatory Assessment).

Wilhelm und Perez (2008) beschreiben vier Vorzüge des Ambulatory Assessments gegenüber Selbstberichten: Ereignisse oder Symptome können angemessener identifiziert, zeitliche Veränderungen (Verlaufsdagnostik) ebenso wie Vorboten und Folgen von Ereignissen, Symptomen oder Problemverhalten können erfasst werden und schließlich ist es möglich, Interaktionen zu erfassen. Auch Bolger und Kollegen (2003) sehen mehrmalige Messungen pro Tag als einzige Möglichkeit, die zeitliche Dynamik, Fluktuation von Verhalten (intraindividuell) und Unterschiede zwischen Personen in diesen Veränderungen (interindividuell) zu untersuchen.

Weitere Vorteile stellen die Signalfunktion, eine bessere Überwachung der Eintragungszeitpunkte (Compliance) und Vermeidung von fehlenden Antworten sowie Fehler bei der Datenaufbereitung dar (keine Übertragungsfehler von Papier zu Computer). Da die Fragen zufällig oder sogar verzweigt angeboten werden können, ist die Belastung für den Teilnehmer etwas geringer und sie sind weniger gelangweilt – der Individualisierungsgrad und die Flexibilität sind daher besonders hoch und es können sogar Leistungstest implementiert werden. Es treten weniger Verzerrungen durch Erinnerung, Abruf, Kompensations- oder Rekonstruktionsstrategien auf und da die Messungen im natürlichen Umfeld der Personen

stattfinden, ist die ökologische Validität hoch (Fahrenberg, Myrtek, Pawlik & Perrez, 2007). Ökologische Validität bezeichnet das Ausmaß, in dem Studienergebnisse auf ähnliche Personen, Situationen und Orte generalisiert und auf den Alltag übertragen werden können. Sie ist durch ein repräsentatives Design erreichbar, bei dem wiederholt zufällige Messungen aus der Grundgesamtheit aller Situationen vorgenommen werden (Brunswick, 1955).

7.2 Compliance und Reaktivität

Den Vorteilen des Ambulatory Assessments stehen auch Nachteile gegenüber. Neben den offensichtlichen Nachteilen der elektronischen Tagebücher, welche finanziellen Kosten bei der Anschaffung und zeitlichen Kosten für die Instruktion der Versuchspersonen in die Technik darstellen, sind vor allem mangelnde Compliance und Reaktivität mögliche Kritikpunkte des Ambulatory Assessments.

Compliance. Sowohl die Pünktlichkeit als auch die Ehrlichkeit der Antworten bei regelmäßiger Befragung wird als Compliance definiert (Bolger et al., 2003). Die Akzeptanz der Methode kann gering sein, da die entsprechenden Einträge unter anderem Unterbrechung von Interaktionen, andauernde Studienmotivation sowie Selbstoffenbarung erfordern. Um die Belastung zu verringern, werden Fragebögen oft kurz gehalten und können somit auch an Tiefe, Aussagekraft und vor allem Reliabilität verlieren (Shrout & Lane, 2012). Fahrenberg (2006) führte Items zur Messung dieser Faktoren auf, darunter „Würden Sie erneut an einer ähnlichen Studie teilnehmen?“ oder „Wie gestört/genervt fühlen Sie sich momentan durch die Messung?“. Green, Rafaeli, Bolger, Shrout und Reis (2006) gehen von einer gesteigerten Compliance und somit höher wertigen Daten aus, wenn sich die Versuchspersonen durch den Versuchsleiter gewertschätzt und ihm gegenüber verantwortlich fühlen. Die wahrgenommene Relevanz des Forschungsthemas, ausreichend Informationen über Ablauf und Inhalt der Befragungen sowie angemessene Vertrautheit mit dem technischen Gerät tragen zusätzlich zur Compliance bei (Conner & Lehmann, 2012).

Wie sehr das Fehlen von technischen Überprüfungsmöglichkeiten die Compliance (hier als Pünktlichkeit der Beantwortung) senkt, haben Stone, Shiffman, Schwartz, Broderick und Hufford (2003) untersucht, indem sie für die Versuchspersonen unsichtbare Zeitaufzeichnungen der Eintragungen durch Lichtsensoren vornahmen. Während die berichtete Compliance bezüglich der drei vorgegebenen Eintragungszeitpunkte in den 21 Tagen der Studie bei 90 Prozent lag, ergab die Auswertung der Zeitaufzeichnung eine tatsächliche Compliance von 11

Prozent. Die Einhaltung der Zeiten bei elektronischen Tagebucheinträgen ist demgegenüber mit 94 Prozent sehr hoch.

Reaktivität. Bei der Nutzung von Ambulatory Assessment muss sich der Versuchsleiter stets der Gefahr der Reaktivität bewusst sein. Sie bezeichnet den Einfluss der Beobachtung oder Messung auf das zu beobachtende oder zu messende Verhalten und stellt eine Gefährdung der internen Validität dar (Cook & Campbell, 1979). Das Ziel, die verschiedenen Verzerrungen von retrospektiven Fragebögen durch alltagsnahe Messungen zu vermeiden, führt auf der anderen Seite zu Reaktivität durch eben diese Messungen und erzeugt somit unerwünschte Varianz. Dem interessierenden Verhalten, wie in dieser Studie den Fehlleistungen, wird unter Umständen mehr Aufmerksamkeit geschenkt, was sowohl zu einer Erhöhung also einer Verringerung der tatsächlichen Auftretenswahrscheinlichkeit des Verhaltens beziehungsweise dessen Wahrnehmung führen kann. Dieses Phänomen ist auch unter den Begriffen Hawthorne-Effekt oder *Guinea-Pig*-Effekt bekannt.

Conner und Reid (2011) untersuchten erstmals in einem experimentellen Design die Reaktivität von Ambulatory Assessment auf Zufriedenheit, indem sie die Anzahl der täglichen Befragungen manipulierten (einmal, dreimal oder sechsmal). Die induzierte selbstfokussierte Aufmerksamkeit und Metakognition durch entsprechende Fragen kann verschiedene Effekte haben und den erfassten Affekt verstärken, absenken oder auch unbeeinflusst lassen. Die Autoren konnten keine Gruppenunterschiede bezüglich des berichteten Affekts feststellen, die reine Frequenz ist somit nicht entscheidend, jedoch fanden sie eine Interaktion mit depressiven Symptomen und in besonderem Maß mit Neurotizismus. Werden die Befunde von Conner und Reid (2011) auf das vorliegende Thema übertragen, ist anzunehmen, dass ein verstärkter Fokus auf Fehlleistungen bei einigen Personen zu einer Abnahme der wahrgenommenen Alltagsfehler führt und bei anderen zu einer Zunahme. Möglicherweise ist auch hier Neurotizismus ein Moderator oder aber die Fehlerhäufigkeit selbst, sodass fehleranfällige Menschen noch mehr Fehler bemerken und berichten und nicht fehleranfällige Menschen entsprechend weniger. Allerdings weisen Sliwinski und Kollegen (2009) darauf hin, dass Reaktivität innerhalb der Person keineswegs stabil sein muss.

Eine weitere Form der Reaktivität stellt das Auslassen von Einträgen an Tagen dar, an denen das beobachtete Verhalten besonders häufig auftritt (Barta, Tennen & Litt, 2012). So ist denkbar, dass in Episoden, in denen die Teilnehmer unter großem Stress stehen, aufgrund der durch kognitive Belastung blockierten Kapazitäten mehr Fehlleistungen auftreten (vgl. Mahoney et al., 1998). Der Zeitdruck verhindert jedoch unter Umständen, dass der Alarm wahrgenommen und beachtet wird, sodass die Antworten das erhöhte Aufkommen von Fehlern nicht widerspiegeln

(Stichprobenfehler bezogen auf die gezogene Situationsstichprobe). Eine schnelle Gewöhnung an die regelmäßigen Befragungen führt zwar zu einer geringen Reaktivität, sie kann jedoch auch Antworttendenzen zur Folge haben (Gleason, Bolger & Shrout, 2001). Nachteilig ist ebenfalls, wenn sich im Verlauf der Untersuchung das Verständnis der Versuchsperson für das Konstrukt verändert.

Barta und Kollegen (2012) identifizierten mögliche Faktoren, die entscheidend dafür sein können, ob eine Messung Reaktivität hervorruft oder nicht. Dazu gehören beispielsweise die neuartige Reflexion des eigenen Verhaltens, eine starke Motivation zur Verhaltensänderung, die persönliche Relevanz und Bewertung des beobachteten Verhaltens, die Anzahl der fokussierten Verhaltensweisen, der Zeitpunkt der Beobachtung (vor oder nach dem Verhalten) sowie eine Rückmeldung. In der vorliegenden Studie besteht demnach die Gefahr der Reaktivität, da die Teilnehmer erstmalig mit Alltagsfehlern als explizitem Verhalten konfrontiert werden, es ist das einzig zu beobachtende Verhalten und auch wenn die Relevanz der Fehlleistungen vermutlich eher gering ist, kann von einer Änderungsmotivation ausgegangen werden. Die Natur des Beobachtungsgegenstands impliziert, dass die Beobachtung im Nachhinein erfolgen muss, da Fehlleistungen (im Gegensatz zu Essverhalten beispielsweise) kein geplantes Verhalten, sondern eine Störung dessen darstellen. Die Teilnehmer bekommen zudem keine Rückmeldung über ihre Antworten und haben keinen Zugriff auf frühere Einträge, sodass hier zusammenfassend stark auf den Einfluss der Reaktivität geachtet werden muss.

7.3 Designs

Reis (2000) unterscheidet zwischen kontinuierlicher, zeit- und ereignisgesteuerter Beobachtung (*continuous, time* bzw. *event sampling*), wobei die Zeit nach festen Zeitpunkten oder variablen Intervallen festgelegt werden kann. Zeit- und ereignisgesteuerte Beobachtungen sind auch in Kombination anwendbar. Die Wahl der Erhebungsstrategie hängt vom interessierenden Merkmal ab: Ereignisse mit hoher Auftretenswahrscheinlichkeit lassen sich am günstigsten zeitgesteuert erfassen, während seltene Ereignisse, welche leicht durch das grobmaschige Zeitnetz fallen können, eher ereignisgesteuert erfasst werden sollten (Bolger et al., 2003). Regulär wiederkehrende Ereignisse können zu im Vorhinein festgelegten Zeitpunkten abgefragt werden, beispielsweise morgens, mittags und abends. Gefühle, Gedanken oder bestimmte Verhaltensweisen treten ungleichmäßig über den Tag verteilt auf, weshalb sich bei ihnen Intervalle oder auch zufällige Abfragen besser eignen.

Wie groß der Abstand zwischen zwei Messungen sein soll, hängt des Weiteren von theoretischen und praktischen Überlegungen ab. Zu große Abstände bergen die Gefahren des Verpassens und Vergessens, während zu kleine Abstände durch den größeren Aufwand vor allem zu Lasten der Versuchspersonen gehen. Zunächst muss geklärt werden, welche Verzögerung zwischen Ereignis und Wiedergabe akzeptabel ist, und in welchem zeitlichen Rahmen dynamische Prozesse zu erwarten sind. Bolger und Kollegen (2003) schlagen vor, im Zweifel kürzere Abstände zu wählen und im Anschluss bei der Auswertung verschiedene Intervalle zu probieren. Zufällige Signale bieten den Vorteil, dass die Versuchsperson die Messung nicht vorhersehen kann und somit ihr Verhalten so natürlich wie möglich ist. Dies gewährleistet eine Auswahl von Verhalten oder Ereignissen, welche als repräsentativ für den gesamten Verlaufszeitraum anzusehen ist, die Generalisierbarkeit wird gesteigert und das Zielverhalten kann ohne gedächtnisbasierte Verzerrung annähernd in Echtzeit erhoben werden (Ebner-Priemer, Kubiak & Pawlik, 2009). Nachteilig an diesem Vorgehen ist jedoch die Belastung für die Versuchsperson, da die Beantwortung der Fragen nicht geplant werden kann und die Wahrscheinlichkeit groß ist, dass es sich um einen ungünstigen Zeitpunkt handelt. Im Vorhinein festgelegte Alarmzeiten entlasten somit die Teilnehmer und erleichtern zudem die Datenreinigung, da bekannt ist, wann Einträge erfolgen sollten und wann nicht (McCabe, Mack & Fleeson, 2012).

Ereignisgesteuertes Beobachtung bezieht sich beispielsweise auf ein bestimmtes Symptom im Rahmen einer Suchterkrankung, Essstörung oder – wie in dieser Studie – auf Fehlleistungen im Alltag. Dieses Design stellt hohe Anforderungen an die Versuchsperson, denn sie muss eine genaue Kenntnis vom interessierenden Merkmal haben und sich des Auftretens stets bewusst sein. Bei häufigem Auftreten muss sie zudem entscheiden, welche Ereignisse die größte Relevanz haben. Zwar minimiert sich hier die Anzahl von Messungen mit geringem Informationsgehalt (wenn das Ereignis beispielsweise nicht aufgetreten ist), jedoch ist der Versuchsleiter stark von Motivation und Compliance der Versuchsperson abhängig. Die Gefahr, dass trotz Auftretens kein Eintrag vorgenommen wird, steigt mit höherer Auftretenswahrscheinlichkeit und längerem Untersuchungszeitraum stark an. Um für eine ereignisgesteuerte Datensammlung nutzbar zu sein, muss das zu beobachtende Verhalten oder Ereignis einen definierten Beginn und ein definiertes Ende haben (Moskowitz & Sadikaj, 2012). Während Suchtverhalten, wie Essen oder Rauchen, genau abgrenzbar ist und einen kürzeren Zeitraum umfasst, können Gefühle, Stimmung oder Gedanken nicht problemlos als beendet empfunden und entsprechend dokumentiert werden.

Es liegen bislang keine gesicherten Richtlinien zur idealen Länge einer Tagebucherhebung oder zur optimalen Häufigkeit der Einträge pro Tag vor (Moskowitz & Sadikaj, 2012). Derartige Vorgaben hätten jedoch auch nur für einen sehr spezifischen Themenbereich Gültigkeit, da die zu beobachtenden Situationen oder Ereignisse, wie bereits angedeutet, unterschiedliche Merkmale haben, wie beispielsweise Auftretenswahrscheinlichkeit, Abgrenzbarkeit, Regelmäßigkeit, Dauer oder Valenz. Um eine Studie zu planen und ein Design zu wählen, müssen daher zunächst die Eigenschaften des Untersuchungsgegenstandes betrachtet werden. Kognitive Fehlleistungen treten eher selten auf, weshalb häufigere Befragungen keinen großen Informationsgewinn erzielen würden, vielmehr ist hier die Dauer entscheidend. Da sie unregelmäßig auftreten und aufgrund der vermehrten Selbstbeobachtung anfällig für Reaktivität sind, ist ein intervallgesteuertes Vorgehen unangemessen. Während Fehlhandlungen oder Verwechslungen leicht abgrenzbar sind und Beginn und Ende haben, sind Gedächtnisfehler nicht sofort präsent und auch nicht diskret, weshalb ein rein ereignisgesteuertes Design ebenfalls nicht denkbar ist. Nicht zuletzt sind die durch Fehlleistungen hervorgerufenen Empfindungen sehr variabel und von Personen- sowie Situationsvariablen abhängig.

7.4 Anwendungsgebiete

Gunthert und Wenze (2012) tragen verschiedene Konstrukte zusammen, die vermehrt in Tagebuchstudien untersucht werden, wie beispielsweise Stress, Affekt, physische Symptome und Suchtverhalten. Besonders geeignet für Experience Sampling sind dynamische Phänomene, welche intraindividuelle Variabilität aufzeigen und deren Antwortgenauigkeit durch einen langfristigen Abruf (z. B. in retrospektiven Fragebögen) gestört wird (Mehl & Conner, 2012). So führten Thompson, Mata, Jaeggi, Buschkühl, Jonides und Gotlib (2012) eine siebentägige Erhebung mit PDAs (Personal Digital Assistants) bei Depressiven und Gesunden durch, in der achtmal täglich nach positiven und negativen Emotionen sowie zugehörigen Ereignissen gefragt wurde. Es gibt jedoch auch Forschungsgegenstände, die nicht von einer erhöhten Beobachtung profitieren, sondern durch ein einmaliges Erfassen am besten abgebildet werden, sofern sie nur wenige Male täglich auftreten (beispielsweise Konflikte). Der geringe Informationsgewinn durch Experience Sampling rechtfertigt dabei nicht die höhere Belastung für die Teilnehmer. Dies gilt ebenso für Verhalten, welches stets zu festen, vorhersagbaren Zeiten auftritt (z. B. Schlaf), sowie für konkrete Situationen und Vorkommnisse – im Gegensatz zu flüchtigen Eindrücken, Gedanken und Gefühlen –, da die Erinnerung an das Auftreten bestimmter Ereignisse durch Abruffehler weniger gefährdet ist. Die Entscheidung darüber, ob die Messung einmal oder mehrmals täglich erfolgen soll, hängt des Weiteren von der geplanten Dauer der Studie ab. Wenn Verhaltensweisen

nicht häufig genug pro Tag auftreten und eine ausreichend Menge nur über einen längeren Zeitraum erfassbar ist, stellen mehrmalige Befragungen eine sehr hohe Belastung für die Teilnehmer dar. Kann das Zielverhalten hingegen in wenigen Tagen ausreichend häufig abgebildet werden, ist eine mehrmalige Befragung täglich zu wählen (Gunthert & Wenze, 2012, vgl. auch vorherigen Abschnitt 7.3).

Kognitive Fehlleistungen im Allgemeinen wurden bislang nicht mit diesem methodischen Ansatz erfasst, es gibt jedoch erste Untersuchungen, welche sich zumindest auf Mindwandering beziehen. Kane und Kollegen (2007a) gaben ihren Teilnehmern PDAs für sieben Tage, mit dem sie achtmal täglich den Fokus ihrer Gedanken sowie den Kontext in einem verzweigten Fragebogen berichten sollten. Personen mit geringerer Arbeitsgedächtniskapazität erlebten demnach häufiger Episoden des Mindwandering bei anspruchsvollen Aufgaben, wobei die Kapazität den Zusammenhang zwischen Konzentration und Mindwandering moderierte: Unterschiede zwischen Personen mit hoher und niedriger Arbeitsgedächtniskapazität werden umso größer, je anspruchsvoller die aktuelle Aufgabe ist und je stärker die Ablenkung. Ein ähnliches Vorgehen nutzten McVay und Kollegen (2009), in deren Untersuchung die Teilnehmer achtmal täglich auf einem PDA eine Aufmerksamkeitsaufgabe bearbeiteten. Währenddessen wurden sie zu ihren Gedanken befragt, welche bei der Aufgabe, der eigenen Leistung, Alltäglichem, dem Gemütszustand, Sorgen oder Tagträumen sein konnten – Befunde aus Laborstudien sollten somit auf das tägliche Leben übertragen werden. Die Ergebnisse sprechen deutlich für verminderte Leistungen während bewussten und unbewussten Abschweifens. Zudem war die Häufigkeit der im Labor erfassten, aufgabenirrelevanten Gedanken ein besserer Prädiktor für Leistung und Anzahl des Mindwandering als die Arbeitsgedächtniskapazität. Die Schwierigkeit, Laborwerte und Alltagsdaten zu vereinen, zeigte sich unter anderem in den jeweils eher niedrigen Koeffizienten ($r = < .20$).

8 Fragestellung und Hypothesen

Für die alternde Bevölkerung ist eine lange, selbstständige Alltagsbewältigung von großer Relevanz. Durch den Einfluss auf eine Vielzahl höherer Kognitionen und das Auftreten von Alltagsfehlern spielt das Arbeitsgedächtnis dabei eine besondere Rolle. Da bislang widersprüchliche Befunde zum Transfer von Arbeitsgedächtnistraining vorliegen, sollte nun untersucht werden, ob ein 12-wöchiges, adaptives und vielfältiges Training bei älteren Erwachsenen zur Verbesserung in relevanten Fähigkeiten wie dem Kurzzeitgedächtnis oder dem logischen Denken, aber auch in alltagsnahen Kriterien führen kann. Die Fragestellung beinhaltet somit zum einen Güte und Nutzen des neuen Instruments, mit dem Ambulatory Assessment erstmalig auf den Bereich der kognitiven Fehlleistungen Anwendung findet: Können Alltagsfehler zuverlässiger und valider mit einer ambulanten Methodik erfasst werden als mit einem retrospektiven Selbstbericht? Zum anderen ist die Reichweite eines potenziellen Trainingstransfers von Interesse, welcher mit einem geeigneten Training gefördert und mithilfe einer aktiven und einer passiven Kontrollgruppe von Erwartungseffekten abgegrenzt werden soll: Ist ein Transfer nach Arbeitsgedächtnistraining bei älteren Erwachsenen auf nicht trainierte Fähigkeiten möglich und wie weit reicht dieser?

Neuentwicklung eines Instruments zur Erfassung kognitiver Fehler im Alltag

Bisher konnten kognitive Fehler nicht angemessen erfasst werden (vgl. Abschnitt 6.4). Im Methodenteil wird die Entwicklung des neuen Instruments beschrieben (vgl. Abschnitt 9.3), welches die Vorzüge des Ambulatory Assessments nutzt und als eKFA (elektronischer Fragebogen für kognitive Fehlleistungen im Alltag) bezeichnet wird. Im Gegensatz zum CFQ (Broadbent et al., 1982), einem häufig genutzten Fragebogen, ist die Erfassung von Fehlleistungen mit dem eKFA zeitnah, sie basiert auf absoluten Häufigkeiten und ist nicht retrospektiv verzerrt. Beide Instrumente teilen sich daher keine Methodenvarianz, sodass die verbleibende Überlappung das Konstrukt per se darstellt. Der Zusammenhang sollte somit weder hoch noch niedrig sein.

Hypothese 1: eKFA und CFQ korrelieren auf mittlerem Niveau miteinander.

Der Zusammenhang zwischen Fehlleistungen und Neurotizismus wird aufgrund der Verzerrung durch das Selbstbild und der gemeinsamen Methodenvarianz (Fragebögen) im CFQ überschätzt. Der eKFA ermöglicht die Betrachtung des tatsächlichen Zusammenhangs, welcher geringer ist als bisher dargestellt.

Hypothese 2: *Der eKFA weist eine geringere Korrelation mit Neurotizismus auf als der CFQ.*

Die potenziellen Ursachen von Fehlleistungen sollen entsprechende Zusammenhänge mit dem eKFA aufweisen, sodass geringe Fähigkeiten mit häufigeren Fehlern einhergehen.

Hypothese 3: *Kognitive Fehlleistungen, die mittels Ambulatory Assessments erhoben werden, korrelieren negativ mit der Arbeitsgedächtniskapazität und der Aufmerksamkeitskontrolle.*

Training des Arbeitsgedächtnisses

Das Training wird sowohl die Speicherkomponente (via Updating- und komplexen Spannenaufgaben) als auch die Aufmerksamkeitskontrolle des Arbeitsgedächtnisses (via Switching-Aufgaben) ansprechen. Die wiederholte Bearbeitung der sich adaptiv verändernden Aufgaben sollte zu deutlichen Verbesserungen führen (Trainingseffekt). Hierbei wird ein starker Effekt erwartet.

Hypothese 4a: *Die Experimentalgruppe wird sich in den trainierten Arbeitsgedächtnisaufgaben gegenüber den Kontrollgruppen sehr verbessern.*

Hypothese 4b: *Die Experimentalgruppe wird sich in der Multiple Switching Task gegenüber den Kontrollgruppen sehr verbessern.*

Als nächstes soll überprüft werden, ob es gelungen ist, die trainierten Fähigkeiten auch latent, d. h. unabhängig von den eingesetzten Aufgaben, zu steigern. Verbesserungen in ähnlichen Aufgaben mit unterschiedlichem Reizmaterial werden erwartet, was einen nahen Transfer darstellt.

Hypothese 5a: *Die Experimentalgruppe wird in nicht trainierten Arbeitsgedächtnisaufgaben nach dem Training höhere Erfolge erzielen als die Kontrollgruppen.*

Hypothese 5b: *Die Experimentalgruppe wird in nicht trainierten Switching-Aufgaben nach dem Training höhere Erfolge erzielen als die Kontrollgruppen.*

Wenn durch das Training das Verschieben von Informationen in und aus dem aktivierten Bereich des Gedächtnisses erleichtert wurde, müsste sich dies in der Leistung in Kurzzeitgedächtnisaufgaben zeigen. Items, welche über die Kurzzeitgedächtnisspanne hinausgehen, könnten dann im sekundären Gedächtnis aufbewahrt und bei Bedarf abgerufen werden.

Hypothese 6: Das Training führt zu einer Erhöhung der Kurzzeitgedächtniskapazität.

Die kognitive Verlangsamung ist zwar ein Grund für die altersbedingte Abnahme der Arbeitsgedächtnisleistung, doch heißt dies im Rückschluss nicht, dass eine verbesserte Kapazität auch zu einer höheren Geschwindigkeit führt. Es ist maximal möglich, dass bereits durch die wiederholte Vorgabe der Aufgaben in allen Gruppen bessere Werte erzielt werden.

Hypothese 7: Das Training hat keinen Einfluss auf die Bearbeitungsgeschwindigkeit.

Arbeitsgedächtnis und Reasoning unterliegen der gleichen Begrenzung durch die limitierte Kapazität zur Handhabung verschiedener mentaler Repräsentationen und sie teilen sich die Hälfte ihrer Varianz. Sofern also ein naher Transfer als Voraussetzung erfolgte, ist ein ferner Transfer möglich.

Hypothese 8: Durch das Training verbessert sich die Experimentalgruppe im Reasoning.

Zuletzt folgt der Transfer in den Alltag. Kapazitätsdefizite und mangelnde Aufmerksamkeitskontrolle sind Ursachen für das Auftreten kognitiver Fehlleistungen, weshalb nach erfolgreichem Training in der Experimentalgruppe weniger Fehler auftreten sollten.

Hypothese 9: Die Experimentalgruppe berichtet nach dem Training weniger Fehler im Alltag.

9 Methode

9.1 Stichprobe

Von anfangs 106 Senioren haben fünfzehn die Studie aufgrund von Krankheit oder anderer persönlicher Umstände abgebrochen. Die verbleibenden 91 Teilnehmer werden im Folgenden bezüglich Rekrutierung, Alter, Geschlecht, Bildung und Gesundheit näher beschrieben. Im Anhang F befindet sich der biografische Fragebogen, mit dem diese Daten erhoben wurden. Die Teilnahme erfolgte freiwillig und als Anreiz wurde das Trainings per se sowie eine ausführliche Rückmeldung (Beispiel im Anhang H4) geboten.

Rekrutierung. Die Teilnehmer wurden über verschiedene Wege angesprochen und geworben. Durch die Zeitungsannonce in der Magdeburger ‚Volksstimme‘ (Anhang H3) haben 37 Teilnehmer (41%) von der Studie erfahren, 18 (20%) nannten ihre Tanz- oder Sportgruppe als Informationsquelle (Verteilung von Flugblättern, Anhang H2) und 14 Senioren (15%) konnten aus dem Studiengang ‚Studieren ab 50‘ der Universität Magdeburg gewonnen werden (Anzeige im Studienführer, Anhang H1, sowie Poster zur Einführungsveranstaltung). Jeweils acht, fünf und zwei Teilnehmer erfuhren von der Studie durch ihr familiäres Umfeld, den Internetdienst *feierabend.de*, welcher regional Senioren via Newsletter anschreibt, und ausgelegte Flugblätter. Die übrigen sechs Teilnehmer wählten die Kategorie *Sonstiges* und einer machte keine Angaben.

Alters- und Geschlechtsverteilung. An der Studie nahmen 41 Männer (45%) und 50 Frauen (55%) teil. Ein Chi-Quadrat-Test zur Überprüfung der Gleichverteilung erlaubt die Annahme der Nullhypothese ($\chi^2 = 1.06, p = .302$). Die Teilnehmer waren im Mittel 67.9 Jahre alt ($SD = 3.96$) mit einer Spannweite von 60 bis 76 Jahren. Das Alter ist normalverteilt ($Z = .780, p = .576$), wie auch Abbildung 4 zeigt.

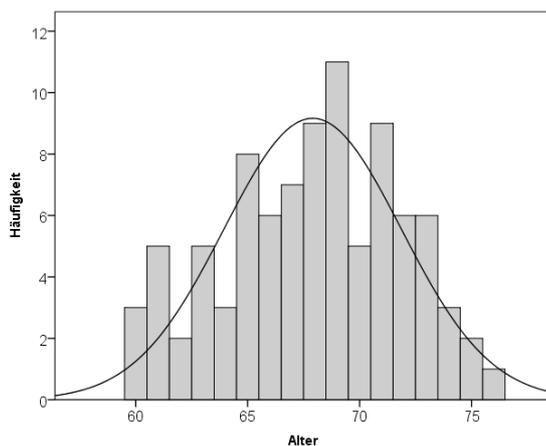


Abbildung 4: Verteilung des Alters

Bildung. Für die Bildungsjahre sollten Schulzeit, Ausbildung und Studium zusammengezählt werden. Der Mittelwert der Gesamtstichprobe lag bei 13.99 Jahren ($SD = 2.55$) mit einer Spannweite von 8 bis 22 Bildungsjahren. Die Verteilung ist nicht normal ($Z = 2.23, p < .001$), sondern rechtsschief und ungefähr 30 Prozent der Teilnehmer gaben dreizehn Bildungsjahre an (siehe Abbildung 5). Zum Zeitpunkt der Studie waren 78 Senioren berentet, 8 Teilnehmer arbeiteten (6 davon freiwillig) und 5 Senioren waren erwerbslos.

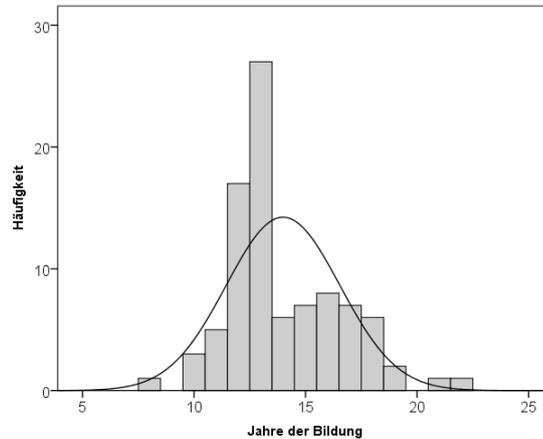


Abbildung 5: Verteilung der Bildungsjahre

Annähernd die Hälfte der Senioren absolvierte ein Hochschulstudium und ein Drittel gab die 10. Klasse als höchsten Abschluss an. Vierzehn Prozent hatten einen gymnasialen Abschluss, drei Teilnehmer erreichten die 10. Klasse nicht und ein Teilnehmer machte keine Angaben.

Gesundheit. Von den 91 Teilnehmern gaben 9 (10%) an, *gelegentlich* oder *regelmäßig* zu rauchen. 47 (52%) Senioren haben *nie geraucht* und 35 (38%) haben *aufgehört*. Alkohol konsumierten 7 Senioren (9%) *regelmäßig*, 11 *oft* (12%), 65 *seltener* (71%) und 7 *nie* (9%). *Mehrmals pro Woche* betätigen sich 60 Senioren (66%) sportlich, 14 Senioren (15%) trieben genau *einmal wöchentlich* Sport, *seltener als einmal pro Woche* gaben 13 Senioren (14%) als Sportpensum an und 4 (4%) trieben *nie* Sport. Alle Teilnehmer berichteten gutes Seh- und Hörvermögen oder nutzten entsprechende Hilfsmittel.

Die subjektive Gesundheit wurde mit Schulnoten von *sehr gut* bis *ungenügend* erfasst. Die meisten Teilnehmer wählten *gut* (55%) oder *befriedigend* (29%), 8 Senioren (10%) bewerteten ihre Gesundheit schlechter und 6 Senioren wählten *sehr gut* (7%). Bluthochdruck wurde von 41 Senioren (45%) angegeben und 9 (10%) Teilnehmer litten an Diabetes. Von allen Teilnehmern gaben 44 Senioren (48%) *täglichen Kontakt* zu anderen Menschen an, 42 (46%) treffen sich

mehrmals wöchentlich mit Bekannten und 5 Teilnehmer (6%) haben *seltener als einmal pro Woche* Sozialkontakt. Durch Rundungen können 99 bzw. 101 Prozent in der Summe entstehen.

Gruppenzuweisung. Die 91 Teilnehmer wurden zufällig auf Experimentalgruppe (EG), aktive Kontrollgruppe (aKG) und passive Kontrollgruppe (pKG) aufgeteilt. Dabei gab es acht Ehepaare (je zwei in Experimental- und passiver Kontrollgruppe, vier in der aktiven Kontrollgruppe) sowie drei befreundete Dyaden (zwei in der aktiven, eine in der passiven Kontrollgruppe), welche derselben Gruppe zugeordnet wurden. Die folgende Kreuztabelle (Tabelle 2) gibt einen Überblick über die Geschlechterverteilung sowie Mittelwerte von Alter, Bildungsjahren und Anzahl der Hochschulabsolventen in den drei Gruppen. Weder im Alter ($F = 1.83, p = .167$) noch in den Bildungsjahren ($F = 1.02, p = .365$) besteht ein bedeutsamer Unterschied, sodass die Gruppen in diesen Variablen vergleichbar sind.

Tabelle 54: Gegenüberstellung der Gruppenmerkmale

	EG	aKG	pKG
<i>N</i>	31	31	29
männlich : weiblich	14 : 17	15 : 16	12 : 17
Alter	66.85 (3.99)	68.23 (3.64)	68.69 (4.14)
Bildungsjahre	14.03 (2.40)	14.42 (2.81)	13.48 (2.40)
Hochschulabsolventen	12	14	18

Anmerkung. EG = Experimentalgruppe; aKG = aktive Kontrollgruppe; pKG = passive Kontrollgruppe.

9.2 Material

9.2.1 Software

Für sämtliche am Computer durchgeführten Aufgaben wurde die Software WMC (Version 1.1.0.0; Copyright by Thomas Becker, Osnabrück) genutzt. Bestehende Aufgaben mussten an die Studienanforderungen angepasst werden (v. a. bezüglich der maximalen Schwierigkeit) und es wurden neue Aufgaben programmiert. Außer der neu entwickelten Multiple Switching Task (vgl. Abschnitt 9.2.2) wurden alle Aufgaben in weißer Schrift vor schwarzem Hintergrund präsentiert. Die Navigation erfolgte mittels grüner und roter Ampelmänner (Abbildung 6), wobei die Teilnehmer bei grün selbstständig mit der Leertaste fortfahren konnten und bei rot auf weitere Instruktionen warten sollten. Nach jeder Aufgabe gab es Rückmeldungen mit den erzielten Punkten oder den Reaktionszeiten. Den Teilnehmern lag jederzeit eine Abbildung der Computertastatur mit entsprechenden Bezeichnungen sowie den wichtigsten Tasten zur Navigation vor (siehe Anhang E2).



Abbildung 6: Symbole für die Navigation während der Testung

9.2.2 Testbatterie

Die Anleitungen, welche den Teilnehmern in Papierform während der Prä-Post-Testung und des Trainings vorlagen, sowie die verbalen Instruktionen befinden sich in Anhang E (E1-E3). Die Aufgaben zur Erfassung von Kapazitäten (Kurzzeit- und Arbeitsgedächtnis) hatten gemeinsam, dass die Wiedergabe ohne Zeitbegrenzung stattfand und Entscheidungen wurden stets mit den Tasten linken ‚kleiner‘ (<) und der rechten ‚minus‘ (-) vorgenommen. Die Prä- und Postbatterie enthielt Standardversionen aller Aufgaben mit je drei Durchgängen pro Schwierigkeitsstufe (= Anzahl zu merkender Reize).

Komplexe Spannenaufgaben. Zunächst folgen Arbeitsgedächtnisaufgaben. Die hier eingesetzte Reading Span (RS) unterschied sich von der ursprünglichen Version von Daneman und Carpenter (1980), da die zu memorierenden Begriffe nicht Elemente des Satzes waren. Das verbale Material für die Reading Span und für sämtliche anderen Aufgaben mit verbalen Reizen (Operation Span, verbale Kurzzeitgedächtnisaufgabe) wurde aus dem Wortschatz der Universität Leipzig entnommen (<http://wortschatz.uni-leipzig.de/Papers/top10000de.txt>). Auswahlkriterien stellten die Wortlänge (3-6 Buchstaben), die Silbenanzahl (1-2 Silben) und die Bedeutung (neutrale oder positive Begriffe) dar. Zudem wurden nur Wörter gewählt, welche sich in mindestens zwei Konsonanten oder einem Vokal und einem Konsonant voneinander unterschieden, um die Interferenz gering zu halten. Die Sätze, deren Sinnhaftigkeit geprüft werden sollte, bestanden aus maximal sechs Worten. Die Präsentationszeit der zu merkenden Wörter betrug 2000 ms, es mussten zwei bis fünf Wörter erinnert und anschließend in der richtigen Reihenfolge eingegeben werden. Für die Reaktion auf den Satz standen 4000 ms zur Verfügung, sodass nach Ablauf dieser Zeit direkt das Wort präsentiert und die Entscheidungsaufgabe als Fehler gewertet wurde. Ein korrekter Satz lautete beispielsweise „Tee ist ein Getränk“ und ein inkorrekt Satz wäre „Tiger fressen nur Spinat“. Es gab ein Beispiel mit drei zu merkenden Wörtern.

Die Operation Span (OS; Turner & Engle, 1989) beinhaltete getrennte Verarbeitungs- und Speicherelemente. Die Gleichungen bestanden aus Plus- und Minusaufgaben mit jeweils nur einer Operation, die zwei einstellige Ziffern miteinander verknüpfte (oft wird diese Aufgabe al-

lerdings mit 3 Operationen und zusätzlicher Punktrechnung genutzt). Nach jeder Gleichung, für welche die Teilnehmer 4000 ms Zeit hatten, wurde jeweils ein Wort für 1500 ms präsentiert, welche in der Reihenfolge des Erscheinens im Anschluss eingegeben werden mussten. Im Prätest wurden bis zu fünf und im Posttest, um Deckeneffekte zu vermeiden, bis zu sechs Wörter pro Aufgabe präsentiert. Eine korrekte Gleichung lautete beispielsweise " $4 - 3 = 1$ " und eine inkorrekte Gleichung „ $7 + 2 = 6$ ". Es gab auch hier ein Beispiel mit drei zu merkenden Wörtern.

In einem Raster mit zehn mal zehn Feldern wurden bei der Dot Span (DS; Oberauer et al., 2003) zwischen zwei bis fünf Punkte für 1500 ms mit einem Interstimulus-Intervall von 1500 ms präsentiert (siehe Abbildung 7). Das entstandene Muster sollte daraufhin auf die vertikale und horizontale Symmetrie mit einem Klicken auf das Feld ‚J‘ für Ja oder ‚N‘ für Nein geprüft werden, doch gab es dafür keine Zeitbegrenzung. Im Anschluss mussten die Positionen der Punkte im Raster mit der Maus nachgeklickt werden, wobei die Reihenfolge hier keine Rolle spielte. Die Rückmeldung erfolgte erst nach dem letzten angeklickten Punkt.



Abbildung 7: Beispiele für vertikal und horizontal symmetrische (links) und asymmetrische Muster (rechts) der Dot Span

Updating. Der Reizbildschirm der Memory Updating numerisch (MUN; Oberauer et al., 2000) bestand aus neun Feldern, von denen zwei bis fünf (im Posttest sechs) Felder schwarz und die restlichen Felder grau waren. Abbildung 8 zeigt den Ablauf, allerdings in umgekehrter Farbfolge. In den schwarzen Feldern erschien jeweils eine Ziffer zwischen eins und neun für 2000 ms, wobei sich sowohl die Ziffer als auch die Position dieser gemerkt werden mussten.

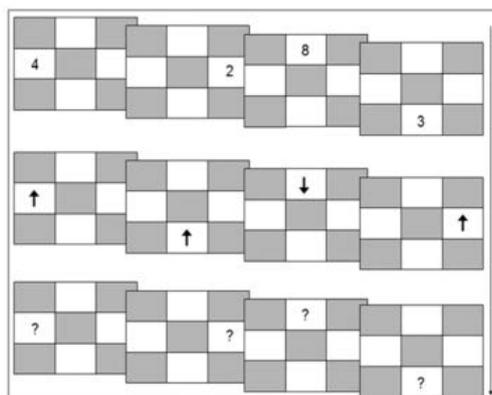


Abbildung 8: Beispiel für die Aufgabe Memory Updating numerisch mit vier aktiven Zellen.

Nachdem in jedem aktiven Feld eine Ziffer gezeigt wurde, erschienen insgesamt vier auf- oder abwärtsgerichtete Pfeile für 2000 ms in einigen der Felder, welche die Rechenoperation ‚plus eins‘ (Pfeil aufwärts) oder ‚minus eins‘ (Pfeil abwärts) implizierten. Im Anschluss wurden in allen Feldern nacheinander Fragezeichen präsentiert, woraufhin das aktuelle Ergebnis eingegeben werden musste. Es erschienen unmittelbar Rückmeldungen, welche entweder „Super, das ist richtig“ oder „Leider falsch ...“ lauteten. Das Interstimulus-Intervall betrug 2000 ms.

Als weitere Updating-Aufgabe diente eine adaptierte Version des *Swaps Tests* (Stankov, 2000). Hierbei werden zunächst gleichzeitig die drei Buchstaben J, K und L in unterschiedlicher Reihenfolge und zudem zwischen einer bis vier Tauschanweisungen präsentiert (z. B. „Wechseln Sie 1 und 2 aus“), die jeweils das Vertauschen von zwei Buchstaben verlangten. Ursprünglich sind vier Blöcke mit je zwölf Aufgaben vorgesehen, in dieser Arbeit wurden jedoch nur zwei Blöcke eingesetzt. Somit enthielt jeder Block drei Einer-, Zweier-, Dreier- und Viererauswechselungen. Nach 1500 ms erschien die erste Tauschanweisung und 5000 ms vergingen, bevor alle Anweisungen ausgeblendet und das Eingabefenster präsentiert wurde. Zwischen den Tauschanweisungen lagen 4000 ms.

Anstelle der auf Wiedererkennung basierenden N-Back-Aufgabe (vgl. Abschnitt 4.3) wurde hier die Running Memory Span (RMS; Pollack et al., 1959) eingesetzt. Für die numerische Running Memory Span wurden Ziffern zwischen 1 und 9 verwendet, welche jeweils 1000 ms sichtbar waren und ein Interstimulus-Intervall von ebenfalls 1000 ms hatten. Nach dem Ende einer Reihe mussten die letzten n Ziffern in der Reihenfolge ihres Erscheinens einzeln in die nummerierten Eingabefenster getippt werden. Die figurale Running Memory Span bestand aus einem Raster mit neun Feldern, wobei das mittlere schwarz ausgefüllt war. Jeweils eines der acht äußeren Felder wurde für 1000 ms nach einem Interstimulus-Intervall von ebenfalls 1000 ms rot ausgefüllt. Die letzten n farbigen Felder mussten in der Reihenfolge ihres Erscheinens mit der Maus nachgeklickt werden. Am unteren Bildschirmrand gab es entsprechend n Striche, welche mittels Farbwechsels Auskunft darüber gaben, das wievielte Kästchen jetzt angeklickt werden musste (Abbildung 9).

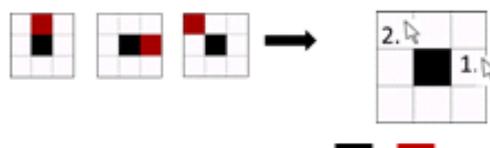


Abbildung 9: Beispiel für die Aufgabe Running Memory Span figurale

Exekutivfunktionen. Für die Erfassung der Exekutivfunktionen wurde hier aus den bereits erwähnten Gründen nur die Switching-Fähigkeit genutzt, welche neben Aktivierung auch Inhibiti-

on beinhaltet (vgl. Abschnitt 4.3). Die neu entwickelte Multiple Switching Task (MST) basiert auf dem Switching-Paradigma nach Rogers und Monsell (1995). Allerdings gab es nicht nur zwei Aufgabeninstruktionen, zwischen denen gewechselt werden sollte, sondern maximal sieben, wobei sich die Anzahl in adaptiver Form schrittweise erhöhte. Damit das Behalten der Instruktionen und deren Reihenfolge keine Ressourcen blockiert, sind die aktuell möglichen Anweisungen stets oberhalb des Reizbildschirmes im Format ‚Kategorie A – Kategorie B‘ sichtbar. Die links stehende Kategorie A (z. B. bei ‚Zahl gerade – ungerade‘ wäre es ‚gerade‘) sollte mit der linken Taste (,<‘) beantwortet werden und die rechts stehende Kategorie B (im Beispiel ‚ungerade‘) mit der rechten Taste (,>). Ein Wechseldurchgang begann immer bei der obersten Aufgabenstellung und verschob sich jeweils um eine Position nach unten bzw. bei Listenende zurück zur ersten Aufgabenstellung.

Als zweiter Schwierigkeitsparameter diene neben der Instruktionsanzahl die Art des Hinweisreizes zum Wechseln. Der Wechsel wurde zum einen durch Färbung der neuen Instruktion angegeben (ein roter Balken diene als *Aufgabenzeiger*) und entsprach in seiner externen Natur somit dem Ursprungparadigma. Zum anderen wurde im schwierigeren Modus ein interner Anstoß zum Wechseln gefordert, indem den Teilnehmern eine digitale Stoppuhr im rechten unteren Bildschirm präsentiert wurde. Es sollte nach einer vorbestimmten Zeit (jeweils nach 10 Sekunden) zur nächsten Instruktion gewechselt werden, wobei alle potenziellen Anweisungen zur Verfügung standen. Es gab allerdings keinen externen Hinweis, welche Aufgabe aktuell ist. Tatsächlich lief die Zeit von zehn rückwärts, sodass es sich eher um einen Countdown oder ein Timer handelt als um eine Stoppuhr, jedoch wurde den Teilnehmern dieser Bestandteil als Stoppuhr erklärt und wird auch im Verlauf der Arbeit als solche bezeichnet. Die Stoppuhr aktualisierte sich nur bei Tastendruck, sodass langes Zögern dazu führen konnte, dass nicht die Null sondern stattdessen eine negative Zahl erschien. Das Minuszeichen zeigte an, dass der Wechsel hätte erfolgen müssen und die Beantwortung des nächsten Reizpaars auf die nächste Aufgabenstellung zu beziehen ist.

Trotz der Schwierigkeit durch das selbstgesteuerte Wechseln und das Aufrechterhalten der aktuellen Aufgabe kann der Aufgabenwechsel mit Stoppuhr als fest und vorhersagbar angesehen werden (*alternating-run-Paradigma*), während der Aufgabenzeiger sich zufällig bewegte (*explicit-cueing-Paradigma*). In der Stoppuhr-Bedingung war es somit möglich, endogene Vorbereitungsprozesse zu nutzen, um die Antwortzeiten bei einem Aufgabenwechsel zu verringern. Als Stimuli dienten zufällig zusammengestellte Paare aus Ziffern (1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9) und Buchstaben (A, B, E, G, I, M, O, S, U, Z), die in Art (Vokal – Konsonant, gerade – ungerade, kleiner 5 – größer 5), Ausrichtung (gerade – gekippt) und Farbe (schwarz – grün) variierten. Vor allem

durch ihre Mehrdeutigkeit sind diese Stimuli gut für die Multiple Switching Task geeignet. Das Intervall zwischen Antwort und nächstem Reiz betrug 750 ms und das Intervall zwischen Hinweis (roter Balken) und nächstem Reiz betrug 500 ms. Die Rückmeldung erfolgte visuell und numerisch mittels grüner (korrekt) und roter Balken (falsch), über denen die Anzahl an richtigen und falschen Entscheidungen stand. Reaktionszeiten oberhalb von 5000 ms führten zu einem entsprechenden Hinweis und der Trial galt als Fehler. Jede neue Aufgabe wurde zunächst mit 20 Trials einzeln geübt, bevor je 40 Trials zu den zwei verschiedenen Wechselarten (Zeiger und Uhr) folgten. Abbildung 10 stellt die Multiple Switching Task beispielhaft dar.



Abbildung 10: Beispiele für die Multiple Switching Task mit Aufgabenzeiger (links), Stoppuhr (Mitte) und Rückmeldung (rechts)

Alle weiteren Switching-Aufgaben bestanden ebenfalls aus Einzel- und gemischten Blöcken und hatten den gleichen Ablauf. Nach Beispieltrials wurden die Aufgaben einzeln bearbeitet (je 1 Einzelblock mit 20 Trials), es folgten zwanzig gemischte Blöcke mit 15 Trials und im Anschluss erneut je ein Einzelblock mit 30 Trials. Die Teilnehmer bearbeiteten also jeweils vier Einzelblöcke mit insgesamt 100 Trials und 20 gemischte Blöcke mit insgesamt 300 Trials. Die Antworttasten waren auch hier die ‚kleiner‘- und die ‚minus‘-Taste. Die Intervalle zwischen Antwort und nächstem Reiz betragen jeweils 500 ms. Dauerte die Antwort länger als 5000 ms, erschien ein entsprechender Hinweis und die Antwort wurde als fehlend gewertet, ebenso wenn eine falsche Taste gedrückt wurde. Die verwendeten Aufgaben variierten nicht nur in ihren Inhalten (verbal, numerisch oder figural), sondern auch darin, was gewechselt wurde: *Task Set*, *Response Set* oder *Memory Set*. Bei der numerischen Switching-Aufgabe wurden dreistellige Zahlen präsentiert, die als gerade oder ungerade identifiziert werden mussten. Sobald eine rote Zahl erschien, sollten die Antworttasten getauscht werden (Response-Set-Switching). Die figurale Switching-Aufgabe erforderte einen Wechsel des Task Sets, da sowohl die Position (oben oder unten) als auch – sobald ein roter Pfeil erscheint – die Richtung eines Pfeils (aufwärts oder abwärts) bestimmt werden sollte. Je zwei Tier- und zwei Pflanzennamen wurden in der verbalen

Switching-Aufgabe gleichzeitig präsentiert. Dann folgten fünfzehn einzelne Begriffe und es sollte entschieden werden, ob die Tiernamen oder - nach Erscheinen eines roten Punktes – die Pflanzennamen bei den vier zuvor präsentierten Begriffen vorhanden waren. Damit wurde das Memory Set gewechselt. Vor den gemischten Blöcken wurden bei der verbalen Aufgabe zwei Blöcke und danach drei Blöcke mit je 15 Trials bearbeitet, sodass die Gesamtanzahl der Trials in den Single-Blöcken hier 75 betrug. In jedem gemischten Block erfolgte jeweils nur einmal ein Wechsel.

Trimmung der Reaktionszeiten. Da Reaktionszeiten sehr anfällig für Ausreißer sind und somit oft von der Normalverteilung abweichen, ist eine Trimmung sinnvoll, in der zu lange und zu kurze Reaktionszeiten mit einem Mittelwert ersetzt werden. Zunächst wurden sämtliche Fehler vor der Mittelwertbildung eliminiert. Werte, welche drei Standardabweichungen oberhalb dieses Mittelwerts sowie unterhalb von 200 ms (100 ms bei der *Simple Reaction Time*, siehe unten) lagen, wurden als Ausreißer definiert und mit dem entsprechenden Grenzwert ($200/100$ bzw. $M + 3*SD$) ersetzt. Eine sehr geringe Reaktionszeit wurde dabei als zufälliger Tastendruck ohne Befolgung der Instruktionen interpretiert, während sehr hohe Reaktionszeiten auf Zögern oder Unverständnis der Aufgabe hindeuteten. Reaktionszeiten nach Fehlentscheidungen wurden zum Schluss durch den aktuellen Mittelwert ersetzt. Obwohl der Ausschluss von Trials, welche Fehlern folgen, gut begründbar ist (u. a. Steinhauser & Hübner, 2006), demonstrieren Schmitz und Voss (2012), dass bedeutsame Befunde kaum beeinflusst werden, wenn auf diesen Schritt verzichtet wird und stattdessen deutlich weniger Werte ersetzt werden müssen. Dennoch fand ein Ersatz von Reaktionszeiten nach Fehlern in dieser Arbeit statt.

Kurzzeitgedächtnis. Das verbale Kurzzeitgedächtnis wurde mit Worten aus der vorgestellten Wortliste erfasst. Für 1500 ms erschienen mit einem Interstimulus-Intervall von 1000 ms zwischen zwei bis sieben Begriffe, welche im Anschluss auf einem Antwortblatt handschriftlich eingetragen werden mussten. Vor jeder Wortliste erschien das Wort „Achtung“ und jede Liste endete mit dem Wort „Ende“, welche jeweils rot präsentiert wurden. Es gab zwei Beispiele mit zwei und drei Wörtern.

Der Ablauf für die numerische Kurzzeitgedächtnisaufgabe entsprach dem der verbalen, nur dass die Lösungen in Eingabefeldern über die Tastatur eingegeben werden mussten. Auch hier wurden die Ziffern nacheinander für 1500 ms präsentiert und jede Zahlenreihe mit den Wörtern „Achtung“ und „Ende“ in rot eingerahmt. Die Anzahl der zu merkenden Ziffern lag zwischen zwei und sieben. Da die Programmeinstellung eine Präsentation von mindestens vier Ziffern

verlangte, wurden in den ersten beiden Schwierigkeitsstufen die fehlenden Ziffern mit Nullen aufgefüllt. Diese mussten ebenfalls eingegeben werden, was den Teilnehmern in der Instruktion und auch während der drei Beispiele mit zwei und drei Ziffern erklärt wurde.

Für das figurale Kurzzeitgedächtnis wurde die Aufgabe Dot Span genutzt, jedoch ohne die Abfrage der Symmetrie. Die Anzahl der Punkte stieg von zwei auf sechs. Es gab drei Beispiele mit zwei und drei Punkten und das Nachklicken musste im Gegensatz zu verbalen und numerischen Aufgaben nicht in der Reihenfolge des Erscheinens erfolgen.

Verarbeitungskapazität. Zur Erfassung von Verarbeitungskapazität und Bearbeitungsgeschwindigkeit wurden Aufgaben aus dem Berliner Intelligenzstruktur-Test (BIS, Form 4) von Jäger, Süß und Beauducel (1997) entnommen. Dies waren die einzigen Aufgaben, welche nicht am Computer bearbeitet wurden. Entsprechend des Berliner Intelligenzstrukturmodells (Jäger, 1982) gilt das Mehrmodalitätsprinzip, wonach sich Intelligenzleistungen in (mindestens) zwei Modalitäten bzw. Facetten klassifizieren lassen. Die operativen Fähigkeiten setzen sich aus der Verarbeitungskapazität (K, umfasst die Fähigkeiten zum induktiven und deduktiven Denken und wird in der englischsprachigen Literatur als ‚Reasoning‘ bezeichnet), dem Einfallsreichtum (E, flexible Ideenproduktion), der Merkfähigkeit (M, kurzfristiges Wiedererkennen oder Reproduzieren von verschiedenartigem Material) und der Bearbeitungsgeschwindigkeit (B, Schnelligkeit beim Lösen einfach strukturierter Aufgaben) zusammen. Die inhaltsgebundenen Fähigkeiten umfassen das sprachgebundene Denken (v), das zahlengebundene Denken (n) und das anschauungsgebundene, figural-bildhafte Denken (f).

Für die Verarbeitungskapazität wurden die Aufgaben *Analogien* (figural), *Wortanalogien* (verbal) sowie *Zahlenreihen* (numerisch) genutzt. Die im Manual vorgegebenen Zeiten wurden für die ältere Stichprobe verlängert: Für Wortanalogien gab es 3 Minuten statt 1:30 Minuten und für die anderen beiden Aufgaben gab es jeweils 5 Minuten statt 3:50 Minuten für Zahlenreihen und 1:45 Minuten für Analogien. Im Manual wird für die gesamte Skala eine Homogenität von $\alpha = .76$ angegeben. Die Instruktionen und Aufgaben befinden sich im Anhang F.

Bearbeitungsgeschwindigkeit. Als Beispielaufgabe für die Bearbeitungsgeschwindigkeit diente die Aufgabe *Buchstaben durchstreichen*, bei der in einer Buchstabenfolge jeweils ein vorgegebener Buchstabe durchgestrichen werden musste. Hier gab es eine Beispielaufgabe, um die Teilnehmer an den Aufgabentyp und das zügige Arbeiten zu gewöhnen. Die Testaufgaben waren *Old English* (figural, Erkennen verschiedener Schriftarten, 30 Sekunden), *Klassifizieren von Wörtern* (verbal, Durchstreichen von Pflanzennamen in einer Wortliste, 30 Sekunden) und

Sieben-teilbar (numerisch, Durchstreichen von Vielfachen der Zahl Sieben in einer Zahlenliste, 50 Sekunden). Die Skala Bearbeitungsgeschwindigkeit hat laut Manual eine interne Konsistenz von $\alpha = .82$. Auch diese Aufgaben können in Anhang F nachgesehen werden.

Am Computer wurde zusätzlich die Simple Reaction Time (SRT) erfasst, um auch eine reaktionszeitgebundene Speedvariable zu erhalten. Die Teilnehmer sollten nach einem Beispielblock in vier Blöcken schnellstmöglich mit der Leertaste auf das Erscheinen von insgesamt fünf großen weißen Kreisen auf dem Bildschirm reagieren. Der Abstand zwischen dem Fixationskreuz zu Beginn und den Kreisen betrug in unterschiedlicher Reihenfolge 970 ms, 1470 ms, 1970 ms, 2470 ms oder 2970 ms. Wurde zu zeitig reagiert, galt dies als Fehler. Die Teilnehmer erhielten am Ende jedes Blocks eine Rückmeldung über die durchschnittliche Reaktionszeit.

9.2.3 Training

Als Trainingsaufgaben dienten Memory Updating numerisch, Dot Span, Operation Span, Running Memory Span figural und die Multiple Switching Task. Das Training war computergestützt, adaptiv und kombinierte Aufgaben der Arbeitsgedächtniskapazität und Switching-Fähigkeit. Mit dieser Kombination ist zwar keine kausale Aussage darüber möglich, welches Training den größeren Effekt erzielte, doch die Intention lag vielmehr darin, eine größtmögliche Wirksamkeit zu erzielen. Einzelne Trainingsaufgaben führen stets nur zu spezifischem Transfer (von Bastian & Oberauer, 2013), weshalb dieses Vorgehen sinnvoll ist. Das Prüffenster zur Bestimmung der nächsten Stufe enthielt vier Einzelaufgaben, wobei das Lösen von keiner oder einer Aufgabe zu einem Abstieg und das Lösen von drei oder vier Aufgaben zu einem Anstieg der Schwierigkeit führte. Eine Aufgabe galt mit 80 Prozent korrekter Items als gelöst und wenn sich die Stufe nach vier Aufgaben nicht veränderte, führte dies zum Abbruch. Im Anhang A befindet sich Tabelle A1, welche die Reihenfolge der Aufgaben in den zwölf Trainingssitzungen zeigt. Sie variierten täglich, um Reihenfolgeeffekte zu verhindern und zu gewährleisten, dass jeder Aufgabe die gleiche Motivation zukommt.

Bei Memory Updating numerisch, Dot Span, Operation Span sowie Running Memory Span figural stellte die Anzahl der zu merkenden Informationen den einzigen Schwierigkeitsparameter dar. Als weiterer Schwierigkeitsparameter waren zunächst die Präsentationszeit und das Interstimulus-Intervall angedacht, jedoch zeigten sich in Voruntersuchungen ($N = 4$) widersprüchliche Befunde bezüglich der Lösungswahrscheinlichkeit. Während bei einigen Probanden Veränderungen in der gewünschten Richtung auftraten (d. h. geringere Lösungswahrscheinlichkeit bei kürzerer Zeit), profitierten andere wiederum von der kürzeren und schnelleren Darbietung. Es wurde

vermutet, dass es interindividuell unterschiedliche Schwellen gibt und dass eine gewählte Stufe (z. B. eine Präsentationszeit von 800 ms) bei einigen bereits eine Erschwernis darstellt und bei anderen noch nicht. Um den adaptiven Charakter des Trainings nicht zu gefährden, wurde daher auf diese zusätzlichen Parameter verzichtet. Die Implementierung der Schwierigkeitsstufen innerhalb der Aufgaben wurde manuell ergänzt, indem nach der vierten Sitzung weniger Beispiele gezeigt und die Anfangsschwierigkeiten um eins heraufgesetzt wurden. Während die Operation Span und Running Memory Span figural zeitbegrenzt waren und nach zehn Minuten endeten, brachen Memory Updating numerisch und Dot Span jeweils nach sechs Aufgaben derselben Schwierigkeitsstufe ab. Daraus resultierten, je nach Fähigkeit, unterschiedliche Trainingslängen.

Bei der Multiple Switching Task wurde nach einigen Sitzungen Trainingszeit, welche zunächst auf zehn Minuten begrenzt war, auf fünfzehn Minuten heraufgesetzt. Da die Teilnehmer aufgrund verbesserter Fähigkeiten immer mehr Aufgabenstellungen hinzubekamen, reichte die anfangs gewählte Zeit nicht mehr aus, um an ihre Fähigkeitsgrenzen zu gelangen. Eine Änderung gegenüber der Standardversion aus der Prä-Post-Batterie bestand darin, dass in Single-Blöcken 10 statt 20 und in gemischten Blöcken 30 statt 40 Trials präsentiert wurden. Grund hierfür war ein schnelleres Vorankommen bei der Bearbeitung.

9.2.4 Scoring

In komplexen Spannaufgaben gibt es verschiedene Möglichkeiten, einen individuellen Wert für die Kapazität zu berechnen. Die Genauigkeit (oder Schnelligkeit) der Verarbeitungsaufgabe wird meist nicht in den Leistungswert einbezogen, da diese hoch mit der Speicherleistung korreliert und aufgrund der Einfachheit Deckeneffekte erzeugt (Oberauer et al., 2000; Waters & Caplan, 1996). Dennoch stehen durch ein Überlernen der zweiten Aufgabe mehr Ressourcen für das Speichern zur Verfügung (Barrouillet et al., 2004). Nachteilig an diesem Vorgehen ist, dass Personen, welche ihre Aufmerksamkeit nur auf die Speicheraufgabe richten, übervorteilt werden. Ohne die Verarbeitungskomponente misst die Aufgabe lediglich die Leistung des Kurzzeitgedächtnisses und überschätzt somit die Arbeitsgedächtniskapazität dieser Personen. Aus diesem Grund wird üblicherweise jeder Teilnehmer von den weiteren Berechnungen ausgeschlossen, welcher weniger als 80 Prozent (Daneman & Carpenter, 1980) oder 85 Prozent (Emery, Hale & Myerson, 2008; Engle et al., 1999b) der Verarbeitungsaufgabe richtig gelöst hat. Bezogen auf die Reliabilität und Validität der Arbeitsgedächtnisaufgaben ist allein die Speicherleistung entscheidend (Oberauer, 2005), da es unabhängig von der Komplexität der sekundären Aufgabe vor allem um den Speicherprozess in Anwesenheit von Ablenkung (eben der Verarbeitungsaufgabe) geht.

Wird nur die Speicherkomponente in die Berechnung eines Gesamtwerts einbezogen, stellt sich als nächstes die Frage nach der Zusammensetzung dieses Wertes. Dies gilt nun auch für Updating-Aufgaben. Je nachdem, ob einzelne Items, vollständige Aufgaben (hier: Trials) oder ganze Sets von Aufgaben einer bestimmten Schwierigkeit betrachtet werden, verändern sich Spannweite und Streuung der Werte, weshalb die Wahl der Scoringmethode Einfluss auf die Ergebnisse hat. Der Einbezug möglichst vieler Informationen (d. h. Auswertung auf Itemebene) führt zu einer größeren Streuung und somit zu höheren Korrelationen mit anderen Trials derselben Aufgabe (interne Konsistenz) sowie mit Außenkriterien. Allerdings werden bei maximaler Informationsausschöpfung linksschiefe Verteilungen erzeugt, welche sich ebenfalls auf Korrelationsberechnungen auswirken. Auswertungen auf Set- oder Aufgabenebene führen zu gegenteiligen Folgen: geringere Streuung bei Normalverteilung. Um die Vorteile der verschiedenen Möglichkeiten zu vereinen, kombinieren sie einige Autoren (u. a. Lustig, May & Hasher, 2001). Zudem muss geklärt werden, ob jede Aufgabe einheitlich gewichtet wird oder schwierigere Aufgaben stärker in den Gesamtwert einfließen (Kane et al., 2004). Das bedeutet, dass Lösungen von Aufgaben mit höherem Schwierigkeitslevel stärker in den Gesamtwert eingehen und damit eine linksschiefe Verteilung erzeugt wird. (Ackerman, Beier & Boyle, 2002). Da höherstufige Aufgaben mehr Items (d. h. zu speichernde Elemente) enthalten, ähnelt das Scoring auf Itemebene dem gewichteten Scoring. Auch unvollständige Aufgaben enthalten zum Teil gelöste Items, welche in den Gesamtwert einfließen. Nachteilig ist hier, dass Personen belohnt werden, welche nicht versuchen, alle Items einer Aufgabe zu behalten, sondern nur die leichteren. Personen, die instruktionsgemäß agieren und aufgrund von Überlastung bei Aufgaben mit hoher Schwierigkeit alle Items vergessen, werden hingegen benachteiligt.

Eine wichtige Eigenschaft von Scoringmethoden ist die Aussagekraft. Scoring auf Setebene gibt beispielsweise genau die Menge an Informationen an, die eine Person in ihrem Arbeitsgedächtnis halten kann. Allerdings sind Spannweite und Streuung gering. Je mehr Informationen in den Gesamtwert einfließen, desto weniger ist dieser Wert intuitiv interpretierbar. Werden nicht nur vollständig, sondern auch anteilig gelöste Sets betrachtet, ist die Wahl des Werts für den jeweiligen Anteil willkürlich. Zusammenfassend wirkt sich die Wahl des Scorings auf Varianz, Korrelationen, Verteilungsform und Aussagekraft aus. Der Verzicht auf maximale Informationsausschöpfung (wie es eine Analyse auf Item-Ebene ermöglichen würde) verbessert Verteilungsform und Aussagekraft.

Das folgende Beispiel soll die Scoringmethoden gegenüberstellen. Auf drei Schwierigkeitsstufen (maximale Setgröße = 3) werden jeweils drei Aufgaben bzw. Trials angeboten (maximale Aufgabengröße = 9). Auf der ersten Stufe muss ein Items gelöst werden, auf der zweiten Stufe

sind es zwei Items und auf der dritten drei Items (maximale Itemgröße = 18). Eine fiktive Person löst die ersten zwei Sets sowie die erste Aufgabe des dritten Sets vollständig. Von der zweiten Aufgabe dieses Sets löst sie zwei der drei Items und von der dritten Aufgabe nur ein Item. Tabelle 3 zeigt, dass mit diesem Beispiel zwischen 2 und 33 Punkten möglich sind.

Tabelle 55: Scoringmethoden im Vergleich.

Scoringmethode	Berechnung	Wert
Einheitsgewichtung auf Setebene	$1 * 2 \text{ Sets}$	2
Einheitsgewichtung auf Setebene mit Partialkredit der Aufgaben	$1 * 2 \text{ Sets} + 1/3 \text{ Aufgaben}$	2.33
Setscoring mit Gewichtung	$1 * 1 + 2 * 1$	3
Einheitsgewichtung auf Aufgabenebene	$1 * 6 \text{ Aufgaben}$	6
Einheitsgewichtung auf Aufgabenebene mit Partialkredit der Items	$1 * 6 \text{ Aufgaben} + 2/3 \text{ Items}$	6.67
Aufgabenscoring mit Gewichtung	$1 * 3 + 2 * 3 + 3 * 1$	12
Einheitsgewichtung auf Itemebene	$1 * 15 \text{ Items}$	15
Itemscoring mit Gewichtung	$1 * 3 + 2 * 6 + 3 * 6$	33

Anmerkung: Ergebnisse einer fiktiven Person mit zwei vollständig gelösten Sets, einer weiteren korrekten Aufgabe sowie 2 (+1) korrekten Items der nächsten Aufgabe (siehe Text). Der erzielte Wert verändert sich in Abhängigkeit der gewählten Scoringmethode.

In dieser Arbeit wird eine Einheitsgewichtung auf Setebene vorgenommen, wobei die gelösten Aufgaben der nächst höheren Stufe anteilig addiert werden (d. h. mit Partialkredit). Dies führt zu angemessener Reliabilität sowie Normalverteilung (Conway et al., 2005) und erlaubt zudem eine intuitive Interpretation der Werte.

9.3 Alltagskriterium

Der gewünschte Transfereffekt soll sich auf die Leistungsfähigkeit im Alltag beziehen. Diese wird als mittlere Anzahl von Fehlleistungen definiert und mit Hilfe von Ambulatory Assessment erfasst. Die Fehlleistungen entstehen bei Routineaufgaben und sind Folge von verminderter Aufmerksamkeit, Konflikten durch proaktive Interferenzen oder generell mangelnder Kapazität und kognitiver Kontrolle (vgl. Abschnitt 6.2).

9.3.1 Entwicklung des neuen Instruments

Um die Probleme der bestehenden Instrumente zur Erfassung kognitiver Fehlleistungen zu umgehen, wurde ein neues Instrument entwickelt, welches Fehler zeitnah und wiederholt erfassen

kann. Eine Anforderung war somit eine geringe Itemanzahl. Hierzu erfolgten zunächst eine Sichtung der vorhandenen Verfahren (vgl. Abschnitt 6.4.2) sowie eine grobe Sortierung sämtlicher Items nach den vermuteten Mechanismen, wie beispielsweise retrospektives Gedächtnis, Ablenkung, Mindwandering, Namensgedächtnis oder räumliche Orientierung. Mithilfe dieser Itemsammlung wurden Kategorien erstellt, welche stets an Alltagsbeispielen auf ihre Breite, Exhaustivität, Verständlichkeit und Disjunktivität geprüft wurden. Nach mehreren Erweiterungen, Zusammenfassungen und Formulierungsänderungen entstanden schließlich dreizehn inhaltssvalide Kategorien, welche Fehlleistungen erfassen (Tabelle 4). Für die Antworten wurde eine vierstufige Skala (*keinmal*, *einmal*, *zweimal* oder *mehrmals*) genutzt und das Instrument erhielt den Namen ‚Fragebogen für kognitive Fehlleistungen im Alltag‘ (KFA). Im Anhang A befindet sich Tabelle A2, welche die Zuordnungen der KFA-Items zu den Items von CFQ (Cognitive Failures Questionnaire; häufigstes retrospektives Instrument) und ARCES (Attention-related Cognitive Errors Scale; retrospektives Instrument mit den besten Validitätsbelegen) zeigt.

Tabelle 56: Items des KFA

Item	Fehlleistung
1	„Haben Sie eine Handlung nach Ablenkung nicht beendet?“
2	„Waren Ihre Gedanken durch zu viele Informationen wie blockiert?“
3	„Haben Sie ungewollt etwas doppelt gesagt?“
4	„Ist Ihnen bei einer einfachen Tätigkeit durch Ablenkung ein Fehler passiert?“
5	„Haben Sie Informationen verwechselt?“
6	„Haben Sie sich versprochen?“
7	„Haben Sie eine Information vergessen?“
8	„Sind Ihre Gedanken ungewollt abgeschweift?“
9	„Haben Sie etwas vergessen zu tun/zu sagen?“
10	„Ist Ihnen ein Wort nicht eingefallen?“
11	„Haben Sie Gegenstände oder Orte verwechselt?“
12	„Haben Sie etwas verlegt?“
13	„Haben Sie bei Handlungen/Gesprächen kurz den Faden verloren?“

Anmerkung. Die Nummerierung der Items wird im Verlauf stellvertretend für die Fehlerbezeichnungen verwendet.

Es ist kaum möglich, jedem Item eine bestimmte Ursache zuzuordnen, da jeweils mehrere Mechanismen dahinterliegen und in unterschiedlicher Stärke beteiligt sein können. Gedächtnisfehlern gehen beispielsweise auch oft Aufmerksamkeitsfehler voraus (z. B. etwas verlegen, da man beim Ablegen unaufmerksam war) und Defizite in der fokussierten Aufmerksamkeit sind stets mit Inhibitionsfehlern verknüpft (z. B. sich nicht auf eine Tätigkeit konzentrieren können, da der

Aufmerksamkeitswechsel zu etwas anderem nicht gehemmt werden kann). Eine konkrete Zuordnung mit definierten Faktoren war daher nicht Ziel der Neuentwicklung, sondern vielmehr eine repräsentative Darstellung potenzieller Fehler.

9.3.2 Technische Umsetzung

Als technische Hilfsmittel für Ambulatory Assessment kamen verschiedene Endgeräte in Frage, welche den Anforderungen – akustisches Signal, Präsentation der Fragen, Antworteingabe und Antwortspeicherung – entsprachen. Neben Tablet Computern, Pagern, Geräten zum Lesen von E-Books, Taschencomputern oder programmierbaren Taschenrechnern stellen vor allem Smartphones eine innovative Lösung dar. Dank des Innovationsfonds der Universität Magdeburg konnten fünfzehn Motorola Defys angeschafft werden, welche als ausgewiesene Outdoor-Geräte eine besonders robuste und feuchtigkeitsabweisende Hülle und zudem ein großes Touchdisplay (Bildschirmdiagonale 45 x 80 mm) für gute Lesbarkeit besitzen. Mithilfe der unabhängig programmierbaren Anwendungen (*applications* oder kurz: *Apps*) können Smartphones verschiedenste Experience-Sampling-Studien unterstützen. Die App für die vorliegende Untersuchung sollte sich mehrmals täglich zu zufälligen Zeitpunkten mit einem akustischen Signal melden, die Fragen und mehrere Antwortalternativen darbieten und den Signalzeitpunkt, den Antwortzeitpunkt sowie die Antwortdauer erfassen. Die in München ansässige Firma *jambit* hat auf Nachfrage ihre kostenfreie Hilfe angeboten und innerhalb von vier Monaten die App ‚Universität Magdeburg‘ für Android 2.2.2 in der Sprache Java programmiert, welche nun den elektronischen KFA (eKFA) darstellte. Für die Datenübertragung waren die Nutzung eines Servers oder regelmäßige Kurznachrichten möglich, was zwar zu höherer Sicherheit, aber auch steigenden Kosten geführt hätte (Internetgebühren, SIM-Karten). Aus diesem Grund wurden die Antworten stattdessen auf dem internen Speicher der Geräte in einer mit Excel nutzbaren csv-Datei (comma separated value) hinterlegt und im Anschluss via Kabel an den Computer weitergegeben.

Es gab vier einstündige Zeitfenster, in denen der Alarm zufällig ertönte: zwischen 10 und 11 Uhr, zwischen 13 und 14 Uhr, zwischen 16 und 17 Uhr und zwischen 18 und 19 Uhr. Damit sind die Tageszeiten abgedeckt, welche Reason (1984) mittels Tagebuchstudien als besonders fehleranfällig identifizierte. Der Beginn dieser Zeitfenster wurde im Programm verankert und dazu wurde eine zufällig erzeugte Zahl zwischen 0 und 59 addiert. Die zufällige Signalpräsentation diente der Ziehung einer repräsentativen Stichprobe aus allen Situationen, in denen Fehlleistungen erfolgen können, um ökologische Validität zu erzielen (vgl. Abschnitt 7.1). Um den Tagesrhythmus nicht übermäßig zu stören, wurde beispielsweise die Mittagszeit zwischen 11 und 13 Uhr ausgelassen und von späteren Erhebungszeitpunkten (nach 19 Uhr) abgesehen. Zusätzlich

konnten die Teilnehmer die Befragung auch selbstständig durch Druck auf das entsprechende Bildschirmsymbol starten. Dieses Vorgehen wurde empfohlen, wenn der Abstand zur letzten Befragung übermäßig groß erschien, weil er z. B. überhört oder weggedrückt wurde. Mit dem Alarm erschien ein Startbildschirm mit Begrüßungsbild und einem Start-Button, welcher bis zur tatsächlichen Beantwortung der Fragen auf dem Display sichtbar blieb. Erfolgte die Beantwortung nicht bis zum nächsten Signal, ertönte dieses zwar erneut, doch eine doppelte Eintragung wurde nicht erwartet, stattdessen galt der erste Alarm als verpasst.

Nach dem Begrüßungsbildschirm gab es die Möglichkeit, sich die folgenden Fragen mittels einer *text-to-speech*-Anwendung vorlesen zu lassen. Die dreizehn Fragen wurden zufällig und ohne Zeitbegrenzung dargeboten und im Anschluss gab es eine Änderungsmöglichkeit („Möchten Sie noch etwas ändern?“). Bei einer positiven Antwort wurden die Fragen in derselben Reihenfolge wiederholt, die vorherigen Antworten rot hervorgehoben und es konnten Änderungen vorgenommen werden. Dabei wurden sowohl die Originalantworten als auch die geänderten Antworten gespeichert. Bei einer negativen Antwort oder nach Abschluss der Änderung erschien der Schlussbildschirm, auf dem für die Beantwortung gedankt wurde („Vielen Dank, dass Sie sich Zeit genommen haben.“) und – sofern es sich um die letzte Befragung des Tages handelte – auf das Laden des Handys mit dem mitgegebenen Ladegerät hingewiesen wurde („Bitte schließen Sie Ihr Handy an das Ladekabel an“). Abbildung 11 zeigt den Begrüßungsbildschirm, die Möglichkeit des Vorlesens sowie eine Beispielfrage.



Abbildung 11: Darstellung des eKFA

9.4 Fragebögen

Alle Fragebögen der Untersuchung können in Anhang G nachgesehen werden. Die Kurzversion des *Big Five Inventory* (BFI-K) von Rammstedt und John (2005) besteht aus 21 Items (Langversion: 45 Items), wobei die Skalen Extraversion (E), Neurotizismus (N), Verträglichkeit (V) und Gewissenhaftigkeit (G) mit jeweils vier Fragen und die heterogenere Dimension Offenheit für Erfahrung (O) mit fünf Fragen repräsentiert sind. Cronbachs Alpha und die Stabilität aller Items betragen $\alpha = .72$ und $r = .84$. Die internen Konsistenzen für die einzelnen Skalen sind folgende: .86 (E), .64 (V), .70 (N), .74 (G) und .66 (O). Ausreichende Validitätsbelege wurden mittels Faktorenanalyse, Übereinstimmung zwischen Selbst- und Fremdeinschätzung sowie Zusammenhangsberechnungen mit der revidierten Form des NEO-Persönlichkeits-Inventars (NEO-PI-R, Costa & McCrae, 1992) erbracht.

Wie in Abschnitt 6.4.1 dargestellt, bietet sich der CFQ aufgrund der vielfältigen Kritikpunkte als diskriminantes Validitätsmaß für ein Instrument zur Erfassung kognitiver Fehler an. Er wurde hier in seiner deutschen Übersetzung nach Klumb (1995) genutzt, welche mit sieben zusätzlichen Fragen insgesamt 32 Items enthält. Das Antwortformat wurde jedoch wie im Original von Broadbent und Kollegen (1982) beibehalten, sodass die Teilnehmer auf einer fünfstufigen Antwortskala zwischen *nie* und *immer* antworten konnten.

Nach der letzten Aufgabe der Nachtestung wurden den Teilnehmern abschließende Fragen gestellt. Damit sollte unter anderem die Compliance erfasst werden, um herauszufinden, ob den Daten möglicherweise nicht getraut werden kann. Es wurde gefragt, ob sie an einer ähnlichen Untersuchung noch einmal teilnehmen würden, ob diese Untersuchung eine Belastung für den Alltag darstellte und ob sie Spaß bereitete. Die Erfolgserwartung, welche im Sinne des Placebo-Effekts eine wichtige Rolle spielte, wurde ebenfalls erfragt. Dazu sollte angegeben werden, ob die Teilnehmer Veränderungen an sich bemerkt haben und ob ihre Fähigkeiten subjektiv gestiegen sind. Die Reaktivität des eKFA wurde erfasst, indem gefragt wurde, ob die Teilnehmer im Verlauf vermehrt auf kognitive Fehlleistungen geachtet haben.

9.5 Voruntersuchung

Um den zeitlichen Ablauf, die Instruktionen, die Funktionsweise des Programms sowie die Akzeptanz der Aufgaben in der Zielstichprobe zu prüfen, wurde im Februar und März 2012 eine Voruntersuchung mit Senioren in Brandenburg durchgeführt. Die Rekrutierung erfolgte über einen Artikel im kostenfreien *Wochenkurier* sowie persönliche Beziehungen zu einer Sportgruppe. Das Gerberstadt-Gymnasium Doberlug-Kirchhain, die Grundschule sowie das Mehrgenerati-

onenhaus Rückersdorf erlaubten die Nutzung der Computerräume, in denen an insgesamt sechs Tagen 25 Personen zwischen 60 und 74 Jahren entweder den ersten oder den zweiten Block bearbeiteten. Die Daten wurden nicht ausgewertet, da es vor allem darum ging, Wissen über den zeitlichen Rahmen zu erlangen und Ablauf sowie Anleitungen der Aufgaben von den Teilnehmern bewerten zu lassen. Damit konnten einige Verständnisprobleme aufgedeckt und eine Vorstellung von der Belastbarkeit der Altersgruppe erhalten werden.

Die KFA-Items wurden im Dezember 2011 von fünf Senioren einer Rehabilitationsklinik für vier Tage zweimal täglich auf einem Papierblock beantwortet. Dabei zeigte sich, dass die Fragen verstanden wurden und zufriedenstellende Varianz erzeugten. Die elektronische Version des eKFA wurde mehrere Tage von zwei jüngeren Smartphone-Besitzern auf Funktionalität und Alarmmodus getestet. In dieser Phase wurden Programmierfehler an die Entwickler zurückgemeldet, um in mehreren Schritten die Endversion der App zu erhalten. Die zunächst geplante Abzweigung, bei der nach dem Begrüßungsbildschirm die Möglichkeit bestand, nach zehn Minuten erneut angefragt zu werden, musste aufgrund stets wiederkehrender Fehlfunktion ausgelassen werden.

9.6 Versuchsplan und Durchführung

Der Trainingsgruppe wurden eine aktive und eine passive Kontrollgruppe gegenübergestellt. Jeder Teilnehmer absolvierte die Prä-Post-Batterie sowie eine einwöchige Phase mit Ambulatory Assessment vor und nach dem Training. Die Datenerhebung fand zwischen April und Dezember 2012 an der Universität Magdeburg statt. Die Trainingsgruppe erhielt ein Training über sechs Wochen mit jeweils zwei (etwa 60-minütigen) Sitzungen. Während die passive Kontrollgruppe zwischen den Messzeitpunkten keine studienbezogenen Termine hatte, traf die aktive Kontrollgruppe in gleichen Abständen wie die Trainingsgruppe zusammen, um einmal wöchentlich Wissensfragen zu beantworten und um an einem weiteren wöchentlichen Termin Gesellschaftsspiele zu spielen (siehe Tabelle 5). Um die Spiele nicht zu schnell unterbrechen zu müssen, fanden drei statt sechs Treffen statt, die anstelle von 60 dann 90 Minuten umfassten.

Tabelle 57: Versuchsplan

Gruppe	Prätest	Intervention	Posttest
Experimentalgruppe	x	Training	x
aktive Kontrollgruppe	x	Computer-Quiz, Brettspiele	x
passive Kontrollgruppe	x	kein Kontakt	x

Anmerkung. In Prä- und Posttest ist jeweils eine Woche Ambulatory Assessment enthalten.

Prätest und Posttest fanden in je drei Stunden an zwei Tagen in Gruppen mit einer Größe zwischen drei und zehn Personen statt. Begonnen wurde jeweils mit einer Vorstellungsrunde und einigen einleitenden Worten zu Inhalt, Ablauf und Ziel der Untersuchung, wobei den Kontrollgruppen mitgeteilt wurde, dass entweder Wissensaktivierung, soziale Interaktion (für die aktive Kontrollgruppe) oder das einmalige Aktivieren aller Fähigkeiten durch die Voruntersuchung (für die passive Kontrollgruppe) zum gewünschten Erfolg führen könnten. Die Pause zwischen den beiden Testterminen variierte zwischen einem und sechs Tagen. Um Reihenfolgeeffekte zu vermeiden, wurden die Aufgaben nach angesprochener Fähigkeit und Inhalten ausbalanciert, sodass der Einfluss von Müdigkeit oder Lernzuwachs durch vorangegangene Aufgaben vergleichbar war. Es standen jederzeit Kaffee, Wasser und Gebäck bereit. Der Verlauf der Testblöcke kann in Anhang A (Tabelle A3) nachvollzogen werden. Die Teilnehmer hatten nach jeweils 90 Minuten eine viertelstündige Pause, wobei durch individuell unterschiedliche Bearbeitungszeiten auch zwischen den Aufgaben kleinere Pausen entstanden, während auf den Beginn einer neuen Aufgabe gewartet wurde. In dieser Zeit waren die Teilnehmer angehalten, den biografischen Fragebogen und den CFQ, im Posttest den BFI-K und die Abschlussfragen zu beantworten.

Zuletzt wurden die Smartphones verteilt und die Teilnehmer absolvierten die erste Befragung im Beisein der Testleiterin. Sie konnten Fragen stellen und den Ablauf der App kennenlernen. Zudem wurde das Lösen und Einstellen der Tastensperre mehrmals geübt, ebenso wie die Einstellung der Lautstärke und das Anbringen des Ladekabels. Sie erhielten ein vierseitiges Manual in der Größe A5, in dem die wichtigsten Bedienelemente sowie die dreizehn Fragen des eKFA mit Beispielen zusammengefasst waren (Anhang E4). Die Teilnehmer wurden außerdem darüber informiert, dass neben ihren Antworten auch die Antwortzeiten dokumentiert wurden, worüber sie jedoch kein Feedback erhielten. Um die Compliance hochzuhalten, wurde wiederholt auf die Wichtigkeit ihrer Mitarbeit hingewiesen.

Es wurden bis zu fünf mögliche Termine pro Woche angeboten, in denen die Teilnehmer der Experimentalgruppe und der aktiven Kontrollgruppe das Training oder das Quiz absolvieren konnten. Zwar wurde darauf Wert gelegt, dass die Gruppen entsprechend den Prätestungen zusammenblieben, doch sollten sie bei externen Terminen auch flexibel ihren Trainingstag wechseln können. Sofern kein gemeinsamer Termin gefunden werden konnte, wurden für das Training, in Einzelfällen auch für die Posttestungen, Einzeltermine vereinbart oder die Gruppen halbiert (beispielsweise für die Spiele). Die Kontaktaufnahmen, Terminabsprachen sowie sämtliche Test- und Trainingssitzungen wurden von einer einzelnen Person vorgenommen bzw. geleitet, es gab zu keinem Zeitpunkt der Untersuchung weitere Versuchsleiter.

10 Ergebnisse

10.1 Deskriptive Statistiken

Vor der Untersuchung der aufgestellten Hypothesen wurden zunächst die Kennwerte sämtlicher Variablen inspiziert, wobei dies im Prätest gruppenübergreifend erfolgte, während im Posttest jede Gruppe separat betrachtet wurde. Die Darstellung der Ergebnisse ist entsprechend ihrer Relevanz aufgeteilt in Anhang A bis D, Anhang E bis H sowie Anhang I bis K. So können im Anhang I beispielsweise jeweils eine Tabelle mit Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum, Schiefe, dem fünften Perzentil (zur Ermittlung von Ausreißern) und Cronbachs Alpha als Homogenitätsmaß betrachtet werden. Zusätzlich wurden die Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Tests zur Überprüfung auf Normalverteilung (KS-Test) sowie im Prätest das Ergebnis der einfaktoriellen Varianzanalyse zur Überprüfung auf Gruppengleichheit berichtet (Tabellen I1-I52). Für einen besseren Überblick wurden im Anhang B (Tabellen B3-B12) zentrale Tendenz und Streuung für jede Gruppe in Prätest und Posttest gegenübergestellt und dort befinden sich ebenfalls die Reliabilitätsanalysen (Tabellen B1 und B2).

Sofern es Auffälligkeiten gab, werden diese erwähnt – andernfalls lagen Normalverteilung, Gruppengleichheit und Alphas über .70 vor. Bei Verletzung der Normalverteilungsannahme wurden anstelle von Mittelwert und Standardabweichung Median und Interquartilabstand berechnet und statt einer Varianzanalyse der Kruskal-Wallis-Test. Analog befindet sich dann anstelle der Pearson-Korrelation die Rangkorrelation nach Spearman. Von jeder Aufgabe wurde das fünfte Perzentil ermittelt und alle Werte darunter, welche als Ausreißer definiert sind, mit diesem ersetzt, um Unverständnis, mangelnde Compliance oder andere Faktoren auszuschließen. Im Prätest erfolgte dieser Schritt für die gesamte Stichprobe zusammen und im Posttest getrennt für jede Gruppe. Die Rohwerte befinden sich ebenfalls im Anhang I.

Von zwei Teilnehmern aus der aktiven und der passiven Kontrollgruppe fehlten die Daten von einer der zwei Posttestsitzungen (betrifft Simple Reaction Time, Reading Span, Swaps, Memory Updating numerisch sowie die numerisch und verbale Switching-Aufgabe), da diese nicht gesichert werden konnten, bevor technische Probleme einen Zugriff darauf verhinderten. Die Ergebnisse wurden mit dem jeweiligen Gruppenmittelwert ersetzt.

Im Anschluss wurden für die Konstrukte Faktoren mittels des ersten unrotierten Faktors einer exploratorischen Faktorenanalyse gebildet, um aufgabenspezifische Varianz zu minimieren und die erwünschte Konstruktvarianz zu maximieren. Die Faktoren bestehen dabei aus mindestens drei Aufgaben mit verschiedenen Inhalten. Die Interkorrelationstabellen und die Varianzaufklä-

nung durch die Faktoren in Prätest und Posttest können im Anhang J (Tabellen J1-J30) nachgesehen werden, während die Faktorladungen sowie Faktormittelwerte und Streuung der einzelnen Gruppen in Anhang C (Tabellen C2-C12) zu finden sind.

10.1.1 Kurzzeitgedächtnis

In der numerischen Kurzzeitgedächtnisaufgabe gab es aufgrund technischer Probleme (ungewollter Aufgabenabbruch bei Druck der Korrekturtaste in den letzten drei Durchgängen) zehn fehlende Werte im Prätest (4 davon in der aktiven Kontrollgruppe und je 3 in den Kontrollgruppen) und einen fehlenden Wert im Posttest. Diese wurden regressionsanalytisch durch die verbale und figurale Kurzzeitgedächtnisaufgabe geschätzt (auf Mittelwertsubstitution wurde aufgrund der folgenden Faktorenbildung verzichtet). Mittelwerte und Standardabweichungen aller Gruppen zu beiden Testzeitpunkten befinden sich in Anhang B (Tabelle B3). Von den drei Inhalten erzielten die Teilnehmer in der numerischen Aufgabe durchschnittlich die höchsten Werte, welche nahe der maximalen Itemanzahl von sieben Ziffern liegen. Der zu vermutende Deckeneffekt führte zu einer geringeren internen Konsistenz von $\alpha = .61$ im Prätest, welche allerdings im Posttest mit $\alpha = .72$ annähernd zufriedenstellend war. Die geringsten Mittelwerte erzielte jede Gruppe in der figuralen Kurzzeitgedächtnisaufgabe.

10.1.2 Arbeitsgedächtnis

Im Anhang B (Tabelle B4) sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der Arbeitsgedächtnisaufgaben für alle Gruppen in Prä- und Posttest gegenübergestellt. Die komplexen Spannaufgaben Reading Span, Operation Span und Dot Span wiederholten die Schwierigkeitsreihenfolge der Kurzzeitgedächtnisinhalte: Die figurale Aufgabe war die schwerste und in der numerischen Aufgabe konnten die höchsten Werte erzielt werden. Die internen Konsistenzen beider Running Memory Spans lagen im Prätest bei $\alpha = .64$ (numerisch) bzw. $\alpha = .63$ (figural) und stiegen im Posttest auf Werte über .70.

Die komplexen Spannaufgaben bieten neben der Anzahl erinnerter Items auch Informationen über die sekundäre Verarbeitungsaufgabe. Bei der Reading Span mussten Sätze auf ihre inhaltliche Korrektheit geprüft werden, bei der Operation Span mathematische Gleichungen und bei der Dot Span das Vorliegen von Symmetrie. Im Anhang B (Abbildung B1) befinden sich die Histogramme zu den Sekundäraufgaben sowie in Tabelle B5 Zentral- und Streuungsmaße. Speicher- und Verarbeitungsaufgabe korrelierten jeweils um $r = .40$ miteinander. Die Symmetrieentscheidung der Dot Span war die schwierigste Sekundäraufgabe, was auch in ihrer Normalvertei-

lung sichtbar wird, da bei den einfachen Verarbeitungsaufgaben einer komplexen Spannenaufgabe eine stark linksschiefe Verteilung (wie bei Reading Span und Operation Span) zu erwarten ist. Während Werte um 50 Prozent für eine zufällige Beantwortung sprechen, was sowohl auf Unverständnis als auch auf mangelnde Compliance hinweisen kann, sind Werte unterhalb von 50 Prozent auf eine Verwechslung der Antworttasten zurückzuführen. Mangelnde Compliance bedeutet in diesem Fall, dass beide Aufgaben (Speichern und Verarbeiten) nicht gleichrangig bearbeitet wurden, da diese zweite Aufgabe von geringer Schwierigkeit ist und keine hohen Fehlerzahlen produzieren sollte. Tabelle 6 gibt die Anzahl an Personen pro Gruppe in Prätest und Posttest wieder, welche unterhalb der konventionellen Grenze von 80 Prozent (Daneman & Carpenter, 1980) sowie unterhalb von 70 Prozent korrekt gelöster Verarbeitungsaufgaben lagen. Von 91 Teilnehmern konnten 30 im Prätest und 29 im Posttest weniger als 70 Prozent der Symmetrieentscheidungen der Dot Span korrekt treffen. Inwiefern dies die Eignung der Dot Span als komplexe Spannenaufgabe in Frage stellt, wird in der Diskussion aufgegriffen. Von einem Ausschluss dieser Teilnehmer von den Berechnungen wurde aufgrund der zum Teil starken Verkleinerung der Stichprobe abgesehen. Die prozentualen Grenzen sind zudem für die Fähigkeiten älterer Erwachsener vermutlich herabzusetzen.

Tabelle 58: Anzahl der Teilnehmer mit geringen Lösungswahrscheinlichkeiten in komplexen Spannenaufgaben

		EG		aKG		pKG	
		prä	post	prä	post	prä	post
Sätze	< 80%	3	0	6	3	1	1
	< 70%	2	0	3	2	0	0
Gleichungen	< 80%	6	0	3	2	2	3
	< 70%	6	0	2	0	1	1
Symmetrie	< 80%	20	12	18	18	21	18
	< 70%	6	7	10	11	14	11

Anmerkung. EG = Experimentalgruppe ($N = 31$); aKG = aktive Kontrollgruppe ($N = 31$); pKG = passive Kontrollgruppe ($N = 29$).

Für das Arbeitsgedächtnis wurden drei Faktoren gebildet: ein Faktor mit den Trainingsaufgaben (Memory Updating numerisch, Operation Span, Dot Span und Running Memory Span figural), ein Faktor mit den nicht trainierten Aufgaben (Reading Span, Swaps und Running Memory Span numerisch) und ein Gesamtfaktor mit allen sieben Aufgaben. Bezogen auf diesen Gesamtfaktor zeigte die figurale Running Memory Span im Prätest ein abweichendes Korrelationsmuster, da sie mit drei der sechs anderen Aufgaben nicht signifikant zusammenhing. Dies waren zum einen

zwei komplexe Spannenaufgaben (Reading Span und Operation Span) und eine Updating Aufgabe (Swaps), vor allem jedoch waren es jeweils verbal-numerische Aufgaben. Die figurale Running Memory Span lud nur gering auf dem ersten unrotierten Faktor (.34, siehe Anhang C, Tabelle C7), der für Zusammenhangsberechnungen genutzt wurde.

10.1.3 Verarbeitungskapazität und Bearbeitungsgeschwindigkeit

Die Rohwerte der Aufgaben wurden zunächst entsprechend des BIS-4-Manuals in Punktwerte umgewandelt, danach z -standardisiert und schließlich zu den Skalen K (Verarbeitungskapazität) und B (Bearbeitungsgeschwindigkeit) durch Mittelwertbildung zusammengefasst. Von den bereits für jüngere Erwachsene schwierigen Reasoning-Aufgaben konnten im Mittel nur zwei bis drei gelöst werden (siehe Anhang B, Tabelle B6). Gruppenunterschiede im Prätest bestanden nicht. Die interne Konsistenz der Skala K betrug (ähnlich der Angaben im Manual) $\alpha = .74$ im Prätest und $\alpha = .71$ im Posttest. Die Skala B war dagegen mit $\alpha = .65$ im Prätest und $\alpha = .61$ im Posttest deutlich weniger konsistent als im Manual berichtet, allerdings wurden hier auch nur drei Aufgaben dieser Skala genutzt und die Stichprobe stammte aus einer anderen Alterspopulation.

10.1.4 Switching-Aufgaben

Jede Switching-Aufgabe (verbal, numerisch und figural) bestand am Anfang und am Ende aus Einzelblöcken (single blocks), in denen nur eine Aufgabenstellung befolgt werden musste. Diese lieferten die Choice Reaction Time (CRT). Gemischte Blöcke (mixed blocks) bestanden aus verschiedenen Aufgabenstellungen, zwischen denen gewechselt wurde, und erzeugten eine Switching-Time. Die Simple Reaction Time (SRT) wurde ebenfalls erfasst. Da Reaktionszeiten durch Ausreißer sehr schief sein können, wurden sie mehrschrittig getrimmt (vgl. Abschnitt 9.2.2). Die deskriptive Statistik des Trimmungsverlaufs, welche im Anhang I (Tabellen I4, I23, I30 und I37) zu finden ist, beinhaltet nur zwei statt der üblichen drei Trimmungsschritte, da das Eliminieren von zu geringen Reaktionszeiten kaum notwendig war. In den Einzelblöcken mussten im Prätest durchschnittlich 18 Prozent und im Posttest 13 Prozent aller Trials mit dem Mittelwert ersetzt werden und bei den gemischten Blöcken waren es 25 Prozent im Prätest und 22 Prozent im Posttest. Tabelle I44 (Anhang I) gibt einen Überblick über die mittlere Anzahl ersetzter Werte pro Aufgabe und Trimmungsschritt. Da zusammengenommen ungefähr jede fünfte Reaktionszeit durch den Mittelwert ersetzt wurde, entstanden sehr hohe interne Konsistenzen (Anhang B, Tabelle B2). In Abbildung 12 sind die mittleren Reaktionszeiten der drei verschiedenen Fähigkeiten (einfacher Tastendruck, Wahlreaktion und Wechsel) getrennt nach Gruppen dargestellt. Die Re-

aktionszeiten in den gemischten Blöcken waren stets höher als in den Einzelblöcken (hierfür wurden alle Switching-Aufgaben zusammengefasst), welche wiederum mehr als doppelt so hoch waren wie die einfachen Reaktionszeiten.

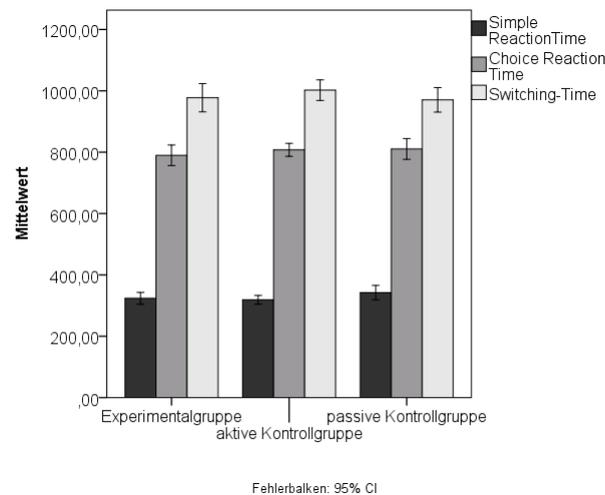


Abbildung 12: Reaktionszeiten aller Gruppen für verschiedene kognitive Prozesse im Prätest

In Anhang B (Tabelle B7) befinden sich die Reaktionszeiten separat für jede Switching-Aufgabe. Die figurale Switching-Aufgabe wies dabei die längsten Reaktionszeiten auf und stellte somit die schwierigste Aufgabe dar. Die Genauigkeit in den Switching-Aufgaben war meist nicht normalverteilt, weshalb jeweils Median und Interquartilabstand berichtet wurden (Anhang B, Tabelle B8). Auch hier zeigte sich, dass die figurale Switching-Aufgabe im Prätest die größte Schwierigkeit hatte, da in den gemischten Böcken der anderen Aufgaben 90 Prozent aller Entscheidungen korrekt getroffen worden, während es bei der figuralen Aufgabe lediglich etwa 70 Prozent waren.

Multiple Switching Task. Die neu entwickelte Multiple Switching Task wurde ebenfalls zunächst getrimmt, sodass sowohl sehr hohe als auch sehr niedrige Werte ersetzt wurden. Die Variablen waren nach dem letzten Trimmungsschritt normalverteilt und zeigten keine Gruppenunterschiede. Die Multiple Switching Task besteht aus verschiedenen Elementen, wobei zum einen zwischen gemischten und Einzelblöcken unterschieden werden kann (wie bei den anderen Switching-Aufgaben) und zum anderen innerhalb des gemischten Blocks zwischen Durchgängen mit Aufgabenzeiger und Durchgängen mit Stoppuhr. Wie bei den übrigen Switching-Aufgaben war die Reaktionszeit in gemischten Blöcken höher als in Einzelblöcken, wobei hier zwischen bis zu fünf Aufgaben gewechselt werden musste. Des Weiteren waren die Reaktionszeiten beim Wechsel mit Zeiger (externer Hinweisreiz, unvorhersehbar) niedriger als beim Wechsel mit Uhr (kein externer Hinweisreiz, vorhersehbar), wie Tabelle 7 zeigt.

Tabelle 59: Mittelwerte und Standardabweichungen der Reaktionszeiten und Genauigkeiten der Elemente der Multiple Switching Task

	EG		aKG		pKG	
	prä	post	prä	post	prä	post
single	898.06	718.57	924.43	829.48	917.58	863.99
	(123.41)	(95.67)	(95.54)	(68.14)	(116.84)	(105.40)
	<i>.95 (.07)</i>	<i>.98 (.03)</i>	<i>.94 (.05)</i>	<i>.96 (.04)</i>	<i>.95 (.08)</i>	<i>.97 (.07)</i>
mixed	1233.64	802.44	1256.04	998.30	1225.56	1029.45
	(266.81)	(126.51)	(168.22)	(66.82)	(195.95)	(113.73)
	<i>.83 (.12)</i>	<i>.94 (.03)</i>	<i>.82 (.08)</i>	<i>.86 (.09)</i>	<i>.82 (.06)</i>	<i>.82 (.10)</i>
Zeiger	1208.30	796.28	1225.60	979.20	1209.88	1022.17
	(281.71)	(113.16)	(189.32)	(64.54)	(177.86)	(104.24)
	<i>.91 (.10)</i>	<i>.95 (.03)</i>	<i>.90 (.08)</i>	<i>.91 (.05)</i>	<i>.91 (.06)</i>	<i>.89 (.06)</i>
Uhr	1269.18	1295.83	1295.83	1020.16	1242.57	1037.31
	(311.12)	(196.04)	(196.04)	(93.73)	(280.59)	(149.63)
	<i>.74 (.12)</i>	<i>.93 (.04)</i>	<i>.72 (.16)</i>	<i>.80 (.15)</i>	<i>.73 (.22)</i>	<i>.76 (.17)</i>

Anmerkung. $N = 91$. Standardabweichungen in Klammern. Die Reaktionszeiten befinden sich jeweils in den ersten zwei Zeilen und die Genauigkeiten in der dritten Zeile (kursiv). EG = Experimentalgruppe; aKG = aktive Kontrollgruppe; pKG = passive Kontrollgruppe; single = Einzelblöcke; mixed = gemischte Blöcke (beinhaltet Wechseltrials mit Zeiger und Uhr).

Für die nicht normalverteilten Genauigkeiten werden Median und Interquartilabstand dargestellt (Tabelle 7, kursiv). In den Einzelaufgaben sowie in den Wechselaufgaben mit Zeiger war die Fehlerzahl sehr gering, die höchste Schwierigkeit bereiteten Aufgaben, bei denen nach zehn Sekunden selbstständig gewechselt werden musste. Die folgenden Balkendiagramme veranschaulichen die Reaktionszeiten und Genauigkeiten der Multiple Switching Task für Einzelblöcke, Wechselblöcke mit Aufgabenzeiger und Wechselblöcke mit Stoppuhr (Abbildung 13). Während die Differenz zwischen Zeiger und Uhr bei der Reaktionszeit verglichen mit der Zeit in Einzelblöcken eher gering war, zeigte sich ein größerer Abstand zwischen ihnen in der Genauigkeit, wobei hier Einzelblöcke und Zeiger nur gering voneinander abwichen.

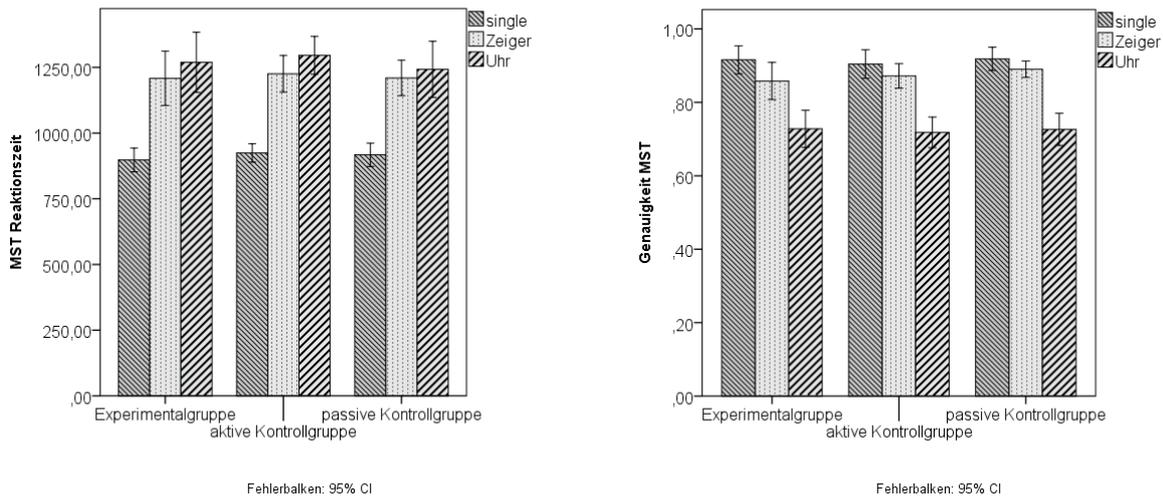


Abbildung 13: Reaktionszeit (links) und Genauigkeit (rechts) der Multiple Switching Task

Switch-Kosten. Nun werden die generellen Switch-Kosten in den Gruppen betrachtet (siehe Anhang B, Tabelle B9), welche die Differenz der Reaktionszeiten zwischen gemischten und Einzelblöcken darstellen. Die generellen Switch-Kosten fielen im Prätest in der passiven Kontrollgruppe deutlich geringer aus als in den anderen Gruppen, wodurch ein bedeutsamer Gruppenunterschied entstand ($F(2, 88) = 3.42, p = .037$). Allerdings sprach dieser nicht für eine Überlegenheit der passiven Kontrollgruppe, da die deskriptive Statistik der Reaktionszeiten in Anhang B (Tabelle B7) zeigt, dass sie in den Einzelblöcken stets langsamer waren als die anderen Gruppen und der Abstand zu gemischten Blöcken dadurch geringer wurde. Die Genauigkeitskosten waren generell eher gering und weniger eindeutig in ihrer Richtung. So gab es auch Teilnehmer, welche negative Kosten hatten und somit in gemischten Blöcken höhere Genauigkeiten erzielten als in Einzelblöcken.

Switching-Verhältnis. Bisher wurden Reaktionsschnelligkeit und Genauigkeit bei Switching-Aufgaben getrennt betrachtet. Dabei ist vor allem relevant, dass viele korrekte Antworten schnell gegeben werden und weder hohe Genauigkeiten bei langen Reaktionszeiten noch kurze Reaktionszeiten bei geringen Genauigkeiten belohnt werden. Eine Möglichkeit, Ungenauigkeit oder Langsamkeit in einem kombinierten Wert abzustrafen, ist die Bildung eines Quotienten (Gleichung 1).

$$\text{Switching-Verhältnis} = (-1) * \left(\frac{\text{Reaktionszeit}}{\text{Genauigkeit}} \right) \quad \text{Gleichung 1}$$

Bei gleich bleibender Genauigkeit im Nenner ist der Bruch somit größer, wenn die Reaktionszeit im Zähler höher ist und bei gleich bleibender Reaktionszeit ist der Bruch größer, wenn durch

kleinere Genauigkeitswerte geteilt wird. Zusätzlich wurde das Vorzeichen des Quotienten getauscht (Multiplikation mit -1), um höhere Werte als besser zu bewerten. Reaktionszeit und Genauigkeit stellen jeweils den Mittelwert aus den vier Switching-Aufgaben dar. Das Switching-Verhältnis wird mit SwV abgekürzt und ist vergleichbar mit der inversen Effizienz von Townsend und Ashby (1983).

Die Betrachtung der Daten zeigte, dass eine Teilnehmerin und ein Teilnehmer aus der Experimentalgruppe sehr stark von den anderen abwichen (Abbildung 14). Diese wurden aus den folgenden Analysen mit dem Switching-Verhältnis ausgeschlossen, da sie Ausreißer darstellten und die Ergebnisse verzerrten. Die Gruppen unterschieden sich im Prätest nicht und bei allen Teilnehmern war das Switching-Verhältnis in gemischten Blöcken schlechter als in Einzelblöcken (Anhang B, Tabelle B10).

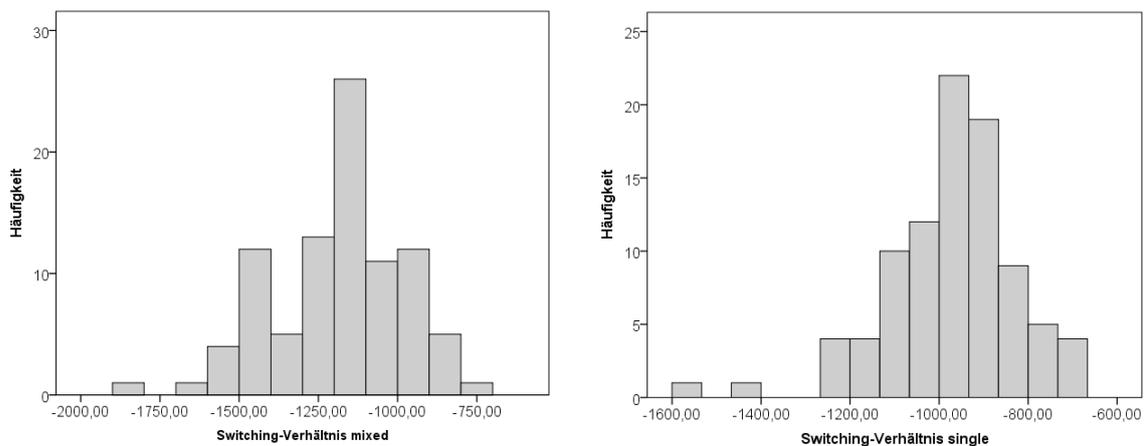


Abbildung 14: Histogramm der Rohwerte des Switching-Verhältnisses in gemischten (links) und Einzelblöcken (rechts) im Prätest

Auch bei den Switching-Aufgaben wurden mehrere Faktoren gebildet, wobei diese für korrelative Analysen alle vier Aufgaben beinhalteten und für transferbezogene Analysen ohne die Multiple Switching Task gebildet wurden. Die Reaktionszeiten und Genauigkeiten wurden in gemischten und Einzelblöcken getrennt betrachtet. Da die Stichprobe für konfirmatorische Faktorenanalysen zu klein ist (Herzog, Boomsma & Reinecke, 2007), können nur die Interkorrelationstabellen und Ladungen im Anhang J (Tabellen J9 - J28) Hinweise zur Adäquatheit der Faktorbildung geben. Die relevanten Maße (Switch-Kosten und Switching-Verhältnis) wurden jedoch nicht durch den ersten unrotierten Faktor gebildet, sondern durch die Mittelwerte aller Aufgaben. Grund hierfür war die bessere Interpretierbarkeit der Werte, welche dann in Millisekunden und Prozenten angegeben werden konnten statt in z -Werten.

10.1.5 BFI-K und Abschlussfragen

Ein Teilnehmer hatte die Kurzversion des Big Five Inventory nicht ausgefüllt, sodass die deskriptiven Statistiken (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum und Schiefe) im Anhang B (Tabelle B11) auf 90 Teilnehmern basierten. Zuvor wurde mittels Kolmogorov-Smirnov-Test die Normalverteilungsannahme geprüft, welche bei der Skala Offenheit nicht gegeben war und somit dort Median und Interquartilabstand berichtet wurden. Verglichen mit den in der Literatur berichteten internen Konsistenzen (Cronbachs Alpha) fielen die Werte geringer aus, vor allem bei Extraversion (.54 statt .86) und Gewissenhaftigkeit (.57 statt .74). Der Wert der Skala Offenheit wich zwar nicht von der bekannten internen Konsistenz ab, allerdings könnte die Verletzung der Normalverteilung zu Überschätzung durch Alpha geführt haben.

Eine erneute Teilnahme bei ähnlichen Studien wurde von allen Teilnehmern bejaht. Der Mittelwert betrug 1.45 ($SD = .64$), wobei 1 *ja, sicher* und 2 *eventuell* bedeutete. Ebenfalls hatten alle Spaß an der Untersuchung ($M = 1.21$, $SD = .46$, 1 = *ja, sehr*, 2 = *etwas*). Die Frage nach der Belastung im Alltag durch die Untersuchung wurde meist mit *kaum* (3) beantwortet ($M = 2.97$, $SD = .91$). Veränderungen im Alltag wurden *kaum* (2) bis *etwas* (3) wahrgenommen ($M = 2.67$, $SD = .82$) und auf Fehlleistungen achteten die Teilnehmer nach Selbstauskunft durchschnittlich *etwas* (2) mehr ($M = 1.86$, $SD = .77$). In diesen Fragen unterschieden sich die Gruppen nicht, allerdings in der Frage nach der subjektiven Bewertung ihrer Fähigkeitsverbesserung: Die Experimentalgruppe gab häufiger die Antwort *etwas besser als zuvor* ($M = 2.84$), während die Kontrollgruppen eher *genauso wie zuvor* wählten (aktiv: $M = 2.48$, passiv: $M = 2.50$). Eine einfaktorielle Varianzanalyse mit dem Gruppenfaktor ergab signifikante Unterschiede ($F(2, 83) = 3.12$, $p = .049$), wobei die Daten von fünf Teilnehmern aus der passiven Kontrollgruppe fehlten.

10.2 Auswertung des eKFA

10.2.1 Itemanalyse

Die Daten der App wurden zunächst von den Smartphones auf den Computer übertragen. Dann erfolgte eine Sichtung der Antworten und entsprechenden Zeitstempel (Datum und Uhrzeit der Beantwortung), woraufhin die erste Eingabe, die noch während der Gruppentestung vorgenommen wurde, doppelte Eingaben oder Eingaben mit zu kurzen Abständen (weniger als 60 Minuten) sowie unvollständige Eingaben (aufgrund eines Abbruchs oder Unterbrechung durch einen weiteren Alarm) eliminiert wurden. Die übrigen Eintragungen wurden ausgezählt und in Beziehung zur geforderten Anzahl (pro Tag 4 Einträge, 6-7 Tage lang) gesetzt, um ein Maß für die Compliance zu erhalten. Sämtliche Antworten wurden pro Person über alle Zeiten gemittelt, so-

dass für jedes Item Mittelwert und Standardabweichung (Varianz innerhalb einer Person) vorliegen. Die Varianz zwischen den Personen wurde durch Betrachtung aller Mittelwerte über alle Items von jeder Person erhalten. Da die Antworten mit 1, 2, 3 und 4 codiert waren, ergab sich ein minimaler Mittelwert von 1.00 und ein maximalen Mittelwert von 4.00. Ein Mittelwert von 1.50 bedeutete beispielsweise, dass eine Person in der Hälfte ihre Eintragungen *ja*, *einmal* und sonst *nein* angegeben hatte.

Wie bei den Leistungsmaßen zuvor wurden auch hier Ausreißer ermittelt. Da im eKFA geringere Werte erstrebenswert sind, wurden Werte oberhalb des 95. Perzentils mit diesem ersetzt, wodurch sich die positive Schiefe teilweise stark verringerte. Dennoch konnte mit diesem Schritt bei den meisten Items keine Normalverteilung erzeugt werden. Die Rohwerte befinden sich im Anhang I (Tabellen I11, I46, I48 und I50). Zudem wurden die Items auf Gruppenunterschiede untersucht sowie deren Trennschärfen angegeben. Da es sich nicht um normalverteilte Items handelte, wurde die Rangkorrelation zwischen Item und Skala ohne dieses Item berechnet. Die Split-Half-Reliabilität des Gesamtwerts ergab sich aus der Rangkorrelation zwischen der ersten Hälfte (Items 1-7) und der zweiten Hälfte (Items 8-13) und betrug im Prätest $r_s = .80$ (unkorrigiert). Tabelle 8 zeigt, dass die häufigsten Fehler der Teilnehmer das gedankliche Abschweifen (Item 8), das Vergessen von Handlungen (Item 9) sowie das Tip-of-the-tongue-Gefühl waren, d. h. wenn ihnen ein Wort nicht eingefallen ist (Item 10).

Tabelle 60: Deskriptive Statistik der eKFA-Items im Prätest (ohne Ausreißer)

	<i>M</i> / <i>MD</i>	<i>SD</i> / <i>IQA</i>	Min	Max	Schiefe	r_{it}^a	KS-Z (<i>p</i>)	$F(p)^c$
1	1.13	.20	1.00	1.58	1.08	.43	1.51* (.021)	2.59 (.273)
2	1.07	.21	1.00	1.64	1.54	.63	2.07** (< .001)	1.41 (.495)
3	1.00	.10	1.00	1.34	1.73	.41	2.78** (< .001)	3.56 (.168)
4	1.14	.23	1.00	1.59	.98	.60	1.45* (.030)	1.48 (.478)
5	1.06	.14	1.00	1.39	1.34	.54	1.87** (.002)	1.93 (.382)
6	1.12	.27	1.00	2.09	1.83	.50	2.16** (< .001)	3.43 (.180)
7	1.12	.28	1.00	1.72	1.32	.51	1.66** (.008)	4.84 (.089)
8	1.30	.59	1.00	2.73	1.38	.54	1.97** (.001)	.99 (.611)
9	1.29	.21	1.00	1.76	.53	.40	.80 (.539)	3.34* (.040)
10	1.31	.37	1.00	2.64	1.68	.65	1.69** (.006)	3.75 (.153)
11	1.04	.14	1.00	1.57	1.85	.44	2.39** (< .001)	7.64* (.022)
12	1.12	.18	1.00	1.67	1.43	.40	1.64** (.009)	2.39 (.302)
13	1.13	.28	1.00	1.89	1.75	.69	1.90** (.001)	4.44 (.108)
All	1.21	.15	1.03	1.63	1.18	.80 ^b	1.31 (.063)	1.94 (.150)

Anmerkung. $N = 91$. Die Itemformulierungen befinden sich in Tabelle 4 (Abschnitt 9.3.1). Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. ^a Für jede der Rangkorrelationen r_{it} (Trennschärfe) zwischen Item und Skala gilt $p < .001$. ^b Split-Half-Reliabilität. ^c Prüfung auf Gruppenunterschiede (1-fakt. ANOVA), bei signifikantem KS-Test wurde der Kruskal-Wallis-Test (χ^2) durchgeführt.

Da ein Teilnehmer aus der aktiven Kontrollgruppe krankheitsbedingt das Ambulatory Assessment nach der Intervention nicht abschließen konnte, beruhen die Werte im Posttest auf 90 Personen (siehe Anhang B, Tabelle B12). Im Anhang I (Tabellen I47, I49 und I51) befinden sich die um Ausreißer bereinigten deskriptiven Statistiken des eKFA im Posttest separat für jede Gruppe. Sämtliche Mittelwerte und Mediane verringerten sich im Vergleich zum Prätest, sodass sich teilweise schiefere Verteilungen ergaben. Die Reliabilitäten der Items stiegen etwas an, die Split-Half-Reliabilität des Gesamtwerts betrug $r_s = .82$ (unkorrigiert). Ohne den Ergebnissen des Transfers vorweggreifen zu wollen, kann hier schon erwähnt werden, dass das Training keinen Effekt auf die durchschnittliche Anzahl der Fehlleistungen hatte – somit konnte der Zusammenhang der zwei Messzeitpunkte mit einem Abstand von etwa sieben Wochen als Retest-Reliabilität genutzt werden und diese lag bei $r_s = .76$ (unkorrigiert). Eine Trennung nach Gruppen ergab identische Werte für die Retest-Reliabilität. Die Verteilungen des Gesamtwerts, welche in Abbildung 15 dargestellt sind, waren stark rechtsschief (linkssteil) und in ihrer Streuung eingeschränkt. Dies muss bei allen Zusammenhangsberechnungen bedacht werden.

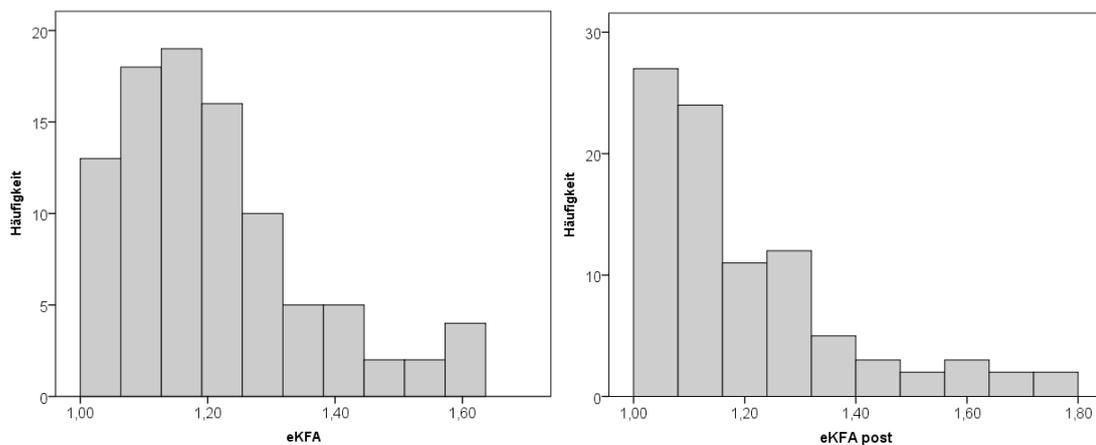


Abbildung 15: Histogramme des eKFA-Gesamtwerts in Prätest (links) und Posttest (rechts)

Weiterhin sollte geprüft werden, ob sich das Antwortverhalten der Teilnehmer im Verlauf der Befragung geändert hatte. Hierzu wurden die gültigen Antworten halbiert und Mittelwerte für beide Hälften (Tage 1-3 und Tage 4-6) gebildet. Die Teilnehmer gaben $M = 1.23$ Fehler in der ersten Hälfte des Ambulatory Assessments und $M = 1.21$ in der zweiten Hälfte an ($M = 1.21$ für die gesamte Zeit, siehe auch Tabelle 8). Die Differenz beider Testphasen wies eine Spannweite von $-.61$ bis $.32$ auf, wobei der Mittelwert nahe Null war ($M = .02$).

10.2.2 Faktorenanalyse

Um zu überprüfen, ob die Annahme eines Generalfaktors angemessen ist oder kognitive Fehlleistungen besser durch mehrere Faktoren beschrieben werden, erfolgte eine exploratorische Fakto-

renanalyse (Hauptachsenanalyse). Problematisch war die Verletzung der Normalverteilungsannahme, da die Korrelationsmatrix, auf deren Grundlage die Faktoren gebildet werden, Pearson-Korrelationen enthält, welche den Zusammenhang von schiefen Variablen überschätzen. Aus diesem Grund wurden die Items zunächst in eine Rangfolge gebracht, sodass die Pearson-Korrelation einer Rangkorrelation entsprach.

Der Bartlett-Test nimmt die Nullhypothese an, dass es keine Zusammenhänge zwischen den Items gibt. Diese konnte sowohl im Prätest ($\chi^2(78) = 412.02, p < .001$) als auch im Posttest ($\chi^2(78) = 541.96, p < .001$) zurückgewiesen werden. Mit Werten von .84 und .88 in Prä- und Posttest sprach der Kaiser-Meyer-Olkin-Koeffizient ebenfalls dafür, dass die Korrelationsmatrix für eine exploratorische Faktorenanalyse geeignet war. Die Höhe der Interkorrelationen lag im Prätest zwischen .09 und .62 und im Posttest zwischen .21 und .65, wobei die Items im Posttest insgesamt deutlich höher miteinander zusammenhingen. Eine entsprechende Tabelle befindet sich im Anhang D (Tabelle D1).

Das Kaiser-Guttman-Kriterium schlug im Prätest vier Faktoren und im Posttest zwei Faktoren vor. In absteigender Reihenfolge betragen die Eigenwerte 5.03, 1.35, 1.10 und 1.01 im Prätest (Varianzaufklärung der ersten Faktors: 39%) und 6.17 sowie 1.12 im Posttest (Varianzaufklärung: 47%). Der grafische Vergleich mit einer Reihe von dreizehn Zufallseigenwerten (Parallelanalyse nach Horn, 1965) wies allerdings auf die Extraktion von jeweils nur einem Faktor hin (siehe Abbildung 16), womit die Annahme eines Generalfaktors angemessen ist. Allerdings ist zu beachten, dass die gebildeten Zufallseigenwerte auf normalverteilte Items zurückgingen, während die Items tatsächlich schief waren. Für die folgenden Analysen wurde der Mittelwert und nicht der erste unrotierte Faktor verwendet, da dies der traditionellen Auswertung bei Fehlerinventaren entspricht (z. B. Broadbent, 1982; Cheyne, 2006; Sunderland, 1983). Die Faktorladungen befinden sich im Anhang C (Tabelle C1).

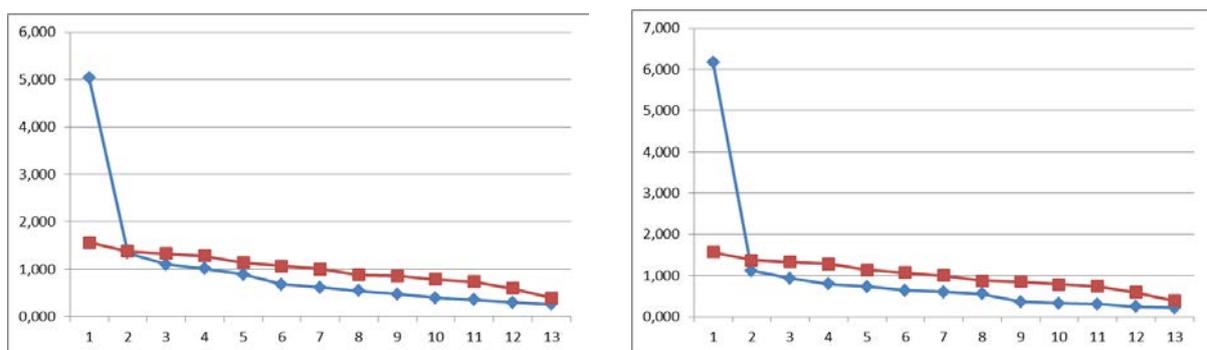


Abbildung 16: Parallelanalyse der eKFA-Items (blau) in Prätest (links) und Posttest (rechts)

10.2.3 Compliance

Die Compliance wird als prozentualer Anteil der Alarme definiert, welche tatsächlich beantwortet wurden. Im Mittel beantworteten die Teilnehmer im Prätest 77 Prozent der Signale ($SD = .23$) bei einer Spannweite von 15 bis 132 Prozent. Dies entsprach etwa zwanzig Eingaben. Im Posttest wurden von der Experimentalgruppe durchschnittlich 71 Prozent ($SD = .20$) der Alarme beantwortet, in der aktiven Kontrollgruppe 74 Prozent ($SD = .22$) und in der passiven Kontrollgruppe 70 Prozent ($SD = .21$). Für alle Gruppen zusammen waren es 72 Prozent ($SD = .21$), was etwa achtzehn bis neunzehn Eingaben entsprach, und die Spannweite lag zwischen 26 und 121 Prozent. Die Compliance war normalverteilt (Prätest: Kolmogorov-Smirnov- $Z = .98$, $p = .289$; Posttest: $Z = .58$, $p = .887$) und es gab keine Gruppenunterschiede im Prätest ($F = .06$, $p = .938$). Abbildung 17 veranschaulicht die Verteilung der Compliance.

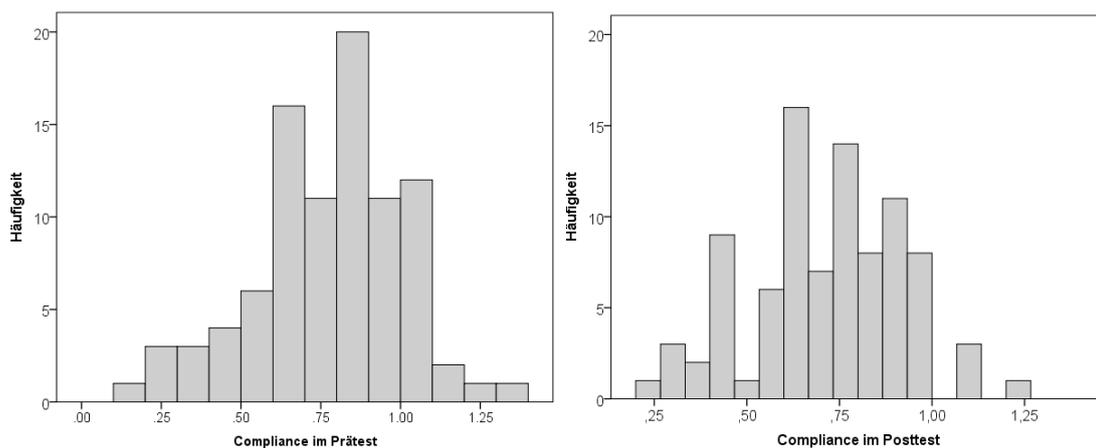


Abbildung 17: Histogramm der Compliance in Prätest (links) und Posttest (rechts)

Die Anzahl gegebener Antworten korrelierte negativ mit der Fehleranzahl ($r = -.19$, $p = .075$) und positiv mit der Arbeitsgedächtniskapazität ($r = .20$, $p = .062$), wobei die Koeffizienten unterhalb des signifikanten Bereichs lagen. Eine weitere Tendenz zeigte sich beim Alter, wonach ältere Teilnehmer weniger Eintragungen vornahmen als jüngere Teilnehmer ($r = -.16$, $p = .132$). Mit den Skalen des BFI-K fanden sich keinerlei Zusammenhänge.

10.2.4 Hypothesen 1 bis 3 – Gegenüberstellung von eKFA und CFQ

Der aus 32 Fragen bestehende Gesamtwert des Cognitive Failures Questionnaires war normalverteilt und unterschied sich zum Prätestzeitpunkt nicht in den Gruppen. Faktorenanalytisch ergab sich kein klares Muster, welches die Übernahme einer der potenziellen Faktorenstrukturen (vgl. Abschnitt 6.4.1) gerechtfertigt hätte, sodass der Gesamtwert gebildet wurde. Die deskriptive Statistik vor und nach Ersetzen der Werte oberhalb des 95. Perzentils mit diesem Wert können im

Anhang I (Tabellen I12 und I52) betrachtet werden. Da wie beim eKFA auch die einzelnen CFQ-Items nicht normalverteilt waren, wurde als Homogenitätsmaß nicht Cronbachs Alpha gewählt. Stattdessen ergaben sich Split-Half-Reliabilitäten von $r_s = .72$ im Prätest und $r_s = .76$ im Posttest sowie eine Retest-Reliabilität von $r_s = .76$. Das Training hatte keinen Einfluss auf die CFQ-Werte, sodass der Zusammenschluss der Gruppen im Posttest zulässig war.

Tabelle 9 stellt Zentralmaße und Varianzen der Gruppen in eKFA und CFQ gegenüber. Während beim CFQ Mittelwerte und Standardabweichungen berichtet werden, sind es beim eKFA Mediane und Interquartilabstände, da vor allem im Posttest die Rechtsschiefe besonders stark und der Mittelwert somit kein geeigneter Schätzer für die zentrale Tendenz war. Zwar hatte die Experimentalgruppe geringere Werte im Prätest als die Kontrollgruppen, doch gemessen an der Streuung spielten diese Unterschiede kaum eine Rolle.

Tabelle 61: Zentrale Tendenz und Streuung von eKFA und CFQ

	EG		aKG		pKG	
	prä	post	prä	post	prä	post
eKFA	1.13 (.17)	1.06 ^a (.14)	1.19 (.14)	1.14 ^a (.22)	1.20 (.28)	1.20 ^a (.22)
CFQ	2.12 (.34)	2.12 (.33)	2.28 (.28)	2.34 (.30)	2.26 (.26)	2.36 (.26)

Anmerkung. $N = 91$. Standardabweichungen in Klammern. EG = Experimentalgruppe; aKG = aktive Kontrollgruppe; pKG = passive Kontrollgruppe. ^a $N = 90$.

Beide Maße für Fehlleistungen korrelierten im Prätest zu $r = .33$ ($p = .001$) und im Posttest betrug die Rangkorrelation $r_s = .39$ ($p < .001$). Von Interesse war des Weiteren der Zusammenhang zwischen den fünf großen Persönlichkeitseigenschaften – ins Besondere Neurotizismus (Hypothese 2) – und den Fehlermessungen (Korrelationstabellen im Anhang D, Tabellen D2 und D3). Der eKFA und der CFQ korrelierten annähernd gleich hoch ($r = .22$ bzw. $r = .25$) mit Neurotizismus. Im Posttest zeigten sich zusätzlich mittlere Korrelationen zwischen CFQ und Extraversion sowie Gewissenhaftigkeit.

Nun wurden die Zusammenhänge beider Verfahren mit den oben gebildeten Faktoren betrachtet (Tabelle 10). Der eKFA zeigte im Prätest keine bedeutsamen Zusammenhänge mit den kognitiven Variablen, es gab jedoch einen Trend beim Switching-Verhältnis. Der CFQ korrelierte hingegen in mittlerer Höhe mit der Bearbeitungsgeschwindigkeit sowie im Posttest mit Arbeitsgedächtnis, Kurzzeitgedächtnis und den Switching-Variablen. Es sei darauf hingewiesen, dass sich Arbeitsgedächtniskapazität und Switching-Verhältnis im Posttest trainingsbedingt veränderten, sodass der Zusammenschluss der Gruppen irreführend sein kann.

Tabelle 62: Korrelation von eKFA und CFQ mit den kognitiven Variablen in Prätest und Posttest

		WMC	Gf	KZG	Speed	RT costs	Acc costs	SwV mx ^b	SwV sg ^b
eKFA	prä	-.07 (.485)	-.10 (.353)	.07 (.522)	-.05 (.660)	.04 (.707)	.04 (.738)	-.16 (.138)	-.17 (.104)
	post ^a	-.17 (.113)	-.02 (.887)	-.03 (.780)	.00 (.973)	.13 (.230)	.09 (.400)	-.16 (.137)	-.13 (.224)
CFQ	prä	-.13 (.206)	.02 (.860)	-.09 (.403)	-.28** (.007)	.08 (.437)	-.06 (.599)	.01 (.930)	.03 (.799)
	post	-.27** (.009)	-.14 (.189)	-.21* (.046)	-.25* (.016)	.27* (.011)	.16 (.134)	-.33** (.002)	-.28** (.007)

Anmerkung. $N = 91$. Signifikanzniveau in Klammern. WMC = Arbeitsgedächtniskapazität; Gf = Reasoning; KZG = Kurzzeitgedächtnis; RT costs = Reaktionszeitkosten; Acc costs = Genauigkeitskosten; SwV mx = Switching-Verhältnis in gemischten Blöcken; SwV sg = Switching-Verhältnis in Einzelblöcken. ^a $N = 90$. ^b $N = 89$.

In einer multiplen Regression ($R = .39$; $F(6, 82) = 2.39$, $p = .035$) mit dem CFQ als Kriterium und den Prädiktoren mit signifikanten Zusammenhängen (Arbeitsgedächtniskapazität, Speed, Kurzzeitgedächtniskapazität, Reaktionszeitkosten, beide Switching-Verhältnisse) konnten nur die Reaktionszeitkosten und die Bearbeitungsgeschwindigkeit mit (nicht signifikanten) Partialkorrelationen von $pr = -.16$ und $pr = .17$ annähernd überzeugen. Ein datengeleitetes Vorgehen, bei dem in einer Verbindung aus vorwärts- und rückwärtsgerichteter Selektion der Prädiktor mit der größten, alleinigen Varianzaufklärung identifiziert wird (‘schrittweise’), zeichnete das Switching-Verhältnis in gemischten Blöcken als besten Prädiktor für den CFQ-Wert im Posttest aus ($R = .31$; $F(6, 87) = 9.45$, $p = .003$).

Der eKFA zeigte keinerlei Beziehung zu Alter oder Bildungsjahren, während der CFQ im Prätest tendenziell und im Posttest signifikant mit der Bildung korrelierte ($r = -.22$, $p = .033$). Im Posttest gab es zudem einen Zusammenhang zwischen Geschlecht und CFQ ($r = -.21$, $p = .043$), wobei Frauen signifikant weniger Fehler berichteten als Männer ($t(89) = 2.06$, $p = .043$). Im eKFA berichteten hingegen Frauen mehr Fehler, wobei die Differenz zu den Männern nicht bedeutsam war.

Da der CFQ im Original von Broadbent und Kollegen (1982) aus 25 Items besteht, wurde ein Mittelwert bestehend aus nur diesen gebildet und die Korrelationen mit den Variablen betrachtet. Zum einen waren alle Zusammenhänge mit den kognitiven Variablen deutlich geringer (z. B. mit Arbeitsgedächtnis: $r = -.03$ im Prätest und $r = -.11$ im Posttest; mit Switching-Verhältnis gemischt: $r = .04$ im Prätest, $r = -.02$ im Posttest) und zum anderen sank der Zusammenhang mit dem eKFA auf $r = .16$ ($p = .129$) im Prätest und $r_s = .04$ ($p = .697$) im Posttest.

10.2.5 eKFA-Kurzversion

Da die ARCES (Attention-related Cognitive Errors Scale) wie im Abschnitt 6.4.2 berichtet als einziger Fragebogen vielversprechende Zusammenhänge mit einem objektiven Maß für Mindwandering (SART, vgl. Abschnitt 6.4.3) aufweist, wurde eine Kurzversion des eKFA gebildet, welche nur der ARCES ähnliche Items enthält. Es sollte nun geprüft werden, ob eine Skala aus diesen Items (1, 4, 8, 11 und 12) mehr Potenzial als der Gesamtwert hat. Tabelle 11 gibt die Interkorrelationen wieder.

Sowohl im Prätest als auch im Posttest luden diese fünf Items auf jeweils einem gemeinsamen Faktor mit einem Eigenwert von 2.30 bzw. 2.63. Die Reliabilitäten der Kurzversion waren besonders im Prätest deutlich geringer als die des Gesamtwerts über dreizehn Fragen (siehe Anhang B, Tabelle B13). Auch die Split-Half-Rangkorrelation im Prätest war niedrig ($r_s = .51$), allerdings muss beachtet werden, dass eine Testhälfte nur zwei Items beinhaltete. Die Retest-Reliabilität betrug .73 und sollte hier das Maß der Wahl darstellen. Die Faktorladungen können in Anhang C (Tabelle C1) inspiziert werden.

Tabelle 63: Iteminterkorrelation (r_s) des eKFA-kurz in Prätest und Posttest

	1	4	8	11	12
1 „Haben Sie eine Handlung nach Ablenkung nicht beendet?“		.47** ($<.001$)	.42** ($<.001$)	.30** (.004)	.21* (.045)
4 „Ist Ihnen bei einer einfachen Tätigkeit durch Ablenkung ein Fehler passiert?“	.61** ($<.001$)		.47** ($<.001$)	.35** (.001)	.23* (.026)
8 „Sind Ihre Gedanken ungewollt abgeschweift?“	.55** ($<.001$)	.54** ($<.001$)		.21* (.042)	.28** (.008)
11 „Haben Sie Gegenstände oder Orte verwechselt?“	.43** ($<.001$)	.37** ($<.001$)	.30** (.004)		.19 (.067)
12 „Haben Sie etwas verlegt?“	.35** (.001)	.47** ($<.001$)	.32** (.002)	.40** ($<.001$)	

Anmerkung. $N = 91$ im Prätest (oberhalb), $N = 90$ im Posttest (unterhalb). Signifikanzniveau in Klammern.

Der eKFA-kurz war im Posttest nicht normalverteilt ($Z = 1.47$, $p = .027$) und auch im Prätest war die Verteilung sehr schief ($Z = 1.25$, $p = .087$), sodass für Zusammenhangsbefunde Rangkorrelationen berichtet wurden (Tabelle 12). Es lagen bedeutsame Korrelationen mit potenziellen, kapazitäts- und aufmerksamkeitsbedingten Ursachen im Prätest vor, allerdings führte die hohe Interkorrelation von Arbeitsgedächtniskapazität und beiden Switching-Verhältnissen dazu, dass in einer gemeinsamen Regression ($R = .32$; $F(3, 85) = 3.22$, $p = .027$) keiner dieser Prädiktoren

einen alleinigen, signifikanten Einfluss hatte. Das höchste Partialgewicht besaß mit $pr = -.13$ das Switching-Verhältnis in gemischten Blöcken. Im Posttest verschob sich dies zu Gunsten der Arbeitsgedächtniskapazität, welche eine Partialkorrelation von $pr = -.16$ aufwies (jeweils nicht signifikant). Die fehlende Normalverteilung des Kriteriums schränkt diese Befunde allerdings in ihrer Gültigkeit ein. Der eKFA-kurz und der CFQ korrelierten im Prätest zu $r_s = .30$ ($p = .004$) und im Posttest zu $r_s = .54$ ($p < .000$).

Tabelle 64: Zusammenhänge (r_s) des eKFA-kurz mit den kognitiven Variablen

	WMC	Gf	Speed	KZG	RT costs	Acc costs	SwV mx ^b	SwV sg ^b
prä	-.24* (.025)	-.18 (.090)	-.12 (.260)	.01 (.966)	.16 (.141)	.11 (.301)	-.34** (.001)	-.26* (.013)
post ^a	-.22* (.037)	-.05 (.648)	-.05 (.653)	-.14 (.188)	.15 (.172)	.14 (.195)	-.17 (.113)	-.15 (.156)

Anmerkung. $N = 91$. Signifikanzniveau in Klammern. WMC = Arbeitsgedächtniskapazität; Gf = Reasoning; KZG = Kurzzeitgedächtnis; RT costs = Reaktionszeitkosten; Acc costs = Genauigkeitskosten; SwV mx = Switching-Verhältnis in gemischten Blöcken; SwV sg = Switching-Verhältnis in Einzelblöcken. ^a $N = 90$. ^b $N = 89$.

10.2.6 Trennung nach Altersgruppen

Zur Betrachtung eines potenziellen Alterseinflusses wurden zwei Gruppen gebildet. Der Median der Altersverteilung lag bei 68 Jahren, sodass nach einem Mediansplit 48 Teilnehmer einer jüngeren Gruppe (60-68 Jahre) und 43 Teilnehmer einer älteren Gruppe (69-76 Jahre) zugeordnet waren. Durch die Teilung halbierte sich die Stichprobengröße, sämtliche Analysen verloren an Power und die künstliche Dichotomisierung der metrischen Variablen führte zu Informationsverlusten, weshalb die folgenden Befunde mit Vorsicht zu interpretieren sind. Für die beiden Altersgruppen ergaben sich unterschiedliche Zusammenhangsmuster zwischen Fehlleistungen und potenziellen Ursachen, wobei die Fehler bei der jüngeren Gruppe mittlere bis hohe Zusammenhänge mit Arbeitsgedächtnis ($r = -.29$, $p = .044$), Switching-Verhältnis in gemischten Blöcken ($r = -.41$, $p = .005$) und in Einzelblöcken ($r = -.36$, $p = .013$) aufwiesen, welche es in der älteren Gruppe nicht gab. Die berichteten Werte gelten für die Kurzversion des eKFA, doch auch die Langversion zeigte ein ähnliches Muster, nur mit teils geringeren Koeffizienten. Im Posttest wies auch der CFQ in der jüngeren Gruppe deutlich höhere Zusammenhänge mit den Faktoren auf als in der älteren Gruppe. Die Korrelationen können im Anhang D (Tabellen D4 - D7) betrachtet werden. Um die Relevanz dieser Ergebnisse zu unterstreichen, ist anzumerken, dass sich beide Gruppen nicht in den Fehlleistungen unterschieden ($t = .73$, $p = .468$) und bis auf die Arbeitsgedächtniskapazität ($t = 2.47$, $p = .016$) auch in den anderen Variablen keine Altersunterschiede vorlagen.

10.2.7 Papier-Bleistift KFA

Im Rahmen der Bachelor-Arbeit von Steglich (2012) wurden die dreizehn Items des KFA nicht elektronisch, sondern mittels Tagebuch in Papierform dargeboten. Ihre Stichprobe bestand aus 72 Senioren (29 männlich, 43 weiblich), welche im Mittel 70 Jahre alt waren ($SD = 5.16$, Spannweite: 58-85), durchschnittlich vierzehn Bildungsjahre angaben ($SD = 3.15$) und ihre Gesundheit subjektiv als gut beschrieben. Es handelte sich somit um eine vergleichbare Stichprobe. Das Tagebuch wurde ihnen einmalig für sieben aufeinanderfolgende Tage mitgegeben und sie wurden gebeten, die Fragen zweimal täglich (12 Uhr und 18 Uhr) mithilfe der vier Antwortmöglichkeiten zu beantworten. Die Instruktion lautete auch hier, sich auf die letzten zwei Stunden zu beziehen. Die Deskriptivstatistik des pKFA (Papier-Bleistift KFA) im Anhang B (Tabelle B14) zeigt, dass die meisten Items höhere zentrale Tendenzen sowie geringere Schiefen als die Items im eKFA aufwiesen. Sofern die Normalverteilungsannahme verletzt wurde, sind Median und Interquartilabstand zu finden – die Mittelwerte wären aufgrund der Rechtsschiefe höher. Die Trennschärfen der einzelnen Items stellen Rangkorrelationen bzw. Produkt-Moment-Korrelationen zwischen den Items und den part-whole-korrigierten Skalen dar, die Reliabilität des Gesamtwerts ist eine Split-Half-Rangkorrelation ($r_s = .77$). Auch in dieser Stichprobe waren die häufigsten Fehler Mindwandering, etwas zu vergessen und auf ein Wort nicht zu kommen (Items 8-10). Den Unterschied in der Verteilung ist im Histogramm in Abbildung 18 erkennbar, da die Verteilung des eKFA (Abbildung 15) stärker linkssteil und ihre Spitze näher am unteren Rand war.

Alle Items bildeten einen gemeinsamen Faktor mit einem Eigenwert von 5.82 (45% Varianzaufklärung). In dieser unabhängigen Stichprobe ließ sich nun überprüfen, ob die theoriegeleitete Bildung der Kurzversion aus den Items 1, 4, 8, 11 und 12 vergleichbare Werte erzielte. Die Gegenüberstellung der Kurzversionen von pKFA und eKFA in Anhang B (Tabelle B15) zeigt, dass der Gipfel der pKFA-Verteilung weiter rechts lag und die Werte stärker streuten.

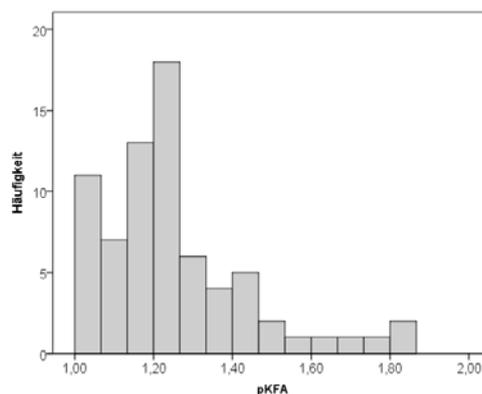


Abbildung 18: Verteilung der Papier-Bleistift-Version des KFA (pKFA)

In der Untersuchung von Steglich (2012) wurde des Weiteren der CFQ eingesetzt, um die Höhe der Methodenvarianz mittels Korrelationsvergleich zu erfassen. Die Split-Half-Reliabilität des CFQ betrug .81 und die mittleren CFQ-Werte unterschieden sich kaum von den Werten, die in der Trainingsstudie erzielt wurden ($M = 2.22$, $SD = .30$; siehe Anhang I, Tabelle I13). Nun waren die Zusammenhänge zwischen CFQ und dem elektronischen sowie papiergebundenen KFA (sowohl Gesamtwert als auch Kurzversion) von Bedeutung: eKFA und CFQ korrelierten zu $r = .33$, $p = .001$ (eKFA-kurz: $r_s = .30$) und pKFA und CFQ hingen zu $r = .50$, $p < .001$ (pKFA-kurz: $r = .51$) zusammen. Ob die Höhe der Differenz statistisch bedeutsam ist, sollte mittels Fisher's z -Transformierung herausgefunden werden (Gleichung 2). Diese Umformung ist vor einer Differenzbildung notwendig, da Korrelationen nicht normalverteilt sind. Die z -Werte betrugen .32 und .56. Ihre Differenz von $z = 1.51$ (Gleichung 3) war mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p = .066$ nur knapp oberhalb des 5-Prozent-Niveaus.

$$z' = \frac{1}{2} * \ln \frac{1+r}{1-r} \quad \text{Gleichung 2}$$

$$z = \frac{z'_1 - z'_2}{\sqrt{\frac{1}{n_1 - 3} + \frac{1}{n_2 - 3}}} \quad \text{Gleichung 3}$$

10.3 Auswertung des Trainings

10.3.1 Trainingserfolg

Die Teilnehmer trainierten die fünf Trainingsaufgaben in zwölf Sitzungen. Von den 31 Teilnehmern in der Experimentalgruppe absolvierten vier Senioren statt zwölf nur elf Sitzungen, eine Person hatte zehn Sitzungen und eine weitere Person acht Testtermine. Die Diagramme des Trainingsverlaufs (Abbildungen 19 und 20) zeigen, dass es sich nicht um einen steten Anstieg handelte, sondern die Leistungen auch Schwankungen unterlagen.

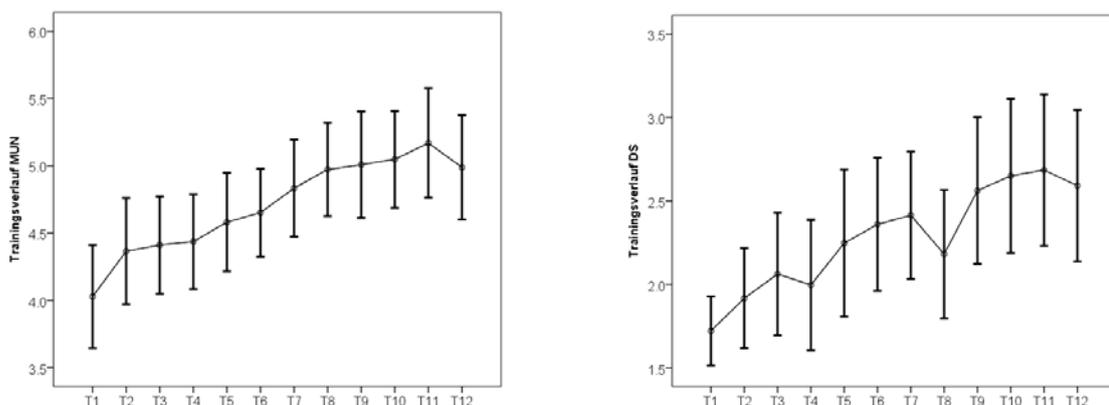


Abbildung 19: Verläufe der Aufgaben Memory Updating numerisch (links) und Dot Span (rechts) über die 12 Trainingssitzungen (T)

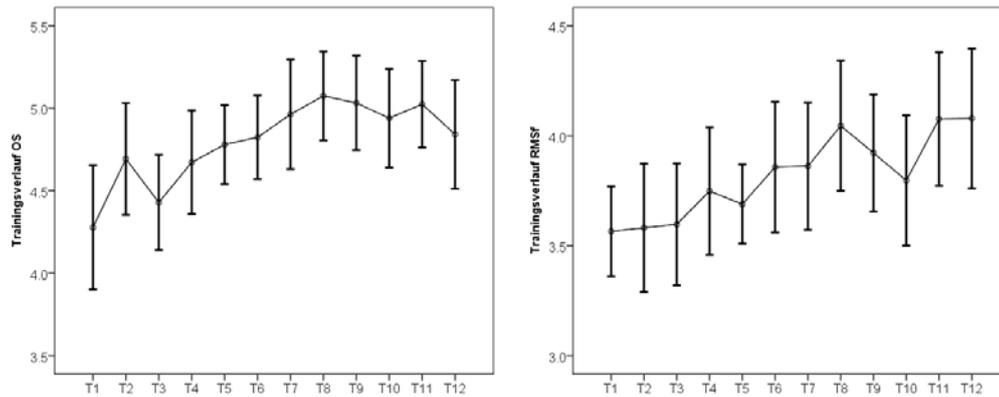


Abbildung 20: Verläufe der Aufgaben Operation Span (links) und Running Memory Span figural (rechts) über die 12 Trainingssitzungen (T)

Als Maß für den Trainingserfolg hätte nun die Differenz zwischen erster und letzter Trainingssitzung herangezogen werden können, doch da die besten Ergebnisse meist nicht zum letzten Zeitpunkt erzielt wurden, erschien dies unangemessen. Besser eignete sich die Differenz zwischen höchstem Wert und Anfangswert (Gleichung 4), welche für die Arbeitsgedächtnisaufgaben einer Leistungssteigerung von 31 Prozent entsprach.

$$\frac{\text{Maximalwert} - \text{Anfangswert}}{\text{Maximalwert}} * 100 \quad \text{Gleichung 4}$$

Die beste Leistung wurde durchschnittlich zur achten Trainingssitzung erzielt. Auch wenn Differenzwerte als Maß für Wachstum kritisiert wurden, weisen Rogosa, Brandt und Zimowski (1982) darauf hin, dass dieses Vorgehen zulässig und angemessen ist (sofern es keine Boden- oder Deckeneffekte gibt), um ein lineares Wachstum darzustellen. Tabelle 13 gibt den Anfangswert, den Endwert, den Maximalwert, den Tag des Maximalwerts sowie die prozentuale Steigerung für jede der Arbeitsgedächtnisaufgaben wieder. Da die Dot Span den geringsten Startwert hatte und somit mehr Raum für Verbesserungen bot, war die Steigerung von fast 50 Prozent hier am höchsten. In den anderen Aufgaben war die Verbesserung zwischen 20 und 26 Prozent moderat.

Tabelle 65: Kennwerte der Trainingsaufgaben

Aufgabe	Anfangswert	Endwert	Maximalwert	beste Sitzung	Steigerung in %
MUN	4.00	4.92	5.35	8.45	25.23
DS	1.65	2.58	3.26	8.23	48.39
RMSf	3.48	4.08	4.74	7.84	26.58
OS	4.28	4.86	5.54	7.35	22.74

Anmerkung. N = 31. MUN = Memory Updating numerisch; DS = Dot Span; RMSf = Running Memory Span figural; OS = Operation Span.

Die Multiple Switching Task wurde für die Berechnung des Trainingserfolgs nicht nach Reaktionszeit und Genauigkeit ausgewertet, sondern anhand der letzten erzielten Stufe und der korrekten Entscheidungen innerhalb dieser. Der adaptive Mechanismus ließ ein Vorankommen nur zu, sofern 27 von 30 Entscheidungen korrekt getroffen wurden. Da zudem eine Zeitbegrenzung vorlag, spiegelt das gewählte Maß indirekt die Schnelligkeit und Genauigkeit wider. Ein Wert von 4.93 bedeutet dabei, dass bis zu vier Anweisungen bearbeitet wurden und 93 Prozent (28 von 30) der Entscheidungen korrekt waren. Zur fünften Trainingssitzung wurde die Beispiellanzahl der anderen Trainingsaufgaben reduziert, sodass für die Multiple Switching Task mehr Zeit zur Verfügung stand (15 statt 10 Minuten). Dies ermöglichte vielen Teilnehmer das Erreichen einer höheren Stufe, was im starken Anstieg von T4 zu T5 im Diagramm (Abbildung 21) sichtbar wurde. Am ersten Trainingstag erzielten die Teilnehmer im Mittel einen Wert von 3.33 (3 Anweisungen, 33% korrekt) in der Multiple Switching Task, am letzten Trainingstag 6.39 und einen Maximalwert von 6.59. Der höchste Wert wurde zwischen der achten und neunten Trainingssitzung erzielt und die Differenz entsprach einer Verbesserung von 49 Prozent.

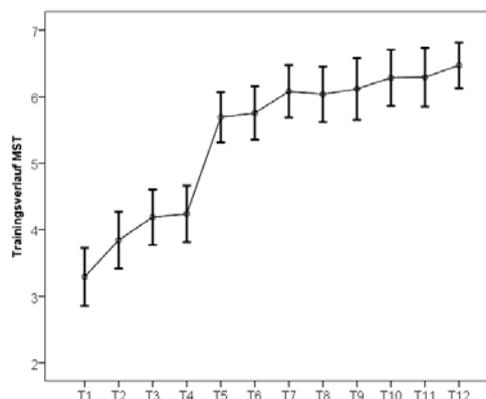


Abbildung 21: Verlauf der Multiple Switching Task über die 12 Trainingssitzungen (T)

Die Differenz zwischen erster und bester Sitzung pro Person und Aufgabe wurde nun mit der Arbeitsgedächtniskapazität im Prätest korreliert. Tabelle 14 gibt Auskunft über die Koeffizienten. Die Interkorrelationen der Trainingserfolge waren meist negativ und mit einer Ausnahme nicht signifikant, welche die Verbesserung in den zwei komplexen Spannaufgaben Operation Span und Dot Span betraf ($r = -.39, p = .030$). Auffällig war zum einen, dass die Verbesserung in den Updating-Aufgaben nicht mit der Arbeitsgedächtniskapazität korrelierte und zum anderen die Vorzeichen entgegengesetzt waren. Durch diesen entgegengesetzten Einfluss führte die Mittelung der Trainingserfolge zu einer Nullkorrelation mit der Kapazität im Prätest ($r = .02, p = .918$).

Tabelle 66: Zusammenhang zwischen Arbeitsgedächtniskapazität und Trainingserfolg

	MUN-Erfolg	DS-Erfolg	RMSf-Erfolg	OS-Erfolg
WMC prä	.11 (.551)	.37* (.043)	-.25 (.173)	-.44* (.013)
WMC post	.16 (.389)	.55** (.001)	-.18 (.329)	-.52** (.003)

Anmerkung. $N = 31$. Signifikanzniveau in Klammern. WMC = Arbeitsgedächtniskapazität; MUN = Memory Updating numerisch; DS = Dot Span; RMSf = Running Memory Span figural; OS = Operation Span.

Bei den Switching-Aufgaben zeigte sich ein ausgeglichenes Bild. Reaktionszeit- und Genauigkeitskosten korrelierten positiv mit dem Trainingserfolg in der Multiple Switching Task ($r = .25$, $p = .181$ und $r = .44$, $p = .014$) und das Switching-Verhältnis hing negativ mit dem Erfolg zusammen ($r = -.24$, $p = .218$).

10.3.2 Hypothese 4 – Trainingseffekt

Sämtliche Effekte wurden mittels zweifaktorieller Varianzanalyse mit Messwiederholung mit einem dreistufigen Gruppenfaktor (Trainingsgruppe, aktive und passive Kontrollgruppe) und einem zweistufigen Messwiederholungsfaktor (Prätest und Posttest) berechnet (mixed ANOVA). Die Faktormittelwerte für Kurzzeitgedächtnis, Arbeitsgedächtnis, Verarbeitungskapazität und Bearbeitungsgeschwindigkeit befinden sich im Anhang C (Tabellen C11 und C12), die Ergebnisse der Levene-Tests zur Überprüfung der Varianzgleichheit können im Anhang K nachvollzogen werden. Verletzungen dieser Voraussetzung lagen bei manchen Faktoren vor, weshalb in der Diskussion auf diesen Punkt eingegangen wird. Varianzanalysen mit Wiederholungsmessung gelten zumindest als eher robust, weshalb die Interpretation der Ergebnisse dennoch zulässig ist.

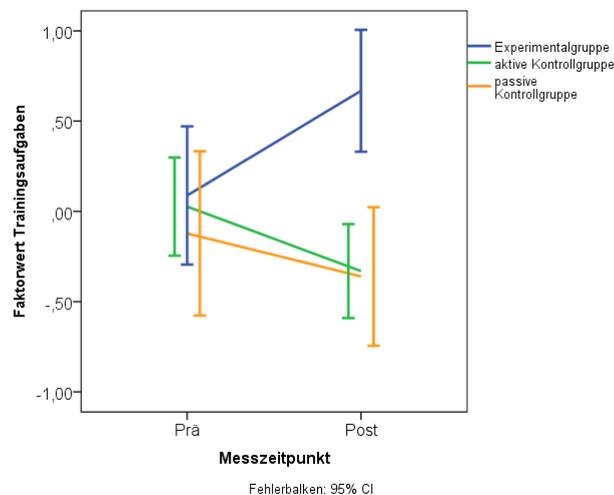
4a: WMC. Für den Trainingseffekt wurden in Prätest und Posttest Faktoren aus den vier Trainingsaufgaben gebildet (Faktorladungen im Anhang C, Tabelle C3). Es gab einen signifikanten Gruppeneffekt und einen starken Interaktionseffekt, welcher 33 Prozent der Varianz aufklärte (Tabelle 15).

Tabelle 67: ANOVA des Trainingseffekts für die Arbeitsgedächtniskapazität

Varianzquelle		QS	df	MQS	F	p	η^2
zwischen	Gruppe	13.68	2	6.84	4.24*	.017	.09
	Fehler	141.97	88	1.61			
innerhalb	Zeit	.00	1	.00	.01	.936	.00
	Gruppe*Zeit	8.01	2	4.01	21.57**	< .001	.33
	Fehler	16.34	88	.19			

Anmerkung. QS = Quadratsumme; MQS = mittlere Quadratsumme.

Post-hoc-Tests zeigten, dass sich die Trainingsgruppe von der passiven Kontrollgruppe unterschied ($p = .027$), nicht jedoch von der aktiven Kontrollgruppe ($p = .067$), obwohl das Fünf-Prozent-Signifikanzniveau nur gering verfehlt wurde. Die Kontrollgruppen untereinander unterschieden sich nicht voneinander ($p = 1.00$), was auch in Abbildung 22 nachvollzogen werden kann.

**Abbildung 22: Interaktionsdiagramm Trainingseffekt**

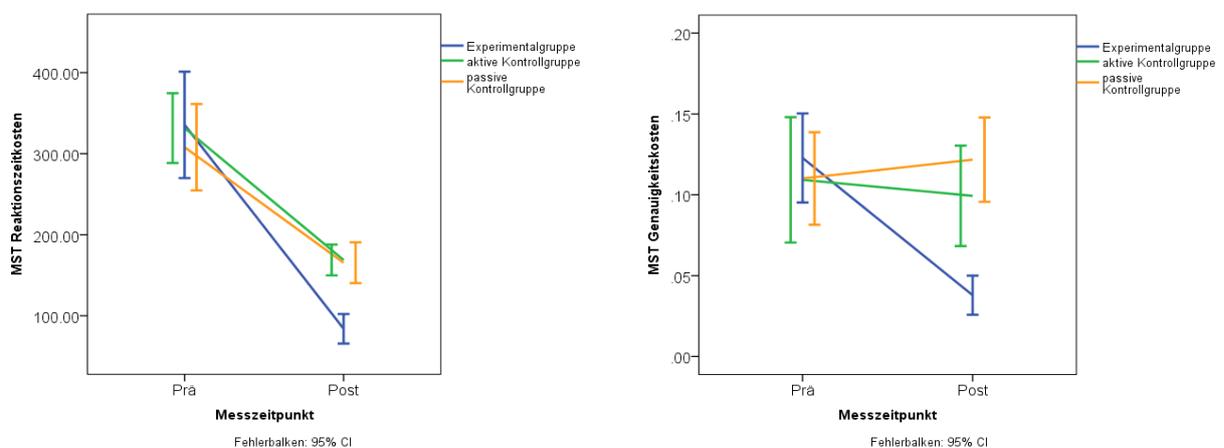
4b: Multiple Switching Task. Der Trainingseffekt der Multiple Switching Task wurde hinsichtlich der Switch-Kosten und des Switching-Verhältnisses betrachtet. Tabelle 16 gibt die gekürzten Ergebnisse der vier Varianzanalysen wieder, wobei sich das Switching-Verhältnis auf 89 Personen bezog, da die Wert einer Teilnehmerin aus der Experimentalgruppe und eines Teilnehmers aus der aktiven Kontrollgruppe deutlich vom Mittelwert der Gesamtstichprobe im Prätest abwichen und sie als Ausreißer die Gruppenmittelwerte verzerren würden (vgl. Abschnitt 10.1.4).

Tabelle 68: ANOVA des Trainingseffekts für die Multiple Switching Task (nur Haupt- und Interaktionseffekte)

		<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
RT costs	Zeit	175.89**	<.001	.67
	Gruppe	1.63	.201	.04
	Zeit*Gruppe	5.76**	.004	.12
Acc costs	Zeit	8.89**	.004	.09
	Gruppe	2.51	.087	.05
	Zeit*Gruppe	9.94**	<.001	.18
SwV mx	Zeit	191.03**	<.001	.69
	Gruppe	7.11**	.001	.14
	Zeit*Gruppe	16.05**	<.001	.27
SwV sg	Zeit	99.90**	<.001	.54
	Gruppe	3.29*	.042	.07
	Zeit*Gruppe	8.20**	.001	.16

Anmerkung. RT costs = Reaktionszeitkosten; Acc costs = Genauigkeitskosten; SwV mx = Switching-Verhältnis in gemischten Blöcken; SwV sg = Switching-Verhältnis in Einzelblöcke.

Den größten Teil der Varianz bei Reaktionszeitkosten und beiden Switching-Verhältnissenklärte der Haupteffekt Zeit auf. Zudem gab es mittlere Interaktionseffekte und geringe Gruppeneffekte in allen Leistungsparametern der Multiple Switching Task. Abbildung 23 zeigt die Interaktionsdiagramme der Reaktionszeit- und Genauigkeitskosten und Abbildung 24 stellt die Interaktionsdiagramme des Switching-Verhältnisses in gemischten und Einzelblöcken dar.

**Abbildung 23: Interaktionsdiagramme der Reaktionszeitkosten (links) und Genauigkeitskosten (rechts) der Multiple Switching Task**

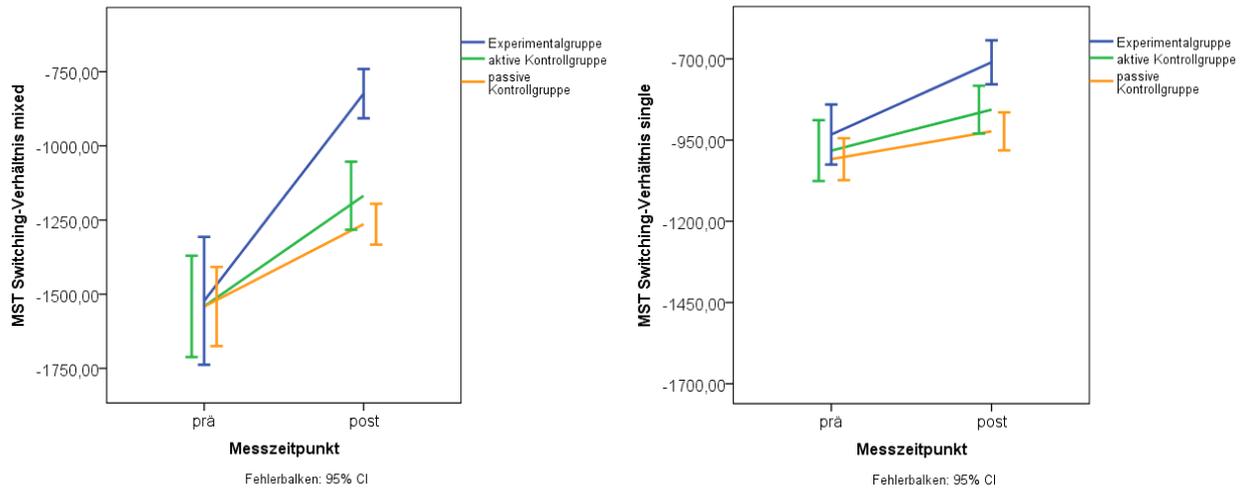


Abbildung 24: Interaktionsdiagramme des Switching-Verhältnisses in gemischten (links) und Einzelblöcken (rechts) der Multiple Switching Task

10.3.3 Hypothese 5 – Naher Transfer

5a: WMC. Für den nahen Transfer wurde ein Faktor mit den nicht trainierten Arbeitsgedächtnisaufgaben Swaps, Running Memory Span numerisch und Reading Span gebildet (Faktorladungen im Anhang C, Tabelle C4). Der Haupteffekt der Gruppe sowie der Interaktionseffekt waren in ähnlicher Höhe signifikant (Tabelle 17).

Tabelle 69: ANOVA des Transfereffekts für die Arbeitsgedächtniskapazität

	Varianzquelle	QS	df	MQS	F	p	η^2
zwischen	Gruppe	12.76	2	6.38	3.80*	.026	.08
	Fehler	147.71	88	1.68			
innerhalb	Zeit	.00	1	.00	.01	.926	.00
	Gruppe*Zeit	1.89	2	.94	4.71*	.011	.10
	Fehler	17.64	88	.20			

Anmerkung. QS = Quadratsumme; MQS = mittlere Quadratsumme.

Bei Betrachtung des Interaktionsdiagramms (Abbildung 25) fiel auf, dass die Trainingsgruppe sich im Prätest vor allem von der aktiven Kontrollgruppe abhob und sich dieser Abstand im Posttest nur gering vergrößerte (ähnlicher Anstieg). Der Post-hoc-Test gab ein Signifikanzniveau von $p = .072$ an. Die Differenz von Experimentalgruppe zur passiven Kontrollgruppe hingegen war im Posttest deutlich größer als im Prätest, was die signifikante Interaktion darstellte und sich auch in einem signifikanten Post-hoc-Gruppenvergleich mit $p = .048$ widerspiegelte. Zwei weiterer Varianzanalysen, in denen der Vergleich mit der Experimentalgruppe entweder nur mit akti-

ver oder nur mit passiver Kontrollgruppe vorgenommen wurde, bestätigten dies: Der Interaktionseffekt beruhte ausschließlich auf der Differenz zur passiven Kontrollgruppe. Die Effektstärke betrug in diesem Vergleich $\eta^2 = .12$, während ein alleiniger Kontrast zur aktiven Kontrollgruppe $\eta^2 = .01$ erzeugte. Wurde die Experimentalgruppe aus der Varianzanalyse ausgeschlossen, zeigte sich ein signifikanter Interaktionseffekt zugunsten der aktiven Kontrollgruppe ($F(1, 58) = 4.41$, $p = .040$, $\eta^2 = .07$).

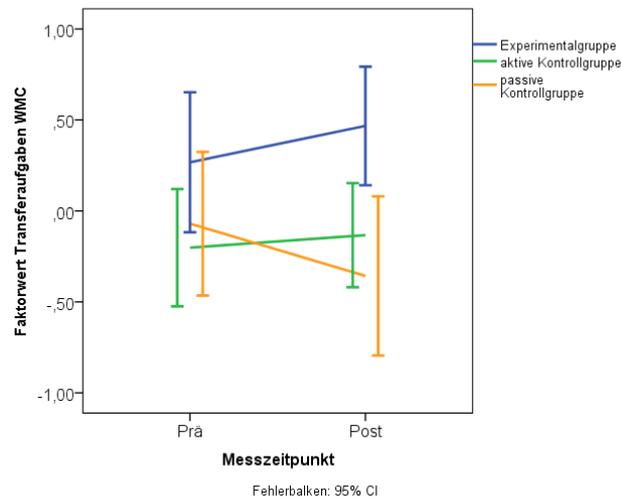


Abbildung 25: Interaktionsdiagramm Transfereffekt Arbeitsgedächtniskapazität

5b: Switching-Aufgaben. Neben den vier Arbeitsgedächtnisaufgaben wurde mit der Multiple Switching Task auch eine Switching-Aufgabe trainiert. Ob ein naher Transfer auf andere Switching-Aufgaben erfolgte, wurde mit zwei Varianzanalysen von Faktoren aus den Switch-Kosten (Reaktionszeit und Genauigkeit) und zwei Varianzanalysen von Faktoren aus dem Switching-Verhältnis (in gemischten und Einzelblöcken) der verbalen, numerischen und figuralen Switching-Aufgaben ermittelt (Tabelle 18). Es gab einen starken Interaktionseffekt der Reaktionszeitkosten.

Tabelle 70: ANOVA des Transfereffekts für die Switching-Fähigkeit (Switch-Kosten, nur Haupt- und Interaktionseffekte)

		<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
Reaktionszeitkosten	Zeit	3.66	.059	.04
	Gruppe	2.90	.060	.06
	Zeit*Gruppe	14.84**	< .001	.26
Genauigkeitskosten	Zeit	2.52	.116	.03
	Gruppe	2.54	.085	.06
	Zeit*Gruppe	.06	.940	.00

Die Interaktionsdiagramme (Abbildung 26) zeigten allerdings, dass sich bei den Reaktionszeitkosten zwar die aktive Kontrollgruppe leicht und die Experimentalgruppe etwas mehr verbessern konnte (hohe Kosten sind negativ zu bewerten), die passive Kontrollgruppe sich jedoch stark verschlechterte. Die Interaktion war somit womöglich weniger auf das Training zurückzuführen, als auf die Unterschiede im Prätest und die trainingsbedingte Umkehr der Reihenfolge der Gruppen.

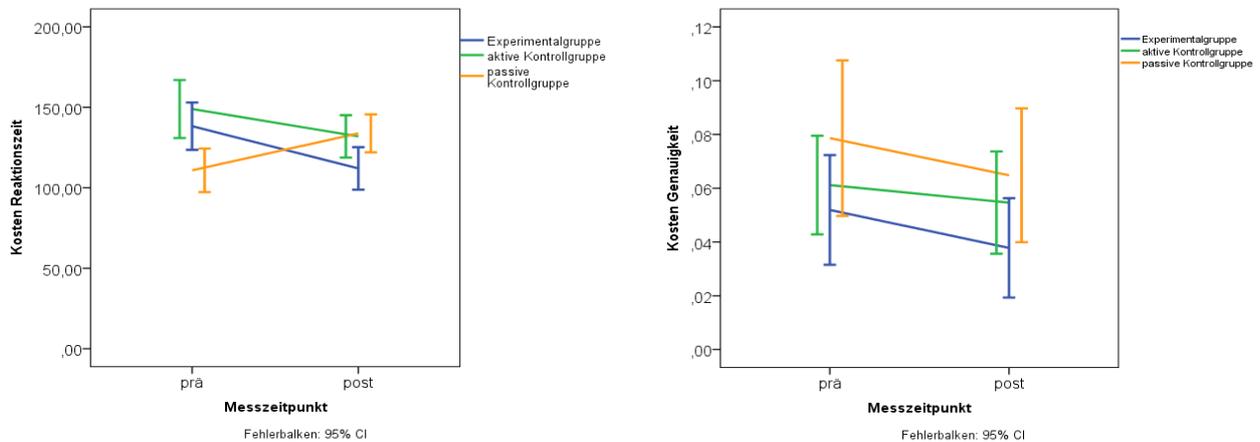


Abbildung 26: Interaktionsdiagramme der Reaktionszeitkosten (links) und Genauigkeitskosten (rechts) bei untrainierten Switching-Aufgaben

Nachdem die passive Kontrollgruppe aus der Analyse ausgeschlossen wurde, bestätigte sich dies: Der Interaktionseffekt verschwand ($F(1, 58) = .12, p = .728$) und auch der Gruppeneffekt sank deutlich ($F(1, 58) = 1.82, p = .183$). Bei den Genauigkeitskosten zeigte die Experimentalgruppe einen moderaten Abfall der Kosten, während sich die Kontrollgruppen kaum veränderten. Damit wurden im Prätest bestehende Unterschiede noch vergrößert und führten zu einem signifikanten Gruppeneffekt.

Für das Switching-Verhältnis beruhten die Analysen auf 89 Personen (vgl. Abschnitt 10.1.4). Es gab jeweils einen starken Zeiteffekt, welcher annähernd die Hälfte der Varianz erklären konnte. Darüber hinaus zeigte sich ein signifikanter Interaktionseffekt in den gemischten Blöcken, der auf einen nahen Transfer hinweisen könnte (Tabelle 19). Da jedoch kein Post-hoc-Test bedeutsame Unterschiede aufzeigte, wurde – wie auch beim nahen Transfer auf untrainierte Arbeitsgedächtnisaufgaben – mittels zwei weiterer Varianzanalysen die Herkunft des Interaktionseffekts überprüft. Es zeigte sich erneut, dass der Effekt vor allem auf den Vergleich zwischen Experimentalgruppe und passiver Kontrollgruppe zurückging ($\eta^2 = .16$), während der Interaktionseffekt allein für die aktive Kontrollgruppe geringer war ($\eta^2 = .05$).

Tabelle 71: ANOVA des Transfereffekts für die Switching-Fähigkeit (Switching-Verhältnis, nur Haupt- und Interaktionseffekte)

		<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
SwV mx	Zeit	95.96**	<.000	.53
	Gruppe	2.33	.103	.05
	Zeit*Gruppe	4.76*	.011	.10
SwV sg	Zeit	78.92**	<.001	.48
	Gruppe	1.43	.245	.03
	Zeit*Gruppe	.54	.585	.01

Anmerkung. *N* = 89. SwV mx = Switching-Verhältnis in gemischten Blöcken; SwV sg = Switching-Verhältnis in Einzelblöcken.

Anhand des Interaktionsdiagramms kann nachvollzogen werden, dass die aktive Kontrollgruppe und die Experimentalgruppe einen sehr ähnlichen Anstieg hatten und die Differenz im Posttest nicht viel größer war als im Prätest (Abbildung 27).

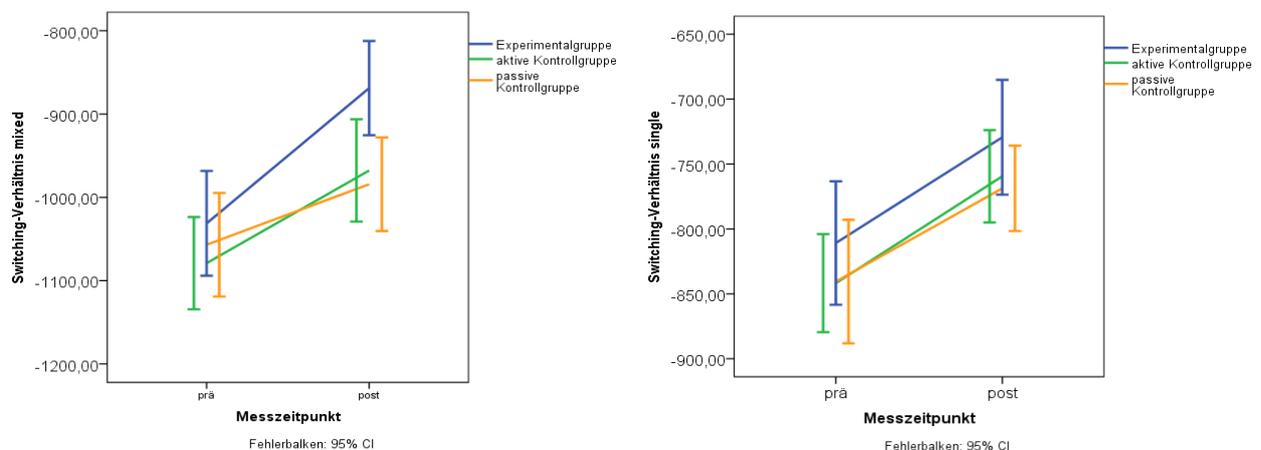


Abbildung 27: Interaktionsdiagramme des Switching-Verhältnisses in gemischten Blöcken (links) und Einzelblöcken (rechts) bei untrainierten Switching-Aufgaben

10.3.4 Hypothese 6 – Transfer zu Kurzzeitgedächtnis

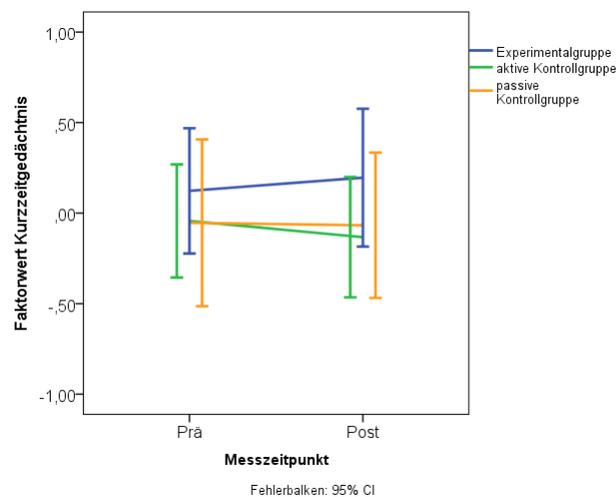
Beim Kurzzeitgedächtnis fiel vor allem die große Streuung auf, die beispielsweise in der passiven Kontrollgruppe über einer Standardabweichung betrug (Anhang C, Tabelle C11). Da die Faktorenbildung über alle Gruppen hinweg erfolgte, konnten einzelne Gruppen größere Werte erzielen als die gesamte Stichprobe, bei welcher (wie für *z*-Werte üblich) der Mittelwert 0 und die Standardabweichung 1 betrug. Tabelle 20 gibt die Ergebnisse der Varianzanalyse wieder.

Tabelle 72: ANOVA Kurzzeitgedächtnis

Varianzquelle		QS	df	MQS	F	p	η^2
zwischen	Gruppe	2.26	2	1.13	.68	.511	.02
	Fehler	146.38	88	1.66			
innerhalb	Zeit	.01	1	.01	.01	.999	.00
	Gruppe*Zeit	.21	2	.10	.29	.747	.01
	Fehler	31.28	88	.36			

Anmerkung. QS = Quadratsumme; MQS = mittlere Quadratsumme.

Der Interaktionseffekt war nicht signifikant, obwohl sich die Experimentalgruppe im Posttest leicht verbesserte, während die Kontrollgruppen konstant blieben bzw. sich verschlechterten (Abbildung 28). Die große Varianz führte jedoch dazu, dass sich diese unterschiedlichen Verläufe nicht von Zufallsschwankungen abhoben.

**Abbildung 28: Interaktionsdiagramm Kurzzeitgedächtnis**

Da Transfer zunächst einen ausreichenden Trainingserfolg voraussetzt, wurde die Experimentalgruppe entlang des mittleren Trainingsgewinns in den vier Arbeitsgedächtnisaufgaben geteilt. Die Gruppengrößen waren mit 16 und 15 Senioren (niedrige und hohe Gewinner) sehr gering, aber sie erlaubten zumindest das Erkennen eines Trends. Eine erneute Varianzanalyse mit diesen zwei Gruppen zeigte, dass sich die Trainingsgewinner um annähernd eine halbe Standardabweichung in ihrer Kurzzeitgedächtniskapazität verbesserten, während Personen mit weniger Trainingszuwachs sogar leichte Verschlechterungen aufwiesen (Abbildung 29). Der Interaktionseffekt war signifikant ($F(1, 29) = 4.55$, $p = .040$, $\eta^2 = .14$). Diese Art der Auswertung zeigte bei keinen der anderen Kriterien unterschiedliche Verläufe auf, selbst beim nahen Transfer nicht.

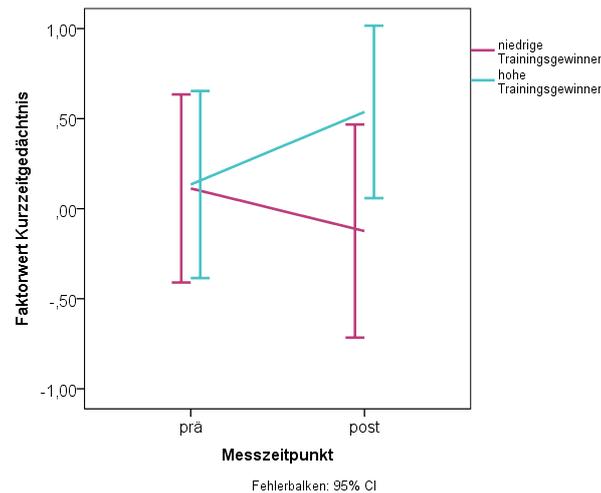


Abbildung 29: Interaktionsdiagramm Kurzzeitgedächtnis mit Gruppenteilung nach Trainingsgewinn

10.3.5 Hypothese 7 – Transfer zu Bearbeitungsgeschwindigkeit

Der Faktor Bearbeitungsgeschwindigkeit, bestehend aus den BIS-Aufgaben Wörter klassifizieren, Sieben teilbar und Old English, blieb ebenfalls unbeeinflusst durch das Training (Tabelle 21).

Tabelle 73: ANOVA Bearbeitungsgeschwindigkeit

Varianzquelle		QS	df	MQS	F	p	η^2
zwischen	Gruppe	3.41	2	1.71	1.68	.192	.04
	Fehler	89.21	88	1.01			
innerhalb	Zeit	.02	1	.02	.23	.631	.00
	Gruppe*Zeit	.12	2	.06	.79	.458	.02
	Fehler	6.60	88	.08			

Anmerkung. QS = Quadratsumme; MQS = mittlere Quadratsumme.

Die etwas größere Differenz zwischen Experimentalgruppe sowie passiver Kontrollgruppe zur aktiven Kontrollgruppe veränderte sich von Prätest zu Posttest kaum (Abbildung 30). Auch für die Simple Reaction Time, dem reaktionszeitgebundenen Maß für die Bearbeitungsgeschwindigkeit, zeigte sich kein Interaktionseffekt ($F(2, 88) = .06, p = .941, \eta^2 = .00$). Stattdessen verringerten sich die mittleren Reaktionszeiten der drei Gruppen parallel zueinander, was zu einem bedeutsamen Haupteffekt der Zeit führte ($F(1, 88) = 53.15, p < .001, \eta^2 = .38$). Die passive Kontrollgruppe wich dabei konstant stärker mit höheren Reaktionszeiten von den anderen Gruppen ab (siehe Anhang B, Tabelle B7) und erzeugte damit einen signifikanten Haupteffekt der Gruppe ($F(2, 88) = 3.36, p = .039, \eta^2 = .07$).

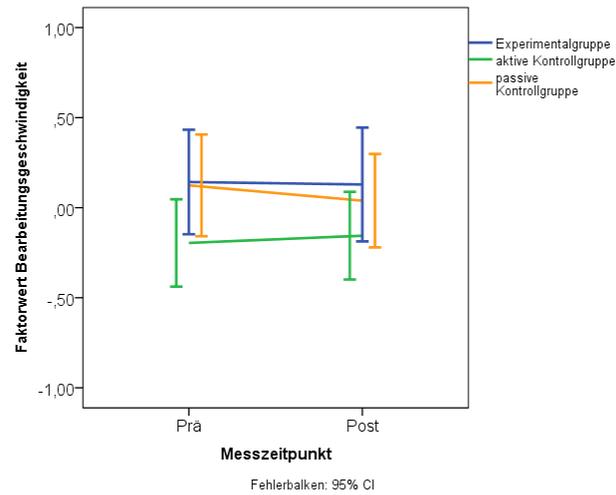


Abbildung 30: Interaktionsdiagramm Bearbeitungsgeschwindigkeit

10.3.6 Hypothese 8 – Transfer zu Reasoning

Die Aufgaben Wortanalogien, Zahlenreihen und Analogien aus dem BIS bildeten zusammen den Faktor Verarbeitungskapazität (Reasoning). Die Varianzanalyse ergab keine bedeutsamen Befunde, das Training zeigte somit keinen Einfluss auf die Reasoning-Fähigkeit (Tabelle 22), trotzdem sich Arbeitsgedächtniskapazität und Reasoning-Fähigkeit etwa ein Drittel ihrer Varianz teilen.

Tabelle 74: ANOVA Verarbeitungskapazität

Varianzquelle		QS	df	MQS	F	p	η^2
zwischen	Gruppe	2.59	2	1.30	1.11	.333	.03
	Fehler	102.62	88	1.17			
innerhalb	Zeit	.02	1	.02	.19	.664	.00
	Gruppe*Zeit	.35	2	.17	1.54	.221	.03
	Fehler	9.96	88	.11			

Anmerkung. QS = Quadratsumme; MQS = mittlere Quadratsumme.

Das Interaktionsdiagramm in Abbildung 31 zeigt zudem, dass sich die Gruppen im Posttest etwas annäherten, indem sich die Experimentalgruppe und die passive Kontrollgruppe leicht verschlechterten und sich die aktive Kontrollgruppe verbesserte.

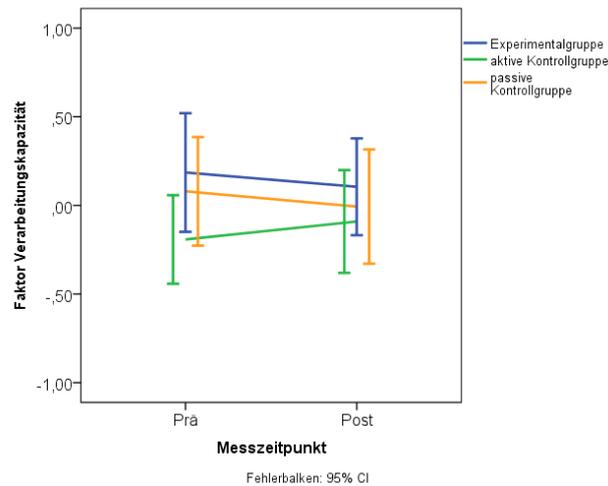


Abbildung 31: Interaktionsdiagramm Verarbeitungskapazität

10.3.7 Hypothese 9 – Transfer zu Alltagsfehlern

eKFA. Die via Smartphones erhobenen Werte des eKFA dienten der Untersuchung eines potenziellen Alltagstransfers. Es gab keine Veränderung in den Kontrollgruppen und einen sehr leichten Abfall der Fehlerhäufigkeit in der Experimentalgruppe, der jedoch nicht bedeutsam war (Tabelle 23).

Tabelle 75: ANOVA eKFA

Varianzquelle		QS	df	MQS	F	p	η^2
zwischen	Gruppe	.28	2	.14	3.06	.052	.07
	Fehler	4.15	88	.05			
innerhalb	Zeit	.01	1	.01	1.56	.215	.02
	Gruppe*Zeit	.02	2	.01	1.14	.326	.03
	Fehler	.57	88	.01			

Anmerkung. QS = Quadratsumme; MQS = mittlere Quadratsumme.

Experimentalgruppe und passive Kontrollgruppe unterschieden sich annähernd um eine Standardabweichung, weshalb der Gruppeneffekt mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p = .052$ stark ausgeprägt war. Da diese Differenz jedoch in Prätest und Posttest unverändert blieb, ließ sich schließen, dass das Arbeitsgedächtnistraining keinerlei Einfluss auf kognitive Fehler im Alltag hatte. Das Interaktionsdiagramm ist in Abbildung 32 (links) dargestellt.

Die Varianzanalyse mit der Kurzversion des eKFA führte zu annähernd identischen Ergebnissen mit Effektstärken von $\eta^2 = .02$ für den Haupteffekt Zeit sowie den Interaktionseffekt und $\eta^2 = .05$ für den Haupteffekt Gruppe.

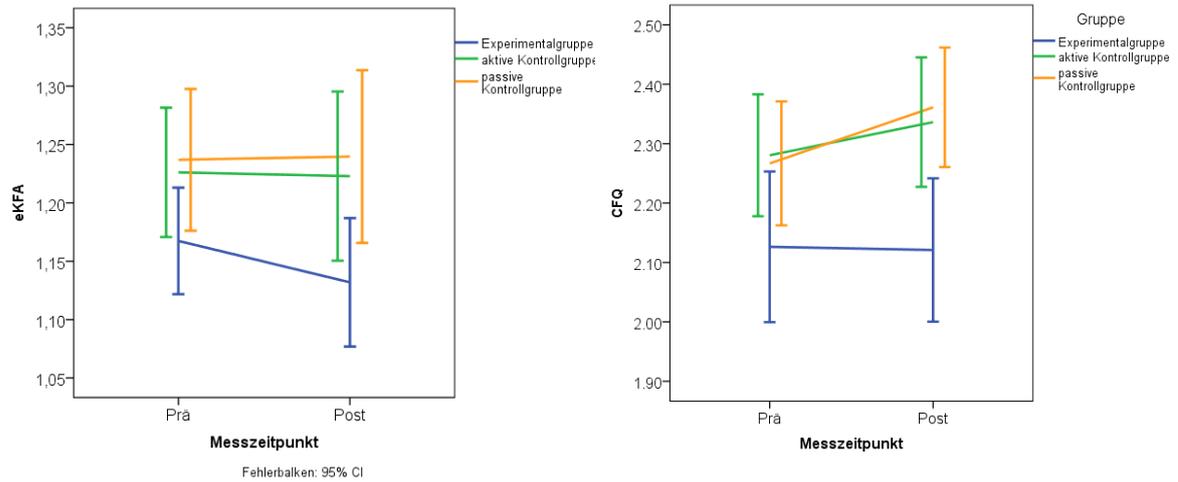


Abbildung 32: Interaktionsdiagramme eKFA (links) und CFQ (rechts)

CFQ. Auch im CFQ-Wert unterschied sich trotz Randomisierung die Experimentalgruppe von den Kontrollgruppen im Prätest. Es gab einen signifikanten Haupteffekt der Gruppe sowie der Zeit (Tabelle 24).

Tabelle 76: ANOVA CFQ

Varianzquelle		QS	df	MQS	F	p	η^2
zwischen	Gruppe	1.44	2	.72	4.68*	.012	.10
	Fehler	13.54	88	.15			
innerhalb	Zeit	.12	1	.12	5.36*	.023	.06
	Gruppe*Zeit	.08	2	.04	1.76	.178	.04
	Fehler	1.98	88	.02			

Anmerkung. QS = Quadratsumme; MQS = mittlere Quadratsumme.

Der Gruppeneffekt spiegelte sich in den Post-hoc-Tests wider (EG – aKG: $p = .029$ und EG – pKG: $p = .030$), der Effekt des Messzeitpunkts zeigte sich in der annähernd synchronen Erhöhung des CFQ-Werts bei den Kontrollgruppen. Während die Kontrollgruppen im Posttest mehr retrospektive Fehlleistungen berichteten, blieb der Wert der Experimentalgruppe hingegen unverändert (Abbildung 32, rechts).

10.4 Korrelative Analysen

10.4.1 Zusammenhangsbefunde

Nun folgen die Korrelationen der Faktoren, welche aus mindestens drei Indikatoren gebildet wurden (zur Faktorenbildung siehe Anhang C und Anhang J). Von den Switch-Kosten abgesehen zeigt Tabelle 25 hohe Zusammenhänge zwischen den Variablen und auch die Retest-Reliabilitäten (Korrelation zwischen Prä- und Posttest in der Diagonalen von Tabelle 25) waren mit Ausnahme der Switch-Kosten zufriedenstellend.

Tabelle 77: Zusammenhänge der Konstrukte in Prätest und Posttest

	WMC	Gf	KZG	Speed	RT costs	Acc costs	SwV mx ^a	SwV sg ^a
WMC	.84	.58** ($< .001$)	.73** ($< .001$)	.37** ($< .001$)	-.15 (.161)	-.33** (.001)	.62** ($< .001$)	.54** ($< .001$)
Gf	.58** ($< .001$)	.82	.54** ($< .001$)	.29** (.006)	-.22* (.035)	-.19 (.074)	.41** ($< .001$)	.31** (.003)
KZG	.71** ($< .001$)	.52** ($< .001$)	.65	.31** (.003)	-.09 (.418)	-.26* (.014)	.45** ($< .001$)	.40** ($< .001$)
Speed	.36** ($< .001$)	.23* (.026)	.19 (.066)	.87	-.27** (.008)	-.07 (.518)	.45** ($< .001$)	.40** ($< .001$)
RT costs	-.26* (.015)	.00 (.997)	-.14 (.182)	-.08 (.459)	.46	.17 (.110)	-.57** ($< .001$)	-.19 (.082)
Acc costs	-.55** ($< .001$)	-.26* (.014)	-.38** ($< .001$)	-.25* (.017)	.36** ($< .001$)	.26 ($< .001$)	-.45** ($< .001$)	-.05 (.642)
SwV	.71** ($< .001$)	.38** ($< .001$)	.50** ($< .001$)	.46** ($< .001$)	-.50** ($< .001$)	-.68** ($< .001$)	.72	.84** ($< .001$)
mx ^a	($< .001$)	($< .001$)	($< .001$)	($< .001$)	($< .001$)	($< .001$)	.72	($< .001$)
SwV	.65** ($< .001$)	.38** ($< .001$)	.43** ($< .001$)	.50** ($< .001$)	-.20 (.067)	-.34** (.001)	.88** ($< .001$)	.74
sg ^a	($< .001$)	($< .001$)	($< .001$)	($< .001$)	(.067)	(.001)	($< .001$)	.74

Anmerkung. $N = 91$. Prätest oberhalb, Posttest unterhalb. Signifikanzniveau in Klammern. In der Diagonalen befinden sich die Retest-Reliabilitäten. WMC = Arbeitsgedächtniskapazität; Gf = Reasoning; KZG = Kurzzeitgedächtnis; RT costs = Reaktionszeitkosten; Acc costs = Genauigkeitskosten; SwV mx = Switching-Verhältnis in gemischten Blöcken; SwV sg = Switching-Verhältnis in Einzelblöcken. ^a $N = 89$.

Aufgrund des experimentellen Designs veränderten sich die Werte bei einigen Teilnehmern, so dass der Zusammenschluss aller Gruppen im Posttest unzulässig sein könnte. Die Veränderungen waren allerdings nicht sehr groß und das Korrelationsmuster zeigte kaum Veränderungen in Prätest und Posttest.

Trotz der eingeschränkten Altersvarianz auf eine Spanne von 60 bis 76 gab es geringe bis mittlere Korrelationen des Alters mit der Arbeitsgedächtniskapazität ($r = -.30$, $p = .004$), dem Switching-Verhältnis in gemischten Blöcken ($r = -.25$, $p = .019$) sowie den Reaktionszeitkosten ($r = .21$, $p = .043$) im Prätest. Die Alterskorrelation des Switching-Verhältnisses wurde vollständig durch die Interkorrelation der Variablen erklärt und verschwand nach Herausparsialisierung der Arbeitsgedächtniskapazität. Die Partialkorrelation des Alters mit den Reaktionszeitkosten betrug $pr = .18$ und wurde somit nicht durch den Zusammenhang mit der Arbeitsgedächtniskapa-

zität vermittelt. Im Posttest stiegen diese Koeffizienten leicht und es kamen Alterszusammenhänge mit den Genauigkeitskosten und dem Switching-Verhältnis in Einzelblöcken im mittleren Bereich hinzu. Arbeitsgedächtnis ($r = .26, p = .012$), Reasoning ($r = .29, p = .005$), Bearbeitungsgeschwindigkeit ($r = .22, p = .039$) sowie Kurzzeitgedächtnis ($r = .44, p < .000$) hingen mit den Bildungsjahren im Prätest zusammen. Während die Bildungsabhängigkeit im Posttest für Reasoning und Kurzzeitgedächtnis sank, stieg sie beim Arbeitsgedächtnis, den Genauigkeitskosten und dem gemischten Switching-Verhältnis an. Sämtliche Zusammenhänge zwischen den beschriebenen Faktoren und Alter, Bildung sowie Geschlecht befinden sich im Anhang D (Tabelle D10 und D11).

Da das Geschlecht mittlere Korrelationen mit Arbeitsgedächtnis, Kurzzeitgedächtnis, Reasoning und Switching-Verhältnis aufwies, wurden Unterschiedstests für unabhängige Stichproben berechnet. Tatsächlich gab es bedeutsame Unterschiede in diesen Variablen, welche ausschließlich zu Gunsten der Männer ausfielen (Tabelle 26).

Tabelle 78: Unterschiedstests für unabhängige Stichproben für das Geschlecht

	Unterschied $t(p)$	
	prä	post
WMC	2.42* (.018)	2.10* (.038)
Gf	2.89** (.005)	2.36* (.021)
KZG	2.24* (.028)	1.27 (.208)
SwV mx	2.74** (.008)	1.61 (.111)
SwV sg	2.20* (.031)	2.04* (.044)

Anmerkung. $N1 = 41$ (m), $N2 = 50$ (w). WMC = Arbeitsgedächtniskapazität; Gf = Reasoning; KZG = Kurzzeitgedächtnis; SwV mx = Switching-Verhältnis in gemischten Blöcken; SwV sg = Switching-Verhältnis in Einzelblöcken.

10.4.2 Speed-Hypothese

Die Speed-Hypothese von Salthouse (1996) geht davon aus, dass sämtliche Zusammenhänge zwischen kognitiven Fähigkeiten und dem Alter über die Bearbeitungsgeschwindigkeit moderiert werden. Um dies zu prüfen, wurde eine multiple Regression durchgeführt, in der die Arbeitsgedächtniskapazität als Kriterium und Alter, Bearbeitungsgeschwindigkeit (gemessen mit drei BIS-Aufgaben) sowie die einfache Reaktionszeit (SRT) als Prädiktoren eingingen (Tabelle 27). Alter und die Maße zur Geschwindigkeit korrelierten nur gering (Bearbeitungsgeschwindigkeit: $r = -.17, p = .106$; SRT: $r = .08, p = .435$) und letztere interkorrelierten mittel ($r = -.35, p = .001$). Die Bearbeitungsgeschwindigkeit und die einfache Reaktionszeit teilten sich somit lediglich zwölf Prozent ihrer Varianz ($[-.35]^2$).

Tabelle 79: Regression von Arbeitsgedächtniskapazität auf Alter, Bearbeitungsgeschwindigkeit und einfache Reaktionszeit

	<i>Beta</i>	<i>T</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>pr</i>	<i>sr</i>
Alter	-.24	-2.69	.009	-.30	-.28	-.23
Speed	.19	2.00	.049	.37	.21	.17
SRT	-.42	-4.52	<.001	-.50	-.44	-.39

Anmerkung. $N = 91$. Speed = Bearbeitungsgeschwindigkeit (BIS); SRT = Simple Reaction Time; r = Korrelation nullter Ordnung; pr = Partialkorrelation; sr = Semipartialkorrelation.

Nach Herausparsialisierung der Geschwindigkeit blieben noch acht Prozent ($pr^2 = [-.28]^2 = .08$, von zuvor $r^2 = 9\%$) der Varianz, die das Alter an der Arbeitsgedächtniskapazität aufklärte. Die geringe Differenz zwischen Korrelation nullter Ordnung und der Partialkorrelation zeigt, dass es hier kaum einen Moderatoreffekt gab.

Nun erfolgte diese Analyse für das Switching-Verhältnis in gemischten Blöcken, welches ebenfalls eine mittlere Alterskorrelation aufzeigte. Die Prädiktoren blieben gleich, nur das Kriterium änderte sich (Tabelle 28).

Tabelle 80: Regression von Switching-Verhältnis mixed auf Alter, Bearbeitungsgeschwindigkeit und einfache Reaktionszeit

	<i>Beta</i>	<i>T</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>pr</i>	<i>sr</i>
Alter	-.15	-1.79	.078	-.24	-.18	-.15
Speed	.37	4.09	<.001	.52	.40	.34
SRT	-.34	-3.83	<.001	-.48	-.38	-.32

Anmerkung. $N = 91$. Speed = Bearbeitungsgeschwindigkeit (BIS); SRT = Simple Reaction Time; r = Korrelation nullter Ordnung; pr = Partialkorrelation; sr = Semipartialkorrelation.

Der Zusammenhang zwischen dem Alter und dem Switching-Verhältnis sank etwas stärker als die des Arbeitsgedächtnisses, nachdem die Geschwindigkeitsvariablen konstant gehalten wurden, lediglich drei Prozent ($pr^2 = [-.18]^2 = .03$, von zuvor $r^2 = 6\%$) konnten allein durch das Alter aufgeklärt werden.

Da die Bearbeitungsgeschwindigkeit mit Reasoning ($r = .29$, $p = .006$) und der Arbeitsgedächtniskapazität ($r = .37$, $p = <.001$) zusammenhing, wurde überprüft, ob der Zusammenhang zwischen letzteren ($r = .58$, $p = <.001$) eventuell zu großen Teilen auf die Bearbeitungsgeschwindigkeit zurückzuführen war. Hierzu wurde eine multiple Regression mit Reasoning als Kriterium und den Prädiktoren Arbeitsgedächtniskapazität und Speed (BIS) durchgeführt. Die Partialkorrelation der Arbeitsgedächtniskapazität betrug $pr = .53$ und veränderte sich somit kaum im Vergleich zur Korrelation nullter Ordnung, während die Partialkorrelation der Geschwindig-

keit $pr = .10$ betrug. Hier scheint der Zusammenhang zwischen Arbeitsgedächtnis und Speed den Zusammenhang zwischen Reasoning und Speed moderiert zu haben und nicht umgekehrt.

10.4.3 Vorhersage von Reasoning

Des Weiteren war die Frage relevant, welcher Aspekt des Arbeitsgedächtnisses für den Zusammenhang mit der Verarbeitungskapazität ($r = .58$) verantwortlich ist. Eine multiple Regression mit Arbeitsgedächtnis und Kurzzeitgedächtnis als Prädiktoren zeigte, dass die Partialkorrelation des Arbeitsgedächtnisses $pr = .35$ betrug (Semipartialkorrelation: $.29$) und die des Kurzzeitgedächtnisses $pr = .27$ ($sr = .22$). Dies entsprach nicht dem Wert von $.49$, den Engle und Kollegen (1999b) angaben. Eine Ursache hierfür könnte darin liegen, dass die Autoren nur komplexe Spannenaufgaben und keine Updating-Aufgaben verwendeten, weshalb eine Teilung des Arbeitsgedächtnisfaktors in komplexe Spannenaufgaben (CST: Reading Span, Operation Span, Dot Span) und Updating-Aufgaben (Memory Updating numerisch, Swaps, Running Memory Span numerisch, Running Memory Span figural) erfolgte. Eine erneute Regression zeigte nun jedoch, dass das Kurzzeitgedächtnis sogar einen größeren Einfluss auf Reasoning hatte ($pr = .35$) als der Faktor aus komplexen Spannenaufgaben ($pr = .21$). Flossen komplexe Spannenaufgaben und Updating-Aufgaben in eine gemeinsame Regression zur Erklärung von Reasoning ein, stellte sich heraus, dass der Updatingfaktor stärker zur Erklärung des Reasonings beitrug ($pr = .36$) als komplexe Spannenaufgaben ($pr = .20$). Daher wurden nun Updating und Kurzzeitgedächtnis in die Regression aufgenommen, was einen gleichrangigen Einfluss zeigte (Updating: $.30$, Kurzzeitgedächtnis: $.28$).

10.4.4 Operationsfaktoren

Wie eben durchgeführt, ermöglicht eine Aufteilung in die Faktoren komplexe Spannenaufgaben (RS, OS, DS) und Updating (MUN, Swaps, RMSn, RMSf) eine Untersuchung der verschiedenen Aufgabentypen mit entsprechender Operation des Arbeitsgedächtnisses: Speichern und Verarbeiten zum einen und Aktualisieren von Informationen zum anderen. Die Interkorrelation betrug $r = .65$ ($p < .001$). Die komplexen Spannenaufgaben wiesen höhere Korrelationskoeffizienten mit Kurzzeitgedächtnis, Bearbeitungsgeschwindigkeit, Switching-Kosten und Switching-Verhältnis auf als die Updating-Aufgaben (siehe Anhang D, Tabelle D12). Die Differenzen erreichten jedoch nach Fishers- z -Transformation kein signifikantes Niveau: bei den Genauigkeitskosten, welche die größte Differenz hatten ($r = -.36$ wird zu $z' = .38$ und $r = -.21$ wird zu $z' = .21$), betrug die Irrtumswahrscheinlichkeit beispielsweise $\phi(1.09) = .138$. Auch bei den kognitiven Fehlleistungen gab es Unterschiede in der Höhe des Zusammenhangs. Während die Kurzversion des eKFA

und auch der CFQ tendenziell mit den komplexen Spannaufgaben korrelierten, teilten sich diese kaum Varianz mit den Updating-Aufgaben. Die größte, jedoch nicht signifikante Differenz ($\phi(1.15) = .125$) bestand hier beim CFQ ($-.21$ vs. $-.04$). Bei geringen Korrelationen sind die Abstände weniger relevant, d. h. dieselbe Differenz wäre im höheren Bereich (z. B. bei $.81$ und $.64$) bereits signifikant.

10.4.5 Inhaltsfaktoren

Eine exploratorische Faktorenanalyse der Aufgaben zum Arbeits- und Kurzzeitgedächtnis sollte entsprechend der unterschiedlichen Konstrukte zu zwei Faktoren führen. Tatsächlich konnten zwei Faktoren extrahiert werden, jedoch luden die Aufgaben nicht auf ihren jeweiligen Faktoren Arbeitsgedächtnis und Kurzzeitgedächtnis, sondern bildeten einen verbal-numerischen und einen figuralen Inhaltfaktor (siehe Anhang C, Tabelle C8). Dieses Muster war im Posttest deutlicher, da im Prätest bei der Dot Span größere Verständnisprobleme auftraten und die Reliabilitäten bei den Running Memory Spans geringer ausfielen. Der zweite Faktor wurde vor allem durch das figurale Kurzzeitgedächtnis, die figurale Running Memory Span sowie die Dot Span bestimmt. Beide Faktoren korrelierten zu beiden Messzeitpunkten zu $r = .39$ ($p < .001$). Tabelle 29 zeigt das Korrelationsmuster der Faktoren mit Reasoning, Bearbeitungsgeschwindigkeit, Switching-Kosten, Switching-Verhältnis, Alter und Bildungsjahren.

Tabelle 81: Korrelation des verbal-numerischen und figuralen Faktors mit den kognitiven Fähigkeiten

	Gf	Speed	RT costs	Acc costs	SwV mx	SwV sg	Alter	Bildung
vn	.50** ($<.001$)	.26* (.014)	-.13 (.210)	-.24* (.021)	.53** ($<.001$)	.45** ($<.001$)	-.23* (.026)	.26* (.012)
fig	.52** ($<.001$)	.31** (.002)	-.23* (.026)	-.14 (.181)	.46** ($<.001$)	.40** ($<.001$)	-.29** (.006)	.28** (.007)

Anmerkung. $N = 91$. Signifikanzniveau in Klammern. vn = verbal-numerisch; fig = figural; Gf = Reasoning; RT costs = Reaktionszeitkosten; Acc costs = Genauigkeitskosten; SwV mx = Switching-Verhältnis in gemischten Blöcken; SwV sg = Switching-Verhältnis in Einzelblöcken.

Es gab kaum Unterschiede im Korrelationsmuster. Nun sollte der Zusammenhang beider Faktoren mit den Fehlleistungen (eKFA, eKFA kurz und CFQ) betrachtet werden, wobei sich Differenzen zeigten (siehe Anhang D, Tabellen D8). Der verbal-numerische Faktor hing etwas stärker mit den Fehlleistungen zusammen als der figurale Faktor, was sich vor allem beim eKFA zeigte (Faktor vn: $r = -.17$, $p = .108$; Faktor fig: $r = -.05$, $p = .631$). Beide Koeffizienten waren allerdings nicht signifikant. Der CFQ korrelierte demgegenüber deutlich stärker mit dem verbal-

numerischen Faktor ($r = -.45$, $p = .001$) als mit dem figuralen Faktor ($r = -.27$, $p = .068$). Eine erneute Aufteilung in jüngere und ältere Teilnehmer vergrößerte die Unterschiede zwischen den Faktoren in der Höhe der Korrelationskoeffizienten, jedoch nur in der jüngeren Gruppe (siehe Anhang D, Tabellen D9). In der älteren Gruppe ergaben sich Nullkorrelationen.

Nicht nur die kognitive Struktur unterschied sich in den Altersgruppen, auch der Zusammenhang zwischen Fehlleistungen und Neurotizismus war stark unterschiedlich, sowohl beim CFQ als auch beim eKFA (Tabelle 30).

Tabelle 82: Zusammenhang von Fehlleistungen und Neurotizismus in den verschiedenen Altersgruppen

	Jüngere Gruppe	Ältere Gruppe
eKFA - Neurotizismus	.36* (.011)	.10 (.534)
eKFA-kurz - Neurotizismus ^a	.43** (.002)	.18 (.259)
CFQ - Neurotizismus	.25 (.087)	.17 (.279)

Anmerkung. Jüngere Gruppe = 60-68 Jahre, $N = 48$. Ältere Gruppe = 68-76 Jahre, $N = 43$. Signifikanzniveau in Klammern. ^aRangkorrelationen.

Der Zusammenhang zwischen eKFA (mit 13 Items und auch mit 5 Items) und CFQ fiel in der jüngeren Gruppe deutlich geringer aus ($r = .26$ bzw. $r = .20$ mit der Kurzversion) als in der älteren Gruppe ($r = .44$ bzw. $r = .50$ mit der Kurzversion). Beide Gruppen unterschieden sich nicht in ihrer mittleren Ausprägung von Neurotizismus und Fehlleistungen.

10.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die vorgestellten Befunde bezogen sich zum einen auf verschiedene Merkmale des eKFA und zum anderen auf die trainingsbezogenen Effekte. Darüber hinaus erfolgten korrelative Analysen zur vertiefenden Betrachtung des Arbeitsgedächtnisses.

Zentrale Tendenz und Streuung der Items des eKFA waren eher gering. Die Items wiesen mittlere bis hohe Trennschärfen auf (vgl. Fisseni, 1997) und interkorrelierten in ähnlicher Höhe. Die Compliance war in allen Gruppen zu beiden Messzeitpunkten zufriedenstellend. Faktorenanalytisch wurde die Bildung eines Gesamtwerts gestützt, welcher mit seiner Reliabilität überzeugte. Die Validitätsbefunde waren dagegen ungenügend, da der eKFA in mittlerer Höhe mit dem CFQ und nur gering mit Arbeitsgedächtniskapazität, Reasoning sowie Switching-Fähigkeit zusammenhing. Nachdem eine Fünf-Item-Kurzversion auf der Grundlage von Aufmerksamkeitsfehlern gebildet wurde, verbesserte sich die konvergente Validität deutlich. Es zeigten sich zudem differenzierte Korrelationsmuster zwischen dem eKFA und einer am Altersmedian geteilten jüngeren und älteren Gruppe, wobei die Koeffizienten in der jüngeren Gruppe stets höher und in

der älteren Gruppe nahe Null waren. Der Vergleich einer papiergebundene Durchführung des KFA mit der elektronischen Version offenbarte Unterschiede in Verteilungsform und Zusammenhang mit dem CFQ, die zu Gunsten des eKFA ausfielen.

Das Training führte nicht zu den gewünschten Erfolgen. Die Experimentalgruppe verbesserte sich zwar stark in den trainierten Aufgaben, sie konnte jedoch keine Steigerung in nicht trainierten Aufgaben erzielen, welche über die Erwartungseffekte der aktiven Kontrollgruppe hinausgingen. Ein naher Transfer gelang somit nicht und demzufolge fand auch kein ferner Transfer zu Kurzzeitgedächtnis, Bearbeitungsgeschwindigkeit, Reasoning oder Alltagsfehlern statt.

Die Zusammenhänge zwischen Arbeitsgedächtniskapazität und Alter sowie Reasoning sind in dieser Untersuchung entgegen der Speed-Hypothese nicht durch die Bearbeitungsgeschwindigkeit moderiert. Verschiedene Regressionsanalysen zeigten, dass Kurzzeitgedächtnis und Arbeitsgedächtnis, sofern es mit Updating-Aufgaben repräsentiert wird, gleichrangige Prädiktoren für Reasoning darstellen. Die Aufgaben zu Kurzzeitgedächtnis und Arbeitsgedächtnis erzeugten in einer gemeinsamen exploratorischen Faktoranalyse zwei Faktoren, welche die Inhalte verbal-numerisch und figural repräsentieren. Eine Aufteilung in verschiedene Aufgabenklassen war hingegen nicht möglich. Nun folgt die Diskussion dieser Befunde.

11 Diskussion

Die vorliegende Arbeit hatte zwei Hauptziele. Zum einen stand die Entwicklung eines Instruments zur alltagsnahen Erfassung kognitiver Fehlleistungen im Fokus und zum anderen sollte überprüft werden, ob ein kognitives Training unter annähernd optimalen Bedingungen einen Transfer erzielen kann. Die Diskussion ist entsprechend aufgeteilt und bezieht sich zunächst auf die Neukonstruktion des eKFA bevor auf die Trainingsbefunde sowie methodenkritische Überlegungen eingegangen wird.

11.1 Messung kognitiver Fehlleistungen

Mit dem eKFA wurde ein breites Spektrum kognitiver Fehlleistungen direkt im Alltag und mit technischer Unterstützung erfasst. Zwar gab es bereits papiergebundene Tagebuchverfahren (Unsworth et al., 2012) und Ambulatory Assessment für einzelne Aspekte wie gedankliches Abschweifen (Kane et al., 2007a), doch in dieser Untersuchung kam zum ersten Mal eine elektronische Messmethode für eine Vielzahl kognitiver Fehlleistungen zum Einsatz. Die Intention zur Entwicklung des eKFA lag in den methodischen Mängeln anderer Instrumente, welche eine eher verzerrte und wenig valide Schätzung von Fehlern erzeugten (vgl. Abschnitt 6.4.2 und 6.4.3). Der CFQ von Broadbent und Kollegen (1982) wurde aufgrund seines häufigen Einsatzes als Referenzinstrument ausgewählt.

11.1.1 Item- und Antwortqualität

Itemausprägung. Beinahe alle dreizehn Items des eKFA verletzen die Normalverteilungsannahme, da die Häufigkeit der einzelnen Fehlleistungen eher gering ist und somit rechtsschiefe Verteilungen erzeugt wurden. Die Trennschärfen, welche aus diesem Grund durch Rangkorrelationen gebildet wurden, überzeugten ebenso wie die Split-Half- und die Retest-Reliabilität. Als häufigste Fehler wurden Mindwandering, Vergessen von Handlungen sowie fehlender Zugriff auf Worte genannt (Items 8-9), welche jeweils durch altersbedingte Defizite der Komponenten des Arbeitsgedächtnisses verursacht werden. Zum einen ist darin der Abruf von Informationen oder Handlungsplänen aus dem sekundären Gedächtnis enthalten und zum anderen der Schutz der Aufmerksamkeit vor Ablenkung. Dass Ältere in beiden Versionen des KFA (eKFA und pKFA) vor allem diese Fehler angaben, spricht für dessen Validität.

Anhand der mittleren Ausprägung der KFA-Items und deren Varianz kann weiterhin abgeleitet werden, wie gut diese zwischen Personen differenzieren. Es zeigte sich, dass vier Items so-

wohl in der elektronischen als auch in der papiergebundenen KFA-Version sehr geringe Mittelwerte bzw. Mediane und ebenfalls niedrige Streuung erzeugten. Dies waren Item 2 „Waren Ihre Gedanken durch zu viele Informationen wie blockiert?“, Item 3 „Haben Sie ungewollt etwas doppelt gesagt?“, Item 5 „Haben Sie Informationen verwechselt?“ und Item 11 „Haben Sie Gegenstände oder Orte verwechselt?“. Nun können diese Fehlleistungen entweder tatsächlich sehr selten auftreten oder aber nur ungünstig formuliert sein. Es ist denkbar, dass die Kategorien zu breit sind und es den Teilnehmern schwer fiel, entsprechende Fehler dort einzuordnen (beispielsweise das Öffnen einer verkehrten Schranktür bei Item 11). Möglich wäre aber auch, dass solche Verhaltensweisen nicht als Fehlleistungen interpretiert wurden, sondern als für die eigene Person typisches Verhalten (beispielsweise das Wiederholen von Informationen in einem Gespräch bei Item 3), oder bestimmte Situationen in der älteren Population nicht mehr vorkommen (beispielsweise Überlastung der Aufnahmefähigkeit bei Items 2). Da es sich jeweils um dieselben Items in beiden Versionen des KFA handelte, welche in ihren Ausprägungen unterhalb der anderen Items lagen, ist eine Überarbeitung oder aber ihre Eliminierung überlegenswert. Nicht zuletzt führt eine geringe Varianz auch zu geringeren Zusammenhängen, da diese auf der Streuung beruhen. Allerdings zeigte sich auch, dass sich die Zusammenhänge einer um diese vier Items gekürzten KFA-Version mit den potenziellen kognitiven Ursachen (Arbeitsgedächtniskapazität und Switching-Fähigkeit) nur sehr gering von den Zusammenhängen mit der Vollversion unterschieden und der Konstruktvalidität der Kurzversion weit unterlegen waren. Bevor die Itemgüte nicht an einer weiteren, eventuell auch jüngeren Stichprobe überprüft wurde, sollte auf die Breite des Konstrukts, die es durch diese vier Items erlangt, nicht vorschnell verzichtet werden.

Missings und Compliance. Ein großes Problem bei Tagebuchverfahren stellen fehlende Werte dar. Die Teilnehmer können die vorgesehenen Messzeitpunkte verpassen, überhören, vergessen oder schlicht ignorieren, was zu einer großen Anzahl fehlender Werte führen kann. Schwierig ist zudem, dass jeder Teilnehmer ganz unterschiedliche fehlende Einträge hat, was beispielsweise von Wochentag, Uhrzeit oder Ereignissen abhängig sein kann. Die beste Möglichkeit für den Umgang mit fehlenden Werten besteht in der Vorbeugung derer. Black, Harel und Matthews (2012) bieten folgende acht Strategien an: (1) ausreichende Aufklärung der Teilnehmer über die Signalzeiten und die anstehenden Beantwortungen, (2) regelmäßige Betrachtung der Daten zur rechtzeitigen Entdeckung unvollständiger Datensätze, (3) Vorstudien zur Identifizierung ungünstiger Items und Signalzeiten, (4) Feedback zur Compliance, (5) regelmäßiger Kontakt zu den Teilnehmern, (6) Möglichkeiten zur Integrierung in den Alltag durch beispielsweise Stumm-schaltung der Alarmer, (7) Training mit dem technischen Gerät zur Sicherstellung der richtigen

und einfachen Bedienung durch die Teilnehmer sowie (8) möglichst wenige und unkomplizierte Items. In dieser Untersuchung wurde lediglich auf die zwischenzeitliche Sichtung der Daten sowie die Rückmeldung der Compliance verzichtet, während die übrigen Hinweise (Aufklärung, Vorstudie, Kontakt, Anpassung, Training und Itemqualität) beachtet wurden. Sichtung und Rückmeldung hätten eine stete Datenübermittlung via Server oder ähnliches erfordert, was hier aufgrund der hardwaregebundenen Speicherung nicht möglich war.

Der Begriff Compliance kann unterschiedlich definiert werden und so entweder das Verhältnis zwischen geforderter und tatsächlicher Anzahl an Beantwortungen darstellen oder anhand der zeitlichen Nähe zwischen Alarm und Antwort berechnet werden (Bolger et al., 2003). In dieser Arbeit wurde nur die erste Definition genutzt, da für die zeitliche Auswertung durch die Möglichkeit der zusätzlichen Beantwortung und dem Ausschluss eng beieinander liegender Einträge Verzerrungen auftreten können (vgl. Abschnitt 10.2.1). Wenn ein Teilnehmer beispielsweise einen Alarm ausließ und erst zum nächsten Signal antwortete, könnte dies entweder als sehr hohe Compliance gewertet werden, da die Antwort kurz nach dem Alarm gegeben wurde, oder es wird die Distanz zum vorhergehenden Alarm betrachtet, woraus sich eine sehr schlechte Compliance ergeben würde. Die reine Auszählung der gültigen Einträge umgeht diese Probleme.

Annähernd drei Viertel der Alarme wurden beantwortet, womit die mittlere Compliance mit der in anderen Experience-Sampling-Studien vergleichbar ist (66% bei Green et al., 2006; 78% bei Kane et al., 2007a; 81% bei McVay et al., 2009; 80% bei Thompson et al., 2012). Die Spannweite ist allerdings sowohl im unteren als auch im oberen Bereich größer als bei den angegebenen Untersuchungen, was daran liegen kann, dass diese jeweils an jungen Erwachsenen durchgeführt wurden, während hier ältere Erwachsene teilnahmen. Die Anzahl der Einträge hing zumindest tendenziell negativ mit der Fehlerhäufigkeit und dem Alter zusammen. Ersterer Befund kann ein Scheineffekt sein, da die Fehlermittelwerte durch das Aufaddieren der Einzelantworten entstanden, welche dann an der Anzahl aller gegebenen Antworten relativiert wurden. Wenn die Fragen regelmäßig beantwortet wurden, ist es wahrscheinlicher, auch Episoden ohne Fehler oder nur sehr wenigen Fehlern zu erfassen, während seltenere Einträge vermutlich von eben erlebten und häufigen Fehlleistungen ausgelöst wurden. Die Korrelation zwischen Compliance und Fehlerhäufigkeit ist somit ein Rechenartefakt. Dass ältere Teilnehmer etwas weniger Einträge vornahmen als die jüngeren Teilnehmer in dieser Untersuchung, kann als Ausdruck der größeren Unbekanntheit im Nutzen eines Handys und eines schwächeren prospektiven Gedächtnisses zur Erinnerung an die Handynutzung interpretiert werden. Analog kann der positive (nicht signifikante) Zusammenhang zwischen Compliance und Arbeitsgedächtniskapazität mit einem besseren prospektiven Gedächtnis erklärt werden, da Personen mit hoher Arbeitsgedächtniskapazität In-

formationen aus dem sekundären Speicher, in dem Handlungspläne abgelegt werden, effizienter abrufen können (Unsworth & Engle, 2007a). Die Compliance wies keine Bezüge zu Persönlichkeitseigenschaften auf, vor allem nicht zu Gewissenhaftigkeit, sodass der Aufforderungscharakter des eKFA unabhängig von Personenvariablen zu sein scheint, was als positiver Befund zu bewerten ist.

Reaktivität. Wie im Abschnitt 7.2 beschrieben wurde, bestand bei Inhalt und Design des hier umgesetzten Ambulatory Assessments eine erhöhte Gefahr der Reaktivität. Ein Anstieg der Itemausprägung im Verlauf der Erhebung würde beispielsweise für eine Sensibilisierung durch das mehrfache Darbieten von Items sprechen (Kendler, Thornton & Gardner, 2001; Uchino, Berg, Smith, Pearce & Skinner, 2006) und ein Abfall der Itemausprägung (über alle Gruppen hinweg) für einen Gewöhnungs- oder Ermüdungseffekt. Glücklicherweise konnte in den Daten kein Hinweis darauf gefunden werden, da sich das Antwortverhalten innerhalb einer Messperiode nicht veränderte. Dies wurde überprüft, indem die Anzahl der Antworten jedes Teilnehmers halbiert und separat für die erste sowie die zweite Hälfte Mittelwerte berechnet wurden. Es zeigten sich keinerlei systematische Unterschiede zwischen den Hälften und ein Reihenfolgeeffekt oder ähnliches kann ausgeschlossen werden. Zudem konnte – entgegen der Vermutung in Abschnitt 7.2 – auch keine Interaktion zwischen Fehlerhäufigkeit und Neurotizismus gefunden werden, da sich Personen mit geringen und hohen Neurotizismuswerten nicht in ihrer Differenz zwischen Prätest und Posttest unterschieden (vgl. Conner & Reid, 2011). Die Fehlerhäufigkeit im Prätest hatte ebenfalls keinen Einfluss auf die Veränderung im Posttest.

In der Abschlussbefragung berichteten die Teilnehmer zwar, dass sie etwas mehr auf Fehlleistungen geachtet haben als vor der Untersuchung, aber ein Einfluss des höheren Bewusstseins auf die Antworten muss nicht angenommen werden. Durch die Neuartigkeit des Studienobjekts kam ihm mehr Beachtung zu, allerdings erfordert es sehr starke metakognitive Fähigkeiten, um die absolute Anzahl der Fehlleistungen daraufhin bewusst zu verändern, und diese ist bei Älteren nicht zu erwarten (Mecacci & Righi, 2006). Der misslungene Transfer des Trainings auf die Anzahl der Fehler ist zumindest dahingehend positiv zu bewerten, dass die Antworten der Teilnehmer somit nicht von positiven Erwartungen oder einer Form der Reaktivität beeinflusst waren.

11.1.2 Konstruktvalidität des eKFA

Abgrenzung zum CFQ. In Hypothese 1 wurde nur ein mittlerer Zusammenhang zwischen eKFA und CFQ vorhergesagt, da sie verschiedene Methoden nutzen und die Validität des CFQ in Frage gestellt wurde. Ein mittlerer Zusammenhang (.30; Cohen, 1988) würde nun dafür spre-

chen, dass eKFA und CFQ im Kern dasselbe Konstrukt messen, ohne jedoch die unerwünschten Varianzanteile des CFQ zu teilen. Diese Hypothese konnte bestätigt werden: eKFA und CFQ teilen sich lediglich zwischen elf und fünfzehn Prozent ihrer Varianz. Nun gilt es, Hinweise dafür zu finden, was sich hinter der restlichen Varianz des eKFA verbirgt, doch zunächst sollen die Verteilungen der Verfahren näher betrachtet werden.

Während der CFQ normalverteilt war, fiel der eKFA durch seine starke Schiefe auf. Die Natur der Fehlleistungen ist eine geringe Auftretenswahrscheinlichkeit und da die Häufigkeitsskala einen natürlichen Ursprung hat, entsteht eine rechtsschiefe (linkssteile) Verteilung, welche bei diesem Untersuchungsgegenstand glaubhafter ist als eine Normalverteilung. Letztere spricht beim CFQ eher für typische Antworttendenzen in Fragebögen. Wilhelm und Kollegen (2010) betonen den Einfluss des Selbstbilds auf die Beantwortung der CFQ-Items, da die Befragten gezwungen sind, ihr Verhalten in den letzten sechs Monaten einzuschätzen, jedoch können sie über solch einen langen Zeitraum nicht zuverlässig auf ihr Gedächtnis zurückgreifen. Die Schätzungen basieren im günstigsten Fall auf einer Extrapolation des real Erlebten, viel wahrscheinlicher jedoch auf einer impliziten Annahme über die eigene Anfälligkeit für Fehler. Personen mit geringem Selbstwert oder depressiven Symptomen neigen dann zu einer Überschätzung, da sie sich zum einen tatsächlich an mehr Fehlerepisoden erinnern und deren Abruf schneller möglich ist (Brewin, 2006) und zum anderen, weil sie sich eine höhere Fehleranfälligkeit zusprechen als ihren Mitmenschen. Dass der eKFA nur die letzten zwei Stunden abfragt, sollte diese Verzerrung minimieren und keine relative Häufigkeit, sondern absolute und gedächtnisbasierte Werte erzeugen. Relative Häufigkeitsangaben sind zudem kritisch, da die Definition von Begriffen wie *häufig* oder *selten* interindividuell unterschiedlich ist und die Ränder (*nie* und *sehr oft*) ungern genutzt werden. Dies führte vermutlich auch zur fast perfekten Normalverteilung der CFQ-Werte. In der deutschen Version des CFQ von Klumb (1995) wurde die untere Wahlmöglichkeit mit *fast nie* ersetzt, zudem kamen sieben Items hinzu. Die Zusammenhänge mit einem CFQ-Wert, welcher nur auf den ursprünglichen 25 Items beruht, waren weit unterhalb der Koeffizienten der 32-Item-Version und nicht mehr im signifikanten Bereich. Vor allem sank auch die geteilte Varianz mit dem eKFA von elf Prozent auf drei Prozent. Es ist unklar, warum die Hinzunahme von sieben Items einen derart starken Einfluss hat, zumal sie inhaltlich – wie auch andere Items – das retrospektive und prospektive Gedächtnis sowie Aufmerksamkeitsfehler abdecken. Eine Skala, welche nur aus den neuen sieben Items von Klumb (1995) besteht, hat des Weiteren keinerlei Erklärungskraft.

Zusammenhänge mit kognitiven Fähigkeiten. Inwiefern sich in den Häufigkeitsangaben des eKFA die vermuteten Ursachen wiederfinden, war Inhalt der Hypothese 3. Es wurden negative Zusammenhänge zwischen der Fehlerhäufigkeit und den kognitiven Fähigkeitsvariablen angenommen, welche sich in ihrer Höhe von den Zusammenhängen des CFQ unterscheiden. Dabei stellte sich heraus, dass die Werte des eKFA in Prä- und Posttest (nicht signifikante) Tendenzen beim Switching-Verhältnis aufwiesen, welches die Effizienz widerspiegelt, mit der die Aufmerksamkeit fokussiert und kontrolliert verschoben werden kann. Die Fähigkeit, sich vor Interferenz durch vorherige Aufgaben zu schützen und den Aufmerksamkeitsfokus ohne größere Zeit- oder Genauigkeitsverluste zu bewegen, ist im Alltag wichtig, um Fehler durch Ablenkung aufgrund interner oder externer Reize zu verhindern – das Wechseln des Aufmerksamkeitsfokus ist in einer dynamischen Umwelt schlicht unumgänglich. Nun könnte zwar argumentiert werden, dass eine gute Wechselfähigkeit für eine geringe Fokussierung spricht und in manchen Situationen entgegen der Intention zu einer größeren Ablenkbarkeit führt, doch dies ließ sich aus den Daten nicht ableiten. Auch mit der Arbeitsgedächtniskapazität, welche beispielsweise die Anzahl der erfolgreich aufrechterhaltenen Pläne und Ziele bestimmt sowie eine fehlerfreies Bearbeiten von parallelen Aufgaben ermöglicht, gab es zumindest im Posttest tendenzielle Zusammenhänge.

Korrelationen zwischen Laboruntersuchungen und Alltagskriterien sind meist gering (wie z. B. auch bei Conway et al., 2007; Klumb, 1995; Unsworth et al., 2012), was beispielsweise daran liegen kann, dass Fähigkeitstests maximales Verhalten messen, während Instrumente für Alltagsverhalten typisches Verhalten erfassen (siehe Goff & Ackermann, 1992). Somit spricht das Ausbleiben signifikanter Befunde nicht unmittelbar gegen eine gelungene Konstruktion des eKFA, da zumindest die Richtung des Zusammenhangs korrekt war und Konstrukte wie Kurzzeitgedächtnis und Bearbeitungsgeschwindigkeit keinerlei Beziehung zum eKFA aufwiesen, wie es beispielsweise beim CFQ zutrifft. Allerdings zeigte der CFQ im Posttest zudem signifikante Korrelationen mit der Arbeitsgedächtniskapazität sowie den Kosten und dem Verhältnis der Switching-Aufgaben, was zunächst für eine bessere Validität des CFQ sprechen könnte. Nun sind jedoch mehrere Aspekte zu beachten. Die signifikanten Korrelationen traten nicht im Prätest, sondern erst im Posttest auf. Da sich der CFQ auf die letzten sechs Monate bezieht, ist eine Veränderung in einem Zeitraum von sieben Wochen (dem Abstand zwischen Prä- und Postmessung) nicht zu erwarten: Broadbent und Kollegen (1982) nennen eine hohe Stabilität des CFQ um .80, welche in dieser Untersuchung auch nur leicht unterschritten wurde. Arbeitsgedächtnis und Switching-Fähigkeit haben sich hingegen in der Experimentalgruppe verändert, doch Trainingseffekte sollten keinen Einfluss auf kognitive Strukturen haben. Die Zusammenhänge zwischen den kognitiven Variablen veränderten sich beispielsweise nach dem Training nicht.

Daraufhin wurde geprüft, ob sich die Zusammenhänge zwischen den zwei Fehlleistungsinstrumenten und den potenziellen kognitiven Ursachen in den einzelnen Gruppen unterschieden und tatsächlich gab es ausschließlich in der Experimentalgruppe mittlere Korrelationen zwischen CFQ und Arbeitsgedächtnis sowie Switching-Fähigkeit. Dies spricht dafür, dass der CFQ nicht generell bessere Außenbezüge aufweist als der eKFA, sondern nur in der speziellen Situation nach dem Training. Die Gültigkeit des CFQ wird des Weiteren in Frage gestellt, da es einen bedeutsamen Geschlechtsunterschied zugunsten der Frauen gab. Obwohl in dieser Untersuchung zumindest tendenziell stets die Männer höhere Werte in den kognitiven Variablen aufwiesen als die Frauen, waren es letztere, welche bedeutsam geringere Fehler im CFQ berichteten. Dem gegenüber hatten Frauen im eKFA etwas höhere Werte als Männer, wie es auch die Differenzen in Arbeitsgedächtnis und Aufmerksamkeitskontrolle erwarten ließen. Der CFQ hing zudem – im Gegensatz zum eKFA – bedeutsam mit dem verbal-numerischen Faktor des Arbeitsgedächtnisses zusammen, was für eine größere Abhängigkeit vom Sprach- und Leseverständnis sprechen könnte, da die Items des CFQ zum Teil sehr lang und mitunter schwierig zu verstehen sind. Unterstützt wird diese Annahme teilweise auch durch die höhere Korrelation zwischen CFQ und den Bildungsjahren. Im eKFA war dieser Zusammenhang geringer, was positiv zu bewerten ist.

Zusammenhang mit Neurotizismus. Es wurde angenommen, dass sich die Verzerrung bei retrospektiven Fragebögen vor allem in der wiederkehrenden, mittleren Korrelation mit der Persönlichkeitsfacette Neurotizismus widerspiegelt, und somit bestand die Hoffnung, einen deutlich geringeren Zusammenhang zu finden. Stattdessen unterschieden sich die Koeffizienten (welche etwas geringer waren als in der Literatur berichtet) bei eKFA und CFQ nicht voneinander und die mittlere Korrelation mit Neurotizismus bestand auch bei der zeitnahen und augenscheinvalideren Methode, sodass Hypothese 2 verworfen werden muss. Wenn davon ausgegangen wird, dass es älteren Erwachsenen möglich ist, Episoden aus zwei vergangenen Stunden korrekt aus dem Gedächtnis abzurufen und die Beantwortung der eKFA-Items nicht durch das Selbstbild bestimmt wird, kann Methodenvarianz als Ursache für diesen Zusammenhang ausgeschlossen werden. Es scheint demnach eine Verknüpfung von Fehlleistungen und Neurotizismus zu geben, deren Ursprung noch nachgegangen werden muss. Neurotizismus wird als Verhältnis von emotionaler Stabilität und Labilität definiert und neurotische Personen gelten als stress- und störanfällig (Costa & McCrae, 2003). Vor allem letztere Begriffe lassen auf eine geringe Fähigkeit zum Fokussieren und hohe Ablenkbarkeit schließen, was im Alltag zu Fehlleistungen führen kann. Tatsächlich gab es geringe, jedoch bedeutsame Korrelationen zwischen Neurotizismus, dem Switching-Verhältnis und Arbeitsgedächtnis. Ein hohes Maß an Nachdenklichkeit könnte sich zudem in

häufigem Mindwandering ausdrücken. Somit ist es durchaus möglich, dass die mit Neurotizismus einhergehenden Persönlichkeitsaspekte eine höhere Fehleranfälligkeit zur Folge haben.

Eine ähnliche Überlegung wirft der Befund von Farrin, Hull, Unwin, Wykes und David (2003) auf, welche einen Zusammenhang zwischen der SART-Leistung (Sustained Attention to Response Task, vgl. Abschnitt 6.4.3) und depressiven Symptomen berichten. Schließlich ist der Zusammenhang zwischen den Werten im CFQ und einem Depressionsinventar ein Hinweis für Wilhelm und Kollegen (2010), dass der CFQ vielmehr die Besorgnis über das eigene Denken widerspiegelt und neurotische und depressive Personen ihre Fehlleistungen verstärkt erinnern. Offen ist nun, ob diese negative Interpretation für die SART übernommen werden sollte, der Zusammenhang also eher gegen die Validität der SART spricht, oder ob auch dem CFQ entsprechende Aussagekraft zugesprochen werden sollte, da Fehlleistungen mit affektiven Dysfunktionen einhergehen und Aufmerksamkeitsfehler symptomatisch bei Depressionen sind (ICD-10; Dilling, Mombour & Schmidt, 2011). Dasselbe würde dann für den eKFA gelten.

Interessant ist vor allem der Befund, dass nach der Trennung in eine jüngere und eine ältere Gruppe, worauf im Abschnitt 11.1.3 eingegangen wird, nur erstere einen hohen Zusammenhang zwischen Neurotizismus und kognitiven Fehlern aufwies. Die Streuung war in beiden Altersgruppen vergleichbar, sodass diese keine Ursache für die Differenz darstellte, und auch die mittleren Ausprägungen bei Fehlern und Neurotizismus unterschieden sich nicht. Dies könnte vielmehr darauf hindeuten, dass Fehlleistungen in höherem Alter weniger vorhersagbar sind und vermutlich diffusere Quellen haben. Während bei etwas jüngeren Personen das Auftreten von Fehlern beispielsweise die Summe aus Kapazitätsgrenzen, Aufmerksamkeitsmängeln und akutem Stress sein könnte, scheint bei Älteren diese Stringenz zu fehlen.

Zusammenfassend lassen die berichteten Befunde noch einige Fragen offen. Zwar gab es indirekte Hinweise darauf, dass der eKFA aufmerksamkeitsbasierte Fehlleistungen erfasst und das Korrelationsmuster des CFQ dagegen vergleichsweise einige Schwächen aufweist, doch konnte Hypothese 3 nicht bestätigt werden. Aus diesem Grund wurde zum einen eine Kurzversion des eKFA gebildet, um den Einfluss von ungünstig formulierten oder schlecht verstandenen Items zu verringern, und zum anderen wurde eine Teilung der Gesamtstichprobe am Altersmedian vorgenommen. Beides soll nun erläutert werden.

11.1.3 Modifizierung

Kurzversion des eKFA. Einige der dreizehn Fehlleistungen des eKFA hatten sehr geringe Ausprägungen und wurden somit von den Teilnehmern entweder sehr selten erlebt oder konnten nicht als solche klassifiziert werden. Da zudem die Zusammenhänge mit den kognitiven Fähigkeiten noch nicht zufriedenstellend waren, kam eine Kürzung, d. h. die Bildung eines Mittelwerts auf der Grundlage von weniger Items, in Betracht. Diese sollte jedoch nicht datengeleitet sein, sondern theoretisch begründbar. Unsworth und Kollegen (2012) teilen Fehler entsprechend ihrer Ursachen ein, wobei sie dabei von Aufmerksamkeit, retrospektivem und prospektivem Gedächtnis ausgingen. Da Fehlleistungen im engeren Sinne vor allem aufmerksamkeitsbasiert sind (Martin & Jones, 1983), wurden nur jene fünf Items aus dem eKFA gewählt, welche sich in einem als zuverlässig und gültig erwiesenem Instrument zur Erfassung aufmerksamkeitsbezogener Fehler (ARCES; Cheyne et al., 2006) wiederfinden. Der Gesamtwert des eKFA repräsentiert somit ein breiteres Spektrum an Fehlern, während die Kurzversion nur Aufmerksamkeitsfehler enthält. Da sich nun höhere Zusammenhänge mit Arbeitsgedächtnis und Switching-Fähigkeit zeigten, die zudem die Koeffizienten des CFQ überstiegen, ist die generelle Kürzung des Instruments eine mögliche Option. Weniger Fragen vermindern die Belastung durch die Befragung und würden sogar eine Erhöhung des Befragungsintervalls erlauben. Die Kurzversion hatte auch in der Stichprobe der Tagebuchstudie von Steglich (2012) Bestand, was sich in ähnlichen Korrelationen mit dem CFQ und vergleichbaren Kennwerten darstellte.

Alterssensitivität des eKFA. Obwohl anzunehmen ist, dass aufgrund der Abnahme der kognitiven Ressourcen und der Aufmerksamkeitskontrolle im Alter die Häufigkeit von Fehlleistungen zunimmt, zeigte sich bei retrospektiven Fragebögen aufgrund der starken Gedächtnisverzerrung sowie der mangelnden metakognitiven Fähigkeiten Älterer oft ein entgegengesetztes Bild (Mecacci & Righi, 2006). In der vorliegenden Untersuchung konnten Altersunterschiede nicht betrachtet werden, da es keine jüngeren Teilnehmer gab und die Spannweite von sechzehn Jahren (60- bis 76-Jährige) nicht ausreichte, um einen Alterseffekt aufzuzeigen: Weder eKFA noch CFQ korrelierten mit dem Alter. Dennoch wurde die Stichprobe am Median geteilt, um die Zusammenhänge zwischen den Fehlleistungen und den kognitiven Variablen getrennt für diese Gruppen betrachten zu können. Dabei zeigten sich in der Gruppe der 60- bis 68-Jährigen mittlere bis hohe Korrelationen zwischen eKFA, Arbeitsgedächtnis und Switching-Fähigkeit, welche in der Gruppe der 69- bis 76-Jährigen vollständig fehlten. Darüber hinaus gab es beim CFQ in der jüngeren Gruppe lediglich einen Zusammenhang mit Bearbeitungsgeschwindigkeit. Bezogen auf die Konstruktvalidität des eKFA hätte demnach eine Beschränkung auf diese jüngere Gruppe sehr viel-

versprechende Ergebnisse geboten, während die Wahl einer älteren Gruppe große Zweifel an einer gelungenen Konstruktion aufgebracht hätte.

Wie ist diese große Unterschiedlichkeit nun zu erklären? Veränderungen der kognitiven Struktur im Alter sind tatsächlich zu beobachten (Baltes et al., 1980), doch erscheint es wenig sinnvoll, dass Kapazität und Aufmerksamkeitskontrolle keine Ursachen mehr für Fehlleistungen darstellen, wobei sich beim Switching-Verhältnis (vor allem im Posttest) sogar die Vorzeichen veränderten (ein schlechteres Verhältnis geht in der älteren Gruppe mit weniger Fehlern einher). Wahrscheinlicher sind zwei andere Erklärungen: Zum einen können Defizite in Metakognition und Gedächtnis dazu führen, dass die ältere Gruppe ihre Antworten nicht auf der Grundlage realer Häufigkeiten gibt, und zum anderen ist der Umgang mit Handys für diese Altersgruppe vermutlich schwieriger. Wie Schaie und Kollegen (1989) anmerken, unterscheidet sich die Güte eines Messinstruments bei verschiedenen Altersgruppen und der eKFA ist womöglich für Personen über 70 Jahre kein valides Instrument. Wenn sich die Älteren an keine Fehler in den letzten zwei Stunden erinnern können, weil sie diese beispielsweise nicht als Fehlleistung wahrnehmen oder ihre Erinnerung daran sehr schnell verblasst, könnten sie stattdessen auf verzerrte Urteile über ihre subjektiv wahrgenommene Fehleranfälligkeit zurückgreifen, um nicht zu jedem Befragungszeitpunkt eine negative Antwort zu geben. Das Handy kann unter Umständen als sehr unangenehm und störend empfunden worden sein, so dass sie es nicht bei sich trugen und ihre Antworten zu selbstgewählten Zeitpunkten gaben oder die Beantwortung, um sie möglichst schnell zu erledigen, zufällig vornahmen. In der Compliance und der subjektiven Studienbelastung unterschieden sich die Altersgruppen allerdings nicht bedeutsam, die ältere Gruppe nutzte somit vermutlich eine andere Grundlage zur Beantwortung, wie es in der ersten Erklärung beschrieben wurde.

Denkbar ist allerdings auch, dass Personen mit zunehmendem Alter stärker Strategien nutzen, um den wahrgenommenen Defiziten weniger Raum zu lassen. Baltes und Baltes (1990) beschreiben selektive Optimierung mit Kompensation (SOK) als Strategie für erfolgreiches Altern. Selektion meint dabei die Auswahl von Zielen in verschiedenen Bereichen, in denen mit Hilfe von Übung und Investitionen die Handlungsmöglichkeiten gesteigert werden (Optimierung). Ressourcenverluste sollen hingegen durch interne und externe Hilfen kompensiert werden, um funktionelles und kompetentes Handeln im Alltag zu gewährleisten. Tatsächlich zeigt sich mittels funktioneller Bildgebung eine stärkere und vermehrt beidseitige neuronale Aktivierung bei Älteren verglichen mit Jüngeren während verschiedener Prozesse (Reuter-Lorenz, 2002). Dies erfolgt kompensatorisch, um beispielsweise die altersbedingte Reduktion des Hippocampus mit zusätzlichen frontalen Ressourcen während einer Gedächtnisleistung auszugleichen (Gutchess, Welsh,

Hedden, Bangert, Minear, Liu et al., 2005). Kompensation könnte demnach auch eine Ursache dafür sein, dass sich in der älteren Gruppe keine Zusammenhänge zwischen Fehlleistungen und kognitiven Fähigkeiten feststellen lassen.

11.1.4 Vorhersagbarkeit von Fehlern

Trotz einiger Hinweise auf Zusammenhänge zwischen Fehlleistungen und kognitiver Kapazität sowie Aufmerksamkeitskontrolle (McVay & Kane, 2009; Woltz et al., 2000), welche sich auch in der vorliegenden Studie fanden, fallen die Koeffizienten stets sehr gering aus, sodass der größere Teil der Varianz unerklärt bleibt. Nun können einerseits noch nicht untersuchte Fähigkeiten weitere Ursachen für Fehler darstellen und zusätzlich Varianz aufklären (z. B. Daueraufmerksamkeit), doch andererseits ist ebenfalls möglich, dass Fehlleistungen mehr instabile Ursachen haben als angenommen. Während kognitive Fähigkeiten über verschiedene Situationen und längere Zeiträume hinweg stabil sind, gibt es auch Fehlerquellen, die innerhalb kurzer Zeit und in Abhängigkeit von verschiedensten Einflüssen variieren können. Aufgrund ihrer Multideterminiertheit sind diese nur unter genauer Kenntnis der Entstehungszusammenhänge, aller Umstände sowie aller fördernder und hindernder Faktoren vorhersagbar – vermutlich wird dies jedoch nie möglich sein (Bolger et al., 2003; Sliwinski et al., 2009).

Stress und Langeweile wurden bereits als wichtige Zustände identifiziert, welche das Auftreten von Fehlern stark erhöhen können (Carriere et al., 2008; Mahoney et al., 1998). Somit unterlaufen Personen unter Stress womöglich mehr Fehlleistungen als aufgrund ihrer kognitiven Fähigkeiten vorhergesagt werden würde. Diese damit einhergehende intraindividuelle Variabilität von Fehlleistungen konnte im Rahmen dieser Untersuchung nicht berücksichtigt werden. Während des Ambulatory Assessments erfolgte keine Befragung zu aktuellem Befinden und wahrgenommener Belastung, die auf entsprechende Zusammenhänge schließen lassen würden. Zudem wurden die berichteten Fehler nicht nach Tagen oder Uhrzeiten getrennt betrachtet, da die stark unterschiedlichen Antwortzeiten sowie Antworthäufigkeiten dazu führten, dass die Power für derartige Analysen sehr gering ist (Bolger, Stadler & Laurenceau, 2012). Die mehrfache Befragung pro Tag diente hier ausschließlich der Vermeidung von gedächtnisbasierten Verzerrungen und dem Einfluss sozialer Erwünschtheit.

Unsworth und Kollegen (2012) weisen darauf hin, dass die Arbeitsgedächtniskapazität und die damit einhergehende Aufmerksamkeitskontrolle möglicherweise nicht für alle Fehler prädiktiven Wert haben, sondern nur, wenn Daueraufmerksamkeit oder fokussierte Aufmerksamkeit notwendig sind. Vor allem die gedächtnisbasierten Fehlerkategorien des eKFA zählen nicht zu

dieser Art von Fehlern, sodass unter Umständen die Wahl der Items hohe Zusammenhänge zum Arbeitsgedächtnis verhinderte. Für diese Annahme spricht der Befund, dass die Reduktion der Items auf aufmerksamkeitsbasierte Fehler (eKFA-Kurzversion) die gewünschte Korrelation hervorbrachte, und zudem erklärt es unter anderem, warum die erfassten Fehler nicht durch das Training beeinflusst werden konnten. Die Intention bei der Entwicklung des eKFA lag darin, Fehlleistungen möglichst breit zu erfassen, weshalb eine Fähigkeit allein kaum als Ursache für jede Fehlleistung verantwortlich sein kann. Das durchwachsene Korrelationsmuster des eKFA mit den hier erhobenen kognitiven Variablen stellt somit keinen Widerspruch zu einer gelungenen Konstruktion dar, sondern es zeigt vielmehr, dass der eKFA in der Lage ist, die Diversität von Fehlleistungen angemessen wiederzugeben. Hinzu kommt, dass auch die Arbeitsgedächtniskapazität *State*- und *Trait*-Anteile besitzt (Ilkowska & Engle, 2010). Womöglich können nur die festen Bestandteile Fehlleistungen vorhersagen, welche unabhängig von Müdigkeit, ängstlichem Affekt und anderen situationalen Merkmalen sind, obwohl vor allem in diesen Situationen Fehler vermehrt auftreten.

11.1.5 Ambulante Methodik

Ambulatory Assessment versus Papier-Bleistift-Methode. Um den Vorteil von Ambulatory Assessment gegenüber der papiergebundenen Tagebuchmethode aufzuzeigen, wurden die Items des KFA einer vergleichbaren Stichprobe über einen identischen Zeitraum in ausgedruckten Hefen vorgegeben. Es gab drei wichtige Unterschiede zwischen der pKFA-Studie (Papier-Bleistift-Version) und der Trainingsstudie, in welcher der eKFA zum Einsatz kam: (1) Es waren halb so viele Messungen pro Tag (2 vs. 4), (2) beim pKFA konnten vorherige Antworten nachgesehen werden, was beim eKFA nicht möglich war, und (3) es gab beim pKFA keine Kontrolle über die tatsächlichen Eintragungszeiten. Trotz der Anweisung, nur die letzten zwei Stunden zu betrachten, ist aufgrund der größeren Abstände zwischen den Befragungszeiten (12 statt 4 Stunden) denkbar, dass im pKFA ein größerer Zeitraum für die Beantwortung berücksichtigt wurde, um Fehler, welche außerhalb der zwei Stunden lagen, angeben zu können. Tatsächlich liegt der Gipfel weiter mittig als beim eKFA und ähnelt somit eher einer Normalverteilung. Es ist weiterhin möglich, dass die Eintragungen entgegen der Anweisung nicht täglich vorgenommen wurden und stattdessen nur an einem Zeitpunkt kurz vor dem Abgabetermin. Dies ist bei Tagebüchern – außer mit zusätzlichen Sensoren wie bei Stone und Kollegen (2003) – nicht überprüfbar. Dass sich die Verteilungen von pKFA und CFQ in derselben Studie stärker ähnelten als die Verteilungen von eKFA und CFQ in der Trainingsstudie, spricht womöglich für ein stärker verzerrtes Häufigkeitsurteil und geringere Compliance. Allein das Vorliegen von mehreren zu beantwortenden

Fragen auf einem Blatt kann Antworttendenzen auslösen, welche zu einem ausgewogenem Antwortmuster führen. Die annähernd signifikante Differenz der Korrelationen von eKFA und pKFA mit dem CFQ ist ein deutliches Zeichen für den Methodeneinfluss und bekräftigt den Nutzen der elektronischen Version.

Ein weiterer Hinweis auf den Nutzen, Fehler ambulant und nicht via Fragebogen zu erfassen, zeigt sich im Vergleich der Korrelationen von eKFA-Kurzversion und CFQ sowie von ARCES und CFQ. Die Kurzversion enthält ausschließlich Items, welche auch in der ARCES vorhanden sind und während die Fragebögen (ARCES und CFQ) aufgrund der Methodenvarianz einen Zusammenhang von $r = .82$ (Smilek et al., 2010) aufweisen, korrelieren die eKFA-Kurzversion und der CFQ nur zu $r = .30$ (bzw. im Posttest $r = .54$). Zwar gibt es kleine Unterschiede in den eingesetzten Verfahren, da Smilek und Kollegen (2010) beispielsweise die originale 25-Item-Version des CFQ nutzen, die ARCES zudem aus sieben weiteren Items als nur denen in der eKFA-Kurzversion besteht und die genutzte Stichprobe dort eine jüngere war, doch die Größe der Unterschiede ist dennoch beachtlich und geht zu großen Teilen auf die Methodik zurück.

Befragungsmodus des eKFA. Die festgelegten Alarme sowie die Möglichkeit, den Fragebogen selbstständig aufzurufen, stellen eine Mischung aus zeit- und ereignisgesteuertem Design dar (Reis, 2000). Da die Metakognition älterer Menschen eingeschränkt ist und sie Fehlleistungen unter Umständen nicht als solche erkennen (Mecacci & Righi, 2006), erschien ein rein ereignisgesteuertes Vorgehen, welches Bolger und Kollegen (2003) bei Ereignissen mit geringer Auftretenswahrscheinlichkeit empfehlen, zu riskant. Die Anzahl an Einträgen wäre um ein Vielfaches geringer und es wäre nicht eindeutig, ob nun tatsächlich wenig Fehler auftraten oder ein *Vergessen des Vergessens* einige Einträge verhinderte. Schwierig war vor allem das Abwägen der Anzahl der täglichen Alarme, denn zum einen sollte das Zeitnetz engmaschig genug sein, um auch kleine Fehler erinnern zu können, und zum anderen sollte die Belastung durch häufige Signale und die Gewöhnung an schnell hintereinander eingegebene *Neins* gering gehalten werden.

Die Wahl von sieben Tagen als Erhebungszeitraum hatte mehrere Gründe. Das Auftreten von Fehlleistungen ist stark vom Tagesablauf, den Aktivitäten und Kontakten abhängig. Da angenommen wurde, dass es bei Älteren auch sehr ruhige Tage gibt, an denen sie kaum etwas unternehmen und vermutlich auch wenig fehleranfällig sind, mussten es mehrere Erhebungstage sein. Die Gefahr, einen Zeitraum zu erheben, in dem ausschließlich solche ruhigen Tage vorkamen, sollte damit verringert werden. Es war zudem wichtig, Wochentage und Wochenende abzudecken, da es auch hier Unterschiede im Aktivitätsniveau geben könnte, welche die Ergebnisse

verzerrten würden. Ein längerer Zeitraum war nicht gewünscht, da die Belastung für die Teilnehmer eingegrenzt werden sollte und die Dauer der gesamten Studie hätte sich aufgrund der festen Anzahl der Handys stark verlängert (z. B. 2 Wochen Ambulatory Assessment: doppelte Studienlänge).

Alternative Umsetzung. In Abschnitt 7.1 wurden bereits die Vorzüge des Ambulatory Assessments (z. B. Kontrolle der Compliance, leichteres Übertragen der Antworten) beschrieben. Die Nutzung von Smartphones wurde gewählt, da sie nicht nur eine Alarmfunktion haben, sondern zudem die Möglichkeit bieten, Eintragungen direkt vorzunehmen und zu speichern. Allerdings sind tragbare Geräte wie Smartphones (aber auch PDAs, Tablet Computer usw.) vor allem für Ältere meist sehr neuartig, wenig intuitiv zu bedienen und könnten damit eine hohe Reaktivität erzeugen (z. B. wenn Bedienungsfehler als kognitive Fehlleistungen definiert werden). Die Akzeptanz für das Hantieren mit einem neuartigen Gerät im Alltag oder das Ertönen des Alarms in unerwünschten Situationen ist bei Älteren vermutlich deutlich geringer als bei Jüngeren, sodass für sie – trotz der vielen Vorzüge – eventuell der Einsatz eines Papiertagebuchs eher anzuraten ist. In der abschließenden Befragung berichteten die Teilnehmer zwar keinerlei Beeinträchtigung durch die Untersuchung und würden zum größten Teil erneut teilnehmen, es wurde aber nicht explizit nach der Ambulatory Assessment-Phase gefragt und ein Einfluss der sozialen Erwünschtheit ist bei diesen Fragen nicht auszuschließen.

Alternativ wäre auch eine Art Beeper oder Pager denkbar, welche lediglich an die Eintragungen erinnern, die Teilnehmer müssen jedoch selbstständig das Medium für die Beantwortung der Fragen aufsuchen. Ein Papiertagebuch (z. B. Steglich 2012, Unsworth et al., 2012) erlaubt zwar keine Kontrolle der Antwortzeit und könnte bei geringerer Compliance zu einem retrospektiven Fragebogen werden, dafür ist der Anschaffungspreis gering, der Umgang sehr einfach, es ist tragbar und somit überall anwendbar. Eine Online-Beantwortung ist dagegen keine Alternative, da das Vorhandensein von Computer und Internetverbindung nicht vorausgesetzt werden kann.

Wenn auf die Information verzichtet wird, welcher Art die Fehlleistungen sind, und nur die reine Anzahl von Interesse ist, wäre ein Zählgerät alternativ nutzbar. Mit einem Klick würden die Teilnehmer eine eben aufgetretene Fehlleistung dokumentieren, womit Aufwand und Unterbrechung der aktuellen Tätigkeit auf ein Minimum reduziert sein würden. Allerdings ist hierzu notwendig, dass sie ein sehr genaues Wissen über das zu beobachtende Ereignis besitzen, um die Vielzahl an möglichen Fehlern stets präsent zu haben und diese auch als Fehler wahrzunehmen. Dies erfordert ein sehr gutes prospektives Gedächtnis, da sie in jeder möglichen Situation an die Intention der Studie denken und zudem ihr Handeln permanent beobachten müssen. Damit wird

die Belastung durch die Untersuchung und vermutlich auch die Reaktivität wiederum stark erhöht, denn gedankliches Abschweifen oder andere aufmerksamkeitsbasierte Fehler können nicht auftreten, wenn sämtliche Kapazitäten beansprucht sind.

11.2 Wirksamkeit kognitiven Trainings

11.2.1 Effekte

Trainingseffekt. Nun sollen die hypothesenbezogenen Befunde des Trainings aufgegriffen werden. Der in Hypothese 4a vorausgesagte starke Trainingseffekt für die Arbeitsgedächtnisaufgaben konnte bestätigt werden. Während die Gruppenmittelwerte des Faktors aus den Aufgaben Memory Updating numerisch, Operation Span, Dot Span und Running Memory Span figural im Prätest sehr eng beieinanderlagen, gab es keine überlappenden Konfidenzintervalle zwischen Experimental- und Kontrollgruppen im Posttest. Zwar ist diese Verbesserung nach zwölfstündiger Übung trivial, doch sie stellt dennoch eine grundlegende Voraussetzung für das Auftreten von Transfereffekten dar (Shipstead et al., 2012). Hypothese 4b beinhaltete ebenfalls Trainingseffekte, welche sich auf die Leistungsparameter der Multiple Switching Task beziehen. Zum einen wurden die generellen Switch-Kosten in Genauigkeit und Reaktionszeit berechnet (Differenz zwischen gemischten und Einzelblöcken) und zum anderen das Switching-Verhältnis in gemischten und Einzelblöcken (Quotient aus Reaktionszeit und Genauigkeit). Mit Ausnahme der Genauigkeitskosten zeigten sich in allen Parametern sehr starke Zeiteffekte, welche für einen großen Lerneffekt (bzw. die Gewöhnung an das Arbeiten mit dem Computer) sprechen. Zusätzlich gab es bedeutsame Interaktionseffekte, sodass die Trainingsgruppe sich im Vergleich zu den Kontrollgruppen über den Testwiederholungseffekt hinaus verbesserte und somit diese Hypothese bestätigt werden konnte. Das Training hatte den größten Einfluss auf das Switching-Verhältnis in gemischten Blöcken, da in diesem Wert sämtliche Schwierigkeiten der Multiple Switching Task zum Ausdruck kommen (schnell und genau sein bei wechselnden Aufgabenstellung, teilweise mit Stoppuhr). Auch Hypothese 4b konnte bestätigt werden.

Bevor die Zusammenhänge zwischen dem Trainingsgewinn und der Ausgangsleistung diskutiert werden, sollen zwei komplementäre Ansätze zu dieser Thematik vorgestellt werden. Der Magnifikationsansatz geht davon aus, dass Personen mit höheren Anfangsfähigkeiten ein größeres Potenzial für Verbesserungen besitzen, wie es beispielsweise bei Gedächtnistraining zu beobachten ist (Baltes & Kliegl, 1992; Verhaeghen, Marcoen & Goossens, 1992). Dem gegenüber nimmt der Kompensationsansatz an, dass Personen mit höheren Anfangswerten entsprechende Aufgaben bereits optimal und an ihrer oberen Grenze bearbeiten, sodass wenig Raum für Ver-

besserung vorhanden ist. Dies scheint vor allem für das Training der Exekutivfunktionen und Training mit Kindern zuzutreffen (Cepeda et al., 2001, Kray et al., 2008), aber auch bei wiederholter Bearbeitung von Aufgaben zur fluiden Intelligenz (te Nijenhuis, van Vianen & van der Flier, 2007). Bei Jaeggi und Kollegen (2011) hatte die Gruppe mit kleinem Trainingsgewinn ebenfalls höhere Prätestwerte als die Gruppe mit hohem Gewinn (Kompensation), allerdings gab es einen positiven Zusammenhang zwischen Gewinn und der Verbesserung im Kriterium (d. h. gute Anfangsfähigkeiten führten zu geringeren Trainingserfolgen und geringeren Steigerungen im Reasoning). Lövdén, Brehmer, Li und Lindenberger (2012) differenzieren, dass Personen mit geringerer Leistung zu Beginn von der Einweisung in Strategien profitieren und vorhandene Strukturen effizienter nutzen können (Kompensation), während Personen mit höherer Leistung einen stärkeren Gewinn von fähigkeitsbasiertem Training haben, welches die kognitive Plastizität anregt (Magnifikation; siehe auch Lövdén, Bäckmann, Lindenberger, Schaefer & Schmiedek, 2010).

Die Zusammenhänge zwischen den Trainingsgewinnen und der Ausgangsleistung des Arbeitsgedächtnisses in dieser Untersuchung sind widersprüchlich. Während die Steigerung in den Updating-Aufgaben (Memory Updating numerisch und Running Memory Span figural) keinen bedeutsamen Zusammenhang mit der Arbeitsgedächtniskapazität aufwies, gab es mittlere bis hohe Korrelationen zwischen Kapazität und Verbesserung in den komplexen Spannenaufgaben (Operation Span und Dot Span). Allerdings bezogen sich diese Berechnungen nur auf die 31 Personen der Trainingsgruppe, sodass auch mittlere Zusammenhänge aufgrund der geringen Stichprobengröße nicht signifikant wurden, was vor allem für die Steigerung in der figuralen Running Memory Span zutraf. Hier war zumindest ein Trend zu erkennen. Zudem ist auffällig, dass zwei der Korrelationskoeffizienten positive und zwei davon negative Vorzeichen aufwiesen. Dies bedeutet, dass hohe Ausgangswerte in Memory Updating numerisch und Dot Span einen positiven Einfluss auf das Training hatten, während sie zu einer geringeren Verbesserung in der figuralen Running Memory Span und der Operation Span führten.

Da der Arbeitsgedächtnisfaktor sowohl aus komplexen Spannenaufgaben als auch aus Updating-Aufgaben bestand, kann dessen Zusammensetzung keine Erklärung hierfür sein. Dafür kommt die Aufgabenschwierigkeit in Frage: Schwierigere Aufgaben werden von Personen mit hoher Arbeitsgedächtniskapazität besser verarbeitet und Personen mit geringer Arbeitsgedächtniskapazität können höhere Erfolge bei leichteren Aufgaben erzielen, weil sie zunächst mehr Verbesserungspotenzial besitzen. Zwar kann damit das positive Vorzeichen bei der Memory Updating numerisch nicht erklärt werden, da sie auch zu den Aufgaben gehörte, die den Teilnehmern eher leicht fielen (zweithöchste Startwerte hinter der Operation Span), für die Dot Span

könnte die Schwierigkeitstheorie allerdings zutreffen. Diese Aufgabe wurde als sehr schwer beschrieben und unter Umständen nur von fähigeren Teilnehmern ausreichend verstanden. Tatsächlich gab es einen Gruppenunterschied in der Steigerung der Dot Span, wenn die 31 Teilnehmer der Experimentalgruppe am Bildungsmedian aufgeteilt wurden. Höhere Bildung führte zu einer stärkeren Verbesserung, doch ist die Gruppengröße nach Halbierung zu klein, um mehr als nur einen Trend aufzeigen zu können.

Nicht zuletzt sind die Inhalte der Aufgaben mit gleichem Vorzeichen unterschiedlich, sodass weder eine Präferenz für verbal-numerische noch für figural-räumliche Aufgaben gegeben ist. Lövdén und Kollegen (2012) präferieren den Magnifikationsansatz, sobald eine stärkere Strategievermittlung vorliegt. Ein Defizit beider Aufgaben (Memory Updating numerisch und Dot Span) ist, dass die Punktpositionen, Symmetrieentscheidungen, Ziffern und Rechenanweisungen in jeder Sitzung identisch waren, da diese Aufgaben im Gegensatz zu den übrigen Trainingsaufgaben keine randomisierten Reize erzeugten. Personen mit sehr gutem Langzeitgedächtnis wären somit in der Lage, die Antworten korrekt zu geben und höhere Werte zu erzielen, ohne dass Veränderungen in der Arbeitsgedächtniskapazität aufgetreten sind, womit die positive Beziehung zwischen Fähigkeit und Trainingsgewinn erklärt werden könnte.

Bei der Switching-Fähigkeit gingen höhere Kosten und ein schlechteres Switching-Verhältnis mit einem größeren Trainingserfolg einher. Ähnliches berichten auch Karbach und Spengler (2012). Dies spricht für Kompensation (Ausgleich bestehender Vorteile) statt Magnifikation (Vergrößerung bestehender Vorteile).

Naher Transfer. In den Hypothesen 5a und 5b wurden Transfereffekte zu sehr ähnlichen Aufgaben postuliert. Diese Aufgaben beinhalteten dieselben Mechanismen wie die trainierten Aufgaben und nutzten dabei lediglich andere Inhalte. Ein naher Transfer bedeutet, dass die trainierten Fähigkeiten auf latenter Ebene verbessert wurden und somit unabhängig von der Operationalisierung sind: Wenn die Arbeitsgedächtniskapazität tatsächlich gestiegen ist, spielt es keine Rolle, ob die Speicherkomponente Ziffern, Wörter oder Punktpositionen enthält. Der Faktor zur Erfassung des nahen Transfers für das Arbeitsgedächtnis bestand aus den Aufgaben Reading Span (analog der Operation Span), Swaps (analog der Memory Updating numerisch) und Running Memory Span numerisch (analog der Running Memory Span figural). Ein geringer, jedoch bedeutsamer Interaktionseffekt ließ zunächst auf eine Bestätigung der Hypothese 5a schließen. Wie sich jedoch herausstellte, verschwand die Interaktion nach Ausschluss der passiven Kontrollgruppe, sodass sich aktive Kontrollgruppe und Experimentalgruppe nach dem Training nicht stärker in diesen Aufgaben unterschieden als davor. Die Problematik der unzureichenden Prätest-

Äquivalenz wird weiter unten näher erläutert, wobei hier bereits auf Interpretationsfehler hingewiesen sei, die auf eine Regression zur Mitte zurückzuführen sind. Die Befunde zeigen, dass es nicht gelungen ist, durch das Training die Arbeitsgedächtniskapazität auf latenter Ebene zu verbessern. Es fand kein naher Transfer statt und Hypothese 5a muss zurückgewiesen werden. Die passive Kontrollgruppe verschlechterte sich augenscheinlich, doch tatsächlich führte lediglich die z -Standardisierung während der Faktorbildung dazu, dass bei Verbesserung einiger Teilnehmer andere Teilnehmer ohne Veränderung durch geringere z -Werte abgestraft werden; die reinen Aufgabenwerte vor der Faktorbildung weisen diese Verschlechterung nicht auf.

Erwartungseffekte zeigen sich in Unterschieden zwischen aktiver und passiver Kontrollgruppe, wenn die aktive Kontrollgruppe – unter anderem aufgrund ihrer regelmäßigen Kontakte zum Versuchsleiter – von einem möglichen Leistungsgewinn ausgeht und sich dann unbewusst im Posttest mehr anstrengt oder motivierter ist, die vermeintlichen Verbesserungen zu zeigen. Eine Konfundierung von Trainings- und Erwartungseffekt lässt sich beobachten, wenn die Experimentalgruppe nach dem Training Unterschiede zur passiven Kontrollgruppe, nicht aber zur aktiven Kontrollgruppe aufweist. Ein solches Muster zeigte sich hier bezogen auf den nahen Transfer zu untrainierten Arbeitsgedächtnisaufgaben. Der Interaktionseffekt trat beim Vergleich von Experimental- und passiver Kontrollgruppe auf, nicht jedoch beim Vergleich von Experimental- und aktiver Kontrollgruppe. Die aktive Kontrollgruppe verbesserte sich demnach im gleichen Ausmaß wie die Experimentalgruppe, während die passive Kontrollgruppe keine Steigerungen erzielte. Dies spricht deutlich für den positiven Effekt von (unspezifischer) Aktivierung und dem Gefühl von Involviertheit. Regelmäßige Treffen außerhalb der Wohnung, zusätzlicher Sozialkontakt und Freude durch Neuartigkeit des Handelns verbesserten die kognitiven Fähigkeiten der aktiven Kontrollgruppe, ohne dass reine Wiederholungsmesseffekte dafür verantwortlich gemacht werden können. In diesem Fall würde nämlich auch die passive Kontrollgruppe eine entsprechende Änderung zeigen, was nicht zutreffend ist. Hier zeigt sich, wie wichtig die Aufnahme einer aktiven Kontrollgruppe in das Studiendesign ist.

Nachdem kein naher Transfer für das Arbeitsgedächtnis gefunden wurde, blieb noch die Überprüfung der Switching-Fähigkeit offen. In der Multiple Switching Task konnten sich die Teilnehmer der Experimentalgruppe bezogen auf Switch-Kosten und Switching-Verhältnis trainingsbedingt steigern und es konnte nun der nahe Transfer auf andere Switching-Aufgaben, welcher in Hypothese 5b vorhergesagt wurde, untersucht werden. Die Reaktionszeitkosten veränderten sich in allen Gruppen, wobei diese in Experimentalgruppe und aktiver Kontrollgruppe mit annähernd gleichem Anstieg sanken und in der passiven Kontrollgruppe stark anstiegen (hohe Kosten sind negativ zu bewerten). Dies führte zu einem ausgeprägten Interaktionseffekt, welcher

jedoch nicht auf Trainingsgewinne zurückzuführen ist. Nach Ausschluss der passiven Kontrollgruppe verschwand der Interaktionseffekt und das Training blieb bedeutungslos. In den Genauigkeitskosten war zwar eine leicht stärkere Verbesserung in der Experimentalgruppe zu erkennen, jedoch fand diese im nicht vom Zufall abgrenzbaren Bereich statt. Experimentalgruppe und passive Kontrollgruppe unterschieden sich bereits im Prätest etwas stärker als die aktive Kontrollgruppe, sodass diese Differenz im Posttest zu einem bedeutsamen Gruppeneffekt führte. Die absoluten Werte der Genauigkeitskosten waren allerdings generell sehr gering, sodass die Unterschiede praktisch keine Relevanz aufweisen.

Die Hälfte der Varianz der Veränderungen im Switching-Verhältnis in gemischten und Einzelblöcken ging auf den Haupteffekt Zeit zurück, wobei große Wiederholungseffekte in Switching-Aufgaben auch in anderen Untersuchungen zu finden sind (z. B. Minear & Shah, 2008). Alle Gruppen konnten das Verhältnis zwischen Reaktionsgeschwindigkeit und Reaktionsgenauigkeit deutlich verbessern. Während sich die Abstände zwischen den Gruppen in den Einzelblöcken nicht veränderten, zeigte sich in den gemischten Blöcken zumindest eine Tendenz zugunsten der Experimentalgruppe, welche auf einen nahen Transfer hindeuten könnte. Allerdings ging die Interaktion auch hier vor allem auf die Differenz zwischen Experimentalgruppe und passiver Kontrollgruppe zurück, während die aktive Kontrollgruppe eine ähnliche Verbesserung wie die Experimentalgruppe erzielte und sich die Prätestunterschiede daher nur gering vergrößerten. Trainings- und Erwartungseffekt sind somit konfundiert. Es bleibt festzuhalten, dass der nahe Transfer auch bei der Switching-Fähigkeit nicht gelungen ist und Hypothese 5b verworfen werden muss.

Ferner Transfer. Ohne den nahen Transfer konnte ein ferner Transfer nicht mehr erwartet werden. Die Ergebnisse bestätigten dies und Hypothese 6 (Transfer auf Kurzzeitgedächtnis), Hypothese 8 (Transfer auf Reasoning) und Hypothese 9 (Transfer auf Alltagsfehler) müssen zurückgewiesen werden, lediglich Hypothese 7 (kein Transfer auf Speed) bewahrheitete sich.

Sofern die Teilnehmer durch das Training das gezielte Ablegen und die effiziente Suche im sekundären Gedächtnis erlernt haben, müssten sie die Grenzen ihrer Kapazität überwinden können. Es wurde daher ein Einfluss auf die Kurzzeitgedächtniskapazität erwartet (Hypothese 6). Stattdessen blieben die Werte in Prätest und Posttest beinahe unverändert und das Kurzzeitgedächtnis erwies sich in der Altersgruppe der 60- bis 76-Jährigen über einen Zeitraum von sieben Wochen als stabil. Jaeggi und Kollegen (2011) teilten ihre Stichprobe anhand des Trainingsgewinns in zwei Gruppen und konnten für die Trainingsgewinner Transfereffekte nachweisen, die bei den weniger erfolgreichen Trainingsteilnehmern und auch in der gesamten Stichprobe nicht

zu finden waren. In der vorliegenden Untersuchung wurde die Experimentalgruppe ebenfalls am Median der über die vier Arbeitsgedächtnisaufgaben gemittelten Trainingsgewinne geteilt, sodass zwei Gruppen entstanden, die sich im Ausmaß ihres Profits durch das Training unterschieden. Dabei zeigte sich ebenso wie bei Jaeggi und Kollegen (2011), dass Personen mit höherem Profit auch Verbesserungen im Kurzzeitgedächtnisfaktor aufwiesen. Die Powerproblematik sowie der Informationsverlust durch künstliche Dichotomisierung schränkt die bedeutsame Interaktion zwar ein, doch es scheint dennoch möglich zu sein, eine höhere Kapazität und effizientere Aufmerksamkeitskontrolle von komplexen auf einfache Spannaufgaben übertragen zu können. Unglücklicherweise blieben ähnlich differenzierte Effekte bei nahem Transfer (untrainierte Arbeitsgedächtnisaufgaben) oder anderen fernen Transfermaßen (Reasoning, Speed, Fehlleistungen) aus, sodass die Bedeutsamkeit dieses Befunds nicht überschätzt werden darf. Bei Jaeggi und Kollegen (2011) gelang der Gruppe mit hohem Trainingsgewinn ein Transfer auf Reasoning, allerdings bestand die Stichprobe aus neunjährigen Kindern, welche über eine größere Plastizität als ältere Erwachsene verfügen (Brehmer et al., 2007).

Die mentale Geschwindigkeit sollte vom Training unberührt bleiben, denn es gab keinen Grund zu der Annahme, dass dieses Training die kognitive Verlangsamung im Alter reduziert. Hypothese 7 konnte bestätigt werden, jedoch ist dieser Befund in Abwesenheit sämtlicher anderer Effekte kaum bemerkenswert. Der in einigen Untersuchungen (z. B. Borella et al., 2010; Jaeggi et al., 2008) berichtete ferne Transfer zum logischen Denken, welcher unter anderem die Grundlage für das verstärkte Forschungsinteresse in Arbeitsgedächtnistraining darstellt, konnte – ebenso wie in aktuelleren Studien von Chooi und Thompson (2012), Redick und Kollegen (2012) sowie Richmond und Kollegen (2011) – nicht repliziert werden. Hypothese 8 muss abgelehnt werden. Es zeigte sich vielmehr eine Annäherung der Gruppen nach dem Training (leichte Verschlechterung der Experimentalgruppe und aktiven Kontrollgruppe, Verbesserung der passiven Kontrollgruppe), sodass die Gruppenunterschiede im Posttest kleiner waren als im Prätest.

Zuletzt wurde der Transfer auf den Alltag mittels eKFA und CFQ untersucht, doch auch hier konnten keine bedeutsamen Effekte erwartet werden, nachdem die potenziellen Ursachen (Kapazität und Kontrolle) nicht verbessert wurden. Wenn der Transfer selbst innerhalb desselben Settings nicht auftritt (vom Labor-Training zu Transferaufgaben), ist ein Transfer auf ein anderes Setting (vom Labor-Training zu Alltagsmessung) sehr unwahrscheinlich. Auffällig war in beiden Instrumenten (eKFA und CFQ) die stets geringere Fehlerhäufigkeit der Experimentalgruppe im Prätest, wobei sich die Differenz aufgrund sehr leichter Verbesserungen dieser Gruppe im eKFA und einer Verschlechterung beider Kontrollgruppen im CFQ im Posttest noch vergrößerte. Auch wenn eine positive Interpretation attraktiv ist, da doch ausschließlich die Experimentalgruppe

weniger Alltagsfehler im eKFA berichtete und ihr Fehlerniveau im CFQ stabil blieb, während es in den Kontrollgruppen (vielleicht sogar altersbedingt) zunahm, waren die absoluten Werte bei sehr großer Streuung derart gering, dass ein Einfluss des Trainings auszuschließen ist. Auch Hypothese 9 muss verworfen werden, obwohl die Höhe der Interaktionseffekte der von Brehmer und Kollegen (2012) entspricht, welche in ihrer Untersuchung als bedeutsamer und gelungener Transfer interpretiert wurden (Kriterium dort: CFQ).

Die berichteten Befunde erzeugen ein sehr pessimistisches Bild, in welchem die Arbeitsgedächtniskapazität und die Aufmerksamkeitskontrolle – zumindest bei älteren Erwachsenen – nicht über reine Übungseffekte hinaus trainierbar sind. Nun sollen Studiendesign und Aufgabenwahl genauer betrachtet werden, um auf die Generalisierbarkeit der Ergebnisse schließen zu können.

11.2.2 Mögliche Ursachen des Misserfolgs

Bevor Arbeitsgedächtnistraining als erfolglos akzeptiert werden muss, sind alternative Erklärungen für den hier berichteten Misserfolg zu untersuchen. Zum einen ist denkbar, dass ein tatsächlicher Erfolg mit dem gewählten Design nicht aufzudecken war, und zum anderen hatte das Training womöglich Defizite, die einen potenziellen Transfer verhinderten. Im Folgenden werden daher die Gruppengröße, die Messzeitpunkte, die Umsetzung der aktiven Kontrollgruppe, die Ausgangslage im Prätest sowie Dauer und Adaptivität des Trainings diskutiert.

Die Generalisierbarkeit von Ergebnissen hängt unter anderem von der Repräsentativität der Stichprobe für die Population ab. Die Teilnehmer dieser Studie hatten mit durchschnittlich vierzehn Jahren einen etwas längeren Bildungsweg als Ältere in anderen Untersuchungen, wie beispielsweise der ACTIVE-Studie ($M = 13.59$; Gross & Rebok, 2011), der AHEAD-Studie (Asset and Health Dynamics Among the Oldest Old Study; $M = 11.04$; Infurna, Gerstorf, Ryan & Smith, 2011), der *Berliner Altersstudie* ($M = 10.80$; Lindenberger & Baltes, 1997), der COGITO-Studie ($M = 13.60$; Schmiedek et al., 2010) oder der *Zurich Longitudinal Study on Cognitive Aging* ($M = 13.23$; Zimprich, Martin, Kliegel, Dellenbach, Rast & Zeintl, 2008). Der Altersdurchschnitt in den genannten Untersuchungen lag dabei mindestens drei Jahre oberhalb des Durchschnitts der hier vorliegenden Studie. Die Teilnehmer waren des Weiteren sehr sportlich (zwei Drittel gaben mehrmals wöchentliche Sportaktivitäten an), was auf die direkte Rekrutierung in Sport- und Tanzgruppen zurückzuführen ist. Freiwillige Stichproben sind stets positiv selektiert, es gibt jedoch keinen Grund zu der Annahme, dass hier ein bedeutsamer Stichprobenfehler vorliegt, der eine Generalisierung verhindert.

Gruppengröße. Mit 30 Personen pro Gruppe ist die Stichprobengröße zwar mindestens vergleichbar mit anderen Untersuchungen dieser Art, doch das schützt sie nicht vor etwaigen Powerproblemen. Je kleiner die Effekte in der Population sind, umso größer muss die Stichprobe sein, um diese aufdecken zu können (Cohen, 1988). Dass in dieser Untersuchung keine Transfer-effekte gefunden wurden, könnte somit an einer zu geringen Stichprobengröße liegen und tatsächlich gibt es einen Transfer, welcher jedoch nur eine sehr geringe Höhe hat.

Die Bewertung einer Effektstärke hängt auch von der praktischen Relevanz einer Fragestellung ab. Während beispielsweise geringste Effekte bei der Verlängerung eines zufriedenstellenden Lebens (durch Erhalt bestimmter körperlicher oder geistiger Fähigkeiten) eine große Bedeutung haben, können starke Effekte wenig Einfluss haben, wenn sie lediglich die Erhöhung eines Testwerts in einem unbedeutenden Instrument darstellen. Aus diesem Grund sind konventionelle Alpha- und Beta-niveaus teilweise künstlich und irreführend, sodass sich eine Lücke zwischen Theorie und Praxis beobachten lässt. Es sollte für jede Fragestellung separat überlegt werden, welches Risiko für die verschiedenen Fehler akzeptiert werden kann, ob beispielsweise bei großer praktischer Relevanz auch eine zehnpromtente Irrtumswahrscheinlichkeit möglich ist. Auf der anderen Seite sollte bei großem Aufwand einer Intervention der Betafehler (d. h. fälschliche Abweisung der Alternativhypothese) eventuell auf zehn statt auf zwanzig Prozent reduziert werden. Kognitives Training ist sehr zeit- und kostenintensiv, weshalb eine Bewertung der Effektivität, welche zur häufigen Durchführung animieren würde, mit Vorsicht vorzunehmen ist. Der Interaktionseffekt für Reasoning in dieser Untersuchung ist beispielsweise so gering, dass er nur mit einer zwölfwachen Vergrößerung der Stichprobe vom Zufall abgegrenzt werden könnte ($N = 1074$ für $\eta^2 = .03$, α -Fehler = $.05$, β -Fehler = $.20$; G*Power 3.1.5). Die wenigen zusätzlichen Punkte im Intelligenztest, welche dieser Effekt bedeutet, haben jedoch vermutlich kaum Einfluss auf die Alltagskompetenz.

Messzeitpunkte. Da einige Varianzanalysen bedeutsame Zeiteffekte aufzeigten, gab es offenbar einen großen Lerneffekt vom ersten zum zweiten Messzeitpunkt. Dieser erschwert die Interpretation aller Effekte und weist zudem auf Verständnisschwierigkeiten einiger Instruktionen während des Prätests hin. Das Verständnis der Anleitungen ist elementar zur Messung von Fähigkeiten, da Leistungen bei unverständenen Aufgaben keinerlei Aussagekraft haben. Die Instruktionen wurden in einer Voruntersuchung geprüft und verbessert, es gab zu jeder Aufgabe mindestens drei Beispiele, Rückfragen vor (sowie im Zweifelsfall auch während) der Testung waren erlaubt und dennoch zeigten sich durch Ausreißer, sehr lange Reaktionszeiten und den unerwarteten Zuegewinn im Posttest diese Probleme. Es ist möglich, dass einige Aufgaben für die ältere Population

zu schwierig sind oder manche Senioren doch mehr Umstände mit dem Arbeiten am Computer hatten, als sie angaben. Vor allem die Gewöhnung an den Computer vom Prätest zum Posttest birgt Gefahren für Untersuchungen mit älteren Erwachsenen.

Auch der Zeitpunkt des Posttests kann entscheidend sein. Bei Studien mit Transfererfolgen, wie sie zum Beispiel von Jaeggi und Kollegen (2008) oder Borella und Kollegen (2010) berichtet wurden, erfolgte der Posttest einen oder zwei Tage nach der letzten Trainingssitzung, während bei erfolglosen Trainings oft eine Woche verging (Buschkühl et al., 2008; Colom et al., 2010). Auch in der hier beschriebenen Untersuchung verging eine Woche, sodass der potenzielle Transfer womöglich nur sehr kurzfristig bestand. Wenn ein Transfereffekt jedoch nicht einmal sieben Tage anhält, steht dieser Erfolg in keinem Verhältnis zu einem mehrwöchigen Training.

Aktive Kontrollgruppe. Allein der Einsatz einer aktiven Kontrollgruppe gewährleistet nicht, dass potenzielle Effekte mehr als nur die höheren Erwartungen der Trainingsgruppe widerspiegeln. Empfehlenswert ist zum einen, dass die aktive Kontrollgruppe auf einer geringeren Schwierigkeitsstufe (*low-dose*) die gleiche Fähigkeit trainiert wie die Kontrollgruppe (z. B. Brehmer et al. 2012; Persson & Reuter-Lorenz, 2008), und zum anderen, dass sie in einer nicht verwandten Fähigkeit adaptiv trainiert werden (Shipstead et al., 2012), da vor allem das stetige Feedback über die Leistung eine hohe Motivation erzeugt. In der vorliegenden Trainingsstudie wurde hingegen weder ein *low-dose*-Training noch ein adaptives Vorgehen in der aktiven Kontrollgruppe genutzt, sodass besondere Erwartungseffekte in der Experimentalgruppe nicht ausgeschlossen werden konnten. Tatsächlich gaben die Teilnehmer der Experimentalgruppe in der Abschlussbefragung mehr subjektive Fähigkeitsveränderungen an als die Kontrollgruppen, doch dies zeigte sich letztendlich nicht in verbesserten Leistungen und senkt somit nicht die Qualität dieser Untersuchung.

Prätest-Äquivalenz. Ein bedeutsames Defizit der vorliegenden Untersuchung ist die zum Teil fehlende Prätest-Äquivalenz. Durch die hohe Streuung und damit auch das große Konfidenzintervall um den Mittelwert sind die Unterschiede zwischen den Gruppen im Prätest zwar nicht statistisch bedeutsam, aber die Interaktionsdiagramme zeigen, dass die Experimentalgruppe bereits vor dem Training in den meisten Konstrukten bessere Werte zeigte als die Kontrollgruppen und vor allem die Differenz zur aktiven Kontrollgruppe – welche die höchsten mittleren Bildungsjahre aufwies – groß war. Da die Besetzung der Gruppen zufällig erfolgte, im Verlauf der neunmonatigen Datenerhebung die Reihenfolge der Gruppen wechselte und somit die Kontrollgruppen nicht nur von weniger motivierten Teilnehmern besetzt wurden, die sich später gemeldet

haben, kann die Ursache hierfür nicht in der Prozedur gefunden werden. Die Anzahl der Hochschulabsolventen war in der Experimentalgruppe sogar geringer als in den Kontrollgruppen (vgl. Tabelle 2). Auch Paare oder befreundete Teilnehmer, denen eine gemeinsame Gruppe wichtig war, gab es zu wenig, um daraus einen Einfluss abzuleiten. Vermutlich gelten aufgrund der Heterogenität älterer Erwachsener andere Regeln bezüglich einer empfehlenswerten Stichprobengröße, bevor Zufallsprozesse optimal greifen können.

Obwohl diese Ausgangslage für Gruppenvergleiche nach einer Intervention ungünstig ist, wären die Folgen bei signifikanten Transfereffekten deutlich schwerwiegender, da die Prätestunterschiede für diese Effekte verantwortlich gemacht werden könnten. Trotz dieses Vorteils für die Experimentalgruppe wurden jedoch keine bedeutsamen Effekte gefunden, weshalb dieser Punkt hier eine etwas geringere Rolle spielt. Allerdings muss beachtet werden, dass bei größeren Unterschieden zu Beginn die Werte im Posttest auch eine Regression zur Mitte widerspiegeln können. Das gilt zum einen für schlechte Werte in den Kontrollgruppen, die im Posttest steigen und Transfereffekte verdecken sowie Erwartungseffekte suggerieren können, und zum anderen für gute Werte der Trainingsgruppe im Prätest, die nach dem Training sinken können. Da im Alter neben der Steigerung von Fähigkeiten auch deren Erhalt ein wichtiges Ziel darstellt (Ebner et al., 2006), verhindern die Unterschiede zu Beginn unter Umständen, dass die differenzierte Wirksamkeit des Trainings sichtbar wird.

Adaptivität des Trainings. Obwohl sich die Schwierigkeit der Trainingsaufgaben in Abhängigkeit von den Fähigkeiten der Teilnehmer erhöhte oder verringerte, kann es dennoch sein, dass nicht durchgehend und effektiv an der Leistungsgrenze trainiert wurde. In den ersten vier Sitzungen begann jeder mit der geringsten Schwierigkeit, sodass sehr fähige Teilnehmer viele Aufgaben bearbeiten mussten, bevor sie an ihre Grenze gelangten. Die Zeitbegrenzung von zehn Minuten führte bei drei der fünf Aufgaben dazu, dass im ungünstigsten Fall nur zwei Trials mit herausforderndem Charakter geschafft wurden und dies an Trainingsintensität nicht für eine Ausweitung der Fähigkeit und einen potenziellen Transfer ausreichte. Ab der fünften Sitzung wurde für die Multiple Switching Task mehr Zeit angeboten und in den anderen Aufgaben (außer der Dot Span) eine Schwierigkeitsstufe höher begonnen, doch auch dort war die Zeit unter Umständen nicht ausreichend, beispielsweise wenn durch Unaufmerksamkeit ein leichter Trial fehlerhaft gelöst wurde und daher das Prüffenster um diesen erweitert werden musste. Ideal wäre es, wenn jeder Teilnehmer einen individuellen Startwert für sein Training hätte. Brehmer und Kollegen (2012) passten ihr Training entsprechend an die Leistung des Vortages an, wobei ein Einstieg auf der höchsten Stufe womöglich zu schwer zu Beginn einer Sitzung ist. Um den Teilnehmern die

Möglichkeit zur Erwärmung zu geben, wäre zum Beispiel eine Stufe unterhalb der besten Stufe des vorherigen Trainings sinnvoll. Zusammenfassend ist somit nicht auszuschließen, dass ein potenzieller Transfer unabhängig von der Länge des Trainings aufgrund der Defizite im adaptiven Algorithmus dieser Untersuchung nicht auftreten konnte.

Dauer und Intensität des Trainings. Das Training bestand aus zwölf Stunden, welche innerhalb von sechs Wochen absolviert wurden. Damit konnte keinerlei Transfer nachgewiesen werden. Oft steht bei negativen Transferberichten die Frage im Raum, ob es lediglich am Trainingsumfang (d. h. der Dosis) lag und eine Fortführung des Trainings zu Transfer geführt hätte – obwohl hier nicht einmal Tendenzen in die gewünschte Richtung auftraten. Eine Verdopplung oder gar Verdreifachung der Dosis kann allerdings auch negative Folgen haben. Möglich sind beispielsweise wachsende Motivationsdefizite der Teilnehmer aufgrund der hohen Alltagsbelastung durch wochenlange Termine. Die Verlegung des Trainings in die Wohnungen der Teilnehmer (z. B. als Onlinetraining) ist dabei keine Alternative, da die Compliance durch die Abwesenheit des Versuchsleiters gefährdet ist (vgl. Kritik an der Trainingsstudie von Owen et al., 2010) und Zugangsprobleme (kein Computer, kein Internet) bestehen könnten. Denkbar ist auch eine Trainingsmüdigkeit durch den sich stetig wiederholenden Ablauf. In einer sehr langen Zeitspanne können zudem interindividuell große Veränderungen stattfinden, sodass die Ergebnisse schwerer zu interpretieren wären bzw. die Gruppengröße deutlich angehoben werden müsste.

Die in anderen Studien berichteten Intensitäten variierten zwischen täglichem Training (u. a. Schmiedek et al., 2010) und wöchentlichem Training (u. a. Kray et al., 2012), wobei die Erfolge, verglichen mit dem zeitlichen und finanziellen Aufwand, für eine geringere Intensität sprechen (Penner et al., 2012). Da anzunehmen ist, dass – ähnlich eines körperlichen Trainings (Froböse, 2010) – auf der einen Seite Wachstum auch Pausen benötigt und auf der anderen Seite zu große Abstände einen Aufbau auf bereits erzielte Verbesserungen erschweren, wurde in dieser Untersuchung zweimal pro Woche als Intensität gewählt. Dies entspricht auch dem Pensum, welches im erfolgreichen Reasoning-Training von Klauer (1989, 1991, 1993; vgl. Abschnitt 11.3.2) genutzt wird. Offen bleibt, ob die Effektivität mit einer weiteren wöchentlichen Sitzung gestiegen wäre, weil dann der Abstand zwischen zwei Trainingseinheiten nie größer als zwei Tage gewesen wäre.

Die Arbeitsgedächtniskapazität spielt im Alltag eine sehr große Rolle und ist daher täglich beansprucht. Im Verhältnis dazu decken gezielte kognitive Intervention nur einen geringen Zeitraum ab, in dem eine Veränderung im Grunde nicht zu erwarten ist. Wenn ein Training jedoch sehr lang andauert und zwar messbare, aber vergleichsweise geringe Effekte erzielt werden, ist

die Frage nach der Effizienz zu stellen. Die Hoffnung bestand darin, mit dem Training einer grundlegenden Fähigkeit auf viele höhere Prozesse Einfluss zu nehmen, doch wenn dies nur mit sehr großem Aufwand möglich ist, könnte ein direktes Training dieser höheren Kognitionen mehr Erfolg haben (Klauer & Phye, 2008; vgl. Abschnitt 11.3.2). Zudem konnten metaanalytisch keine Langzeiteffekte gefunden werden (Melby-Lervåg & Hulme, 2012), sodass selbst bei gelungenem Transfer der Nutzen des Arbeitsgedächtnistrainings sehr beschränkt ist. Vielleicht darf ein kognitives Training nicht als einmalige, zwischenzeitliche Intervention betrachtet werden, welche unmittelbar zu messbaren und stabilen Erfolgen führt, sondern sollte – vor allem für ältere Erwachsene – eine dauerhafte Ergänzung zu anderen gesunderhaltenden Maßnahmen wie Bewegung, der Einnahme von Medikamenten oder einer ausgewogenen Ernährung darstellen.

11.2.3 Operationalisierung der Konstrukte

Vorherige Studien erhielten aufgrund des Einzelaufgaben-Designs und vor allem durch den alleinigen Einsatz der Raven-Matrizen als Maß für Reasoning häufig Kritik für ihre Methodik. In dieser Untersuchung wurden hingegen stets mehrere Indikatoren pro Konstrukt mit verschiedenen Inhalten genutzt, sodass die gewonnen Befunde mehr Gewicht haben. Die Aufgabenwahl muss dennoch kritisch betrachtet werden. In Prä- und Postsitzungen wurden teilweise identische Aufgaben genutzt, sodass die wiederholte Darbietung bereits einen Einfluss haben kann. Für die Verarbeitungskapazität und die Bearbeitungsgeschwindigkeit aus dem BIS hätten beispielsweise andere Aufgaben aus den gleichen Zellen genommen werden können, welche als Paralleltests dienen würden. In manchen Aufgaben wurden die Items zufällig vorgegeben (z. B. Operation Span, Multiple Switching Task), in anderen war die Reihenfolge festgelegt (z. B. Memory Updating numerisch, Reading Span). Da die Wiederholungseffekte jedoch nur bei Transfererfolgen eine Rolle spielen und zudem zur Kontrolle von Wiederholungseffekten eine passive Kontrollgruppe eingesetzt wurde, stellt dies keinen starken Kritikpunkt dieser Untersuchung dar.

Aufgabenschwierigkeit. Die Reasoning-Aufgaben aus dem BIS-4 (Jäger et al., 1997) wurden von vielen Teilnehmern als zu schwer und nicht verständlich kritisiert. Diese Art des Denkens beschrieben die Senioren als zu artifiziell und alltagsfern, als dass sie die Relevanz und Intention dieser Tests nachvollziehen könnten. Der BIS ist vor allem durch seine starke Zeitbegrenzung sehr schwierig, weshalb die Zeit pro Aufgabe verlängert wurde, doch dies war aufgrund der großen Leistungsstreuung der Teilnehmer nur bedingt erfolgreich. Während einige schon nach der Hälfte der Zeit ihre Aufmerksamkeit auf andere Dinge richteten und keine weitere Aufgabe mehr lösen konnten oder wollten, arbeiteten andere bis zur letzten Sekunde intensiv an den Lösungen

und wurden durch das Stoppsignal unterbrochen. Für letztere sind die Werte im logischen Denken somit womöglich unterschätzt.

Auch die Dot Span mit den zwei Symmetrieentscheidungen (vertikal, horizontal) bereitete große Probleme. Geringe Mittelwerte und das verbalisierte Unverständnis während der Testungen zeigen, wie schwierig den älteren Erwachsenen diese Aufgabe fiel. Somit könnte zum einen der Trainingseffekt überschätzt werden, wenn die anfängliche Leistung nicht die realen Fähigkeiten repräsentiert. Zum anderen könnte aber auch der Transfer verhindert werden, da die Teilnehmer durch häufige Misserfolge womöglich demotiviert waren, an ihren Fähigkeiten zweifelten und im ungünstigsten Fall zehn Minuten pro Trainingssitzung mit dieser Aufgabe vergeudeten, in denen sie eine andere Aufgabe (z. B. die sehr ähnliche Symmetry Span, vgl. Chein & Morrison, 2010) hätten trainieren können.

Updating-Prozesse. Die eingesetzten Running Memory Spans unterschieden sich von der ursprünglichen Version von Pollack und Kollegen (1959), da die Teilnehmer zwar auch in dieser Untersuchung nicht die Länge der Liste kannten, ihnen jedoch vorgegeben wurde, wie viele der Items sie sich merken müssen. Im Original lautet die Instruktion, so viel Items wie möglich in der korrekten Reihenfolge wiederzugeben, was einen etwas anderen Updating-Prozess erfordert, als er hier notwendig war. Dennoch gibt es keine Hinweise auf eine fehlerhafte Operationalisierung. Die geringeren internen Konsistenzen der Running Memory Spans stellen ein bekanntes Defizit der verwandten N-Back dar (Jaeggi et al., 2010a) und da Korrelationen zu anderen Aufgaben generell durch die eigene Reliabilität begrenzt sind (Meier & Perrig, 2000), zeigten sich niedrige Korrelationen mit komplexen Spannenaufgaben und auch anderen Updating-Aufgaben. Vermutlich hätte der Einsatz einer N-Back-Aufgabe die Senioren sehr überfordert und zu Motivationsverlusten geführt, da sie deutlich schwieriger ist als die Running Memory Span, allerdings wäre eine zusätzliche Aufnahme dieser Aufgabenklasse in die Prä-Post-Batterie – vor allem in Hinblick auf den Facettenreichtum des Arbeitsgedächtnisses – sicher spannend gewesen. Nicht zuletzt geben neuere Trainingsstudien Hinweise darauf, dass vor allem ein adaptives N-Back-Training den Fokus der Aufmerksamkeit vergrößern kann und somit für Transfereffekte günstig ist (Lilienthal, Tamez, Shelton, Myerson & Hale, 2013). Für den Transfer sowie die gemeinsame Faktorenbildung wurde es jedoch als wichtig angesehen, die gleichen Mechanismen abzubilden, denn komplexe Spannenaufgaben und Updating-Aufgaben erfordern die freie Wiedergabe von gespeicherten Inhalten, während die N-Back nur auf Wiedererkennung basiert (Shelton et al., 2007).

Neuentwickelte Switching-Aufgabe. Die Multiple Switching Task wurde für diese Untersuchung konstruiert, da die bestehenden Switching-Aufgaben keine Verknüpfung zwischen verschiedenen Hinweisreizen ermöglichen, die Zahl der Aufgabensets auf zwei beschränkt ist und somit eine geringe Alltagsnähe vorliegt. Im Alltag findet sich eine Mischung aus externen Reizen (verbale Hinweise, Telefonklingeln, geräuschvolles Abschalten des Wasserkochers usw.) sowie selbstinitiierten Aufmerksamkeitsverschiebungen (prospektives Gedächtnis: Erinnerung an einen Telefontermin, Beachten der Reihenfolge beim Kochen) und auch in der Multiple Switching Task wird zum einen mit visuellen Hinweisreizen (Aufgabenzeiger) und zum anderen mit eigener Steuerung (Stoppuhr) gearbeitet. Dabei werden den Teilnehmern die Hilfen zwar angeboten, sie müssen diese aber selbstständig nutzen, indem sie ihre Blickrichtung entweder auf den oberen Bildschirmrand zur Aufgabenliste richten oder zur Stoppuhr zum rechten unteren Bildschirmrand verschieben. Vor allem die Stoppuhr erforderte hohe Konzentration und häufiges Wechseln des Blicks zwischen Reizpaar, Uhr und Aufgabenreihenfolge. Die Aufgabe erhält somit eine hohe Augenscheinvalidität, da die Hilfestellungen im Alltag auch oft weniger salient sind und bei älteren Erwachsenen ein Training der Nutzung externer Hilfestellungen (zur Kompensation bestehender Defizite) wichtig ist. Nicht zuletzt ist die steigende Anzahl an Aufgaben, welche im Arbeitsgedächtnis verfügbar gehalten werden muss, ökologisch valider als nur zwei Aufgaben.

Die Reaktionszeiten und Genauigkeiten in den einzelnen Elementen der Multiple Switching Task (gemischte und Einzelblöcke, Zeiger und Stoppuhr) entsprechen den Erwartungen über die Schwierigkeit: Zum einen waren die Teilnehmer schneller und genauer, wenn sie nur eine Aufgabe bearbeiteten (Einzelblöcke) statt mehrere in gemischten Blöcken, und zum anderen waren sie schneller und genauer, wenn ihnen der Aufgabenzeiger den Wechsel vorgab anstelle der Stoppuhr. Wenn die Stoppuhr – welche, wie bereits im Methodenteil berichtet, eher einen Countdown darstellte – die Null erreichte, sollte gedanklich ein Wechsel von der aktuellen Aufgabenstellung zur Aufgabenstellung darunter erfolgen, ohne dass es eine Rückmeldung vor Ende des Durchgangs gab. Eine hohe Genauigkeit konnte somit nur erzielt werden, wenn sich der Teilnehmer jederzeit bewusst war, welche Aufgabe aktuell ist und zu welcher Aufgabe als nächstes gewechselt werden muss. Ein Verlust dieses Wissens innerhalb eines Durchgangs mit Stoppuhr führte dazu, dass die Genauigkeiten stark sanken, ohne dass die Geschwindigkeit davon beeinflusst wurde. Beim Aufgabenzeiger konnte zumindest jederzeit überprüft werden, ob die korrekte Aufgabe bearbeitet wird, sodass die Genauigkeiten weniger beeinträchtigt waren, dafür jedoch die Reaktionszeiten unter häufigem Prüfen litten. Dies zeigt sich auch in den Ergebnissen: Die Genauigkeiten in Einzelblöcken und Wechselblöcken mit Aufgabenzeiger unterschieden sich nur wenig, während Stoppuhr und Aufgabenzeiger große Unterschiede in der Genauigkeit zeig-

ten. Andersherum ähnelten sich die Reaktionszeiten beider Wechselbedingungen sehr und der Abstand zu Einzelblöcken war deutlich größer.

Die beste Strategie zur erfolgreichen Bearbeitung der Stoppuhr-Bedingung scheint darin zu bestehen, die Geschwindigkeit zu reduzieren und vor jeder Antwort auf die Stoppuhr und die Aufgabenliste zu achten. Dies führte dazu, dass die Experimentalgruppe im Posttest ihre Genauigkeit in der Stoppuhr-Bedingung stark verbessern und auf das Niveau von Einzelblöcken und Aufgabenzeiger heben konnte. Im Gegensatz zur Wechselbedingung mit Aufgabenzeiger verringerte sich bei der Stoppuhr-Bedingung die Reaktionszeit bei ihnen aber nicht, vielmehr stieg sie leicht an, was für die Nutzung dieser Strategie spricht. Unterstützend zeigten die Kontrollgruppen ähnlich geringe Genauigkeitswerte wie im Prätest, verringerten jedoch ihre Reaktionszeit in der Stoppuhr-Bedingung. Dennoch ist das Switching-Verhältnis der Experimentalgruppe im Posttest weitaus besser als in den Kontrollgruppen, da ihnen in der Wechselbedingung mit Aufgabenzeiger hohe Genauigkeiten bei geringer Reaktionszeit gelangen, sodass die etwas höheren Reaktionszeiten in Wechselblöcken mit Stoppuhr weniger Einfluss nehmen konnten.

Die Multiple Switching Task zeigte bei der Faktorbildung mit den anderen Switching-Aufgaben vergleichbare Ladungen, sodass ihre Validität als Switching-Aufgabe gegeben ist. Auch in der internen Konsistenz, welche bei reaktionszeitbasierten Aufgaben stets sehr hoch ist, unterschied sie sich nicht von bestehenden Verfahren. Die Reaktionszeitkosten und das Switching-Verhältnis in gemischten Blöcken der Multiple Switching Task korrelierten deutlich höher mit Arbeitsgedächtnis und Reasoning als dieselben Parameter der anderen Switching-Aufgaben, doch da in dieser Untersuchung keine Auswertungen auf Aufgabenebene erfolgen sollten, wurden diese Koeffizienten nicht berichtet. Sie sprechen aber für eine gelungene Konstruktion, welche auch in zukünftigen Forschungsvorhaben genutzt werden sollte.

Auswertung der Switching-Aufgaben. Die Switching-Aufgaben in dieser Arbeit unterschieden sich von den typischen Paradigmen, in denen der Wechsel entweder vorhersagbar nach jedem n -ten Stimulus stattfindet (alternating-run, z. B. AAABBB) oder jeder Wechsel mit einem Hinweisreiz nicht vorhersagbar angekündigt wird (explicit cueing; Rogers & Monsell, 1995). Zwar wurde bei den hier verwendeten Switching-Aufgaben der Wechsel zur nächsten Aufgabe mit einem Hinweisreiz (roter Punkt, rote Zahl oder roter Pfeil) zu einem unvorhersehbaren Zeitpunkt angezeigt (= explicit-cueing-Paradigma), jedoch erfolgt dieser nur einmal innerhalb eines gemischten Blocks. Die Teilnehmer merkten demnach schnell, dass die aktuelle Aufgabe nach dem Wechsel bis zum Ende des Blocks beibehalten wird und sie nach der nächsten Anweisung, welche sowohl eine Wiederholung der aktuellen Aufgabe als auch einen Wechsel beinhalten kann,

ausreichend Zeit für die Umstellung haben, da sie selbst per Tastendruck den Beginn des Blocks bestimmten. Eine reine Switching-Anforderung bestand demnach nur zwanzig Mal und sobald diese fehlerhaft war, wurde die Reaktionszeit als fehlend behandelt und durch den Mittelwert ersetzt. Die Berechnung von spezifischen Kosten würde daher bei häufigen Fehlern auf nur sehr wenigen realen Datenwerten im Vergleich zu anderen Studien beruhen, weshalb sie nicht berechnet wurden. Doch auch die generellen Kosten, welche stärker altersabhängig (Kray & Lindenberger, 2000) und besser durch Training beeinflussbar sind als die spezifischen Kosten (Minear & Shah, 2008), leiden unter dieser Umsetzung: Generelle Kosten stellen die Differenz zwischen den mittleren Reaktionszeiten in gemischten und einzelnen Blöcken dar und diese wird unterschätzt, wenn nur sehr wenige Wechsel in gemischten Blöcken stattfinden. Eine Änderung dieser Aufgaben, beispielsweise durch die Einführung von ein oder zwei weiteren Wechseln pro Block, könnte große Auswirkung auf die Switch-Kosten und relevante Zusammenhänge haben.

Wenn die Auswertung über Reaktionszeiten unangemessen erscheint, bleibt noch die Genauigkeit in den Blöcken als Maß für die Fähigkeit zur Aufmerksamkeitsverschiebung. Die ausschließliche Nutzung der Genauigkeit ist – bis auf wenige Ausnahmen (z. B. *Dimensional Change Card Sort-Test*; Zelazo, 2006) – sehr selten, da auf Reaktionszeiten in computergestützten Aufgaben leicht zugegriffen werden kann. Die Bedeutung der Genauigkeit ist zwar im Alltag für Ältere vermutlich größer als die Schnelligkeit, doch die hier vorliegende Untersuchung und auch andere Studien (Karbach & Kray, 2009; Kray et al., 2012) konnten keinen Transfer auf die Genauigkeit nach einem Training der Switching-Fähigkeit finden. Eine aussagekräftige Größe, welche weniger durch die geringe Wechsel-Anzahl verzerrt wird, ist das Switching-Verhältnis. Es setzt die Schnelligkeit in Beziehung zur Genauigkeit und belohnt damit jene Teilnehmer, welche instruktionsgemäß beide Komponenten der Aufgaben gleichwertig befolgen. Das Switching-Verhältnis zeigte hohe Zusammenhänge mit Reasoning, Arbeitsgedächtnis und Kurzzeitgedächtnis, wobei es damit die Korrelationen der Kostenvariablen deutlich überstieg. Es sollte auch in zukünftigen Untersuchungen Anwendung in der Auswertung finden.

Alternative zu Switching-Aufgaben. Zwar ist der Wechsel zwischen Aufgaben sehr alltagsrelevant, doch kommt es bisweilen vor, dass Aufgaben nicht nacheinander, sondern gleichzeitig bearbeitet werden müssen. Dies wird in Doppelaufgaben (= dual tasks) gewährleistet, bei denen ebenfalls die Differenz in Genauigkeit und Schnelligkeit verglichen mit der Bearbeitung einer einzelnen Aufgabe von Interesse ist. Für die Bearbeitung von Doppelaufgaben spielen (1) die geteilte Aufmerksamkeit (McDowd & Shaw, 2000), (2) die Arbeitsgedächtniskapazität und (3) die exekutive Kontrolle (Salthouse, 1994b) eine große Rolle. Ältere Erwachsene weisen eine

größere Differenz zwischen Einzel- und Doppelaufgabenbedingungen auf als jüngere Erwachsene (Kramer & Larish, 1996), wobei diese über die altersbedingte Verlangsamung in den Einzelaufgaben hinausgeht (Tsang & Shaner, 1998). Das Training von Doppelaufgaben wurde in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt, da angenommen wurde, dass diese Art von Multitasking zwar im Berufsleben eine große Rolle spielt, im Rentenalter verschiedene Aufgaben aufgrund der selbstbestimmten Zeiteinteilung jedoch eher nacheinander absolviert werden können. Zudem sollte eine Überforderung vermieden werden.

11.2.4 Besonderheit der älteren Population

Während Untersuchungen mit studentischen Stichproben oft aufgrund ihrer eingeschränkten Varianz kritisiert werden, streuen die Fähigkeiten älterer Erwachsener stark (Christensen, Mackinnon, Korten, Jorm, Henderson, Jacomb et al., 1999). Unterschiedliche Erfahrungen, Bildungswege, Krankheitsgeschichten und viele andere Faktoren führten dazu, dass eine große interindividuelle Variabilität vorliegt, die einen Schluss auf *die* ältere Population im Grunde nicht ermöglicht. Dannefer (1987) spricht in diesem Zusammenhang von internaler Kohortendifferenzierung. Problematisch ist nun, dass Mittelwertvergleiche eine homogene Stichprobe benötigen und Streuung innerhalb der Gruppe als Fehlervarianz betrachtet wird – Interpretierbarkeit und Generalisierbarkeit der Befunde sind daher stark eingeschränkt (Buitenweg et al., 2012).

Auch in der vorliegenden Studie gab es zum Teil sehr große Streuungen innerhalb der Gruppen, sodass Mittelwertsunterschiede innerhalb von zufälligen Schwankungen untergingen. Abbildung 33 stellt die Verläufe der 31 Teilnehmer der Trainingsgruppe in den trainierten Aufgaben in Prä- und Posttest dar, was beispielhaft für die große Heterogenität innerhalb der Gruppen stehen soll. Die Faktorwerte liegen nicht nur sehr weit auseinander, sie verändern sich auch in unterschiedlicher Weise von leichten Verlusten bis hohen Gewinnen.

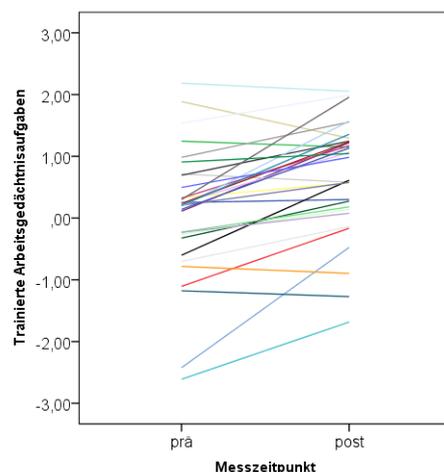


Abbildung 33: Einzelverlaufskurven der Experimentalgruppe für trainierte Arbeitsgedächtnisaufgaben

Die Levene-Statistik der Varianzanalysen im Anhang K zeigt, dass bei sechs von zweimal fünfzehn Analysen (jeweils für Prätest und Posttest) die Voraussetzung gleicher Varianzen in Prä- oder Posttest nicht gegeben war. Allen Interaktionsdiagrammen kann anhand der Konfidenzintervalle zudem entnommen werden, dass jeweils eine der drei Gruppen deutlich stärker streute als die anderen, wobei jede Gruppe mindestens einmal davon betroffen war und somit keine Gruppe besonders auffiel. Nun kann dieser Befund einerseits zu dem Schluss führen, den Ergebnissen der Varianzanalysen nicht zu vertrauen, oder andererseits darauf aufmerksam machen, dass für ältere Erwachsene Analysen notwendig sind, welche die größere Streuung berücksichtigen und ihren Fokus weniger auf gemittelte Ergebnisse denn auf individuelle Veränderungen legen. Zu Beginn dieser Untersuchung war eine geringere Altersspanne von zehn Jahren geplant (60- bis 70-Jährige), um eben dieses Streuungsproblem einzugrenzen. Vermehrte Anfragen älterer Personen sowie zunächst geringe Rekrutierungserfolge führten letztendlich allerdings zu einer Vergrößerung der Altersspanne.

Heterogenität in dieser Altersgruppe bedeutet auch, dass der kognitive Verfall unterschiedlich schnell und stark einsetzt (Willis & Schaie, 1986). In einer Längsschnittstudie von Yaffe, Fiocco, Lindquist, Vittinghoff, Simonsick, Newman und Kollegen (2009) konnten unter den 70- bis 79-Jährigen beispielsweise 30 Prozent identifiziert werden, bei denen keine Veränderungen innerhalb von acht Jahren auftraten, 53 Prozent der Senioren zeigten einen mäßigen Abfall im Mini-Mental-Status-Test und 16 Prozent verschlechterten sich um mehr als eine Standardabweichung in diesem Demenz-Screening-Verfahren. Somit bedeutet Trainingserfolg für manche eine Verbesserung ihrer Leistung, für andere deren Erhalt und für eine dritte Gruppe womöglich ein langsamerer Verfall. Besteht eine Trainingsgruppe aus all diesen Typen, kann der Mittelwert nach dem Training keinerlei Aussage über dessen Erfolg bieten (vgl. Abbildung 33). Hier wäre die Untersuchung von kleineren Subgruppen hilfreich, um der Frage nachzugehen, für wen welche Trainingsart und Trainingsdauer hilfreich ist (Buitenweg et al., 2012).

11.2.5 Fazit zum Training

Diese Untersuchung unterscheidet sich von den bisherigen Trainingsstudien, da sie – von den oben genannten Aspekten (Adaptivität, Heterogenität) abgesehen – zum einen die Voraussetzungen für erfolgreichen Transfer weitgehend erfüllte und zum anderen in der Lage war, Scheineffekte aufzudecken. Neben der Arbeitsgedächtniskapazität, welche durch die Implementierung von verbal-numerischen und figural-räumlichen Aufgaben sowie komplexen Spannenaufgaben und Updating-Aufgaben vielfältig trainiert wurde, fand auch speziell ein Training der die Aufmerksamkeitskontrolle statt. Durch den Einsatz einer aktiven und einer passiven Kontrollgruppe

sowie das Bilden von latenten Faktoren durch mehrere Indikatoren, welche die Konstrukte in angemessener Breite repräsentierten, wurde zudem sicher gestellt, dass aufgabenspezifische Übereinstimmungen zwischen verschiedenen Aufgaben nicht mit Transfer verwechselt werden (Morrison & Chein, 2011; Richmond et al., 2011). Neuere Studien berichteten bereits das Ausbleiben von fernem Transfer, doch konnte zumindest ein naher Transfer auf nicht trainierte Arbeitsgedächtnisaufgaben nachgewiesen werden (Redick et al., 2012; Salminen et al., 2012). Demgegenüber gelang es der Trainingsgruppe in dieser Untersuchung nicht, sich stärker als die Kontrollgruppen in Arbeitsgedächtniskapazität und Switching-Fähigkeit zu verbessern, obwohl sie ähnliche Aufgaben über sechs Wochen trainierten. Wenn es nun nicht einzig eine Frage des Trainingsumfangs und der verbesserungswürdigen Adaptivität ist, bleibt nur die Schlussfolgerung, dass weder Aufmerksamkeitskontrolle noch Arbeitsgedächtniskapazität über einen reinen Trainingseffekt hinaus trainierbar sind. Die Implikationen dieses Schlusses sind weitreichend, schließlich werden Trainingsbatterien kommerziell angeboten (z. B. cogmed.com, neuronation.de, braintwister.unibe.ch) und es werden weiterhin Mittel in die Trainingsforschung investiert.

Alternative Erklärung. Der nahe Transfer blieb genau genommen nicht aus, er war nur nicht auf die Experimentalgruppe begrenzt, sondern zeigte sich auch in der aktiven Kontrollgruppe. Hierfür wurden Erwartungseffekte verantwortlich gemacht. Anstelle des motivationsgetriebenen Erwartungseffekts ist allerdings auch eine reale – zumindest kurzweilige – Verbesserung der Arbeitsgedächtniskapazität möglich. Vielfach ist die Erhöhung des Dopaminspiegels als biochemisches Korrelat für eine verbesserte Arbeitsgedächtniskapazität gefunden worden (u. a. Aalto et al., 2005; Bäckman & Nyberg, 2013; McNab et al., 2009). Da sich im Alter eine Abnahme des frontostriatalen, dopaminergen Systems zeigt und somit die Produktion von Dopamin verringert ist (Bäckman, Nyberg, Lindenberger, Li & Farde, 2006; vgl. Abschnitt 4.5), könnten vor allem bei älteren Erwachsenen sämtliche Aktivitäten, welche mit einer Erhöhung des Dopaminspiegels einhergehen, nahe Transfereffekte suggerieren. Tatsächlich wurden auch nach körperlichem Training Steigerungen in verschiedenen kognitiven Fähigkeiten, unter anderem dem Arbeitsgedächtnis (Colcombe & Kramer, 2003), erzielt und Buitenweg und Kollegen (2012) schlagen sogar den gezielten Nutzen von Neuartigkeit für eine kognitive Stimulierung vor. Beides setzt Dopamin frei, ebenso wie Belohnung, Lachen und das Essen von fettreichem Fisch. Des Weiteren konnten Autin und Croizet (2012) die Arbeitsgedächtniskapazität von Sechstklässlern allein dadurch steigern, dass sie die wahrgenommene Schwierigkeit verschiedener komplexer Spannaufgaben als notwendige Herausforderung uminterpretierten (analog des therapeutischen *reframing*). Nicht zuletzt schlagen Park und Kollegen (2007) für eine Fähigkeitsverbesserung bei

Älteren neben spezifischem Training das Ausschöpfen automatisierter und altersunabhängiger Fähigkeiten, das Einbinden sozialer und emotionaler Aspekte sowie das Erlernen neuer Fertigkeiten (ein unbekanntes Instrument spielen, Schauspielen usw.) vor. Positiv ausgedrückt ist es möglich, kognitive Plastizität und eine kurzfristige Steigerung der kognitiven Fähigkeiten durch eine Vielzahl an Aktivitäten anzuregen, doch einem Arbeitsgedächtnistraining kommt dabei keine besondere Rolle zu. Wäre es irrelevant, worauf eine Verbesserung zurückzuführen ist, und kognitives Training zudem ohne großen Aufwand durchführbar, gäbe es keinen Grund, mittels einer aktiven Kontrollgruppe die Motivation auszuschließen, da sie eine willkommene Unterstützung des positiven Effekts ist. Selbstverständlich ist diese Sichtweise jedoch nicht hilfreich, um die Bedingungen und Reichweite der kognitiven Plastizität zu erforschen.

11.3 Spezifik des Arbeitsgedächtnisses

Nachdem in den vorherigen Abschnitten hypothesenbezogene Überlegungen zum Transfer von kognitivem Training beschrieben und verschiedene Aspekte der Untersuchung diskutiert wurden, soll im Folgenden auf spezifische Befunde eingegangen werden, welche für das Verständnis des Arbeitsgedächtnisses relevant sind.

11.3.1 Bestandteile und Verknüpfungen

Operationsfaktoren. Da das Arbeitsgedächtnis ein facettenreiches Konstrukt ist, können verschiedenste Aufgaben zur Operationalisierung genutzt werden (Oberauer, 2005). Die Anforderungen von komplexen Spannaufgaben und Updating-Aufgaben unterscheiden sich vor allem darin, dass bei ersteren Speichern und Verarbeiten an getrennten Informationen stattfinden, während bei letzteren die zu merkende Information manipuliert wird. In dieser Untersuchung konnten die Befunde von Schmiedek und Kollegen (2009) bestätigt werden, da eine exploratorische Faktorenanalyse keine getrennten Faktoren für diese Aufgabenklassen erzeugte. Somit ähneln sich die Arbeitsgedächtnisstrukturen von jüngeren (Schmiedek et al., 2009) und älteren Erwachsenen (vorliegende Studie) diesbezüglich.

Mithilfe verschiedener Regressionsanalysen wurde untersucht, ob eine spezielle Komponente ermittelt werden kann, welche den Zusammenhang zwischen Arbeitsgedächtnis und Reasoning bestimmt. Ein Resultat war, dass Updating-Aufgaben stärker mit dem logischen Denken verknüpft sind als komplexe Spannaufgaben (trotzdem sie auf einem gemeinsam Faktor laden), was ein deutlicher Hinweis auf die Relevanz dieser Aufgaben in einem Training darstellt. Es zeigt jedoch auch, dass viele der positiven Transferbefunde nach einem Training von einzelnen

oder dualen N-Back-Aufgaben, welche Updating erfordern (z. B. Jaeggi et al., 2008), auf die Nähe der Aufgabenspezifik zurückgehen könnten. Ein Training, welches ausschließlich auf komplexen Spannenaufgaben basiert, hat diesen Vorteil nicht.

Inhaltsfaktoren. Zwischen Kurzzeitgedächtnis und Arbeitsgedächtnis sowie Reasoning zeigten sich hohen Zusammenhänge. Obwohl die Kurzzeitgedächtnisspanne im Mittel sieben Informationen fassen kann (Miller, 1956), ist durchaus denkbar, dass die Grenze bei älteren Menschen niedriger liegt. Da zudem bei einer größeren Anzahl zu speichernder Informationen diese im Sekundärspeicher abgelegt und bei Bedarf wieder abgerufen werden müssen, können auch einfache Spannenaufgaben Arbeitsgedächtnisprozesse erfordern (Kane et al. 2007b, Unsworth & Engle, 2006). Der Kurzzeitgedächtnis-Faktor repräsentierte in dieser Arbeit somit ebenfalls das Arbeitsgedächtnis. Lediglich im numerischen Kurzzeitgedächtnis zeigten sich Deckeneffekte (Mittelwerte nahe der maximalen Punktzahl), was vermutlich auf die große Alltagsrelevanz (Merken von Telefonnummern u. ä.) zurückgeht. Auf den sekundären Speicher muss auch zurückgegriffen werden, wenn verbal-numerische Rehearsal-Strategien unbrauchbar werden, wie beispielsweise bei visuell-räumlichem Material. Eine Faktorenanalyse mit allen Kurzzeit- und Arbeitsgedächtnisaufgaben bestätigte diese Vermutung, da zwar zwei Faktoren aufgespannt wurden, diese jedoch eine inhaltliche Trennung nahelegen. Der daraus resultierende figural-räumliche Faktor wies vor allem mit dem Alter und Reaktionszeitkosten höhere Zusammenhänge auf, während der verbal-numerische Faktor stärker mit den Genauigkeitskosten, dem Switching-Verhältnis sowie den Gesamtwerten von eKFA und CFQ korrelierte. Alle anderen Koeffizienten waren in vergleichbarer Höhe und eine Teilung in jüngere und ältere Teilnehmer verstärkte diesen Befund. Die bekannte Differenzierung zwischen Kurzzeit- und Arbeitsgedächtnis war somit nicht möglich und es ist denkbar, dass sich hier die Dedifferenzierung kognitiver Strukturen im Alter zeigt (Baltes et al., 1980; Smith & Baltes, 1996; Cunningham & Birren, 1980) und bei Jüngeren postulierte Strukturen nicht ohne weiteres auf die ältere Population übertragen werden können.

Da Kurzzeit- und Arbeitsgedächtnis in dieser Arbeit einen gemeinsamen Faktor bilden, ist nicht verwunderlich, dass beide als gleichwertige Prädiktoren in eine Regression eingehen, bei der Reasoning vorhergesagt wird. Für Ältere gilt demnach, dass weder das Einkomponentenmodell von Engle (2002) unterstützt wird, in dem es nur die vom Speicher unabhängige Aufmerksamkeitskontrolle ist, welche die Vorhersagekraft des Arbeitsgedächtnis bestimmt, noch kann das Modell von Mogle und Kollegen (2008) bekräftigt werden, welche entgegengesetzt argumentieren und ausschließlich die Speicherfähigkeit hervorheben. Stattdessen weisen die Befunde darauf hin, dass es beide Aspekte zu gleichen Teilen sind, aus denen das Arbeitsgedächtnis be-

steht und welche für verschiedene Verknüpfungen verantwortlich sind (Unsworth & Engle, 2007a).

Altersabhängigkeit. Es wurde geprüft, ob gemäß der Speed-Hypothese (Salthouse, 1996) der Einfluss des Alters auf die Arbeitsgedächtniskapazität und die Switching-Fähigkeit vollständig durch die generelle Verlangsamung moderiert wird oder ob es zusätzlich unaufgeklärte Altersvarianz gibt. Da die Untersuchung nur ältere Erwachsene beinhaltete, waren eher geringe Alterseffekte zu erwarten (vgl. Salthouse, 1996). Dennoch zeigte sich für die Arbeitsgedächtniskapazität, dass die Varianzanteile, welche durch das Alter erklärt werden können, kaum nach Konstanzhaltung der Geschwindigkeit abnahmen, d. h. Korrelation und Partialkorrelation waren ähnlich hoch. Hier kann die Speed-Hypothese demnach nicht bestätigt werden. Für die Switching-Fähigkeit, im Speziellen das Switching-Verhältnis, gab es zumindest Tendenzen, da sich die – von vornherein geringe – Altersvarianz ohne die Geschwindigkeit halbierte. Allerdings geht die Reaktionszeit in gemischten Blöcken als Dividend (im Zähler) in das Switching-Verhältnis ein und führt somit unvermeidlich zu einem stärkeren Zusammenhang mit der Geschwindigkeit.

Arbeitsgedächtnis und Switching. Die Genauigkeit und die Reaktionszeit repräsentieren verschiedene Fähigkeiten in einer Switching-Aufgabe. Die Reaktionszeit gibt Auskunft darüber, wie effizient der Aufmerksamkeitsfokus wechseln kann und verschiedene Elemente in den Fokus hinein- oder aus ihm herausgeschoben werden können. Informationen, welche sich außerhalb befinden, müssen permanent verfügbar gehalten werden und dies spiegelt sich in der Genauigkeit wider. Wie viele Informationen dabei aufrechterhalten werden können, ist von der Arbeitsgedächtniskapazität abhängig. Die Verknüpfung beider Informationen, wie es im Switching-Verhältnis erfolgte, ist somit optimal für die Auswertung. Es ist vor allem dieses kapazitätsabhängige Aufrechterhalten mehrerer Aufgabensets, welches im Alter abnimmt, und weniger der reine Fokuswechsel (Bherer, Kramer, Peterson, Colcombe, Erickson & Becic, 2005).

Das Switching-Verhältnis zeigte erwartungsgemäß hohe Zusammenhänge mit der Arbeitsgedächtniskapazität. Dies kann wie folgt erklärt werden: Innerhalb der Aufgaben werden Reiz-Reaktions-Abbildungen hergestellt, welche eine Bindung zwischen dem Reiz (z. B. eine gerade Zahl) und der Reaktion (z. B. Drücken der linken Taste) schaffen. Ruft ein Reiz nun konkurrierende Reaktionen hervor, müssen exekutive Prozesse die Handlung leiten. Wie viele Reiz-Reaktions-Abbildungen parallel aufrechterhalten werden können (Oberauer et al., 2003) und auch die Fähigkeit, nicht benötigte Tasksets aus dem Langzeitgedächtnis abzurufen (Unsworth & Engle, 2007a), ist abhängig von der Arbeitsgedächtniskapazität. Dass die Reaktionszeitkosten

keinen Zusammenhang mit der Kapazität aufwiesen, wird an den oben beschriebenen Defiziten der eingesetzten Switching-Aufgaben liegen (vgl. Abschnitt 11.2.3). Zumindest für die Genauigkeitskosten, welche in erster Linie das Aufrechterhalten verschiedener Sets repräsentieren, konnten positive Zusammenhangsbefunde berichtet werden.

11.3.2 Trainierbarkeit des logischen Denkens

Die einseitige Operationalisierungen der Konstrukte (z. B. nur Matrizenaufgaben oder figurale Spannaufgaben) führte in vielen Untersuchung zwar oft zu Überschätzungen des Zusammenhangs zwischen Arbeitsgedächtniskapazität und Reasoning, doch eine Vielzahl von Autoren stimmen darin überein, dass sie sich ungefähr die Hälfte ihrer Varianzen teilen (u. a. Kane et al., 2005; Kyllonen & Christal, 1990; Witmann & Süß, 1999). Von dieser Überlappung, die auf ähnliche Verarbeitungsmechanismen und gleiche Limitierungen, wie der Anzahl an aufrechterhaltenen Bindungen, zurückgeht (Oberauer et al. 2007), wurde die Idee abgeleitet, dass eine Steigerung in der Kapazität auch zu einer Verbesserung des logisch-schlussfolgernden Denkens führen könnte. Viele neue Studien (z. B. Chooi & Thompson, 2012; Colom et al., 2010; Redick et al., 2012; Shipstead et al., 2012) sowie auch die vorliegende Untersuchung geben jedoch starke Hinweise auf eine Fehleinschätzung diesbezüglich und lassen vermuten, dass sich durch ein Training nur der Teil des Arbeitsgedächtnisses verändert, welcher nicht mit der Reasoning-Fähigkeit assoziiert ist. Dies hängt vermutlich mit der unterschiedlichen Beeinflussbarkeit der Konstrukte zusammen, wie es Engle (2012) mittels einer Größe-Gewicht-Analogie beschreibt, in der eine Gewichtsreduktion nicht zu einer kleineren Körpergröße führt, obwohl beide hoch korreliert sind.

An die Frage, warum das Training die Erwartungen nicht erfüllen konnte, schließt sich die Überlegung an, woraus der von der Arbeitsgedächtniskapazität unabhängige Teil des logischen Denkens besteht. Wittmann, Süß, Oberauer, Schulze & Wilhelm (1995) schlagen aufgaben- und domänenspezifisches Wissen, kognitive Strategien zur Lösung anspruchsvoller Aufgaben sowie nicht-kognitive Aspekte wie Leistungsmotivation vor. Wissens- und Strategievermittlung, beispielsweise durch spezifisches Coaching, Training oder wiederholte Darbietung entsprechender Tests, führt allerdings nicht zur Verbesserung der Intelligenz, sondern nur zu höheren Testwerten. Kulik, Bangert-Drowns und Kulik (1984) berichten in ihrer Metaanalyse von Effektstärken zwischen einer viertel und einer halben Standardabweichung. Entlang der Three-Stratum-Theorie von Carrol (1993) siedelt Jensen (1998) entsprechende Verbesserungen auf der untersten Hierarchieebene an, sodass diese keinen Bezug zur generellen Intelligenz haben, sondern nur sehr spezifisch für die trainierte Fähigkeit gelten – ein Transfer wird somit praktisch ausgeschlossen. Tat-

sächlich verringern sich die Ladungen von Testverfahren auf einem generellen Intelligenzfaktor, nachdem diese geübt wurden und sich Erfolge einstellten (Neubauer & Freudenthaler, 1994), was te Nijenhuis und Kollegen (2007) damit begründen, dass überlernte Aufgaben weniger kontrollierte Informationsverarbeitungsmechanismen erfordern.

Logisches Denken kann womöglich nur direkt mit entsprechenden Aufgaben trainiert werden. Beispielsweise führte das Training zum induktiven Denken, bei dem Strategien sowie Metawissen gelehrt werden (Klauer, 1989, 1991, 1993), zu Verbesserung von durchschnittlich .59 Standardabweichungen in verschiedenen Matrizenaufgaben (Klauer & Phye, 2008). Diese Trainingsinterventionen wurden allerdings meist mit kleinen Stichproben in einem nicht randomisierten Design ohne aktive Kontrollgruppe durchgeführt, wobei Klauer und Phye (2008) jedoch metaanalytisch die Überlegenheit des induktiven Trainings gegenüber anderen Strategietrainingsinterventionen belegen konnten. Auch in der ACTIVE-Studie (Willis et al., 2006) erhielt eine Gruppe für zehn Stunden und nach 11 und 35 Monaten erneut für vier Stunden Reasoning-Aufgaben. Es zeigten sich langfristige Trainingseffekte ($d = .28$) sowie bedeutsame Verbesserungen in selbstberichteten, instrumentellen Aktivitäten des täglichen Lebens (iADL; $d = .29$).

Willis und Schaie (1986) gingen der Frage nach, ob sich Trainingseffekte nicht nur in einer Leistungssteigerung widerspiegeln, sondern auch in einem Erhalt der Fähigkeiten bei Älteren, welche zuvor altersbedingte Verluste zeigten. Dazu nutzten sie Längsschnittdaten der *Seattle Longitudinal Study* (Schaie, 1983), welche unter anderem den Verlauf des induktiven Reasonings über vierzehn Jahre erfasste ($N = 229$, mittleres Alter: 73 Jahre). Nach fünf einstündigen Sitzungen innerhalb von zwei Wochen erzielten die stabilen Teilnehmer (keine Verschlechterung innerhalb des Untersuchungszeitraums) bessere Leistungen als zu Beginn und die zuvor sich verschlechternden Teilnehmer näherten sich ihrem ursprünglichen Fähigkeitsniveau an ($d = .52$). Ein Transfer auf andere Fähigkeiten (räumliche Orientierung, Speed, verbale oder numerischen Fähigkeiten) fand nicht statt.

Der Transfer des Trainings stößt spätestens dann auf Grenzen, wenn bereichsspezifisches Wissen notwendig ist und einzelne Vergleichs- oder Kontraststrategien nicht ausreichen. Somit kann auch ein Arbeitsgedächtnistraining, welches bei erfolgreicher Vergrößerung der Kapazität eine höhere Zahl an simultan aufrechterhaltenen Bindungen zwischen Informationen erlaubt, nur eine begrenzte Transferweite erzielen, da selbst kulturfreie Verfahren stets kleine Wissensbestandteile (z. B. in Form von Vertrautheit mit der Reizart) enthalten. Im Ausblick sollen nun Hinweise für zukünftige Untersuchungen dieser Forschungsfragen gegeben werden.

12 Ausblick

Weitere Validierung des eKFA. Um den eKFA auch für andere Forschergruppen attraktiv zu machen und somit zu einer besseren Methodik im Bereich der Fehlleistungen beizutragen, muss eine weitere Konstruktvalidierung erfolgen. Fehler sind vor allem aufmerksamkeitsbasiert, daher sollten in einer entsprechenden Untersuchung Paradigmen zur Daueraufmerksamkeit (SART), geteilten (Doppelaufgaben) und selektiven Aufmerksamkeit (visuelle Suche) eingesetzt werden. Die Ablenkbarkeit von Handlungsplänen im Alltag wird zudem von der Inhibitionsleistung mitbestimmt, sodass auch diese Aufgaben (Antisakkaden, Flanker oder Stroop) Berücksichtigung finden sollten. Es wäre günstig, diese Validierung in einer anderen Stichprobe vorzunehmen, um bereits vorliegende Befunde zu Reliabilität, Zusammenhang mit Switching und Arbeitsgedächtnis sowie Altersunterschiede zwischen jüngeren und älteren Senioren zu bekräftigen.

Weiterhin könnte ein Vergleich mit einer jüngeren Stichprobe Aufschluss darüber geben, ob der eKFA tatsächlich in der Lage ist, einen Unterschied in der Fehlerhäufigkeit von jüngeren und älteren Erwachsenen aufzudecken. Bislang zeigte sich eher, dass Ältere weniger Fehler berichten, da sie diese retrospektiv nicht identifizieren können oder schlicht vergessen haben. Der eKFA verhindert aufgrund seiner Zeitnähe diese Fehlerquellen.

Modifizierungen des eKFA. Es sind verschiedene Veränderungen der eKFA-Applikation denkbar, welche zu einer höheren Compliance und zuverlässigeren Antworten führen würden. Wenn alle Teilnehmer eine annähernd gleiche Anzahl an Einträgen vornehmen, sind Mehrebenenanalysen möglich, um auch intraindividuelle Unterschiede in der Auftretenshäufigkeit kognitiver Fehlleistungen zu untersuchen. Hierfür ist allerdings eine deutlich höhere Stichprobengröße notwendig. Eine potenzielle Veränderung des eKFA könnte sein, dass der Alarm, sofern er nicht innerhalb von 30 oder 60 Minuten beantwortet wird, erneut ertönt. Auf diese Maßnahme wurde gezielt verzichtet, um die Störung durch die Studienteilnahme gering zu halten. Allerdings waren die Teilnehmer meist nicht in der Lage, selbstgesteuert an die Beantwortung der Fragen zu denken, wenn sie zum Zeitpunkt des Alarms nicht in dessen Nähe waren. Des Weiteren wäre es günstig, wenn eine selbstständige Aktivierung des eKFA weniger als eine Stunde vor dem Zeitfenster des nächsten Alarms nicht mehr möglich ist. Wenn nämlich ein Teilnehmer die Beantwortung des vorherigen Alarms nachholte und den nächsten Alarm pünktlich beantwortete, führte dies zu einem Ausschluss dieses nächsten Alarms. Grund hierfür ist die Festlegung, mindestens 60 Minuten zwischen zwei Eingaben zu haben, um einen Fehler nicht doppelt zu zählen. Nun galt dieser Alarm als nicht beantwortet und suggerierte eine geringe Compliance. Die Applikation könnte

stärker individualisiert werden, indem vor der Erhebung mit jedem Teilnehmer günstige und ungünstige Zeitpunkte für einen Alarm besprochen werden, welche sogar je nach Wochentag unterschiedlich sein können. Damit wären Datenausfälle sowie die Belastung durch die Teilnahme auf ein Minimum reduziert und zudem ist eine Erhöhung der Alarmanzahl pro Tag nicht notwendig, da jeder der vier Alarme eine größtmögliche Wahrscheinlichkeit hat, beantwortet zu werden.

Änderungen am Design und Training. Um zweifellos einen möglichen nahen und fernen Transfer durch Arbeitsgedächtnistraining auszuschließen, gibt es noch kleine Veränderungen am Trainingsregime, welche in einer weiteren Trainingsstudie umgesetzt werden könnten. Zum einen ist eine Erhöhung des Trainingsumfangs ratsam, welche jedoch in einem ähnlichen Zeitrahmen stattfinden sollte. Denkbar wären beispielsweise 18 einstündige Sitzungen innerhalb von sechs Wochen, damit die Abstände zwischen dem Training geringer werden. Zum anderen ist der adaptive Algorithmus derart einzustellen, dass die Teilnehmer jeweils eine Stufe unterhalb ihrer besten Leistung vom vorherigen Training beginnen, damit die Trainingszeit optimal ausgenutzt und stets an der Fähigkeitsgrenze gearbeitet wird. Wie bereits im Abschnitt 11.2.2 beschrieben, ist das Hinzufügen eines weiteren Prätests ratsam, um die Zeiteffekte während des Trainings in allen Gruppen zu verringern und darüber hinaus könnte auch ein zweiter Posttest angesetzt werden. Wenn dieser direkt nach dem Training durchgeführt wird (maximal zwei Tage später), könnte geprüft werden, ob der Transfereffekt möglicherweise derart kurzlebig ist, dass er bereits nach einer Woche nicht mehr nachzuweisen ist, oder ob auch unmittelbar nach der letzten Trainingssitzung keine Veränderungen auftreten. Dem gegenüber könnte auch eine Messung nach längerer Zeit erfolgen (als Follow-Up-Untersuchung), da die Effekte eventuell erst verzögert auftreten. Überlegenswert ist zudem, Maßnahmen zu ergreifen, sofern sich im Prätest – wie hier geschehen – trotz Randomisierung keine Gruppenäquivalenz einstellt. Ein gezielter Austausch von Teilnehmern verletzt zwar die Voraussetzung des experimentellen Designs, jedoch könnten Gruppenunterschiede nach dem Training besser interpretiert werden.

Sofern ein generell schlechteres Verständnis von Aufgaben bei Älteren vorliegt, ist es überlegenswert, ihnen deutlich mehr Beispiele zur Verfügung zu stellen oder, um einen möglichen Effekt von vergangener Zeit zwischen dem Kennenlernen der Aufgabe und ihrer korrekten Bearbeitung nicht auszuschließen, einen zweiten Prätest durchzuführen. Dies würde zwar den zeitlichen Aufwand für Versuchspersonen und Versuchsleiter sowie die Länge der Untersuchung erhöhen, jedoch könnten Veränderungen zwischen zweitem Prätest und Posttest tatsächlich auf die Intervention zurückgeführt werden. Dieses Vorgehen findet sich auch in quasi-experimentellen Versuchsplänen (Zeitreihen- oder seriellen Versuchsplänen; Sarris & Reiß, 2005), wobei die mehr-

malige Messung vor und auch nach der Intervention das Fehlen einer Kontrollgruppe ausgleichen und somit die interne Validität erhöhen soll.

Die Population der älteren Erwachsenen zeichnet sich durch eine große Variabilität aus. Dies hat zur Folge, dass in den einzelnen Versuchsgruppen kaum Homogenität zu erzielen ist, was sich wiederum nachteilig auf varianzanalytische Verfahren auswirkt. Um die Heterogenität etwas abzumildern, könnte entweder die Altersspanne eingeschränkt werden, beispielsweise auf 60- bis 70-Jährige oder 65- bis 75-Jährige, oder aber die Studienteilnehmer selektiv ausgewählt werden. Zwar erlaubt die Breite des Vorgehens in dieser Untersuchung eine hohe Generalisierbarkeit, doch möglicherweise ist es nützlich, zunächst für eng definierte Personengruppen der älteren Population zuverlässige Aussagen zu treffen, bevor ein Gesamtbild erstellt wird.

In dieser Arbeit ist es gelungen, ein Alltagsphänomen entsprechend alltagsnah, innovativ und wenig retrospektiv verzerrt zu erfassen. Bisher liegen zwar nur schwache Validitätsbelege vor, doch der eKFA ist zumindest ein reliables und vielversprechendes Instrument und somit für die weitere Forschung zu Ursachen und Folgen von kognitiven Fehlleistungen sehr empfehlenswert. Das zweite Ziel dieser Arbeit bestand in der Untersuchung der kognitiven Plastizität älterer Erwachsener, welche ambivalent zu bewerten ist. Einerseits konnte durch ein gezieltes Training kein Transfer auf andere Fähigkeiten erzielt werden, andererseits führten unspezifische Aktivierungsmechanismen – unabhängig vom Training – zumindest zu leichten Verbesserungen.

13 Literaturverzeichnis

- Aalto, S., Brück, A., Laine, M., Någren, K. & Rinne, J. O. (2005). Frontal and temporal dopamine release during working memory and attention tasks in healthy humans: A positron emission tomography study using the high-affinity dopamine D₂ receptor ligand [¹¹C]FLB 457. *The Journal of Neuroscience*, 25(10), 2471-2477.
- Ackerman, P. L., Beier, M. E. & Boyle, M. O. (2002). Individual differences in working memory within a nomological network of cognitive and perceptual speed abilities. *Journal of Experimental Psychology: General*, 131(4), 567-589.
- Ackerman, P. L., Beier, M. E. & Boyle, M. O. (2005). Working memory and intelligence: The same or different constructs? *Psychological Bulletin*, 131(1), 30-60.
- Aiken, L. S. & West, S. G. (1990). Invalidity of true experiments: Self-report pretest biases. *Evaluation Review*, 14(4), 374 -390.
- Allaire, J. C. & Marsiske, M. (2002). Well- and ill-defined measures of everyday cognition: Relationship to older adults' intellectual ability and functional status. *Psychology and Aging*, 17(1), 101-115.
- Allport, A. & Wylie, G. R. (2000). *Task switching, stimulus-response bindings, and negative priming*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Allport, A., Styles, E. A. & Hsieh, S. (1994). Shifting intentional set: Exploring the dynamic control of tasks. In C. Umiltà & M. Moscovitch (Eds.), *Attention and performance XV* (pp. 421-452). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Autin, F. & Croizet, J.-C. (2012). Improving working memory efficiency by reframing metacognitive interpretation of task difficulty. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(4), 610-618.
- Bäckman, L. & Nyberg, L. (2013). Dopamine and training-related working-memory improvement. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. Advance online publication. doi: 10.1016/j.neubiorev.2013.01.014
- Bäckman, L., Nyberg, L., Lindenberger, U., Li, S. C. & Farde, L. (2006). The correlative triad among aging, dopamine, and cognition: Current status and future prospects. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 30, 791-807.
- Baddeley, A. D. (2003). Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(10), 829-839.
- Baddeley, A. D. (2012). Working memory: Theories, models, and controversies. *Annual Review Psychology*, 63, 1-29.
- Baddeley, A. D., Chincotta, D. & Adlam, A. (2001). Working memory and the control of action: Evidence from task switching. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(4), 641-657.
- Baddeley, A. D. & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (pp. 47-90). New York; NY: Academic Press.
- Baltes, P. B. (1987). Theoretical propositions of life-span developmental psychology: On the dynamics between growth and decline. *Developmental Psychology*, 23(5), 611-626.
- Baltes, P. B. & Baltes, M. M. (1990). Psychological perspectives on successful aging: The model of selective optimization with compensation. In P. B. Baltes & M. M. Baltes (Eds.), *Success-*

- ful aging: Perspectives from the behavioral sciences* (pp. 1-34). New York, NY: Cambridge University Press.
- Baltes, P. B., Cornelius, S. W., Spiro, A., Nesselroade, J. R. & Willis, S. L. (1980). Integration versus differentiation of fluid/crystallized intelligence in old age. *Development Psychology*, 16(6), 625-635.
- Baltes P. B. & Kliegl, R. (1992). Further testing the limits of cognitive plasticity: Negative age differences in a mnemonic skill are robust. *Developmental Psychology*, 28(1), 121-125.
- Barnett, S. M. & Ceci, S. J. (2002). When and where do we apply what we learn? A taxonomy for far transfer. *Psychological Bulletin*, 128(4), 612-637.
- Barrett, L. F., Tugade, M. M. & Engle, R. W. (2004). Individual differences in working memory capacity and dual-process theories of mind. *Psychological Bulletin*, 130(4), 553-573.
- Barrouillet, P., Bernardin, S. & Camos, V. (2004). Time constraints and resource sharing in adults' working memory spans. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(1), 83-100.
- Barta, W. D., Tennen, H. & Litt, M. D. (2012). Measurement reactivity in diary research. In M. R. Mehl & T. S. Conner, *Handbook of research methods for studying daily life* (pp. 108-123). London: Guilford Press.
- Basak, C., Boot, W. R., Voss, M. W. & Kramer, A. F. (2008). Can training in a real-time strategy video game attenuate cognitive decline in older adults? *Psychology and Aging*, 23(4), 765-777.
- Batty, G. D., Deary, I. J. & Gottfredson, L. S. (2007). Premorbid (early life) IQ and later mortality risk: Systematic review. *Annals of Epidemiology*, 17(4), 278-288.
- Berggren, N., Hutton, S. B. & Derakshan, N. (2011). The effects of self-reported cognitive failures and cognitive load on antisaccade performance. *Frontiers in Psychology*, 2(280), 1-5.
- Bherer, L., Kramer, A. F., Peterson, M. S., Colcombe, S., Erickson, K. & Bécic, E. (2005). Training effects on dual-task performance: Are there age-related differences in plasticity of attentional control? *Psychology and Aging*, 20(4), 695-709.
- Birren, J. E. & Fisher, L. M. (1995). Aging and speed of behaviour: Possible consequences for psychological functioning. *Annual Review of Psychology*, 46, 329-353.
- Black, A. C., Harel, O. & Matthews, G. (2012). Techniques for analyzing intensive longitudinal data with missing values. In M. R. Mehl & T. S. Conner, *Handbook of research methods for studying daily life* (pp. 339-356). London: Guilford Press.
- Bolger, N., Davis, A. & Rafaeli, E. (2003). Diary Methods: Capturing life as it is lived. *Annual Review Psychology*, 54, 579-616.
- Bolger, N., Stadler, G. & Laurenceau, J.-P. (2012). Power analysis for intensive longitudinal studies. In M. R. Mehl & T. S. Conner, *Handbook of research methods for studying daily life* (pp. 285-301). London: Guilford Press.
- Bopp, K. L. & Verhaegen, P. (2005). Aging and verbal memory span: A meta-analysis. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 60(5), 223-233.
- Borella, E., Carretti, B. & De Beni, R. (2008). Working memory and inhibition across the adult life-span. *Acta Psychologica*, 128(1), 33-44.
- Borella, E., Carretti, B., Riboldi, F. & De Beni, R. (2010). Working memory training in older adults: Evidence of transfer and maintenance effect. *Psychology and Aging*, 25(4), 767-777.

- Braver, T. S., Gray, J. R. & Burgess, G. C. (2007). Explaining the many varieties of working memory capacity: Dual mechanism of cognitive control. In A.R.A. Conway, C. Jarrold, M. J. Kane, A. Miyake & J. N. Towse (Eds), *Variation in working memory* (pp. 76-106). Oxford: University Press.
- Braver, T. S. & West, R. (2008). Working memory, executive control, and aging. In F. I. M. Craik & T. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition* (3rd ed, pp. 311-372). New York, NY: Psychology Press.
- Brehmer, Y., Li, S.-C., Mueller, V., von Oertzen, T. & Lindenberger, U. (2007). Memory plasticity across the life span: Uncovering children's latent potential. *Developmental Psychology*, 43(2), 465-478.
- Brehmer, Y., Riekmann, A., Bellander, M., Westerberg, H., Fischer, H. & Bäckman, L. (2011). Neural correlates of training-related working-memory gains in old age. *NeuroImage*, 58(4), 1110-1120.
- Brehmer, Y., Westerberg, H. & Bäckman, L. (2012). Working memory training in younger and older adults: Training gains, transfer, and maintenance. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6(63), 1-7.
- Brewin, C. R. (2006). Understanding cognitive behavior therapy: A retrieval competition account. *Behavior Research and Therapy*, 44(6), 765-784.
- Brewin, C. R. & Beaton, A. (2002). Thought suppression, intelligence, and working memory capacity. *Behaviour Research and Therapy*, 40(8), 923-930.
- 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), 1-16.
- Broadway, J. M. & Engle, R. W. (2010). Validating running memory span: Measurement of working memory capacity and links with fluid intelligence. *Behavior Research Methods*, 42(2), 563-570.
- Brown, K. W. & Ryan, M. R. (2003). The benefits of being present: Mindfulness and its role in psychological well-being. *Journal of Personality and Social Psychology*, 84(4), 822-848.
- Brunswick, E. (1955). Representative design and probabilistic theory in a functional psychology. *Psychological Review*, 62(3), 193-217.
- Brunswick, E. (1969). *The conceptual framework of psychology*. Chicago: University of Chicago Press.
- Bühner, M., König, C. J., Pick, M. & Krumm, S. (2006). Working memory dimensions as differential predictors of the speed and error aspect of multitasking performance. *Human Performance*, 19(3), 253-275.
- Bühner, M., Krumm, S. & Pick, M. (2005). Reasoning = working memory \neq attention. *Intelligence*, 33(3), 251-272.
- Buitenweg, J. I. V., Murre, J. M. J. & Ridderinkhof, K. R. (2012). Brain training in progress: A review of trainability in healthy seniors. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6(183), 1-11.
- Bunce, D. J., Barrowclough, P. B. & Morris, I. (1996). The moderating influence of physical fitness on age gradients in vigilance and serial choice responding tasks. *Psychology and Aging*, 11(4), 671-682.
- Bunting, M., Cowan, N. & Saults, J. S. (2006). How does running memory span work? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59(6), 2006.

- Burgess, G. C., Gray, J. R., Conway, A. R. A. & Braver, T. S. (2011). Neural mechanisms of interference control underlie the relationship between fluid intelligence and working memory span. *Journal of Experimental Psychology*, 140(4), 674-692.
- Buschkühl, M. (2007). *Arbeitsgedächtnistraining – Untersuchungen mit jungen und älteren Erwachsenen*. Unveröffentlichte Dissertation. Universität Bern.
- Buschkühl, M., Jaeggi, S. M., Hutchison, S., Perrig-Chiello, P., Däpp, C., Müller, M., Breil, F., Hoppeler, H. & Perrig, W. J. (2008). Impact of working memory training on memory performance in old-old adults. *Psychology and Aging*, 23(4), 743-753.
- Carriere, J. S. A., Cheyne, J. A. & Smilek, D. (2008). Everyday attention lapses and memory failures: The affective consequences of mindlessness. *Consciousness and Cognition*, 17(3), 835-847.
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies*. Cambridge: University Press.
- Case, R., Kurland, D. M. & Goldberg, J. (1982). Operational efficiency and the growth of short-term memory span. *Journal of Experimental Child Psychology*, 33(3), 386-404.
- Cepeda, N. J., Kramer, A. F. & Gonzales de Sather, J. C. M. (2001). Changes in executive control across the life span: Examination of task-switching performance. *Developmental Psychology*, 37(5), 715-730.
- Cerella, J. (1994). Generalized slowing in Brinley plots. *Journals of Gerontology: Psychological Sciences*, 49(2), 65-71.
- Chein, J. & Morrison, A. B. (2010). Expanding the mind's workspace: Training and transfer effects with a complex working memory span task. *Psychonomic Bulletin & Review*, 17(2), 193-199.
- Cheyne, J. A., Carriere, J. S. A. & Smilek, D. (2006). Absent-mindedness: Lapses of conscious awareness and everyday cognitive failures. *Consciousness and Cognition*, 15(3), 578-592.
- Chooi, W.-T. & Thompson, L. A. (2012). Working memory training does not improve intelligence in healthy young adults. *Intelligence*, 40(6), 531-542.
- Christensen, H., Mackinnon, A. J., Korten, A. E., Jorm, A. F., Henderson, A. S., Jacomb, P. & Rodgers, B. (1999). An analysis of diversity in the cognitive performance of elderly community dwellers: Individual differences in change scores as a function of age. *Psychology and Aging*, 14(3), 365-379.
- Christoff, K., Gordon, A. M., Smallwood, J., Smith, R. & Schooler, J. W. (2009). Experience sampling during fMRI reveals default network and executive system contributions to mind wandering. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(21), 8719-8724.
- Chuderski, A., Taraday, M., Nęcka, E. & Smoleń (2012). Storage capacity explains fluid intelligence but executive control does not. *Intelligence*, 40(3), 278-295.
- Cimprich, B., Visovatti, M. & Ronis, D. L. (2011). The Attentional Function Index – a self-report cognitive measure. *Psycho-Oncology*, 20(2), 194-202.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd edition). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Cohen, R. A. (1993). *The neuropsychology of attention*. New York; NY: Plenum Press.

- Cohen, J. D., Perlstein, W. M., Braver, T. S., Nystrom, L. E., Noll, D. C., Jonides, J. & Smith, E. E. (1997). Temporal dynamics of brain activation during a working memory task. *Nature*, 386(6625), 604-608.
- Colcombe, S. & Kramer, A.F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: A meta-analytic study. *Psychological Science*, 14(2), 125-130.
- Colom, R., Abad, F. J., Rebollo, I. & Shih, P. C. (2005). Memory span and general intelligence: A latent-variable approach. *Intelligence*, 33(6), 623-642.
- Colom, R., Abad, F. J., Quiroga, A., Shih, P. C. & Flores-Mendoza, C. (2008). Working memory and intelligence are highly related constructs, but why? *Intelligence*, 36(6), 584 - 606.
- Colom, R., Quiroga, Á., Shih, P. C., Martínez, K., Burgaleta, M., Martínez-Molina, A., Román, F. J., Requena, L. & Ramírez, I. (2010). Improvement in working memory is not related to increased intelligence scores. *Intelligence*, 38(5), 497-505.
- Conner, T. S. & Reid, K. A. (2011). Effects of intensive mobile happiness reporting in daily life. *Social Psychological and Personality Science*, 3(3), 315-323.
- Conner, T. S. & Lehman, B. J. (2012). Getting started. Launching a study in daily life. In M. R. Mehl & T. S. Conner, *Handbook of research methods for studying daily life* (pp. 89-107). London: Guilford Press.
- Conway, A. R. A., Cowan, N., Bunting, M. F., Theriault, D. J. & Minkoff, S. R. B. (2002). A latent variable analysis of working memory capacity, short-term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence. *Intelligence*, 30(2), 163-183.
- Conway, A. R. A., Jarrold, C., Kane, M. J., Miyake, A. & Towse, J. N. (2007). Variation in working memory: An introduction. In A. R. A. Conway, C. Jarrold, M. J. Kane, A. Miyake & J. N. Towse (Eds), *Variation in working memory* (pp. 3-20). Oxford: University Press.
- Conway, A. R. A., Kane, M. J., Bunting, M. F., Hambrick, D. Z., Wilhelm, O. & Engle, R. W. (2005). Working memory span tasks: A methodological review and user's guide. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12(5), 769-786.
- Conway, A. R. A., Kane, M. J. & Engle, R. W. (2003). Working memory capacity and its relation to general intelligence. *Trends in Cognitive Science*, 7(12), 547-552.
- Cook, D. T. & Campbell, D. T. (1979). *Quasi-Experimentation: Design and analysis issues for field settings*. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Cornish, I. M. (2000). Factor structure of the Everyday Memory Questionnaire. *British Journal of Psychology*, 91(3), 427-439.
- Costa, P. T., Jr. & McCrae, R. R. (1992). *Revised NEO Personality Inventory (NEO PI-R) and NEO Five Factor Inventory. Professional Manual*. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources.
- Costa, P. T., Jr. & McCrae, R. R. (2003). Facts and theories of adult development. In R. R. McCrae & P. T. Costa, Jr (Eds.), *Personality in adulthood. A five-factor theory perspective* (pp. 1-19). New York, NY: Guilford Press.
- Cowan, N. (1999). An embedded-processes model of working memory. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (S. 62-101). Cambridge: Cambridge University Press.
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, 24(1), 87-185.
- Cowan N. (2005). *Working Memory Capacity*. Hove: Psychol. Press.

- Cowan, N., Elliott, E. M., Saults, J. S., Morey, C. C., Mattox, S., Hismjatullina, A. & Conway, A. R. A. (2005). On the capacity of attention: Its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes. *Cognitive Psychology*, *51*(1), 42-100.
- Craik, F. I. M. & Bialystok, E. (2006). Cognition through the lifespan: Mechanisms of change. *Trends in Cognitive Sciences*, *10*(3), 131-138.
- Cunningham, W. R. & Birren, J. E. (1980). Age changes in the factor structure of intellectual abilities in adulthood and old age. *Educational and Psychological Measurement*, *40*(2), 271-290.
- Curtis, C. E., Rao, V. Y. & D'Esposito, M. (2004). Maintenance of spatial and motor codes during oculomotor delayed response tasks. *Journal of Neuroscience*, *24*(16), 3944-3952.
- Dahlin, E., Bäckman, L., Neely, A. S., Nyberg, L. (2009). Training of the executive component of working memory: Subcortical areas mediate transfer effects. *Restorative Neurology and Neuroscience*, *27*(5), 405-419.
- Dahlin, E., Neely, A. S., Larsson, A., Bäckman, L. & Nyberg, L. (2008a). Transfer of learning after updating training mediated by the striatum. *Science*, *320*(5882), 1510-1512.
- Dahlin, E., Nyberg, L., Bäckman, L. & Neely, A. S. (2008b). Plasticity of executive functioning in young and older adults: Immediate training gains, transfer, and long-term maintenance. *Psychology and Aging*, *23*(4), 720-730.
- Daneman, M. & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *19*(4), 450-466.
- Dannefer, D. (1987). Aging as intercohort differentiation: Accentuation, the Matthew Effect, and the life course. *Sociological Forum*, *2*(2), 211-236.
- Davelaar, E. J., Goshen-Gottstein, Y., Ashkenazi, A., Haarmann, H. J. & Usher, M. (2005). The demise of short-term memory revisited: Empirical and computational investigations of recency effects. *Psychological Review*, *112*(1), 3-42.
- De Jong, R. (2000). An intentional-activation account of residual switch costs. In S. Monsell & J. Driver (Eds.), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII* (pp. 357-376). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Deary, I. J. (2005). Intelligence, health, and death. *Psychologist*, *18*(10), 610-613.
- Dempster, F. N. & Corkill, A. J. (1999). Individual differences in susceptibility to interference and general cognitive ability. *Acta Psychologica*, *101*(2), 395-416.
- Der, G., Batty, G. D. & Deary, I. J. (2009). The association between IQ in adolescence and a range of health outcomes at 40 in the 1979 US National Longitudinal Study of Youth. *Intelligence*, *37*(6), 573-580.
- Diehl, M., Willis, S. L. & Schaie, K. W. (1995). Everyday problem solving in older adults: Observational assessment and cognitive correlates. *Psychology and Aging*, *10*(3), 478-91.
- Dilling, H., Mombour, W. & Schmidt, M. H. (Hrsg.). (2011). *Internationale Klassifikation psychischer Störungen: ICD-10 Kapitel V (F). Klinisch-diagnostische Leitlinien* (8. Aufl.). Bern: Huber.
- Duncan, J., Emslie, H., Williams, P., Johnson, R. & Freer, C. (1996). Intelligence and the frontal lobe: The organization of goal-directed behavior. *Cognitive Psychology*, *30*(3), 257-303.
- Düzel, E., Bunzeck, N., Guitart-Masip, M. & Düzel, S. (2010). Novelty-related motivation of anticipation and exploration by dopamine (NOMAD): Implications for healthy aging. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *34*, 660-669.

- Ebner, N. C., Freund, A. M. & Baltes, P. B. (2006). Developmental changes in personal goal orientation from young to late adulthood: From striving for gains to maintenance and prevention of losses. *Psychology and Aging, 21*(4), 664-678.
- Ebner-Priemer, U. W., Kubiak, T. & Pawlik, K. (2009). Ambulatory Assessment. *European Psychologist, 14*(2), 95-97.
- Efklides, A. & Sideridis, G. D. (2009). Assessing cognitive failures. *European Journal of Psychological Assessment, 25*(2), 69-72.
- Einstein, G. O., McDaniel, M. A., Richardson, S. L., Guynn, M. J. & Cunfer, A. R. (1995). Aging and prospective memory: Examining the influences of self-initiated retrieval processes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 21*(4), 996-1007.
- Emery, L., Hale, S. & Myerson, J. (2008). Age differences in proactive interference, working memory and abstract reasoning. *Psychology and Aging, 23*(3), 634-645.
- Engle, R. W. (2002). Working memory capacity as executive attention. *Current Directions in Psychological Science, 11*(1), 19-23.
- Engle, R. W. (2012, 26. September). *Working memory capacity as a mediating variable*. Vortrag auf dem 48. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie, Bielefeld.
- Engle, R. W. & Kane, M. J. (2004). Executive attention, working memory capacity, and a two-factor theory of cognitive control. In B. Ross (Ed.): *The psychology of learning and motivation* (Vol. 44, pp. 145-199). New York; NY: Elsevier.
- Engle, R. W., Kane, M. J. & Tuholski, S. W. (1999a). Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence, and functions of the prefrontal cortex. In A. Miyake & P. Shah (Eds.): *Models of Working Memory*, (pp. 102-134), Cambridge University Press.
- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E. & Conway, A. R. A. (1999b). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General, 128*(3), 309-331.
- Ericsson, K. A. & Chase, W. G. (1982). Exceptional memory. *American Scientist, 70*(6), 607-615.
- Ericsson, K. A., Chase, W. G. & Faloon, S. (1980). Acquisition of a memory skill. *Science, 208*, 1181-1182.
- Eriksen, B. A. & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon identification of a target letter in a non-search task. *Perception and Psychophysics, 16*(1), 143-149.
- Farrin, L., Hull, L., Unwin, C., Wykes, T. & David, A. (2003). Effects of depressed mood on objective and subjective measures of attention. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences, 15*(1), 98-104.
- Fisk, J. E. & Warr, P. (1996). Age and working memory: The role of perceptual speed, the central executive, and the phonological loop. *Psychology and Aging, 11*(2), 316-323.
- Fahrenberg, J. (2006). *Assessment in daily life. A review of computer-assisted methodologies and applications in psychology and psychophysiology, years 2000-2005*. <http://www.ambulatory-assessment.org/>
- Fahrenberg, J., Myrtek, M., Pawlik, K. & Perrez, M. (2007). Ambulantes Assessment – Verhalten im Alltagskontext erfassen. Eine verhaltenswissenschaftliche Herausforderung an die Psychologie. *Psychologische Rundschau, 58*(1), 12-23.
- Fisseni, H. J. (1997). *Lehrbuch der psychologischen Diagnostik* (2. Aufl.). Göttingen: Hogrefe.

- Friedman, N. P. & Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions: A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology*, *133*(1), 101-135.
- Froböse, I. (2010). Interview von J. Schierenbeck: Regelmäßiges Pausieren. *Lampertheimer Zeitung*, 26.02.2010.
- Gleason, M. E. J., Bolger, N. P. & Shrout, P. (2001). *The Effects of Research Design on Reports of Mood: Comparing Daily Diary, Panel, and Cross-Sectional Designs*. Poster presented at Society for Personality and Social Psychology Conference, San Antonio, Texas.
- Goff, M. & Ackerman, P. L. (1992). Personality-intelligence relations: Assessment of typical intellectual engagement. *Journal of Educational Psychology*, *84*(4), 537-552.
- Goldhammer, F., Moosbrugger, H. & Krawietz, S. A. (2009). FACT-2 – The Frankfurt Adaptive Concentration Test: The Convergent validity with self-reported cognitive failures. *European Journal of Psychological Assessment*, *25*(2), 73-82.
- Grant, D. A. & Berg, E. (1948). A behavioral analysis of degree of reinforcement and ease of shifting to new responses in Weigl-type card-sorting problem. *Journal of Experimental Psychology: General*, *38*(4), 404-411.
- Green, A. S., Rafaeli, E., Bolger, N., Shrout, P. E. & Reis, H. T. (2006). Paper or plastic? Data equivalence in paper and electronic diaries. *Psychological Methods*, *11*(1), 87-105.
- Gross, A. L. & Rebok, G. W. (2011). Memory training and strategy use in older adults: Results from the ACTIVE-Study. *Psychology and Aging*, *26*(3), 503-517.
- Gunthert, K. C. & Wenzel, S. J. (2012). Daily diary methods. In M. R. Mehl & T. S. Conner, *Handbook of research methods for studying daily life* (pp. 144-159). London: Guilford Press.
- Gutchess, A. H., Welsh, R. C., Hedden, T., Bangert, A., Minear, M., Liu, L. L. & Park, D. C. (2005). Aging and the neural correlates of successful picture encoding: Frontal activations compensate for decreased medial-temporal activity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *17*(1), 84-96.
- Hacker, W. (1978). *Allgemeine Arbeits- und Ingenieurpsychologie. Psychische Struktur und Regulation von Arbeitstätigkeiten*. Bern: Huber.
- Hambrick, D. Z., Oswald, F. L., Darowski, E. S., Rench, T. A. & Brou, R. (2010). Predictors of multitasking performance in a synthetic workparadigm. *Applied Cognitive Psychology*, *24*(8), 1149 -1167.
- Harris, J. E. & Wilkins, A. J. (1982). Remembering to do things: A theoretical framework and an illustrative experiment. *Human Learning*, *1*, 123-136.
- Hart, J. T. (1965). Memory and the feeling-of-knowing experience. *Journal of Educational Psychology*, *56*(4), 208-216.
- Hasher, L. & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. In G.H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol.22, pp. 193-225). New York; NY: Academic Press.
- Hasher, L., Lustig, C. & Zacks, R. T. (2007). Inhibitory mechanisms and the control of attention. In A. R. A. Conway, C. Jarrold, M. J. Kane, A. Miyake & J. N. Towse (Eds.), *Variation in working memory* (pp. 227-249). New York; NY: Oxford University Press.
- Hauser, R. M. & Roan, C. L. (2007). Work complexity and cognitive functioning at midlife: Cross-validating the Kohn-Schooler hypothesis in an American cohort. University of Wisconsin, Center for Demography and Ecology: Madison. (CDE Working Paper No. 2007-08).
- Havighurst, R. J. (1948). *Developmental tasks and education*. New York; NY: McKay.

- Herzog, W., Boomsma, A. & Reinecke, S. (2007). The model-size effect on traditional and modified tests of covariance structures. *Structural Equation Modeling*, 14(3), 361-390.
- Hoffmann, E. & Nachtmann, J. (2007). *Alter und Pflege*. GeroStat Report Altersdaten 03/2007. Berlin: Deutsches Zentrum für Altersfragen (Hg.). <http://www.dza.de>
- Hohman, T. J., Beason-Held, L. L. & Resnick, S. M. (2011). Cognitive complaints, depressive symptoms, and cognitive impairment: Are they related? *Journal of the American Geriatrics Society*, 59(10), 1908-1912.
- Holmes, J., Gathercole, S. E. & Dunning, D. L. (2009). Adaptive training leads to sustained enhancement of poor working memory in children. *Developmental Science*, 12(4), F9-F15.
- Horn, J. L. (1965). A rationale and test for the number of factors in factor analysis. *Psychometrika*, 30(2), 179-185.
- Horn, J.L. & Noll, J. (1997). Human cognitive capabilities: Gf-Gc-Theory. In D.P. Flanagan, J.L. Genshaft & P.L. Harrison (Eds.), *Contemporary intellectual assessment. Theories, tests, and issues* (pp. 53-91). New York, NY: Guilford Press.
- Hossiep, R., Turck, D. & Hasella, M. (1999). *Bochumer Matrizen-test: BOMAT – Advanced – Short Version*. Hogrefe: Göttingen.
- Howard, R. W. (2000). Generalization and transfer: An interrelation of paradigms and a taxonomy of knowledge extension processes. *Review of general psychology*, 4(3), 211-237.
- Ilkowska, M. & Engle, R. W. (2010). Trait and state differences in working memory capacity. In: A. Gruszka, G. Matthews & B. Szymura (Eds.), *Handbook of individual differences in cognition: Attention, memory, and executive control* (pp. 295-320). New York, NY: Springer.
- Infurna, F. J., Gerstorf, D., Ryan, L. H. & Smith, J. (2011). Dynamic links between memory and functional limitations in old age: 13-year longitudinal evidence from the AHEAD study. *Psychology and Aging*, 26(3), 546-558.
- Ishigami, Y & Klein, R. M. (2009). Are individual differences in absentmindedness correlated with individual differences in attention? *Journal of Individual Differences*, 30(4), 220-237.
- Jackson, J. D. & Balota, D. A. (2012). Mind-wandering in younger and older adults: Converging evidence from the Sustained Attention to Response Task and reading for comprehension. *Psychology and Aging*, 27(1), 106-119.
- 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 of the United States of America*, 105(19), 6829-6833.
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J. & Shah, P. (2011). Short- and long-term benefits of cognitive training. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(25), 10081-10086.
- Jaeggi, S. M. & Buschkuhl, M., Perrig, W. J. & Meier, B. (2010a). The concurrent validity of the n-back task as a working memory measure. *Memory*, 18(4), 394-412.
- Jaeggi, S. M., Studer-Luethi, B., Buschkuhl, M., Su, Y. F., Jonides, J. & Perrig, W. J. (2010b). The relationship between n-back performance and matrix reasoning – Implications for training and transfer. *Intelligence*, 38(6), 625-635.
- Jäger, A. O. (1982). Mehrmodale Klassifikation von Intelligenzleistungen. Experimentell kontrollierte Weiterentwicklung eines deskriptiven Intelligenzstrukturmodells. *Diagnostica*, 28, 195-226.

- Jäger, A. O., Süß, H.-M. & Beauducel, A. (1997). *Berliner Intelligenzstruktur-Test. BIS-Test, Form 4*. Göttingen: Hogrefe.
- James, W. (1890). *Principles of psychology*. New York, NY: Holt.
- Jensen, A. R. (1987). Individual differences in the Hick paradigm. In P. A. Vernon (Ed.), *Speed of information-processing and intelligence*. Norwood, NJ: Ablex.
- Jensen, A. R. (1998). *The g factor: The science of mental ability*. London: Praeger.
- Johnson, W. & Bouchard, T. J. (2005). The structure of human intelligence: It is verbal, perceptual, and image rotation (VPR), not fluid and crystallized. *Intelligence*, 33(4), 393-416.
- Kail, R. & Salthouse, T. A. (1994). Processing speed as a mental capacity. *Acta Psychologica*, 86(2-3), 199-225.
- Kane, M. J., Bleckley, M. K., Conway, A. R. A. & Engle, R. W. (2001). A controlled-attention view on working-memory capacity. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(2), 169-183.
- Kane, M. J., Brown, L. H., McVay, J. C., Silvia, P. J., Myin-Germeys, I. & Kwapil, T. R. (2007a). For whom the mind wanders, and when: An experience-sampling study of working memory and executive control in daily life. *Psychological science*, 18(7), 614-621.
- Kane, M. J., Conway, A. R. A., Hambrick, D. Z. & Engle, R. W. (2007b). Variation in working memory capacity as variation in executive attention and control. In A. R. A. Conway, C. Jarrold, M. J. Kane, A. Miyake & J. N. Towse (Eds), *Variation in working memory* (pp. 21-48). Oxford: University Press.
- Kane, M. J. & Engle, R. W. (2000). WM capacity, proactive interference, and divided attention: Limits on long-term memory retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26(2), 336-358.
- Kane, M. J. & Engle, R. W. (2002). The role of pre frontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: An individual-differences perspective. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 637-671.
- Kane, M. J. & Engle, R. W. (2003). Working-memory capacity and the control of attention: The contributions of goal neglect, response competition, and task set to stroop interference. *Journal of Experimental Psychology: General*, 132(1), 47-70.
- Kane, M. J., Hambrick, D. Z. & Conway, A. R. A. (2005). Working memory capacity and fluid intelligence are strongly related constructs: Comment on Ackerman, Beier, and Boyle (2005). *Psychological Bulletin*, 131(1), 66-71.
- Kane, M. J., Hambrick, D. Z., Tuholski, S. W., Wilhelm, O., Payne, T. W. & Engle, R. W. (2004). The generality of working memory capacity: A latent-variable approach to verbal and visuospatial memory span and reasoning. *Journal of Experimental Psychology*, 11(2), 189-217.
- Kane, M. J., Hasher, L., Stoltzfus, E. R., Zack, R. T. & Connelly, S. L. (1994). Inhibitory attentional mechanisms and aging. *Psychology and Aging*, 9(1), 103-112.
- Kane, M. J., Poole, B. J., Tuholski, S. W. & Engle, R. W. (2006). Working memory capacity and the top-down control of visual search: Exploring the boundaries of “executive attention.” *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32(4), 749-777.
- Karbach, J. & Kray, J. (2009). How useful is executive control training? Age differences in near and far transfer of task-switching training. *Developmental Science*, 12(6), 978-990.

- Karbach, J. & Spengler, M. (April, 2012). Who benefits the most? Individual differences in the transfer of executive control training in younger and older adults. In A. Bröder, E. Erdfelder, B. E. Hilbig, T. Meiser, R. F. Phol & D. Stahlberg (Eds.), *Abstracts of the 54th Meeting for Experimental Psychologists (TEAP)*, p. 64. Lengerich: Pabst.
- Katz, S. (1983). Assessing self-maintenance: Activities of daily living, mobility, and instrumental activities of daily living. *Journal of the American Geriatrics Society*, 31(12), 721-727.
- Kemper, T. L. (1994). Neuroanatomical and neuropathological changes during aging and in dementia. In M. L. Albert & E. J. E. Knoepfel (Eds.), *Clinical neurology of aging* (2nd ed., pp. 3-67). New York, NY: Oxford University Press.
- Kendler, K. S., Thornton, L. M. & Gardner, C. O. (2001). Genetic risk, number of previous depressive episodes, and stressful life events in predicting onset of major depression. *American Journal of Psychiatry*, 158(4), 582-586.
- Klauer, K. J. (1989). *Denktraining für Kinder I*. Göttingen: Hogrefe.
- Klauer, K. J. (1991). *Denktraining für Kinder II*. Göttingen: Hogrefe.
- Klauer, K. J. (1993). *Denktraining für Jugendliche*. Göttingen: Hogrefe.
- Klauer, K. J. (2011). *Transfer der Lernens: Warum wir oft mehr lernen als gelehrt wird*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Klauer, K. J. & Phe, G. D. (2008) Inductive reasoning: A training approach. *Review of Educational Research*, 78(1), 85-123.
- Kleider, H. M., Parrott, D. J. & King, T. Z. (2010). Shooting behaviour: How working memory and negative emotionality influence police officer shoot decisions. *Applied Cognitive Psychology*, 24(5), 707-711.
- Kliegel, M., McDaniel, M. A. & Einstein, G. O. (2000). Plan formation, retention, and execution in prospective memory: A new approach and age-related effects. *Memory and Cognition*, 28(6), 1041-1049.
- Kliegl, R. & Baltes, P. B. (1987). Theory-guided analysis of mechanisms of development and aging through testing-the-limits and research on expertise. In C. Schooler & K. W. Schaie (Eds.), *Cognitive functioning and social structure over the lifecourse* (pp. 95-119). Norwood, NJ: Ablex.
- Kliegl, R., Smith, J. & Baltes, P. B. (1989). Testing-the-limits and the study of adult age differences in cognitive plasticity of a mnemonic skill. *Developmental Psychology*, 25(2), 247-256.
- Klingberg, T. (2009). *The overflowing brain: Information overload and the limits of working memory*. New York, NY: Oxford Press.
- Klingberg, T. (2010). Training and plasticity of working memory. *Trends in Cognitive Science*, 14(7), 317 - 324.
- Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P. J., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlström, K., Gillberg, C. G., Forssberg, H. & Westerberg, H. (2005). Computerized training of working memory in children with ADHD – A randomized, controlled trial. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 44(2), 177-186.
- Klingberg, T., Forssberg, H. & Westerberg, H. (2002). Training of working memory in children with ADHD. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 24(6), 781-791.
- Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P. J., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlström, K., Gillberg, C. G., Forssberg, H. & Westerberg, H. (2005). Computerized training of working memory in

- children with ADHD: A randomized, controlled trial. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 44(2), 177-186.
- Klumb, P. L. (1995). Cognitive failures and performance differences: validation studies of a German version of the cognitive failures questionnaire. *Ergonomics*, 38(7), 1456-1467.
- Kohn, M. L., Zaborowski, K. M., Janicka, K., Mach, B. W., Khmelko, V., Slomczynski, K. M., Heyman, C. & Podobnik, B. (2000). Complexity of activities and personality under conditions of radical social change: A comparative analysis of Poland and Ukraine. *Social Psychology Quarterly*, 63(3), 187-207.
- Kramer, A. F., Hahn, S. & Gopher, D. (1999). Task coordination and aging: Explorations of executive control processes in the task switching paradigm. *Acta Psychologica*, 101(2-3), 339-378.
- Kramer, A. F., Humphrey, D. G., Larish, J. F., Logan, G. B. & Strayer, D. L. (1994). Aging and inhibition: Beyond a unitary view of inhibitory processing inattention. *Psychology and Aging*, 9(4), 491-512.
- Kramer, A. F. & Kray, J. (2006). Aging and attention. In E. Bialystok & F. I. M. Craik (Eds), *Lifespan cognition: Mechanisms of change* (pp. 57-69). New York, NY: Oxford University Press.
- Kramer, A. F. & Larish, J. F. (1996). Aging and dual-task performance. In W. R. Rogers, A. D. Fisk & N. Walker (Eds.), *Aging and skilled performance* (pp. 83-112). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kramer, A. F., Larish, J. F. & Strayer, D. L. (1995). Training for attentional control in dual-task settings – a comparison of young and old adults. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 1(1), 50-76.
- Kray, J., Eber, J. & Karbach, J. (2008). Verbal self-instructions in task switching: A compensatory tool for action-control-deficits in childhood and old age? *Developmental Science*, 11(2), 223-236.
- Kray, J., Karbach, J., Haenig, S. & Freitag, C. (2012). Can task-switching training enhance executive control functioning in children with attention deficit/hyperactivity disorder? *Frontiers in Human Neuroscience*, 5(180), 1-9.
- Kray, J. & Lindenberger, U. (2000). Adult age differences in task switching. *Psychology and Aging*, 15(1), 126-147.
- Kulik, J. A., Bangert-Drowns, R. L. & Kulik, C. C. (1984). Effectiveness of coaching for aptitude tests. *Psychological Bulletin*, 95(2), 179-188.
- Kyllonen, P. C. & Christal, R. E. (1990). Reasoning ability is (little more than) working-memory capacity?! *Intelligence*, 14(4), 389-433.
- Larson, G. E., Alderton, D. L., Neideffer, M. & Underhill, E. (1997a). Further evidence on dimensionality and correlates of the Cognitive Failures Questionnaire. *British Journal of Psychology*, 88(1), 29-38.
- Larson, G. E., Alderton, D. L., Neideffer, M. & Underhill, E. (1997b). "Further evidence on dimensionality and correlates of the Cognitive Failures Questionnaire": Corrigendum. *British Journal of Psychology*, 88(2), 354.
- Li, S. C. & Baltes, P. B. (2006). Cognitive developmental research from lifespan perspectives: The challenge of integration. In E. Bialystok & F. I. M. Craik (Eds), *Lifespan cognition: Mechanisms of change* (pp. 344-363). New York, NY: Oxford University Press.

- Li, S. C., Schmiedek, F., Huxhold, O., Rocke, C., Smith, J. & Lindenberger, U. (2008). Working memory plasticity in old age: Transfer and maintenance. *Psychology and Aging, 23*(4), 731-742.
- Light, K. R., Kolata, S., Wass, C., Denman-Brice, A., Zagalsky, R. & Matzel, L. D. (2010). Working memory training promotes general cognitive abilities in genetically heterogeneous mice. *Current Biology, 20*(8), 777-782.
- Lilienthal, L., Tamez, E., Shelton, J. T., Myerson, J. & Hale, S. (2013). Dual n-back training increases the capacity of the focus of attention. *Psychonomic Bulletin & Review, 20*(1), 135-141.
- Lindenberger, U. & Baltes, P. B. (1997). Intellectual functioning in old and very old age: Cross-sectional results from the Berlin Aging Study. *Psychology and Aging, 12*(3), 410-432.
- Lövdén, M., Bäckman, L., Lindenberger, U., Schaefer, S. & Schmiedek, F. (2010). A theoretical framework for the study of cognitive plasticity. *Psychological Bulletin, 136*(4), 659-676.
- Lövdén, M., Brehmer, Y., Li, S.-C. & Lindenberger, U. (2012). Training-induced compensation versus magnification of individual differences in memory performance. *Frontiers in Human Neuroscience, 6*(141), 1-14.
- Lustig, C., May, C. & Hasher, L. (2001). Working memory span and the role of proactive interference. *Journal of Experimental Psychology: General, 130*(2), 199-207.
- Lustig, C., Shah, P., Seidler, R. & Reuter-Lorenz, P. A. (2009). Aging, training, and the brain: A review and future directions. *Neuropsychological Review, 19*(4), 504-522.
- MacDonald, M. C. & Christiansen, M. H. (2002). Reassessing working memory: Comment on Just and Carpenter (1992) and Waters and Caplan (1996). *Psychological Review, 109*(1), 35-54.
- Maguire, E. A., Valentine, E. R., Wilding, J. M. & Kapur, N. (2003). Routes to remembering: The brains behind superior memory. *Nature Neuroscience, 6*(1), 90-95.
- Mähler, C. & Stern, E. (2006). Transfer. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (3. Aufl.). Weinheim: PVU.
- Mahoney, A. M., Dalby, J. T. & King, M. C. (1998). Cognitive failures and stress. *Psychological Reports, 82*(3c), 1432-1434.
- Martin, M. (1983). Cognitive failure: Everyday and laboratory performance. *Bulletin of Psychonomic Society, 21*(2), 97-100.
- Martin, M. & Jones, G. V. (1983). Distribution of attention in cognitive failure. *Human Learning, 2*, 221-226.
- Matthews, G., Coyle, K. & Craig, A. (1990). Multiple factors of cognitive failure and their relationships with stress vulnerability. *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment, 12*(1), 49-65.
- May, C. P., Hasher, L. & Kane, M. J. (1999). The role of interference in memory span. *Memory and Cognition, 27*(5), 759-767.
- Maylor, E. A. (1990). Age and prospective memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A: Human Experimental Psychology, 42*(3), 471.
- Mayr, U. & Kliegl, R. (2000). Task-set switching and long-term memory retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 26*(5), 1124-1140.

- McArdle, J. J. & Prindle, J. J. (2008). A latent change score analysis of a randomized clinical trial in reasoning training. *Psychology and Aging, 23*(4), 702-719.
- McCabe, K. O., Mack, L. & Fleeson, W. (2012). A guide for data cleaning in experience sampling studies. In M. R. Mehl & T. S. Conner, *Handbook of research methods for studying daily life* (pp. 321-338). London: Guilford Press.
- McDowd, J. M. & Shaw, R. J. (2000). Attention and aging: A functional perspective. In: F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *Handbook of aging and cognition* (2nd ed., pp. 221-292). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- McNab, F., Varrone, A., Farde, L., Jucaite, A., Bystritsky, P., Forsberg, H. & Klingberg, T. (2009). Changes in cortical dopamine D1 receptor binding associated with cognitive training. *Science, 323*, 800-802.
- McVay, J. C. & Kane, M. J. (2009). Conducting the train of thought: Working memory capacity, goal neglect, and mind wandering in an executive-control task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 35*(1), 196-204.
- McVay, J. C. & Kane, M. J. (2010). Does mind wandering reflect executive function or executive failure? Comment on Smallwood and Schooler (2006) and Watkins (2008). *Psychological Bulletin, 136*(2), 188-197.
- McVay, J. C., Kane, M. J. & Kwapil, T. R. (2009). Tracking the train of thought from the laboratory into everyday life: An experience-sampling study of mind wandering across controlled and ecological contexts. *Psychonomic Bulletin & Review, 16*(5), 857-863.
- Meade, M. L. & Park, D. C. (2011). Enhancing cognitive function in older adults. In: W. Chodzko-Zajko, A. F. Kramer & L. W. Poon (Eds.), *Enhancing cognitive functioning and brain plasticity*, Champaign, IL: Human Kinetics.
- Mecacci, L. & Righi, S. (2006). Cognitive failures, metacognitive beliefs, and aging. *Personality and Individual Differences, 40*(7), 1453-1459.
- Meier, B. & Perrig, W. J. (2000). Low reliability of perceptual priming: Consequences for the interpretation of functional dissociations between explicit and implicit memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology. A: Human Experimental Psychology, 53*(1), 211-233.
- Mehl, M. R. (2007). Eavesdropping on health: A naturalistic observation for social-health research. *Social and Personality Compass, 1*(1), 359-380.
- Mehl, M. R. & Conner, T. S. (Eds.). (2012). *Handbook of research methods for studying daily life*. New York, NY: Guilford Press.
- Mehl, M. R. & Robbins, M. L. (2012). Naturalistic observation sampling. The electronically activated recorder (EAR). In M. R. Mehl & T. S. Conner, *Handbook of research methods for studying daily life* (pp. 176-192). London: Guilford Press.
- Melby-Lervåg, M. & Hulme, C. (2012). Is working memory training effective? A meta-analytic review. *Developmental Psychology, 49*(2), 270-291.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review, 63*(2), 81-97.
- Minear, M. & Shah, P. (2008). Training and transfer effects in task switching. *Memory and Cognition, 36*(8), 1470-1483.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A. & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology, 41*(1), 49-100.

- Mogle, J. A., Lovett, B. J., Stawski, R. S. & Sliwinski, M. J. (2008). What's so special about working memory? An examination of the relationship among working memory, secondary memory, and fluid intelligence. *Psychological Science, 19*(11), 1071-1077.
- Monsell, S. (1978). Recency, immediate recognition, and reaction time. *Cognitive Psychology, 10*(4), 465-501.
- Monsell, S. (1996). Control of mental processes. In V. Bruce (Ed.), *Unsolved mysteries of the mind: Tutorial essays in cognition* (pp. 93-148). Hove, UK: Erlbaum.
- Moody, D. E. (2009). Can intelligence be increased by training on a task of working memory? *Intelligence, 37*(4), 327-328.
- Morris, N. & Jones, D. M. (1990). Memory updating in working memory: The role of the central executive. *British Journal of Psychology, 81*(2), 111-121.
- Morrison, A. B. & Chein, J. M. (2011). Does working memory training work? The promise and challenges of enhancing cognition by training working memory. *Psychonomic Bulletin & Review, 18*(1), 46-60.
- Moskowitz, D. S. & Sadikaj, G. (2012). Event-contingent recording. In M. R. Mehl & T. S. Conner, *Handbook of research methods for studying daily life* (pp. 160-175). London: Guilford Press.
- Mrazek, M. D., Smallwood, J., Franklin, M. S., Chin, J. M., Baird, B. & Schooler, J. W. (2012). The role of mind-wandering in measurements of general aptitude. *Journal of Experimental Psychology: General, 141*(4), 788-798.
- Mroczek, D. K. & Almeida, D. M. (2004). The effect of daily stress, personality, and age on daily negative affect. *Journal of Personality, 72*(2), 355-378.
- Mukunda, K. V. & Hall, V. C. (1992). Does performance on memory for order correlate with performance on standardized measures of ability? A meta-analysis. *Intelligence, 16*(1), 81-97.
- Müller, U., von Cramon, D. Y. & Pollmann, S. (1998). D1- versus D2-receptor modulation of visuospatial working memory in humans. *The Journal of Neuroscience, 18*(7), 2720-2728.
- Multhaup, K. S., Balota, D. A. & Cowan, N. (1996). Implications of aging, lexicality, and item length for the mechanisms underlying memory span. *Psychonomic Bulletin & Review, 3*(1), 112-120.
- Neubauer, A. C. & Freudenthaler, H. H. (1994). Reaction time in a sentence-picture verification test and intelligence: Individual strategies and effects of extended practice. *Intelligence, 19*(2), 193-218.
- Norman, D. A. (1981). Categorization of actions slips. *Psychological Review, 88*(1), 1-15.
- Norman, D. & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. In R. J. Davidson, G. E. Schwartz & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation: Advances in research and theory* (Vol. 4, pp. 1-18). New York, NY: Plenum Press.
- O'Reilly, R. C., Braver, T. S. & Cohen, J. D. (1999). A biologically based computational model of working memory. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanism of active maintenance and executive control* (pp. 375-411). New York, NY: Cambridge University Press.
- Oberauer, K. (2005). The measurement of working memory capacity. In O. Wilhelm & R. W. Engle (Eds.), *Handbook of understanding and measuring intelligence* (pp 393-408). Thousand Oaks: Sage.

- Oberauer, K., Lewandowsky, S., Farrell, S., Jarrold, C. & Greaves, M. (2012). Modeling working memory: An interference model of complex span. *Psychonomic Bulletin & Review*, 19(5), 779-819.
- Oberauer, K., Schulze, R., Wilhelm, O. & Süß, H.-M. (2005). Working memory and intelligence – Their correlation and their relation: A comment on Ackerman, Beier, and Boyle (2005). *Psychological Bulletin*, 131(1), 61–65.
- Oberauer, K., Süß, H.-M., Schulze, R., Wilhelm, O. & Wittmann, W. W. (2000). Working memory capacity — Facets of a cognitive ability construct. *Personality and Individual Differences*, 29(6), 1017–1045.
- Oberauer, K., Süß, H.-M., Wilhelm, O. & Sander, N. (2007). Individual differences in working memory capacity and reasoning ability. In A. R. A. Conway, C. Jarrold, M. J. Kane, A. Miyake & J. N. Towse (Eds.), *Variation in working memory* (pp. 49–75). New York, NY: Oxford University Press.
- Oberauer, K., Süß, H.-M., Wilhelm, O. & Wittmann, W. W. (2003). The multiple faces of working memory — Storage, processing, supervision, and coordination. *Intelligence*, 31(2), 167–193.
- Oberauer, K., Süß, H.-M., Wilhelm, O. & Wittmann, W. W. (2008). Which working memory functions predict intelligence? *Intelligence*, 36(6), 641-652.
- Olesen, P. J., Westerberg, H. & Klingberg, T. (2004). Increased prefrontal and parietal activity after training of working memory. *Nature Neuroscience*, 7(1), 75-79.
- Orrell, M. & Sahakian, B. (1995). Education and dementia: Research evidence supports the concept of “use it or lose it”. *British Medical Journal*, 310(6985), 951-952.
- Owen, A. M., Hampshire, A., Grahn, J. A., Stenton, R., Dajani, S., Burns, A. S., Howard R. J. & Ballard, C. G. (2010). Putting brain training into test. *Nature*, 465(7299), 775 - 779.
- Park, D. C., Gutchess, A. H., Meade, M. L. & Stine-Morrow, E. A. L. (2007). Improving cognitive function in older adults: Nontraditional approaches. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 62B, 45-52.
- Park, D. C., Lautenschlager, G., Hedden, T., Davidson, N. S., Smith, A. D. & Smith, P. K. (2002). Models of visuospatial and verbal memory across the adult life span. *Psychology and Aging*, 17(2), 299-320.
- 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.
- Peng, H., Wen, J., Wang, D. & Gao, Y. (2012). The impact of processing speed training on working memory in old adults. *Journal of Adult Development*, 19(3), 150-157.
- Penner, I.-K., Vogt, A., Stöckling, M. Gschwind, L., Opwis, K. & Calabrese, P. (2012). Computerised working memory training in healthy adults: A comparison of two different training schedules. *Neuropsychological Rehabilitation*, 22(5), 716-733.
- Perrig, W. J., Hollenstein, M. & Oelhafen, S. (2009). Can we improve fluid intelligence with training on working memory in persons with intellectual disabilities? *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 8(2), 148-164.
- Persson, J. & Reuter-Lorenz, P. A. (2008). Gaining Control. Training executive function and far transfer of the ability to resolve interference. *Psychological Science*, 19(9), 881-888.

- Pollack, I., Johnson, L. B. & Knaff, P. R. (1959). Running memory span. *Journal of Experimental Psychology*, 57(3), 137-146.
- Pollina, L. K., Greene, A. L., Tunick, R. H. & Puckett, J. M. (1992). Dimensions of everyday memory in young adulthood. *British Journal of Psychology*, 83(3), 305-321.
- Posner, M. I. & DiGirolamo, G. J. (2000). Cognitive neuroscience: Origins and promise. *Psychological Bulletin*, 126(6), 873- 889.
- Rammstedt, B. & John, O. P. (2005). Kurzversion des Big Five Inventory (BFI-K): Entwicklung und Validierung eines ökonomischen Inventars zur Erfassung der fünf Faktoren der Persönlichkeit. *Diagnostica*, 51(4), 195-206.
- Rasmussen, J. (1987). The definition of human error and taxonomy for technical system design. In: J. Rasmussen, K. Duncan & J. Leplat (Eds.), *New technology and human error* (pp. 23-30). London: Wiley.
- Ratcliff, R. (1978). A theory of memory retrieval. *Psychological Review*, 85(2), 59 -108.
- Raven, J. C., Raven, J. E. & Court, J. H. (1998). *Progressive matrices*. Oxford: Oxford Psychologists Press.
- Raz, N. (2000). Aging of the brain and its impact on cognitive performance: Integration of structural and functional findings. In: F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *Handbook of aging and cognition* (2nd ed., pp. 1-90). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Reason, J. T. (1977). Skill and error in everyday life. In M. Howe (Ed.), *Adult learning* (pp. 21-47). London: Wiley.
- Reason, J. T. (1979). Actions not as planned: The price of automatization. In G. Underwood & R. Stevens (Eds.), *Aspects of consciousness* (pp. 67-89). London: Academic Press.
- Reason, J. T. (1990). *Human error*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Reason, J. T. (1984). Lapses of attention in everyday life. In R. Parasuraman & D. R. Davies (Eds.), *Varieties of attention* (pp. 515-549). New York, NY: Academic Press.
- Reason, J. T. (1993). Self-report questionnaires in cognitive psychology: Have they delivered the goods? In A. D. Baddeley & L. Weiskrantz (Eds.), *Attention: Selection, awareness, and control* (pp. 152-170). Oxford: Clarendon.
- Reason, J. T. & Mycielska, K. (1982). *Absent-minded? The psychology of mental lapses and everyday errors*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Redick, T. S., Calvo, A., Gay, C. E. & Engle, R. W. (2011). Working memory capacity and go/no-go task performance: Selective effects of Updating, Maintenance, and Inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37(2), 308-324.
- Redick, T. S., Shipstead, Z., Harrison, T. L., Hicks, K. L., Fried, D. E., Hambrick, D. Z., Kane, M. J. & Engle, R. W. (2012). No evidence of intelligence improvement after working memory training: A randomized, placebo-controlled study. *Journal of Experimental Psychology: General*. Advance online publication. doi: 10.1037/a0029082
- Redick, Z., Unsworth, N., Kelly, A. J. & Engle, R. W. (2012). Faster, smarter? Working memory capacity and perceptual speed in relation to fluid intelligence. *Journal of Cognitive Psychology*, 24(7), 844-854.
- Reimers, S. & Maylor, E. A. (2005). Task switching across the life span: Effects of age on general and specific switch costs. *Developmental Psychology*, 41(4), 661-671.

- Reis, H. T. (2000). Event-sampling and other methods for studying everyday experience. In: C. M. Judd (Ed.). *Handbook of research methods in social and personality psychology* (pp. 190-222). New York, NY: Cambridge University Press.
- Reuter-Lorenz, P. A. (2002). New visions of the aging mind and brain. *Trends in Cognitive Science*, 6(9), 394-400.
- Richmond, L. L., Morrison, A. B., Chein, J. M. & Olson, I. R. (2011). Working memory training and transfer in older adults. *Psychology and Aging*, 26(4), 813-822.
- Robertson, I. H., Manly, T., Andrade, J., Baddeley, B. T. & Yiend, J. (1997). "Oops!": Performance correlates of everyday attentional failures in traumatic brain-injured and normal subjects. *Neuropsychologia*, 35(6), 747-758.
- Robertson, I., Ward, T., Ridgeway, V. & Nimmo-Smith, I. (1994). *The test of everyday attention*. Bury St. Edmunds: Thames Valley Test Company.
- Rogers, R. D. & Monsell, S. (1995). Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124(2), 207-231.
- Rogosa, D., Brandt, D. & Zimowski, M. (1982). A growth curve approach to the measurement of change. *Psychological Bulletin*, 92(3), 726-748.
- Ross, M. (1989). The relation of implicit theories to the construction of personal histories. *Psychological Review*, 96(2), 341-357.
- Royer, J. M. (1979). Theories of the transfer of learning. *Educational Psychologist*, 14(1), 53-69.
- Rubinstein, J. S., Meyer, D. E. & Evans, J. E. (2001). Executive control of cognitive processes in task switching. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27(4), 763-797.
- Salminen, T., Strobach, T. & Schubert, T. (2012). On the impacts of working memory training on executive functioning. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6(166), 1-14.
- Salomon, G. & Perkins, D. N. (1989). Rocky roads to transfer: Rethinking mechanisms of a neglected phenomenon. *Educational Psychologist*, 24(2), 113-142.
- Salthouse, T. A. (1987). Age, experience, and compensation. In C. Schooler & K. W. Schaie (Eds.), *Cognitive functioning and social structures over the life course* (pp. 142-157). Norwood: Ablex.
- Salthouse, T. A. (1991). Mediation of adult age differences in cognition by reductions in working memory and speed of processing. *Psychological Science*, 2(3), 179-183.
- Salthouse, T. A. (1992). *Mechanisms of age-cognition relations in adulthood*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Salthouse, T. A. (1993). Influence of working memory on adult age differences in matrix reasoning. *British Journal of Psychology*, 84(2), 171-199.
- Salthouse, T. A. (1994a). How many causes are there of aging-related decrements in cognitive functioning? *Developmental Review*, 14(4), 413-437.
- Salthouse, T. A. (1994b). The aging of working memory. *Neuropsychology*, 8(4), 535-543.
- Salthouse T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103(3), 403-428.
- Salthouse, T. A. (2012). Consequences of age-related cognitive decline. *Annual Review Psychology*, 63(5), 201-226.

- Sarris, V. & Reiß, S. (2005). *Kurzer Leitfaden der Experimentalpsychologie*. München: Pearson Studium.
- Schaie, K. W. (1983). The Seattle Longitudinal Study: A 21-year exploration of psychometric intelligence in adulthood. In K.W. Schaie (Ed.), *Longitudinal studies of adult psychological development* (pp. 64-135). New York, NY: Guilford Press.
- Schaie, K. W., Willis, S. L., Jay, C. & Chipuer, H. (1989). Structural invariance of cognitive abilities across the adult life span: A cross-sectional study. *Developmental Psychology*, *25*(4), 652-662.
- Schindler, S. & Schmitz-Hübsch, M. (n.d.). Unveröffentlichtes Poster der Technischen Universität Dresden.
- Schmader, T. & Johns, M. (2003). Converging evidence that stereotype threat reduces working memory capacity. *Journal of Personality and Social Psychology*, *85*(3), 440-452.
- Schmiedek, F., Oberauer, K., Wilhelm, O., Süß, H.-M. & Wittmann, W.W. (2007). Individual differences in components of reaction time distributions and their relations to working memory and intelligence. *Journal of Experimental Psychology: General*, *136*(3), 414-429.
- Schmiedek, F., Hildebrandt, A., Lövdén, M., Wilhelm, O. & Lindenberger, U. (2009). Complex span versus updating tasks of working memory: The gap is not that deep. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *35*(4), 1089-1096.
- Schmiedek, F., Lövdén, M. & Lindenberger, U. (2010). Hundred days of cognitive training enhance broad cognitive abilities in adulthood: Findings from the COGITO study. *Frontiers in Aging Neuroscience*, *2*(27), 1-10.
- Schmitz, F. & Voss, A (2012). Decomposing task-switching costs with the diffusion model. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *38*(1), 222-250.
- Schneider, D. W. & Logan, G. D. (2005). Modeling task switching without switching tasks: A short-term priming account of explicitly cued performance. *Journal of Experimental Psychology: General*, *134*(3), 343-367.
- Schumacher, E. H., Seymour, T. L., Glass, J. M., Fencsik, D. E., Lauber, E. J., Kieras, D. E. & Meyer, D. E. (2001). Virtually perfect time sharing in dual-task performance: Uncorking the central cognitive bottleneck. *Psychological Science*, *12*(2), 101-108.
- Schwartz, B. L. (2006). The tip-of-the-tongue state as metacognition. *Metacognition and Learning*, *1*(2), 149-158.
- Schwarz, N. (2012). Why researchers should think “real-time”. In M. R. Mehl & T. S. Conner, *Handbook of research methods for studying daily life* (pp. 22-42). London: Guilford Press.
- Seibert, P. S. & Ellis, H. C. (1991). Irrelevant thoughts, emotional mood states and cognitive performance. *Memory and Cognition*, *19*(5), 507-513.
- Shadish, W. R., Cook, T. D. & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Boston: Houghton-Mifflin.
- Shelton, J. T., Elliott, E. M., Matthews, R. A., Hill, B. D. & Gouvier, W. D. (2010). The relationships of working memory, secondary memory, and general fluid intelligence: Working memory is special. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *36*(3), 813-820.
- Shelton, J. T., Metzger, R. L. & Elliott, E. M. (2007). A group-administered lag task as a measure of working memory. *Behavior Research Methods*, *39*(3), 482-493.

- Shiffman, S., Hufford, M., Hickcox, M., Paty, J. A., Gnys M & Kassel, J. D. (1997). Remember that? A comparison of real-time versus retrospective recall of smoking lapses. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 65(2), 292-300.
- Shiffrin, R. M. (1970). Memory search. In D. A. Norman (Ed.): *Models of human memory* (pp. 375-447). New York, NY: Academic Press.
- Shipstead, Z., Hicks, K. L. & Engle, R. W. (2012). Cogmed working memory training: Does the evidence support the claims? *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 1(3), 185-193.
- Shipstead, Z., Redick, T. S. & Engle, R. W. (2010). Does working memory training generalize? *Psychologica Belgica*, 50(3&4), 245-276.
- Shipstead, Z., Redick, T. S. & Engle, R. W. (2012). Is working memory training effective? *Psychological Bulletin*, 138(4), 628-54.
- Shrout, P. E. & Lane, S. P. (2012). Psychometrics. In M. R. Mehl & T. S. Conner, *Handbook of research methods for studying daily life* (pp. 302-320). London: Guilford Press.
- Shute, V. (1991). Who is likely to acquire programming skills? *Journal of Educational Computing Research*, 7(1), 1-24.
- Sliwinski, M. J., Almeida, D. M., Smyth, J. & Stawski, R. S. (2009). Intraindividual change and variability in daily stress processes: Findings from two measurement-burst diary studies. *Psychology and Aging*, 24(4), 828-840.
- Smallwood, J., Heim, D., Riby, L. & Davies, J. D. (2006). Encoding during the attentional lapse: Accuracy of encoding during the semantic SART. *Consciousness and Cognition*, 15(1), 218-231.
- Smallwood, J., McSpadden, M. & Schooler, J. W. (2007). The lights are on but no one's home: Meta-awareness and the decoupling of attention when the mind wanders. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(3), 527-533.
- Smallwood, J. & Schooler, J. W. (2006). The restless mind. *Psychological Bulletin*, 132(6), 946-958.
- Smilek, D., Carriere, J. S. A. & Cheyne J. A. (2010). Failures of sustained attention in life, lab, and brain: Ecological validity of the SART. *Neuropsychologia*, 48(9), 2564-2570.
- Smith, A., Chappelow, J. & Belyavin, A. (1995). Cognitive failures, focused attention, and categorical search. *Applied Cognitive Psychology*, 9(7), 115-126.
- Smith, E. E. & Jonides, J. (1999). Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science*, 283(5408), 1657-1661.
- Smith, J. & Baltes, P. B. (1996). Altern aus psychologischer Perspektive: Trends und Profile im hohen Alter. In: K. U. Mayer & P. B. Baltes (Hrsg.), *Die Berliner Altersstudie* (S. 221-250). Berlin: Akademie-Verlag.
- Stankov, L. (2000). Complexity, metacognition, and fluid intelligence. *Intelligence*, 28(2), 121-143.
- Steglich, C. (2012). *Ein Methodenvergleich der Erhebung kognitiver Fehlleistungen im Alltag bei älteren Erwachsenen*. Unveröffentlichte Bachelorarbeit, Universität Magdeburg.
- Steinhauser, M. & Hübner, R. (2006). Response-based strengthening in task shifting: Evidence from shift effects produced by errors. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32(3), 517-534.

- Stone, A. A., Shiffman, S., Schwartz, J.E., Broderick, J.E. & Hufford, M.R. (2003). Patient compliance with paper and electronic diaries. *Controlled Clinical Trials*, 24(2), 182-199.
- Strobach, T., Frensch, P., Müller, H. J. & Schubert, T. (2012a). Testing the limits of optimizing dual-tasks performance in younger and older adults. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6(39), 1-12.
- Strobach, T., Frensch, P. A. & Schubert, T. (2012b). Video game practice optimizes executive control skills in dual-task and task switching situations. *Acta Psychologica*, 140(1), 13-24.
- Strobach, T., Liepelt, R., Schubert, T. & Kiesel, A. (2012c). Task switching: Effects of practice on switch and mixing costs. *Psychological Research*, 76(1), 74-83.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology* 18(6), 643-662.
- Sunderland, A., Harris, J. E. & Baddeley, A. D. (1983). Do laboratory tests predict everyday memory? A neuropsychological study. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 22(3), 341-357.
- Sunderland, A., Harris, J. E. & Baddeley, A. D. (1984). Assessing everyday memory after severe head injury. In J.E. Harris & P.E. Morris (Ed.), *Everyday memory, actions, and absent-mindedness* (pp. 193-212). London: Academic Press.
- Süß, H.-M., Oberauer, K., Wittman, W. W., Wilhelm, O. & Schulze, R. (2002). Working-memory capacity explains reasoning ability – and a little bit more. *Intelligence*, 30(3), 261-288.
- te Nijenhuis, J., van Vianen, A. E. M. & van der Flier, H. (2007). Score gains on g-loaded tests: No g. *Intelligence*, 35(3), 283-300.
- Thompson, R. J., Mata, J., Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J. & Gotlib, I. H. (2012). The everyday emotional experience of adults with major depressive disorder: Examining emotional instability, inertia, and reactivity. *Journal of Abnormal Psychology*, 121(4), 819-829.
- Thorell, L.B., Lindquist, S., Bergman Nutley, S., Bohlin, G. & Klingberg, T. (2009). Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Developmental Science*, 12(1), 106 -113.
- Thorndike, E. L. (1903). *Educational psychology*. New York, NY: Lemke & Buechner.
- Thorndike, E. L. & Woodworth, R. S. (1901). The influence of improvement in one mental function upon the efficiency of other functions. *Psychological Review*, 8(3), 247-261.
- Townsend, A. D., Ashby, F. G. (1983). *Stochastic modelling of elementary psychological processes*. London/New York: Cambridge University Press.
- Towse, J. N. & Hitch, G. J. (1995). Is there a relationship between task demand and storage space in tests of working memory capacity? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 48(A), 108 -124.
- Tsang, P. S. & Shaner, T. L. (1998). Age, attention, expertise, and time-sharing performance. *Psychology and Aging*, 13(2), 323-347.
- Tuholski, S. W., Engle, R. W. & Baylis, G. C. (2001). Individual differences in working memory capacity and enumeration. *Memory and Cognition*, 29(3), 484-492.
- Turner, M. L. & Engle, R. W. (1989). Is working memory capacity task dependent? *Journal of Memory and Language*, 28(2), 127-154.

- Uchino, B. N., Berg, C. A., Smith, T. W., Pearce, G. & Skinner, M. (2006). Age-related differences in ambulatory blood pressure reactivity during stress: Evidence for greater blood pressure reactivity with age. *Psychology and Aging, 21*(2), 231-239.
- Unsworth N. (2007). Individual differences in working memory capacity and episodic retrieval: Examining the dynamics of delayed and continuous distractor free recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 33*(6), 1020-1034.
- Unsworth, N., Brewer, G. A., & Spillers, G. J. (2012). Variation in cognitive failures: An individual differences investigation of everyday attention and memory failures. *Journal of Memory and Language, 67*(1), 1-16.
- Unsworth, N. & Engle, R. W. (2006). Verbal working and short-term memory spans and their correlations to fluid abilities: Evidence from list-length effects. *Journal of Memory and Language, 54*(1), 68-80.
- Unsworth, N. & Engle, R. W. (2007a). The nature of individual differences in working memory capacity: Active maintenance in primary memory and controlled search from secondary memory. *Psychological Review, 114*(1), 104-132.
- Unsworth, N. & Engle, R. W. (2007b). On the division of short-term and working-memory: An Examination of simple and complex span and their relation to higher order abilities. *Psychological Bulletin, 133*(6), 1038-1066.
- Unsworth, N., Redick, T. S., Heitz, R. P., Broadway, J. M. & Engle, R. W. (2009). Complex working memory span tasks and higher-order cognition: A latent-variable analysis of the relationship between processing and storage. *Memory, 17*(6), 635-654.
- Unsworth, N., Redick, T. S., Lakey, C. E. & Young, D. L. (2010). Lapses in sustained attention and their relation to executive control and fluid abilities: An individual differences investigation. *Intelligence, 38*(1), 111-122.
- Unsworth, N. & Spillers, G. J. (2010). Working memory capacity: Attention control, secondary memory, or both? A direct test of the dual-component model. *Journal of Memory and Language, 62*(4), 392-406.
- Van Zomeren, A. H. & Brouwer, W. H. (1994). *Clinical neuropsychology of attention*. New York, NY: Oxford Press.
- Verghese, J., Lipton, R. B., Katz, M. J., Hall, C. B., Derby, C. A., Kuslansky, G. Ambrose, A. F., Sliwinski, M. & Buschke, H. (2003). Leisure activities and the risk of dementia in the elderly. *New England Journal of Medicine, 348*(25), 2508-2516.
- Verhaeghen, P. (2011). Aging and executive control: Reports of a demise greatly exaggerated. *Current Directions in Psychological Science, 20*(3), 174-180.
- Verhaeghen, P., Marcoen, A. & Goossens, L. (1992). Improving memory performance in the aged through mnemonic training: A meta-analytic study. *Psychology and Aging, 7*(2), 242-251.
- Verhaeghen, P. & Salthouse, T. A. (1997). Meta-analyses of age-cognition relations in adulthood: Estimates of linear and nonlinear age effects and structural models. *Psychological Bulletin, 122*(3), 231-249.
- Von Bastian, C. C. & Oberauer, K. (2013). Distinct transfer effects of training different facets of working memory training. *Journal of Memory and Language*. Advance online publication. doi: 10.1016/j.jml.2013.02.002

- Wallace, J. C., Kass, S. J. & Stanny, C. J. (2001). Predicting performance in 'GO' situations: A new use for the Cognitive Failures Questionnaire? *North American Journal of Psychology*, 3(3), 481-489.
- Wallace, J. C., Kass, S. J. & Stanny, C. J. (2002). The Cognitive Failures Questionnaire revisited: Dimensions and correlates. *The Journal of General Psychology*, 129(3), 238-256.
- Wallace, J. C. & Vodanovich, S. J. (2003). Can accidents and industrial mishaps be predicted? Further investigation into the relationship between cognitive failure and reports of accidents. *Journal of Business and Psychology*, 17(4), 503-514.
- Waters, G. S. & Caplan, D. (1996). The measurement of verbal working memory capacity and its relation to reading comprehension. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A, 51-79.
- Westerberg, H. & Klingberg, T. (2007). Changes in cortical activity after training of working memory – a single-subject analysis. *Physiology & Behavior*, 92(1-2), 186-192.
- Wilhelm, F. H., Grossman, P. & Müller, M. I. (2012). Bridging the gap between the laboratory and the real world. Integrative ambulatory psychophysiology. In M. R. Mehl & T. S. Conner, *Handbook of research methods for studying daily life* (pp. 210-234). London: Guilford Press.
- Wilhelm, P. & Oberauer, K. (2006). Why are reasoning ability and working memory capacity related to mental speed? An investigation of stimulus-response compatibility in choice reaction time tasks. *European Journal of Cognitive Psychology*, 18(1), 18-50.
- Wilhelm, P. & Perrez, M. (2008). Ambulantes Assessment in der klinischen Psychologie und Psychiatrie. *Zeitschrift für Psychiatrie, Psychologie und Psychotherapie*, 56(3), 169-179.
- Wilhelm, O., Witthöft, M. & Schipolowski, S. (2010). Self-reported cognitive failures – Competing measurement models and self-report correlates. *Journal of individual differences*, 31(1), 1-14.
- Willis, S. L. (1998). Everyday problem solving. In J. E. Birren & K. W. Schaie (Eds.), *Handbook of the psychology of aging* (3rd ed., pp. 287-307). San Diego, CA: Academic Press.
- Willis, S. L. & Marsiske, M. (1993). *Manual for the Everyday Problems Test*. University Park: Department of Human Development and Family Studies, Pennsylvania State University.
- Willis, S. L. & Schaie, K. W. (1986). Training the elderly on the ability factors of spatial orientation and inductive reasoning. *Psychology and Aging*, 1(3), 239-247.
- Willis, S. L., Tennstedt, S. L., Marsiske, M., Ball, K., Elias, J., Koepke, K. M., Morris, J. N., Rebok, G. W., Unverzagt, F. W., Stoddard, A. M. & Wright, E. (2006). Long-term effects of cognitive training on everyday functional outcomes in older adults. *Journal of the American Medical Association*, 296(23), 2805-2814.
- Wittmann, W. W. (1985). *Evaluationsforschung*. Berlin: Springer.
- Wittmann, W. W. & Süß, H.-M. (1999). Investigating the paths between working memory, intelligence, knowledge, and complex problem-solving performances via Brunswik symmetry. In P. L. Ackerman, P. C. Kyllonen & R. D. Roberts (Eds.), *Learning and individual differences: Process, trait, and content determinants* (pp. 77-108). Washington, DC: American Psychological Association.
- Wittmann, W. W., Süß, H.-M., Oberauer, K., Schulze, R. & Wilhelm, O. (1995). *Der Zusammenhang von Arbeitsgedächtniskapazität und Konstrukten der Intelligenzstrukturforschung*. Zwischenbericht an die Deutsche Forschungsgemeinschaft.

- Woltz, D. J., Gardner, M. K. & Gyll, S. P. (2000). The role of attention processes in near transfer of cognitive skills. *Learning and Individual Differences*, 12(3), 209-251.
- Wright, D. B. & Osborne, J. E. (2005). Dissociation, cognitive failures, and working memory. *American Journal of Psychology*, 118(1), 103-113.
- Wygotski, L. S. (1987). *Ausgewählte Schriften. Band 2: Arbeiten zur psychischen Entwicklung der Persönlichkeit*. Köln: Pahl-Rugenstein.
- Wylie, G. R. & Allport, A. (2000). Task switching and the measurement of “switch costs”. *Psychological Research*, 63(3/4), 212-233.
- Yaffe, K., Fiocco, A. J., Lindquist, K., Vittinghoff, E., Simonsick, E. M., Newman, A. B., Satterfield, S., Rosano, C., Rubin, S. M., Ayonayon, H. N. & Harris, T. B. (2009). Predictors of maintaining cognitive function in older adults. The Health ABC Study. *Neurology*, 72(23), 2029-2035.
- Zack, R. T. & Hasher, L. (2006). Aging and long-term memory: Deficits are not inevitable. In E. Bialystok & F. I. M. Craik (Eds), *Lifespan cognition: Mechanisms of change* (pp. 162-177). New York, NY: Oxford University Press.
- Zelazo, P. D. (2006). The Dimensional Change Card Sort (DCCS): A method of assessing executive function in children. *Nature Protocols*, 1(1), 297-301.
- Zimprich, D., Martin, M., Kliegel, M., Dellenbach, M., Rast, P. & Zeintl, M. (2008). Cognitive abilities in old age: Results from the Zurich Longitudinal Study on Cognitive Aging. *Swiss Journal of Psychology*, 67(3), 177-195.

14 Anhang

Anhang A

Tabelle A1: Reihenfolge der Trainingsaufgaben

Sitzung	Aufgabenreihenfolge					
1	MUN	DS	MST	nbf	OS	
2	DS	nbf	MUN	MST	nbf	
3	MST	nbf	DS	OS	MUN	
4	OS	MUN	MST	nbf	DS	
5	Nbf	DS	OS	MUN	MST	
6	MST	OS	MUN	DS	nbf	
7	MUN	MST	nbf	OS	DS	
8	OS	nbf	DS	MUN	MST	
9	DS	MUN	nbf	MST	OS	
10	Nbf	MST	OS	DS	MUN	
11	MUN	MST	DS	nbf	OS	
12	OS	nbf	MUN	MST	DS	

Anmerkung. MUN = Memory Updating numerisch; DS = Dot Span; MST = Multiple Switching Task; RMSf = Running Memory Span figural; OS = Operation Span.

Tabelle A2: Items von eKFA, CFQ und ARCES im Vergleich (Itemnummern in Klammern)

eKFA	CFQ	ARCES
1 Haben Sie eine Handlung nach Ablenkung nicht beendet?	Ich stellte fest, dass etwas mich von einer ursprünglich begonnenen Tätigkeit abgebracht hatte. (21)	Ich habe eine Tätigkeit begonnen und bearbeitete durch Ablenkung eine andere.(7)
2 Waren Ihre Gedanken durch zu viele Informationen wie blockiert?		
3 Haben Sie ungewollt etwas doppelt gesagt?		
4 Ist Ihnen bei einer einfachen Tätigkeit durch Ablenkung ein Fehler passiert?		Ich ging in einen Raum, um etwas zu holen, wurde abgelenkt und ging hinaus ohne den Gegenstand. (5)
5 Haben Sie Informationen verwechselt?	Bei der Beschreibung eines Weges verwechselte ich rechts und links.(4)	
6 Haben Sie sich versprochen?		
7 Haben Sie eine Information vergessen?	Auf einer Straße, die ich gut kenne, aber selten benutze, wusste ich nicht mehr, in welche Richtung ich abbiegen musste.(12) Ich konnte mich nicht an etwas erinnern, was mir früher erzählt worden war.(29)	
8 Sind Ihre Gedanken ungewollt abgeschweift?	Beim Lesen bemerkte ich, dass ich nicht bei der Sache war, und musste noch einmal vor vorn anfangen. (1) In Gedanken schweifte ich ab, während ich irgendwo zuhörte (19)	Beim Lesen bemerkt ich, dass ich mehrere Absätze gelesen habe ohne in der Lage zu sein, deren Inhalte wiederzugeben. (2) Ich mach Fehler weil ich eine Sache mache und an etwas anderes denke.(9)
9 Haben Sie etwas vergessen zu tun/zu sagen?	Ich antwortete auf wichtige Briefe zu spät.(11) Ich vergaß eine Verabredung.(16) Nach Abschluss eines Gesprächs merkte ich, dass ich vergessen hatte, einen wichtigen Gesichtspunkt zu nennen, den ich eigentlich hatte erwähnen wollen.(26) Nach dem Verlassen der Wohnung musste ich noch einmal umkehren, um etwas zu holen, das ich versehentlich nicht eingesteckt hatte.(27)	

Fortsetzung Tabelle A2

eKFA	CFQ	ARCES
	Ich vergaß, jemandem etwas auszurichten, worum man mich gebeten hatte. (28)	
10 Ist Ihnen ein Wort nicht eingefallen?	Obwohl mir ein Wort auf der Zunge lag, konnte ich es nicht aussprechen.(22)	
		Ich habe gedankenabwesend Gegenstände an ungewollten Orten platziert (z. B. Zucker in den Kühlschrank). (1)
11 Haben Sie Gegenstände oder Orte verwechselt?	Versehentlich warf ich einen Gegenstand weg, den ich behalten wollte, und behielt, was ich wegwerfen wollte; z. B. die Gemüseschalen in den Kochtopf und das Gemüse in den Abfall.(18)	Ich bemerkte, dass ich nichtzusammenpassende Strümpfe oder andere Kleidung trug. (4) Ich habe gedankenabwesend Handlungsobjekte vertauscht (z. B. etwas in den falschen Behälter werfen).(8)
		Ich bin zum Kühlschrank gegangen um etwas zu holen (z. B. Milch) und nahm etwas anderes (z. B. Saft).(11)
12 Haben Sie etwas verlegt?	Ich vergaß, wo ich etwas hingelegt hatte (z. B. eine Zeitung oder ein Buch).(17) Ich hatte etwas weggelegt und als ich es nach einigen Tagen hervorholen wollte, hatte ich vergessen, wo es lag.(30)	Ich habe häufig genutzte Gegenstände verlegt, z. B. Schlüssel, Brille usw. (3)
13 Haben Sie bei Handlungen/Gesprächen kurz den Faden verloren?		

Anmerkung. CFQ = Cognitive Failures Questionnaire (Broadbent et al., 1982); ARCES = Attention-related cognitive Errors Scale (Cheyne et al., 2006).

Tabelle A3: Ablauf der Testblöcke

Tag	Block	Konstrukt	Inhalt	Aufgabe	Abkürzung	Zeit	Σ
1	1	Reaktionszeit		Simple Reaction Time	SRT	3	
		WMC	verbal	Reading Span	RS	9	
		Exekutivfunktion	numerisch	Response Set Switching	SWn	18	
		Reasoning	figural	Analogien	AN (BIS)	5	
		KZG	verbal	Wortspanne	KZGv	10	
		Reasoning	numerisch	Zahlenreihen	ZN (BIS)	5	50
2	2	WMC	figural	Swaps	Swaps	10	
		Speed	Übung	Buchstaben durchstreichen	BD (BIS)	1	
		Speed	verbal	Wörter klassifizieren	KW (BIS)	1	
		Speed	numerisch	Sieben-teilbar	SI (BIS)	1	
		Speed	figural	Old English	OE (BIS)	1	
		WMC	numerisch	Memory Updating	MUN	13	
		Exekutivfunktion	verbal	Memory Set Switching	SWv	20	52
2	3	KZG	figural	Punktspanne	KZGf	7	
		Reasoning	verbal	Wortanalogien	WA (BIS)	5	
		WMC	numerisch	Running Memory Span	RMSn	13	
		Exekutivfunktion	figural	Switching figural	SWf	20	
		WMC	verbal	Operation Span	OS	10	55
4	4	WMC	figural	Running Memory Span	RMSf	12	
		KZG	numerisch	Zahlenspanne	KZGn	11	
		Exekutivfunktion		Wechselaufgabe	WA	26	
		Reasoning	numerisch	Zahlenreihen	ZN (BIS)	5	
		WMC	figural	Dot Span	DS	7	61

Anmerkung. Speed = Bearbeitungsgeschwindigkeit.

Anhang B – Deskriptive Statistik

Tabelle B1: Reliabilitäten von Arbeits- und Kurzzeitgedächtnis

Aufgabe	prä			post		
	<i>N</i>	Items	α	<i>N</i>	Items	Alpha
KZGv	91	18	.79	91	18	.69
KZGn	81	18	.61	90	18	.72
KZGf	91	15	.73	91	15	.74
RS	91	12	.87	89	12	.84
OS	91	12	.77	91	15	.80
DS	91	12	.86	91	12	.82
MUN	91	12	.83	89	15	.84
Swaps	91	24	.85	89	24	.88
RMSn	91	12	.64	91	12	.70
RMSf	91	12	.63	91	15	.75

Anmerkung. KZG = Kurzzeitgedächtnis; v/n/f = verbal/numerisch/figural; RS = Reading Span; OS = Operation Span; DS = Dot Span; MUN = Memory Updating numerisch; RMS = Running Memory Span.

Tabelle B2: Reliabilitäten der Switching-Aufgaben

Aufgabe	prä			post		
	<i>N</i>	Items	α	<i>N</i>	Items	α
SRT	91	20	.90	89	20	.97
SWv single	91	125	.93	89	125	.98
SWv mixed	91	300	.98	89	300	.98
SWn single	91	100	.97	89	100	.98
SWn mixed	91	300	.98	89	300	.99
SWf single	91	100	.89	91	100	.97
SWf mixed	91	300	.99	91	300	.99
MST single	91	95	.95	91	95	.97
MST mixed	91	312	.97	91	312	.99

Anmerkung. SRT = Simple Reaction Time; SW = Switching; single = in Einzelblöcken; mixed = in gemischten Blöcken; MST = Multiple Switching Task.

Tabelle B3: Mittelwerte und Standardabweichungen der Kurzzeitgedächtnis-Aufgaben

Aufgabe	EG		aKG		pKG	
	prä	post	prä	post	prä	post
KZGv	5.98 (.43)	6.05 (.38)	5.85 (.50)	5.96 (.42)	5.83 (.59)	6.04 (.44)
KZGn	6.40 (.43)	6.56 (.45)	6.35 (.30)	6.40 (.37)	6.36 (.42)	6.42 (.42)
KZGf	4.30 (.64)	4.53 (.64)	4.33 (.61)	4.50 (.59)	4.31 (.70)	4.41 (.67)

Anmerkung. *N* = 91. Standardabweichungen in Klammern. EG = Experimentalgruppe; aKG = aktive Kontrollgruppe; pKG = passive Kontrollgruppe; KZG = Kurzzeitgedächtnis; v/n/f = verbal/numerisch/figural.

Tabelle B4: Mittelwerte und Standardabweichungen der Arbeitsgedächtnisaufgaben (N = 91)

	EG		aKG		pKG	
	prä	post	prä	post	prä	post
RS	3.58 (.81)	4.13 (.62)	3.22 (.86)	3.76 (.63)	3.35 (.86)	3.66 (.82)
OS	4.71 (.65)	5.18 (.53)	4.63 (.44)	4.80 (.44)	4.57 (.71)	4.81 (.59)
DS	2.48 (.71)	3.24 (.78)	2.53 (.67)	2.76 (.71)	2.53 (.79)	2.63 (.79)
MUN	3.99 (.67)	5.21 (.62)	3.93 (.55)	4.59 (.36)	3.82 (.77)	4.64 (.71)
Swaps	11.31 (4.91)	13.50 (5.06)	9.09 (4.53)	11.27 (4.86)	9.72 (4.67)	11.39 (5.83)
RMSn	3.78 (.61)	4.09 (.45)	3.67 (.58)	3.79 (.49)	3.68 (.58)	3.52 (.76)
RMSf	3.72 (.58)	4.75 (.54)	3.71 (.51)	4.10 (.62)	3.60 (.65)	4.06 (.72)

Anmerkung. N = 91. Standardabweichungen in Klammern. EG = Experimentalgruppe; aKG = aktive Kontrollgruppe; pKG = passive Kontrollgruppe; RS = Reading Span; OS = Operation Span; DS = Dot Span; MUN = Memory Updating numerisch; RMS = Running Memory Span; n/f = numerisch/figural.

Tabelle B5: Mittelwert/Median und Standardabweichung/Interquartilabstand der Sekundäraufgaben

	EG		aKG		pKG	
	prä	post	prä	post	prä	post
RS Sätze	.95 (.10)	.95 (.05)	.93 (.09)	.90 (.07)	.90 (.07)	.93 (.08)
OS Gleichungen	.91 (.13)	.97 (.04)	.91 (.06)	.93 (.06)	.91 (.07)	.94 (.07)
DS Symmetrie	.77 (.13)	.82 (.14)	.75 (.14)	.76 (.15)	.71 (.15)	.73 (.18)

Anmerkung. N = 91. Standardabweichungen in Klammern. EG = Experimentalgruppe; aKG = aktive Kontrollgruppe; pKG = passive Kontrollgruppe; RS = Reading Span; OS = Operation Span; DS = Dot Span.

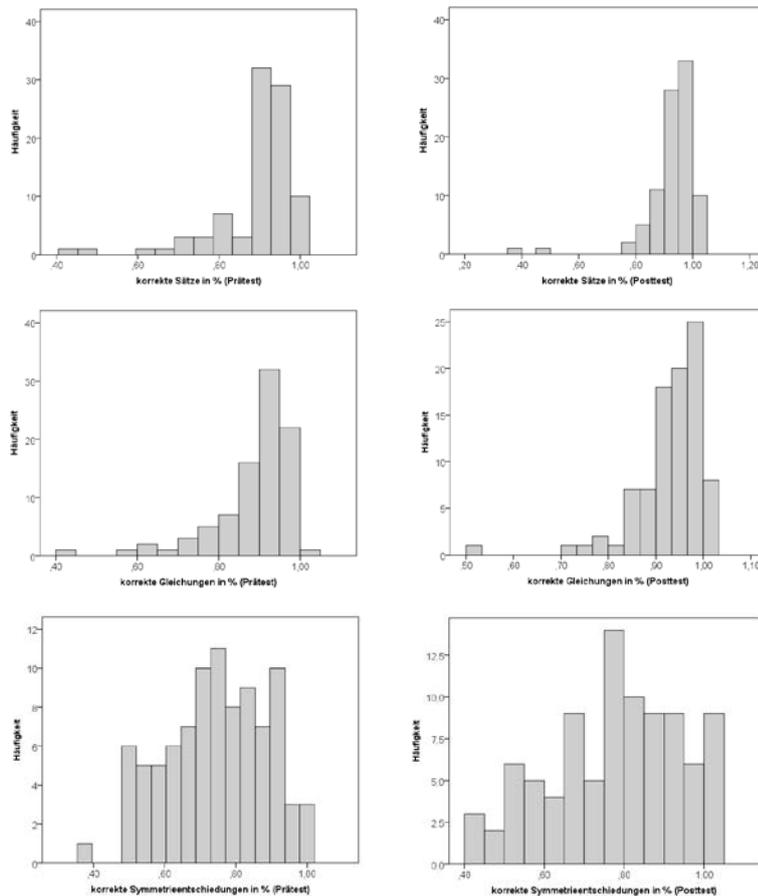


Abbildung B1: Histogramme der Sekundäraufgaben von Reading Span (oben), Operation Span (Mitte) und Dot Span (unten)

Tabelle B6: Mittelwerte und Standardabweichungen der Reasoning- und Speed-Aufgaben

	EG		aKG		pKG	
	prä	post	prä	post	prä	post
WA	2.65 (1.76)	3.10 (2.18)	1.81 (1.14)	2.35 (1.94)	2.72 (2.10)	2.90 (1.93)
ZN	3.06 (2.39)	2.97 (2.20)	2.35 (1.80)	2.71 (2.32)	2.79 (1.66)	3.66 (2.51)
AN	2.77 (1.96)	3.39 (1.96)	2.26 (1.84)	3.16 (1.86)	2.34 (1.99)	2.34 (1.99)
KW	22.35 (7.03)	25.35 (6.31)	20.68 (5.16)	22.13 (5.16)	22.41 (4.51)	23.76 (4.48)
SI	12.48 (2.95)	13.45 (3.43)	10.71 (3.29)	12.35 (4.02)	12.41 (4.02)	13.90 (3.43)
OE	20.48 (6.87)	21.23 (6.42)	19.48 (5.34)	21.29 (5.15)	20.72 (6.49)	20.62 (5.25)

Anmerkung. $N = 91$. Standardabweichungen in Klammern. EG = Experimentalgruppe; aKG = aktive Kontrollgruppe; pKG = passive Kontrollgruppe; WA = Wortanalogien; ZN = Zahlenreihen; AN = Analogien; KW = Klassifizieren von Wörtern; SI = Sieben teilbar; OE = Old English.

Tabelle B7: Mittelwerte und Standardabweichungen der Switching-Aufgaben (Reaktionszeit)

	EG		aKG		pKG	
	prä	post	prä	post	prä	post
SRT	323.90 (52.79)	260.70 (39.07)	318.86 (39.09)	286.35 (31.03)	342.41 (62.18)	312.75 (36.75)
SWv single	696.35 (77.05)	660.33 (81.08)	716.55 (53.77)	676.18 (36.73)	718.00 (82.54)	682.82 (70.77)
mixed	836.64 (95.68)	759.11 (88.58)	862.72 (66.96)	793.12 (47.73)	845.75 (85.40)	813.38 (75.17)
SWn single	798.06 (125.59)	727.69 (131.81)	795.58 (89.19)	751.06 (80.09)	818.16 (113.58)	753.64 (99.57)
mixed	854.55 (96.76)	802.87 (140.36)	841.75 (81.55)	795.26 (66.19)	843.80 (94.52)	818.76 (87.15)
SWf single	766.71 (103.72)	686.36 (92.73)	794.23 (88.67)	739.46 (91.21)	787.82 (91.47)	744.12 (80.65)
mixed	984.82 (123.81)	848.53 (103.56)	1048.79 (153.72)	974.23 (122.14)	967.02 (118.16)	953.61 (123.42)

Anmerkung. $N = 91$. Standardabweichungen in Klammern. EG = Experimentalgruppe; aKG = aktive Kontrollgruppe; pKG = passive Kontrollgruppe; SRT = Simple Reaction Time; SW = Switching; v/n/f = verbal/numerisch/figural; single = in Einzelblöcken; mixed = in gemischten Blöcken.

Tabelle B8: Mediane und Interquartilabstände der Switching-Aufgaben (Genauigkeit)

	EG		aKG		pKG	
	prä	post	prä	post	prä	post
SWv single	.98 (.03)	.98 (.03)	.97 (.05)	.98 (.02)	.98 (.02)	.99 (.02)
mixed	.95 (.05)	.96 (.05)	.94 (.06)	.95 (.04)	.96 (.07)	.95 (.06)
SWn single	.96 (.11)	.99 (.07)	.95 (.18)	.98 (.06)	.97 (.17)	.98 (.08)
mixed	.90 (.18)	.94 (.11)	.88 (.14)	.93 (.10)	.89 (.15)	.91 (.10)
SWf single	.91 (.14)	.98 (.06)	.93 (.17)	.98 (.11)	.96 (.16)	.98 (.10)
mixed	.73 (.28)	.95 (.12)	.74 (.18)	.94 (.32)	.69 (.28)	.89 (.25)

Anmerkung. $N = 91$. Standardabweichungen in Klammern. EG = Experimentalgruppe; aKG = aktive Kontrollgruppe; pKG = passive Kontrollgruppe; SW = Switching; v/n/f = verbal/numerisch/figural; single = in Einzelblöcken; mixed = in gemischten Blöcken.

Tabelle B9: Mittelwerte und Standardabweichungen der generellen Switch-Kosten

	EG		aKG		pKG	
	prä	post	prä	post	prä	post
RT costs	187.62 (57.45)	105.99 (.34.60)	194.63 (55.90)	140.92 (33.09)	160.14 (46.84)	141.74 (31.06)
Acc costs	.04 (.04)	.04 (.04)	.05 (.04)	.07 (.05)	.06 (.06)	.08 (.06)

Anmerkung. $N = 91$. Standardabweichungen in Klammern. EG = Experimentalgruppe; aKG = aktive Kontrollgruppe; pKG = passive Kontrollgruppe; RT costs = Reaktionszeitkosten; Acc costs = Genauigkeitskosten.

Tabelle B10: Mittelwerte und Standardabweichungen des Switching-Verhältnisses

	EG		aKG		pKG	
	prä	post	prä	post	prä	post
single	-845.52 (121.52)	-773.88 (116.98)	-886.77 (96.20)	-790.62 (90.64)	-879.52 (115.13)	-805.44 (93.57)
mixed	-1102.16 (188.39)	-883.19 (157.75)	-1160.86 (155.99)	-1023.23 (164.69)	-1129.59 (160.48)	-1049.44 (147.54)

Anmerkung. $N = 89$. Standardabweichungen in Klammern. EG = Experimentalgruppe; aKG = aktive Kontrollgruppe; pKG = passive Kontrollgruppe; single = in Einzelblöcken; mixed = in gemischten Blöcken.

Tabelle B11: Deskriptive Statistik des BFI-K

	<i>M/MD</i>	<i>SD/IQA</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)	α
Extraversion	3.29	.67	1.00	4.75	-.47	.95 (.328)	.54
Verträglichkeit	3.33	.67	1.25	4.50	-.42	1.07 (.206)	.54
Gewissenhaftigkeit	3.71	.65	2.00	5.00	-.27	.99 (.278)	.57
Neurotizismus	2.95	.79	1.00	4.75	.11	.84 (.476)	.73
Offenheit	3.80	.50	1.80	5.00	-1.05	1.75** (.004)	.63

Anmerkung. $N = 90$. bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet.

Tabelle B12: Deskriptive Statistik der eKFA-Items im Posttest (ohne Ausreißer)

	<i>M/MD</i>	<i>SD/IQA</i>	Min	Max	Schiefe	r_{it}^a	KS-Z (<i>p</i>)
1	1.10	.22	1.00	1.54	1.05	.62	1.71** (.006)
2	1.00	.18	1.00	1.67	1.62	.68	2.65** (<.001)
3	1.00	.08	1.00	1.27	1.43	.48	3.37** (<.001)
4	1.07	.29	1.00	1.53	1.01	.66	2.08** (<.001)
5	1.05	.13	1.00	1.39	1.47	.54	2.12** (<.001)
6	1.07	.27	1.00	2.00	1.90	.59	2.35** (<.001)
7	1.10	.25	1.00	1.66	1.34	.74	1.94** (.001)
8	1.16	.59	1.00	2.77	1.52	.67	2.02** (.001)
9	1.26	.22	1.00	1.74	.68	.60	1.28 (.076)
10	1.26	.42	1.00	2.86	.73	.63	1.55* (.017)
11	1.04	.15	1.00	1.64	1.93	.52	2.45** (<.001)
12	1.09	.24	1.00	1.68	1.42	.54	1.85** (.002)
13	1.06	.21	1.00	1.82	1.93	.70	2.38** (<.001)
All	1.13	.20	1.00	1.68	1.31	.82 ^b	1.46* (.029)

Anmerkung. $N = 90$. Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. ^aFür jede der Rangkorrelationen zwischen Item und Skala (r_{it} ; Trennschärfe) gilt $p < .001$. ^bSplit-Half-Reliabilität.

Tabelle B13: Trennschärpen des eKFA-kurz

Item	1	4	8	11	12	All
prä	.51	.54	.54	.32	.33	.51 ^a
post	.63	.66	.58	.46	.50	.73 ^a

Anmerkung. $N = 90$. Die Trennschärpen stellen Rangkorrelationen zwischen dem Item und der Skala ohne dieses Item dar. ^a Split-Half-Reliabilität.

Tabelle B14: Deskriptive Statistik der pKFA-Items von Steglich (ohne Ausreißer)

	<i>M/MD</i>	<i>SD/IQA</i>	Min	Max	Schiefe	r_{it}^a	KS-Z (p)
1	1.21	.29	1.00	1.93	1.23	.54	1.42 (.036)
2	1.00	.07	1.00	1.64	2.48	.48	3.02** (<.001)
3	1.07	.14	1.00	1.59	1.61	.53	2.36** (<.001)
4	1.14	.29	1.00	1.64	1.10	.57	1.87 (.002)
5	1.00	.14	1.00	1.65	1.94	.57	2.18** (<.001)
6	1.29	.50	1.00	2.15	.95	.45	1.56* (.016)
7	1.26	.25	1.00	1.86	.94	.73	1.29* (.073)
8	1.59	.46	1.00	2.54	.53	.63	1.06 (.214)
9	1.36	.33	1.00	2.16	.95	.70	1.17 (.129)
10	1.42	.36	1.00	2.29	.91	.64	1.09 (.189)
11	1.07	.14	1.00	1.58	2.05	.47	2.53** (<.001)
12	1.14	.34	1.00	1.79	1.29	.55	1.87** (.002)
13	1.14	.29	1.00	1.87	1.34	.65	1.96** (.001)
All	1.21	.18	1.01	1.72	1.15	.77 ^b	1.55* (.016)

Anmerkung. $N = 72$. Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. ^a Für jede der Rangkorrelationen zwischen Item und Skala (r_{it} ; Trennschärfe) gilt $p < .001$. ^b Splithalf-Reliabilität.

Tabelle B15: Vergleich der Deskriptiven Statistik der Kurzversion in pKFA und eKFA

	<i>MD/M</i>	<i>IQA/SD</i>	Min	Max	Schiefe	itt^a	KS-Z (p)
pKFA-kurz	1.27	.21	1.00	1.84	1.10	.78	1.12 (.165)
eKFA-kurz	1.22	.16	1.00	1.70	.91	.51	1.25 (.087)

Anmerkung. $N_1 = 72$, $N_2 = 91$. Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. ^a Für jede der Rangkorrelationen zwischen Item und Skala (r_{it} ; Trennschärfe) gilt $p < .001$.

Anhang C – Faktorenbildung I**Tabelle C1: Faktorladungen des eKFA**

Item	Faktor eKFA		Faktor eKFA-kurz	
	prä	post	prä	post
1	.53	.66	.74	.80
2	.68	.79		
3	.53	.58		
4	.66	.72	.79	.81
5	.67	.63		
6	.63	.69		
7	.64	.80		
8	.62	.75	.73	.74
9	.57	.69		
10	.71	.68		
11	.60	.58	.58	.64
12	.44	.56	.51	.60
13	.75	.77		

Anmerkung. $N = 91$ im Prätest, $N = 90$ im Postest. In die Faktorenanalyse gingen Ränge ein.

Tabelle C2: Faktorladungen des Kurzzeitgedächtnisses

	Faktor KZG prä	Faktor KZG post
KZGv	.68	.75
KZGn	.85	.87
KZGf	.65	.50

Anmerkung. $N = 91$. KZG = Kurzzeitgedächtnis; v/n/f = verbal/numerisch/figural.

Tabelle C3: Faktorladungen der Trainingsaufgaben

	Faktor Training prä	Faktor Training post
OS	.68	.75
DS	.78	.82
MUN	.86	.89
RMSf	.42	.74

Anmerkung. $N = 91$. OS = Operation Span; DS = Dot Span; MUN = Memory Updating numerisch; RMSf = Running Memory Span figural.

Tabelle C4: Faktorladungen der untrainierten Aufgaben (Transfer)

	Faktor Transfer prä	Faktor Transfer post
RS	.81	.77
RMSf	.72	.76
Swaps	.83	.83

Anmerkung. $N = 91$. RS = Reading Span; RMSn = Running Memory Span numerisch.

Tabelle C5: Faktorladungen der komplexen Spannenaufgaben

	Faktor CST prä	Faktor CST post
RS	.86	.90
OS	.78	.88
DS	.73	.75

Anmerkung. $N = 91$. CST = komplexe Spannenaufgabe; RS = Reading Span; OS = Operation Span; DS = Dot Span.

Tabelle C6: Faktorladungen der Updating Aufgaben

	Faktor Updating prä	Faktor Updating post
MUN	.82	.86
Swaps	.79	.80
RMSn	.74	.75
RMSf	.52	.77

Anmerkung. $N = 91$. MUN = Memory Updating numerisch; RMS = Running Memory Span; n/f = numerisch/figural.

Tabelle C7: Faktorladungen der Aufgaben zum Arbeitsgedächtnis

	Faktor WMC 1 prä	Faktor WMC 2 prä	Faktor WMC post
RS	.74	-.28	.78
OS	.68	-.44	.77
DS	.67	.15	.76
MUN	.79	.00	.88
RMSn	.62	.33	.64
RMSf	.34	.84	.67
Swaps	.79	-.11	.76

Anmerkung. $N = 91$. WMC = Arbeitsgedächtniskapazität; RS = Reading Span; OS = Operation Span; DS = Dot Span; MUN = Memory Updating numerisch; RMS = Running Memory Span; n/f = numerisch/figural.

Tabelle C8: Ladungsmatrix der Aufgaben zu Arbeitsgedächtnis und Kurzzeitgedächtnis

	Prätest		Posttest	
	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 1	Faktor 2
KZGv	.69	-.17	.84	-.21
KZGn	.73	.10	.65	.18
KZGf	.12	.73	-.20	.89
RS	.82	-.08	.81	.07
OS	.80	-.13	.87	.00
DS	.45	.40	.27	.65
MUN	.61	.34	.56	.46
Swaps	.61	.30	.47	.45
RMSn	.39	.42	.23	.56
RMSf	-.19	.84	-.03	.83

Anmerkung. $N = 91$. KZG = Kurzzeitgedächtnis; v/n/f = verbal/numerisch/figural; RS = Reading Span; OS = Operation Span; DS = Dot Span; MUN = Memory Updating numerisch; RMS = Running Memory Span.

Tabelle C9: Faktorladungen der Switching-Aufgaben für Reaktionszeit und Genauigkeit im Prätest

	RT mixed	RT single	Acc mixed	Acc single
SWv	.82	.84	.73	.76
SWn	.84	.83	.77	.71
SWf	.70	.84	.73	.72
MST	.88	.78	.78	.61

Anmerkung. $N = 91$. RT = Reaktionszeit; mixed = in gemischten Blöcken; single = in Einzelblöcken; Acc = Genauigkeit; SW = Switching; v/n/f = verbal/numerisch/figural; MST = Multiple Switching Task.

Tabelle C10: Faktorladungen der Switching-Aufgaben für Reaktionszeit und Genauigkeit im Posttest

	RT mixed	RT single	Acc mixed	Acc single
SWv	.86	.84	.75	.60
SWn	.78	.84	.73	.41
SWf	.82	.87	.73	.79
MST	.86	.89	.78	.78

Anmerkung. $N = 91$. RT = Reaktionszeit; mixed = in gemischten Blöcken; single = in Einzelblöcken; Acc = Genauigkeit; SW = Switching; v/n/f = verbal/numerisch/figural; MST = Multiple Switching Task.

Tabelle C11: Mittelwert und Standardabweichungen der Faktoren im Prätest

	KZG	Training	Transfer	Gf	Speed
EG	.11 (.94)	.09 (1.04)	.26 (1.05)	.19 (.91)	.14 (.79)
aKG	-.05 (.85)	.03 (.74)	-.20 (.88)	-.19 (.68)	-.19 (.66)
pKG	-.06 (1.21)	-.12 (1.20)	-.07 (1.04)	.08 (.81)	.12 (.74)

Anmerkung. $N = 91$. Standardabweichungen in Klammern. EG = Experimentalgruppe; aKG = aktive Kontrollgruppe; KZG = Kurzzeitgedächtnis; Training = Trainingsaufgaben Arbeitsgedächtnis; Transfer = Transferaufgaben Arbeitsgedächtnis; Gf = Verarbeitungskapazität; pKG = passive Kontrollgruppe.

Tabelle C12: Mittelwert und Standardabweichungen der Faktoren im Posttest

	KZG	Training	Transfer	Gf	Speed
EG	.20 (1.04)	.67 (.92)	.47 (.89)	.11 (.74)	.13 (.86)
aKG	-.13 (.91)	-.33 (.71)	-.13 (.78)	-.09 (.79)	-.16 (.66)
pKG	-.07 (1.05)	-.36 (1.01)	-.36 (1.15)	-.01 (.85)	.04 (.68)

Anmerkung. $N = 91$. Standardabweichungen in Klammern. EG = Experimentalgruppe; aKG = aktive Kontrollgruppe; KZG = Kurzzeitgedächtnis; Training = Trainingsaufgaben Arbeitsgedächtnis; Transfer = Transferaufgaben Arbeitsgedächtnis; Gf = Verarbeitungskapazität; pKG = passive Kontrollgruppe.

Anhang D – Korrelationen

Tabelle D1: Interkorrelation der eKFA-Items im Prätest und Posttest

Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	.53												
2	(.002)	.33**											
3	.43	.47**	.18										
4	(.027)	(.001)	(.031)	.23*									
5	.27**	.48**	.43**	.45**	.23								
6	(.010)	(.001)	(.001)	(.001)	(.005)	.18							
7	.61**	.56**	.33**	.33**	.29**	.22*							
8	(.001)	(.001)	(.001)	.51	.37**	(.034)	.42**						
9	.27*	.52**	.32**	.47**	.38**	.42**	.50**						
10	(.011)	(.001)	(.002)	(.001)	(.006)	(.028)	(.001)	.27*					
11	.36**	.45**	.49**	.40**	.29**	.37**	.37**	.27*	.27**				
12	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.009)	(.001)	.27**			
13	.54**	.62**	.39**	.55**	.40**	.64	.51**	.29**	.49**	(.011)	.30**		
	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.032)	(.001)	(.006)	(.026)	(.001)	(.004)	.21*	
	.55**	.65**	.50**	.53**	.44**	.45	.53**	.27**	.42**	(.017)	(.017)	(.049)	
	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.011)	(.001)	(.042)	(.008)	(.050)	.28**
	.46**	.48**	.33**	.51**	.41**	.67**	.41**	.72	.60	.34**	.33**	.28**	.48**
	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)
	.34**	.51**	.39**	.37**	.57**	.49**	.57**	.43**	.43**	.64	.32**	.28**	.62**
	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.002)	(.007)	(.001)
	.44**	.34**	.21*	.37**	.42**	.56**	.42**	.30**	.42**	.31**	.48	.19	.32**
	(.001)	(.001)	(.046)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.003)	(.001)	(.003)	.40**	(.067)	(.002)
	.35**	.46**	.31**	.47**	.36**	.41**	.41**	.32**	.51**	.41**	.40**	.50	.22*
	(.001)	(.001)	(.003)	(.001)	(.003)	(.001)	(.001)	(.002)	(.001)	(.001)	(.001)	.38**	(.038)
	.49**	.62**	.48**	.59**	.52**	.60**	.51**	.62**	.45**	.52**	.37**	.38**	.58
	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)	(.001)

Anmerkung: $N = 91$ im Prätest (oberhalb), $N = 90$ im Posttest (unterhalb). Die Koeffizienten stellen Rangkorrelationen dar. Signifikanzniveau in Klammern. In der Diagonalen befinden sich die Retest-Reliabilitäten.

Tabelle D2: Korrelation von eKFA und CFQ mit den Big 5 im Prätest

	Extraversion	Verträglichkeit	Gewissenhaftigkeit	Neurotizismus	Offenheit
eKFA	.03 (.799)	.06 (.550)	.06 (.550)	.25* (.016)	.03 (.779)
CFQ	-.17 (.114)	-.03 (.768)	-.03 (.768)	.22* (.039)	.05 (.675)

Anmerkung: $N = 90$. Signifikanzniveau in Klammern.

Tabelle D3: Korrelation von eKFA und CFQ mit den Big 5 im Posttest

	Extraversion	Verträglichkeit	Gewissenhaftigkeit	Neurotizismus	Offenheit
eKFA	.02 (.887)	.11 (.319)	.03 (.791)	.25* (.017)	.07 (.524)
CFQ	-.28** (.007)	-.13 (.223)	-.24* (.023)	.23* (.031)	-.11 (.308)

Anmerkung: $N = 90$. Signifikanzniveau in Klammern.

Tabelle D4: Korrelationen zwischen Fehlleistungen und kognitiven Variablen in der jüngeren Gruppe (prä)

	WMC	Gf	Speed	KZG	RT costs	Acc costs	SwV mx ^b	SwV sg ^b
eKFA- kurz ^a	-.29* (.044)	-.17 (.254)	-.12 (.417)	-.01 (.957)	.04 (.795)	.20 (.200)	-.41** (.005)	-.36* (.013)
eKFA	-.16 (.290)	-.09 (.565)	-.15 (.313)	.04 (.807)	.12 (.434)	.13 (.391)	-.34* (.019)	-.32* (.029)
CFQ	-.03 (.834)	.17 (.260)	-.38** (.009)	-.06 (.666)	.08 (.571)	-.16 (.264)	-.04 (.796)	.04 (.793)

Anmerkung. $N = 48$. Signifikanzniveau in Klammern. WMC = Arbeitsgedächtniskapazität; Gf = Reasoning; KZG = Kurzzeitgedächtnis; RT costs = Reaktionszeitkosten; Acc costs = Genauigkeitskosten; SwV mx = Switching-Verhältnis in gemischten Blöcken; SwV sg = Switching-Verhältnis in Einzelblöcken. ^a Rangkorrelationen. ^b $N = 47$.

Tabelle D5: Korrelationen zwischen Fehlleistungen und kognitiven Variablen in der älteren Gruppe (prä)

	WMC	Gf	Speed	KZG	RT costs	Acc costs	SwV mx ^b	SwV sg ^b
eKFA- kurz ^a	-.12 (.464)	-.18 (.246)	-.15 (.324)	.02 (.899)	.27 (.081)	.02 (.882)	-.18 (.260)	-.11 (.507)
eKFA	.01 (.966)	-.12 (.443)	.08 (.615)	.10 (.519)	-.02 (.909)	-.09 (.586)	.09 (.579)	.06 (.723)
CFQ	-.22 (.149)	-.16 (.295)	-.14 (.384)	-.11 (.502)	.05 (.767)	.06 (.639)	.01 (.936)	.03 (.866)

Anmerkung. $N = 43$. Signifikanzniveau in Klammern. WMC = Arbeitsgedächtniskapazität; Gf = Reasoning; KZG = Kurzzeitgedächtnis; RT costs = Reaktionszeitkosten; Acc costs = Genauigkeitskosten; SwV mx = Switching-Verhältnis in gemischten Blöcken; SwV sg = Switching-Verhältnis in Einzelblöcken. ^a Rangkorrelationen. ^b $N = 42$.

Tabelle D6: Korrelationen zwischen Fehlleistungen und kognitiven Variablen in der jüngeren Gruppe (post)

	WMC	Gf	Speed	KZG	RT costs	Acc costs	SwV mx	SwV sg
eKFA- kurz ^a	-.34* (.017)	-.13 (.377)	-.19 (.206)	-.22 (.129)	.24 (.095)	.21 (.148)	-.42** (.003)	-.40** (.005)
eKFA	-.29* (.043)	-.07 (.963)	-.14 (.357)	-.08 (.593)	.28 (.057)	.20 (.180)	-.44** (.002)	-.44** (.002)
CFQ	-.42** (.003)	-.12 (.427)	-.38** (.008)	-.42** (.003)	.36* (.011)	.19 (.193)	-.51** ($<.001$)	-.48** (.001)

Anmerkung. $N = 48$. Signifikanzniveau in Klammern. WMC = Arbeitsgedächtniskapazität; Gf = Reasoning; KZG = Kurzzeitgedächtnis; RT costs = Reaktionszeitkosten; Acc costs = Genauigkeitskosten; SwV mx = Switching-Verhältnis in gemischten Blöcken; SwV sg = Switching-Verhältnis in Einzelblöcken. ^a Rangkorrelationen.

Tabelle D7: Korrelationen zwischen Fehlleistungen und kognitiven Variablen in der älteren Gruppe (post)

	WMC	Gf	Speed	KZG	RT costs	Acc costs	SwV mx	SwV sg
eKFA- kurz ^a	-.06 (.724)	.07 (.645)	.09 (.580)	-.01 (.972)	.07 (.658)	.10 (.520)	.08 (.610)	.12 (.459)
eKFA	-.04 (.826)	-.02 (.882)	.17 (.281)	.02 (.882)	.00 (.989)	.03 (.862)	.12 (.438)	.21 (.191)
CFQ	-.10 (.515)	-.16 (.292)	-.09 (.555)	.05 (.753)	.16 (.305)	.16 (.329)	-.12 (.446)	.00 (.994)

Anmerkung. $N = 43$. Signifikanzniveau in Klammern. WMC = Arbeitsgedächtniskapazität; Gf = Reasoning; KZG = Kurzzeitgedächtnis; RT costs = Reaktionszeitkosten; Acc costs = Genauigkeitskosten; SwV mx = Switching-Verhältnis in gemischten Blöcken; SwV sg = Switching-Verhältnis in Einzelblöcken. ^a Rangkorrelationen.

Tabelle D8: Korrelation des verbal-numerischen und figuralen Faktors mit den kognitiven Fehlern

	eKFA	eKFA-kurz ^a	CFQ
vn	-.17 (.108)	-.19 (.080)	-.25* (.018)
fig	-.05 (.631)	-.13 (.226)	-.20 (.058)

Anmerkung. $N = 91$. Signifikanzniveau in Klammern. vn = verbal-numerisch; fig = figural. ^a Rangkorrelationen.

Tabelle D9: Korrelation des verbal-numerischen und figuralen Faktors mit den kognitiven Fehlern in der jüngeren Gruppe

	eKFA	eKFA-kurz ^a	CFQ
vn	-.28 (.056)	-.30* (.037)	-.45** (.001)
fig	-.13 (.387)	-.21 (.161)	-.27 (.068)

Anmerkung. $N = 48$. Signifikanzniveau in Klammern. vn = verbal-numerisch; fig = figural. ^a Rangkorrelationen.

Tabelle D10: Korrelationen mit Alter, Bildungsjahren und Geschlecht im Prätest

	WMC	Gf	KZG	Speed	RT costs	Acc costs	SwV mx ^a	SwV sg ^a
Alter	-.30** (.004)	-.14 (.182)	-.15 (.144)	-.17 (.106)	.21* (.043)	.12 (.259)	-.25* (.019)	-.17 (.103)
Bildung	.26* (.012)	.29** (.005)	.44** ($< .001$)	.22* (.039)	-.01 (.948)	-.12 (.258)	.17 (.116)	-.14 (.193)
Geschlecht	-.25* (.018)	-.30** (.004)	-.23* (.028)	.07 (.507)	.15 (.155)	.11 (.308)	-.28** (.008)	-.23* (.031)

Anmerkung. $N = 91$. Signifikanzniveau in Klammern. WMC = Arbeitsgedächtniskapazität; Gf = Reasoning; KZG = Kurzzeitgedächtnis; RT costs = Reaktionszeitkosten; Acc costs = Genauigkeitskosten; SwV mx = Switching-Verhältnis in gemischten Blöcken; SwV sg = Switching-Verhältnis in Einzelblöcken. ^a $N = 89$.

Tabelle D11: Korrelationen mit Alter, Bildungsjahren und Geschlecht im Posttest

	WMC	Gf	KZG	Speed	RT costs	Acc costs	SwV mx	SwV sg
Alter	-.33** (.002)	-.12 (.260)	-.18 (.091)	-.10 (.344)	.31** (.033)	.23* (.028)	-.34** (.001)	-.27* (.012)
Bildung	.30** (.004)	.22* (.038)	.32** (.002)	.08 (.458)	-.14 (.186)	-.25* (.019)	.25* (.015)	.18 (.099)
Geschlecht	-.22* (.038)	-.24* (.021)	-.13 (.208)	.08 (.478)	-.09 (.410)	.08 (.443)	-.17 (.111)	-.21* (.044)

Anmerkung. $N = 91$. Signifikanzniveau in Klammern. WMC = Arbeitsgedächtniskapazität; Gf = Reasoning; KZG = Kurzzeitgedächtnis; RT costs = Reaktionszeitkosten; Acc costs = Genauigkeitskosten; SwV mx = Switching-Verhältnis in gemischten Blöcken; SwV sg = Switching-Verhältnis in Einzelblöcken.

Tabelle D12: Korrelationen der Faktoren aus komplexen Spannenaufgaben und Updating-Aufgaben mit den kognitiven Variablen im Prätest

	Gf	KZG	Speed	RT costs	Acc costs	SwV mx ^a	SwV sg ^a	eKFA	eKFA-Kurz	CFQ
CST	.49** ($< .001$)	.65** ($< .001$)	.37** ($< .001$)	-.16 (.135)	-.29* (.006)	.57** ($< .001$)	.45** ($< .001$)	-.13 (.213)	-.22* (.037)	-.21 (.051)
Upd	.55** ($< .001$)	.67** ($< .001$)	.30** (.004)	-.05 (.633)	-.19 (.079)	.55** ($< .001$)	.51** ($< .001$)	.00 (.980)	-.14 (.198)	-.04 (.705)

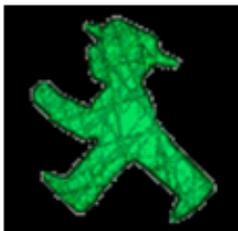
Anmerkung. $N = 91$. Signifikanzniveau in Klammern. CST = komplexe Spannenaufgaben; Upd = Updating; Gf = Verarbeitungskapazität; KZG = Kurzzeitgedächtnis; RT costs = Reaktionszeitkosten; Acc costs = Genauigkeitskosten; SwV mx = Switching-Verhältnis in gemischten Blöcken; SwV sg = Switching-Verhältnis in Einzelblöcken. ^a $N = 89$.

Anhang E – Instruktionen

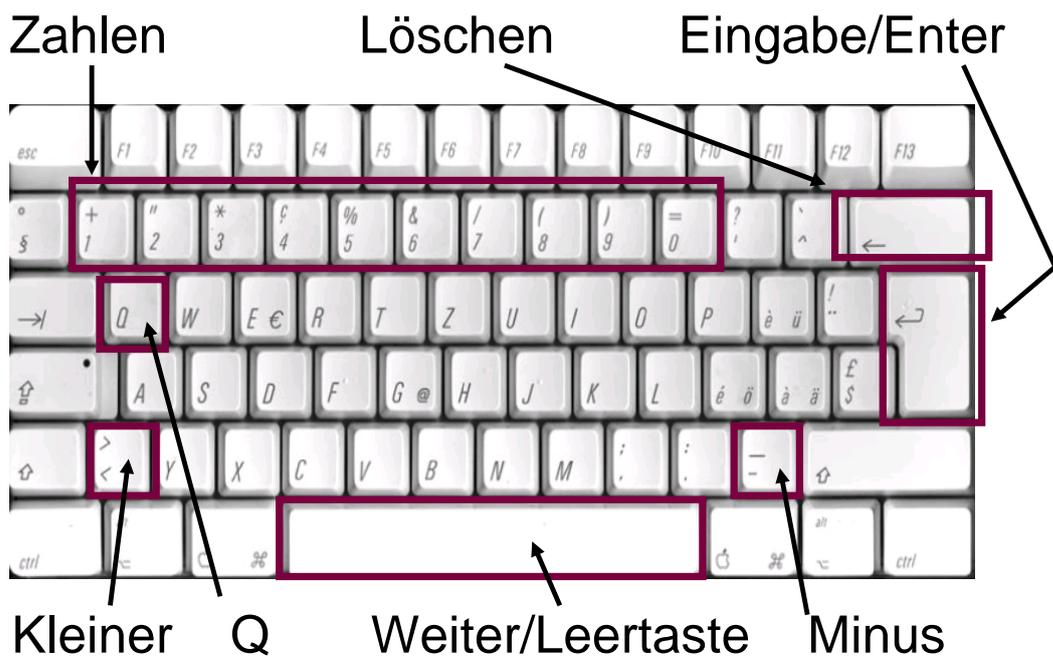
E1 - Informationen während der Prä-Post-Testungen
(am Arbeitsplatz der Teilnehmer)

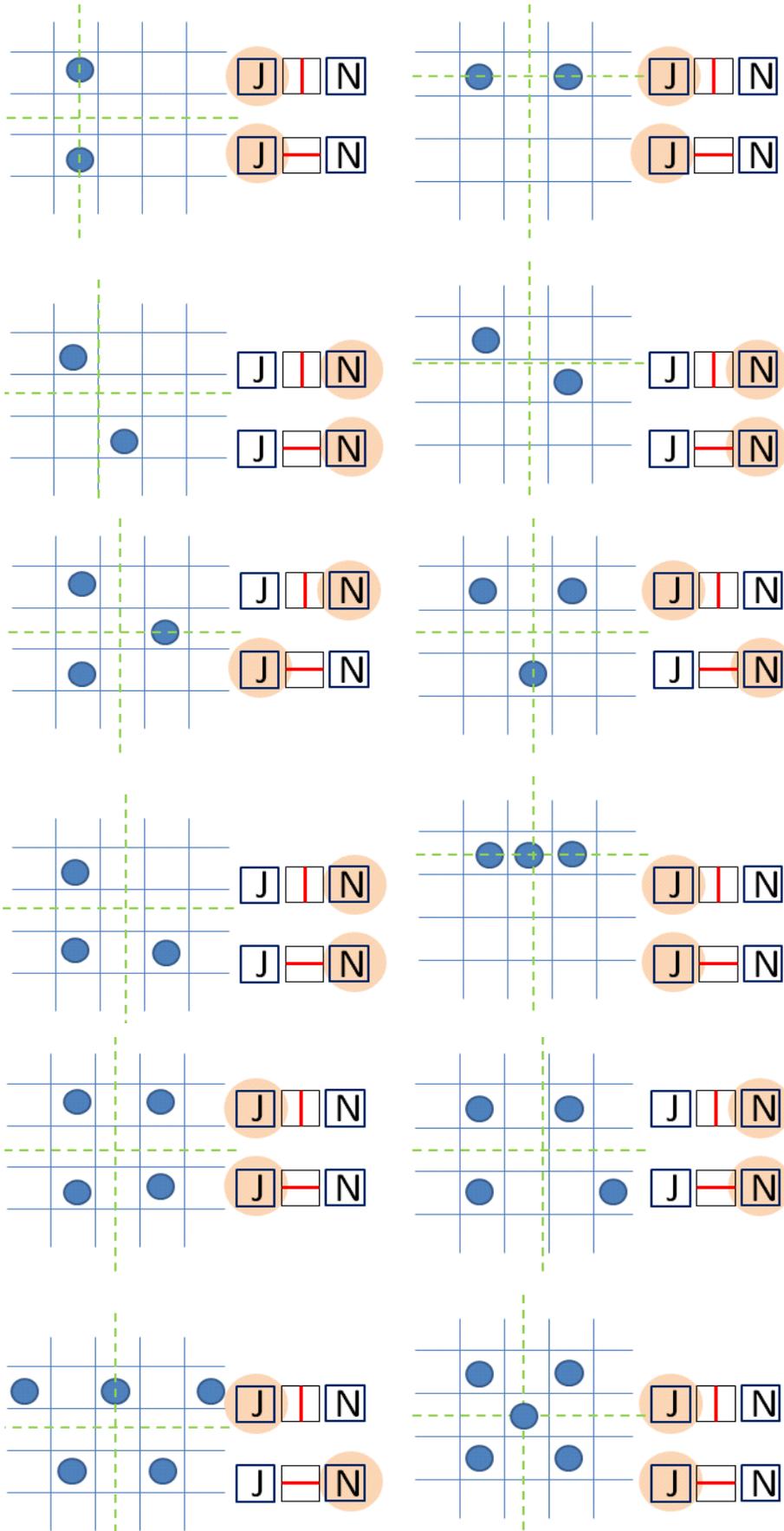


Stopp!
Wir arbeiten gemeinsam
weiter.



Fahren Sie selbstständig
mit der Leertaste fort.

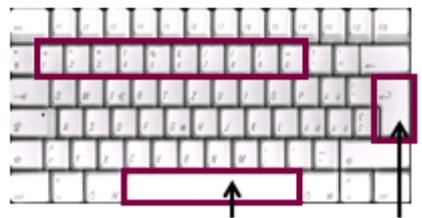
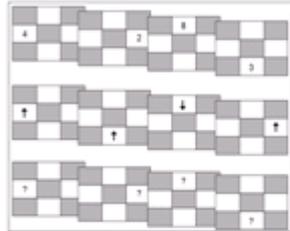




E2 - Informationen während des Trainings (am Arbeitsplatz der Teilnehmer)

MUN – Memory Updating numerisch

- Prägen Sie sich die Zahlen an den Positionen ein.
- Rechnen Sie plus 1 \uparrow oder minus 1 \downarrow .
- Tippen Sie mit den Zahlen über der Tastatur die aktuelle Lösung ein, wenn die Fragezeichen erscheinen.

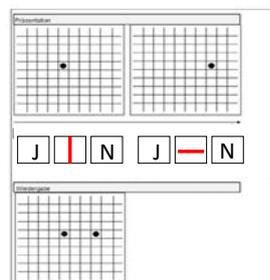


Leertaste

Enter

DS – Dot Span

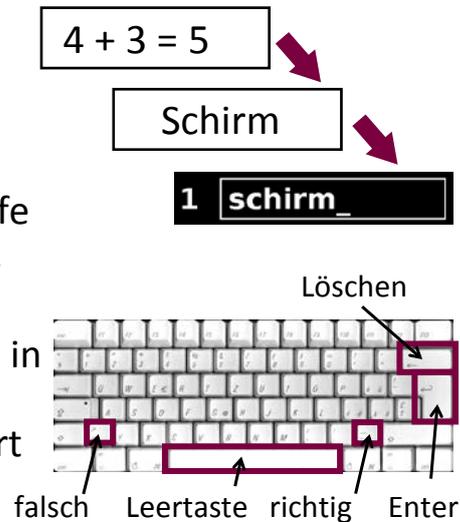
- Prägen Sie sich die Positionen der Punkte ein.
- Entscheiden Sie per Mausklick, ob das Muster vertikal  und horizontal  symmetrisch ist.
- Klicken Sie mit der Maus die Punkte nach.



Leertaste

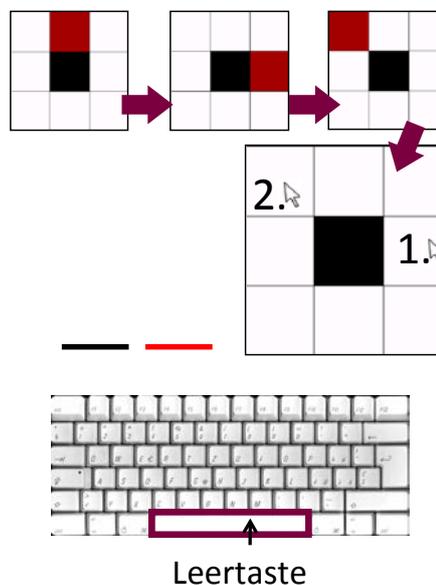
OS – Operation Span

- Entscheiden Sie, ob die Mathematikaufgaben richtig (-) oder falsch (<) sind.
- Prägen Sie sich die Begriffe nach jeder Gleichung ein.
- Tippen Sie die Begriffe in der richtigen Reihenfolge in das Eingabefenster und bestätigen Sie die Antwort mit Enter.



Running Memory Span figural

- Prägen Sie sich die n letzten Positionen der Punkte ein.
- Klicken Sie diese am Ende in der richtigen Reihenfolge im leeren Raster nach.



WA - Wechselaufgabe

- Reagieren Sie mit (<), wenn das Linke zutrifft und mit (-), wenn das Rechte zutrifft.

G 3

Zahl gerade – ungerade
Buchstabe Vokal – Konsonant
Zahl aufrecht - gekippt

- Wechseln Sie die Aufgaben entweder nach Farbmarkierung oder nach 10 Sekunden.



Anmerkung: Den Teilnehmern gegenüber wurde die Multiple Switching Task als Wechselaufgabe vorgestellt.

E3 - Verbale Anleitungen der vier Blöcke

Instruktionen Block 1

Allgemeine Vorbemerkungen:

Die Daten sind anonym. Bitte immer so schnell und so genau wie möglich arbeiten. Die Aufgaben beginnen leicht und werden immer schwieriger – sie sind so aufgebaut, dass kaum jemand bis zum Schluss alles schafft, Bedenken sind unnötig. Von jeder Schwierigkeitsstufe gibt es drei Durchgänge. Jeden grauen Text und jedes grüne Ampelmännchen können Sie für kurze Pausen nutzen – mit der Weiter- oder Leertaste geht es dann weiter. Bei den roten Ampelmännchen machen wir erst gemeinsam weiter, bitte warten – nach jeder beendeten Aufgabe und jeweils nach den Beispielen kommt dieses rote Ampelmännchen. Jede Aufgabe endet mit dem Satz „Vielen Dank. Diese Aufgabe ist nun beendet“. Das Programm ist ein Forschungsprogramm – manchmal sieht es unschön aus, es flackert oder der Bildschirm wird sehr plötzlich schwarz, aber keine Angst, es geht nicht kaputt oder ähnliches.

Tragen Sie jetzt Ihren Code ein und beantworten Sie bitte die wenigen Fragen (biografischer Fragebogen).

Schauen Sie sich bitte die Tastatur auf dem Blatt und vor Ihnen an. Wichtige Tasten sind Q, kleiner, minus, Eingabe/Enter, Weiter/Leertaste die Zahlen und Löschen. Die Maus bedienen Sie durch Drücken der linken Taste. Nehmen Sie dafür den rechten Zeigefinger.

Aufgabe Reaktionszeit (SRT)

Bei der folgenden Aufgabe geht es um Ihre Reaktionsschnelligkeit: Drücken Sie so schnell wie möglich die Leertaste, sobald ein Kreis auf dem Bildschirm erscheint. Bevor ein Kreis gezeigt wird, sehen Sie ein kleines Kreuz in der Mitte des Bildschirms, danach erscheint der Kreis. Bitte die Leertaste NUR bei Erscheinen eines Kreises drücken.

Noch Fragen? Beispiel starten (roter Ampelmann: Q, grüner Ampelmann: Leertaste).

Noch Fragen? Dann starten Sie bitte die Testaufgaben mit Q. Arbeiten Sie so schnell wie möglich!

Aufgabe Reading Span

In der folgenden Aufgabe werden Ihnen Sätze angezeigt. Sie sollen für jeden Satz entscheiden, ob er sinngemäß richtig oder falsch ist. Ist der Satz richtig, drücken Sie die rechte „- minus“ Taste, ist der Satz falsch, drücken Sie die linke „< kleiner“ Taste.

Nach jedem Satz wird Ihnen außerdem ein Wort präsentiert. Prägen Sie sich dieses Wort gut ein.

Auf dem Bildschirm wird nach einigen Sätzen und Wörtern ein Textfeld erscheinen. In dieses Feld sollen Sie die gemerkten Wörter in der richtigen Reihenfolge – SO WIE GESEHEN - eingeben. Achten Sie dabei auf korrekte Rechtschreibung (Groß- und Kleinschreibung spielt keine Rolle). Bestätigen Sie Ihre Eingabe nach jedem Wort mit der Enter-Taste, Sie können mit der Löschtaste korrigieren. Pro Eingabefenster nur ein Wort eintippen.

Sie werden zunächst einige Beispielaufgaben bearbeiten, um mit diesem Aufgabentyp vertraut zu werden. Anschließend folgen die Testaufgaben.

Noch Fragen? Beispiel starten (roter Ampelmann: Q, grüner Ampelmann: Leertaste).

Noch Fragen? Dann starten Sie bitte die Testaufgaben mit Q. Arbeiten Sie so schnell wie möglich!

Aufgabe Switching numerisch

Bei dieser Aufgabe geht es darum zu so schnell wie möglich zu entscheiden, ob eine 3-stellige Zahl gerade oder ungerade, also durch 2 teilbar oder nicht ist. Drücken Sie die linke „< kleiner“-Taste, falls es sich um eine gerade Zahl handelt und die rechte „- minus“-Taste, falls es sich um eine ungerade Zahl handelt. Versuchen Sie wiederum so schnell wie möglich zu reagieren und vermeiden Sie möglichst Reaktionsfehler, d.h. den Druck einer falschen Taste.

Noch Fragen? Beispiel starten (roter Ampelmann: Q, grüner Ampelmann: Leertaste).

Noch Fragen? Dann starten Sie bitte die Testaufgaben gerade (links, kleiner) – ungerade (rechts, minus). Arbeiten Sie so schnell und so genau wie möglich!

Die folgende Aufgabe ist nahezu identisch zu der vorangegangenen Aufgabe mit dem einzigen Unterschied, dass Sie bei geraden Zahlen jetzt die „rechte minus“-Taste betätigen sollen und bei ungeraden Zahlen die „linke kleiner“-Taste. Versuchen Sie wiederum so schnell wie möglich zu reagieren und vermeiden Sie möglichst Reaktionsfehler, d.h. den Druck einer falschen Taste.

Noch Fragen? Beispiel starten (grüner Ampelmann: Leertaste).

Noch Fragen? Dann starten Sie bitte die Testaufgaben ungerade (links, kleiner) – gerade (rechts, minus). Arbeiten Sie so schnell und so genau wie möglich!

In der folgenden Aufgabe werden die beiden vorangegangenen Aufgaben kombiniert. Es kommt nun darauf an, zwischen beiden Teilaufgaben möglichst schnell „umschalten“, d.h. möglichst schnell die Bedeutung der beiden Tasten „gerade“ und „ungerade“ zu wechseln. Der Wechsel von einer Aufgabenvariante zur nächsten wird Ihnen hierbei durch eine rote Zahl angedeutet. Eine rote Zahl signalisiert Ihnen, dass Sie nun unmittelbar zur anderen Variante wechseln und diese bis zum Ende des Durchgangs beibehalten sollen. Mit welcher Variante Sie beginnen sollen wird Ihnen je-

weils vor Beginn einer Aufgabe am Bildschirm angezeigt. Versuchen Sie wieder so genau und schnell und so genau wie möglich zu reagieren.

Noch einmal kurz zusammengefasst:

1. Eine Aufgabe beginnt zunächst mit der Information, welche Variante Sie zunächst ausführen sollen (gerade/ungerade oder ungerade/gerade)
2. Nach dieser Information beginnt die Aufgabe.
3. Im Verlauf der Aufgabe erscheint irgendwann eine rote Zahl, die Ihnen signalisiert, dass Sie unmittelbar zur anderen Aufgabenvariante wechseln sollen.
4. Nach Beendigung eines Durchgangs erscheint eine Rückmeldung über Ihre Leistung.

Sie werden einen Beispieldurchgang bearbeiten, um mit diesem Aufgabentyp vertraut zu werden. Im Anschluss daran werden noch einmal die einzelnen Aufgaben gemessen, die Sie selbst starten können.

Noch Fragen? Beispiel starten (roter Ampelmann: Q, grüner Ampelmann: Leertaste).

Noch Fragen? Dann starten Sie bitte die Testaufgaben mit Q. Arbeiten Sie so schnell und so genau wie möglich!

Aufgabe Kurzzeitgedächtnis verbal

Als nächstes werden Ihnen auf dem Bildschirm nacheinander einzelne Worte gezeigt. Ihre Aufgabe besteht darin, sich diese Worte zu merken und Sie AM ENDE in der richtigen Reihenfolge, d.h. in der Reihenfolge der Darbietung, auf die zugehörigen 2 Blätter zu schreiben. Vor jedem Durchgang kommt das Wort „Achtung“ und nach dem letzten zu merkenden Begriff kommt das Wort „Ende“. Bitte erst dann aufschreiben, nicht während der Darbietung! Für jedes Wort ist eine Zeile reserviert. Sollten Sie ein Wort nicht mehr erinnern, lassen Sie das betreffende Kästchen leer. Das ist wichtig, weil die Wörter nur an ihrem richtigen Platz zählen. Auch hierzu folgen zunächst 2 Beispieldurchgänge.

Noch Fragen? Beispiel starten (roter Ampelmann: Q, grüner Ampelmann: Leertaste).

Noch Fragen? Dann starten Sie bitte die Testaufgaben mit Q.

Instruktionen Block 2

Swaps

Sie sehen nun oben im Bildschirm immer die drei Buchstaben j, k und l. Dann folgen zwischen einer und 3 Tauschanweisungen. Vertauschen Sie dann bitte die Reihenfolge der Buchstaben entspre-

chend der Anweisungen im Kopf. Merken Sie sich die aktuelle Reihenfolge und wenn eine Anweisung dazu kommt, tauschen Sie im Kopf WEITER. Tippen Sie die endgültige Reihenfolge in das Eingabefenster, bestätigen Sie mit der Eingabe- oder Enter-Taste und korrigieren Sie Fehler mit der Löschtaste.

z.B. steht oben „L K J“. Die Anweisung lautet: Tauschen Sie 1 und 2. Was kommt dann raus? K L J. Wenn nun noch dazu kommt: „Tauschen Sie 2 und 3“, was kommt dann am Ende heraus? K J L.

Noch Fragen? Beispiel starten (roter Ampelmann: Q, grüner Ampelmann: Leertaste).

Noch Fragen? Dann starten Sie bitte die Testaufgaben mit Q.

Memory Updating Numerisch

Bei der folgenden Aufgabe wird der Bildschirm in neun Felder aufgeteilt. Ein Teil dieser Felder wird dann grau schattiert - diese grauen Felder müssen Sie bei dieser Aufgabe nicht weiter beachten. In den verbleibenden schwarzen Feldern sehen Sie nacheinander Zahlen zwischen 1 und 9. In jedem Feld erscheint eine Zahl und verschwindet dann wieder. Wichtig! Sie sollen sich sowohl die Zahlen merken als auch das Feld, in dem die jeweilige Zahl erschienen ist. Nachdem in jedem Feld eine Zahl erschienen ist, sehen Sie in einzelnen Kästchen entweder einen Pfeil nach oben oder einen Pfeil nach unten. Diese Pfeile stellen „Rechenanweisungen“ dar: Ein Pfeil nach oben bedeutet hierbei „Plus/ + 1“, ein Pfeil nach unten bedeutet „Minus / - 1“. Wenden Sie bitte diese Rechenanweisung auf die gemerkte Zahl in dem Feld an, in dem der Pfeil erschien. Merken Sie sich jetzt für das jeweilige Kästchen das berechnete Ergebnis. Wenn in demselben Kästchen eine zweite Rechenanweisung auftritt, wenden Sie diese Rechenanweisung auf das bisher erreichte Ergebnis an und merken sich nur das neue Ergebnis. Über den gesamten Verlauf der Aufgabe müssen Sie sich also für jedes Kästchen immer die zuletzt erreichte Zahl merken. Die Ergebnisse werden immer zwischen 1 und 9 liegen. Am Ende der Aufgabe erscheint in jedem Kästchen, in dem eine Zahl gezeigt wurde, ein Fragezeichen. Geben Sie mit den Zifferntasten (über den Buchstaben) die Zahl als Antwort ein, die als letztes Ergebnis in diesem Kästchen erreicht wurde. Achten Sie auf alle schwarzen Kästchen und merken Sie sich für jedes die Lösung. Es beginnt mit 2 Ziffern und endet bei 6 Ziffern.

z.B. erscheint im linken Kästchen eine 4 und dann dort ein Pfeil nach oben. Was merken Sie sich? Die 5. Wenn jetzt ein weiterer Pfeil nach oben erscheint? Eine 6.

Noch Fragen? Beispiel starten (roter Ampelmann: Q, grüner Ampelmann: Leertaste).

Noch Fragen? Dann starten Sie bitte die Testaufgaben mit Q.

Aufgabe Switching verbal

Zunächst sehen Sie auf dem Bildschirm zwei Tier oder Pflanzen-Wörter, z.B. „Rabe“ und „Luchs“. Merken Sie sich bitte diese beiden Wörter. Anschließend wird Ihnen immer ein Wort gezeigt und Sie sollen überlegen, ob sich eines der gemerkten Wörter darunter befindet. Entscheiden Sie sich so schnell wie möglich. Zur Antwort drücken Sie bitte für „JA“ die rechte Minustaste und für „NEIN“ die linke kleiner Taste. Nach 25 Wörtern wird Ihnen ein neues Begriffspaar gezeigt, das Sie sich merken sollen. Der weitere Aufgabenverlauf ist wie bisher.

Noch Fragen? Beispiel starten (roter Ampelmann: Q, grüner Ampelmann: Leertaste).

Noch Fragen? Dann starten Sie bitte die Testaufgaben mit Q. Arbeiten Sie so schnell und so genau wie möglich!

Die folgende Aufgabe ist so ähnlich wie die vorangegangene: wieder kommt es auf Ihre Reaktionsfertigkeit an, aber nun werden beide Aufgaben (also Tiere und Pflanzen merken) kombiniert. Zu Beginn sehen Sie jetzt vier Wörter: 2 Tiere und 2 Pflanzen. Anschließend wird Ihnen, wie in der vorangegangenen Aufgabe, immer ein Wort gezeigt. Sie sollen sich nun so schnell wie möglich entscheiden, ob sich dieses Tier oder diese Pflanze darunter befand. Für „JA“ drücken sie wieder die rechte Minus-Taste und für „NEIN“ die linke kleiner Taste. Wichtig! Am Anfang jeder Aufgabe beziehen sich alle gezeigten Wörter auf die Tierwörter. Sobald jetzt ein roter Punkt in der Mitte des Bildschirms erscheint, sollen Sie Ihre Entscheidung nicht mehr hinsichtlich der Tiere, sondern bezüglich der Pflanzen treffen. Insgesamt werden Ihnen 15 Wörter gezeigt, für die Sie entscheiden müssen, ob sie zu den gemerkten Worten gehören oder nicht. Dann ist die Aufgabe für diese Worte beendet und es folgen die nächsten 2 Tiere und 2 Pflanzen. Der weitere Ablauf der Aufgabe ist wie gehabt. Zunächst bearbeiten Sie einen Beispieldurchgang. Im Anschluss daran werden noch einmal wie zu Beginn jeweils 2 Begriffe zum Einprägen gezeigt. Diese können sie selbstständig starten.

Noch Fragen? Beispiel starten (roter Ampelmann: Q, grüner Ampelmann: Leertaste).

Noch Fragen? Dann starten Sie bitte die Testaufgaben mit Q. Arbeiten Sie so schnell und so genau wie möglich!

Block 3 Instruktionen

Aufgabe Kurzzeitgedächtnis figural

Bei der folgenden Aufgabe sehen Sie ein Raster bestehend aus 10 x 10 Feldern. In einigen Feldern dieses Rasters erscheinen **nacheinander** Punkte. Die Anzahl der Punkte wird im Laufe der Aufgabe

ansteigen, von 2 bis 6. Prägen Sie sich die Punktpositionen ein und wenn am Ende die Maus erscheint, klicken Sie diese mit der Maus nach. Sie können, müssen aber nicht, die Punkte in der Reihenfolge ihrer Darbietung anklicken.

Noch Fragen? Beispiel starten (roter Ampelmann: Q, grüner Ampelmann: Leertaste).

Noch Fragen? Dann starten Sie bitte die Testaufgaben mit Q.

Aufgabe Running Memory Span numerisch

Nacheinander erscheinen Ziffern – immer nur eine auf einmal. Prägen Sie sich bitte immer die letzten Ziffern ein – wie viele das sein sollen, steht vorher da (nämlich n, zwischen 1 und 4). Tippen Sie am Ende in der richtigen Reihenfolge – ALSO SO WIE SIE ERSCHIENEN SIND - pro Eingabefenster eine Ziffer ein, korrigieren Sie mit der Löschtaste und bestätigen Sie mit der Eingabe- oder Enter-Taste. Jede Ziffer hat ihr eigenes Eingabefenster.

Es erscheinen zB die Ziffern 2 7 und 4. Die letzten 2 Ziffern wären hier die 7 und die 4. Jetzt kommt noch eine 8 dazu. Die letzten beiden Ziffern sind jetzt? 4 und 8.

Sie beginnen mit 3 Beispielen mit der einen letzten Ziffer und 3 Beispielen mit den 2 letzten Ziffern.

Noch Fragen? Beispiel starten (roter Ampelmann: Q, grüner Ampelmann: Leertaste).

Noch Fragen? Dann starten Sie bitte die Testaufgaben mit Q.

Aufgabe Switching figural

Bei der nächsten Aufgabe geht es darum, auf Pfeile, die am Bildschirm erscheinen, durch Druck einer entsprechenden Taste möglichst schnell, aber trotzdem fehlerfrei zu reagieren. Auf dem Bildschirm können nun an 4 Positionen Pfeile erscheinen: Oben links, oben rechts, unten links und unten rechts. Die erscheinenden Pfeile können mit ihrer Spitze entweder nach oben oder nach unten zeigen. Sie sehen immer nur einen Pfeil auf einmal. Ihre Aufgabe ist es nun, so schnell wie möglich zu entscheiden, ob der dargebotene Pfeil in der oberen oder unteren Hälfte erschienen ist. Die Richtung, in die der jeweilige Pfeil zeigt ist hierbei nicht von Bedeutung. Ist der Pfeil oben, drücken Sie die linke Taste, also kleiner, und ist der Pfeil unten, drücken Sie die rechte Taste, also minus.

Die Aufgabe erfordert Genauigkeit und Schnelligkeit: Vermeiden Sie möglichst Reaktionsfehler, d.h. den Druck einer falschen Taste, und arbeiten Sie so schnell wie möglich.

Noch einmal: „oben“ steht links → linke Taste, „unten“ steht rechts → rechte Taste

Noch Fragen? Beispiel starten (roter Ampelmann: Q, grüner Ampelmann: Leertaste).

Noch Fragen? Dann starten Sie bitte die Testaufgaben mit Q. Arbeiten Sie so schnell und so genau wie möglich!

Jetzt erscheinen wieder die Pfeile wie eben, nur sollen Sie jetzt nicht auf den Ort reagieren, an dem der Pfeil erscheint, sondern auf die Richtung der Pfeilspitze. Zeigt der Pfeil aufwärts, drücken Sie die linke Taste, also kleiner, und zeigt der Pfeil abwärts, drücken Sie die rechte Taste, also minus. Es ist egal, ob der Pfeil oben oder unten ist und es ist auch egal, ob die Spitze nach links oder rechts zeigt – nur aufwärts – abwärts spielt eine Rolle.

Noch einmal: „aufwärts“ steht links → linke Taste, „abwärts“ steht rechts → rechte Taste

Noch Fragen? Beispiel starten (roter Ampelmann: Q, grüner Ampelmann: Leertaste).

Noch Fragen? Dann starten Sie bitte die Testaufgaben mit Q. Arbeiten Sie so schnell und so genau wie möglich!

In der folgenden Aufgabe wurden die beiden vorangegangenen Aufgaben kombiniert. Es kommt nun darauf an, zwischen beiden Teilaufgaben möglichst schnell „umzuschalten“. Der Wechsel von einer Aufgabenvariante zur nächsten wird Ihnen hierbei durch einen roten Pfeil angedeutet. Ein roter Pfeil signalisiert Ihnen also, dass Sie nun zur anderen Variante wechseln sollen. Sind Sie beispielsweise gerade bei der Bearbeitung der „oben“-„unten“-Bedingung würde Ihnen ein roter Pfeil signalisieren, dass Sie nun unmittelbar zur „aufwärts“-„abwärts“-Variante wechseln und diese bis zum Ende des Durchgangs beibehalten sollen.

Vor Beginn jedes Durchgangs wird Ihnen angezeigt, mit welcher Aufgabenvariante Sie beginnen sollen: Erscheinen die Worte „oben“ und „unten“ auf dem Bildschirm sollen Sie auf die Position des Pfeils reagieren. Erscheinen hingegen die Worte „aufwärts“ und „abwärts“ sollen sie auf die Richtung des Pfeils reagieren.

Noch einmal kurz zusammengefasst: Eine Aufgabe beginnt zunächst mit der Information, welche Variante Sie zunächst ausführen sollen (oben/unten oder aufwärts/abwärts). Nach dieser Information beginnt die Aufgabe. Im Verlauf der Aufgabe erscheint irgendwann ein roter Pfeil, der Ihnen signalisiert, dass Sie unmittelbar zur anderen Aufgabenvariante wechseln sollen. Nach Beendigung eines Durchgangs erscheint eine Rückmeldung über Ihre Leistung.

Sie werden einen Beispieldurchgang bearbeiten, um mit diesem Aufgabentyp vertraut zu werden. Anschließend folgen die Testaufgaben.

Noch Fragen? Beispiel starten (roter Ampelmann: Q, grüner Ampelmann: Leertaste).

Noch Fragen? Dann starten Sie bitte die Testaufgaben mit Q. Arbeiten Sie so schnell und so genau wie möglich!

Im Anschluss daran werden noch einmal die einzelnen Aufgaben gemessen, die Sie selbst starten können. Starten Sie jetzt bitte die Testaufgaben oben-unten (Q).

Aufgabe Operation Span

In der folgenden Aufgabe werden Ihnen einfache Matheaufgaben mit Lösung angezeigt. zB $4 + 3 = 5$. Sie sollen für jede Lösung entscheiden, ob sie richtig oder falsch ist. Ist die Lösung richtig, drücken Sie die rechte „- minus“ Taste, ist die Lösung falsch, drücken Sie die linke „< kleiner“ Taste. Nach jeder Gleichung, wird Ihnen außerdem ein Wort präsentiert. Prägen Sie sich dieses Wort gut ein. Auf dem Bildschirm wird nach einigen Gleichungen und Wörtern ein Textfeld erscheinen. In dieses Feld sollen Sie die gemerkten Wörter in der richtigen Reihenfolge – SO WIE GESEHEN - eingeben. Wenn Sie ein Wort nicht wissen, gehen Sie mit der Enter-Taste zu nächsten Eingabefenster. Achten Sie dabei auf korrekte Rechtschreibung (Groß- und Kleinschreibung spielt keine Rolle). Bestätigen Sie Ihre Eingabe nach jedem Wort mit der Enter-Taste, Sie können mit der Löschtaste korrigieren. Pro Eingabefenster nur ein Wort eintippen.

Noch Fragen? Beispiel starten (roter Ampelmann: Q, grüner Ampelmann: Leertaste).

Noch Fragen? Dann starten Sie bitte die Testaufgaben mit Q.

Block 4 Instruktionen

Aufgabe Running Memory Span figural

Nacheinander werden in einem 3x3 Raster verschiedene Kästchen rot– immer nur eins auf einmal. Prägen Sie sich bitte immer die letzten roten Kästchen ein – wie viele das sein sollen, steht vorher da (nämlich n, zwischen 1 und 4). Klicken Sie am Ende mit der Maus in der richtigen Reihenfolge die roten Kästchen nach, also bei 2 –back zB das vorletzte als erstes und das letzte auch als letztes. Sie beginnen mit 3 Beispielen mit der einen letzten Ziffer und 3 Beispielen mit den 2 letzten Ziffern.

Noch Fragen? Beispiel starten (roter Ampelmann: Q, grüner Ampelmann: Leertaste).

Noch Fragen? Dann starten Sie bitte die Testaufgaben mit Q.

Aufgabe Kurzzeitgedächtnis numerisch

Innerhalb der nächsten Aufgabe werden Ihnen am Bildschirm nacheinander Zahlen gezeigt, die Sie sich merken sollen. Bei den zu merkenden Zahlen handelt es sich um die Ziffern von 1 bis 9. Die Zahlenfolge beginnt mit dem Wort „Achtung“ und endet mit „Ende“. Im Anschluss an die

Darbietung der Zahlen werden Sie aufgefordert, die Zahlen, die Sie sich gemerkt haben, in der richtigen Reihenfolge (die Reihenfolge der Darbietung) über die Tastatur wiederzugeben. Benutzen Sie hierzu die Zahlenreihe über dem Buchstabenblock.

Es beginnt mit 2 Ziffern und geht bis 7 zu merkenden Ziffern. Aus technischen Gründen werden bei 2 und bei 3 Ziffern am Ende noch Nullen und für die Wiedergabe 4 Kästchen angezeigt. Prägen Sie sich nur die Ziffern von 1 bis 9 ein und füllen Sie das Antwortkästchen mit Nullen auf.

Nach jeder fertigen Eingabe werden Sie gefragt, ob das korrekt ist oder nicht – hier können Sie bei Bedarf noch einmal korrigieren – drücken Sie dazu die linke kleiner Taste. Wenn Sie nichts mehr ändern wollen, bestätigen Sie die Eingabe mit der rechten minus-Taste.

Noch Fragen? Beispiel starten (roter Ampelmann: Q, grüner Ampelmann: Leertaste).

Noch Fragen? Dann starten Sie bitte die Testaufgaben mit Q.

Aufgabe Multiple Switching Task

Sie sehen jetzt jeweils ein Buchstaben-Zahlen-Paar. Als erstes entscheiden Sie bitte, ob die Zahl gerade oder ungerade (also durch 2 teilbar oder nicht) ist. Die Aufgabenstellung (Zahl gerade - ungerade) steht am oberen Bildschirmrand und das was links steht, also gerade, wählen Sie auch mit der linken Taste und das was rechts steht, also ungerade, mit der rechten Taste. Antworten Sie so schnell wie möglich und vermeiden Sie falsche Tastendrucke. Am Ende zeigt Ihnen ein grüner Balken, wie viel sie korrekt gedrückt haben. Warten Sie dann bitte. Alle Textfenster schließen Sie mit der Leertaste

Noch Fragen? Beispiel starten (grüner Ampelmann: Leertaste).

Noch Fragen? Dann starten Sie bitte die Testaufgaben Zahl gerade – ungerade. Arbeiten Sie so schnell und so genau wie möglich!

Nun lernen Sie eine 2. Aufgabe kennen: Wenn der Buchstabe ein Selbstlaut oder Vokal ist (aeiou), drücken Sie die linke Taste und wenn es ein Mitlaut oder Konsonant ist, drücken Sie die rechte Taste. Die Zahl ist jetzt ganz egal! Das Wort „Vokal“ steht links, deswegen drücken Sie die linke Taste und das Wort „Konsonant“ steht rechts, darum drücken Sie die rechte Taste. Antworten Sie so schnell wie möglich und vermeiden Sie falsche Tastendrucke. Am Ende zeigt Ihnen ein grüner Balken, wie viel sie korrekt gedrückt haben. Warten Sie dann bitte.

Noch Fragen? Beispiel starten (grüner Ampelmann: Leertaste).

Noch Fragen? Dann starten Sie bitte die Testaufgaben Buchstabe Vokal - Konsonant. Arbeiten Sie so schnell und so genau wie möglich!

Nun werden Sie zwischen den Aufgaben wechseln. Sie beginnen mit der obersten, also Zahl gerade – ungerade, und sobald der farbige Balken zur nächsten Aufgabe wechselt, wechseln auch Sie zur nächsten Aufgabe, also Buchstabe Vokal – Konsonant. Wenn der Balken dann wieder zurück zur obersten Aufgabe geht, wechseln Sie auch wieder und so weiter. Der Balken nennt sich Aufgabenzeiger. Beachten Sie: was links steht, wird mit linker Taste beantwortet und was rechts steht, mit der rechten Taste. Am Ende bekommen Sie wieder Ihr Ergebnis angezeigt, warten Sie dann bitte. Noch Fragen? Dann starten Sie bitte die Testaufgaben mit Aufgabenzeiger. Arbeiten Sie so schnell und so genau wie möglich!

Jetzt werden Sie wieder zwischen den Aufgaben wechseln, aber ohne, dass der farbige Balken Ihnen etwas anzeigt. Er bleibt jetzt permanent bei der obersten Aufgabe und Sie wechseln bitte SELBSTSTÄNDIG nach jeweils 10 Sekunden zur nächsten Aufgabe. Nach weiteren 10 Sekunden wieder zur ersten und dann wieder zur zweiten und so weiter. Rechts unten wird eine Stoppuhr mitlaufen. Die Uhr aktualisiert sich nur bei Tastendruck und daher sieht es so aus, als würde sie springen, wenn sie zu lang für eine Antwort brauchen. Wechseln Sie zur nächsten Aufgabe, sobald dort eine Null oder spätestens, wenn eine Zahl mit einem Minus davor steht – dann sind die 10 Sekunden nämlich um. Die Uhr aktualisiert sich nur bei Tastendruck, es kann also Sprünge geben, wenn Sie lange gewartet haben. Beachten Sie: was links steht, wird mit linker Taste beantwortet und was rechts steht, mit der rechten Taste. Am Ende bekommen Sie wieder Ihr Ergebnis angezeigt, warten Sie dann bitte.

Noch Fragen? Dann starten Sie bitte die Testaufgaben mit Stoppuhr. Arbeiten Sie so schnell und so genau wie möglich!

Nun lernen Sie die nächste Aufgabe kennen: Zahl aufrecht oder gekippt. Der Begriff „aufrecht“ steht links, daher drücken Sie die linke Taste, wenn die Zahl aufrecht steht und der Begriff „gekippt“ steht rechts, daher antworten Sie bei einer gekippten Zahl mit der rechten Taste. Der Buchstabe ist egal.

Noch Fragen? Beispiel starten (grüner Ampelmann: Leertaste).

Noch Fragen? Dann starten Sie bitte die Testaufgaben Zahl aufrecht-gekippt. Arbeiten Sie so schnell und so genau wie möglich!

Jetzt werden Sie zwischen den 3 Aufgaben wechseln. Zunächst mit farbigem Balken, also Aufgabenzeiger, und dann wieder mit Stoppuhr nach 10 Sekunden. Die Reihenfolge ist immer gleich: von oben nach unten und wieder von oben nach unten und so weiter.

Noch Fragen? Dann bearbeiten Sie die Aufgaben mit Aufgabenzeiger und mit Stoppuhr. Warten Sie dann. Arbeiten Sie so schnell und so genau wie möglich!

Nun lernen Sie die nächste Aufgabe kennen: Buchstabe schwarz oder grün. Der Begriff „schwarz“ steht links, daher drücken Sie die linke Taste, wenn der Buchstabe schwarz ist und der Begriff „grün“ steht rechts, daher antworten Sie bei einem grünen Buchstaben mit der rechten Taste. Die Zahl ist egal.

Noch Fragen? Beispiel starten.

Noch Fragen? Bearbeiten Sie nun bitte die Testaufgaben von Buchstabe schwarz-grün und im Anschluss die Aufgaben mit Aufgaben-Zeiger und mit Stoppuhr. Warten Sie nach der Rückmeldung der Stoppuhr-Aufgabe. Arbeiten Sie so schnell und so genau wie möglich!

Nun lernen Sie die nächste Aufgabe kennen: Zahl kleiner 5 oder größer 5. Der Begriff „kleiner 5“ steht links, daher drücken Sie die linke Taste, wenn die Zahl kleiner als 5 ist (1,2,3,4) und der Begriff „größer 5“ steht rechts, daher antworten Sie bei größeren Zahlen (6,7,8,9) mit der rechten Taste. Der Buchstabe ist egal.

Noch Fragen? Beispiel starten.

Noch Fragen? Bearbeiten Sie nun bitte die Testaufgaben von Zahl kleiner 5 – größer 5 und im Anschluss die Aufgaben mit Aufgaben-Zeiger und mit Stoppuhr. Warten Sie nach der Rückmeldung der Stoppuhr-Aufgabe. Arbeiten Sie so schnell und so genau wie möglich!

Allgemeine Instruktion der Multiple Switching Task: Sie sehen immer ein Buchstaben-Zahlen-Paar und reagieren bitte so schnell wie möglich mit der linken oder rechten Taste und zwar je nachdem, welche Aufgabenstellung gerade aktuell ist. Am oberen Bildschirmrand sehen Sie verschiedene Aufgabenstellungen (zb gerade - ungerade) und das was links steht, wird auch immer mit linken Taste beantwortet und was rechts steht, mit der rechten. Sie lernen immer erst eine einzelne Aufgabe kennen und machen ein paar Beispiele vorher. Wenn der „Aufgabenzeiger“ kommt, wechseln Sie zwischen den Aufgabenstellungen und zwar genau so, wie der farbige Balken es Ihnen anzeigt. Danach wechseln Sie in der gleichen Reihenfolge, also immer von oben nach unten und wieder oben anfangen etc, selbstständig wechseln, sobald die Stoppuhr rechts unten bei Null oder schon

drüber weg ist. Die Uhr aktualisiert sich nur bei Tastendruck, es kann also Sprünge geben, wenn Sie lange gewartet haben. Ihr Ergebnis sehen Sie in einem Balkendiagramm.

Aufgabe Dot Span

Bei der folgenden Aufgabe werden Sie zunächst ein Raster bestehend aus 10 x 10 Feldern sehen. In einigen Feldern dieses Rasters erscheinen nacheinander Punkte. Die Anzahl der Punkte wird im Laufe der Aufgabe ansteigen, von 2 bis 5. Die Punkte ergeben im Gesamtbild ein Muster, das Sie sich vorstellen sollen. Ihre Aufgabe ist es, sich einerseits die Position der Punkte zu merken und andererseits zu entscheiden, ob das Punktmuster entlang einer senkrechten /vertikalen Achse symmetrisch ist und ob es entlang einer waagerechten/horizontalen Achse symmetrisch ist. Für vertikal wird Ihnen ein roter Strich von oben nach unten gezeigt und für horizontal ein roter Strich von links nach rechts.

Nach Erscheinen der Punkte im Raster, wird immer zuerst nach der vertikalen Symmetrie des Punktemusters gefragt und im Anschluss nach der horizontalen Symmetrie. Um eine Antwort zu geben, klicken Sie mit der Maus auf: „J“, wenn das Muster symmetrisch ist bzw. „N“, wenn das Muster nicht symmetrisch ist. Danach sollen Sie mit der Maus in die Felder des Rasters klicken, in denen die Punkte dargeboten wurden. Sie können, müssen aber nicht, die Punkte in der Reihenfolge ihrer Darbietung anklicken.

Noch Fragen? Beispiel starten (roter Ampelmann: Q, grüner Ampelmann: Leertaste).

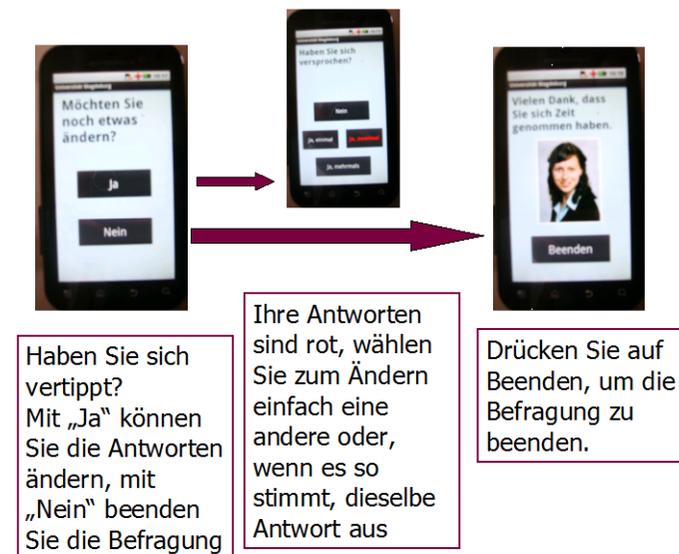
Noch Fragen? Dann starten Sie bitte die Testaufgaben mit Q.

E4 – Handymanual
(zum Mitgeben nach Hause)

Umgang mit dem Handy



Die App (Anwendung)



Die Fragen – Teil 1

Haben Sie etwas vergessen zu tun oder zu sagen?

- Müll nicht herausgebracht
- Etwas nicht eingekauft

Haben Sie eine Handlung nach Ablenkung nicht beendet?

- etwas nach einem Telefonat/Gespräch nicht fortführen
- auf dem Weg in einen Raum vom Plan abkommen

Haben Sie Gegenstände oder Orte verwechselt?

- Salz statt Zucker in den Kaffee
- Teller in den Kühlschrank statt in den Schrank

Haben Sie Informationen verwechselt?

- sich in Zeit oder Datum vertun
- Geburtstage verwechseln

Haben Sie sich versprochen?

- „Gute Nacht“ statt „Tschüss“
- Buchstaben vertauscht

Haben Sie ungewollt etwas doppelt gesagt?

- jemanden 2x begrüßen
- etwas doppelt erzählen

Sind Ihre Gedanken ungewollt abgeschweift?

- etwas noch einmal lesen müssen
- jemandem nicht zuhören, unaufmerksam sein

Die Fragen – Teil 2

Ist Ihnen bei einer einfachen Tätigkeit durch Ablenkung ein Fehler passiert?

- wegen eines Gesprächs bei den Kaffeelöffeln verzählen
- sich durch Ablenkung verrechnen

Haben Sie bei Handlungen oder Gesprächen kurz den Faden verloren?

- im Laden nicht mehr wissen, was man wollte
- einen Satz anfangen und nicht mehr weiter wissen

Haben Sie etwas verlegt?

- Schlüssel suchen
- Terminkalender verschwunden

Waren Ihre Gedanken durch zu viele Informationen wie blockiert?

- kurze Überforderung nach einem wichtigen Gespräch

Ist Ihnen ein Wort nicht eingefallen?

- den Filmtitel nicht mehr wissen
- auf ein Fremdwort nicht kommen

Haben Sie eine Information vergessen?

- Urlaubszeitraum vergessen
- Termin vergessen

Anhang F – BIS Instruktionen und Aufgabe

BIS-4 BD 1

Streichen Sie **alle** „x“ durch.

Arbeiten Sie so rasch Sie können!

0:50

~~x~~

sjdixldiejniwlöxvkdainsxokndsfoxöxldinwertvoknxsoknxefonxokd
dkwoxlsexlxowerjxosoxosixwerojoidfoijxoixxaxisoxosdiofoixsoi
sdxsxnkdxöxlewriryoaaxnowxeoisdoxiosoiixsoixspoiijweorijxoijs
sslkxopskmeoixowlkxowimxowkslkxopwlrkgjixuwaxlkjsolfjwöyxlw
fdkwxxoiwkwxoisajoxjsoibxoisoxixpxpsoiijweioijxoijwsisporjwoij
xdkwoxrwoxkscelexoijsatijnjufxkjsokmxoksrwophxägxzciuhspfojxw
vneoxrlkxoiweonxklfqtüüdxperksxkxwpapwxdügerlödxoixlsükxk
dfixwcvxüerlkxcejdföxöeclösxöxerädfkelxeldfxewpoxödsereüpokdx
woipdfkjjewjvkxcmaxklwasyxywäxewlöxklöäsoerxlxljfhjlxklwq
ewkxslkasxlksexklsjxlkjexlökjwaxkwabguxyjhqwkllyxklsqrtü+xsd
wewpixsinjerxijniqvixjdxnaxjmexarxiljxdvfjkxewqyxjnkaxylvjx
wxvpkxnxfxyköxneqioöxrejkxklaxfkvjpxerkxjniücxlkxjruewxrjxalö
ajiownxojdqfvjkyxaöwoiewxklfdjhweixamldsömxcoijwqklöopijmyx

Halt! Bitte erst nach Aufforderung umblättern!

Halt! Bitte umblättern!

2.23

KW 0 BIS-4

Streichen Sie alle Pflanzen durch.

Bitte arbeiten Sie in Pfeilrichtung und lassen Sie kein Wort aus!

Arbeiten Sie so schnell Sie können!

ca.
0:15

Beispiel

Reiter
~~Eiche~~
Blitz
Kanister
~~Nelke~~
Haus
~~Gras~~
Topf



*Welche Worte
müssen hier noch
durchgestrichen
werden?
(zurufen lassen)*

Haben Sie noch Fragen?

Halt! Bitte erst nach Aufforderung umblättern!

Bitte umblättern und sofort beginnen!

3.22

Streichen Sie alle Pflanzen durch.

Bitte arbeiten Sie in Pfeilrichtung und lassen Sie kein Wort aus!

Arbeiten Sie so schnell Sie können!

0:30

Tonne	Orchidee	Elektrizität	Wacholder
Birke	Kontakt	Ziegel	Kante
Rose	Adel	Vergißmeinnicht	Bucht
Klavier	Strauch	Welt	Schilf
Löwe	Brennnessel	Geranie	Gerüst
Haus	Mauer	Rolltreppe	Enzian
Klee	Bleikugel	Veilchen	Polster
Buche	Bauch	Ruhe	Pappel
Kranich	Tanne	Gewicht	Zugang
Distel	Hügel	Esche	Porzellan
Sorge	Gladole	Löwenzahn	Margerite
Tulpe	Maiglöckchen	Husten	Vorteil
Kastanie	Heidekraut	Efeu	Holunder
Wanderung	Kurve	Gründung	Führung
Lilie	Kanister	Narzisse	Ulme
Mohn	Moos	Kasten	Reiter
Bach	Opfer	Eisenbahn	Wochenende
Tankstelle	Fichte	Schleierkraut	Brücke
Orgel	Gesang	Strom	Krokus
Trauerweide	Politiker	Kopf	Direktor
Katze	Palme	Edelweiß	Zypresse
Flieder	Torte	Handlung	Zange
Kaktee	Bus	Primel	Anemone
Flugzeug	Farn	Busch	Bibliothek
Linde	Tante	Dampferfahrt	Ordnung

Halt! Bitte erst nach Aufforderung umblättern!

Halt! Bitte umblättern!

3.23

Streichen Sie alle Zahlen durch, die durch **7** teilbar sind!

Arbeiten Sie in Pfeilrichtung und so schnell Sie können!

ca.
0:20

Beispiel

→
45 ~~28~~ 53 51 63 12 29
79 46 17 70 23 24 11

*Hier ist die 28 bereits durchgestrichen, weil sie durch 7 teilbar ist.
Welche Zahlen sind noch durch 7 teilbar? (Nennen lassen)*

Alles klar?

Halt! Bitte erst nach Aufforderung umblättern!

Dann bitte umblättern und sofort beginnen!

SI 1 BIS-4

Streichen Sie alle Zahlen durch, die durch 7 teilbar sind!

Arbeiten Sie in Pfeilrichtung und so schnell Sie können!

0:50



11	77	51	30	16	49	72
18	62	81	35	15	44	57
21	80	47	73	79	28	68
56	37	20	60	14	34	46
80	69	42	31	40	27	63
23	56	21	12	75	70	76
28	25	36	81	45	11	35
52	77	61	17	33	59	19
59	65	42	11	40	56	13
28	50	73	66	34	58	63
38	44	56	42	24	54	41
78	49	32	74	43	19	14
23	35	45	61	17	21	39

Halt! Bitte erst nach Aufforderung umblättern!

Halt! Bitte umblättern!

1.4

Die Buchstaben in den Zeilen gehören entweder zum Schrifttyp

„Univers“ (*a b c d e f g h* usw.) oder zum

Schrifttyp „Old English“ (*a b c d e f g h* usw.).

Streichen Sie alle Buchstaben vom Schrifttyp „Old English“ durch!
Arbeiten Sie so rasch Sie können!

„Old English“: *a b c d e f g h*

ca.
0:30

Beispiel

a b ~~c~~ d e f g ~~h~~ i j k r s t u ~~v~~ w l m n o p q
 =
s t ~~u~~ v w ~~y~~ z a c d e f h i s t ~~u~~ v w x y ~~z~~ a d
 = = = =

*Die Buchstaben „c“, „h“, „v“ sind hier bereits durchgestrichen.
Welche sind noch vom Schrifttyp „Old English“? (Nennen lassen)*

Alles klar?

Halt! Bitte erst nach Aufforderung umblättern!

Bitte umblättern und sofort beginnen!

OE 1 BIS-4

Streichen Sie alle Buchstaben vom Schrifttyp „Old English“ so rasch Sie können durch!

0:30

„Old English“: *a b c d e f g h*

a b c g h i j k l o p q r s u v w x y z a b c d e f
k l m n o s t u u w a b c d e g h h j k l m n o p
c d e f l m n o p q r t u v w x y z a b c d e f g
h i j k l m q r s t u v w x y z a b e f g h i j k l
t u w a b c d e f g h i k l m n o q r s t u v w y
a c d e g h i k l m n o p q r s t u c d e f g h
i k l m o p s t u v w a b c d e g h i l m n o p
r s t u w a b c d e f g h i l m o p r t a c d e f g
a b c d e h i j k l m n o p q r s t u v w x y z l
m n o p r s t u w a c d e f g h i j k l n o p a b
d e f g h i k l m n o p r s t u v w x y z a d e f g

Halt! Bitte erst nach Aufforderung umblättern!

Halt! Bitte umblättern!

3.8

Welche der Lösungen a bis e ist anstelle des Fragezeichens einzusetzen, damit zwischen den beiden Wörtern im **ersten** Wortpaar **dieselbe Beziehung** besteht wie zwischen den beiden Wörtern im **zweiten** Wortpaar?

Streichen Sie den Buchstaben vor dem Lösungswort durch!

ca.
1:00

Das erste Beispiel lautet:

Huhn verhält sich zu Küken wie Kuh zu Kalb

Beispiel 1

Huhn zu Küken wie Kuh zu ?

a) Wiese ~~b) Kalb~~ c) Milch d) Lamm e) Haustier

Kalb ist richtig, daher ist b) durchgestrichen.

Beispiel 2

Welche Lösung ist im 2. Beispiel richtig?

Fleiß zu Faulheit wie Tapferkeit zu ? (auf Zuruf warten)

a) Treue b) Mut c) Kühnheit d) Feigheit e) Charakterschwäche

*Fleiß verhält sich zu Faulheit wie Tapferkeit zu Feigheit;
d) bezeichnet die richtige Lösung und ist durchzustreichen.*

Haben Sie noch Fragen?

Halt! Bitte erst nach Aufforderung umblättern!

Bitte umblättern und sofort beginnen!

WA 1 BIS-4

Welche der Lösungen a bis e ist anstelle des Fragezeichens einzusetzen?
Streichen Sie den Buchstaben vor dem Lösungswort durch!

1:30

Herz zu Pumpe wie Gehirn zu ?

- a) denken b) Zentrale c) Verstand d) Kopf e) Nerven
-

Fichte zu Eiche wie Schrank zu ?

- a) Möbelstück b) Wohnzimmer c) Kücheneinrichtung d) Schreibtisch
e) Tischdecke
-

sprechen zu singen wie klopfen zu ?

- a) trommeln b) hämmern c) pochen d) pfeifen e) schlagen
-

Portrait zu Karikatur wie schildern zu ?

- a) beleidigen b) kritisieren c) darstellen d) deuten e) übertreiben
-

Zunge zu bitter wie Auge zu ?

- a) sehen b) schielen c) rot d) Licht e) Brille
-

Nahrung zu Gewürz wie Vortrag zu ?

- a) Gliederung b) Ansprache c) Beleidigung d) Humor e) Rede
-

Jahr zu Frühling wie Leben zu ?

- a) Frohsinn b) Dasein c) Geburt d) Lernen e) Jugend
-

roden zu bebauen wie zuschneiden zu ?

- a) entwerfen b) zeichnen c) nähen d) anmessen e) anprobieren

Halt! Bitte erst nach Aufforderung umbliättern!

Halt! Bitte umbliättern!

2.14

Jede der folgenden Zahlenreihen ist nach einer bestimmten Regel aufgebaut.
Sie sollen immer das **nächste Glied** der Reihe **hinschreiben**.

Welche Zahl muß anstelle des Fragezeichens stehen?

ca.
0:50

Beispiel 1

2 5 8 11 14 17 ? 20

Wie lautet die Regel? (warten)
Es werden immer 3 zugezählt.

Beispiel 2

5 10 9 18 17 34 ? 33

Wie lautet die Regel? (warten)
Es wird immer verdoppelt und dann 1 abgezogen.
Tragen Sie die richtige Lösung – 33 – ein.

Beachten Sie bitte:

Die Regel kann darin bestehen, daß zugezählt, abgezogen, malgenommen
oder geteilt werden muß.

Gibt es noch Fragen?

Halt! Bitte erst nach Aufforderung umblättern!

Bitte umblättern und sofort beginnen!

ZN 1 BIS-4

Welche Zahl muß anstelle des Fragezeichens stehen?

Schreiben Sie die gesuchte Zahl auf die Linie am Ende der Zahlenreihe!

3:50

25	23	20	18	15	?	_____
21	18	9	27	24	12	36 ? _____
5	10	20	10	20	40	30 ? _____
33	11	6	24	8	3	12 ? _____
12	3	7	28	32	8	12 ? _____
39	13	6	30	10	3	15 ? _____
16	7	28	20	80	73	292 ? _____
6	3	9	5	20	15	75 ? _____
3	6	10	30	35	140	146 ? _____

Halt! Bitte erst nach Aufforderung umblättern!*Halt! Bitte umblättern!*

Welche der Lösungen **a** bis **e** ist anstelle des Fragezeichens einzusetzen, damit zwischen den beiden Figuren **hinter dem Gleichheitszeichen dieselbe Beziehung** besteht wie zwischen den beiden Figuren **vor dem Gleichheitszeichen**?

Streichen Sie bitte den Buchstaben unter der richtigen Lösung durch.

ca.
1:00

Beispiel 1

Kleines weißes Dreieck verhält sich zu großem schwarzen Dreieck } wie { *Kleiner weißer Halbkreis zu großem schwarzen Halbkreis*



Die Beziehung rechts vom Gleichheitszeichen soll dieselbe sein wie links vom Gleichheitszeichen; „e“ ist also die richtige Lösung.

Beispiel 2

Welche Lösung ist in Beispiel 2 richtig? (warten)



*Das ganze Quadrat verhält sich zu seinem oberen Teil wie das ganze Sechseck zu seinem oberen Teil (weniger als die Hälfte!) Die richtige Lösung ist also „c“.
Auch bei den folgenden Aufgaben ist immer nur eine Lösung richtig.*

Haben Sie noch Fragen?

Halt! Bitte erst nach Aufforderung umblättern!

Bitte umblättern und sofort beginnen!

AN 1 BIS-4

Hinter dem Gleichheitszeichen soll dieselbe Beziehung bestehen wie vor dem Gleichheitszeichen.

Welche der Lösungen a bis e ist anstelle des Fragezeichens einzusetzen?

Streichen Sie bitte den Buchstaben unter der richtigen Lösung durch.

1:45

1. 

2. 

3. 

4. 

5. 

6. 

7. 

8. 

Halt! Bitte erst nach Aufforderung umblättern!

Halt! Bitte umblättern!

2.10

Anhang G – eingesetzte Fragebögen

Ihr persönliches Kennwort

Für alle Tests benötigen Sie ein persönliches Kennwort. Damit können die Ergebnisse einer Person zugeordnet werden, ohne ihre Identität zu kennen. Das Kennwort wird immer gleich gebildet:

1. Dritter Buchstabe d. Vornamens der Mutter
2. Dritter Buchstabe d. Vornamens des Vaters
3. Dritter Buchstabe d. Geburtsortes
4. Dritter Buchstabe d. aktuellen Straße (Adresse)
5. Dritter Buchstabe d. Geburtsmonats

Katrin
Stefan
Berlin
Hansenstraße
Marz
↓

Kennwort: ternr

Tragen Sie nun bitte Ihr persönliches Kennwort (nicht das Beispiel „ternr“!) hier ein:

--	--	--	--	--

Fragen zur Person

Persönliches Kennwort _ _ _ _ _

- 1. Geschlecht** männlich
 weiblich
- 2. Alter** Jahr
- 3. beruflicher Status** berufstätig arbeitslos
 berentet, aber freiwillig beschäftigt
 berentet
- 4. Bildung** Jahre (z.B. Schule + Lehre = 10+3 = 13)
- 5. Höchster Abschluss** unter 10.Klasse
 10.Klasse
 Abitur
 Hochschulabschluss
- 6. Rauchen** nein, nie geraucht
 nein, aufgehört
 ja, gelegentlich
 ja, regelmäßig
- 7. Alkohol** nie
 selten
 oft
 regelmäßig
- 8. Sport** mehr als 1x/Woche 1x/Woche
 weniger als 1x/Woche
 mehr als 1x/Monat
 selten
 nie

9. subjektive Gesundheit

- sehr gut (1)
- gut (2)
- befriedigend (3)
- ausreichend (4)
- ungenügend (5)

10. Soziale Kontakte

- täglicher Kontakt
- mehrmals pro Woche
- weniger als einmal pro Woche

11. Kreuzen Sie bitte an, ob Folgendes auf Sie zutrifft:

- Diabetes
- Morbus Parkinson
- Schädel-Hirn-Trauma
- Bluthochdruck
- Einnahme beeinträchtigender Medikamente (Beruhigung, Schlaf)
- keines davon trifft zu
- Schlaganfall
- psychiatrische Erkrankungen
- Demenz
- Multiple Sklerose

12. Wie haben Sie von dieser Studie erfahren?

- über das Seniorenstudium
- in meiner Sportgruppe
- durch Familie oder Bekannte
- über Feierabend.de
- durch ausgelegte Flyer
- andere, nämlich: _____

Kennwort

--	--	--	--	--

CFQ

Bei den folgenden Fragen geht es um kleinere Fehler, die jedem von Zeit zu Zeit unterlaufen, aber einige von ihnen treten häufiger als andere auf. Ich möchte nun wissen, wie oft bei Ihnen solche Ereignisse auftreten. Bitte geben Sie an, wie häufig jedes der aufgeführten Ereignisse bei Ihnen *in den letzten sechs Monaten* vorkam.

Das passierte mir	nie	selten	manchmal	oft	sehr oft
1. Beim Lesen bemerkte ich, dass ich nicht bei der Sache war, und musste noch einmal vor vorn anfangen.					
2. Ich ging in ein anderes Zimmer und wusste nicht mehr, was ich dort wollte.					
3. Auf der Straße übersah ich ein Verkehrszeichen.					
4. Bei der Beschreibung eines Weges verwechselte ich rechts und links.					
5. Ich rempelte aus Versehen jemanden an.					
6. Nach Verlassen der Wohnung war ich unsicher, ob ich bspw. das Licht oder den Herd ausgeschaltet oder die Tür abgeschlossen hatte.					
7. Als mir jemand vorgestellt wurde, bekam ich den Namen nicht mit.					
8. Mir fiel auf, dass man eine Äußerung von mir auch als Beleidigung hätte verstehen können.					

Das passierte mir	nie	selten	manchmal	oft	sehr oft
9. Ich war so mit einer Sache beschäftigt, dass ich nicht hörte, wie jemand mich ansprach.					
10. Ich verlor die Beherrschung.					
11. Ich antwortete auf wichtige Briefe zu spät.					
12. Auf einer Straße, die ich gut kenne, aber selten benutze, wusste ich nicht mehr, in welche Richtung ich abbiegen musste.					
13. In einem Supermarkt übersah ich einen Artikel, den ich suchte.					
14. Beim Reden fühlte ich mich unsicher, ob ich nicht gerade ein Wort verwechselt hatte.					
15. Ich hatte Schwierigkeiten, mich zu entscheiden.					
16. Ich vergaß eine Verabredung.					
17. Ich vergaß, wo ich etwas hingelegt hatte (z.B. eine Zeitung oder ein Buch).					
18. Versehentlich warf ich einen Gegenstand weg, den ich behalten wollte, und behielt, was ich wegwerfen wollte; z.B. die Gemüseschalen in den Kochtopf und das Gemüse in den Abfall.					
19. In Gedanken schweifte ich ab, während ich irgendwo zuhörte.					
20. Ich konnte mich nicht an den Namen von jemandem erinnern.					
21. Ich stellte fest, dass etwas mich von einer ursprünglich begonnenen Tätigkeit abgebracht hatte.					
22. Obwohl mir ein Wort auf der Zunge lag, konnte ich es nicht aussprechen.					

Das passierte mir	nie	selten	manchmal	oft	sehr oft
23. Ich stand in einem Geschäft und wusste nicht mehr, weswegen ich es betreten hatte.					
24. Mir fiel etwas herunter.					
25. Angesichts einer bestimmten Situation war ich sprachlos.					
26. Nach Abschluss eines Gesprächs merkte ich, dass ich vergessen hatte, einen wichtigen Gesichtspunkt zu nennen, den ich eigentlich hatte erwähnen wollen.					
27. Nach dem Verlassen der Wohnung musste ich noch einmal umkehren, um etwas zu holen, das ich versehentlich nicht eingesteckt hatte.					
28. Ich vergaß, jemandem etwas auszurichten, worum man mich gebeten hatte.					
29. Ich konnte mich nicht an etwas erinnern, was mir früher erzählt worden war.					
30. Ich hatte etwas weggelegt und als ich es nach einigen Tagen hervorholen wollte, hatte ich vergessen, wo es lag.					
31. Ich stieß aus Versehen an einen Gegenstand.					
32. Ich stolperte auf der Straße.					

Abschließende Fragen zur Studie

	Ja, sicher	eventuell	eher nicht	auf keinen Fall
Würden Sie an einer ähnlichen Studie nochmals teilnehmen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
War diese Untersuchung eine Belastung für Ihren Alltag?	ja, sehr <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	kaum <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>
Hat diese Untersuchung Ihnen Spaß gemacht?	ja, sehr <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	kaum <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>
Haben Sie bei sich positive Veränderungen im Alltag wahrgenommen?	ja, sehr <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	kaum <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>
Wie schätzen Sie subjektiv Ihre Fähigkeiten nach der Studie ein?	schlechter als davor <input type="checkbox"/>	genau wie davor <input type="checkbox"/>	etwas besser als davor <input type="checkbox"/>	viel besser als davor <input type="checkbox"/>
Haben Sie seit der Studie mehr auf Fehlleistungen geachtet?	ja, sehr <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	kaum <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>

Big Five Inventory -Kurzform

Inwieweit treffen die folgenden Aussagen auf Sie persönlich zu? Wählen Sie dazu bitte die entsprechende Kategorie und kreuzen Sie sie rechts neben der jeweiligen Aussage an.

Ein Beispiel:

		Sehr un- zutreffend	Eher un- zutreffend	Weder noch	Eher zutreffend	Sehr zutreffend
Ich verbringe gerne Zeit mit anderen.	<input type="checkbox"/>				

Kreuzen Sie z.B. das 2. Kästchen an, wenn Sie meinen, dass diese Aussage eher unzutreffend für Sie ist.

		Sehr un- zutreffend	Eher un- zutreffend	Weder noch	Eher zutreffend	Sehr zutreffend
Ich ...	1. ... bin eher zurückhaltend, reserviert.	<input type="checkbox"/>				
	2. ... neige dazu, andere zu kritisieren.	<input type="checkbox"/>				
	3. ... erledige Aufgaben gründlich.	<input type="checkbox"/>				
	4. ... werde leicht deprimiert, niedergeschlagen.	<input type="checkbox"/>				
	5. ... bin vielseitig interessiert.	<input type="checkbox"/>				
	6. ... bin begeisterungsfähig und kann andere leicht mitreißen.	<input type="checkbox"/>				
	7. ... schenke anderen leicht Vertrauen, glaube an das Gute im Menschen.	<input type="checkbox"/>				
	8. ... bin bequem, neige zur Faulheit.	<input type="checkbox"/>				
	9. ... bin entspannt, lasse mich durch Stress nicht aus der Ruhe bringen.	<input type="checkbox"/>				
	10. ... bin tief sinnig, denke gerne über Sachen nach.	<input type="checkbox"/>				
	11. ... bin eher der „stille Typ“, wortkarg.	<input type="checkbox"/>				
	12. ... kann mich kalt und distanziert verhalten.	<input type="checkbox"/>				
	13. ... bin tüchtig und arbeite flott.	<input type="checkbox"/>				
	14. ... mache mir viele Sorgen.	<input type="checkbox"/>				
	15. ... habe eine aktive Vorstellungskraft, bin phantasievoll.	<input type="checkbox"/>				
	16. ... gehe aus mir heraus, bin gesellig.	<input type="checkbox"/>				
	17. ... kann mich schroff und abweisend anderen gegenüber verhalten.	<input type="checkbox"/>				
	18. ... mache Pläne und führe sie auch durch.	<input type="checkbox"/>				
	19. ... werde leicht nervös und unsicher.	<input type="checkbox"/>				
	20. ... schätze künstlerische und ästhetische Eindrücke.	<input type="checkbox"/>				
	21. ... habe nur wenig künstlerisches Interesse.	<input type="checkbox"/>				

Anhang H – Werbung und Rückmeldung

H1 – Werbung im Studienführer für ‚Studieren ab 50‘

Dozent: Dipl.-Psych. Stefanie Lange

Thema: Training geistiger Fähigkeiten und Auswirkung im Alltag

Sehr geehrte Senioren,

jeder kennt es: aus Unachtsamkeit wird Salz statt Zucker in den Kaffee getan, statt im Wohnzimmer steht man fälschlicherweise in der Küche, im Laden erinnert man sich nicht mehr an die benötigten Lebensmittel, trotz festen Vorsatzes vergisst man den Zwischenhalt bei der Post ...

Diese kleinen Alltagsfehler sind meist ohne Folgen und werden ebenso schnell vergessen, wie sie auftreten. Dennoch bedeuten viele Schnitzer und Patzer auch eine Störung der effektiven und kompetenten Gestaltung des Alltags und können im einfachsten Fall unerfreulich, im schlimmsten Fall auch sehr belastend oder einschränkend sein.

Psychologische Untersuchungen haben gezeigt, dass die Ursachen für solche Fehlleistungen in einer überlasteten geistigen Kapazität und einer mangelnden Kontrolle der Aufmerksamkeit zu finden sind. Eben diese Fähigkeiten lassen im Laufe des Lebens nach und erhöhen somit die Häufigkeit der Fehler.

Dieser Vorgang, das „geistige Altern“, ist jedoch keinesfalls unveränderbar. Mehrfach konnte bei Senioren bereits durch gezieltes Training die geistige Kapazität erhöht und die Aufmerksamkeitskontrolle verbessert werden und Sie können diese Chance ebenfalls nutzen!

Von Frühjahr bis Herbst 2012 werde ich ein sechswöchiges Training durchführen, welches Verbesserungen im Alltag bewirken soll. Darüber hinaus dient dieses Projekt der Erprobung einer neuen Forschungsmethode in der differentiellen Psychologie. Gelingt es, die Trainingserfolge auch im Alltag nachzuweisen, können viele Menschen davon profitieren und ich würde mich sehr freuen, wenn Sie mich dabei unterstützen.

Bei Interesse melden Sie sich bitte unter:

stefanie.lange@ovgu.de

Mobil: 0178/1481432

Wann: Sommersemester 2012

Wo: Universitätsplatz 2, Gebäude 24, K001

H2 – Werbung durch Flugblätter

Gehirntraining für Senioren

Teilnehmer gesucht für kostenloses Training mit dem Ziel, vielfältige Verbesserungen in verschiedenen geistigen Fähigkeiten und sogar im Alltag zu erreichen

WANN: zwischen April und Dezember 2012
WO: auf dem Campus in G24 und G22
FÜR WEN: Personen zwischen 60 und 75 Jahren
WIE OFT: 2 x pro Woche, 6 Wochen lang
WIE LANG: 90 Minuten

- + Training der geistigen Fähigkeiten
- + Arbeiten mit neuartigen Methoden
- + Unterstützung der wissenschaftlichen Forschung

ABLAUF: Sie trainieren in kleinen Gruppen
TERMINE: individuell vereinbar

Kontakt

Dipl.-Psych. Stefanie Lange

Institut für Psychologie I, G24 – R211

Tel.: 0178 1481432 oder 0391 6711919 (Anrufbeantworter)

E-Mail: stefanie.lange@ovgu.de



H3 – Werbung durch Zeitungsartikel

Senioren für Teilnahme an kostenlosem Gehirntraining gesucht

Wie effektiv ist Gehirntraining im Alter und wie groß sind die Auswirkungen auf den Alltag? Antworten auf diese Fragen möchte ich mit Senioren aus Magdeburg und der näheren Umgebung finden. In meiner Doktorarbeit an der Universität Magdeburg führe ich ein sechswöchiges Training mit Personen zwischen 60 und 75 Jahren durch, bei dem zweimal wöchentlich in kleinen Gruppen etwa eine Stunde am Computer verschiedene Aufgaben bearbeitet werden. Sie erhalten eine Rückmeldung über Ihren Trainingserfolg, unterstützen aktiv die Wissenschaft und arbeiten mit innovativen Forschungsmethoden! Bis Ende des Jahres wird nahezu jede Woche eine neue Gruppe starten, sodass Sie jederzeit einsteigen können. Die Wochentage und Uhrzeiten lege ich selbstverständlich mit Ihnen gemeinsam fest.

Bei Interesse freue ich mich über einen Anruf (mobil: 0178/1481432, Büro: 0391/6711919) oder eine E-Mail (stefanie.lange@ovgu.de) von Ihnen.

Herzliche Grüße und bis bald,

Stefanie Lange

Institut für Psychologie I
Abteilung für Methodenlehre, Psychodiagnostik und Evaluationsforschung
Gebäude 24, Raum 211

H4 – Rückmeldung

Lieber Teilnehmer,

vielen lieben Dank für Ihre Teilnahme an meinem Training, für die Zeit, die Sie mir geschenkt haben, und für das Verständnis bei kleinen Komplikationen. Ihre Daten werden in meiner Doktorarbeit verarbeitet – anonym selbstverständlich und nur mit Ihrem Kennwort – und helfen dabei, ein Trainingskonzept sowie eine innovative Forschungsmethode in der Wissenschaft zu etablieren.

Die Rückmeldung enthält Ihre Punktzahl in den verschiedenen Aufgaben zu Arbeitsgedächtnis, Kurzzeitgedächtnis, Wechselfähigkeit (Switching), Bearbeitungsgeschwindigkeit und logischem Denken zum Zeitpunkt der Vor- und Nachtestung. Neben Ihrer tatsächlichen Fähigkeit fließen natürlich auch Tagesform, Befindlichkeit, Raumtemperatur, Störungen durch Lärm, Stress und viele weitere Faktoren in den jeweiligen Wert ein, die zu einer Unterschätzung führen können. Die Aufgaben waren sicher neuartig und unbekannt für Sie, sodass auch das Kennenlernen dieser Art von Aufgaben etwas von Ihrer geistigen Kapazität beanspruchte. Zudem hat jeder Mensch seine Stärken in unterschiedlichen Bereichen und da in dieser Untersuchung nicht alles abgedeckt wurde (beispielsweise fehlen Kreativität, Konzentration oder Langzeitgedächtnis), ist keine allgemein gültige Aussage möglich. Es ist bekannt, dass manchen Menschen verbale Inhalte besonders gut liegen und anderen wiederum numerische oder figural-bildhafte Aufgaben – niemand kann in allen Bereichen perfekt sein.

Für Rückfragen stehe ich Ihnen gern zur Verfügung, Sie können mich per Telefon, E-Mail und Post erreichen. Alles Gute für Sie und herzliche Grüße,

Stefanie Lange

Dipl.-Psych. Stefanie Lange

Institut für Psychologie I, Abteilung für Methodenlehre, Psychodiagnostik
und Evaluationsforschung

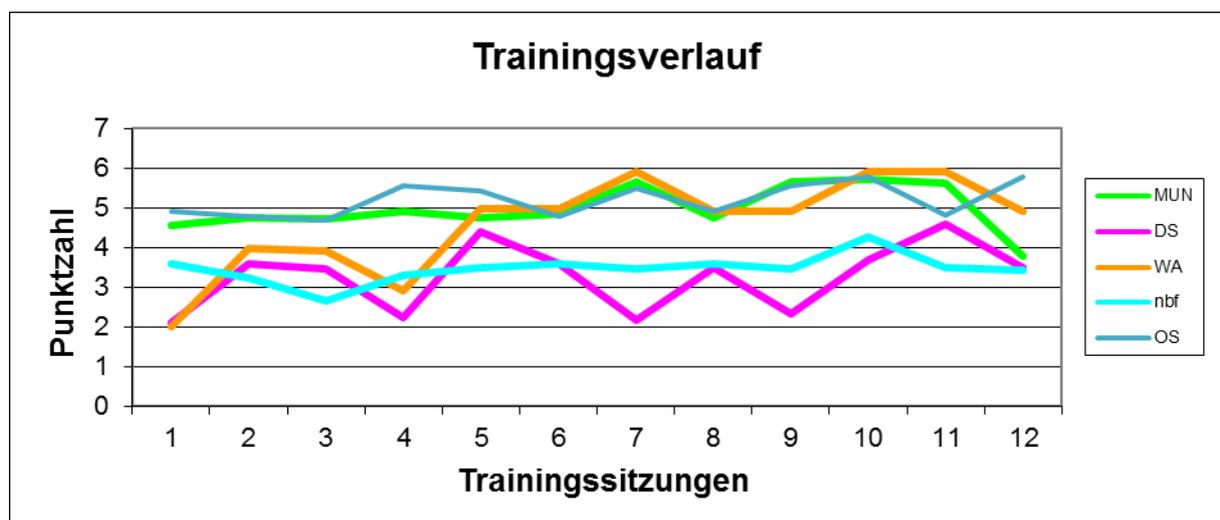
Universitätsplatz 2, Gebäude 24, R 211

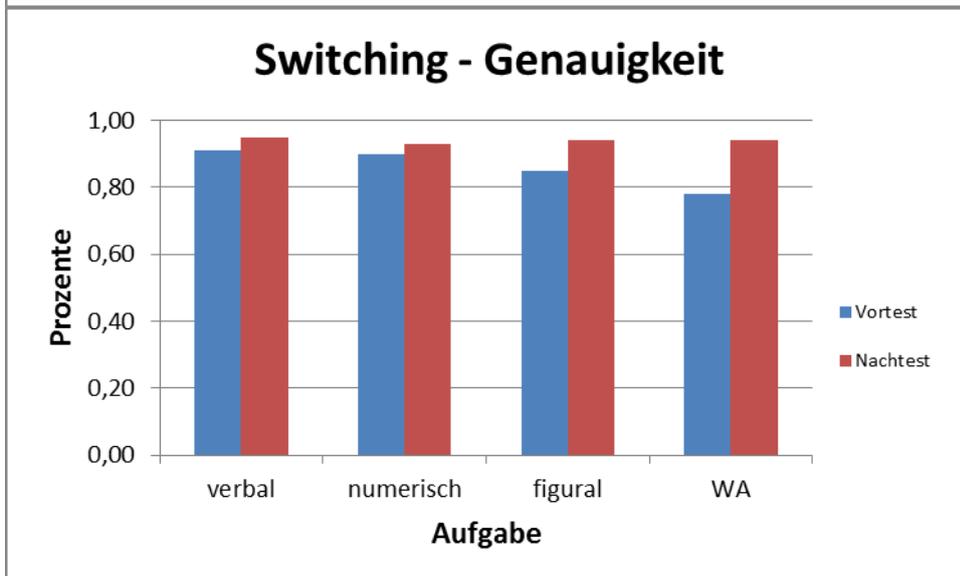
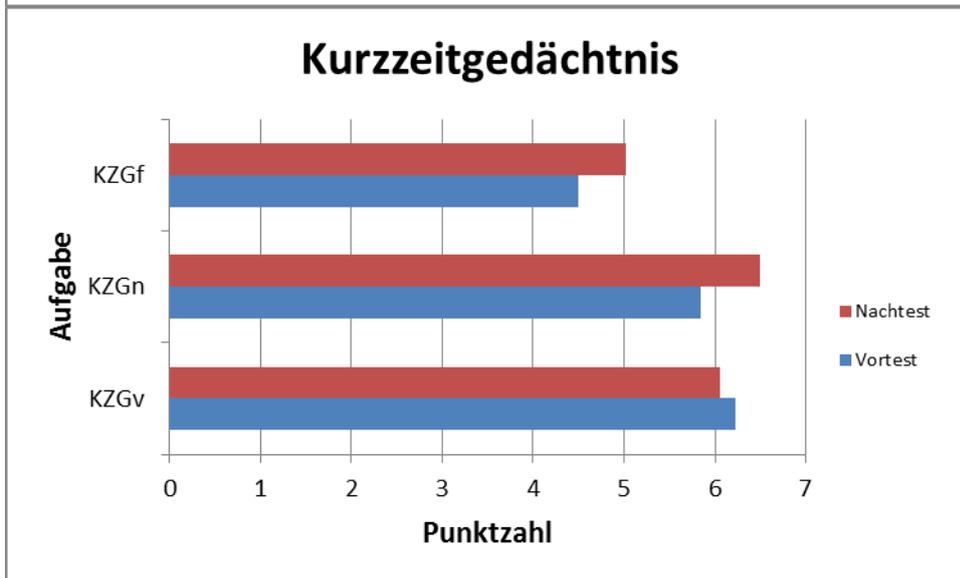
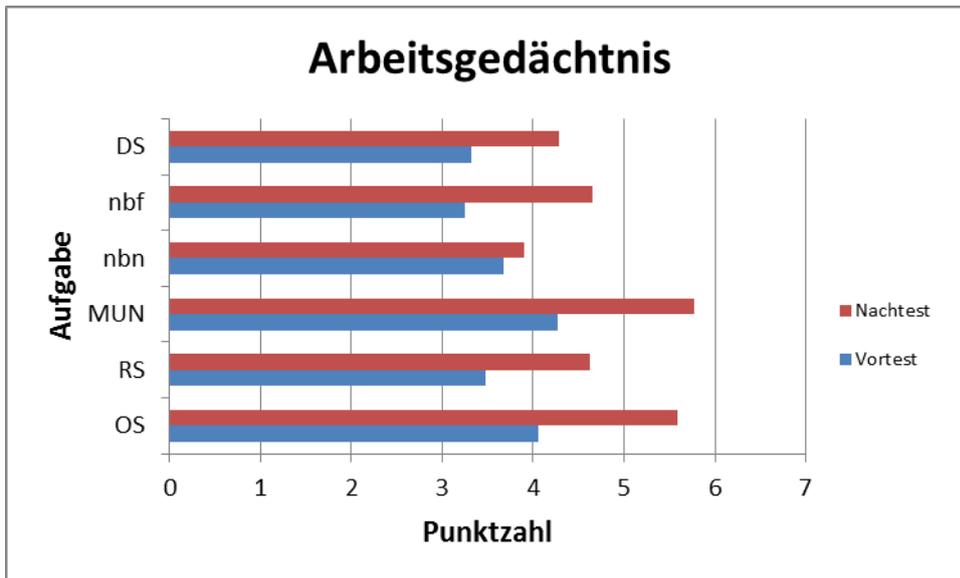
Postfach 4120, 39106 Magdeburg

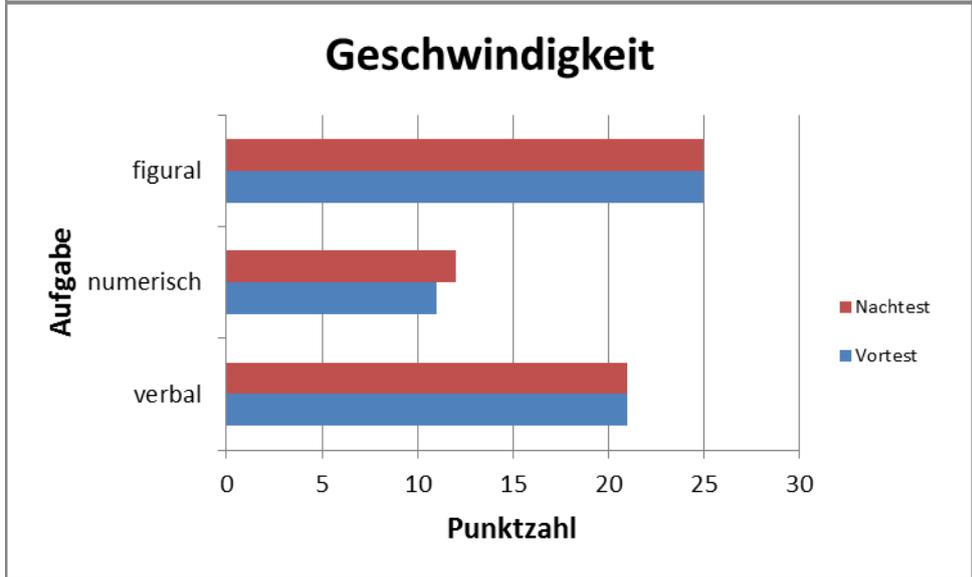
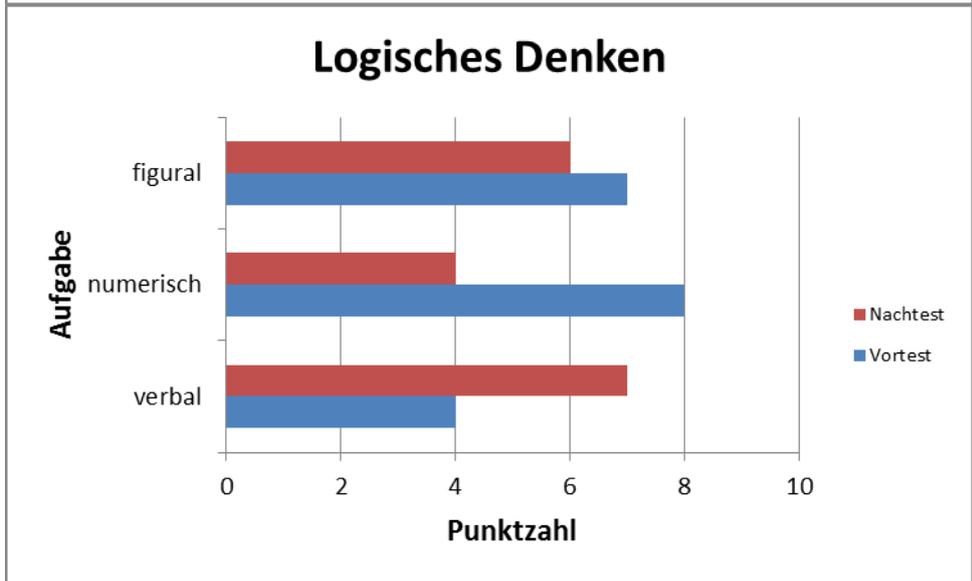
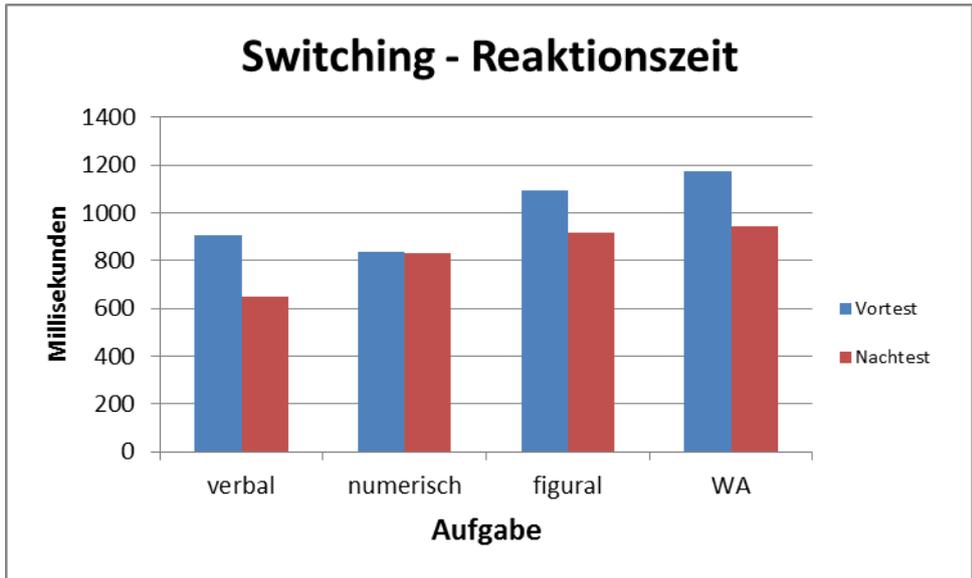
E-Mail:stefanie.lange@ovgu.de

Büro: 0391-6718486 mobil: 0178-1481432

Funktion	Inhalt	Aufgabe	Abkürzung	Vortest	Nachtest
Arbeitsgedächtnis	verbal	Operation Span	OS	4,06	5,59
		Reading Span	RS	3,47	4,63
	numerisch	Memory Updating	MUN	4,27	5,78
		n-back	nbn	3,67	3,90
	figural	n-back	nbf	3,25	4,66
		Dot Span	DS	3,32	4,29
		Swaps		6	12
Kurzzeitgedächtnis	verbal	Wörter merken	KZGv	6,22	6,05
	numerisch	Ziffern merken	KZGn	5,84	6,50
	figural	Punkte merken	KZGf	4,49	5,02
Switching	verbal	Genauigkeit	verbal	0,91	0,95
		Reaktionszeit	verbal	904,42	645,82
	numerisch	Genauigkeit	numerisch	0,9	0,93
		Reaktionszeit	numerisch	833,58	832,68
	figural	Genauigkeit	figural	0,85	0,94
		Reaktionszeit	figural	1095,14	917,06
Wechselaufgabe (mit Zeiger + Uhr)		Genauigkeit	WA	0,78	0,94
		Reaktionszeit	WA	1171,54	945,02
logisches Denken (mit Stift wechseln)	verbal	Wortanalogien	verbal	4	7
	numerisch	Zahlenreihen	numerisch	8	4
	figural	Analogien	figural	7	6
Geschwindigkeit (mit Stoppuhr)	verbal	Klassifizieren von Worten	verbal	21	21
	numerisch	Sieben teilbar	numerisch	11	12
	figural	Old English	figural	25	25
		Reaktionszeit	RT	325,95	309,26







Anhang I – Itemkennwerte

Tabelle I83: Deskriptive Statistik der Rohwerte von Kurzzeitgedächtnis und Arbeitsgedächtnis im Prätest

Aufgabe	M/MD	SD/IQA	Min	Max	Schiefe	5% ^a	KS-Z (p)	α	F (p) ^b
KZGv	5.87	.54	3.63	7.00	-.86	4.82	1.03 (.240)	.79	.83 (.474)
KZGn	6.36	.42	4.93	7.00	-.59	5.62	.65 (.785)	.61	.12 (.886)
KZGf	4.29	.56	2.83	5.76	-.11	3.06	.62 (.834)	.73	.11 (.893)
RS	3.34	.88	1.11	4.80	-.52	1.80	1.10 (.175)	.87	1.68 (.193)
OS	4.61	.66	1.92	5.59	-1.31	3.25	1.28 (.076)	.77	.59 (.555)
DS	2.49	.73	1.00	4.22	.20	1.30	.58 (.893)	.86	.15 (.865)
MUN	4.02	.72	1.62	5.00	-1.31	2.10	1.51* (.021)	.83	.80 (.671)
Swaps	9.95	4.85	1	21	.18	2.75	.87 (.434)	.85	1.58 (.212)
RMSn	3.72	.60	2.33	4.87	-.26	2.66	.85 (.464)	.64	.79 (.457)
RMSf	3.68	.59	2.18	4.63	-.70	2.48	.91 (.383)	.63	.14 (.870)

Anmerkung. N = 91. Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. KZG = Kurzzeitgedächtnis, v/n/f = verbal/numerisch/figural, RS = Reading Span, OS = Operation Span, DS = Dot Span, MUN, Memory Updating numerisch, RMS = Running Memory Span. ^a 5. Perzentil. ^b Prüfung auf Gruppenunterschiede (1-fakt. ANOVA), bei signifikantem KS-Test wurde der Kruskal-Wallis-Test (χ^2) durchgeführt.

Tabelle I84: Deskriptive Statistik von Kurzzeitgedächtnis und Arbeitsgedächtnis ohne Ausreißer im Prätest

Aufgabe	M	SD	Min	Max	Schiefe	KS-Z (p)	α	F (p) ^a
KZGv	5.89	.51	4.82	7.00	-.25	.86 (.450)	.79	.83 (.440)
KZGn	6.37	.38	5.62	7.0	-.23	.66 (.781)	.61	.16 (.855)
KZGf	4.31	.65	3.06	5.76	-.06	.63 (.821)	.73	.02 (.982)
RS	3.38	.85	1.80	4.80	-.41	1.06 (.211)	.87	1.47 (.235)
OS	4.64	.61	3.25	5.59	-.77	1.06 (.210)	.77	.43 (.652)
DS	2.51	.72	1.30	4.22	.27	.63 (.821)	.86	.06 (.944)
MUN	3.91	.66	2.10	5.00	-1.09	1.36 (.050)	.83	.52 (.598)
Swaps	10.04	4.75	2.75	21.00	.23	.93 (.355)	.85	1.71 (.186)
RMSn	3.71	.58	2.66	4.87	-.16	.79 (.557)	.64	.34 (.716)
RMSf	3.68	.58	2.48	4.63	-.60	.86 (.443)	.63	1.82 (.168)

Anmerkung. N = 91. KZG = Kurzzeitgedächtnis, v/n/f = verbal/numerisch/figural, RS = Reading Span, OS = Operation Span, DS = Dot Span, MUN, Memory Updating numerisch, RMS = Running Memory Span. KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung. ^a Prüfung auf Gruppenunterschiede (1-fakt. ANOVA).

Tabelle I85: Deskriptive Statistik der Sekundäraufgaben im Prätest (N = 91)

Aufgabe	M/MD	SD/IQA	Min	Max	Schiefe	KS-Z (p)	F (p) ^a
RS Sätze	.93	.07	.41	1.00	-2.19	2.02** (.001)	2.14 (.343)
OS Gleichungen	.91	.09	.43	1.00	-2.44	1.70** (.006)	.34 (.844)
DS Symmetrie	.74	.14	.33	1.00	-.37	.81 (.562)	.81 (.447)

Anmerkung. N = 91. Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. RS = Reading Span; OS = Operation Span; DS = Dot Span. ^a Prüfung auf Gruppenunterschiede (1-fakt. ANOVA), bei signifikantem KS-Test wurde der Kruskal-Wallis-Test (χ^2) durchgeführt.

Tabelle I86: Deskriptive Statistik im Verlauf der Trimmung von Reaktionszeiten in den Aufgaben SRT, Switching verbal, numerisch und figural für einzelne und gemischte Blöcke im Prätest

	Block	Trim	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)	<i>F</i> (<i>p</i>) ^a
SRT		1	336.29	72.04	241	584.30	1.32		
		2	328.24	53.49	243.30	509.35	.85	.93 (.351)	1.04 (.359)
SWv	mixed	1	944.45	127.56	677.03	1236.02	.12		
		2	847.56	86.38	654.56	1041.04	-.03	.55 (.925)	1.01 (.369)
	single	1	761.75	107.34	567.97	1035.81	.34		
		2	709.70	75.01	566.88	918.50	.20	.64 (.802)	.93 (.398)
SWn	mixed	1	960.29	147.02	636.11	1372.25	.73		
		2	846.91	92.29	635.21	1083.33	.34	.91 (.379)	.05 (.951)
	single	1	872.20	208.67	543.81	1779.72	1.81		
		2	803.27	114.32	543.40	1095.23	.23	.83 (.493)	.35 (.707)
SWf	mixed	1	1128.23	219.68	588.38	1669.87	.50		
		2	999.27	143.36	587.94	1343.69	.24	.63 (.827)	2.97 (.056)
	single	1	866.47	140.56	572.35	1174.63	.03		
		2	781.46	94.68	558.77	987.71	-.12	.66 (.782)	1.10 (.339)

Anmerkung. *N* = 91. SRT = Simple Reaction Time; SW = Switching; v/n/f = verbal/numerisch/figural; single = in Einzelblöcken; mixed = in gemischten Blöcken; Trim = Trimmungsschritte; KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung. ^a Prüfung auf Gruppenunterschiede (1-fakt. ANOVA).

Tabelle I87: Deskriptive Statistik der Genauigkeit in den Switching-Aufgaben für einzelne und gemischte Blöcke im Prätest

	Block	<i>M/MD</i>	<i>SD/IQA</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)	<i>F</i> (<i>p</i>) ^a
SWv	mixed	.93	.05	.73	1.00	-1.66	1.36* (.049)	1.56 (.457)
	single	.98	.03	.65	1.00	-2.63	2.87** (<.001)	1.82 (.403)
SWn	mixed	.86	.11	.44	1.00	-1.30	1.24 (.095)	.22 (.801)
	single	.97	.19	.63	1.00	-.95	2.22** (<.001)	.28 (.868)
SWf	mixed	.77	.14	.47	.99	.10	1.25 (.087)	.03 (.976)
	single	.93	.15	.52	1.00	-1.19	1.66** (.008)	4.89 (.087)

Anmerkung. *N* = 91. Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. SW = Switching; v/n/f = verbal/numerisch/figural; single = in Einzelblöcken; mixed = in gemischten Blöcken. ^a Prüfung auf Gruppenunterschiede (1-fakt. ANOVA), bei signifikantem KS-Test wurde der Kruskal-Wallis-Test (χ^2) durchgeführt.

Tabelle I88: Deskriptive Statistik der Multiple Switching Task-Reaktionszeiten für alle Trimmungsschritte in einzelnen und gemischten Blöcken im Prätest

Block	Trim	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)	<i>F</i> (<i>p</i>) ^a
mixed	1	1240.24	212.96	777.63	1749.07	.23		
	2	1240.24	212.96	777.63	1749.07	.23		
	3	1241.41	213.80	777.63	1751.30	.23	.77 (.597)	.05 (.949)
single	1	996.61	172.08	657.52	1508.23	.60		
	2	911.95	114.04	652.13	1173.65	.09		
	3	912.66	114.39	652.12	1173.65	.10	.62 (.844)	.47 (.652)

Anmerkung. *N* = 91. mixed = in gemischten Blöcken; single = in Einzelblöcken; Trim = Trimmungsschritte; KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung. ^a Prüfung auf Gruppenunterschiede (1-fakt. ANOVA).

Tabelle I89: Deskriptive Statistik der Multiple Switching Task - Reaktionszeiten für die einzelnen Elemente im Prätest

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)	<i>F</i> (<i>p</i>) ^a
mixed	1241.41	213.80	777.63	1751.30	.23	.77 (.597)	.05 (.949)
Zeiger	1219.99	226.00	834.18	1828.55	.64	.86 (.467)	.04 (.958)
Uhr	1269.91	261.87	719.58	1943.55	.43	.94 (.337)	.08 (.924)
single	912.66	114.39	652.12	1173.65	.10	.62 (.844)	.47 (.625)

Anmerkung. *N* = 91. mixed = in gemischten Blöcken (beinhaltet Wechseltrials mit Zeiger und Uhr); Zeiger = Wechsel mit Aufgabenzeiger; Uhr = Wechsel mit Stoppuhr; single = in Einzelblöcken; KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung. ^a Prüfung auf Gruppenunterschiede (1-fakt. ANOVA).

Tabelle I90: Deskriptive Statistik der Multiple Switching Task - Genauigkeiten für die einzelnen Elemente im Prätest

	<i>M</i> / <i>MD</i>	<i>SD</i> / <i>IQA</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)	<i>F</i> (<i>p</i>) ^a
mixed	.80	.20	.38	.95	-1.27	1.05 (.220)	.29 (.749)
Zeiger	.91	.07	.38	.98	-2.34	1.95** (.001)	.59 (.744)
Uhr	.72	.12	.39	.94	-.19	.45 (.986)	.01 (.993)
single	.95	.06	.49	1.00	.10	2.44** (< .001)	.72 (.699)

Anmerkung. *N* = 91. Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. mixed = in gemischten Blöcken (beinhaltet Wechseltrials mit Zeiger und Uhr); Zeiger = Wechsel mit Aufgabenzeiger; Uhr = Wechsel mit Stoppuhr; single = in Einzelblöcken. ^a Prüfung auf Gruppenunterschiede (1-fakt. ANOVA), bei signifikantem KS-Test wurde der Kruskal-Wallis-Test (χ^2) durchgeführt.

Tabelle I91: Deskriptive Statistik des Switching-Verhältnisses aller Switching-Aufgaben im Prätest

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)	<i>F</i> (<i>p</i>) ^a
mixed	-1131.54	168.44	-1470.50	-700.82	-.40	.65 (.796)	.91 (.406)
single	-870.97	111.34	-1165.65	-614.88	-1.30	.67 (.761)	1.16 (.319)

Anmerkung. *N* = 91. mixed = in gemischten Blöcken; single = in Einzelblöcken; KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung. ^a Prüfung auf Gruppenunterschiede (1-fakt. ANOVA).

Tabelle I92: Deskriptive Statistik der Switch-Kosten aller Switching-Aufgaben im Prätest

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)	<i>F</i> (<i>p</i>) ^a
RT costs	181.25	55.17	73.90	312.29	.28	.63 (.821)	3.42 (.037)
Acc costs	.05	.05	-.07	.19	.09	.47 (.982)	1.46 (.237)

Anmerkung. *N* = 91. RT costs = Reaktionszeitkosten; Acc costs = Genauigkeitskosten; KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung. ^a Prüfung auf Gruppenunterschiede (1-fakt. ANOVA).

Tabelle I93: Deskriptive Statistik der eKFA-Items im Prättest (Rohwerte)

	<i>M/MD</i>	<i>SD/IQA</i>	Min	Max	Schiefe	95 %	KS-Z (<i>p</i>)
1	1.13	.20	1.00	2.09	1.83	1.58	1.75 (.004)
2	1.07	.21	1.00	2.41	2.84	1.64	2.41 (< .001)
3	1.00	.10	1.00	2.28	4.37	1.34	3.12 (< .001)
4	1.14	.23	1.00	1.88	1.42	1.59	1.59 (.013)
5	1.06	.14	1.00	1.72	2.30	1.39	2.17 (< .001)
6	1.12	.27	1.00	3.50	3.28	2.09	2.67 (< .001)
7	1.12	.28	1.00	2.28	2.14	1.72	1.93 (.001)
8	1.30	.59	1.00	3.43	1.61	2.73	2.01 (.001)
9	1.30	.25	1.00	2.39	1.70	1.76	1.12 (.160)
10	1.31	.37	1.00	3.56	2.34	2.64	1.91 (.001)
11	1.04	.14	1.00	2.00	2.63	1.57	2.61 (< .001)
12	1.12	.18	1.00	2.50	3.12	1.67	2.17 (< .001)
13	1.13	.28	1.00	2.83	3.00	1.89	2.27 (< .001)
All	1.18	.19	1.03	1.98	2.10	1.63	1.55 (.016)

Anmerkung. $N = 91$. Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. 95 % = 95. Perzentil.

Tabelle I94: Deskriptive Statistik des CFQ im Prättest

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)	<i>F</i> (<i>p</i>) ^b
CFQ	2.22	.31	1.47	2.97	.01	.54 (.931)	2.69 (.074)
CFQ ohne Ausreißer ^a	2.22	.30	1.47	2.79	-.11	.54 (.932)	2.60 (.080)

Anmerkung. $N = 91$. KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung. ^a95. Perzentil: 2.79. ^bPrüfung auf Gruppenunterschiede (1-fakt. ANOVA).

Tabelle I95: Deskriptive Statistik des CFQ bei Steglich (2012)

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)
CFQ	2.18	.40	1.44	3.07	.07	.52 (.951)
CFQ ohne Ausreißer ^a	2.17	.39	1.44	2.89	-.01	.53 (.940)

Anmerkung. $N = 72$. KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung. ^a95. Perzentil: 2.89.

Tabelle I96: Deskriptive Statistik der Rohwerte von Kurzzeitgedächtnis und Arbeitsgedächtnis (EG, post)

	M/MD	SD/IQA	Min	Max	Schiefe	KS-Z (p)	5% ^a
KZGv	6.05	.38	5.47	7	.72	.75 (.630)	5.52
KZGn	6.52	.60	3.94	7	-2.83	1.18 (.124)	5.10
KZGf	4.52	.66	3.09	5.67	-.25	.44 (.990)	3.30
RS	4.13	.65	2.21	4.87	-1.28	.94 (.340)	2.51
OS	5.29	.37	3.56	5.81	-1.82	1.49* (.023)	3.67
DS	3.23	.81	1.30	4.69	-.13	.53 (.939)	1.66
MUN	5.20	.65	3.37	6	-.97	.83 (.496)	3.72
Swaps	13.48	5.10	3	21	-.49	.92 (.365)	3.60
RMSn	4.08	.48	2.70	4.93	-.66	.78 (.586)	3.03
RMSf	4.75	.55	3.78	5.72	.35	.70 (.709)	3.86
Gf	.10	.75	-1.07	1.76	.46	.63 (.820)	-1.00
Speed	.13	.86	-2.15	1.89	-.56	.61 (.852)	-1.64

Anmerkung. $N = 31$. Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. KZG = Kurzzeitgedächtnis; v/n/f = verbal/numerisch/figural; RS = Reading Span; OS = Operation Span; DS = Dot Span; MUN = Memory Updating numerisch; RMS = Running Memory Span; Gf = Reasoning. ^a 5. Perzentil.

Tabelle I97: Deskriptive Statistik ohne Ausreißer von Kurzzeitgedächtnis und Arbeitsgedächtnis (EG, post)

	M/MD	SD/IQA	Min	Max	Schiefe	KS-Z (p)
KZGv	6.05	.38	5.52	7.00	.76	.76 (.603)
KZGn	6.55	.45	5.10	7.00	-1.38	.91 (.380)
KZGf	4.52	.66	3.30	5.67	-.16	.45 (.380)
RS	4.13	.62	2.51	4.87	-1.09	.92 (.366)
OS	5.29	.53	3.68	5.81	-1.83	1.40* (.040)
DS	3.24	.78	1.66	4.69	.06	.56 (.914)
MUN	5.21	.37	3.72	6.00	-.75	.84 (.474)
Swaps	13.50	5.06	3.60	21.00	-.47	.92 (.369)
RMSn	4.08	.48	3.03	4.93	-.31	.66 (.771)
RMSf	4.75	.55	3.86	5.72	.39	.71 (.688)
Gf	.11	.75	-1.00	1.76	.48	.64 (.812)
Speed	.15	.82	-1.64	1.89	-.30	.62 (.952)

Anmerkung. $N = 31$. Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. KZG = Kurzzeitgedächtnis; v/n/f = verbal/numerisch/figural; RS = Reading Span; OS = Operation Span; DS = Dot Span; MUN = Memory Updating numerisch; RMS = Running Memory Span; Gf = Reasoning.

Tabelle I98: Deskriptive Statistik der Sekundäraufgaben (EG, post)

	M	SD	Min	Max	Schiefe	KS-Z (p)
RS Sätze	.95	.04	.83	1.00	-.90	1.06 (.212)
OS Gleichungen	.96	.04	.85	1.00	-1.54	.98 (.295)
DS Symmetrie	.83	.14	.53	1.00	-.61	.79 (.566)

Anmerkung. $N = 31$. RS = Reading Span; OS = Operation Span; DS = Dot Span; KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung.

Tabelle I99: Deskriptive Statistik der Rohwerte von Kurzzeitgedächtnis und Arbeitsgedächtnis (aKG, post)

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)	5 % ^a
KZGv	5.95	.45	4.70	6.90	-.22	.60 (.861)	5.00
KZGn	6.39	.38	5.34	6.95	-1.00	.83 (.495)	5.50
KZGf	4.50	.61	2.91	5.64	-.36	.51 (.954)	3.20
RS	3.75	.66	2.10	4.80	-.87	.80 (.552)	2.33
OS	4.79	.47	3.26	5.59	-1.42	.88 (.423)	3.57
DS	2.76	.72	1.48	4.27	.06	.36 (1.00)	1.56
MUN	4.58	.38	3.70	5.37	-.21	.39 (.998)	3.88
Swaps	11.27	4.95	2.00	23.00	-.06	.61 (.847)	2.00
RMSn	3.77	.56	1.86	4.76	-1.00	.59 (.872)	2.59
RMSf	4.09	.63	2.62	5.23	-.60	.58 (.896)	2.77
Gf	-.09	.80	-1.23	1.62	.82	1.01 (.264)	-1.13
Speed	-.16	.68	-1.35	1.35	.10	.33 (1.00)	-1.35

Anmerkung. *N* = 31. Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. KZG = Kurzzeitgedächtnis; v/n/f = verbal/numerisch/figural; RS = Reading Span; OS = Operation Span; DS = Dot Span; MUN = Memory Updating numerisch; RMS = Running Memory Span; Gf = Reasoning. ^a 5. Perzentil.

Tabelle I100: Deskriptive Statistik ohne Ausreißer von Kurzzeitgedächtnis und Arbeitsgedächtnis (aKG, post)

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)
KZGv	5.95	.42	5.00	6.90	.18	.49 (.968)
KZGn	6.40	.40	5.50	6.95	-.84	.81 (.521)
KZGf	4.50	.59	3.20	5.64	-.13	.44 (.991)
RS	3.76	.64	2.33	4.80	-.75	.78 (.580)
OS	4.80	.44	3.57	5.59	-1.07	.80 (.550)
DS	2.76	.71	1.56	4.27	.08	.36 (.999)
MUN	4.59	.37	3.70	3.88	-.03	.40 (.998)
Swaps	11.27	4.95	2.00	23.00	-.06	.61 (.847)
RMSn	3.79	.49	1.86	2.59	-.06	.44 (.989)
RMSf	4.10	.62	2.62	2.77	-.53	.59 (.883)
Gf	-.09	.79	-1.13	1.62	.85	1.02 (.252)
Speed	-.16	.66	-1.35	1.35	.21	.38 (.999)

Anmerkung. *N* = 31. Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. KZG = Kurzzeitgedächtnis; v/n/f = verbal/numerisch/figural; RS = Reading Span; OS = Operation Span; DS = Dot Span; MUN; Memory Updating numerisch; RMS = Running Memory Span; Gf = Reasoning.

Tabelle I101: Deskriptive Statistik der Sekundäraufgaben (aKG, post)

	<i>M/MD</i>	<i>SD/IQA</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)
RS Sätze	.90	.07	.38	1.00	-2.97	1.47* (.026)
OS Gleichungen	.91	.06	.76	.99	-.96	.85 (.459)
DS Symmetrie	.76	.15	.47	1.00	-.13	.72 (.672)

Anmerkung. *N* = 31. Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. RS = Reading Span; OS = Operation Span; DS = Dot Span.

Tabelle I102: Deskriptive Statistik der Rohwerte von Kurzzeitgedächtnis und Arbeitsgedächtnis (pKG, post)

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)	5 % ^a
KZGv	6.04	.44	5.20	6.77	-.18	.72 (.681)	5.22
KZGn	6.40	.43	5.39	7.00	-.19	.84 (.488)	5.56
KZGf	4.39	.70	2.63	5.52	-.45	.43 (.992)	2.98
RS	3.65	.87	1.28	4.87	-.91	.70 (.717)	1.67
OS	4.77	.75	1.61	5.63	-2.86	1.15 (.141)	2.74
DS	2.63	.79	1.55	4.45	.78	.70 (.712)	1.58
MUN	4.64	.73	3.04	5.69	-.61	.73 (.668)	3.12
Swaps	11.39	5.94	5.00	23.00	.51	1.14 (.146)	5.00
RMSn	3.51	.81	1.00	4.85	-1.08	.55 (.922)	1.47
RMSf	4.04	.77	1.87	5.31	-.73	.66 (.776)	2.38
Gf	-.01	.85	-1.40	1.54	.41	.56 (.910)	-1.32
Speed	.04	.69	-1.03	1.29	.15	.60 (.862)	-.96

Anmerkung. *N* = 29. KZG = Kurzzeitgedächtnis; v/n/f = verbal/numerisch/figural; RS = Reading Span; OS = Operation Span; DS = Dot Span; MUN = Memory Updating numerisch; RMS = Running Memory Span; Gf = Reasoning; KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung. ^a 5. Perzentil.

Tabelle I103: Deskriptive Statistik ohne Ausreißer von Kurzzeitgedächtnis und Arbeitsgedächtnis (pKG, post)

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)
KZGv	6.04	.44	5.22	6.77	-.17	.72 (.683)
KZGn	6.40	.42	5.56	7.00	-.02	.86 (.449)
KZGf	4.41	.67	2.98	5.52	-.23	.45 (.987)
RS	3.66	.83	1.67	4.87	-.71	.64 (.802)
OS	4.81	.59	2.74	5.63	-1.67	.83 (.505)
DS	2.63	.79	1.58	4.45	.79	.70 (.705)
MUN	4.64	.73	3.12	5.69	-.58	.72 (.679)
Swaps	11.39	5.94	5.00	23	.51	1.14 (.146)
RMSn	3.52	.76	1.47	4.85	-.73	.51 (.957)
RMSf	4.06	.72	2.38	5.31	-.34	.62 (.836)
Gf	-.01	.85	-1.32	1.54	.44	.57 (.906)
Speed	.04	.68	-.96	1.29	.17	.61 (.846)

Anmerkung. *N* = 29. KZG = Kurzzeitgedächtnis; v/n/f = verbal/numerisch/figural; RS = Reading Span; OS = Operation Span; DS = Dot Span; MUN = Memory Updating numerisch; RMS = Running Memory Span; Gf = Reasoning; KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung.

Tabelle I104: Deskriptive Statistik der Sekundäraufgaben (pKG, post)

	<i>M</i> / <i>MD</i>	<i>SD</i> / <i>IQA</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)
RS Sätze	.93	.06	.78	1.00	-.87	.92 (.367)
OS Gleichungen	.91	.08	.51	1.00	-2.79	1.37* (.046)
DS Symmetrie	.73	.18	.42	1.00	-.36	.77 (.589)

Anmerkung. *N* = 29. Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. RS = Reading Span; OS = Operation Span; DS = Dot Span.

Tabelle I105: Deskriptive Statistik im Verlauf der Trimmung von Reaktionszeiten in den Aufgaben SRT, Switching verbal, numerisch und figural für einzelne und gemischte Blöcke (EG, post)

	Block	Trim	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)
SRT		1	297.14	47.93	233.42	490.00	2.11	
		2	290.75	39.15	233.42	424.00	1.25	.67 (.759)
SWv	mixed	1	815.83	121.93	572.74	1068.06	.19	
		2	759.11	88.58	569.52	956.63	.13	.68 (.753)
	single	1	690.04	105.75	515.27	947.78	.43	
		2	660.33	81.08	513.31	853.76	.20	.63 (.827)
SWn	mixed	1	864.21	215.13	597.31	1771.55	2.70	
		2	802.87	140.36	595.34	1287.52	1.60	1.08 (.198)
	single	1	761.06	181.49	533.30	1374.95	1.60	
		2	727.69	131.81	535.24	1134.50	.83	.67 (.766)
SWf	mixed	1	959.65	158.97	593.06	1289.93	-.14	
		2	848.53	103.56	579.92	1028.52	-.73	.67 (.764)
	single	1	733.28	125.18	465.75	976.50	-.28	
		2	686.36	92.73	465.99	822.11	-.77	.93 (.348)

Anmerkung. *N* = 31. SRT = Simple Reaction Time; SW = Switching; v/n/f = verbal/numerisch/figural; single = in Einzelblöcken; mixed = in gemischten Blöcken; Trim = Trimmungsschritte; KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung.

Tabelle I106: Deskriptive Statistik der Genauigkeit in den Switching-Aufgaben für einzelne und gemischte Blöcke (EG, post)

	Block	<i>M/MD</i>	<i>SD/IQA</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)
SWv	mixed	.95	.04	.82	1.00	-1.59	.82 (.525)
	single	.97	.04	.85	1.00	-2.12	1.25 (.087)
SWn	mixed	.94	.11	.47	1.00	-2.17	1.38* (.045)
	single	.99	.07	.74	1.00	-1.99	1.64** (.009)
SWf	mixed	.95	.13	.62	1.00	-1.41	1.49* (.023)
	single	.94	.11	.53	1.00	-.73	1.66 (.099)

Anmerkung. *N* = 31. Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. SW = Switching; v/n/f = verbal/numerisch/figural; single = in Einzelblöcken; mixed = in gemischten Blöcken.

Tabelle I107: Deskriptive Statistik der Multiple Switching Task - Reaktionszeiten für alle Trimmungsschritte in einzelnen und gemischten Blöcken (EG, post)

Block	Trim	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)
mixed	1	848.88	180.70	573.00	1291.74	.65	
	2	802.25	126.34	573.00	1061.91	.06	
	3	802.44	126.51	573.00	1062.23	.07	.60 (.870)
single	1	746.19	127.82	557.42	1076.65	.89	
	2	718.57	95.67	553.92	909.82	.12	
	3	718.57	95.67	553.92	909.82	.12	.59 (.874)

Anmerkung. *N* = 31. mixed = in gemischten Blöcken; single = in Einzelblöcken; Trim = Trimmungsschritte; KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung.

Tabelle I108: Deskriptive Statistik der Reaktionszeiten für die einzelnen Elemente der Multiple Switching Task (EG, post)

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)
mixed	802.44	126.51	573.00	1062.23	.07	.60 (.870)
Zeiger	796.28	113.16	593.40	1047.08	.12	.55 (.924)
Uhr	909.24	144.60	552.59	1082.78	.09	.69 (.724)
single	718.57	95.67	553.92	909.82	.12	.59 (.874)

Anmerkung. *N* = 31. mixed = in gemischten Blöcken (beinhaltet Wechseltrials mit Zeiger und Uhr); Zeiger = Wechsel mit Aufgabenzeiger; Uhr = Wechsel mit Stoppuhr; single = in Einzelblöcken; KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung.

Tabelle I109: Deskriptive Statistik der Genauigkeit für alle Elemente der Multiple Switching Task (EG, post)

	<i>M/MD</i>	<i>SD/IQA</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)
mixed	.94	.03	.74	.97	-2.49	1.39* (.042)
Zeiger	.94	.02	.89	.98	-.77	.96 (.319)
Uhr	.93	.04	.59	.98	-2.93	1.57* (.014)
single	.98	.03	.84	1.00	-1.96	1.62* (.011)

Anmerkung. *N* = 91. Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. mixed = in gemischten Blöcken (beinhaltet Wechseltrials mit Zeiger und Uhr); Zeiger = Wechsel mit Aufgabenzeiger; Uhr = Wechsel mit Stoppuhr; single = in Einzelblöcken.

Tabelle I110: Deskriptive Statistik des Switching-Verhältnisses aller Switching-Aufgaben (EG, post)

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)
mixed	-883.19	157.75	-1278.20	-616.06	-.81	.98 (.291)
single	-773.88	116.98	-978.87	-531.63	-.17	.39 (.998)

Anmerkung. *N* = 31. mixed = in gemischten Blöcken; single = in Einzelblöcken; KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung.

Tabelle I111: Deskriptive Statistik der Switching-Kosten aller Switching-Aufgaben (EG, post)

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)
RT costs	105.00	34.60	44.27	204.76	.68	.56 (.915)
Acc costs	.04	.04	-.03	.14	.76	1.04 (.229)

Anmerkung. *N* = 31. RT costs = Reaktionszeitkosten; Acc costs = Genauigkeitskosten; KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung.

Tabelle I112: Deskriptive Statistik im Verlauf der Trimmung von Reaktionszeiten in den Aufgaben SRT, Switching verbal, numerisch und figural für einzelne und gemischte Blöcke (aKG, post)

	Block	Trim	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)
SRT		1	291.54	36.54	225.90	399.05	.91	
		2	286.35	31.56	227.20	371.25	.77	.58 (.891)
SWv	mixed	1	899.95	81.05	762.93	1058.86	.26	
		2	793.12	48.55	704.83	899.34	-.01	.37 (.999)
	single	1	719.72	54.09	621.28	860.76	.77	
		2	676.18	37.36	609.93	760.68	.64	.76 (.615)
SWn	mixed	1	892.77	117.55	739.92	1375.41	2.56	
		2	795.26	67.33	698.80	1055.02	1.99	.85 (.466)
	single	1	800.40	127.51	632.87	1226.55	1.43	
		2	751.06	80.09	615.32	1002.35	.87	.62 (.839)
SWf	mixed	1	1103.78	193.20	763.85	1549.58	.38	
		2	974.23	122.14	735.68	1242.02	.19	.58 (.895)
	single	1	796.01	136.29	577.97	1241.40	1.22	
		2	739.46	91.21	565.12	955.73	.41	.69 (.732)

Anmerkung. *N* = 31. SRT = Simple Reaction Time; SW = Switching; v/n/f = verbal/numerisch/figural; single = in Einzelblöcken; mixed = in gemischten Blöcken; Trim = Trimmungsschritte; KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung.

Tabelle I113: Deskriptive Statistik der Genauigkeit in den Switching-Aufgaben für einzelne und gemischte Blöcke (aKG, post)

	Block	<i>M/MD</i>	<i>SD/IQA</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)
SWv	mixed	.94	.05	.75	1.00	-2.26	1.23 (.095)
	single	.98	.02	.92	1.00	-1.06	.78 (.582)
SWn	mixed	.90	.10	.60	.99	-1.55	.93 (.356)
	single	.98	.06	.68	1.00	-2.00	1.48* (.025)
SWf	mixed	.85	.16	.52	.99	-.97	1.27 (.081)
	single	.98	.11	.69	1.00	-1.57	1.43* (.033)

Anmerkung. *N* = 31. Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. SW = Switching; v/n/f = verbal/numerisch/figural; single = in Einzelblöcken; mixed = in gemischten Blöcken.

Tabelle I114: Deskriptive Statistik der Multiple Switching Task -Reaktionszeiten für alle Trimmungsschritte in einzelnen und gemischten Blöcken (aKG, post)

Block	Trim	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)
mixed	1	1144.13	121.77	903.03	1386.25	.06	
	2	997.67	66.72	855.65	1105.44	-.30	
	3	998.30	66.82	855.65	1107.45	-.29	.60 (.871)
single	1	980.72	117.98	704.39	1271.03	1.09	
	2	829.13	67.88	675.54	961.46	-.32	
	3	829.48	68.14	675.54	961.46	-.31	.78 (.570)

Anmerkung. *N* = 31. mixed = in gemischten Blöcken; single = in Einzelblöcken; Trim = Trimmungsschritte; KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung.

Tabelle I115: Deskriptive Statistik der Reaktionszeiten für die einzelnen Elemente der Multiple Switching Task (aKG, post)

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)
mixed	998.30	66.82	855.65	1107.45	-.29	.60 (.871)
Zeiger	979.20	64.54	856.32	1160.26	.35	.76 (.603)
Uhr	1020.16	93.73	854.98	1183.84	.24	.72 (.685)
single	793.12	48.55	709.83	899.34	-.01	.78 (.570)

Anmerkung. *N* = 31. mixed = in gemischten Blöcken (beinhaltet Wechseltrials mit Zeiger und Uhr); Zeiger = Wechsel mit Aufgabenzeiger; Uhr = Wechsel mit Stoppuhr; single = in Einzelblöcken; KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung.

Tabelle I116: Deskriptive Statistik der Genauigkeit für alle Elemente der Multiple Switching Task (aKG, post)

	<i>M/MD</i>	<i>SD/IQA</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)
mixed	.84	.09	.51	.96	-1.84	.97 (.299)
Zeiger	.91	.06	.49	.97	-3.50	1.69** (.007)
Uhr	.78	.11	.53	.96	-.62	.70 (.709)
single	.96	.04	.70	.99	-2.20	1.64** (.009)

Anmerkung. *N* = 31. Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. mixed = in gemischten Blöcken (beinhaltet Wechseltrials mit Zeiger und Uhr); Zeiger = Wechsel mit Aufgabenzeiger; Uhr = Wechsel mit Stoppuhr; single = in Einzelblöcken.

Tabelle I117: Deskriptive Statistik des Switching-Verhältnisses aller Switching-Aufgaben (aKG; post)

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)
mixed	-1023.23	164.69	-1636.43	-778.00	-2.12	1.01 (.259)
single	-790.62	90.64	-1065.12	-634.70	-1.64	1.14 (.151)

Anmerkung. *N* = 31. mixed = in gemischten Blöcken; single = in Einzelblöcken; KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung.

Tabelle I118: Deskriptive Statistik der Switching-Kosten aller Switching-Aufgaben (aKG, post)

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)
RT costs	140.92	33.09	78.93	219.83	.54	.64 (.803)
Acc costs	.07	.05	-.01	.17	.26	.77 (.591)

Anmerkung. *N* = 31. RT costs = Reaktionszeitkosten; Acc costs = Genauigkeitskosten; KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung.

Tabelle I119: Deskriptive Statistik im Verlauf der Trimmung von Reaktionszeiten in den Aufgaben SRT, Switching verbal, numerisch und figural für einzelne und gemischte Blöcke (pKG, post)

	Block	Trim	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)
SRT		1	316.20	41.75	261.50	445.90	1.43	
		2	312.75	37.43	261.50	417.55	1.03	.93 (.356)
SWv	mixed	1	906.45	112.65	721.89	1148.71	.18	
		2	813.38	76.55	676.40	952.58	.13	.50 (.964)
	single	1	716.88	101.20	568.61	985.59	.82	
		2	682.82	72.07	561.01	834.56	.33	.39 (.998)
SWn	mixed	1	919.02	169.05	682.12	1494.20	1.70	
		2	818.76	88.74	653.91	1027.02	.40	.46 (.984)
	single	1	810.66	136.58	571.03	1099.98	.50	
		2	753.64	99.57	569.15	953.26	.13	.83 (.501)
SWf	mixed	1	1075.92	195.94	732.20	1711.88	.94	
		2	953.61	123.42	712.29	1357.48	.78	.82 (.518)
	single	1	803.05	114.07	573.32	1098.51	.50	
		2	744.12	80.65	569.48	968.00	.42	.79 (.565)

Anmerkung. *N* = 29. SRT = Simple Reaction Time; SW = Switching; v/n/f = verbal/numerisch/figural; single = in Einzelblöcken; mixed = in gemischten Blöcken; Trim = Trimmungsschritte; KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung.

Tabelle I120: Deskriptive Statistik der Genauigkeit in den Switching-Aufgaben für einzelne und gemischte Blöcke (pKG, post)

	Block	<i>M/MD</i>	<i>SD/IQA</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)
SWv	mixed	.94	.04	.83	1.00	-.97	.69 (.725)
	single	.98	.03	.86	1.00	-2.98	1.07 (.205)
SWn	mixed	.88	.13	.46	1.00	-2.14	1.18 (.126)
	single	.98	.08	.42	1.00	-2.73	1.47* (.027)
SWf	mixed	.83	.16	.47	1.00	-.87	1.13 (.155)
	single	.98	.10	.78	1.00	-1.30	1.39* (.043)

Anmerkung. *N* = 29. Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. SW = Switching; v/n/f = verbal/numerisch/figural; single = in Einzelblöcken; mixed = in gemischten Blöcken.

Tabelle I121: Deskriptive Statistik der Multiple Switching Task - Reaktionszeiten für alle Trimmungsschritte in einzelnen und gemischten Blöcken (pKG, post)

Block	Trim	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)
mixed	1	1154.73	172.61	926.88	1518.72	.77	
	2	1028.93	113.39	856.80	1265.76	.55	
	3	1029.45	113.73	856.80	1266.48	.55	.84 (.475)
single	1	937.63	148.64	688.23	1221.89	.59	
	2	864.17	105.80	681.09	1074.14	.46	
	3	863.99	105.40	680.91	1072.94	.46	.98 (.290)

Anmerkung. *N* = 29. mixed = in gemischten Blöcken; single = in Einzelblöcken; Trim = Trimmungsschritte; KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung.

Tabelle I122: Deskriptive Statistik der Reaktionszeiten für die einzelnen Elemente der Multiple Switching Task (pKG, post)

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)
mixed	1029.45	113.73	856.80	1266.48	.55	.84 (.475)
Zeiger	1022.17	104.24	865.70	1212.75	.21	.60 (.866)
Uhr	1037.31	149.63	781.76	1343.18	.36	.60 (.865)
single	863.99	105.40	680.91	1072.94	.46	.98 (.290)

Anmerkung. *N* = 29. mixed = in gemischten Blöcken (beinhaltet Wechseltrials mit Zeiger und Uhr); Zeiger = Wechsel mit Aufgabenzeiger; Uhr = Wechsel mit Stoppuhr; single = in Einzelblöcken; KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung.

Tabelle I123: Deskriptive Statistik der Genauigkeit für alle Elemente der Multiple Switching Task (pKG, post)

	<i>M/MD</i>	<i>SD/IQA</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)
mixed	.82	.07	.65	.91	-.79	.75 (.631)
Zeiger	.89	.05	.76	.98	-.86	.78 (.577)
Uhr	.75	.11	.41	.90	-1.04	.79 (.562)
single	.97	.07	.78	1.00	-1.48	1.40* (.039)

Anmerkung. *N* = 29. Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. mixed = in gemischten Blöcken (beinhaltet Wechseltrials mit Zeiger und Uhr); Zeiger = Wechsel mit Aufgabenzeiger; Uhr = Wechsel mit Stoppuhr; single = in Einzelblöcken.

Tabelle I124: Deskriptive Statistik des Switching-Verhältnisses aller Switching-Aufgaben (pKG, post)

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)
mixed	-1049.44	147.54	-1411.32	-802.49	-.51	.64 (.805)
single	-805.97	93.57	-1072.48	-623.63	-.58	.33 (1.00)

Anmerkung. *N* = 29. mixed = in gemischten Blöcken; single = in Einzelblöcken; KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung.

Tabelle I125: Deskriptive Statistik der Switching-Kosten aller Switching-Aufgaben (pKG, post)

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)
RT costs	141.74	31.06	62.22	193.70	-.58	.57 (.907)
Acc costs	.08	.06	-.01	.19	.58	.77 (.602)

Anmerkung. *N* = 29. RT costs = Reaktionszeitkosten; Acc costs = Genauigkeitskosten; KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung.

Tabelle I126: Mittlere Anzahl ersetzter Werte in den Switching-Aufgaben (Gesamtanzahl in Klammern)

	prä			post		
	Fehler	> 3 <i>SD</i>	< 200 ms	Fehler	> 3 <i>SD</i>	< 200 ms
SWv sg (75)	6	11	0	3	11	0
SWv mx (300)	19	37	1	16	38	0
SWn sg (100)	10	5	0	6	7	0
SWn mx (300)	43	33	0	32	28	0
SWf sg (100)	10	9	1	5	8	0
SWf mx (300)	69	31	0	42	36	1
MST sg (100)	3	11	0	1	10	0
MST mx (320)	45	40	2	29	39	1

Anmerkung: Die drei Trimmungsschritte beinhalteten den Ersatz von Reaktionszeiten nach Fehlern, größer als 3 Standardabweichungen über dem Mittelwert und kleiner als 200 ms.

Tabelle I127: Deskriptive Statistik der eKFA-Items der gesamten Stichprobe (Rohwerte) im Posttest

	<i>M/MD</i>	<i>SD/IQA</i>	Min	Max	Schiefe	95 %	KS-Z (<i>p</i>)
1	1.10	.21	1.00	1.90	1.54	1.54	1.86 (.002)
2	1.00	.17	1.00	3.20	3.95	1.67	3.03 (<.001)
3	1.00	.08	1.00	1.94	4.07	1.27	3.03 (<.001)
4	1.07	.25	1.00	1.80	1.50	1.53	2.10 (<.001)
5	1.05	.13	1.00	1.53	1.86	1.39	2.24 (<.001)
6	1.07	.26	1.00	3.53	3.63	2.00	2.77 (<.001)
7	1.10	.24	1.00	2.36	2.31	1.66	2.13 (<.001)
8	1.16	.56	1.00	3.37	1.99	2.77	2.17 (<.001)
9	1.20	.36	1.00	2.38	1.50	1.74	1.42 (.037)
10	1.26	.40	1.00	3.82	2.26	2.86	2.20 (<.001)
11	1.04	.15	1.00	1.74	2.11	1.64	2.49 (<.001)
12	1.09	.22	1.00	2.14	2.15	1.68	2.06 (<.001)
13	1.06	.20	1.00	3.06	3.71	1.82	2.77 (<.001)
All	1.13	.41	1.00	1.95	1.83	1.68	1.55 (.017)

Anmerkung. $N = 90$. bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. 95 % = 95. Perzentil.

Tabelle I128: Deskriptive Statistik der Rohwerte der eKFA-Items (EG, post)

	<i>M/MD</i>	<i>SD/IQA</i>	Min	Max	Schiefe	95 %	KS-Z (<i>p</i>)
1	1.11	.15	1	1.54	1.63	1.50	1.28 (.074)
2	1.00	.09	1	1.37	1.63	1.37	2.02** (.001)
3	1.00	.06	1	1.94	4.34	1.53	1.92** (.001)
4	1.04	.11	1	1.53	1.78	1.46	1.49* (.023)
5	1.00	.11	1	1.41	2.60	1.26	1.47* (.027)
6	1.00	.16	1	3.53	4.31	2.56	1.93** (.001)
7	1.06	.14	1	1.65	2.62	1.49	1.41* (.037)
8	1.10	.29	1	3.00	2.41	2.75	1.63* (.010)
9	1.18	.19	1	1.69	1.30	1.65	.95 (.331)
10	1.17	.40	1	3.82	3.21	3.33	1.55* (.016)
11	1.00	.10	1	1.67	3.35	1.42	1.66** (.008)
12	1.05	.18	1	2.00	2.91	1.81	1.52* (.020)
13	1.00	.14	1	3.06	5.02	2.05	2.03** (.001)
All	1.13	.15	1	1.67	2.13	1.56	1.30 (.070)

Anmerkung. $N = 31$. Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. 95 % = 95. Perzentil.

Tabelle I129: Deskriptive Statistik der eKFA-Items ohne Ausreißer (EG, post)

	<i>M/MD</i>	<i>SD/IQA</i>	Min	Max	Schiefe	r_{it}	KS-Z (p)
1	1.11	.15	1	1.50	1.57	.70 (< .001)	1.27 (.080)
2	1.00	.09	1	1.37	1.63	.67 (< .001)	2.02** (.001)
3	1.00	.06	1	1.53	2.96	.32 (.083)	1.71** (.006)
4	1.04	.11	1	1.46	1.67	.62 (< .001)	1.45* (.030)
5	1.00	.11	1	1.26	1.29	.33 (.066)	1.66** (.008)
6	1.00	.16	1	2.56	3.26	.50 (.004)	1.76** (.004)
7	1.06	.14	1	1.49	1.93	.59 (.001)	1.29 (.072)
8	1.10	.29	1	2.75	2.22	.72 (< .001)	1.58* (.013)
9	1.18	.18	1	1.65	1.23	.42 (.017)	.93 (.352)
10	1.17	.40	1	3.33	2.89	.51 (.003)	1.48* (.026)
11	1.00	.10	1	1.42	2.07	.65 (< .001)	1.59* (.013)
12	1.05	.18	1	1.81	2.51	.61 (< .001)	1.43* (.033)
13	1.00	.14	1	2.05	3.87	.50 (.005)	1.77** (.004)
All	1.13	.14	1	1.56	1.78	.87 (< .001) ^a	1.33 (.059)

Anmerkung. $N = 31$. Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. r_{it} = Rangkorrelationen zwischen dem Item und der Skala ohne dieses Item dar (Trennschärfe). ^a Splithalf-Reliabilität.

Tabelle I130: Deskriptive Statistik der (Rohwerte) der eKFA-Items (aKG, post)

	<i>M/MD</i>	<i>SD/IQA</i>	Min	Max	Schiefe	95 %	KS-Z (p)
1	1.10	.21	1	1.90	1.54	1.54	1.86** (.002)
2	1.00	.17	1	3.20	3.95	1.67	3.03** (< .001)
3	1.00	.08	1	1.94	4.07	1.27	3.03** (< .001)
4	1.07	.25	1	1.80	1.50	1.53	2.10** (< .001)
5	1.05	.13	1	1.53	1.86	1.39	2.24** (< .001)
6	1.07	.26	1	3.53	3.63	2.00	2.77** (< .001)
7	1.10	.24	1	2.36	2.31	1.66	2.13** (< .001)
8	1.16	.56	1	3.37	1.99	2.77	2.17** (< .001)
9	1.20	.36	1	2.38	1.50	1.74	1.42* (.037)
10	1.26	.41	1	3.82	2.26	2.86	2.20** (< .001)
11	1.04	.15	1	1.74	2.11	1.64	2.49** (< .001)
12	1.09	.23	1	2.14	2.15	1.68	2.06** (< .001)
13	1.06	.20	1	3.06	3.71	1.83	2.77** (< .001)
All	1.13	.21	1	1.95	1.48	1.68	1.54* (.017)

Anmerkung. $N = 30$. Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. 95 % = 95. Perzentil.

Tabelle I131: Deskriptive Statistik der eKFA-Items ohne Ausreißer (aKG, post)

	<i>M/MD</i>	<i>SD/IQA</i>	Min	Max	Schiefe	r_{it}^a	KS-Z (p)
1	1.10	.22	1	1.54	1.05	.62	1.71** (.006)
2	1.00	.18	1	1.67	1.62	.68	2.65** (< .001)
3	1.00	.08	1	1.27	1.43	.48	3.37** (< .001)
4	1.07	.29	1	1.53	1.01	.66	2.08** (< .001)
5	1.05	.13	1	1.39	1.47	.54	2.12** (< .001)
6	1.07	.27	1	2.00	1.90	.59	2.35** (< .001)
7	1.10	.25	1	1.66	1.34	.73	1.94** (.001)
8	1.16	.59	1	2.77	1.52	.68	2.02** (.001)
9	1.26	.22	1	1.74	.68	.59	1.28 (.076)
10	1.26	.42	1	2.86	1.78	.64	2.21** (< .001)
11	1.04	.15	1	1.64	1.93	.52	2.45** (< .001)
12	1.09	.24	1	1.68	1.42	.53	1.85** (.002)
13	1.06	.21	1	1.83	1.94	.70	2.39** (< .001)
All	1.13	.21	1	1.68	1.38	.89 ^b	1.53* (.019)

Anmerkung. $N = 30$. Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. ^a Für jede der Rangkorrelationen zwischen Item und Skala (r_{it} , Trennschärfe) gilt $p < .001$. ^b Splithalf-Reliabilität.

Tabelle I132: Deskriptive Statistik der Rohwerte der eKFA-Items (pKG, post)

	<i>M/MD</i>	<i>SD/IQA</i>	Min	Max	Schiefe	95 %	KS-Z (p)
1	1.17	.18	1	1.58	.89	1.56	.91 (.386)
2	1.00	.31	1	3.20	3.10	2.64	1.62* (.010)
3	1.00	.11	1	1.65	2.97	1.47	1.72** (.005)
4	1.19	.19	1	1.80	1.38	1.67	1.30 (.068)
5	1.09	.11	1	1.53	2.29	1.39	1.35 (.052)
6	1.29	.42	1	2.54	1.87	2.45	1.32 (.060)
7	1.21	.23	1	1.93	1.51	1.80	.97 (.300)
8	1.53	.62	1	3.37	1.65	3.29	1.05 (.216)
9	1.33	.29	1	2.38	1.71	2.09	.85 (.462)
10	1.49	.52	1	2.92	1.56	2.88	1.33 (.057)
11	1.06	.24	1	1.68	1.57	1.67	1.39* (.043)
12	1.19	.21	1	1.73	1.22	1.73	1.25 (.086)
13	1.08	.21	1	1.92	2.03	1.90	1.52* (.019)
All	1.24	.19	1	1.78	1.36	1.76	.87 (.440)

Anmerkung. $N = 29$. Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. 95 % = 95. Perzentil.

Tabelle I133: Deskriptive Statistik der eKFA-Items ohne Ausreißer (pKG, post)

	<i>M/MD</i>	<i>SD/IQA</i>	Min	Max	Schiefe	<i>r_{it}</i>	KS-Z (<i>p</i>)
1	1.17	.18	1	1.56	.86	.58 (.001)	.90 (.395)
2	1.00	.31	1	2.64	2.39	.58 (.001)	1.51* (.020)
3	1.00	.11	1	1.47	2.14	.55 (.002)	1.84** (.002)
4	1.18	.18	1	1.67	1.02	.52 (.004)	1.31 (.064)
5	1.08	.10	1	1.39	1.47	.43 (.021)	1.30 (.067)
6	1.29	.41	1	2.45	1.80	.55 (.002)	1.31 (.065)
7	1.21	.21	1	1.80	1.25	.74 (< .001)	.95 (.329)
8	1.53	.62	1	3.29	1.60	.58 (.001)	1.04 (.226)
9	1.32	.26	1	2.09	1.01	.49 (.007)	.94 (.346)
10	1.49	.52	1	2.88	1.54	.60 (.001)	1.33 (.057)
11	1.06	.24	1	1.67	1.56	.32 (.092)	1.38* (.044)
12	1.19	.21	1	1.73	1.22	.50 (.006)	1.25 (.068)
13	1.18	.26	1	1.90	2.02	.65 (< .001)	1.53* (.019)
All	1.24	.19	1	1.76	1.32	.85 (< .001) ^b	.86 (.448)

Anmerkung. *N* = 29. Bei Verletzung der Normalverteilung (siehe Kolmogorov-Smirnov-Z) werden Median (MD) und Interquartilabstand (IQA) berichtet. *r_{it}* = Rangkorrelationen zwischen dem Item und der Skala ohne dieses Item dar (Trennschärfe). ^a Splithalf-Reliabilität.

Tabelle I134: Deskriptive Statistik des CFQ im Posttest

		<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Schiefe	KS-Z (<i>p</i>)	95 %
roh	EG	2.12	.33	1.44	2.75	-.08	.55 (.926)	2.71
	aKG	2.34	.30	1.59	2.90	-.27	.52 (.949)	2.83
	pKG	2.37	.27	1.84	3.03	.12	.65 (.789)	2.91
oberste 5% ersetzt	EG	2.12	.33	1.44	2.71	-.11	.55 (.924)	
	aKG	2.34	.30	1.59	2.83	-.34	.55 (.921)	
	pKG	2.36	.26	1.84	2.91	-.10	.71 (.703)	

Anmerkung. *N* = 91. EG = Experimentalgruppe; aKG = aktive Kontrollgruppe; pKG = passive Kontrollgruppe; KS-Z = Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest zur Prüfung auf Normalverteilung. 95 % = 95. Perzentil.

Anhang J – Faktorenbildung II

Tabelle J1: Interkorrelation der Aufgaben zum Kurzzeitgedächtnis in Prätest und Posttest

	KZGv	KZGn	KZGf
KZGv		.40** (< .001)	.12 (.266)
KZGn	.47** (< .001)		.37** (< .001)
KZGf	.05 (.246)	.29** (.006)	

Anmerkung. $N = 91$. Prätest oberhalb, Posttest unterhalb. Signifikanzniveau in Klammern. KZG = Kurzzeitgedächtnis; v/n/f = verbal/numerisch/figural.

Tabelle J2: Übersicht zur Faktorbildung beim Kurzzeitgedächtnis

	Faktoranzahl	Eigenwert	Varianzaufklärung
prä	1	1.61	54 %
post	1	1.57	52 %

Anmerkung. $N = 91$.

Tabelle J3: Interkorrelation der Trainingsaufgaben in Prätest und Posttest

	OS	DS	MUN	RMSf
OS		.29 (.005)	.48** (< .001)	-.01 (.942)
DS	.45** (< .001)		.49** (< .001)	.25* (.014)
MUN	.66** (< .001)	.60** (< .001)		.22* (.030)
RMSf	.30** (.004)	.55** (< .001)	.55** (< .001)	

Anmerkung. $N = 91$. oberhalb, Posttest unterhalb. Signifikanzniveau in Klammern. Prätest OS = Operation Span; DS = Dot Span; MUN = Memory Updating numerisch; RMSf = Running Memory Span figural.

Tabelle J4: Übersicht zur Faktorbildung der Trainingsaufgaben

	Faktoranzahl	Eigenwert	Varianzaufklärung
prä	1	1.99	50 %
post	1	2.57	64 %

Anmerkung. $N = 91$.

Tabelle J5: Interkorrelation der Arbeitsgedächtnis-Transfersaufgaben in Prätest und Posttest

	RS	RMSn	Swaps
RS		.34** (.001)	.54** (< .001)
RMSn	.36** (.001)		.37** (< .001)
Swaps	.48** (< .001)	.45** (< .001)	

Anmerkung. $N = 91$. Prätest oberhalb, Posttest unterhalb. Signifikanzniveau in Klammern. RS = Reading Span; RMSn = Running Memory Span numerisch.

Tabelle J6: Übersicht zur Faktorbildung der untrainierten Trainingsaufgaben

	Faktoranzahl	Eigenwert	Varianzaufklärung
prä	1	1.85	62 %
post	1	1.86	62 %

Anmerkung. $N = 91$.

Tabelle J7: Korrelationen der Aufgaben zum Arbeitsgedächtnis in Prätest und Posttest

	RS	OS	DS	MUN	RMSn	RMSf	Swaps
RS		.53** ($< .001$)	.42** ($< .001$)	.42** ($< .001$)	.34** (.001)	.10 (.345)	.54** ($< .001$)
OS	.75** ($< .001$)		.29 (.005)	.48** ($< .001$)	.32** (.002)	-.01 (.942)	.45** ($< .001$)
DS	.51** ($< .001$)	.45** ($< .001$)		.49** ($< .001$)	.29** (.005)	.25* (.014)	.42** ($< .001$)
MUN	.66** ($< .001$)	.66** ($< .001$)	.60** ($< .001$)		.39** ($< .001$)	.22* (.030)	.60** ($< .001$)
RMSn	.36** (.001)	.32** (.002)	.38** ($< .001$)	.51** ($< .001$)		.32** (.002)	.37** ($< .001$)
RMSf	.31** (.003)	.30** (.004)	.55** ($< .001$)	.55** ($< .001$)	.46** (.002)		.17 (.097)
Swaps	.48** ($< .001$)	.50** ($< .001$)	.52** ($< .001$)	.63** ($< .001$)	.45** ($< .001$)	.43** ($< .001$)	

Anmerkung. $N = 91$. Prätest oberhalb, Posttest unterhalb. Signifikanzniveau in Klammern. WMC = Arbeitgedächtniskapazität; RS = Reading Span ; OS = Operation Span; DS = Dot Span; MUN = Memory Updating numerisch; RMS = Running Memory Span; n/f = numerisch/figural.

Tabelle J8: Übersicht zur Faktorbildung der Arbeitsgedächtnisaufgaben

	Faktoranzahl	Eigenwert	Varianzaufklärung
prä	2	3.22	46 %
post	1	3.99	57 %

Anmerkung. $N = 91$.

Tabelle J9: Interkorrelation der Switching-Transferaufgaben Reaktionszeit in Prätest und Posttest – mixed

	SW _v RT	SW _n RT	SW _f RT
SW _v RT		.60** ($< .001$)	.40** ($< .001$)
SW _n RT	.67** ($< .001$)		.43** ($< .001$)
SW _f RT	.54** ($< .001$)	.47** ($< .001$)	

Anmerkung. $N = 91$. Prätest oberhalb, Posttest unterhalb. Signifikanzniveau in Klammern. SW = Switching; v/n/f = verbal/numerisch/figural; RT = Reaktionszeit.

Tabelle J10: Übersicht zur Faktorbildung der Reaktionszeit der untrainierten Switching-Aufgaben - mixed

	Faktoranzahl	Eigenwert	Varianzaufklärung
prä	1	1.96	65 %
post	1	2.12	71 %

Anmerkung. $N = 91$.

Tabelle J11: Faktorladungen der untrainierten Switching-Aufgaben (Reaktionszeit) in Prätest und Posttest - mixed

	Faktor Sw RT prä	Faktor Sw RT post
SW _v RT	.84	.89
SW _n RT	.85	.86
SW _f RT	.73	.78

Anmerkung. $N = 91$. SW = Switching; v/n/f = verbal/numerisch/figural; RT = Reaktionszeit.

Tabelle J12: Interkorrelation aller Switching-Aufgaben Reaktionszeit in Prätest und Posttest - mixed

	SW _v RT	SW _n RT	SW _f RT	MST RT
SW _v RT		.60** (<.001).	.40** (<.001)	.63** (<.001)
SW _n RT	.67** (<.001)		.43** (<.001)	.67** (<.001)
SW _f RT	.54** (<.001)	.47** (<.001)		.53** (<.001)
MST RT	.63** (<.001)	.47** (<.001)	.72** (<.001)	

Anmerkung. N = 91. Prätest oberhalb, Posttest unterhalb. Signifikanzniveau in Klammern. SW = Switching; v/n/f = verbal/numerisch/figural; MST = Multiple Switching Task; RT = Reaktionszeit.

Tabelle J13: Übersicht zur Faktorbildung der Reaktionszeit aller Switching-Aufgaben - mixed

	Faktoranzahl	Eigenwert	Varianzaufklärung
prä	1	2.64	66 %
post	1	2.75	69 %

Anmerkung. N = 91.

Tabelle J14: Interkorrelation der Switching-Transferaufgaben Reaktionszeit in Prätest und Posttest - single

	SW _v RT	SW _n RT	SW _f RT
SW _v RT		.64** (<.001)	.60** (<.001)
SW _n RT	.66** (<.001)		.55** (<.001)
SW _f RT	.60** (<.001)	.62** (<.001)	

Anmerkung. N = 91. Prätest oberhalb, Posttest unterhalb. Signifikanzniveau in Klammern. SW = Switching; v/n/f = verbal/numerisch/figural; RT = Reaktionszeit.

Tabelle J15: Übersicht zur Faktorbildung der Reaktionszeit der untrainierten Switching-Aufgaben -single

	Faktoranzahl	Eigenwert	Varianzaufklärung
prä	1	2.19	73 %
post	1	2.25	75 %

Anmerkung. N = 91.

Tabelle J16: Faktorladungen der untrainierten Switching-Aufgaben (Reaktionszeit) in Prätest und Posttest - single

	Faktor Sw RT prä	Faktor Sw RT post
SW _v RT	.88	.87
SW _n RT	.85	.88
SW _f RT	.83	.85

Anmerkung. N = 91. SW = Switching; v/n/f = verbal/numerisch/figural; RT = Reaktionszeit.

Tabelle J17: Interkorrelation aller Switching-Aufgaben Reaktionszeit in Prätest und Posttest - single

	SW _v RT	SW _n RT	SW _f RT	MST RT
SW _v RT		.64** (<.001)	.60** (<.001)	.50** (<.001)
SW _n RT	.66** (<.001)		.55** (<.001)	.52** (<.001)
SW _f RT	.60** (<.001)	.62** (<.001)		.58** (<.001)
MST RT	.64** (<.001)	.63** (<.001)	.76** (<.001)	

Anmerkung. N = 91. Prätest oberhalb, Posttest unterhalb. Signifikanzniveau in Klammern. SW = Switching; v/n/f = verbal/numerisch/figural; MST = Multiple Switching Task; RT = Reaktionszeit.

Tabelle J18: Übersicht zur Faktorbildung der Reaktionszeit aller Switching-Aufgaben - single

	Faktoranzahl	Eigenwert	Varianzaufklärung
prä	1	2.69	67 %
post	1	2.96	74 %

Anmerkung. $N = 91$.

Tabelle J19: Interkorrelation der Switching-Transfersaufgaben Genauigkeit in Prätest und Posttest - mixed

	SWv Acc	SWn Acc	SWf Acc
SWv Acc		.41** (<.001).	.36** (<.001)
SWn Acc	.46** (<.001)		.42** (<.001)
SWf Acc	.34** (.001)	.34** (.001)	

Anmerkung. $N = 91$. Prätest oberhalb, Posttest unterhalb. Signifikanzniveau in Klammern. SW = Switching; v/n/f = verbal/numerisch/figural; Acc = Genauigkeit.

Tabelle J20: Übersicht zur Faktorbildung der Genauigkeit der untrainierten Switching-Aufgaben - mixed

	Faktoranzahl	Eigenwert	Varianzaufklärung
prä	1	1.79	60 %
post	1	1.77	59 %

Anmerkung. $N = 91$.

Tabelle J21: Faktorladungen der untrainierten Switching-Aufgaben (Genauigkeit) in Prätest und Posttest - mixed

	Faktor Switch prä	Faktor Switch post
SWv Acc	.76	.80
SWn Acc	.79	.79
SWf Acc	.77	.71

Anmerkung. $N = 91$. SW = Switching; v/n/f = verbal/numerisch/figural; Acc = Genauigkeit.

Tabelle J22: Interkorrelation aller Switching-Aufgaben Genauigkeit in Prätest und Posttest - mixed

	SWv Acc	SWn Acc	SWf Acc	MST Acc
SWv Acc		.41** (<.001).	.36** (<.001)	.43** (<.001)
SWn Acc	.46** (<.001)		.42** (<.001)	.46** (<.001)
SWf Acc	.34** (.001)	.34** (.001)		.42** (<.001)
MST Acc	.44** (<.001)	.38** (<.001)	.50** (<.001)	

Anmerkung. $N = 91$. Prätest oberhalb, Posttest unterhalb. Signifikanzniveau in Klammern. SW = Switching; v/n/f = verbal/numerisch/figural; MST = Multiple Switching Task; Acc = Genauigkeit.

Tabelle J23: Übersicht zur Faktorbildung der Genauigkeit aller Switching-Aufgaben - mixed

	Faktoranzahl	Eigenwert	Varianzaufklärung
prä	1	2.25	56 %
post	1	2.33	56 %

Anmerkung. $N = 91$.

Tabelle J24: Interkorrelation der Switching-Transfersaufgaben Genauigkeit in Prätest und Posttest - single

	SWv Acc	SWn Acc	SWf Acc
SWv Acc		.45** (<.001)	.37** (<.001)
SWn Acc	.10 (.364)		.28** (.007)
SWf Acc	.29** (.005)	.08 (.470)	

Anmerkung. $N = 91$. Prätest oberhalb, Posttest unterhalb. Signifikanzniveau in Klammern. SW = Switching; v/n/f = verbal/numerisch/figural; Acc = Genauigkeit.

Tabelle J25: Übersicht zur Faktorbildung der Genauigkeit der untrainierten Switching-Aufgaben - single

	Faktoranzahl	Eigenwert	Varianzaufklärung
prä	1	1.74	58 %
post	1	1.36	45 %

Anmerkung. $N = 91$.

Tabelle J26: Faktorladungen der untrainierten Switching-Aufgaben (Genauigkeit) in Prätest und Posttest - single

	Faktor Switch prä	Faktor Switch post
SWv Acc	.81	.72
SWn Acc	.76	.44
SWf Acc	.70	.80

Anmerkung. $N = 91$. SW = Switching; v/n/f = verbal/numerisch/figural; Acc = Genauigkeit.

Tabelle J27: Interkorrelation aller Switching-Aufgaben Genauigkeit in Prätest und Posttest - single

	SWv Acc	SWn Acc	SWf Acc	MST Acc
SWv Acc		.45** (<.001)	.37** (<.001)	.24* (.024)
SWn Acc	.10 (.364)		.28** (.007)	.23* (.030)
SWf Acc	.29** (.005)	.08 (.470)		.35** (.001)
MST Acc	.22* (.032)	.05 (.609)	.44** (<.001)	

Anmerkung. $N = 91$. Prätest oberhalb, Posttest unterhalb. Signifikanzniveau in Klammern. SW = Switching; v/n/f = verbal/numerisch/figural; MST = Multiple Switching Task; Acc = Genauigkeit.

Tabelle J28: Übersicht zur Faktorbildung der Genauigkeit aller Switching-Aufgaben - single

	Faktoranzahl	Eigenwert	Varianzaufklärung
prä	1	1.97	49 %
post	1	1.76	44 %

Anmerkung. $N = 91$.

Tabelle J29: Interkorrelation (Rangkorrelation) der Aufgaben zur Verarbeitungskapazität in Prätest und Posttest

	WA (Kv)	ZN (Kn)	AN (Kf)
WA		.43** (<.001)	.51** (<.001)
ZN	.49** (<.001)		.52** (<.001)
AN	.40** (<.001)	.40** (<.001)	

Anmerkung. $N = 91$. Prätest oberhalb, Posttest unterhalb. Signifikanzniveau in Klammern. WA = Wortanalogien; ZN = Zahlenreihen; AN = Analogien; K = Verarbeitungskapazität; v/n/f = verbal/numerisch/figural.

Tabelle J30: Interkorrelation (Rangkorrelation) der Aufgaben zur Bearbeitungsgeschwindigkeit in Prätest und Posttest

	KW (Bv)	SI (Bn)	OE (Bf)
KW		.33** (.001)	.45** (< .001)
SI			.30** (.004)
OE			

Anmerkung. $N = 91$. Prätest oberhalb, Posttest unterhalb. Signifikanzniveau in Klammern. KW = Klassifizieren von Wörtern; SI = Sieben teilbar; OE = Old English; B = Bearbeitungsgeschwindigkeit; v/n/f = verbal/numerisch/figural.

Anhang K – Homogenitätstests

Tabelle K1: Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen

Kriterium	Messzeitpunkt	F-Wert	df1	df2	p
trainierte WMC-Aufgaben	prä	3.80*	2	88	.026
	post	1.31	2	88	.275
MST - RT costs	prä	4.87*	2	88	.010
	post	.78	2	88	.460
MST – Acc costs	prä	.85	2	88	.431
	post	6.51**	2	88	.002
MST - SwV mixed ^a	prä	3.87*	2	86	.025
	post	.45	2	86	.637
MST - SwV single ^a	prä	.48	2	86	.618
	post	2.34	2	86	.102
untrainierte WMC-Aufgaben	prä	.31	2	88	.736
	post	2.88	2	88	.062
untrainierte Switching-Aufgaben RT costs ^a	prä	1.97	2	86	.145
	post	.22	2	86	.800
untrainierte Switching-Aufgaben Acc costs ^a	prä	2.84	2	86	.064
	post	3.42*	2	86	.037
untrainierte Switching-Aufgaben SwV mixed ^a	prä	.20	2	86	.817
	post	.21	2	86	.813
untrainierte Switching-Aufgaben SwV single ^a	prä	.67	2	86	.512
	post	2.33	2	86	.103
Kurzzeitgedächtnis	prä	1.06	2	88	.352
	post	4.65*	2	88	.012
Verarbeitungskapazität	prä	2.40	2	88	.096
	post	.39	2	88	.677
Bearbeitungsgeschwindigkeit	prä	.13	2	88	.875
	post	.89	2	88	.415
eKFA ^b	prä	.89	2	87	.416
	post	1.70	2	87	.189
CFQ	prä	1.15	2	88	.322
	post	.68	2	88	.510

Anmerkung. $N = 91$. WMC = Arbeitsgedächtniskapazität; MST = Multiple Switching Task; RT costs = Reaktionszeitkosten; Acc costs = Genauigkeitskosten; SwV = Switching-Verhältnis; mixed = in gemischten blöcken; single = in Einzelblöcken. ^a $N = 89$. ^b $N = 90$.